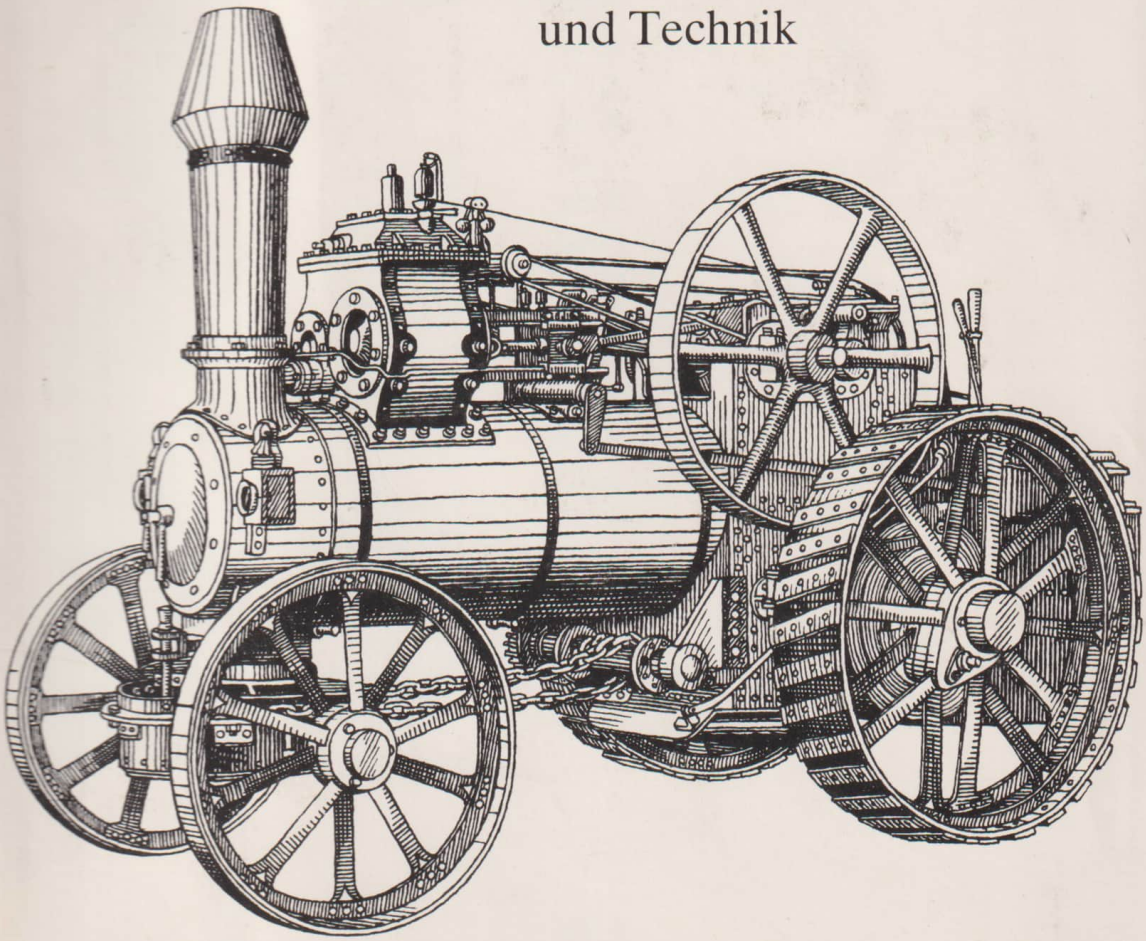
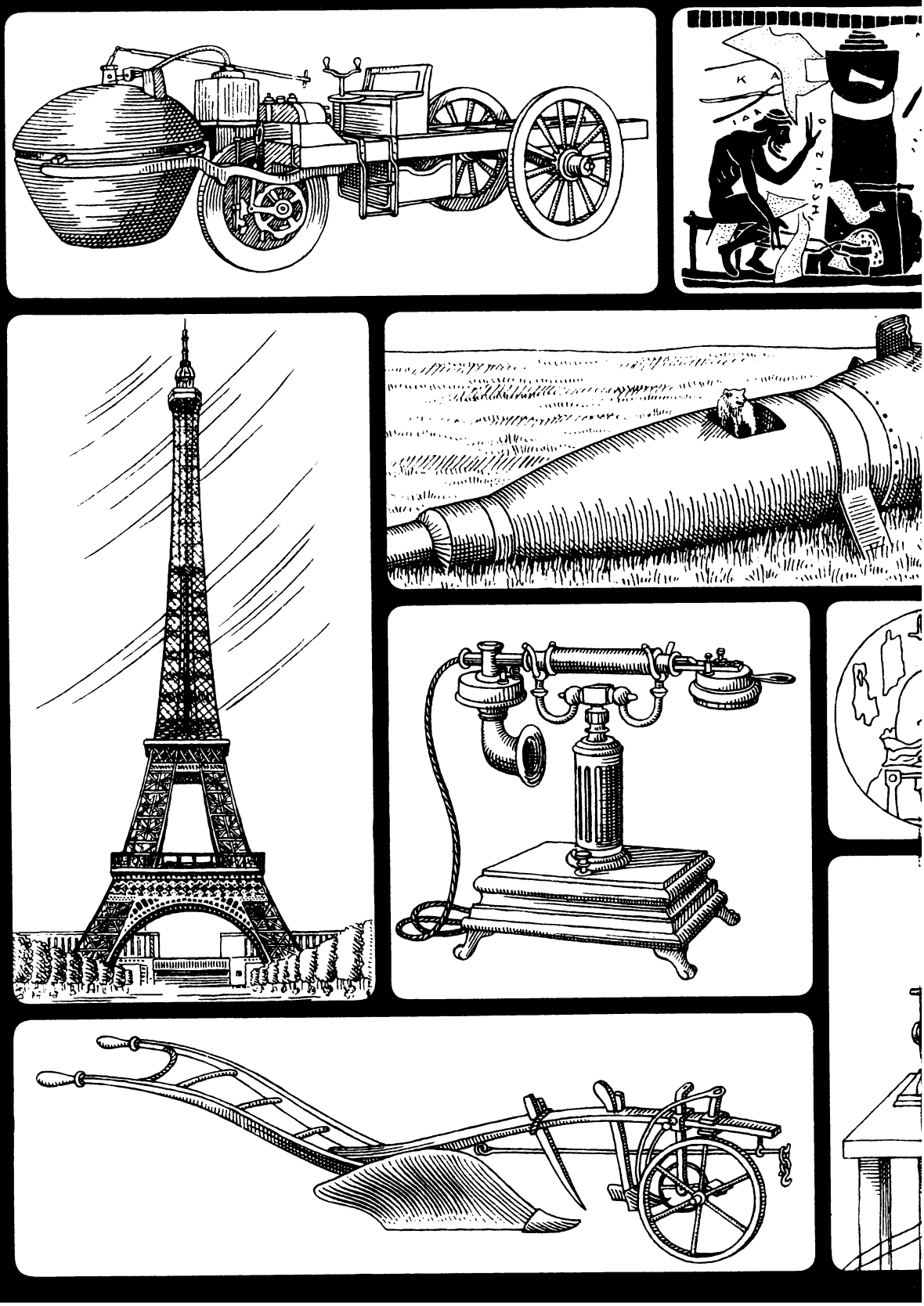
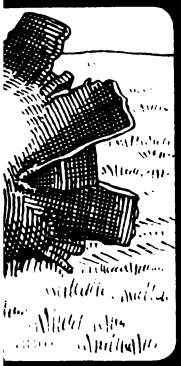
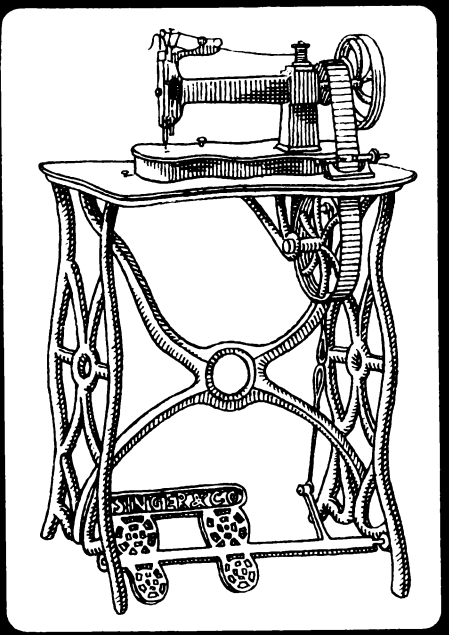
Wer Was Wann?

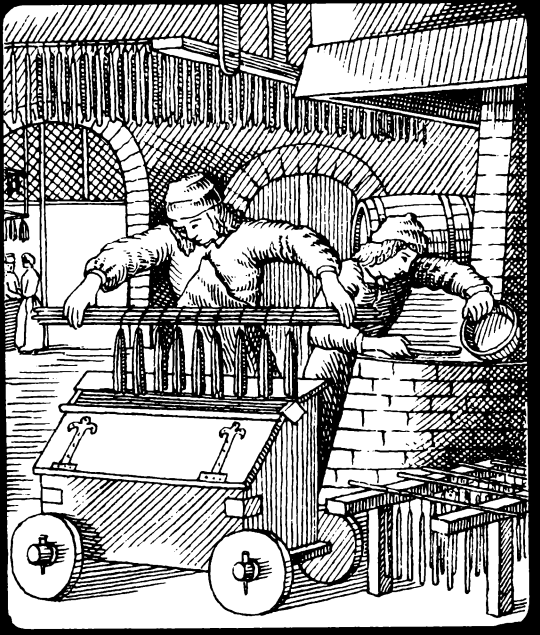
Entdeckungen und Erfindungen
in Naturwissenschaft
und Technik

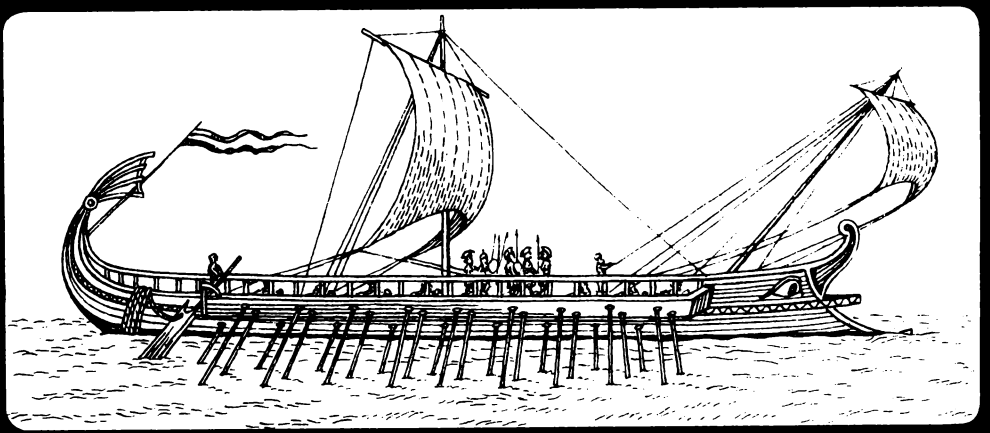


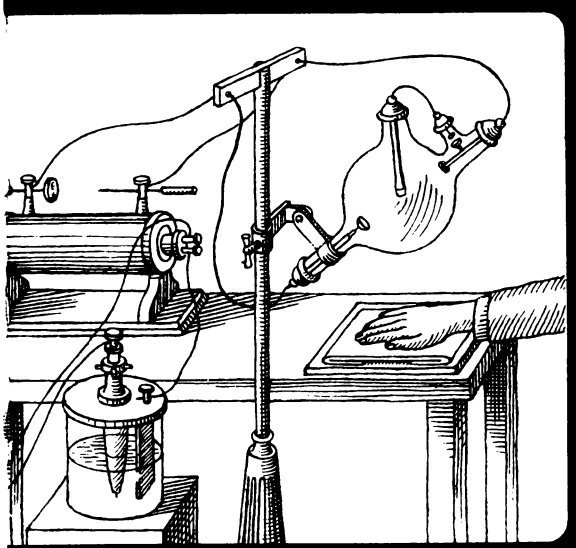


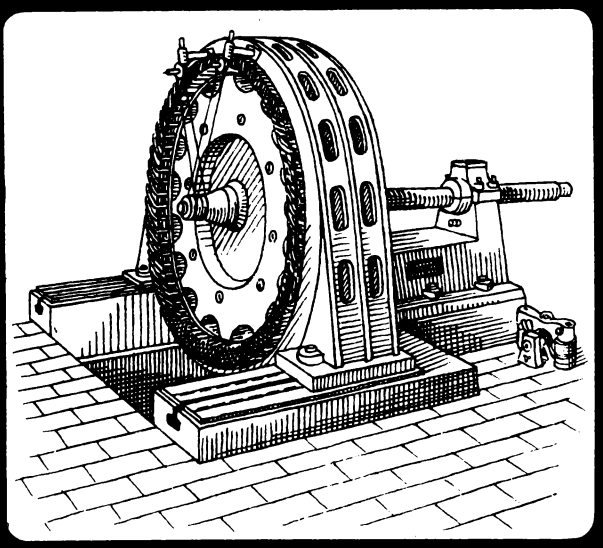



SINGER & CO









Wer – Was – Wann?

Entdeckungen und Erfindungen in Naturwissenschaft und Technik

4., verbesserte Auflage

Verfaßt von einem Autorenkollektiv

unter Federführung von

Walter Conrad

VEB Fachbuchverlag
Leipzig

Verfasser des Teils I:

Prof. Dr. sc. phil. Herbert Hörz und
Dr. sc. phil. Gerhard Banse,
Akademie der Wissenschaften der DDR,
Zentralinstitut für Philosophie

Federführung der Teile II bis IV:
Walter Conrad

Autorenkollektiv der 1. Auflage:

Dr.-Ing. Gert Beilicke, Leipzig
Walter Conrad, Eisenach
Dr.-Ing. Günter Fankhänel, Leipzig
Dr.-Ing. Kurt Hilscher, Berlin
Dr. rer. oec. Gerhard Holzapfel, Berlin
Prof. Dr. rer. nat. habil. Erwin Pohl,
Leipzig
Dr. rer. nat. Dieter Schaefer,
Lutherstadt Wittenberg
Dr.-Ing. W. Schlorke, Leipzig
Dr.-Ing. Rolf Schöne, Leipzig
Dr. rer. nat. Wolfgang Schreier, Leipzig
Dr.-Ing. Willfried Teschke, Leipzig
Dr. rer. oec. Hans-Wolfgang Tietke,
Leipzig
Dr.-Ing. Heinz Vetter, Leipzig
Dr.-Ing. Klaus Wagner, Leipzig
Dipl.-Ing. Siegfried Weber, Leipzig

Beratende Mitwirkung:

Prof. Dr. sc. nat. Horst Wolffgramm
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,
Sektion Polytechnik

Wer – was – wann? : Entdeckungen u. Erfindungen in Naturwissenschaft u. Technik / verf. von e. Autorenkoll. unter Federführung von Walter Conrad. – 4., verb. Aufl. – Leipzig: Fachbuchverl., 1989.
NE: Conrad, Walter [Mitarb.]

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort 6

TEIL I
Entdeckungen, Erfindungen und die Entwicklung von Gesellschaft, Technik und Wissenschaft 7

1. Zur gesellschaftlichen Determination von Wissenschaft und Technik 8
2. Wissenschaft als Produktivkraft, Sozial- und Humankraft, Kulturkraft 11
3. Die Rolle schöpferischer Ideen und die gesellschaftliche Entwicklung 13
4. Wissenschaftlich-technischer Fortschritt – Humanismus – Effektivität 16
5. Weltanschauliche Auseinandersetzungen um die Entwicklung der Technik 19

Quellennachweis 26

TEIL II
Kurzbiographien bedeutender Naturwissenschaftler und Techniker 29

TEIL III
Wichtige Erfindungen, Verfahren, technische Errungenschaften und ihre Entwicklung 151

TEIL IV
Entscheidende Entdeckungen und Erfindungen in Naturwissenschaft und Technik im Vergleich zu historischen Ereignissen und geographischen Entdeckungen 301

Literaturverzeichnis 392

Namenverzeichnis 393

Sachwortverzeichnis 400

HINWEISE FÜR DEN LESER

Empfehlungen der Autoren zur Benutzung bitte im Vorwort nachlesen.
Stichwörter sind durch Fettdruck hervorgehoben.
Die Umlaute ä, ö, ü, sind wie a, o, u und der Buchstabe ß wie ss behandelt.
Stichwörter sind im Text unabhängig davon, ob sie im Singular oder Plural vorkommen, mit ihrem Anfangsbuchstaben abgekürzt.
Als Abkürzungen werden die im Großen Duden angegebenen üblichen Abkürzungen verwendet.
Verweise sind durch ↑ gekennzeichnet.
Im Namen- und Sachwortverzeichnis sind Namen bzw. Begriffe aufgeführt, denen kein eigenes Stichwort zugeordnet ist.

Wissenschaft und Technik begleiten unser Leben. Interessiert und eng damit verbunden verfolgen wir ihre Entwicklung; denn wir wissen, wie groß ihre Bedeutung für den wissenschaftlich-technischen und den gesellschaftlichen Fortschritt ist.

Daraus resultiert auch der Wunsch, ja das Bedürfnis, Näheres über Entstehung, Werdegang und Auswirkungen einer Erfindung, über Lebensweg und Leistungen von Naturwissenschaftlern oder Technikern zu erfahren.

Zwar sind all diese Informationen mit Hilfe von speziellen Nachschlagewerken oder aus Archiven zu bekommen. Doch sie zu Rate zu ziehen kostet Zeit. Oft möchte sich aber der Leser sofort informieren, wenn ihm Namen von Wissenschaftlern und Technikern, Geräte, Maschinen, Verfahren begegnen.

Eine solche Informationsquelle vor allem für den technisch-historischen, aber auch für den naturwissenschaftlich-historischen Bereich verfügbar zu machen ist das Ziel, das die Autoren dieser Arbeit anstreben.

Die Zielsetzung war bestimmend für den Aufbau des Buches:

Teil I macht die großen Entwicklungslinien der Technik und ihre gesellschaftlichen Bezüge sowie Zusammenhänge deutlich und hilft so dem Leser, die in den anschließenden Teilen enthaltenen Fakten richtig einzuordnen bzw. zu verbinden.

Etwa 950 Kurzbiographien im Teil II berichten von Leben und Leistung bedeutender Techniker, Physiker, Chemiker, aber auch über Mathematiker sowie Philosophen, deren Wirken sich in der wissenschaftlich-technischen Entwicklung besonders nachhaltig zeigte.

Die im Teil III zusammengestellten Sachbegriffe reihen sich ebenfalls alphabetisch aneinander. In etwa 600 Beiträgen werden wichtige Erfindungen, Verfahren, technische Errungenschaften in ihrer Entwicklung vorgestellt.

Der letzte, tabellarisch und chronologisch angelegte Teil bringt wichtige Daten aus Naturwissenschaft und Technik und ordnet sie geschichtlichen Ereignissen und bedeutsamen geographischen Entdeckungen zu.

Der Leser wird verstehen, daß auch die in diesem Buch gebotenen Informationen nur eine Auswahl darstellen können. Wie schwierig diese war, geht allein daraus hervor, daß sich der zeitliche Bogen von der Antike bis in unsere Tage spannt, daß neben Physik, Chemie, Mathematik technische Disziplinen von der Metallurgie bis zur Kerntechnik, von der Elektronik bis zum Landmaschinenbau, vom Komplex Haushalt und Siedlung bis zum Bauwesen berücksichtigt werden mußten – um nur einige zu nennen.

Einige Hinweise zur Handhabung des Buches sind sicher für den Leser von Nutzen: Wird ein Name gesucht, ist zunächst im biographischen Teil II nachzuschlagen. Handelt es sich um einen Sachbegriff, ist Teil III zu Rate zu ziehen. Der Leser wird in beiden Teilen auf ein Verweiszeichen (↑) stoßen. Es besagt: Unter diesem Stichwort steht mehr im biographischen oder sachbezogenen Teil.

Was aber machen Leser, die weder im biographischen noch im sachbezogenen Teil Auskunft erhalten? Sie sollten, bevor sie die Autoren verdammen, im Namen- bzw. Sachwortverzeichnis nachschlagen. Dort sind Personen und Begriffe angeführt, denen kein eigener Beitrag zugedacht werden konnte, die aber unter anderen Stichwörtern genannt und gewürdigt werden.

Auch die 3., neubearbeitete Ausgabe unseres Buches war rasch vergriffen. Um die 4., vorliegende Auflage rasch folgen lassen zu können, beschränkten wir uns auf notwendige Berichtigungen bzw. Aktualisierungen. So übergeben wir diese Ausgabe in der Hoffnung, daß sie den Lesern nützen möge.

Im Namen des Autorenkollektivs
Walter Conrad

Entdeckungen und Erfindungen gibt es, seitdem die Gesellschaft existiert und die Menschen ihre Existenzbedingungen mit Bewußtsein selbst produzieren [1]. Sie entdeckten objektive Beziehungen und Gesetze und erfanden Hilfsmittel menschlicher Tätigkeit. Schöpferische Ideen führten bei ihrer Realisierung zu praktisch verwendbaren Gegenständen, zu neuen Arbeitsmethoden und zur Lösung technischer Probleme. Mit Erfindungen werden objektive Gesetze ausgenutzt, bewußt, wenn sie schon entdeckt waren, oder unbewußt, wenn sie mit der Erfindung erst erahnt wurden.

Staunend stehen wir heute vor den Wundern der früheren Technik. Uns interessieren die Zeugen der hohen Kultur, der Baukunst und Wissenschaft als Beweis für die schöpferische Lösung technischer und wissenschaftlicher Probleme in dieser Zeit. Sie beweisen die Fähigkeit der Menschen zur praktischen und theoretischen Aneignung der Wirklichkeit sowie die Schöpferkraft des Menschen. Wir wissen jedoch, daß wissenschaftliche Erkenntnisse und technische Leistungen nicht nur dem Wohl der Menschheit dienen oder zur Befriedigung der Bedürfnisse der Werktätigen genutzt werden. Manche Erfindungen wurden im Krieg zur Vernichtung des Gegners gemacht, andere für kriegerische Zwecke verwertet. Wissenschaft und Technik entwickeln sich nicht unabhängig von der menschlichen Gesellschaft. Ihre Ergebnisse werden in Abhängigkeit von den gesellschaftlichen Verhältnissen genutzt. In der antagonistischen Klassengesellschaft nutzt die herrschende Ausbeuterklasse Entdeckungen und Erfindungen zur Befriedigung ihrer Bedürfnisse. Im Kapitalismus z. B. erhöhen Wissenschaft und Technik die Profite, dienen der Durchsetzung bourgeoiser Machtinteressen und verbessern den Lebensstandard der Herrschenden. »Die Erfindung wird dann ein Geschäft und die Anwendung der Wissenschaft auf die unmittelbare Produktion ein für sie bestimmender ... Gesichtspunkt« schreibt *Marx* [2]. Das bestimmt auch die Haltung der Kapitalisten zu Entdeckern und Erfindern. Diese sind vor allem Produzenten schöpferischer Ideen, die auszubeuten sind. Nur wenige können ihre Erfindungen zum profitablen Geschäft machen, indem sie selbst Kapitalisten werden. Der So-

Teil I

Entdeckungen, Erfindungen und die Entwicklung von Gesellschaft, Technik und Wissenschaft

zialismus beseitigt auch die Ausbeutung der Entdecker und Erfinder. *Lenin* erklärte nach dem Sieg der sozialistischen Revolution: »Früher war das ganze menschliche Denken, der menschliche Genius nur darauf gerichtet, dem einen alle Güter der Technik und Kultur zu geben und dem anderen das Notwendigste vorzuenthalten – Bildung und Entwicklung. Jetzt dagegen werden alle Wunder der Technik, alle Errungenschaften der Kultur zum Gemeingut des Volkes, und von jetzt an wird das menschliche Denken, der menschliche Genius niemals mehr ein Mittel der Gewalt, ein Mittel der Ausbeutung sein.« [3]

Wissenschaftliche Leistungen sind ein entscheidender Ausdruck für die Lebenskraft sozialökonomischer Systeme. Der Sozialismus kann, frei von Klassenschranken, die Schöpferkraft des ganzen Volkes einsetzen. Er organisiert Wettbewerbe und Leistungsvergleiche. Er vermittelt allen Bürgern eine umfassende Bildung. Die Verwirklichung der von Partei und Regierung beschlossenen ökonomischen Strategie unseres Landes in den 80er Jahren erfordert, mit moderner Technik und hochentwickelter Wissenschaft eine höhere ökonomische Effektivität und sozialökonomische Wirksamkeit zu erreichen. Es geht um die bewußte humane Gestaltung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts. Das setzt voraus, daß mit Hilfe von Wissenschaft, Technik und Technologie hohe Steigerungsraten der Arbeitsproduktivität erreicht, lebendige und vergegenständlichte Arbeit eingespart und das Verhältnis von Aufwand und Ergebnis in allen gesellschaftlichen Bereichen entscheidend verbessert werden. Das Ergebnis an schöpferischen Leistungen weist nach, daß der Sozialismus dem Kapitalismus als Gesellschaftsordnung überlegen ist, weil er durch die Beseitigung der Ausbeutung des Menschen durch den Menschen, die Überwindung des Individualismus und Egoismus, die Organisation einer umfassenden Bildung für alle und vor allem durch die Befriedigung der Bedürfnisse des Volkes die wissenschaftlichen Potenzen nutzen und in der Produktion einsetzen kann. Selbstverständlich geht dieser Prozeß nicht ohne Schwierigkeiten vor sich; aber er charakterisiert das prinzipiell neue Verhältnis im Sozialismus zu Entdeckern und Erfindern.

1. Zur gesellschaftlichen Determination von Wissenschaft und Technik

Die geistige Produktion ist stets abhängig von der Produktion materieller Güter. Schon die Teilung in geistige und körperliche Arbeit war erst möglich, als mehr produziert werden konnte, als jeder für seinen eigenen Bedarf brauchte. Die gesellschaftlichen Determinanten der wissenschaftlichen und technischen Entwicklung sind vielfältig. Die Gesellschaft wirkt über eine Gesamtheit ökonomischer, politischer und ideologischer Faktoren auf Wissenschaft und Technik ein. Sie stellt Mittel zur Verfügung, baut Einrichtungen, fördert durch materielle und ideelle Anerkennung die weitere Entwicklung und bestimmt so das Bild der wissenschaftlichen und technischen Leistung in der öffentlichen Meinung. Zugleich ist die Gesellschaft Nutzer der Erfindungen und Entdeckungen, indem sie in der unterschiedlichsten Weise zur Befriedigung materieller und geistiger Bedürfnisse verwendet werden. In erster Linie stimulieren die Bedürfnisse, die in der materiellen Produktion entstehen, entscheidend die schöpferische Tätigkeit von Entdeckern und Erfindern. Es ist stets das Wechselverhältnis zwischen materieller und geistiger Produktion zu berücksichtigen. Aber dieses Verhältnis entwickelt sich ebenfalls. Eine wesentliche Bedeutung der Wissenschafts- und Technikgeschichte besteht darin, diesen Zusammenhang zu verdeutlichen, indem sie die historisch-konkreten Formen der gesellschaftlichen Determination von Wissenschaft und Technik zeigt und die Bedeutung wissenschaftlicher Entdeckungen und technischer Erfindungen für die gesellschaftliche Entwicklung aufdeckt. »Wenn die Technik, wie Sie sagen«, schrieb *Engels* an *W. Borgius,* »ja größtenteils vom Stande der Wissenschaft abhängig ist, so noch weit mehr diese vom Stand und den Bedürfnissen der Technik. Hat die Gesellschaft ein technisches Bedürfnis, so hilft das der Wissenschaft mehr voran als zehn Universitäten.« [4]

Entscheidend für die Entwicklung von Wissenschaft und Technik in einer bestimmten Epoche sind die gesellschaftlichen Verhältnisse. In der Auseinandersetzung mit der Natur gehen die Menschen bestimmte, notwendige, von ihrem Willen unabhängige Verhält-

nisse, die Produktionsverhältnisse, ein. Es sind dies ihre Beziehungen zu den Produktionsmitteln, ihre Stellung im Produktionsprozeß und die Formen der Verteilung der Produkte. Die Produktionsweise ist die Einheit dieser Produktionsverhältnisse mit den Produktivkräften, zu denen alle subjektiven und gegenständlichen Faktoren des Produktionsprozesses sowie deren Zusammenwirken bei der Produktion materieller Güter gehören. Die Produktivkräfte entwickeln sich ständig weiter. Wissenschaft und Technik haben entscheidenden Anteil an der Entwicklung neuer Produktionsverfahren. Aber nicht die Produktivkräfte bestimmen durch ihren Stand den Grad der gesellschaftlichen Entwicklung, sondern die materiellen gesellschaftlichen Verhältnisse, eben die Produktionsverhältnisse. Haben sich die Produktivkräfte so weit entwikkelt, daß die existierenden Produktionsverhältnisse ihnen nicht mehr entsprechen, so werden diese in einem Prozeß sozialer Revolutionen verändert. Die durch soziale Veränderungen notwendig herzustellende Übereinstimmung der Produktionsverhältnisse mit dem Charakter der Produktivkräfte ist ein objektives Gesetz gesellschaftlicher Entwicklung. Es drückt sich auch darin aus, daß jede Gesellschaftsformation, die durch eine Gesamtheit von Produktionsverhältnissen bestimmt ist, ihre eigene technische Basis hat oder sich schaffen muß. Das aufstrebende Bürgertum z. B., dessen ökonomische Potenzen neben dem Bankkapital auch aus dem entstehenden Industriekapital stammten und das sich zudem aus den Manufakturbesitzern, den produzierenden Bürgern der Städte usw. rekrutierte, hatte großes Interesse an der Steigerung der Arbeitsproduktivität. Es nutzte die Entdekkungen und Erfindungen seiner Zeit, um die ökonomische Macht gegenüber dem Feudalismus zu stärken und Voraussetzungen für die politische Machtergreifung zu schaffen.

Die technische Umwälzung, die sich mit dem Übergang von der Manufaktur zur Fabrik, von der handwerksmäßigen Produktion zum Maschinenbetrieb vollzog, erforderte kapitalistische Produktionsverhältnisse. Durch die Erfindung der Arbeitsmaschinen erfolgte eine enorme Steigerung der Arbeitsproduktivität und technische Verbesserung der Produktion. Die Manufakturbetriebe boten mit ihren Lohnarbeitern die Voraussetzung für die Anwendung der neuen Technik. Die im 18. und 19. Jahrhundert sich vollziehende industrielle Revolution, die durch die Einführung der Werkzeugmaschinen und der Dampfmaschine charakterisiert ist, löste die Handarbeit durch die Maschinenarbeit ab. Handwerkliche Produkte hielten der Konkurrenz der billigen maschinell gefertigten Produkte nicht stand. Die Produktion materieller Güter erfolgte nun in der kapitalistischen Fabrik, deren technische Grundlage die Werkzeug- und Antriebsmaschinen sind. Eigentümer der Produktionsmittel ist der Kapitalist, Produzent der seine Arbeitskraft verkaufende Lohnarbeiter.

Im 20. Jahrhundert vollzieht sich die wissenschaftlich-technische Revolution. Damit wird ein ganzer Komplex von Erscheinungen bezeichnet, der den Einfluß der Wissenschaft auf die Produktion, die Entwicklung solcher Produktivkräfte, die den Menschen aus einem Teil der Maschinerie zum schöpferischen Gestalter, zum Kontrolleur und damit zum Beherrscher der Produktion durch Programmierung, Steuerung, Reglung und Kontrolle der Produktion werden lassen und die neue Rolle der Wissenschaft in allen gesellschaftlichen Bereichen umfaßt. Den durch die wissenschaftlich-technische Revolution möglichen Produktivkräften entsprechen neue, die sozialistischen und kommunistischen Produktionsverhältnisse, die auf dem gesellschaftlichen Eigentum an Produktionsmitteln beruhen. Dadurch wird die hohe Steigerungsmöglichkeit der Arbeitsproduktivität durch den Einsatz von Wissenschaft und Technik, durch Automatisierung und komplexe Mechanisierung zur immer besseren Befriedigung der Bedürfnisse des ganzen Volkes wirksam. Es geht deshalb in unserer sozialistischen Gesellschaftsordnung darum, die Ergebnisse der wissenschaftlich-technischen Revolution zu nutzen, um die technische Basis des Kommunismus zu errichten. Dazu müssen die Vorzüge des Sozialismus, der mit seinen Produktionsverhältnissen die Entwicklung der Produktivkräfte fördert, voll ausgeschöpft und mit den Errungenschaften der wissenschaftlich-technischen Revolution verbunden werden.

Die wissenschaftlich-technische Revolution führt nicht zu einer Konvergenz der gesellschaftlichen Probleme im Kapitalismus und

Sozialismus, weil die gesellschaftliche Determination der wissenschaftlichen und technischen Entwicklung nicht aufgehoben ist. Zwar erscheint wissenschaftliches Schöpfertum manchem als unabhängig von seinen gesellschaftlichen Determinanten, geht es doch im Erkenntnisprozeß um das Aufdecken objektiver Wahrheiten über objektiv-reale Beziehungen, und objektive Wahrheiten sind nicht klassengebunden. Aber die Art und Weise der gesellschaftlichen Tätigkeit des Wissenschaftlers und die Verwertung wissenschaftlicher Erkenntnisse sind gesellschaftlich determiniert. Widersprechen objektive Wahrheiten den Interessen der Ausbeuterklassen, so werden sie von ihnen verschwiegen oder verfälscht. Die Ziele, die Organisation, die Auswertung und die weltanschauliche Deutung wissenschaftlicher Forschungsarbeit sind durch die entsprechenden gesellschaftlichen Verhältnisse bestimmt. Dieser Determination kann sich kein Wissenschaftler und Techniker entziehen. Durch sie ist jedem die Frage nach der moralischen Verantwortung für sein Handeln gestellt, ebenso, wie die Verantwortung der Gesellschaft für die Nutzung von Wissenschaft und Technik deutlich wird.

Erfindungen, ob sie das Zusammenwirken der verschiedenen Produktionsfaktoren, die bessere Ausnutzung der Naturreichtümer oder die Entwicklung neuer Produktionsinstrumente betreffen, sind Beiträge zur weiteren Verbesserung und Höherentwicklung der Produktivkräfte. Die materielle Produktion erfolgt in jeder Gesellschaftsordnung durch das Zusammenwirken von menschlicher Arbeitskraft mit Produktionsmitteln, d. h. mit Arbeitsmitteln und Arbeitsgegenständen. Dieses Zusammenwirken wird heute entscheidend durch das Verhältnis von Wissenschaft, Technik und Produktion bestimmt. Die Gesamtheit dieser Prozesse ist die wissenschaftlich-technische Revolution. Sie ist gekennzeichnet und kommt uns zugute u. a. durch das rasche Anwachsen von produktionswirksamen Erfindungen und Entdeckungen, voranschreitende Automatisierung und elektronische Datenverarbeitung, den Einsatz von Industrierobotern und die Veränderung des Charakters der Arbeit. Dem gegenüber trägt die wissenschaftlich-technische Revolution im Kapitalismus zur weitergehenden Trennung von Produktivkraft- und Persönlichkeitsentwicklung des Menschen und von Humanität und Effektivität der Produktion sowie zur weiteren Ausdehnung der monopolistischen Großproduktion innerhalb des kapitalistischen Systems bei.

Dabei werden Produktivkräfte zu Destruktivkräften menschlicher Existenz im Interesse staatsmonopolistischer ökonomischer und politischer Interessen. Denken wir etwa an die Produktion neuartiger Pflanzen- und Nervengifte, an die Konstruktion neuer gefährlicher Raketen, Bomben usw., wobei die Atombombe durch die USA 1945 bereits zur Vernichtung von Menschen eingesetzt wurde, und an die Gesamtheit der KBC-Waffen.

Nicht die Entdeckungen und Erfindungen, nicht Wissenschaft und Technik sind moralisch zu verwerfen, sondern die gesellschaftlichen Verhältnisse zu beseitigen, die notwendig Aggressionskriege hervorbringen. Die Aggressionspolitik imperialistischer Kreise muß bekämpft werden. Sie zwingt dazu, auch in den sozialistischen Ländern geistige Potenzen auf die Produktion von Waffen zu lenken, um verteidigungsbereit zu sein.

Der Sozialismus ist das Ende der Ausbeutergesellschaft. Er ist durch neue Produktionsverhältnisse charakterisiert, nämlich durch das sozialistische Eigentum an Produktionsmitteln und durch Verhältnisse der kameradschaftlichen Hilfe und gegenseitigen Unterstützung. Die Arbeiterklasse und die Klasse der Genossenschaftsbauern sowie die mit ihnen verbündeten Schichten besitzen die politische Macht. Sie sind Eigentümer, Produzenten und Konsumenten der gesellschaftlichen Produkte. Ihre Verteilung erfolgt im wesentlichen nach der Leistung. So existiert eine neue ökonomische Struktur, mit der die Ausbeutung des Menschen durch den Menschen verschwindet und die Erfindungen und Entdeckungen zum Wohle der ganzen Gesellschaft eingesetzt werden können.

Die kurz skizzierten Gedanken zur gesellschaftlichen Determination von Wissenschaft und Technik lassen die Bedeutung von Entdeckungen und Erfindungen für die Entwicklung der Produktivkräfte erkennen und erklären die Stellung verschiedener Gesellschaftsordnungen zu den Entdeckern, Erfindern und ihren Produkten. Neben diesen gesellschaftlichen Determinanten sind für die Wissen-

schafts- und Technikentwicklung noch weitere Faktoren entscheidend. Verwiesen sei hier vor allem auf die Rolle der Erfinder- und Entdekkerpersönlichkeit. Die Fähigkeit von Wissenschaftlern und Ingenieuren, Probleme aufzugreifen und zu bearbeiten, gesellschaftlich Notwendiges mit wissenschaftlich-technisch Möglichem und ökonomisch Vertretbarem zu verbinden, Zusammenhänge und Entwicklungstendenzen zu erkennen und Wissen zu verwerten, Hypothesen und Ideen zu entwikkeln und zu testen, aber auch Neues durchzusetzen und zur gesellschaftlichen Anerkennung zu führen, sind von entscheidender Bedeutung für neue Entdeckungen und Erfindungen. Die Wissenschafts- und Technikgeschichte zeigte, mit welch hohem persönlichen Einsatz, oftmals jahre- oder jahrzehntelang, um Neues gerungen wurde, wie sich Erfinder und Entdecker gegen vorherrschende Anschauungen, Traditionen und Vorurteile, wie sie sich gegen Bestehendes durchsetzen mußten, um dem Fortschritt zum Erfolg zu verhelfen. Wenn *Bertold Brecht* seinen *Galileo Galilei* sagen läßt: »Es setzt sich nur soviel Wahrheit durch, wie wir durchsetzen; der Sieg der Vernunft kann nur ein Sieg der Vernünftigen sein« [5], so sollten wir daraus die Schlußfolgerung ziehen, daß sich auch gegenwärtig Neues – einschließlich der Gebiete Wissenschaft und Technik – nicht kampf- und problemlos, nicht ohne Einsatz und Engagement durchsetzt.

2. Wissenschaft als Produktivkraft, Sozial- und Humankraft, Kulturkraft

Wissenschaft ist individuelle und organisierte gesellschaftliche Tätigkeit der Menschen zur Erkenntnis der objektiven Beziehungen und Gesetze der Natur, der Gesellschaft und des Bewußtseins in ihrem systematischen und historischen Zusammenhang und die technologische Nutzung dieser Erkenntnisse zur theoretischen und praktischen Herrschaft des Menschen über seine natürliche und gesellschaftliche Umwelt sowie über sich selbst. In der Einheit von Wahrheitssuche, Wertung und Erkenntnisse und gesellschaftlicher Verwertung wahrer Erkenntnisse ist Wissenschaft Produktivkraft, Sozial- und Humankraft sowie Kulturkraft.

Wissenschaft leistet als Produktivkraft einen direkten oder indirekten Beitrag zur Produktion materieller Güter in der Auseinandersetzung des Menschen mit der Natur. Die Wissenschaft erwies sich seit ihrem Entstehen als Produktionspotenz. Sie war jedoch nicht immer produktionsorientiert. Denken wir etwa an die Trennung in geistige und körperliche Arbeit, die in der Sklaverei soweit ging, daß die geistige Arbeit als unvereinbar mit der körperlichen betrachtet wurde. Die letztere war eine niedrige und erniedrigende Sache, die nur von Sklaven und Tieren durchgeführt werden konnte.

Die Wissenschaft war eine mögliche Quelle für die Entwicklung der Produktivkräfte, aber sie wurde nicht systematisch betrieben. Das änderte sich mit dem Entstehen des Kapitalismus. Die Wissenschaft erhielt wesentliche Anstöße zu ihrer Entwicklung von der Produktion. Sie wurde systematisch als Produktionspotenz gefördert.

Mit dem Kapitalismus beginnt die Wissenschaft immer mehr zu einer unmittelbaren Produktivkraft zu werden. Ohne das Verhältnis von Wissenschaft und Produktion vereinfachen zu wollen, ist die Produktion nun Grundlage, wesentlicher Ausgangspunkt und Ziel der Erkenntnisse der Wissenschaft. Diese Feststellung hebt in keiner Weise die relative Selbständigkeit bestimmter wissenschaftlicher Entwicklungen auf. Vertragsforschung mit der Industrie, Forschungslaboratorien in den Betrieben, Einbeziehung der Wissenschaftler in die Lösung von Betriebsaufgaben sind seit der Entwicklung der Industrie im Kapitalismus selbstverständlich. Darin kommt zum Ausdruck, daß es sich bei der Entwicklung der Wissenschaft zur unmittelbaren Produktivkraft um eine objektive Entwicklungstendenz handelt, die auch der Kapitalist berücksichtigt. Dabei fordern die Profitinteressen des Kapitalisten die schnelle Einführung rationeller Arbeitsmethoden und die Senkung der Produktionskosten. Die Konkurrenz auf dem Weltmarkt verlangt Produkte des wissenschaftlich-technischen Höchststandes.

Auf der Grundlage der sozialistischen Produktionsverhältnisse ist es möglich, unter Ausnutzung des Entwicklungsprozesses der Wissenschaft zur unmittelbaren Produktivkraft, die Überlegenheit des Sozialismus über

den Kapitalismus nachzuweisen. Dabei müssen die Potenzen, die durch die sozialistischen Produktionsverhältnisse in der Gemeinschaftsarbeit der Wissenschaftler eines Landes, in der Planung, in der Kooperation und Integration der sozialistischen Staatengemeinschaft, in der Neuererbewegung, in der Hebung des Bildungsniveaus des ganzen Volkes gegeben sind, ausgenutzt werden. Die Aufgabe der Wissenschaft kann nicht in erster Linie in der Lösung operativer Probleme eines Betriebes, d. h. in der direkten Zweckforschung für die Produktion von heute bestehen, obwohl das eine notwendige Aufgabe ist. Die Wissenschaft muß auch für die Entwicklung der Produktion von morgen genutzt werden. Heute müssen die Entwicklungstendenzen der Produktion in bestimmten Industriezweigen eingeschätzt und die Entwicklung von Verfahren und Produkten auf der Grundlage des Höchststandes in Wissenschaft und Technik gesichert werden. Das erfordert u. a. ein umfangreiches Literaturstudium. Die heutigen Veröffentlichungen wissenschaftlicher Forschungsarbeiten geben Hinweise auf die Produktion von morgen. Der moralische Verschleiß unserer Produkte geht mit der Entwicklung der Natur- und technischen Wissenschaften immer schneller vor sich. Deshalb müssen die wissenschaftlichen Vorbereitungen für Änderungen in der Produktion bereits einige Jahre vorher begonnen werden.

Die gezielte erkenntnis- und praxisorientierte Grundlage von Perspektivplänen hat dafür große Bedeutung. Ohne wissenschaftlich begründete Perspektive wird unrationell gearbeitet, d. h., es müssen kurzfristige Lösungen gefunden werden, und Entwicklungsarbeiten sowie Experimente, die ein späteres höheres Tempo in der Produktion erlauben, werden vernachlässigt. Heute geht es also nicht mehr nur um die Feststellung eines äußeren Zusammenhangs zwischen Wissenschaft und Produktion, auch nicht nur um die wissenschaftliche Durchdringung vorhandener Produktionsprozesse, sondern um die wissenschaftliche Vorbereitung der Produktion der nächsten Jahre und Jahrzehnte.

Die Wissenschaft als unmittelbare Produktivkraft hat u. a. die Aufgabe, die Entwicklungstendenzen der Produktion zu zeigen und die Voraussetzungen für die Organisierung der Produktion auf den internationalen wissenschaftlich-technischen Höchststand zu schaffen. Dabei muß sie die Möglichkeit nutzen, die die sozialistische Integration bietet. Im Vordergrund stehen die intensive Entwicklung unserer Volkswirtschaft und die Ermöglichung weiterer schöpferischer Arbeit.

Die Wissenschaft gewinnt im Sozialismus als Sozial- und Humankraft an Bedeutung. Auf der Grundlage existierender gesellschaftlicher Voraussetzungen wird es möglich und notwendig, den wissenschaftlich-technischen Fortschritt human so zu gestalten, daß sich seine sozialökonomische Wirksamkeit erhöht. Es gilt, Entdeckungen und Erfindungen mit humaner Zielstellung zu verwerten. Zu diesen gesellschaftlichen Voraussetzungen gehören die politische Macht der Arbeiterklasse im Bündnis mit allen anderen Werktätigen, das gesellschaftliche Eigentum an den entscheidenden Produktionsmitteln, die planmäßige und langfristige Leitung gesellschaftlicher Entwicklungsprozesse und die zunehmende Naturbeherrschung mittels rascher Produktivkraftentwicklung. Davon ausgehend sind strategische Programme, z. B. für die Energie- und Rohstoffversorgung, für Ernährung und Gesunderhaltung, für die Städteplanung und die Entwicklung von Sozialstrukturen auszuarbeiten, die unter Einbeziehung aller Wissenschaften stufenweise abzuarbeiten sind. Der Mensch als Persönlichkeit und der Freiheitsgewinn des einzelnen sind Grundlage und Zielsetzung der Wissenschaft als Humankraft.

Wissenschaft als Kulturkraft ist auf den objektiven Erkenntnisfortschritt durch neue Einsichten in die Beziehungen und Gesetze der Natur, der Gesellschaft und des Bewußtseins sowie in Komplexe von Bewegungsformen der Materie als Beitrag zum Weltbestand wahrer Erkenntnisse gerichtet. Um das von der Humankraft Wissenschaft begründete Ziel, Freiheitsgewinn der frei assoziierten Persönlichkeit, zu erreichen, ist die wachsende Herrschaft des Menschen über Natur, Gesellschaft und Bewußtsein auf der Grundlage immer tiefergehender Erkenntnisse erforderlich. Zur Kultur gehören all jene Seiten menschlicher Aktivität, die Ausdruck, Resultat und Vergegenständlichung der historisch sich entwikkelnden schöpferischen Kräfte des Menschen

sind. Auch der Technik kommt eine hohe kulturelle Bedeutung zu, ist sie doch, um mit *Marx* zu sprechen, »vergegenständlichte menschliche Wesenskraft«, Ausdruck menschlichen Schöpfertums, Zeugnis und Beweis seiner erfolgreichen Auseinandersetzung mit der Natur.

3. Die Rolle schöpferischer Ideen und die gesellschaftliche Entwicklung

Erfindungen und Entdeckungen sind mit schöpferischen Ideen und schöpferischem Verhalten verbunden. Schöpferisch ist das, was Prozesse und Objekte auf neue Art und Weise unter bestimmten Bedingungen und konkreten räumlichen und zeitlichen Beziehungen beherrschen läßt. Mit schöpferischen Ideen, die durch das Handeln verwirklicht werden, erhalten wir produktionsfördernde Potenzen, deren Ausweitung zu neuen Verfahren, neuen Stoffen usw. führen kann. Der wissenschaftlich-technische Fortschritt ist entscheidend von der schöpferischen Fähigkeit der Menschen abhängig. Auch die Ausnutzung dieser Fähigkeiten wird durch die gesellschaftlichen Verhältnisse determiniert.

Ideen sind die im Kopf des Menschen bereits gesetzten Zwecke, die er dann durch seine Handlungen erreichen will. Aber diese Ideen sind nicht nur Voraussetzung für die zweckgerichtete Tätigkeit des Menschen, sondern sie sind auch zugleich wieder das Produkt bisheriger Tätigkeit. Sie sind als Zusammenfassungen bisheriger Erfahrungen Abbilder der Wirklichkeit. Das muß deshalb betont werden, weil sich daraus die praktische Schlußfolgerung ergibt, daß zur Bildung neuer Ideen das Studium der bis zu diesem Zeitpunkt bereits gemachten Erfahrungen auf diesem Gebiet gehört.

Die Aufstellung neuer Ideen erfordert umfassende Vorarbeiten. Vor die so oft betonte Begabung einzelner tritt das Wissen um die Erfahrung vieler. Die Wissenschaft, gekoppelt mit der schöpferischen Fähigkeit des Wissenschaftlers, führt zu Denkmöglichkeiten. Es gilt, sie zu untersuchen, die Konsequenzen zu ziehen, sie in Experimenten zu überprüfen und zur konstruktiven Idee auszubauen. Meistens gibt es bei unseren Forschungen nicht zahllose Möglichkeiten, sondern eine beschränkte Anzahl davon. Das kommt daher, daß unsere Idee nicht nur einem bestimmten Zweck entsprechen soll, den wir erreichen wollen. Sie muß auch bestimmten Bedingungen genügen, die sich aus der Kenntnis bisheriger Erfahrungen und theoretischer Einsichten auf dem betreffenden Gebiet ergeben. Außerdem muß die Idee den bekannten Naturgesetzen entsprechen.

Zweifellos hat der Mensch verschiedene Anlagen und Fähigkeiten, aber diese allein helfen ihm nicht weiter. Ein genialer Gedankenblitz (Intuition) ist meist das Ergebnis langer Beschäftigung mit damit zusammenhängenden Fragen. Eindrucksvoll bestätigte das *Thomas Alva Edison,* als er auf die Frage, ob er ein Genie sei, antwortete: »Genie ist 99% Transpiration und 1% Inspiration.«

In der Geschichte des Denkens hat es viele schöpferische Ideen gegeben, aber nur ein Bruchteil davon wurde verwirklicht. Denken wir nur an die Konstruktionszeichnungen *Leonardo da Vincis.* Im Altertum waren das Dampfprinzip und die Anziehungskraft des Bernsteins bekannt, aber erst mit der Entwicklung des Kapitalismus wurden Dampfmaschinen und nach dem dynamoelektrischen Prinzip arbeitende Stromerzeuger gebaut. Das zeigt, daß es nicht nur auf die Entwicklung von Ideen ankommt, sondern daß zugleich auch die Notwendigkeit und Möglichkeit ihrer Verwirklichung bestehen muß. Eine bestimmte individuelle oder kollektive Erfindung ist zunächst nur eine Möglichkeit für die Weiterentwicklung der »produktiven Organe« der Menschen. Ob sie auch zur wirklichen Produktivkraft, d. h. zur gesellschaftlich genutzten Erfindung wird, hängt wesentlich von den gegebenen Voraussetzungen in der Struktur der vorhandenen Produktivkräfte und von den bestehenden gesellschaftlichen Verhältnissen ab. Produktive Möglichkeiten, geboren aus schöpferischen Ideen und deren planvoller Realisierung, können nur über ihre gesellschaftliche Verwertung zu Produktivkräften werden.

Schöpferische Ideen sind solche Ideen, die nicht nur ein richtiges Abbild der Wirklichkeit darstellen, sondern für die die reale Möglichkeit besteht, verwirklicht zu werden und die somit ein ideelles Programm für prakti-

sches Handeln darstellen, das darauf gerichtet ist, natürliche und gesellschaftliche Prozesse auf neue Art und Weise zu beherrschen.

Schöpferische Tätigkeit stellt deshalb mehrere Forderungen:

1. Um zu erreichen, daß Ideen ein richtiges Abbild der Wirklichkeit darstellen, eine richtige Zusammenfassung der bisherigen Erfahrungen auf einem bestimmten Gebiet sind, muß man diese Erfahrungen kennen. Das bedeutet sowohl das Studium der theoretischen Arbeiten als auch der praktischen Erfahrungen der Ingenieure, Aktivisten und Neuerer der Produktion.

2. Die Untersuchung, ob die reale Möglichkeit zur Verwirklichung der Ideen gegeben ist, erfordert die Kenntnis des Standes der Technik und praktische Arbeitserfahrungen, die Durchführung von Experimenten, die Einrichtung von Pilotstationen und die Überführung der Erkenntnisse in die Praxis.

3. Damit Ideen der Weiterentwicklung der Produktionsinstrumente, der besseren Beherrschung natürlicher und gesellschaftlicher Prozesse dienen, muß die durch die objektiven Gesetzmäßigkeiten der gesellschaftlichen Entwicklung geforderte Richtung der Weiterentwicklung bekannt sein. Praktisch bedeutet das, daß Forschung und Entwicklung nicht losgelöst von der Praxis der sozialistischen Entwicklung der Gesellschaft betrieben werden.

Schöpferische Tätigkeit erfordert Wissen, Können und Kenntnis der gesellschaftlichen Praxis. Letzteres nicht nur, weil der Wissenschaftler und Techniker Staatsbürger ist, sondern weil er durch die Kenntnis der gesellschaftlichen Verhältnisse besser in der Lage ist, Ziel und Bedeutung der wissenschaftlichen und technischen Entwicklung zu kennen, und seine schöpferischen Fähigkeiten damit bewußt einsetzen kann.

Die Forderungen, die die schöpferische Arbeit an uns stellt, zeigen zweierlei. Einerseits entstehen schöpferische Ideen nicht aus dem Nichts, sondern erfordern harte Arbeit. Schöpferische Tätigkeit ist die Verarbeitung des Materials, das uns die praktische Tätigkeit des Menschen liefert. Schöpferische Ideen sind etwas Neues, aber sie sind nicht losgelöst von den bisherigen Erfahrungen der Menschen. Sie entstehen aus der Kopplung von Denk- und realen Möglichkeiten, aus der Kombination von Wissen aus verschiedenen Gebieten. Andererseits sind es nicht Ideen allein, die den technischen Fortschritt bestimmen. Schon die Beispiele der Nichtverwirklichung vorhandener Ideen zeigen, daß noch andere Faktoren mitbestimmend sind. *Engels* kritisiert die Wissenschaftsgeschichtsschreibung, die die Geschichte so schrieb, als wäre alles vom Himmel gefallen, und wies auf die Rolle der Bedürfnisse der menschlichen Gesellschaft bei der Entwicklung der Wissenschaft hin [6]. Die Dampfmaschine entstand nicht, weil das Dampfprinzip erkannt wurde, sondern als es um die Entwässerung der Bergwerke ging, als überhaupt eine neue Antriebskraft gebraucht wurde. Aber es sind nicht stets die Bedürfnisse der ganzen Gesellschaft, die die Weiterentwicklung der Technik bestimmen. Das zeigen die Entwicklungstendenzen der Ausnutzung wissenschaftlicher und technischer Erkenntnisse in den kapitalistischen und den sozialistischen Ländern.

Es ist bekannt, daß man auch in den kapitalistischen Ländern bestrebt ist, die Rationalisierung der geistigen Arbeit durchzuführen. Schon zu Beginn des Kapitalismus traten Forderungen nach systematischer Arbeit bei Konstruktion, Entwicklung und Forschung auf. Dem steht aber die allen bekannte Tatsache entgegen, daß man sich nicht um die Ausnutzung aller vorhandenen geistigen Potenzen bemüht. Es gibt viele wertvolle Erfindungen, die aus Profitinteressen einzelner Firmen in den Panzerschränken liegen bleiben.

So berichtet *Lilley*, daß die amerikanische Bell Telephone Company 1934 die Rechte von 9234 Patenten hatte, wovon sie nur 4225 ausnutzte. Die Federal Communications Comission, die die Angelegenheit untersuchte, mußte feststellen, daß 3433 der übrigen Patente, obwohl sie dem Allgemeinwohl gedient hätten, durch die Gesellschaft zurückgehalten wurden, um deren Interessen gegen Konkurrenten zu schützen [7]. *W. H. Carothers* fand 1935 den Grundstoff für eine synthetische Faser, die Temperaturen von 500 °C aushalten konnte. *Carothers* bewies, daß er noch weitere haltbare Fasern entdecken könnte, nachdem er einmal die prinzipielle Lösung gefunden hatte. Aber die Firma Du Pont, in deren Auftrag er arbeitete, wollte eine weitere Verbesse-

rung und Verfeinerung nicht abwarten, sondern aus kommerziellen Gründen zuerst und möglichst schnell auf dem Markt erscheinen, um ihr nur siebzehn Jahre laufendes Patent voll auszunutzen. *Carothers* bessere Faser wurde, trotz seiner Bitten, nicht zur Fabrikation zugelassen [8]. Solche Beispiele gibt es sicher viele, aber sie werden kaum publiziert, da das Interesse der Konzerne gerade darin besteht, daß niemand von solchen Entwicklungen oder Forschungsergebnissen erfährt.

Im Kapitalismus besteht ein Widerspruch zwischen den Bestrebungen, die geistige Arbeit zu rationalisieren, und der Nichtausnutzung vorhandener geistiger Potenzen, ja sogar der Hemmung der schöpferischen Initiative. Dieser Widerspruch ist abgeleitet aus dem grundlegenden Widerspruch im Kapitalismus, der zwischen dem gesellschaftlichen Charakter der Produktion und dem privatkapitalistischen Eigentum an Produktionsmitteln besteht. Die wirkliche Lösung des Widerspruchs des Kapitalismus erfolgt durch die Beseitigung des Kapitalismus, durch die sozialistische Revolution. Sie löst auch den Widerspruch zwischen der Rationalisierung der geistigen Arbeit und der Nichtausnutzung geistiger Potenzen.

Mancher Wissenschaftler und Techniker im Kapitalismus will seinem Volk helfen, indem er Wissenschaft und Technik weiterentwickelt. Aber er kann es eben nicht dadurch allein. Er muß die Interessen der Arbeiterklasse zu seinen eigenen machen, wenn seine Arbeit dem Wohl der Menschen dienen soll. Tut er das nicht, so unterstützt er, ob er will oder nicht, die herrschende kapitalistische Klasse.

Man kann also nicht einfach auf die wissenschaftlichen und technischen Leistungen in den kapitalistischen Ländern hinweisen, ohne zu berücksichtigen, wem sie nützen. Wenn auf die gesellschaftliche Determiniertheit wissenschaftlicher und technischer Entwicklung aufmerksam gemacht wird, so ist damit nicht die schöpferische Leistung des einzelnen herabgewürdigt. Aber die Förderung und Verwendung solchen Schöpfertums hängt nicht vom Individuum, sondern von der Gesellschaft ab. Die Möglichkeiten, die der gesellschaftliche Charakter der Produktion dafür gibt, die geistige Arbeit zu rationalisieren, die Spezialisierung durch eine kameradschaftliche Zusammenarbeit zu ergänzen, kann auf Grund der durch die privatkapitalistischen Eigentumsverhältnisse bestimmten Profitinteressen nicht verwirklicht werden. Die kapitalistischen Verhältnisse der Konkurrenz werden zum Hemmschuh für die freie Entfaltung der schöpferischen Persönlichkeit.

Welche Bedingungen schafft der Sozialismus für die Freiheit der schöpferischen Arbeit? Die Vergesellschaftung der Produktionsmittel hebt die im Privateigentum begründeten hemmenden Faktoren auf. Sie ergibt die Möglichkeit der Planung der Produktion und auch der geistigen Arbeit. Krisen und Arbeitslosigkeit sind ausgeschaltet. Die Erfolge der Arbeit kommen der ganzen Gesellschaft zugute. Dadurch wächst das Interesse von Arbeitern, Ingenieuren und Wissenschaftlern an der Verbesserung der Arbeit. Wir haben deshalb eine breite Neuerer- und Aktivistenbewegung. Wir haben ein verzweigtes System von Ausbildungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten. Die Beschränkung der schöpferischen Arbeit durch Privatinteresse ist aufgehoben. Das Interesse der ganzen Gesellschaft an schöpferischen Leistungen wächst. Die Verhältnisse der Anarchie und Konkurrenz in der wissenschaftlichen Arbeit haben keine Klassengrundlage mehr. Kameradschaftliche Hilfe und gegenseitige Zusammenarbeit bestimmen die geistige Arbeit im Sozialismus. Das sind einige der grundlegenden Bedingungen, die die freie Entfaltung der schöpferischen Persönlichkeit garantieren. Sie sind durch den Sozialismus gegeben. Aber die grundlegenden Bedingungen im persönlichen Leben, in der Forschungseinrichtung und im Betrieb zu verwirklichen, erfordert Kampf, Kampf gegen alte Methoden und gegen rückständige Auffassungen. Bedingungen der schöpferischen Arbeit, wie konstruktive sachliche Kritik, gegenseitige Unterstützung und Hilfe, entstehen nicht im Selbstlauf. Sie lassen aber erst die reale Möglichkeit zur freien Entfaltung der schöpferischen Persönlichkeit im Sozialismus zur Wirklichkeit werden. Zwar gibt es im Sozialismus keine solchen Hemmnisse, wie das Privatinteresse der Kapitalisten, das durch den kapitalistischen Staat geschützt ist, aber immer noch gibt es individualistische Züge, Prestigedenken und Karrierismus. Die Forderung, die Vorzüge des Sozialismus zu nutzen,

schließt die Auseinandersetzung mit solchen Verhaltensweisen, die die Entfaltung schöpferischer Fähigkeiten hemmen, mit ein.

Die Verantwortung des Wissenschaftlers und Technikers besteht darin, daß er in der Produktion die Einsparung von lebendiger und vergegenständlichter Arbeit durch wissenschaftliche Arbeitsorganisation, durch komplexe Mechanisierung und gut vorbereitete, auch die sozialen Konsequenzen bedenkende Automatisierung im Interesse der Gesellschaft fördert. Das erfordert sozialistische Verhaltensweisen in der Arbeit. In der kameradschaftlichen Zusammenarbeit mit anderen Spezialisten kann jeder seine Fähigkeiten am besten entfalten, denn sie ist ein Ausdruck der Freiheit der schöpferischen Persönlichkeit.

Immer mehr vertieft sich die umfassende ökonomische und wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit der RGW-Länder. Das führt zu ihrer ökonomischen Stärkung und zur Erhöhung des Lebensniveaus der Werktätigen. Die sozialistische ökonomische Integration entspricht dem gesellschaftlichen Charakter der Produktion materieller Güter unter sozialistischen Produktionsverhältnissen und schafft neue Potenzen für die Lösung wissenschaftlicher und technischer Probleme durch Kooperation. Die Ergebnisse der wissenschaftlich-technischen Revolution können so organisch mit den Vorzügen des Sozialismus nicht nur für einzelne sozialistische Staaten, sondern für die sozialistische Staatengemeinschaft verbunden werden.

Die Teilung der Arbeit, schreibt *Marx,* »verkrüppelt den Arbeiter in eine Abnormität, indem sie sein Detailgeschick treibhausmäßig fördert durch Unterdrückung einer Welt von produktiven Trieben und Anlagen« [9]. Die Beseitigung dieser Unterdrückung ist eine unserer Aufgaben auf dem Weg zur Befreiung der Menschheit. *Engels* sagt von der sozialistischen Gesellschaft, daß »sie ein Geschlecht von allseitig ausgebildeten Produzenten erzeugt, die die wissenschaftlichen Grundlagen der gesamten industriellen Produktion verstehn« [10].

Es zeigt sich, daß man die Rolle der Ideen nicht von den bestehenden gesellschaftlichen Verhältnissen loslösen kann. Im Kapitalismus wird die schöpferische Tätigkeit gehemmt, während der Sozialismus eine allseitig freie Entwicklung der Persönlichkeit garantiert. Im Sozialismus kommt die Rolle der Idee in der schöpferischen Tätigkeit erst wirklich zur Geltung, weil die Förderung von Wissenschaft und Technik im Einklang mit den sozialistischen Verhältnissen steht.

4. Wissenschaftlich-technischer Fortschritt – Humanismus – Effektivität

Wissenschaftlich-technischer und sozialer Fortschritt standen in der Geschichte der Menschheit stets in einem engen Zusammenhang. Die Geschichte der Menschheit ist auch die Geschichte der Entwicklung und Entfaltung der produktiven Organe der Menschheit, die Erweiterung der Herrschaft der Menschheit über die Natur und die eigene Geschichte auf der Grundlage von Erfindungen und Entdeckungen. Aber noch niemals war dieser Zusammenhang so eng wie in der Gegenwart, noch nie wurden die sozialen Dimensionen des wissenschaftlichen und des technischen Fortschritts so deutlich sichtbar wie heute. Nie war es notwendiger als jetzt, wissenschaftlich-technische und gesellschaftliche Umgestaltungen, die Entwicklung der Produktivkräfte und der Produktionsverhältnisse, die Produktivkraft- und die Persönlichkeitsentwicklung des Menschen in ihrer Einheit und in ihrem Zusammenhang zu sehen. Es geht um die bewußte humane Gestaltung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts.

Mit dieser Aufgabenstellung wachsen die Anforderungen an das Schöpfertum, an die Risikobereitschaft und an das Verantwortungsbewußtsein aller Werktätigen. Es wächst die Komplexität von Aufgaben und Entscheidungssituationen. Mit der wissenschaftlich-technischen Revolution erweitert sich der Verantwortungsbereich des einzelnen, die Risikoproblematik nimmt andere Dimensionen an. Verantwortung bedeutet, Konsequenzen möglicher Entscheidungen zu überschauen, nützliche, humane Folgen zu fördern und schädliche, antihumane Folgen zu verhindern, Ergebnisse des Handelns auszuwerten und daraus Schlußfolgerungen zu ziehen. Entscheidungen und Handlungen wirken sich auf immer größere Menschengruppen und immer höhere Sachwerte aus. Um sachkundige Ent-

scheidungen treffen zu können, braucht der einzelne umfangreicheres Wissen als bisher. Seine Entscheidung ist oft nicht nur durch die spezifischen Kenntnisse des entsprechenden Bereichs bestimmt, sondern durch gesamtgesellschaftliche Dimensionen gekennzeichnet. Das erfordert einen Hintergrund für wissenschaftliche Kenntnisse, der ihre gesellschaftliche und kulturelle Einordnung möglich macht. Mit der wissenschaftlich-technischen Revolution kann der Mensch im Sozialismus seiner Rolle als Hauptproduktivkraft durch den gezielten Einsatz seiner schöpferischen Fähigkeiten besser gerecht werden. Der Mensch ist nicht nur Produzent materieller und kultureller Produkte, sondern zugleich auch deren Nutzer. Er schafft die Grundlagen seiner Persönlichkeitsentwicklung und kann als entwickelte Persönlichkeit seine Lebensweise mit der Gestaltung des gesamten Reproduktionsprozesses bestimmen. Damit wird das Verhältnis von Effektivität und Humanität zu einem zentralen Bezugspunkt. Effektivitätssteigerung verlangt, mit geringerem Aufwand an Energie, Rohstoffen und lebendiger Arbeit qualitativ hochwertige Gebrauchswerte zu produzieren. Humanismus zielt auf die Einschränkung oder Beseitigung all jener gesellschaftlichen Verhältnisse, in denen der Mensch unterdrückt, geknechtet, manipuliert und ausgebeutet wird. Es zeigt sich, daß unter kapitalistischen Bedingungen, wo der wissenschaftlich-technische Fortschritt als Mittel verstärkter Ausbeutung und Unterdrückung eingesetzt wird, zwischen Effektivität und Humanität der Produktion ein unüberbrückbarer Gegensatz besteht. Das findet in solchen Alternativen wie »Humanisieren oder Technisieren« seine Widerspiegelung. Daran ändern auch die zahlreichen Diskussionen um und Versuche zur »Humanisierung der Arbeitswelt« in diesen Ländern nichts. Unter sozialistischen Bedingungen jedoch, wo der Mensch zum Maß aller Dinge wird, wandelt sich dieser Gegensatz zum Zusammengang. Uneffektive Arbeit, Material- und Zeitverschwendung, ungenügende Arbeitsorganisation und schlechte Leitung sind nicht nur Verluste an Produktivität, sondern auch gleichzeitig Defizite an Humanität, weil die grundlegende humane Aufgabe, das materielle und kulturelle Lebensniveau zu erhöhen, nur begrenzt zu erfüllen ist.

Unter Humanismus versteht man die Gesamtheit jener Ideen und Bestrebungen in der Geschichte, die auf die Wahrung der Freiheit und Würde des Menschen, seine allseitige Bildung und Entwicklung, die Entfaltung seiner schöpferischen Wesenskräfte sowie die immer größere Vervollkommnung und Freiheit der Menschen überhaupt gerichtet sind. Seit der Antike hat er die verschiedensten Formen angenommen. Einen Höhepunkt des bürgerlichen Humanismus finden wir in der Periode der Aufklärung und der klassischen deutschen Philosophie des 18. und 19. Jahrhunderts. Bei all seinen progressiven Zielen mußte er letztlich utopisch bleiben, da keine gesellschaftliche Möglichkeit seiner Verwirklichung bestand. Der sozialistische Humanismus leitet seine Inhalte und Zielvorstellungen – im Gegensatz zum früheren Humanismus – aus der gesellschaftlichen Realität ab, begründet sie wissenschaftlich und verwirklicht sie in dem Maße, wie die realen politischen, ökonomischen, sozialen, wissenschaftlich-technischen und kulturellen Bedingungen in der Gesellschaft geschaffen werden. Sozialistischer Humanismus ist kein passives Ergebnis der Gesellschaftspolitik, sondern aktive humane Gestaltung der natürlichen und gesellschaftlichen Umwelt sowie des eigenen Verhaltens durch sozialistische Persönlichkeiten.

Durch die Kenntnis der Gesetzmäßigkeiten der gesellschaftlichen Entwicklung und ein darauf gegründetes Handeln werden die Menschen in der sozialistischen Gesellschaft »zum ersten Male bewußte, wirkliche Herren der Natur, weil und indem sie Herren der eigenen Vergesellschaftung werden« [11]. Daraus resultiert u. a. zweierlei: Erstens bringt dieser Prozeß den notwendigen Freiheitsgewinn des Individuums, denn es wird der Übergang der Menschheit in einen Zustand gesellschaftlichen Lebens vollzogen, der in zunehmendem Maße von Bewußtsein und Planmäßigkeit des Handelns bestimmt wird und in dem sich die Persönlichkeit bewährt und entwickelt, in einen Zustand, in dem der Mensch frei ist von Ausbeutung und Existenzunsicherheit und jedem Werktätigen eine umfassende Bildung sowie aktive Teilnahme an der Lösung der gesellschaftlichen Aufgaben gewährleistet wird. Damit ist die gesellschaftliche Voraussetzung für die Freisetzung menschlicher Schöpfer-

kraft im gesamtgesellschaftlichen Maßstab, für Schöpfertum im Interesse der weiteren und besseren Beherrschung der natürlichen und gesellschaftlichen Umwelt gegeben. Zweitens erfordert dieser Prozeß die rationelle Beherrschung der gesellschaftlichen Produktionsprozesse als materielle Grundlage für die Gewinnung nicht nur von Gütern, sondern auch von individueller Freiheit. Materielle Produktion und Freiheitsgewinn bilden somit eine untrennbare Einheit; weiterer Freiheitsgewinn kann nur auf der Grundlage erweiterter Produktion, mithin nur durch Produktivkraftentwicklung und somit durch den wissenschaftlich-technischen Fortschritt realisiert werden. Damit wird die unüberbrückbare Kluft zwischen Humanität und Effektivität der Produktion, die für antagonistische Klassengesellschaften typisch ist, immer weiter überwunden. Effektivität und Humanität bilden dann eine untrennbare Einheit, wenn die »assoziierten Produzenten ... ihren Stoffwechsel mit der Natur rationell regeln ... und unter den ihrer menschlichen Natur würdigsten und adäquatesten Bedingungen vollziehen« [12]. Genau darauf zielt die bewußte Nutzung und humane Gestaltung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts.

Dadurch, daß der wissenschaftlich-technische Fortschritt und speziell die wissenschaftlich-technische Revolution alle gesellschaftlichen Prozesse beeinflussen, wird die Frage nach dem Zusammenhang von ökonomischer Effektivität, wissenschaftlich-technischer Entwicklung und Humanismus relevant. Unser Humanismus kann sich nur verwirklichen, wenn er rational mit den objektiven Erfordernissen der materiellen Produktion verbunden ist. Humanismus und ökonomische Effektivität verhalten sich im Sozialismus nicht alternativ zueinander, schließen sich nicht gegenseitig aus, sondern hohe ökonomische Effektivität ist eine unabdingbare Voraussetzung für die Verwirklichung humaner Ziele. Es geht um die sozial-ökonomische Effektivität als Grundlage der Humanität. Die Forderung nach höherer Effektivität der Produktion, die Maxime, mit geringerem Aufwand höhere Ergebnisse in allen Arbeitsbereichen zu erzielen, entspricht der Gestaltung des entwickelten Sozialismus. Sozial-ökonomische Effektivität ist das ökonomisch und das human Notwendige, das, was getan werden muß, um Wohlstand und Glück der Menschen zu fördern. Deshalb fordert Humanismus das Aufspüren und Ausnutzen neuer Formen der Effektivität, die dem Sozialismus angemessen sind. Der Humanismus ist also Zielfunktion, Bewertungskriterium und Anforderungsstrategie. Als Zielfunktion stellt er für die Effektivitätssteigerung den Menschen in den Mittelpunkt. Es geht um die Erhöhung des materiellen und kulturellen Lebensniveaus als meßbarem Ergebnis des Freiheitsgewinns, wobei das nicht nur die Bedürfnisbefriedigung, sondern auch die aktive Bedürfnisgestaltung einschließt. Als Bewertungskriterium ist der Humanismus Grundlage unserer Entscheidung und Handlungen. Kurzfristiges Nutzensdenken muß in langfristige Strategien eingeordnet sein, damit es der humanen Gestaltung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts entspricht. Grundlage für die Bewertung sind die gesellschaftlichen Werte. Sie sind Bedeutungsrelationen von Sachverhalten für den Menschen unter konkret-historischen gesellschaftlichen Bedingungen. Sie umfassen die Nützlichkeit, Sittlichkeit und Schönheit. An der Spitze der Wertehierarchie steht im sozialistischen Humanismus die Freiheit, die nur durch gesellschaftlichen Fortschritt und im Frieden zu sichern und zu erweitern ist. Anforderungsstrategie für unser Leistungsvermögen und den wissenschaftlich-technischen Fortschritt ist der Humanismus, da er darauf orientiert, Effektivitätsgewinn auf sozialistische Weise zu realisieren. Das schließt ein, wissenschaftliche Erkenntnisse in ihrer Bedeutung für die Gesellschaft zu erfassen, um sie durch die Gesellschaft besser verwerten zu können.

Die Erhöhung der ökonomischen Effektivität der Produktion geht unter sozialistischen Bedingungen mit der humanen Gestaltung der Arbeitsbedingungen einher. Zum Humanismus unserer Gesellschaft gehört, daß unter menschenwürdigen Bedingungen produziert wird. Rationalisierung und Intensivierung der Produktion werden deshalb immer mehr mit der Verbesserung der Arbeitsbedingungen, der Erhöhung der Arbeitskultur und vor allem mit einer progressiven Veränderung der Arbeitsinhalte verbunden, um der Persönlichkeitsentwicklung einen größeren Raum zu geben. Dazu sind in zunehmendem Maße monotone,

gesundheitsgefährdende, körperlich schwere und Routinearbeiten durch technische Systeme (z. B. Industrieroboter) auszuführen. Es geht verstärkt um solche Arbeitsplätze, die persönlichkeits-, leistungsfördernd und beanspruchungsoptimierend (Vermeidung von Über- und Unterbeanspruchungen, sinnvolle Verbindung von physischer und psychischer Beanspruchung) sind. Damit ist die sozialökonomische Effizienz technologischer wie technischer Lösungen angesprochen, eine Effizienz, die die ökonomischen und die sozialen Wirkungen erfassen muß. Das verweist auf das Problem der Bewertung der Technik, dem in Zukunft auch durch die Forscher und Erfinder, durch die Wissenschaftler und Ingenieure stärker Rechnung getragen werden muß. Die Notwendigkeit der Bewertung verschiedener Varianten in der technischen Entwicklungsarbeit und im technischen Fortschritt insgesamt (umfaßt damit technische Systeme, technologische Verfahren, technisch-technologische Entwicklungsrichtungen einschließlich der Wirkungen und Folgen auf ökologischem und sozialem Gebiet) ergibt sich aus der für technische Lösungen notwendigen Verbindung verschiedener naturgesetzlicher Komponenten einerseits und dieser mit gesellschaftlichen Komponenten andererseits. Dabei gehen in die gesellschaftlichen Komponenten sowohl die konkreten gesellschaftlichen Bedingungen und Möglichkeiten als auch die relevanten Zielstellungen ein. Was wissenschaftlich möglich und technisch-technologisch realisierbar ist, muß ökonomisch machbar, gesellschaftlich notwendig und human vertretbar sein. Jedes konkrete technische System und technologische Verfahren erfordert vor, während und nach der Entwicklungsarbeit somit die Bewertung auf mindestens zwei – zusammenhängenden – Ebenen: erstens auf der Ebene der naturgesetzlichen Komponenten hinsichtlich der naturwissenschaftlich-technischen Parameter (z. B. Masse, Leistung, Wirkungsgrad, Durchsatz); zweitens auf der Ebene der Verbindung dieser mit gesellschaftlichen Komponenten hinsichtlich der ökonomischen (wie Zuverlässigkeit, Preis), arbeitswissenschaftlichen (Wirkungen auf den daran Arbeitenden usw.), rechtlichen (z. B. Patentreinheit, Einhaltung bestehender Arbeitsschutzanordnungen), ökologischen (Belastungen der Umwelt usw.), ästhetischen (wie Design) und weiteren sozialen Parametern. Innerhalb des naturgesetzlich Möglichen wird das Wirk- und Bauprinzip der technisch-technologischen Lösung ausgewählt. Die konkrete Gestaltung der technischen Lösung oder der technologischen Variante ergibt sich jedoch erst dann, wenn an diese Prinzipiösung der Maßstab gesellschaftlicher Forderungen, Zielstellungen und Möglichkeiten angelegt wird (z. B. hinsichtlich Weltniveau, Sicherung eines internationalen Exportvorsprungs, Einsatz einheimischer und importierter Rohstoffe, erforderliche Arbeitskräfte und deren Qualifikationsniveau, Vorhandensein einer entsprechenden materiellen und Produktionsbasis usw.), wobei stärker als bisher neben den ökonomischen auch weitere soziale Faktoren als Bewertungskriterien heranzuziehen sind. Technische Entwicklungsarbeit ist somit von Anfang an von Wertvorstellungen begleitet, die eine Einheit von Zustandscharakteristika und Zielen der Veränderung sind. Die Orientierung wissenschaftlicher Forschungsarbeiten, die gesellschaftliche Wertung und Verwertung ihrer Ergebnisse sowie die Bewertungskriterien technischer Entwicklungsarbeit sind jedoch nicht in erster Linie von den jeweiligen Wertvorstellungen der Wissenschaftler und Ingenieure abhängig, sondern von den herrschenden Produktionsverhältnissen, die die Wertvorstellungen maßgeblich bestimmen. Die in der technischen Entwicklungsarbeit zu realisierende Bewertung mit humaner Zielsetzung – die erst unter sozialistischen Bedingungen möglich wird –, orientiert auf eine gesamtgesellschaftliche Effektivität des wissenschaftlich-technischen Fortschritts, auf die Verwirklichung des humanen Ziels der Produktion. Voraussetzung dafür ist, daß die gesellschaftlichen Zielstellungen, Erfordernisse und Normen zu konkreten Anforderungen und Maßstäben für die technische Entwicklungsarbeit, für Erfinder, Entwicklungskollektive und Ingenieure werden.

5. Weltanschauliche Auseinandersetzungen um die Entwicklung der Technik

Die Entwicklung der Technik sichert dem Menschen die Herrschaft über die Natur. Dazu muß er jedoch die Natur auf natürliche

Weise erklären, ihre Gesetzmäßigkeiten erkennen und ausnutzen. Dabei taucht die Frage nach dem Ziel technischen Schaffens auf. Dient es nicht gleichermaßen der Verschönerung wie der Zerstörung des Lebens? Die Konstruktion der einfachsten Waffe stellt diese Frage, und über die Entdeckung des Schießpulvers bis zum Bau der Atombombe wird sie ständig wiederholt. Es ist die Frage nach der Verantwortung des Technikers und Ingenieurs für die Anwendung seiner Arbeitsergebnisse. Die barbarische Verwendung technischer Mittel zur Vernichtung von Menschen durch den deutschen Faschismus zeigt immer wieder mit brutaler Deutlichkeit die Notwendigkeit ihrer Beantwortung. Aber das Verhältnis des Menschen zur Technik ist kein technisches, sondern ein gesellschaftliches Verhältnis.

Nicht aus der Entwicklung der Technik heraus ergibt sich die Antwort auf die Frage nach der Verantwortung des Technikers. Die Gesellschaft, genauer, die herrschende Klasse jeder Gesellschaftsformation, bestimmt die Anwendung der Technik zu bestimmten Zwekken. Das Ziel der Technik kann deshalb nur von der Kenntnis der gesellschaftlichen Entwicklung her bestimmt werden. Eine wissenschaftliche Antwort auf die Frage nach der Verantwortung des Technikers für die Anwendung der von ihm geschaffenen technischen Mittel kann man deshalb nur geben, wenn man die Geschichte der Gesellschaft und die bestehenden gesellschaftlichen Verhältnisse wissenschaftlich erforscht. Neben die Aufdekkung der Naturgesetze muß deshalb die Erkenntnis der gesellschaftlichen Gesetze treten, wenn man das Verhältnis des Menschen zur Technik klären will. Damit wird aber keinesfalls die moralische Haltung des Technikers zu einem rein gesellschaftlichen Problem gemacht. Obwohl das moralische Verhalten des Technikers nur von der Gesellschaft her erklärt werden kann und seine Rechtfertigung findet, muß jeder einzelne Mensch sich persönlich entscheiden. Will er zum Wohl der ganzen Menschheit arbeiten, so muß er gegen den Mißbrauch der Technik Stellung nehmen. Dabei gehört unter imperialistischen Verhältnissen persönlicher Mut zur moralischen Entscheidung gegen einen neuen Weltkrieg, gegen die Anwendung von Massenvernichtungswaffen, gegen verschärfte Ausbeutung und Unterdrückung.

Die Geschichte der Technik ist also verbunden mit der Entwicklung der Natur- und Gesellschaftswissenschaften. Sie steht in einer direkten Beziehung zur Entwicklung der Gesellschaft und damit zur Moral der Menschen. Alle diese Beziehungen, das Verhältnis Technik und Wissenschaft, Technik und Gesellschaft, Technik und Moral, bedürfen der wissenschaftlichen Untersuchung. Das um so mehr, als bürgerliche Ideologen die Ergebnisse wissenschaftlich-technischen Fortschritts unter imperialistischen Verhältnissen zur Begründung pessimistischer Auffassungen nutzen. Sie meinen: Rohstoffknappheit, Energiekrise, Umweltverschmutzung und Bevölkerungsexplosion führen zu einer allgemeinen Krise des Menschen. Die sich nach ihnen vertiefende Kluft zwischen Mensch und Natur soll die Ursache dieser Krise sein. Dabei wird die Rolle der Produktionsverhältnisse geleugnet, weil sonst deutlich wird, daß der Imperialismus mit der wissenschaftlich-technischen Revolution immer mehr zu einer Krise der menschlichen Beziehungen führt. Nicht der Mensch steht der Natur gegenüber, sondern die auf Profit orientierte Ausbeutung der Natur und des Menschen steht der bewußten Gestaltung einer menschenfreundlichen Natur im Sozialismus gegenüber. Sicher gibt es komplizierte wissenschaftliche und technische Probleme bei der weiteren Beherrschung der natürlichen Bedingungen gesellschaftlicher Existenz zu lösen, aber diese Probleme sind unter unseren gesellschaftlichen Bedingungen lösbar, während im Imperialismus durch die gesellschaftliche auch die Kluft zwischen Mensch und Natur sich vertieft. Deshalb ist einerseits die Auseinandersetzung mit Mystizismus und Irrationalismus bei der Erklärung technischen Fortschritts wichtig.

Andererseits ist es für den Aufbau der kommunistischen Gesellschaft notwendig, daß auch Techniker und Ingenieure die große humane Aufgabe erkennen, die mit der Entwicklung des Sozialismus und dem Übergang zum Kommunismus gelöst wird. Es geht um den Aufbau einer klassenlosen Gesellschaft, wo jeglicher Krieg aus dem Leben der Gesellschaft verbannt ist und die technischen Produkte allen Mitgliedern der Gesellschaft zu-

gute kommen. Die materielle Grundlage für den Aufbau der neuen Gesellschaft ist ein hohes Produktionsniveau auf der Basis der modernen Technik. Die sozialistischen Produktionsverhältnisse gestatten und fordern eine schnelle Entwicklung der Technik, weil sie materielle Bedingung für die Herausbildung bestimmter menschlicher Beziehungen ist. Es verändern sich also mit dem Sozialismus und Kommunismus das Verhältnis von Technik und Gesellschaft sowie das Verhältnis von Technik und Moral. Elemente des Irrationalen bei der Erklärung dieser Beziehungen können zum Unverständnis von Maßnahmen führen, die dem gesellschaftlichen Fortschritt dienen. Der wissenschaftlich-technische Fortschritt stellte und stellt die Menschheit immer wieder vor viele neue und komplizierte Probleme. Daß dieser Prozeß im ganzen – wie die Lösung von Teilaufgaben – nicht widerspruchsfrei, nicht ohne mögliche negative, antihumane und ungewollte Wirkungen verläuft, ergibt sich aus der objektiven Dialektik der Entwicklung. Jeder Entwicklungsprozeß ist die Einheit einer charakteristischen Tendenz zur Höherentwicklung mit Elementen der Stagnation und Regression, wobei Haupt-, Neben- und Gegentendenzen bestehen. Diese gilt es aber nicht nur in ihrer Existenz zu konstatieren – wie das häufig geschieht –, sondern es ist bis zu den Ursachen, objektiven Abhängigkeiten und gesetzmäßigen Zusammenhängen vorzudringen. Der wissenschaftlich-technische Fortschritt wird von zahlreichen weltanschaulichen und politisch-ideologischen Debatten flankiert, die seine theoretische Einordnung und Wertung einschließlich der sozialen Voraussetzungen und Wirkungen zum Inhalt haben. Das zeigt sich in den scheinbar kaum zusammengehörenden Diskussionen, die die Beherrschbarkeit des wissenschaftlich-technischen Fortschritts, die Veränderung der Stellung des Menschen im Produktionsprozeß, wissenschaftlich begründete Werte für die Entwicklung von Wissenschaft und Technik und die moralische Verantwortung des Wissenschaftlers und Ingenieurs betreffen.

Die vergangenen Jahre haben besonders deutlich gezeigt, daß nur der Sozialismus in der Lage ist, wissenschaftlich-technischen Fortschritt, ökonomischen Leistungsanstieg und soziale Entwicklung in Einklang zu bringen. Die kapitalistische Wirklichkeit dagegen beweist, daß die stete Anwendung der neuesten Errungenschaften von Wissenschaft und Technik – ein Merkmal kapitalistischer Produktionsweise – unaufhörlich die sozialen Widersprüche im Kapitalismus verschärft, insbesondere den Widerspruch zwischen Kapital und Arbeit. Damit erweist sich die historische Unfähigkeit der Monopolbourgeoisie, den wissenschaftlich-technischen Fortschritt umfassend und als Ganzes im Interesse der gesamtgesellschaftlichen Entwicklung zu meistern. Das schließt bedeutende und beachtliche technisch-technologische Leistungen auf einzelnen oder Teilgebieten, eine hohe technisch-ökonomische Effektivität nicht aus. Diese vollzieht sich aber stets auf Kosten der Werktätigen und wird von einer zunehmenden Anarchie der Gesamtproduktion begleitet. So ist es nicht verwunderlich, daß sich unterschiedliche Wertungen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts finden, daß er als wichtigste Ursache für Krisenerscheinungen, gleichzeitig aber auch als Mittel für die Überwindung von Krisen angesehen wird. Die innere Widersprüchlichkeit der kapitalistischen Produktionsweise äußert sich in diesen scheinbar oder tatsächlich divergierenden Auffassungen und Handlungen. Ausdruck dafür sind Protestaktionen gegen Kernkraftwerke, Umweltbelastung und die kapitalistische Rationalisierung sowie die Suche nach »alternativen« Lebensformen, aber auch die enorme Beschleunigung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts. Von der spontanen Auflehnung gegen die moderne Technik bis zur Apologie des technischen Fortschritts reicht die Spannbreite weltanschaulicher Haltungen zur Technik, zu ihren Möglichkeiten und sozialen Konsequenzen. Der wissenschaftlich-technische Fortschritt oder die Technik »schlechthin« werden zum Hauptübel der Gesellschaft, zur Ursache bestehender Mißstände und Konflikte erklärt. Arbeitslosigkeit, Arbeitshetze und soziale Unsicherheit werden als Wirkungen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts dargestellt, als Tribut, den man für ihn notgedrungen zu zahlen habe. Oder man erblickt andererseits in der Technik den Hebel, der, einem Zauberstab gleich, alle gesellschaftlichen Probleme

zu lösen vermag. Gerade deshalb rücken die weltanschaulichen Fragen nach dem Sinn des Lebens, nach der Stellung des Menschen in der Welt und nach dem Charakter und den Triebkräften des gesellschaftlichen Fortschritts immer stärker in den Mittelpunkt der geistigen Auseinandersetzung der Gegenwart, denn diese Fragen sind unmittelbar mit der Technik und dem wissenschaftlich-technischen Fortschritt verbunden. Ob als bewußte Apologetik oder als spontane Reflexion, ob als Protest an herrschender Großtechnologie oder imperialistischem Wirtschaftsmanagement, ob als Flucht in Irrationalismus und Fatalismus oder als euphorisches Engagement einer angeblich vor uns stehenden »dritten industriellen Revolution«, alle diese Konzeptionen versuchen auf ihre Weise, die Frage nach der Perspektive der Menschheit, nach dem Sinn wissenschaftlicher und technischer Arbeit sowie nach der Möglichkeit bzw. Unmöglichkeit der humanen Gestaltung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts auf ihre Weise zu beantworten. Es geht um die Frage nach dem, was uns in der Zukunft erwartet und was dafür zu tun bzw. zu unterlassen sei.

Die Notwendigkeit des wissenschaftlich-technischen Fortschritts als Mittel zur Steigerung des Profits (über die Rationalisierung der Produktion und die verstärkte Ausbeutung der Werktätigen) einerseits – womit auch gewisse Erleichterungen und Verbesserungen für die Werktätigen einhergehen (können) – und die sozialen Dimensionen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts andererseits, die sich in Existenzangst, Destruktivkräften menschlicher Entwicklung u. a. zeigen, sind der Rahmen, in dem sich die weltanschaulichen Positionen innerhalb der bürgerlichen Ideologie bewegen.

Wenn auch unter sozialistischen Bedingungen für Wissenschaftsfeindlichkeit und Angst vor der Technik keine sozialen Grundlagen mehr vorhanden sind, so können unausgesprochene und ungelöste weltanschauliche Fragen zu Hemmnissen und Fehlorientierungen führen. Insbesondere geht es darum, die Widersprüchlichkeit der Vorzüge des Sozialismus zu verdeutlichen, die Schwierigkeiten und Folgen nicht zu negieren, die durch den wissenschaftlich-technischen Fortschritt entstehen können, und sich aktiv mit solchen Deutungen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts auseinanderzusetzen, die wesentlich von der bürgerlichen Ideologie beeinflußt oder geprüft sind.

Das vielfältige Spektrum der angebotenen weltanschaulichen Problemlösungen innerhalb der bürgerlichen Ideologie und Philosophie, das hier nur kurz genannt werden kann, und das oft interessante Ideen, Überlegungen, Vorschläge und Ansätze einschließt [13], zwingt zu einer differenzierten Weise des Herangehens. Dabei sind folgende allgemeingültige Sachverhalte zu beachten:

1. Alle Varianten und Konzeptionen, die innerhalb der bürgerlichen Ideologie Verbreitung finden, dienen – bewußt oder unbewußt, offen oder verdeckt, direkt oder indirekt – der Verschleierung der wirklichen Beziehungen zwischen Mensch und Technik bzw. zwischen Gesellschaft und Technik. Die Technik wird zum bestimmenden und entscheidenden Moment in der Gesellschaft erklärt und nicht das Eigentum an den Produktionsmitteln; die revolutionäre Rolle der Arbeiterklasse für den gesellschaftlichen Fortschritt wird geleugnet und oft an die Stelle einer sozialen Revolution die »innere« Revolution des Menschen durch sich selbst gesetzt. Eine derartige Irrationalisierung und Mystifizierung der Technik, aber auch ihre Glorifizierung, sind Ausdruck des Unverständnisses des Zusammenhangs von technischem, gesellschaftlichem und moralischem Fortschritt, Ausdruck der Hilflosigkeit des Erfassens der objektiven Entwicklung der Produktivkräfte sowie deren komplizierte Wechselwirkung mit den Produktionsverhältnissen und dem ideologischen Überbau.

2. Alle diese unterschiedlichen Auffassungen und Wertungen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts haben einerseits ihre bestimmte Zielgruppe innerhalb und außerhalb der kapitalistischen Gesellschaft (Wissenschaftler, Ingenieure, Arbeitslose, Jugendliche usw.), andererseits widerspiegeln sie die differenzierten Interessen der verschiedenen Klassen und Schichten einschließlich der herrschenden Klasse im Kapitalismus (Monopolbourgeoisie, Kleinbürger, demokratische Kräfte, humanistische Wissenschaftler, »Grüne« usw.).

3. Prinzipiell gilt für alle diese Auffassungen über Technik und wissenschaftlich-techni-

schen Fortschritt: sie verbleiben innerhalb der sozialökonomischen Grenzen des Kapitalismus, wollen ihn bessern, reformieren, attraktiver machen. Es werden dabei häufig in radikaler Weise Reformen gefordert, aber keine revolutionären Veränderungen angestrebt.

Die Techniker mußten in ihrer Arbeit – im Unterschied zu philosophischen Reflexionen darüber –, von jeher davon ausgehen, daß die Natur auf wissenschaftliche Art erklärt werden kann, d. h., daß die wirklichen Ursachen für das Verhalten bestimmter Stoffe, Prozesse usw. erforscht werden müssen. Das ist aber das Grundprinzip des Materialismus. Er erklärt die Welt so, wie sie ist, und benötigt kein übernatürliches Erklärungsprinzip. Das Prinzip der wissenschaftlichen Erklärung der Welt mußte, zum Prinzip der Forschung erhoben, jedesmal zu Auseinandersetzungen führen, wenn seine Ergebnisse der herrschenden Auffassung widersprachen. Es ist das Verdienst der großen Wissenschaftler und Techniker, trotz Anfeindungen, Repressalien und Drohungen dieses Prinzip beibehalten und entwickelt zu haben. Die Entwicklung von Wissenschaft und Technik kann nicht aufgehalten werden.

Große Bedeutung für die Entwicklung der wissenschaftlichen Erklärung der Welt hatte die Erkenntnis von der Rolle des Experiments. Das Experiment führt ständig zu neuen Entdeckungen und neuen Fragestellungen. Seine Anwendung mußte notwendig den Dogmatismus in der Wissenschaft durchbrechen. Im 13. Jahrhundert erklärte *Roger Bacon*: »Es gibt zwei Erkenntniswege, das Argument und das Experiment. Das erste zieht Vernunftsschlüsse und veranlaßt den Konklusionen beizupflichten, gibt aber keine Sicherheit und entfernt den Zweifel nicht so weit, daß der Geist in der Anschauung der Wahrheit befriedigt wäre. Das ist nur der Fall, wenn die Wahrheit durch die Erfahrung bestätigt ist. So muß also die Naturwissenschaft auf der Erfahrung beruhen; ohne sie kann man nichts sicher wissen. Unter den Theologen und Philosophen ist beispielsweise die Ansicht verbreitet, daß der Diamant nur im Bocksblute gebrochen werden könne. Aber nirgends besteht darüber eine Erfahrungstatsache, denn er kann auch ohne solches Blut gebrochen werden, wie ich selbst mit eigenen Augen gesehen habe.« [14]

Diese Bedeutung des Experiments als objektiver Analysator der Wirklichkeit und Kriterium der Wahrheit ist heute längst Allgemeingut der Wissenschaft geworden. Aber man muß sich darüber im klaren sein, daß diese Tatsache eine Geschichte hat. Es ist die Geschichte des Kampfes gegen den dogmatischen Glauben an die Überlieferungen der Heiligen Schrift, des *Aristoteles* und anderer. Übernatürliche (irrationale und mystische) Erklärungen der Welt versagen vor dem Richterstuhl des Experiments. Ihre Behauptung besteht ja gerade darin, daß die Wissenschaft nicht in der Lage ist, bestimmte Zusammenhänge aufzudecken, daß die Technik nicht in alle Gebiete eindringen kann. Aber die Entwicklung von Wissenschaft und Technik verwies die übernatürlichen Erklärungsversuche aus allen Bereichen gesellschaftlicher Tätigkeit. Sie zeigte, daß der Mensch in der Lage ist, in den Kosmos einzudringen, daß Maschinen ihm bestimmte geistige Tätigkeiten abnehmen können und daß er die Prozesse im Atomkern zu meistern versteht.

Während vor allem die Einführung des Experiments in die Naturwissenschaft und die Anwendung technischer Errungenschaften in der Produktion ein Schlag gegen den Irrationalismus sind, der ihn aus Wissenschaft und Technik im wesentlichen vertrieb, gestaltete sich die Erklärung des Verhältnisses von Technik und Gesellschaft sehr viel komplizierter. Wir wissen, daß die Maschinen des Frühkapitalismus den Untergang der Heimarbeit mit sich brachten. Neue Maschinen führten unter kapitalistischen Verhältnissen zu Arbeitslosigkeit, Hunger und Elend. Den Webern im Weberaufstand schien es, als ob die Maschinen das Elend mit sich brachten. Sie sahen nicht die Notwendigkeit der maschinellen Großproduktion für den Fortschritt der Gesellschaft. Aber ihr Kampf kündete bereits von einer neuen Klasse, die den Kapitalismus und nicht die Maschinen beseitigen, sondern sie zum eigenen Bedarf benutzen wird. Wir wissen, daß nicht der Kampf gegen den technischen Fortschritt zum Erfolg führen kann. Die Ausnutzung technischer Mittel zur Unterdrückung, Ausbeutung und Tötung des Menschen durch einige Menschengruppen kann nur durch die Beseitigung der gesellschaftlichen Verhältnisse überwunden werden, die

dieses Ziel der technischen Entwicklung gestatten und fordern. Nur die Unkenntnis des wirklichen Zusammenhangs zwischen technischer Entwicklung und gesellschaftlichen Verhältnissen kann zu einer Mystifizierung dieses Zusammenhangs führen. Das bestätigt die von bürgerlichen Ideologen vertretene These von der Dämonie der Technik, nach der die Technik den Menschen zu einem Bestandteil der Maschinerie macht und der Mensch nicht mehr in der Lage ist, die Entwicklungsrichtung der Technik zu bestimmen. Die Entdekkung und Entwicklung der modernen Massenvernichtungswaffen scheinen diese These unter kapitalistischen Verhältnissen zu bestätigen. Aber ist der Mensch wirklich nicht in der Lage, den Einsatz der von ihm produzierten Waffen zu verhindern? Um diese Frage beantworten zu können, muß man sich frei machen von dem Gedanken, daß vielleicht die Technik selbst gut oder böse sei.

Es ist sicher auch nicht möglich, die Entwicklung der Technik dauerhaft zu bremsen. Das ist auch gar nicht notwendig. Zweifellos kommt der Einstellung der Kernwaffenversuche große Bedeutung zu. Das Wettrüsten birgt tatsächlich die Gefahr eines neuen Weltkrieges. Aber die zeitweilige Unterbrechung von Kernwaffenversuchen bedeutet keinen Stillstand in der Entwicklung der Technik, sondern Forschung auf einem Gebiet, das in den imperialistischen Ländern bisher vernachlässigt wurde. Die Untersuchungen auf dem Gebiet der friedlichen Anwendung der Atomenergie ergeben neue Perspektiven für die Zukunft. Die gelenkte Anwendung auch einer solchen Explosionskraft, wie sie in der Atombombe vorhanden ist, kann bei ausreichendem Strahlenschutz mithelfen, die Oberfläche der Erde im Dienste der Menschheit zu verändern, Wüsten zu bewässern und unbewohnbare Landstriche bewohnbar zu machen. Dazu müssen aber die für den menschlichen Organismus schädlichen Strahlungen genauer erforscht und Möglichkeiten gefunden werden, die dem Menschen einen ausreichenden Schutz geben. Es geht also nicht um ein Bremsen der technischen Entwicklung, sondern um die Festlegung der Richtung der technischen Entwicklung zum Wohle und nicht zum Schaden der Menschheit.

Unter verschiedenen gesellschaftlichen Verhältnissen können die technischen Entwicklungen sowohl zum Schaden als auch zum Nutzen der Menschheit angewendet werden. Es kommt auf die Kontrolle durch die ganze Gesellschaft an, die die Anwendung zum Schaden der Menschheit verhindern muß. Das bedeutet keine Einschränkung der technischen Entwicklung.

Die heute auftretende Problematik durchzieht die Geschichte der Technik, aber heute haben wir andere Möglichkeiten zu ihrer Lösung. Bereits *Agricola* mußte sich mit dem Argument auseinandersetzen, daß die Erzeugnisse des Bergbaus Ursachen des Verderbens wären. Er schrieb:

»So nennt man zuerst Gold und Silber das Verderben der Menschen, weil sie für den Besitzer Ursache des Untergangs und Verderbens wären. Aber welche Sache, die wir besitzen, wird da nicht ein Verderb der Menschen genannt werden müssen? ... Darum machen die Schmähreden, die gegen das Eisen, Kupfer, Blei erhoben werden, auf kluge und bedeutende Männer keinerlei Eindruck. Denn wenn jene Metalle verschwinden, so werden die Menschen jedenfalls heftiger vor Zorn entbrennen und in zügelloser Wut aufgereizt mit Fäusten, Nägeln und Zähnen wie wilde Tiere kämpfen ... Und so sehen wir hieraus, daß nicht die Metalle zu beschimpfen sind, sondern unsere Laster, nämlich der Zorn, die Grausamkeit, die Zwietracht, die Herrschsucht ...« [15]

Agricola wendet sich gegen eine mystische Zuordnung von Eigenschaften, die den Metallen nicht zukommen können. Er erkennt richtig, daß die Metalle in den Händen der Menschen erst zu gewissen Zwecken gebraucht werden. War es ihm auch nicht klar, wie man die Eigenschaften des Menschen verändern kann, so sah er doch bereits, daß diese Eigenschaften und nicht die Metalle zu beschimpfen sind. Auch für uns gilt es heute zu erkennen, daß die Atomkraft nicht an sich schlecht ist, sondern erst in den Händen der Militaristen zu einer Gefahr für die Menschen wird.

Der bekannte Professor für Maschinenwesen, *F. Redtenbacher,* der um die Mitte des vergangenen Jahrhunderts in Karlsruhe an der polytechnischen Schule wirkte, sprach die Hoffnung aus: »Die Erfahrung, und zwar eine bittere, wird aber auch hier dahin leiten, von

dieser Meisterschaft des technischen Wirkens einen vernünftigen und weisen Gebrauch zu machen, und dann darf man wohl mit Zuversicht hoffen, daß die ausgebildete Technik zum Heil und zum Segen, aber nicht zum Fluch der Menschen wirksam wird.« [16]

Die Geschichte der Technik bringt sogleich das Bestreben der Techniker zum Ausdruck, für das Wohl der Menschen arbeiten zu wollen. So ist auch die Feststellung berechtigt:

»Fremd und feindselig wird sie (die Technik) jedoch in der Hand jener privaten oder staatlichen Unternehmer, für die das Werkzeug oder die Maschine nur noch den einen Sinn hat, daß sie dem unersättlichen Begehren der Habsucht und der Macht dient.« [17]

Aber diese richtige Erkenntnis muß durch eine weitere Analyse untermauert werden. Nicht der einzelne kapitalistische Unternehmer trägt die Schuld an der Benutzung der Maschine zur Ausbeutung des Menschen, sondern die gesellschaftlichen Verhältnisse. Nicht ein einzelner Mensch kann die gesellschaftlichen Verhältnisse ändern, in denen er lebt. Jeder Kapitalist, der sanitäre Einrichtungen in seinem Betrieb baut, den Arbeitsschutz organisiert u. a., ist trotzdem ein Ausbeuter, da er die Arbeiter nicht nach dem Wert ihrer geschaffenen Produkte, sondern nach dem Wert der Arbeitskraft bezahlt. Dieser Wert der Arbeitskraft ist zweifellos in vielen Fällen gestiegen gegenüber der Zeit, in der *Marx* das »Kapital« schrieb. Aber dessen grundlegende Analyse der kapitalistischen Ordnung wird auch durch die heutige Entwicklung nur bestätigt. Neu ist, daß das sozialistische Weltsystem entstand und der Sozialismus seinen internationalen Einfluß immer mehr verstärkt, daß die antiimperialistische Front gewachsen sowie die internationale Arbeiterklasse stärker geworden ist und eine breite Front aller friedliebenden Kräfte existiert. Das schafft neue Möglichkeiten für die Verwendung technischer Mittel nur zu friedlichen Zwecken.

Ihre Verwirklichung wird dem Anliegen vieler Techniker nach friedlicher Verwendung ihrer Arbeitsergebnisse und Frieden als Voraussetzung ihrer Arbeit mit gerecht. Das geschieht durch die Arbeiterklasse und ihre Verbündeten, die in den sozialistischen Ländern neue gesellschaftliche Verhältnisse geschaffen haben, die eine Anwendung technischer Mittel für den Krieg nicht verlangen. Nur die Existenz des aggressiven Imperialismus zwingt auch noch die sozialistischen Staaten, beträchtliche Mittel für die Bewaffnung auszugeben. Der Kampf der Völker wird aber auch hier dafür sorgen, daß diese Ausgaben eingeschränkt werden, wenn sichere Garantien für die Einhaltung der Prinzipien friedlicher Koexistenz geschaffen werden. Sie werden nicht mehr nötig sein, wenn Militarismus und Imperialismus für immer aus dem Leben der Gesellschaft verschwinden.

Es ist ein folgenschwerer Irrtum, anzunehmen, daß Gewalt durch Überzeugung von der Gerechtigkeit beseitigt werden kann. Es geht nicht allein um die Veränderung von Ideen, sondern um die Änderung wirklicher gesellschaftlicher Verhältnisse und damit wirklicher Machtverhältnisse. Wenn wir ein geistig reicheres Leben mit der modernen Technik führen wollen, müssen wir denjenigen die Macht entreißen, die die moderne Technik für einen neuen Krieg mißbrauchen wollen.

Bekannte Naturwissenschaftler und Techniker haben sich, besonders seit dem Abwurf der Atombombe im August 1945, immer wieder zur Verantwortung für die Verwendung technischer Produkte geäußert. Der Mißbrauch wissenschaftlicher Erkenntnisse zur Herstellung und Anwendung von Massenvernichtungswaffen für Aggressionen, für die Unterdrückung von Völkern und für die Drohung zur Ausrottung der Menschen wird von den humanistischen Wissenschaftlern in allen Ländern verurteilt. Sie fordern die Ausnutzung der Naturerkenntnisse zum Wohle der Menschen. Die Begründung dieser Forderung und die Wahl der Mittel zu ihrer Realisierung sind ein Feld philosophischer und politischer Auseinandersetzungen. Demokratische Bewegungen von Wissenschaftlern wenden sich mit Stellungnahmen gegen den Mißbrauch der Ergebnisse von Wissenschaft und Technik. Wahre Erkenntnisse sollen nach Meinung humanistischer Wissenschaftler dem Wohl der Menschen dienen, und viele stellen sich die Frage, warum das nicht immer der Fall ist. Sie versuchen philosophisch das Verhältnis von Naturwissenschaft und Ethik zu begreifen. Manche vergessen dabei viele Bindeglieder zwischen beiden. Es kommt zu idealistischen

Erklärungen, zu ethischen Illusionen und zum Pessimismus. Manche Wissenschaftler und Techniker aus kapitalistischen Ländern meinen, im Interesse des Humanismus den Materialismus angreifen zu müssen, weil sie eine Kluft zwischen beiden entdeckt zu haben glauben. Andere bemerken ein Nebeneinander von naturwissenschaftlicher und moralischer Entwicklung. Sie fordern eine der modernen Naturwissenschaft und Technik angepaßte Ethik.

Es geht also um den Wert naturwissenschaftlicher Theorien, der nicht einfach durch die Nützlichkeit für bestimmte Konstruktionen, künstliche Rohstoffe usw. bestimmt werden kann. Indem *Heisenberg* auf *Huxleys* Karikatur einer neuen herrlichen Welt anspielt, meint er dazu: »Die Möglichkeit, Menschen für die ihnen zugewiesenen Zwecke zu züchten, das ganze Leben auf der Erde rationell, d. h. durch das Streben nach Zweckmäßigkeit, zu ordnen und damit allen Sinnes zu entleeren, ist hier mit schauerlicher Konsequenz ad absurdum geführt worden. Aber man braucht gar nicht so weit zu gehen, um zu erkennen, daß Zweckmäßigkeit überhaupt kein Wert ist, sondern die Wertfrage nur um eine Stelle verschiebt, nämlich zu der anderen Frage: Ist der Zweck wertvoll, dem die betreffenden Erkenntnisse und Möglichkeiten gemäß sind, dem sie dienen sollen.« [18] Die Bewertung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse in ihrer Bedeutung für den Menschen, für bestimmte ökonomische und politische Ziele, entspringt nicht aus der naturwissenschaftlichen Forschung selbst. Woher nimmt der Naturwissenschaftler und Techniker die moralische Rechtfertigung für sein Handeln? Das ist eine Frage, auf die eine Antwort gesucht und von verschiedenen Seiten gegeben wird. Wenn es manchmal so schien, als ob sich die Ethik als Lehre von den moralischen Normen menschlichen Verhaltens auf ewigen sittlichen Werten wie der Wahrheit, der Liebe, der Treue usw. aufbauen könnte, während die Naturwissenschaft moralisch wertfrei Erkenntnisse zu sammeln habe, so ist diese Illusion, die für den marxistisch-leninistischen Philosophen nie existierte, weil er moralische Werte und Normen stets auf gesellschaftliche Interessen zurückführte und den Wissenschaftsbetrieb in seiner gesellschaftlichen Determiniertheit erkannte, für manchen Naturwissenschaftler und Techniker erst spät an politischen Realitäten zerbrochen.

Mit dem Verhältnis von Naturerkenntnis und Ethik wird die Frage nach der Beziehung des Menschen zur Naturerkenntnis gestellt, nach seinen Zielen, der Art und Weise der Forschungsarbeit und nach der Verwendung der erreichten Ergebnisse. Wenn Naturerkenntnis nicht wertfrei ist, muß der Planung und Organisation wertvoller Erkenntnisse besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Das hat heute seinen Grund nicht nur in der Ambivalenz von Erkenntnissen, die moralisch gut und böse genutzt werden können, sondern auch in dem durch die Gesellschaft zu tragenden ökonomischen Aufwand für erfolgreiche naturwissenschaftliche und technische Forschung. Auch er muß sinnvoll sein. Aber der Sinn ergibt sich nicht allein aus der Suche nach Wahrheit, sondern aus dem zukünftigen Wert für den Menschen, der sicher nicht zu eng gesehen werden darf.

Das Verhältnis von Ethik, Naturerkenntnis und technischer Verwertung kann nicht außerhalb des ideologischen Klassenkampfes zwischen bürgerlicher und sozialistischer Ideologie gesehen werden. Es geht um die ideologisch zu begründenden Aktionen im Kampf für die friedliche Koexistenz, um die Auseinandersetzung mit dem Antikommunismus und um die Kritik illusionärer und utopischer Forderungen auf der Grundlage einer idealistisch begründeten Ethik. In dieser Hinsicht sind die Naturwissenschaftler und Techniker aus den sozialistischen Ländern, die den moralischen Wert des Sozialismus begreifen und seinen Sinn darin sehen, alles für das Wohl des Volkes zu tun, wichtige Bundesgenossen.

Quellennachweis

[1] Allgemeine Geschichte der Technik. – Leipzig: Fachbuchverl., 1981

[2] *Marx, K.:* Grundrisse der Kritik der Politischen Ökonomie. – Berlin, 1953. – S. 591

[3] *Lenin, W. I.:* Werke, Bd. 26 – Berlin, 1961. – S. 481

[4] *Engels, F.: Engels* an *W. Borgius.*– In: *Marx/Engels* Werke, Bd. 39. – Berlin, 1968. – S. 205

[5] *Brecht, B:* Leben des *Galilei.* – In: Stücke I. – Berlin; Weimar, 1973
[6] *Engels, F.: Engels* an *W. Borgius.* – a. a. O.
[7] *Lilley, S.:* Menschen und Maschinen. – Wien, 1952. – S. 232
[8] *Jungk, R.:* Die Zukunft hat schon begonnen. – Stuttgart, 1952. S. 234
[9] *Marx, K.:* Das Kapital, Bd. I. – In: *Marx/Engels* Werke, Bd. 23. – Berlin, 1971. – S. 381
[10] *Engels, F.:* Anti-Dühring. – In: *Marx/Engels* Werke, Bd. 20. – Berlin, 1962. – S. 276
[11] *Engels, F.:* Anti-Dühring, a. a. O. – S. 264
[12] *Marx, K.:* Das Kapital, Bd. 3. In: *Marx/Engels* Werke, Bd. 25. – Berlin, 1964. – S. 828
[13] *Wollgast, S.; G. Banse:* Philosophie und Technik. – Berlin, 1979
[14] *Klemm, F.:* Technik. – Freiburg; München, 1954. – S. 84
[15] *Klemm, F.:* a. a. O. – S. 142f.
[16] Ebenda. – S. 330
[17] *Pfender, M.:* Der Mensch und seine Technik. – In: FDJ-Zeitschr. – (1956) 23. – S. 1317
[18] *Heisenberg, W.:* Schritte über Grenzen. – München, 1971. – S. 252

Teil II

Kurzbiographien bedeutender Naturwissenschaftler und Techniker

A

Abbe, Ernst, 1840 bis 1905, deutscher Physiker, ein Begründer der wissenschaftlich-optischen Industrie. A., Sohn eines Arbeiters, besuchte mit Hilfe eines Darlehens das Realgymnasium und studierte anschließend in Jena und Göttingen Physik und Mathematik. Nach der Promotion (1861) war er an der Göttinger Sternwarte und beim Physikalischen Verein in Frankfurt (M.) tätig. 1863 habilitierte sich A. in Jena. 1866 begann seine Zusammenarbeit mit *C. Zeiß* ↑.

A. untersuchte und berechnete Linsensysteme für hochwertige Mikroskope, arbeitete die Theorie des Strahlengangs und der Abbildungsfehler in optischen Instrumenten sowie die Beugungstheorie der mikroskopischen Abbildung aus. 1867 entwickelte er Fokometer zur Brennweitenbestimmung, nach 1869 einen nach ihm benannten Beleuchtungsapparat, 1878/79 das System der homogenen Immersion.

1875 wurde A. Teilhaber der Zeiß-Werkstätten. Mit *F. O. Schott* ↑ entwickelte er hochwertige optische Spezialgläser (1884 Gründung der Glashütte Schott & Gen.).

A. sah die Widersprüche der kapitalistischen Gesellschaftsordnung, erkannte jedoch weder die Ursache noch den Weg zu ihrer Überwindung. Die von ihm 1889 gegründete Carl-Zeiß-Stiftung ist Ausdruck seiner sozialreformerischen Bestrebungen.

Abul Wafa, 940 bis 998, arabischer Astronom und Mathematiker, berechnete genaue Sinustabellen, beschäftigte sich mit geometrischen Konstruktionen, sphärischer Trigonometrie und algebraischen Problemen (u. a. mit kubischen und biquadratischen Gleichungen).

Achard, Franz Karl, 1753 bis 1821, deutscher Chemiker und Physiker, Begründer der Rübenzuckerindustrie, wurde 1776 Mitarbeiter von *A. S. Marggraf* ↑ an der Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1777 Professor für Chemie und Physik, nach *Marggrafs* Tod Direktor der physikalischen Klasse der Akademie.

A. untersuchte den von *Marggraf* isolierten Rübenzucker. Neben Arbeiten zur Züchtung möglichst zuckerhaltiger Rüben entwickelte A. Verfahren zur industriellen Gewinnung des

Rübenzuckers und zur Verwertung der Rückstände. Anträge A.s auf staatliche Unterstützung für die Versuche fanden kein Gehör; spätere Zusagen wurden nur teilweise eingehalten.

Erst 1801 konnte A. eine Zuckerfabrik einrichten. Sie brannte wenige Jahre später aus. A. baute die Anlagen als Lehrbetrieb wieder auf. Nach 1810 wurden sie zum Muster für Rübenzuckerfabriken vieler Länder (Zukker ↑).

Aepinus, Franz Ulrich Maria Theodosius, 1724 bis 1802, deutsch-russischer Physiker, seit 1757 Hochschullehrer in Petersburg, untersuchte vor allem elektrische Erscheinungen wie die Anziehung und Abstoßung zwischen geladenen Körpern und das isolierende Verhalten verschiedener Substanzen; beschäftigte sich auch mit astronomischen und meteorologischen Fragen und entdeckte die Pyroelektrizität.

Agricola, Georgius (eigentl. **Bauer, Georg**), 1494 bis 1555, deutscher Arzt und Naturforscher, »Vater der Bergbau- und Hüttenkunde«, studierte in Leipzig alte Sprachen, war anschließend bis 1522 in Zwickau im Lehramt. Die folgenden Jahre führten ihn als Studenten der Medizin erneut nach Leipzig, dann nach Basel und nach Italien, wo er zum Doktor der Medizin promovierte.

1527 wurde A. Stadtarzt in St. Joachimsthal, 1531 in Chemnitz, wo er auch als Bürgermeister und Landeshistoriograph tätig war.

A. beschäftigte sich neben seiner eigentlichen beruflichen Tätigkeit mit Geologie, Mineralogie, Metallurgie, Bergbaukunde und Markscheiderei. Seine zahlreichen Arbeiten über diese Gebiete blieben in ihrer Sorgfalt und Darstellungsweise beispielgebend.

Das Manuskript von A.s Hauptwerk, »De re metallica libri XII«, war 1550 vollendet, erschien aber erst wenige Monate nach A.s Tod und erlangte Weltruf. Es war (mit 292 Holzschnitten) eine erste zusammenfassende Darstellung des gesamten Hütten- und Bergbauwesens und wurde Vorbild für viele Veröffentlichungen auf diesen Gebieten.

Alban, Ernst, 1791 bis 1856, deutscher Maschinenbauer, studierte Theologie, dann Medizin. Nach kurzer Tätigkeit als Augenarzt in Rostock wandte er sich technischen Problemen zu, zunächst bes. der Dampfmaschine ↑ (etwa ab 1815). A. erkannte die Überlegenheit der Hochdruckdampfmaschine gegenüber der Niederdruckmaschine und entwickelte Hochdruckmaschinen sowie für diese geeignete Kessel. Er schlug vor, den Abdampf von Dampfmaschinen für Heizzwecke zu verwenden. Sein Werk »Die Hochdruckdampfmaschine« erlangte vor allem im Ausland Verbreitung.

In der 1829 von ihm gegründeten ersten Maschinenfabrik Mecklenburgs richtete er sein Augenmerk verstärkt auf die Verbesserung und Konstruktion landwirtschaftlicher Maschinen.

Albert, Joseph, 1825 bis 1886, deutscher Fototechniker, gründete 1850 ein fotografisches Atelier in Augsburg, lebte später in München. A. vervielfältigte als erster Kupferstiche und Handzeichnungen auf fotografischem Wege und erfand 1868 den Lichtdruck (vgl. Druckverfahren ↑). Sein Sohn *Eugen A.* (1856 bis 1929) setzte die Arbeiten erfolgreich fort.

Albert, Wilhelm August Julius, 1787 bis 1846, deutscher Techniker, studierte zunächst Jura, war – eigenen Interessen folgend – anschließend vor allem im Bergbau tätig.

A. gilt als Erfinder des Drahtseils, an dessen Verbesserung er unermüdlich arbeitete. Um 1830 wurde dieses erstmals auf einer Grube im Harz eingesetzt.

Alembert, Jean Baptiste le Rond d', 1717 bis 1783, französischer Philosoph der Aufklärung und Mathematiker, studierte Theologie, Jura und Medizin, wandte sich bald philosophischen und naturwissenschaftlichen Problemen zu.

A. arbeitete über Infinitesimalrechnung, bes. über Differentialgleichungen, und über Zahlentheorie. In der Physik betreffen seine Leistungen vor allem die Mechanik (d'Alembertsches Prinzip).

Ferner befaßte sich A. mit Fragen der Schwingungslehre und der Meteorologie. Er gehörte zu den Herausgebern der 28bändigen französischen »Encyclopédie«.

Alhazen (Abu Ali al-Hasan ibn al-Hasan ibn-Haitam), um 965 bis um 1038, arabischer Physiker. Er untersuchte die optische Strahlenbrechung, entwickelte eine Theorie des Sehens und versuchte, die Höhe der Atmosphäre aus der Dauer der Dämmerung zu errechnen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit faßte er in seiner »Optik« zusammen, in der er nach Meinung mancher Historiker bereits die Existenz von Vergrößerungsbrillen andeutete.

Amici, Giovanni Battista, 1786 bis 1863, italienischer Astronom und Optiker, Professor der Astronomie und Direktor der Sternwarte Florenz, entwarf und baute Spiegelteleskope, Mikroskope ↑ (Immersionslinse 1827), Mikrometerfernrohre, Polarisationsapparate und andere optische Instrumente.

Amontons, Guillaume, 1663 bis 1705, französischer Physiker, erfand ein Hygrometer ↑ (1688), wies auf die Notwendigkeit hin, bei Luftdruckmessungen die Temperatur zu berücksichtigen, konstruierte das erste brauchbare Luftthermometer, beschäftigte sich mit Plänen für optische Telegrafen ↑ und für eine (jedoch nicht ausgeführte) Heißluftmaschine (Heißluftmotor ↑).

In seinen Überlegungen über eine mögliche tiefste Temperatur und die Wärmebewegung der Materie nahm er Gedanken der kinetischen Gastheorie vorweg.

Ampère, André Marie, 1775 bis 1836, französischer Mathematiker und Physiker, lehrte vor allem an der Pariser École Polytechnique und am Collège de France.

Mit Bekanntwerden der Entdeckungen *H. Ch. Oersteds* ↑ (1820) wandte sich A. elektromagnetischen Erscheinungen zu und stellte noch im gleichen Jahr die »Schwimmerregel« für die Beziehungen zwischen Stromrichtung und Richtung des Magnetfeldes auf. Er untersuchte die Wechselwirkungen zwischen parallelen, stromdurchflossenen Leitern, maß die auftretenden Kräfte und benutzte die Spule zur Verstärkung der magnetischen Wirkungen sowie astatische Nadelpaare, um den Einfluß des magnetischen Erdfeldes auszuschalten. 1824/26 arbeitete er eine Theorie des Elektromagnetismus aus und versuchte, zu einer mathematischen Fassung seiner Hypothesen vorzudringen.

A. vermutete eine Wesensverwandtschaft von Licht und Wärme, die er als Molekular- bzw. Atomschwingungen zu erklären suchte (1835). Auch einen (allerdings nicht ausgeführten) elektromagnetischen Telegrafen schlug er vor.

Amsler-Laffon, Jakob, 1823 bis 1912, Schweizer Mathematiklehrer und Feinmechaniker; habilitierte sich nach Studium in Jena und Königsberg 1849 an der Universität Zürich. A.-L. beschäftigte sich zunächst mit Problemen der Wärmelehre, z. B. der Wärmeleitung in festen Körpern, wandte sich dann der Verbesserung und Konstruktion feinmechanischer Geräte zu. 1854 erfand er das Polarplanimeter, ein verbreitetes Flächenmeßinstrument, und gründete eine Werkstatt zur Herstellung von Planimetern ↑. Zusammen mit seinem Sohn *Alfred* nahm er in das Produktionsprogramm Werkstoffprüfgeräte und andere feinmechanische Instrumente auf.

Anaxogoras, um 500 bis um 425 v. u. Z., griechischer Philosoph, aus Kleinasien stammend, später in Athen lebend. Nach seiner Lehre bestehen alle Stoffe aus unendlich vielen, winzigen und gleichartigen Teilchen, die in jedem noch so kleinen Stück Materie enthalten sind. A. wurde damit zu einem Wegbereiter der Atomistik.

Anderson, Carl David, geb. 1905, nordamerikanischer Physiker, arbeitet vor allem auf dem Gebiet der Atomphysik, wies 1932 durch Nebelkammeraufnahmen in der Höhenstrahlung das von *P. A. M. Dirac* ↑ vorausgesagte Positron nach.

1937 entdeckte er die von *H. Yukawa* ↑ vermuteten Mesonen. 1936 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Ångström, Anders Jonas, 1814 bis 1874, schwedischer Physiker, gilt als einer der Begründer der Astrophysik, arbeitete vor allem auf dem Gebiet der Wärmelehre, des Magnetismus sowie der spektroskopischen Untersuchungen und Messungen. Die früher in der Spektroskopie benutzte Längeneinheit trug seinen Namen.

Anschütz, Ottomar, 1846 bis 1907, deutscher Fototechniker. Sein Hauptinteresse galt der Momentfotografie. Er fertigte Reihenaufnahmen bewegter Vorgänge an, die er mit Hilfe seines Elektrotachyskops (»elektrischer Schnellseher«, Filmtechnik ↑) 1887 erstmals vorführte. Das Gerät, das A. später mit einem Bildwerfer koppelte, kann als Vorläufer des Kinematographen angesehen werden.

Anthemios v. Tralles, gest. 535, Architekt und Naturforscher, lebte in Konstantinopel; beschäftigte sich mit Fragen der Geometrie und der Optik und erkannte die Eigenschaften des Parabolspiegels, leitete bis zu seinem Tode

den Wiederaufbau der 531 durch Feuer zerstörten Hagia Sophia (Sophienkirche).

Antonow, Oleg Konstantinowitsch, geb. 1906, sowjetischer Flugzeugkonstrukteur. Als Chefkonstrukteur eines Segelflugzeugwerkes entwickelte er zahlreiche Segelflugzeuge (z. B. A 10), darunter auch Lastensegler.

Später entwarf und konstruierte A. Motorflugzeuge, u. a. Großflugzeuge und Mehrzweckflugzeuge, z. B. An 2 (Mehrzweck-Anderthalbdecker), An 10 (Mittelstrecken-Verkehrsflugzeug), An 22 (Großflugzeug).

Appleton, Sir Edward Victor, 1892 bis 1965, englischer Physiker, Assistent von *E. Rutherford* ↑ am Cavendish-Laboratorium, später Hochschullehrer in London. A. wurde bes. durch Untersuchungen über die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen ↑ bekannt. Seine in den zwanziger Jahren durchgeführten Experimente zur Wellenreflexion an der Ionosphäre schufen wichtige Voraussetzungen für die Entwicklung des drahtlosen Nachrichtenweitverkehrs auf Kurzwelle. 1949 Nobelpreis Physik.

Arago, Dominique François Jean, 1786 bis 1853, französischer Astronom und Physiker, war im Auftrag der französischen Regierung an Messungen zur genauen Bestimmung des Erdumfangs beteiligt, geriet 1807 im spanisch-französischen Krieg in Gefangenschaft, kehrte 1809 nach Frankreich zurück, wurde zum Professor an der Pariser École Polytechnique, zum Direktor der Pariser Sternwarte und zum Mitglied der Pariser Akademie der Wissenschaften ernannt.

A.s physikalische Forschungen erstreckten sich auf die Astronomie, die Optik (Interferenzerscheinungen), die Wärme- und die Elektrizitätslehre. Er fand den sog. Rotationsmagnetismus, der erst nach Entdeckung der elektromagnetischen Induktion durch *M. Faraday* ↑ erklärt werden konnte.

A. trug durch leichtverständliche, methodisch geschickte Veröffentlichungen dazu bei, die Ergebnisse der Naturwissenschaften weiten Kreisen verständlich zu machen.

Archimedes, etwa 285 bis 212 v. u. Z., Sohn des griechischen Astronomen *Pheidias*, studierte in Alexandria, lebte in Syrakus. A. hat als Mathematiker, Physiker und Techniker gleichermaßen Berühmtheit erlangt.

Er berechnete Inhalt, Umfang und Oberfläche zahlreicher Körper und bediente sich dabei eines Verfahrens, das Grundgedanken der Integralrechnung vorwegnahm. (»Exhaustionsmethode«). Er fand einen Näherungswert für die Zahl π und erweiterte in seiner »Sandrechnung« den Zahlenbereich in einer bis dahin unbekannten Weise. A. führte statische sowie Schwerpunktberechnungen aus, leitete das Hebelgesetz ab und fand das nach ihm benannte Prinzip.

Im Gegensatz zu seinen Vorgängern wandte A. mathematische und physikalische Erkenntnisse auf technische Probleme an und wurde damit einer der ersten Ingenieure.

Die archimedische Schraube ↑, Anwendungen der schiefen Ebene und der Rollen und Winden (Flaschenzug ↑), die Konstruktion eines Planetariums, zahlreiche Kriegsmaschinen (Schleudern, Greifkrane gegen feindliche Schiffe usw.) zeugen von dieser Seite seiner Tätigkeit. Seine Erfindungen wurden eingesetzt, als das mit Karthago verbündete Syrakus von den Römern belagert wurde. Bei der Plünderung von Syrakus durch die Römer wurde A. von römischen Soldaten erschlagen.

Archytas v. Tarent, etwa 430 bis etwa 345 v. u. Z., griechischer Mathematiker und Philosoph, gehörte der Schule der Pythagoräer an, löste das Problem der Würfelverdoppelung durch eine stereometrische Konstruktion. Von seinen Werken sind nur Fragmente erhalten. Ihre Echtheit ist teilweise noch umstritten, weil in der Antike viele Schriften mit seinem Namen gefälscht wurden.

Erfindungen werden A. ebenfalls zugeschrieben, z. B. die ersten Automaten (für Tempel) und eine künstliche fliegende Taube.

Arco, Georg Graf v., 1869 bis 1940, deutscher Hochfrequenztechniker, Assistent von *A. Slaby* ↑ bei dessen Funkversuchen (1897). Das im Anschluß daran entwickelte »System Slaby-Arco für drahtlose Telegraphie« wurde von der »Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft« (AEG) übernommen. Zu den bedeutendsten Leistungen A.s zählt eine verbesserte Hochfrequenzmaschine ↑ zur Erzeugung ungedämpfter Hochfrequenzschwingungen.

Ardenne, Manfred Baron v., geb. 1907, deutscher Physiker, arbeitet vor allem auf dem Gebiet der Elektronik. Durch die Entwicklung des Breitbandverstärkers (1926) und Verbesse-

rungen der Elektronenstrahlröhre ↑ schuf er entscheidende Grundlagen des elektronischen Fernsehens, das er 1930 erstmals vorführte und das sich danach allgemein durchsetzte.

1934 folgte der elektronenoptische Bildwandler. Später befaßte sich A. mit der Entwicklung des Elektronenmikroskops ↑.

Leistungsfähige Elektronen- und Ionenquellen und ein Verfahren zur Isotopentrennung stammen gleichfalls von ihm. Der von A. entwickelte Elektronenstrahl-Mehrkammerofen (1959) ermöglichte u. a., Metalle höchsten Reinheitsgrades zu gewinnen. Die verschluckbare Magen-Darm-Sonde (Intestinalsender ↑, 1957) wurde ein wertvolles Hilfsmittel der Medizin.

Auch A.s Beiträge zur Krebs- und Sauerstoffmehrschritt-Therapie fanden weltweiten Widerhall. A. war 10 Jahre in der UdSSR tätig, ist Staatspreisträger der UdSSR und Nationalpreisträger.

Argand, Aimé, 1755 bis 1803, Schweizer Techniker, lebte während des größten Teils seines Lebens in Frankreich und England. 1783 erfand er den nach ihm benannten Brenner für Öllampen ↑, der die Luftzufuhr zur Flamme wesentlich verbesserte.

Aristarch v. Samos, etwa 320 bis etwa 250 v. u. Z., griechischer Astronom und Mathematiker, vertrat ein heliozentrisches Weltbild mit stillstehender Sonne und umlaufender, um ihre Achse rotierender Erde. In seiner Arbeit »Über die Größen und Abstände von Sonne und Mond« unternahm er als erster den Versuch, diese astronomischen Größen aus geometrischen Messungen zu bestimmen.

Arkwright, Richard, 1732 bis 1792, englischer Techniker. Erst als Erwachsener lernte A. lesen und schreiben, arbeitete zunächst als Friseur und Perückenmacher, wandte sich jedoch bald technischen Aufgaben zu, u. a. Versuchen zur Konstruktion eines Perpetuum mobile. A. interessierte sich bes. für die Textiltechnik und entwickelte eine Baumwollspinnmaschine (1769 patentiert, Spinnmaschine ↑). Sie war so konstruiert, daß sie mit Wasserkraft, später auch durch eine Dampfmaschine angetrieben werden konnte.

A.s Erfindung wurde von zahlreichen Textilfabrikanten aus Konkurrenzgründen angefochten, eine seiner später gegründeten Fabriken durch Maschinenstürmer zerstört. Trotzdem zählte A. innerhalb kurzer Zeit zu den größten Textilfabrikanten Englands.

Armstrong, Sir William George, 1810 bis 1900, englischer Techniker, studierte Jura, dann Naturwissenschaften und trat als Teilhaber in eine Maschinenfabrik ein. Er erfand 1846 den hydraulischen Antrieb für Krane, der bis zur Einführung des Elektromotors weit verbreitet war. Später wandte er sich bes. der Militärtechnik zu. Die A.schen Rüstungswerke (später Vickers-Armstrong Ltd.) zählten bald zu den größten Rüstungskonzernen.

Arnold, Engelbert, 1856 bis 1911, deutscher Elektrotechniker. Nach Studium in Zürich und Ingenieurtätigkeit in Leipzig und Offenbach übersiedelte A. nach Riga. Er war Mitbegründer der Russisch-Baltischen Elektrotechnischen Fabrik. 1891 wurde er leitender Ingenieur einer schweizerischen Maschinenfabrik und übernahm drei Jahre später eine Professur für Elektrotechnik an der TH Karlsruhe.

A. schrieb über elektrische Maschinen und Wechselstromtechnik, befaßte sich mit Fragen der Gleichrichtung und baute das Elektrotechnische Institut der TH Karlsruhe zu einer für die damalige Zeit vorbildlichen Lehr- und Forschungsstätte aus.

Arrhenius, Svante, 1859 bis 1927, schwedischer Physiker und Chemiker, promovierte 1884 mit »Untersuchungen über die galvanische Leitfähigkeit der Elektrolyte«. 1884 wurde er Privatdozent in Upsala, 1891 Dozent und 1895 Professor für Physik an der Universität Stockholm, ab 1909 Direktor des Nobelinstituts für physikalische Chemie in Stockholm.

Seine größte Leistung ist die Ausarbeitung der Theorie der elektrolytischen Dissoziation. Ansätze dazu finden sich bereits in seiner Dissertation. 1899 legte er sie im »Lehrbuch der theoretischen Elektrochemie« allgemein dar. 1903 wurde ihm der Nobelpreis für Chemie zuerkannt. A. beschäftigte sich außerdem mit Problemen der kosmischen Physik, der Geophysik und physiologischen Fragen.

Arsonval Jaques Arsène d', 1851 bis 1940, französischer Mediziner, war als Direktor des Laboratoriums für physikalische Biologie und Professor für experimentelle Medizin am Collège de France tätig. Er führte die Behandlung mit hochfrequenten Strömen in die Medizin

ein, beschäftigte sich aber auch mit Verbesserungen des Fernsprechers und elektrischer Meßinstrumente.

Aspdin, Joseph, 1779 bis 1855, englischer Maurer. A. versuchte über ein Jahrzehnt, haltbaren und widerstandsfähigen Zement ↑ herzustellen. 1824 konnte er ein Patent beantragen. A. nannte sein Erzeugnis wegen der äußeren Ähnlichkeit mit dem im englischen Bauwesen viel verwendeten Portlandstein »Portlandzement«.

Dieser Zement wurde zunächst für Putzarbeiten, bald jedoch auch für Ausführung von Bauten verwendet. An der Verbesserung des Portlandzements war A.s Sohn *William* (1816 bis 1864) wesentlich beteiligt.

Aston, Francis William, 1877 bis 1945, englischer Physiker. In Weiterentwicklung eines von *J. J. Thomson* ↑ angegebenen Verfahrens (»Parabelmethode«) schuf er 1919 den Massenspektrographen. Dieser ermöglichte es, mit Hilfe magnetischer und elektrischer Felder Isotope chemischer Elemente zu trennen. A., der seinen Massenspektrographen in den zwanziger Jahren wesentlich verbesserte, konnte zeigen, daß die meisten Elemente Isotopengemische sind. 1922 wurde ihm der Nobelpreis für Chemie zuerkannt.

Atwood, George, 1745 bis 1807, englischer Physiker. Erfand 1784 die nach ihm benannte »Fallmaschine« zur Demonstration und Messung gleichmäßig beschleunigter Bewegungen, arbeitete außerdem über Drehschwingungen, z. B. von Unruhrädern an Uhren, und über die Stabilität schwimmender Körper.

Auer v. Welsbach, Carl, 1858 bis 1929, österreichischer Chemiker, studierte bei *R. W. Bunsen* ↑ in Heidelberg vor allem das Gebiet der seltenen Erden, erfand 1885 den mit Oxiden seltener Erden bedeckten »Glühstrumpf«, der bei Erhitzung durch eine Gasflamme intensiv helles Licht ausstrahlt. Die Gasbeleuchtung ↑ konnte sich dadurch noch für längere Zeit gegenüber der elektrischen Beleuchtung behaupten.

Im gleichen Jahr gelang A. mit Hilfe des von ihm zuerst angewandten Verfahrens der fraktionierten Kristallisation die Spaltung des »Dielyns« in die Elemente Praseodym und Neodym.

1887 konstruierte A. die erste Metallfadenlampe mit Osmiumglühdraht. Seine dritte große Erfindung ist das »Auermetall« oder »Cereisen« für Feuerzeuge, Gasanzünder usw.

August, Ernst Ferdinand, 1795 bis 1870, deutscher Physiker, Hochschullehrer in Berlin. A. ersann und konstruierte als geschickter Gerätebauer Differentialbarometer, Psychrometer und Heliostaten. 1830 stellte er die Dampfdruckformel des Wasserdampfes auf.

Avicenna (Abu Ali Husain ibn Sina), 980 bis 1037, persischer Arzt und Philosoph, studierte in Buchara Logik, Philosophie, Geometrie, Astronomie, Physik und Medizin, besaß schon gegen Ende seines zweiten Lebensjahrzehnts einen hervorragenden Ruf als Arzt. Weit über 200 Schriften von seiner Hand wurden bisher aufgefunden. Die wichtigsten liegen auf den Gebieten der Geologie, Mineralogie, Medizin und Philosophie, fußend auf den Anschauungen von Aristoteles. Bedeutung hat A. bes. als der universelle Polyhistor, der das System der damaligen Wissenschaften für die folgenden Jahrhunderte aufstellte.

A.s »Canon medicinae« (um 1026) war bis in das 17. Jh. das maßgebliche Lehr- und Handbuch der europäischen Medizin. A. schrieb eine 18bändige Enzyklopädie, in der er die Philosophie, Logik, Physik und Mathematik behandelte. Er ging von der materiellen Existenz der Wirklichkeit und von der Ewigkeit der Materie aus, lehnte Astrologie und Schöpfungsmythen ab und sah im Experiment eines der wichtigsten Hilfsmittel der Naturwissenschaft. A. war der eigentliche Vermittler der griechischen Wissenschaft und Philosophie an die arabischen Völker, indirekt also auch für das mittelalterliche Europa.

Avogadro, Amadeo Conte di Quaregna e Ceretto, 1776 bis 1856, italienischer Physiker, Hochschullehrer in Turin. A.s entscheidende Leistungen liegen auf dem Gebiet der Molekularphysik. 1811 formulierte er das nach ihm benannte Gesetz über die Anzahl der in einem abgeschlossenen Volumen enthaltenen Moleküle bei gleichem Druck und gleicher Temperatur (Avogadrosche Zahl). A. wurde dadurch zu einem Wegbereiter der kinetischen Gastheorie.

B

Babbage, Charles, 1791 (1792) bis 1871, englischer Mathematiker. B. suchte die aufwendige Berechnung mathematischer Tabellen durch technische Hilfsmittel zu erleichtern und gleichzeitig Fehlerquellen auszuschalten (vgl. Digitalrechner ↑). 1822 konstruierte er das Modell einer Rechenmaschine zum Multiplizieren und Quadrieren. Eine größere Maschine war im wesentlichen bis 1833 fertiggestellt.

Die von B. konzipierte »analytische Maschine«, an der er viele Jahre arbeitete, sollte auch die Ausführung komplizierter Berechnungen gestatten. Sie enthielt bereits Grundelemente programmgesteuerter Rechenautomaten, z. B. einen Speicher, ein Rechenwerk und Lochkartensteuerung. Da B. seine Maschine ausschließlich auf mechanischer Grundlage entwerfen und konstruieren mußte, erreichte er sein Ziel nicht.

Babinet, Jaques, 1794 bis 1872, französischer Physiker und Astronom, arbeitete vor allem auf den Gebieten der Optik, der Wärmelehre und des Magnetismus, formulierte das B.sche Theorem über Beugungserscheinungen, untersuchte die Fraunhoferschen Linien und die Doppelbrechung. Auch der Vorschlag, Lichtwellenlängen als Grundlage der Längeneinheit zu benutzen, geht auf B. zurück.

Bacon, Roger, etwa 1214 bis etwa 1294, englischer Philosoph und Naturforscher, Hochschullehrer in Oxford. Quellenstudium, Erfahrung, Beobachtung und Experiment galten ihm als die entscheidenden Ausgangspunkte naturwissenschaftlicher Forschung. Diese von B. vertretenen Ansichten, sein Eintreten für eine Reform des Unterrichts und sein Auftreten gegen Scholastik und Mißbrauch der Theologie führten dazu, daß er seiner Lehrtätigkeit enthoben und mehrfach – zuletzt von 1278 bis zu seinem Tode – eingekerkert wurde.

B. schrieb über Theologie, Philosophie, Grammatik und Rhetorik, Geographie, Astronomie, Chemie, Physik. B.s Hauptwerke, »Opus maius«, »Opus minus«, »Opus tertium« sind Enzyklopädien der damaligen wissenschaftlichen Kenntnisse.

In seinen Arbeiten zur Optik gewann B. wichtige Einsichten über Strahlenbrechung, Linsen (?) und Hohlspiegel; auch versuchte er, den Regenbogen und Luftspiegelungen zu erklären. Er beschrieb »optische Lesehilfen«, die wohl als Vorläufer von Brillen ↑ anzusehen sind, und trat für eine Reform des Julianischen Kalenders ein.

Baekeland, Leo Hendrik, 1863 bis 1944, belgischer Chemiker, Hochschullehrer für Physik und Chemie in Gent und Brügge. 1889 übersiedelte B. in die USA, wo er als Industriechemiker tätig war. 1907 erfand er die mit seinem Namen als Bakelite ↑ benannten Phenolharz-Preßmassen, die er ab 1910 in einem von ihm gegründeten Betrieb produzieren ließ.

Baeyer, Adolf v., 1835 bis 1917, deutscher Chemiker, studierte Chemie bei *R. W. Bunsen* ↑, war als Hochschullehrer in Heidelberg, Gent, Berlin, Strasbourg und München tätig.

B. arbeitete vorwiegend auf dem Gebiet der organischen Chemie, bes. auf dem der Indigofarbstoffe ↑. 1870 fand er die Konstitutionsformel, 1879 synthetisierte er Indigo im Labor. Ab 1880 arbeitete er die Großsynthese von Indigofarbstoffen aus, die 1897 produktionsreif war. Von da an setzte eine rasche Entwicklung der deutschen Teerfarbenindustrie ein. 1905 erhielt B. den Nobelpreis für Chemie.

Bain, Alexander, 1810 bis 1877, englischer Feinmechaniker. B. experimentierte um 1840 mit elektrischen Uhren und wandte sich der elektrischen Telegrafie ↑ zu. 1841 entwarf er einen Vielfachtelegrafen, anschließend einen Typendrucktelegrafen, seit 1843 Telegrafen zur Übermittlung von Schriftzügen und zeichnerischen Darstellungen (»Kopiertelegraf«). Der Einsatz der Geräte scheiterte daran, daß der erforderliche Gleichlauf zwischen Sender und Empfänger nicht aufrechterhalten werden konnte. 1846 erhielt B. ein Patent für einen Schnelltelegrafen auf elektrochemischer Grundlage.

Baird, John Logie, 1888 bis 1946, englischer Fernsehtechniker, arbeitete seit 1922 an der Verwirklichung des Fernsehens ↑, wobei er für Bildaufbau und -zerlegung die Nipkowscheibe anwandte. 1925/26 demonstrierte er sein System mehrfach in London.

B. führte in Zusammenarbeit mit der britischen Rundfunkgesellschaft BBC drahtlose Versuchsübertragungen durch, u. a. zwischen

dem Festland und einem Schiff. 1932 begann die BBC mit regelmäßigen Versuchssendungen nach dem B.schen System. Es wurde jedoch durch das elektronische Fernsehen bedeutungslos.

B. konstruierte außerdem ein Infrarotsichtgerät und arbeitete an der Vervollkommnung der Bildtelegrafie.

Balmer, Johann Jakob, 1825 bis 1898, Schweizer Lehrer, Mathematiker und Physiker. B. fand in den 80er Jahren des 19. Jh. die für die Entwicklung der Atomphysik wichtige Formel, mit deren Hilfe sich die Anordnung von Spektrallinien des Wasserstoffs ausdrükken läßt.

Bardeen, John, geb 1908, nordamerikanischer Physiker, war zunächst Hochschullehrer, trat dann in die Laboratorien der Bell-Telefon-Gesellschaft ein und entwickelte zusammen mit *W. H. Brattain* ↑ und *W. Shockley* ↑ den Transistor ↑. 1951 übernahm B. eine Professur für Physik und Elektrotechnik in Illinois. Mit *Brattain* und *Shockley* erhielt B. für seine Arbeiten auf dem Gebiet der Halbleiterphysik 1956 den Nobelpreis für Physik.

Barkhausen, Georg Heinrich, 1881 bis 1956, deutscher Physiker, promovierte 1907 in Göttingen mit einer Arbeit über Fragen der elektrischen Schwingungserzeugung. Nach mehrjähriger Tätigkeit in Industrielaboratorien wurde er 1911 Professor an der TH Dresden. Dort richtete er das erste Schwachstrominstitut einer deutschen Hochschule ein.

B. arbeitete vor allem über die Grundlagen der Elektronenröhre ↑. Er untersuchte ihre Kennwerte, stellte die B.sche Röhrenformel auf und schrieb ein weit verbreitetes mehrbändiges Lehrbuch der Elektronenröhren. In den 20er Jahren entdeckte B. mit *K. Kurz* eine erste Möglichkeit, mit Elektronenröhren Zentimeterwellen zu erzeugen. Der nach ihm benannte Effekt ist ein wichtiger Beleg für die Existenz von Elementarmagneten.

Nach 1945 stellte B. seine ganze Kraft dem Wiederaufbau der TH Dresden zur Verfügung. 1949 erhielt er den Nationalpreis.

Barlow, Peter, 1776 bis 1862, englischer Mathematiker und Physiker, arbeitete über Fragen der Optik, bes. über achromatische Linsensysteme, der Mechanik und der Elektrizitätslehre. Bekannt wurde das Barlowsche Rad, eine bei Stromfluß im Magnetfeld rotierende Scheibe aus leitendem Material, die die Kraftwirkungen des Magnetfeldes auf bewegte elektrische Ladungen demonstriert.

Basow, Nikolai Gennadijewitsch, geb. 1922, sowjetischer Physiker, Mitglied der Sowjetischen Akademie der Wissenschaften, Leninpreisträger, erhielt 1964 mit *A. M. Prochorow* ↑ und *Ch. H. Townes* den Nobelpreis für Arbeiten auf dem Gebiet der Quantenelektronik, bes. für die Entwicklung des Molekularverstärkers (Maser ↑).

Baudot, Jean Maurice Emile, 1845 bis 1903, französischer Techniker. B. arbeitete zunächst in der Landwirtschaft seines Vaters, trat 1869 in den Dienst der französischen Telegrafenverwaltung. Er suchte die Ausnutzung der Telegrafenlinien zu verbessern, indem er die Pausen zwischen den Zeichen verkürzte und die übermittelten Signale selbsttätig in Druckschrift umsetzen ließ.

1873/74 entwickelte er den Baudot-Telegrafen, ein Typendrucktelegrafensystem, bei dem über Verteiler mehrere (meistens je 4) Telegrafenapparate jeweils periodisch nacheinander an eine Linie geschaltet wurden. Nach gelungenen Versuchen (1877) zwischen Paris und Bordeaux wurde der Baudot-Telegraf von der französischen Postverwaltung, später auch von Telegrafengesellschaften anderer Staaten übernommen (Telegrafie, elektrische ↑).

Bauer, Andreas Friedrich, 1783 bis 1860, deutscher Maschinenbauer, erlernte den Beruf eines Mechanikers, hörte nebenbei vor allem mathematische Vorlesungen. Um die Jahrhundertwende übersiedelte er nach England. Dort lernte er *F. Koenig* ↑ kennen und tat sich mit ihm zusammen, um Druckmaschinen zu produzieren. B. hat wesentlichen Anteil an der Verbesserung und dem Bau der Koenigschen Schnellpressen. 1818 gründete er gemeinsam mit *Koenig* eine Druckmaschinenfabrik in Oberzell bei Würzburg.

Bauer, Wilhelm Sebastian Valentin, 1822 bis 1876, deutscher Techniker, von Beruf Drechsler, trat in die bayrische Armee ein und wurde Artillerieunteroffizier. Die Blockade der deutschen Küsten durch die dänische Flotte (1848/49) regte ihn zur Konstruktion eines Tauchbootes an. 1850 führte B. ein funktionsfähiges Modell vor. Das von B. in Auftrag gegebene Boot (»Brandtaucher«) sank bei der Probefahrt in Kiel (1851). In Deutschland war

das Interesse an B.s Tauchboot damit erloschen; auch in England, Frankreich und Österreich fand B. keine Interessenten. Dagegen interessierte man sich seit Beginn des Krimkrieges (1853/56) in Rußland für B.s Arbeiten. Dort baute er ein 16 m langes Tauchboot, mit dem er über 130 Fahrten, u. a. eine vierstündige Unterwasserfahrt, unternahm.

B. konstruierte außerdem Hebevorrichtungen für gesunkene Schiffe, ein »Unterwassergeschütz« und entwarf ein Luftschiff.

Baumé, Antoine, 1728 bis 1804, französischer Apotheker und Chemiker; hielt Vorlesungen am Pariser Pharmazeutischen Institut. Leitete bis 1780 eine chemische Fabrik, in der er zahlreiche Chemikalien und Medikamente – häufig nach eigenen technologischen Verfahren – herstellte. 1768/69 verbesserte er das Aräometer ↑ und führte die nach ihm benannte Skale zur Angabe der Dichte von Flüssigkeiten ein.

Bauschinger, Johann, 1834 bis 1893, deutscher Techniker, zunächst Physik- und Mathematiklehrer an einer Gewerbeschule und einem Realgymnasium, wurde 1869 auf den Lehrstuhl für technische Mechanik und grafische Statik der TH München berufen.

Unternahm, vor allem in einem von ihm eingerichteten Laboratorium, grundlegende Untersuchungen über Zug-, Schub-, Torsions- und Knickbeanspruchungen. Veröffentlichte (1873) »Graphische Statik«. Trat bes. durch Untersuchungen der Dauerbeanspruchung von Stahl und Zement hervor.

Beau de Rochas, Adolphe Eugène, 1815 bis 1893, französischer Techniker, erdachte 1862 einen Verbrennungsmotor ↑ (Viertaktmotor), zu dessen Ausführung ihm jedoch die finanziellen und technischen Möglichkeiten fehlten. Er beschäftigte sich auch mit der Untersuchung des Wirkungsgrades von Wärmekraftmaschinen, mit Hochdruckdampflokomotiven und Unterwassertelegrafen.

Becher, Johann Joachim, 1635 bis 1682, deutscher Chemiker und Mediziner, erwarb umfangreiches physikalisches, chemisches und medizinisches Wissen, lebte in Deutschland, Holland und England. B. zählt zu den Begründern der Phlogistonlehre, untersuchte die Möglichkeiten der Gewinnung von Koks und Teer aus Steinkohle, erkannte (1680) die Leuchtkraft des Steinkohlengases.

B. regte die Gründung von Manufakturen an und schlug Handelsgesellschaften für den direkten Bezug von Rohstoffen aus ihren Mutterländern vor, verfaßte zahlreiche chemische und volkswirtschaftliche Schriften, z. B. »Chymischer Glückshafen oder Große Chymische Konkordanz« und »Politischer Diskurs vom Auf- und Abblühen der Städte und Länder«, förderte die Einführung moderner Produktionsverfahren und -instrumente.

Bechtoldsheim-Mauchenheim, Clemens v., 1852 bis 1930, deutscher Landmaschinentechniker. B.-M. war nach Besuch des Münchner Polytechnikums in verschiedenen Werken als Konstrukteur tätig und erhielt Erfindungen patentiert, durch die u. a. Zentrifugen in ihrer Wirkung wesentlich verbessert wurden. Später arbeitete B.-M. 2 Jahre in Schweden. Mit 43 Patenten zur Landtechnik und Milchverarbeitung zählt B.-M. zu den vielseitigsten Erfindern in diesem Bereich.

Beck, Karl Richard, 1858 bis 1919, deutscher Geologe, studierte in Freiburg i. B. und promovierte 1883 in Leipzig. War 12 Jahre in der Sächsischen Geologischen Landesanstalt, ab 1895 24 Jahre als Hochschullehrer in Freiberg tätig (Geologie und Lagerstättenkunde). B. revidierte und erarbeitete zahlreiche geologische Karten, bereiste zu Studienzwecken Erzreviere Rußlands, Kanadas und Südafrikas. 1900 veröffentlichte er seine weltweit bekannt gewordene und in viele Sprachen übersetzte »Lagerstättenlehre« (2 Bde.).

Beck, Theodor, 1839 bis 1917, deutscher Techniker und Technikhistoriograph, war mehrere Jahre als Ingenieur tätig, las nach seiner Habilitation an der TH Darmstadt über Maschinenbau. Sein wissenschaftliches Hauptinteresse galt der Geschichte der Technik, bes. des Maschinenbaus. Er veröffentlichte zahlreiche, auch biographische Arbeiten zunächst in Zeitschriften, später in Buchform.

Beckmann, Johann, 1739 bis 1811, deutscher Technologe und Ökonom, studierte Theologie, dann Naturwissenschaften, war von 1763 bis 1765 Gymnasiallehrer in Petersburg, bereiste anschließend Schweden und Dänemark. 1766 wurde er Professor der Philosophie in Göttingen, las daneben über ökonomische Wissenschaften.

B. ordnete und beschrieb systematisch tech-

nische Prozesse und Herstellungsverfahren (»Anleitung zur Technologie«). Er wurde damit zum Begründer der Technologie als Wissenschaft (der Begriff stammt gleichfalls von B.). Mehrere Bücher und zahlreiche Aufsätze zeugen von der Sachkenntnis und Praxisverbundenheit B.s. Er trat für die Förderung der »Hausindustrie« in wirtschaftlich schwach entwickelten Gebieten ein und veröffentlichte das fünfbändige Werk »Beiträge zur Geschichte der Erfindungen«.

Becquerel, Alexandre Edmond, 1820 bis 1891, französischer Physiker, Sohn von *A. C. Becquerel* ↑, untersuchte die Einwirkung des Lichts auf elektrochemische Vorgänge, Wärmewirkungen der Elektrizität und die magnetischen Eigenschaften der Stoffe, vor allem den Diamagnetismus. Bekannt wurde er bes. durch Arbeiten über Phosphoreszenz- und Fluoreszenzerscheinungen, die er mit selbst entworfenen Geräten eingehend erforschte.

Becquerel, Antoine César, 1788 bis 1878, französischer Physiker. B. war zunächst Pionieroffizier, widmete sich nach 1815 naturwissenschaftlichen Arbeiten, war Professor am Musée d'histoire naturelle und zeitweilig Präsident der Pariser Akademie der Wissenschaften. Er untersuchte die Leitfähigkeit der Metalle, die Piezoelektrizität des Turmalins und Zusammenhänge zwischen Elektrizität und Magnetismus (Beobachtung des Diamagnetismus). Bei elektrochemischen Arbeiten konstruierte er das erste konstante galvanische Element, das gleichzeitig auch von *J. F. Daniell* entwickelt und unter dessen Namen verbreitet wurde. Er erfand das Differentialgalvanometer.

Becquerel, Henri, 1852 bis 1908, französischer Physiker, Sohn von *A. E. Becquerel* ↑. Ausgehend von der Fluoreszenz mancher Substanzen unter dem Einfluß von Röntgenstrahlen versuchte er, Zusammenhänge zwischen Fluoreszenz und Röntgenstrahlen zu finden. Es zeigte sich, daß Fotoplatten durch eine von Uransalzen ausgehende unsichtbare Strahlung belichtet wurden.

Am 2. 3. 1896 berichtete B. der französischen Akademie der Wissenschaften, daß diese Strahlung eine spezifische Eigenschaft des Urans sei. B. wurde damit zum Entdecker der Radioaktivität ↑. 1899 identifizierte er die Betastrahlen durch Ablenkung im magnetischen Feld als Elektronenstrahlung. 1903 erhielt er mit *M.* und *P. Curie* ↑ den Nobelpreis für Physik.

Behaim, Martin, 1459 bis 1507 (?), deutscher Kosmograph, lernte wahrscheinlich frühzeitig *Regiomontanus* ↑ und die von diesem hergestellten astronomischen und nautischen Instrumente kennen und suchte sie zu verbessern. B., der Kaufmann geworden war, ging nach Lissabon (1482?), führte dort seine nautischen Instrumente vor und wurde (1484) Mitglied der Kommission zur Auswertung der portugiesischen Entdeckungsfahrten und zur Verbesserung der Schiffahrt. Er nahm an der eineinhalbjährigen Fahrt des *Diego Cão* nach West- und Südafrika teil. 1492 stellte B. nach einer verlorengegangenen Weltkarte seinen »Erdapfel« her, den ersten erhalten gebliebenen Globus ↑ aus der Zeit der großen Entdekkungen.

Beilstein, Konrad Friedrich, 1828 bis 1906, Chemiker, in Petersburg geboren, lebte und arbeitete nach Studien in Deutschland vorwiegend in Petersburg (Nachfolger *D. I. Mendelejews* am Petersburger Technologischen Institut), untersuchte vor allem organische Verbindungen, u. a. Erdöl. Seine bedeutendste Leistung war die Herausgabe von »Beilsteins Handbuch der organischen Chemie« (seit 1880). Es registrierte etwa 500 000 organische Verbindungen und beschrieb ihre wichtigsten Eigenschaften.

Bélidor, Bernard Forest de, 1697 bis 1761, in Spanien geborener Ingenieuroffizier, lebte vorwiegend in Frankreich. B. unterrichtete Mathematik und Physik an einer Artillerieschule und wurde nach Teilnahme an mehreren Feldzügen 1758 Generalinspekteur der französischen technischen Truppen und des Pariser Arsenals. Er schrieb über Ballistik und Befestigungswesen. In seiner »Architecture hydraulique« beschrieb er Paternosterwerke, Stiellöffelbagger und Wasserräder mit vertikaler Achse. Als einer der ersten wandte er die Infinitesimalrechnung auf die Lösung technischer Probleme an.

Bell, Alexander Graham, 1847 bis 1922, in Schottland geborener Physiologe und Techniker, studierte in Edinburgh und London, wurde 1872 Professor für Stimmphysiologie in Boston (USA). Neben seiner Lehrtätigkeit widmete sich B. technischen Aufgaben, und

zwar zunächst Versuchen, mittels unterschiedlicher Töne mehrere Telegramme über eine Leitung gleichzeitig zu senden und zu empfangen. Das brachte ihn auf den Gedanken, Sprachschwingungen elektrisch zu übertragen. B. entwickelte ein elektromagnetisches Telefon (vgl. Fernsprecher ↑), das er im Frühjahr 1876 zum Patent anmeldete.

Der Vorzug des B.schen Telefons, zum Sprechen und Hören die gleiche Einrichtung benutzen zu können, wirkte sich auf die Einführung des Telefons sehr günstig aus. Eine weitere Erfindung B.s ist das »Photophon«, ein Vorläufer der Lichtsprechgeräte und in gewissem Sinne auch des Tonfilms.

Benz, Carl Friedrich, 1844 bis 1929, deutscher Ingenieur, Kraftfahrzeugtechniker, konstruierte 1878 einen Zweitaktmotor, den er 1879 patentiert erhielt. Dieser Motor wurde ortsfest eingesetzt; als Kraftfahrzeugmotor war er wegen seiner Masse und seiner geringen Drehzahl nicht geeignet. Die von B. 1883 gegründete »Rheinische Gasmotorenfabrik Benz & Co.« ermöglichte ihm, sein Ziel weiterzuverfolgen und einen Kraftwagenmotor zu entwickeln. Er konstruierte ihn als Einzylinder-Viertaktmotor. Dieser Motor war mit elektrischer Zündung, Oberflächenvergaser und Wasserkühlung ausgestattet. 1885 baute ihn B. in ein dreirädriges Fahrzeug ein.

Nachdem die Fragen der Kraftübertragung, der Lenkung usw. grundsätzlich gelöst waren, stellte B. ab 1893 Vierradwagen her (Kraftfahrzeug ↑).

Benzenberg, Johann Friedrich, 1777 bis 1846, deutscher Physiker. B. studierte zunächst Theologie, später Mathematik. Er lehrte an einem Hamburger Gymnasium und stellte dort 1802 Versuche zum Nachweis der Erddrehung an: Kugeln, die er im Inneren eines Kirchturms fallen ließ, schlugen nicht senkrecht unter der Abwurfstelle auf, sondern zeigten eine Abweichung. Später wiederholte B. diese Versuche in einem Schacht. Auch wies er die Abhängigkeit der Schallgeschwindigkeit von der Temperatur nach und betätigte sich im Vermessungswesen.

Berg, Alexander Iwanowitsch, geb. 1893, sowjetischer Hochfrequenztechniker, Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. B. war Offizier in der Kriegsmarine, später Lehrer an einer Marineschule. Er arbeitete zunächst auf mathematischem und elektrotechnischem Gebiet, wandte sich dann der Funktechnik zu. B. war auf nahezu allen Gebieten der Hochfrequenztechnik tätig. Auch der medizinischen und industriellen Elektronik und der elektronischen Rechentechnik gilt sein Interesse.

Bergès, Aristide, 1833 bis 1904, französischer Ingenieur. B., Sohn eines Papierfabrikanten, war vor allem auf dem Gebiet der Papierfabrikation tätig. Er entwickelte mechanische Pochwerke, ließ sich einen Entfaserungs-, Raffinier- und Siebprozeß patentieren und verbesserte die Herstellung von Holzschliff.

B. setzte sich für die verstärkte Anwendung von Wasserkräften ein. Er erprobte in einer Holzschliffabrik eine Turbine für 200 m, später für 500 m Gefällhöhe.

Bergius, Friedrich, 1884 bis 1949, deutscher Chemiker, befaßte sich vor allem mit Erdöl- und Kohleprodukten, führte 1911 erstmals die thermische Druckspaltung von Erdölfraktionen in Gegenwart von Wasserstoff durch. Er entdeckte bei Anwendung dieser Methode auf Kohle (1913) die Bildung benzinartiger Substanzen, entwickelte daraus bis 1919 das Verfahren der Druckhydrierung von Kohle zur Gewinnung von Treib- und Schmierstoffen. B. arbeitete ferner ein Verfahren zur Verzuckerung von Holzzellulose mittels Salzsäure aus (Holzverzuckerung ↑). Er erhielt 1931 zusammen mit *C. Bosch* ↑ den Nobelpreis für Chemie (Bergius-Pier-Verfahren ↑).

Berliner, Emil, 1851 bis 1929, deutscher Techniker. Er ersetzte die T. A. Edisonsche Phonographenwalze durch eine rotierende Scheibe, die spiralförmig abgetastet wurde, und erfand damit die Schallplatte ↑ (1887). B. erhielt auch ein Patent auf ein Mikrofon, das den durch Schallschwingungen schwankenden Kontaktdruck zwischen einer Metallkugel und einer Metallmembran zur Schallwandlung nutzte.

Bernal, John Desmond, 1901 bis 1971, englischer Physiker, B. arbeitete u. a. auf kristallographischem Gebiet, trat durch zahlreiche wissenschaftsgeschichtliche Untersuchungen hervor, in denen er bes. die Zusammenhänge zwischen Wissenschaft und Gesellschaft und die Verantwortung des Wissenschaftlers darzulegen suchte. Er gehörte zu den Mitbegründern der Gruppe »Wissenschaftler gegen den

Krieg«, nach 1945 war er aktiv in der Weltfriedensbewegung tätig, 1959 Präsident des Weltfriedensrates. 1953 erhielt B. den Lenin-Friedenspreis. Bes. seine Werke »Welt ohne Krieg« und »Die Wissenschaft in der Geschichte« wurden auch in der DDR bekannt.

Bernardi, Enrico, 1841 bis 1919, italienischer Physiker, Chemiker und Techniker, lehrte an der Universität Pavia, beschäftigte sich mit Spritzdüsenvergasern, kopfgesteuerten Verbrennungsmotoren und konstruierte u. a. 1894 einen Dreiradwagen mit Heckantrieb und einen Gasmotor für Nähmaschinen.

Bernoulli, Daniel, 1700 bis 1782, Angehöriger der bes. als Mathematiker bekannt gewordenen Schweizer Gelehrtenfamilie. B. arbeitete auch auf physikalischem Gebiet. Seine wichtigste Arbeit ist die »Abhandlung über die Hydrodynamik« (1738).

B. formulierte die nach ihm benannte wichtige Gleichung der Hydrodynamik. Er empfahl die Benutzung von Schiffsschrauben, kannte das Phänomen der Kavitation, untersuchte Ebbe und Flut und beschäftigte sich mit akustischen Problemen.

Berthelot, Marcelin Pierre Eugène, 1827 bis 1907, französischer Chemiker. B. studierte Chemie, wurde zunächst Professor für organische Chemie, war als Mitglied des französischen Senats und als Unterrichtsminister tätig. Er arbeitete über Glyzerol und über die Synthese organischer Körper, leistete wichtige Arbeiten auf dem Gebiet der Thermochemie, untersuchte die Wärmeentwicklung bei der Explosion von Sprengstoffen und erfand ein Kalorimeter zur Bestimmung von Verbrennungs- und Bildungswärmen.

Berthollet, Claude Louis, 1748 bis 1822, französischer Chemiker, studierte zuerst Medizin, promovierte in Italien, widmete sich danach in Paris chemischen Studien; wurde Mitglied der französischen Akademie der Wissenschaften, 1794 Dozent an der Pariser »École Polytechnique«. B. untersuchte die Zusammensetzung von Ammoniak und Schwefelwasserstoff, arbeitete an Versuchen mit Blausäure und entdeckte das Knallsilber. Für die Textilindustrie leistete er einen wichtigen Beitrag durch die Entdeckung der Bleichwirkung des Chlors (1783). Andere Arbeiten B.s galten den Kohlenwasserstoffen und der Sodagewinnung.

Bertin, Emile, 1840 bis 1924, französischer Techniker, untersuchte die Stabilität und die Schlingerbewegung von Schiffen, entwarf Kriegsschiffe mit Querschotten und starker Panzerung, war später bei der Organisation des japanischen Schiffsbaus und der japanischen Schiffahrt tätig.

Berzelius, Jöns Jakob v., 1779 bis 1848, schwedischer Chemiker, studierte Medizin, wandte sich aber bald der Chemie zu. 1817 wurde er Professor der Chemie und Pharmazie in Stockholm. Er fand bei elektrochemischen Versuchen, daß Metalle sich stets an der Katode abscheiden, während Sauerstoff an der Anode freigesetzt wird.

B. führte zahlreiche chemische Arbeitsmethoden ein, u. a. die Benutzung des Lötrohrs. Er entdeckte die Elemente Cer (1803 mit *Hisinger*), Selen (1817), Thorium (1828), stellte als erster Silicium (1822) und Zirkonium (1824) dar. Seine größten Leistungen sind die 1818 veröffentlichte Tabelle von 200 relativen Atom- und Molekülmassen (frühere Bezeichnung: Atom- und Molekulargewicht), die B. selbst bestimmt hatte, und die Ausarbeitung der chemischen Formelsprache. Sein »Lehrbuch der Chemie« erlebte zahlreiche Auflagen und wurde in mehrere Sprachen übersetzt.

Bessel, Friedrich Wilhelm, 1784 bis 1846, deutscher Astronom, lernte als Kaufmann, widmete sich daneben astronomischen Studien, nahm 1806 eine Anstellung in einer Privatsternwarte an und nutzte diese Zeit bes. für Kometen- und Saturnbeobachtungen. 1810 wurde er zum Direktor der Sternwarte in Königsberg und Professor der Astronomie berufen.

B. war als Praktiker wie als Theoretiker gleich bedeutend. Er maß zahlreiche Sternkoordinaten mit großer Genauigkeit, bestimmte Kometenbahnen und die erste Fixsternparallaxe, wodurch eine empirische Bestätigung des kopernikanischen Weltsystems erreicht war.

Er untersuchte die Fehlerquellen astronomischer Instrumente, bestimmte – unter anderem durch genaueste Messung von Pendelschwingungen – die geometrische Gestalt der Erde und gab sein Wissen in »Populären Vorlesungen über wissenschaftliche Gegenstände« weiter.

Bessemer, Sir Henry, 1813 bis 1898, engli-

scher Ingenieur und Erfinder, betrieb nach Tätigkeit auf anderen technischen Gebieten eine Schriftgießerei. B. beschäftigte sich zunächst mit der Vervielfältigung von Gipsabdrücken und der Entwicklung von Stempelprägeformen. Er erfand eine geheizte Samtpresse und eine Letterngießmaschine, ein Herstellungsverfahren für Bleistifte, hydraulische Eisenbahnbremsen, ein Verfahren zur Herstellung von Bronzestaub, Zuckerrohr- und Brikettpressen, Glasöfen und Glaswalzen. Im Laufe seines Lebens erwarb er 120 Patente.

Im Januar 1855 meldete B. sein Verfahren zur Erzeugung von Flußstahl zum Patent an. Das war ein entscheidender Fortschritt für die stahlerzeugende Industrie (Stahl ↑). In der Folgezeit befaßte sich B. weiterhin mit unterschiedlichsten technischen Problemen, z. B. mit Schiffen, deren Räume lagestabilisiert waren, mit Sonnenenergie-Schmelzöfen, Einrichtungen zum Diamantschleifen.

Besson, Jaques, etwa 1500 bis 1569, französischer Techniker und technischer Schriftsteller. Lebensweg und Tätigkeit sind umstritten. So wird B. eine Tätigkeit als Mathematiklehrer zugeschrieben, andere Quellen bezeichnen ihn als Mechaniker und Ingenieur.

Bedeutsam ist B.s erst 1578 erschienenes Werk »Théâtre des instruments mathématiques et mécaniques ...«. Es enthält Bildtafeln und Beschreibungen von mathematischen Instrumenten und Maschinen, unter ihnen Drehbänke, Schleifvorrichtungen, Pumpen, Hebezeuge, Gattersägen, die teilweise als von B. erdacht gelten.

Bethe, Hans, geb. 1906, Physiker, in Strasbourg geboren, Hochschullehrer in Deutschland (das er zur Zeit des Faschismus verlassen mußte), in England und in den USA. B. arbeitete vor allem über Kernenergieprobleme, war am amerikanischen Atombombenprojekt beteiligt, trat aber später beharrlich gegen atomare Rüstung auf. Er entwarf eine Theorie der Kernvorgänge, denen die Sonnen- und Fixsternstrahlung zu verdanken ist. 1967 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Betti, Enrico, 1823 bis 1892, italienischer Mathematiker, erarbeitete bedeutende Beiträge zur Potentialtheorie und zur mathematischen Physik, bes. zur Elastizitätstheorie (B.scher Reziprozitätssatz), zur Hydro-, Thermo- und Elektrodynamik sowie zur Theorie der elliptischen Funktionen und deren Anwendungen, zur Theorie algebraischer Funktionen einer komplexen Veränderlichen und zur kombinatorischen Topologie (B.sche Zahlen).

Bianconini, Giovanni Lodovico, 1717 bis 1781, italienischer Physiker, befaßte sich vor allem mit akustischen Untersuchungen und Messungen der Schallgeschwindigkeit, in deren Verlauf er die Abhängigkeit der Schallgeschwindigkeit von der Lufttemperatur feststellte.

Bilkenroth, Georg, 1898 bis 1982, deutscher Hüttenfachmann, entwickelte in der DDR zusammen mit *E. Rammler* ↑ Verfahren zur Hochtemperaturverkokung von Braunkohle. Nationalpreisträger, Vaterländischer Verdienstorden. Nach seinem Verfahren arbeitet seit 1952 die Großkokerei Lauchhammer (Kokserzeugung ↑).

Binder, Ludwig, 1881 bis 1958, deutscher Elektrotechniker, war lange Jahre an der TH Dresden tätig, arbeitete über Hochspannungstechnik, elektrische Energieübertragung und elektrische Maschinen. Nationalpreisträger.

Biot, Jean, Baptiste, 1774 bis 1862, französischer Physiker, Schüler der Pariser École Polytechnique, nach Dienstzeit in der Artillerie Professor für Physik am Collège de France, Mitarbeiter am Pariser Observatorium und am Büro für Längenmessungen. B. beteiligte sich an mehreren Gradmessungen, führte mit *D. F. J. Arago* ↑ Schwerkraftmessungen durch, untersuchte, ebenfalls mit *Arago*, die optischen Brechzahlen der Gase, entdeckte die Drehung der Polarisationsebene an Kristallen sowie Flüssigkeiten und maß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls in festen Körpern. Zusammen mit *F. Savart* ↑ formulierte er ein wichtiges Gesetz über Zusammenhänge zwischen elektrischen Strömen und magnetischen Kräften.

Biringuccio, Vannoccio, 1480 bis 1538, italienischer Architekt, Ingenieur, Büchsenmacher und Metallurg, leitete nach mathematischen und naturwissenschaftlichen Studien Hüttenwerke und sammelte auf langen Reisen zahlreiche Kenntnisse; wurde bekannt durch seine Veröffentlichung »Della pirotechnica libri X«, ein Kompendium der metallurgisch-technologischen Kenntnisse und der »Feuerwerkerei«. Er beschrieb u. a. zum ersten Male die wichtigsten chemisch-technologischen Prozesse

der Metallgewinnung, zahlreiche Maschinen – Bohrwerke, Geschützbohrer, Drahtziehmaschinen, Gebläseeinrichtungen –, chemisch-technologische Verfahren wie das Kalkbrennen, die Töpferei, das Destillieren und Sublimieren, die Anfertigung von Spiegeln.

Birkeland, Kristian Olaf Bernhard, 1867 bis 1917, norwegischer Physiker und Hochschullehrer, befaßte sich vor allem mit Untersuchungen des magnetischen Erdfeldes, des Nordlichts und mit Arbeiten auf dem Gebiet der kosmischen Physik. Er entwickelte ein Verfahren, den atmosphärischen Stickstoff im elektrischen Lichtbogen an Luftsauerstoff zu binden (Luftverbrennungsverfahren nach Birkeland-Eyde, 1903). Das Verfahren ermöglichte die erste Salpetersäuresynthese.

Black, Joseph, 1728 bis 1799, schottischer Chemiker und Physiker. B. wurde 1756 Professor der Medizin und Chemie in Glasgow, 1766 Professor der Chemie in Edinburgh. Er entdeckte das Kohlendioxid sowie seine Wirkungen und formulierte die Begriffe der spezifischen und der latenten Wärme. Nach seinem Tode erschienen (1803) B.s berühmte Vorlesungen über die »Elemente der Chemie«.

Blackett, Patrick Maynard Stuart, 1897 bis 1974, englischer Physiker, Schüler *E. Rutherfords* ↑, tätig als Hochschullehrer in London und Manchester. Er koppelte die Nebelkammer mit Zählrohren, die die Nebelkammer auslösten, und verbesserte damit die Teilchenregistrierung. Bei seinen Untersuchungen der kosmischen Strahlung zeigte er die Bildung eines Elektron-Positron-Paares aus einem Gammaquant. 1948 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Blanchard, François, 1738 bis 1809, französischer Mechaniker, befaßte sich schon während seiner Jugend mit technischen Problemen, u. a. mit der Konstruktion mechanischer Fahrzeuge; wandte sich nach den Versuchen der Gebrüder *Montgolfier* ↑ der Luftfahrt zu. Nach zahlreichen Ballonfahrten überflog er als erster mit einem Begleiter die Straße von Calais; 1798 vollführte er einen Ballonflug mit 16 Passagieren. Nach B.s Tod setzte seine Frau die Versuche fort. 1819 kam sie bei einer Explosion ihres Ballons ums Leben.

Bleichert, Adolf, 1845 bis 1901, deutscher Techniker, war nach der Ausbildung zum Ingenieur in mehreren Maschinenfabriken tätig, interessierte sich bes. für Fördereinrichtungen. Er entwickelte Hänge- und Seilbahnen, die er zunächst mit einem Teilhaber, ab 1874 im eigenen Betrieb produzierte.

Blériot, Louis, 1872 bis 1936, französischer Ingenieur und Erfinder, beschäftigte sich zunächst mit der Konstruktion von elektrischem Autozubehör, gründete später eine Fertigungsstätte für Flugzeuge, in der er Doppel- und Eindecker produzierte. Nach mehreren Versuchsflügen gelang ihm mit einem Eindecker die erste Überquerung des Kanals (15. 7. 09).

Blochmann, Rudolf Sigismund, 1784 bis 1871, deutscher Techniker, lernte als Mechaniker, erwarb umfangreiche naturwissenschaftliche Kenntnisse. 1806 trat er in *G. F. v. Reichenbachs* ↑ feinmechanisches Institut in München ein; 1809 übernahm er die Leitung der feinmechanischen Werkstatt des J. Fraunhoferschen ↑ optischen Instituts.

1818 wurde er Inspektor des Mathematisch-Physikalischen Salons und der Kunstkammer in Dresden. Während dieser Zeit stellte B. zahlreiche feinmechanische Geräte her und verbesserte sie. In einer Denkschrift schlug er die Gründung einer polytechnischen Lehranstalt vor. Sie wurde 1828 ins Leben gerufen (aus ihr ging die TU Dresden hervor); B. übernahm den praktisch-mechanischen Teil der Ausbildung.

B. förderte bes. die Gasbeleuchtung ↑ in Deutschland. 1828 richtete er in Dresden eine öffentliche Gasanstalt ein. Anlagen in anderen Städten und auch Ländern wurden nach seinen Plänen errichtet. Eine Wasserleitung für Dresden, die statt hölzerner oder eiserner Röhren durchbohrte Steine verwendete, war die letzte große Leistung B.s. 1846 gründete er zusammen mit seinem Sohn *Georg* eine Maschinenfabrik.

Bodmer, Johann Georg, 1786 bis 1864, Schweizer Ingenieur, gründete nach seiner Lehre als Maschinenschlosser eine mechanische Werkstatt für die Reparatur von Wasserrädern und Transmissionen. Als Leiter einer Baumwollspinnerei führte er zahlreiche Verbesserungen an Textilmaschinen durch. Er war in der Rüstungsindustrie tätig und erhielt Patente für die Verbesserung der Dampfmaschine. Seine Erfindungen im Werkzeugmaschinenbau betreffen Hobel- und Drehmaschi-

nen, Gewindeschneider usw. B. trat für die Normung von Maschinenbauteilen ein und führte sie im eigenen Betrieb durch. In Wien (seit 1848) beschäftigte er sich vor allem mit der Verbesserung von Lokomotiven. Bis zu seinem Tode arbeitete er in einer Maschinenfabrik an weiteren Versuchen.

Bohnenberger, Johann Gottlob Friedrich, 1765 bis 1831, deutscher Geodät, Physiker und Astronom, studierte anfänglich Theologie, wechselte zur Naturwissenschaft über, arbeitete in Gotha (1793), später an der Sternwarte Tübingen (1796). Er war auf dem Gebiet der Geodäsie, der Elektrizitäts- und der Wärmelehre tätig und untersuchte den Einfluß der Erdrotation auf die Fallbewegung.

Bohr, Niels Henrik David, 1885 bis 1962, dänischer Physiker, erhielt als Student seine erste wissenschaftliche Auszeichnung für eine Arbeit über die Oberflächenspannung des Wassers, promovierte 1910 mit einer Dissertation über die Elektronentheorie der Metalle. Während einer Tätigkeit im Cavendish-Laboratorium und im Institut *E. Rutherfords* ↑ in Manchester kam B. in engste Berührung mit der im Mittelpunkt der physikalischen Forschung stehenden Atomphysik. 1913 unternahm B. den entscheidenden Schritt, das Rutherfordsche Atommodell ↑ mit der Quantenhypothese *M. Plancks* ↑ zu verknüpfen. Mit Hilfe seines Modells gelang es B., beobachtete Erscheinungen (z. B. Linienspektren des Wasserstoffs) und Gesetzmäßigkeiten des Periodensystems zu deuten. 1922 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Boltzmann, Ludwig Eduard, 1844 bis 1906, österreichischer Physiker, vor allem in Wien, Graz, München und Leipzig tätig, zuletzt als Nachfolger seines Lehrers *J. Stefan* ↑ in Wien. B. war Materialist und überzeugter Vertreter der Atomistik. Er wandte die statistische Mechanik auf die Physik, bes. auf die Thermodynamik an – dadurch erklärte er die Entropie als Funktion der Wahrscheinlichkeit – und arbeitete über Strahlungsvorgänge. Ein wichtiges Gesetz und eine physikalische Konstante tragen seinen Namen.

Bonelli, Gaetano, 1815 bis 1867, italienischer Techniker, versuchte schon frühzeitig (1853), Textilmaschinen mit Elektroantrieb zu versehen, erfand einen elektrischen Drucktelegrafen, der anfänglich drei, später nur eine Leitung (Erde als Rückleitung) benötigte, aber keine technische Bedeutung erlangte.

Bontsch-Brujewitsch, Michail Alexandrowitsch, 1888 bis 1940, sowjetischer Hochfrequenztechniker, Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, wiederholte als Schüler die Versuche von *A. S. Popow* ↑, diente in einer der ersten russischen Militärfunkabteilungen; entwarf zahlreiche Funkstationen und entwickelte zwischen 1919 und 1921 die ersten Senderöhren mit Wasserkühlung, deren Leistung er 1925 auf 100 kW steigerte. Er leitete das erste funktechnische Forschungsinstitut unter der Sowjetmacht und den Bau der ersten sowjetischen Rundfunksender.

B.-B. förderte die Einführung des Kurzwellenverkehrs und richtete Kurzwellenlinien (z. B. Moskau-Taschkent) ein, arbeitete über Kurzwellenantennen und Ausbreitungsfragen. 1929 übersiedelte er als Hochschullehrer nach Leningrad. In mehr als 80 Veröffentlichungen behandelte er u. a. auch Fragen der Höchstfrequenztechnik, der Hohlleiter und des Mehrkammermagnetrons.

Boole, Georg, 1815 bis 1869, englischer Mathematiker, eigentlicher Begründer der mathematischen Logik. Sein 1854 geschaffenes Hauptwerk »An investigation of the laws of thoughts« enthält bereits alle Grundlagen der B.schen Algebra (Schaltalgebra).

Borda, Jean Charles de, 1733 bis 1799, französischer Pionieroffizier und Mathematiker. B. wurde bekannt durch genaue Gradmessungen und durch eigens für diesen Zweck entworfene Meßinstrumente. Er schlug die Bezeichnung »Meter« vor. Auch gab er ein Wasserrad mit senkrechter Welle und gewölbten Schaufeln an (1765), einen Vorläufer der Wasserturbinen ↑.

Borelli, Giovanni Alfonso, 1608 bis 1679, italienischer Physiker und Astronom, seit 1664 Professor der Mathematik in Messina und Pisa, lebte später in Rom. B. gilt als bedeutendster Vertreter der iatrophysikalischen Forschung des 17. Jahrhunderts, der Vorstufe der Biophysik.

Er erfand den Heliostaten und berechnete die Schallgeschwindigkeit aus dem Zeitunterschied zwischen Mündungsblitz und Knall von Geschützen. Er beschäftigte sich mit Kapillarität und Oberflächenspannung, den Be-

wegungen und Kräften zwischen den Himmelskörpern und mit Versuchen, ein Tauchboot zu konstruieren.

Born, Max, 1882 bis 1970, deutscher Physiker, interessierte sich während des Studiums zunächst für astronomische, dann zunehmend für physikalische Fragen, promovierte 1907 mit einer Arbeit aus dem Gebiet der Elastizitätstheorie. 1909 habilitierte er sich auf dem Gebiet der theoretischen Physik, war als Hochschullehrer in Berlin, Frankfurt (M.) und Göttingen tätig. 1933 wurde er von den Faschisten seines Amtes enthoben und emigrierte nach England. 1954 übersiedelte er in die BRD.

B. arbeitete vor allem über die Theorie des Kristallaufbaus und über Relativitätstheorie, förderte die Anwendung der Matrizenrechnung auf die theoretische Physik, bes. auf die Quantenmechanik. Für seine Arbeiten wurde ihm 1954, zusammen mit *W. Bothe* ↑, der Nobelpreis für Physik zuerkannt.

B. zählte zu den aktiven Gegnern des Mißbrauchs der Atomenergie. Er unterzeichnete den Appell der 18 Göttinger Wissenschaftler und trat in der Folgezeit wiederholt den Plänen für eine atomare Rüstung der BRD entgegen.

Borsig, August, 1804 bis 1854, deutscher Techniker. Er erlernte zunächst das Zimmererhandwerk, besuchte anschließend das Berliner Gewerbeinstitut und studierte Maschinenbau. Als Angestellter einer Eisengießerei und Maschinenfabrik erwarb er umfangreiche maschinenbautechnische Kenntnisse. Er nutzte sie in der 1837 gegründeten Fabrik, die sich in kurzer Zeit zu einem der führenden kapitalistischen Maschinenbauunternehmen entwikkelte. Die Borsigwerke produzierten vorwiegend Lokomotiven und Bahnausrüstungen, aber auch Schiffsmaschinen und andere Erzeugnisse des Schwermaschinenbaus.

Bosch, Carl, 1874 bis 1940, deutscher Chemiker, studierte Hüttenkunde und Chemie, erwarb daneben Kenntnisse in der Modelltischlerei und Schlosserei. 1899 trat B. in die Badische Anilin- und Sodafabrik ein und war um die Entwicklung chemischer Großsynthesen bemüht. Er hatte wesentlichen Anteil an der Ausarbeitung der Ammoniaksynthese (mit *F. Haber* ↑) und der Hochdruck-Kohlenhydrierung (mit *F. Bergius* ↑). 1931 erhielt er zusammen mit *Bergius* den Nobelpreis für Chemie.

Bosch, Robert, 1861 bis 1942, deutscher Techniker, erlernte den Beruf eines Feinmechanikers, gründete 1886 einen eigenen Betrieb für mechanische und elektrische Apparate. Die Entwicklung des Kraftverkehrs und das nur unbefriedigend gelöste Problem der Zündung veranlaßten B., sich dieser Frage zuzuwenden. Nach Arbeiten an der »Abreißzündung« entwickelte er 1901 mit *G. Honold* die Hochspannungszündung, die sich allgemein durchsetzte. Nach 1914 nahm er die Produktion von Anlassern, Lichtmaschinen und Signalanlagen auf. Nach 1920 entwickelte er die Einspritzpumpe für Dieselmotoren

Bose, Georg Matthias, 1710 bis 1761, deutscher Physiker, Professor in Wittenberg, verbesserte die Elektrisiermaschine, indem er sie mit einem isolierten Konduktor ausrüstete, führte zahlreiche und für die damalige Zeit überraschende Experimente aus dem Gebiet der Elektrizitätslehre vor.

Bossut, Charles, 1730 bis 1814, französischer Mathematiker, lehrte u. a. an der Pariser École Polytechnique, stellte große Teile der Mathematik allgemeinverständlich dar. In der Hydrodynamik untersuchte er die Druckverhältnisse an Wasserrädern, ihre Leistung und den Strömungswiderstand in den Zuleitungen.

Bothe, Walter, 1891 bis 1957, deutscher Physiker, Hochschullehrer in Gießen und Heidelberg, später am Max-Planck-Institut tätig. Er untersuchte die Höhenstrahlung, entdeckte die Kerngammastrahlung und befaßte sich später mit der experimentellen Erforschung der Neutronenstrahlung. 1954 erhielt er mit *M. Born* ↑ den Nobelpreis für Physik.

Böttger, Johann Friedrich, 1682 bis 1719, deutscher Apotheker und Alchimist, lernte in Berlin als Apotheker, floh 1701 an den sächsischen Hof, wo er sich unter strengster Aufsicht mit der Goldmacherei beschäftigte. Die Versuche scheiterten naturgemäß, doch es gelang B., beraten und gefördert von *E. W. Tschirnhaus* ↑, braunrotes Steinzeug und (1709) weißes Hartporzellan herzustellen, das erste weiße Porzellan ↑ in Europa.

1710 wurde auf der Albrechtsburg bei Meißen die Meißner Porzellanmanufaktur gegründet, deren Leitung B. übernahm. 1712 wurde das B.sche Porzellan erstmals auf der Leipzi-

ger Messe gezeigt. Beim Versuch, das Herstellungsrezept heimlich an die preußische Regierung zu verkaufen, wurde B. ertappt und inhaftiert.

Böttger, Rudolf Christian, 1806 bis 1881, deutscher Chemiker, wandte sich nach dem Theologiestudium den Naturwissenschaften zu, betätigte sich als Dozent beim »Physikalischen Verein« in Frankfurt (M.). Er gab ein Verfahren zur Enthaarung von Tierhäuten an, beschäftigte sich mit der Galvanoplastik und fand unabhängig von *Ch. F. Schönbein* ↑ die Schießbaumwolle und das Collodium. Seine bedeutendste Erfindung sind die Sicherheitszündhölzer.

Boulton, Matthew, 1728 bis 1809, englischer Maschinenbauer, übernahm die Metallwarenfabrik seines Vaters und baute sie zu einer der damals berühmtesten Maschinenfabriken aus. Das gelang ihm vor allem durch die enge Zusammenarbeit mit *J. Watt* ↑ (ab 1769), in deren Verlauf in der Maschinenfabrik Boulton & Watt die ersten und anschließend zahlreiche weitere Wattsche Dampfmaschinen ↑ entstanden. Daneben produzierte B. die verschiedenartigsten Maschinen. Auch konstruierte er eine Presse, die die Arbeitsproduktivität beim Münzenprägen vervielfachte.

Bourdon, Eugène, 1808 bis 1884, französischer Ingenieur, gründete 1835 eine Maschinenfabrik und trat mit mehreren Erfindungen hervor. Nach ihm ist das Bourdon-Rohr benannt, das seitdem in zahlreichen Manometern ↑ verwendet wird. Daneben konstruierte B. Aneroidbarometer, pneumatische Uhren, Luftpumpen und Kondensatoren für Dampfmaschinen.

Bourseuil, Charles, 1829 bis 1912, französischer Telegrafentechniker, berichtete 1854 über Möglichkeiten und Versuche zur Telefonie (seit 1849). B.s »Geber« ähnelte den späteren Mikrofonen; doch gelang es ihm nicht, einen für Sprachübertragungen brauchbaren Empfänger zu konstruieren.

Boyle, Robert, 1627 bis 1691, englischer Naturforscher, studierte in Oxford und Genf, unternahm längere Auslandsreisen, lebte nach seiner Rückkehr als Privatgelehrter und war Mitglied der Royal Society.

B. ist als Physiker wie als Chemiker gleich bedeutend. Er fand Kältemischungen, die Siedepunktsverminderung bei niedrigerem Druck und (um 1662) den später Boyle-Mariottesches Gesetz benannten Zusammenhang zwischen Druck und Volumen eines Gases bei konstanter Temperatur. Auch konstruierte er eine Luftpumpe nach *O. v. Guerickes* ↑ Vorbild und verbesserte das Barometer.

B. gilt als einer der Begründer der wissenschaftlichen Chemie. An die Stelle alchimistischer Spekulationen setzte er das wissenschaftliche Experiment. Er definierte den Begriff des chemischen Elements (1661), unterschied zwischen Gemengen und Verbindungen und entdeckte u. a. die Gewichtszunahme oxydierender Metalle.

Bragg, Sir William Henry, 1862 bis 1942, englischer Physiker, Professor für Physik und Mathematik an der Universität Adelaide in Australien. Nach den grundlegenden Untersuchungen *M. v. Laues* ↑ über die Beugung von Röntgenstrahlen an Kristallgittern begründete er die Kristallstrukturanalyse mit Röntgenstrahlen. Zusammen mit seinem Sohn *W. L. Bragg* ↑ erhielt er 1915 den Nobelpreis für Physik.

Bragg, William Lawrence, 1890 bis 1971, englischer Physiker, arbeitete mit seinem Vater *W. H. Bragg* ↑ zusammen. Mit Hilfe von Röntgenstrahlen bestimmte er u. a. die Gitterkonstanten von Kristallen und untersuchte Molekularstrukturen; er ist einer der Pioniere der Röntgenspektroskopie. Gemeinsam mit seinem Vater erhielt er 1915 den Nobelpreis für Physik.

Braille, Louis, 1809 bis 1852, französischer Lehrer. B., selbst blind, war seit 1828 an der Pariser Blindenanstalt tätig. 1829 legte er seine Blindenschrift ↑ vor, ein seitdem allgemein eingeführtes System, das die Schriftzeichen durch erhaben geprägte, abfühlbare Punkte ersetzt.

Bramah, Joseph, 1749 bis 1814, englischer Techniker, erlernte das Tischlerhandwerk, wandte sich aber bald einer Tätigkeit als Mechaniker zu. Bekannt wurde er durch das 1784 erfundene Sicherheitsschloß, dessen Fertigung in großen Stückzahlen er durch Aufteilung der Arbeitsschritte ermöglichte. 1795 erfand er die hydraulische Presse (1796 patentiert). B. arbeitete an der Verbesserung von Dampfmaschinen und -kesseln, konstruierte Werkzeugmaschinen sowie Maschinen für spezielle Fertigungsaufgaben, z. B. zur Herstellung von

Schreibfedern. Auch ein Druckverfahren zum fortlaufenden Numerieren von Banknoten stammt von ihm.

Branca, Giovanni, 1571 bis 1640, italienischer Wissenschaftler und Architekt, schlug eine Art Dampfturbine ↑ vor (1629), bei der ein Dampfstrahl ein Schaufelrad treiben sollte, das mit einem Pochwerk gekuppelt war. Er verfaßte eine Enzyklopädie der damals bekannten Maschinen.

Branly, Edouard, 1846 bis 1940, französischer Arzt und Physiker, arbeitete über Wärmestrahlung und elektrische Leitfähigkeit. B. führte 1899 den Kohärer ↑ in die Funktechnik ein.

Brattain, Walter Houser, 1902 bis 1987, nordamerikanischer Physiker, seit 1929 in Laboratorien der Bell-Telefon-Gesellschaft tätig, wo er zusammen mit *J. Bardeen* ↑ und *W. Shockley* ↑ den Transistor ↑ entwickelte. Für seine Arbeiten auf dem Gebiet der Halbleiterphysik erhielt er 1956 mit *Bardeen* und *Shockley* den Nobelpreis.

Braun, Karl Ferdinand, 1850 bis 1918, deutscher Physiker und Hochfrequenztechniker. Nach dem Physikstudium zunächst in Würzburg, dann als Hochschullehrer in Strasbourg tätig.

Mit der Einführung des geschlossenen Schwingungskreises ↑ (1898) wandte B. das Resonanzprinzip konsequent in der Funktechnik an. Sein Kristalldetektor (Detektor ↑) war ein entscheidender Fortschritt der drahtlosen Empfangstechnik. Die B.sche Senderschaltung erlaubte es, den Wirkungsgrad der Funkstationen wesentlich zu verbessern. B. experimentierte mit Richtantennen und zeigte die Richtwirkung der Rahmenantenne.

Die B.sche Röhre (Elektronenstrahlröhre ↑) zur Sichtbarmachung schnell ablaufender Schwingungsvorgänge erwies sich für die Meßtechnik, das Fernsehen und viele Zweige der modernen Elektronik als unentbehrlich.

Das B.sche Elektrometer stellt ein auch heute benutztes Instrument zur Messung hoher Spannungen dar.

B. erhielt 1909, zusammen mit *G. Marconi* ↑, den Nobelpreis für Physik. Er starb in den USA, wo er während des Krieges interniert war.

Bredow, Hans, 1879 bis 1959, deutscher Ingenieur und Hochfrequenztechniker, zunächst als Elektroingenieur tätig, trat 1903 als Projektierungsingenieur in die Telefunken-Gesellschaft ein. B. befaßte sich vor allem mit der Einführung und Entwicklung der Funktelegrafie, organisierte 1913 den Transatlantikfunkverkehr zwischen Deutschland und den USA und förderte den Ausbau der Großfunkstation Nauen.

1913 führte er in den USA erste drahtlose Musikübertragungen vor. Während des 1. Weltkrieges war er an den Röhrensenderversuchen *A. Meißners* ↑ beteiligt. 1919 trat er in das Reichspostministerium ein, wo ihm das Funkwesen unterstand. Während eines Vortrages im November 1919 sprach B. erstmals in Deutschland über die Möglichkeiten eines Rundfunks ↑ vor der Öffentlichkeit. Er prägte auch die Bezeichnung Rundfunk. Er förderte ihn von da an zielstrebig, wenn auch völlig im Sinne der herrschenden Klasse. Anfang 1933 trat B. aus Protest gegen die faschistische Machtübernahme von seinem Posten zurück. Er wurde verhaftet, in ein Konzentrationslager eingewiesen und später zu einer Gefängnisstrafe verurteilt.

Brendel, Christian Friedrich, 1776 bis 1861, deutscher Ingenieur, studierte als Bergmannssohn und verdiente dabei seinen Lebensunterhalt als Bergmann. Mehrjähriger Steigertätigkeit folgte ein zweijähriger Studienaufenthalt in England, Frankreich und Belgien. 1811 wurde B. »Kunstmeister« auf der Saline Dürrenberg, 1814 Leiter des Bergmaschinenwesens in Freiberg, 1817 Direktor des gesamten sächsischen Maschinenwesens. B. verbesserte vor allem die Konstruktion der Dampfmaschine.

Bréguet, Abraham Louis, 1746 bis 1823, französischer Uhrmacher und Feinmechaniker. Nach seiner Lehre studierte B. Mathematik. In eigener Werkstatt konstruierte und erfand B. mehrere physikalische Instrumente, z. B. Stoppuhren und Chronometer hoher Ganggenauigkeit. Er führte den von *C. Chappe* ↑ erdachten optischen Telegrafen ↑ aus (1793) und benutzte die Durchbiegung von Bimetallstreifen für Temperaturmessungen (1817).

Bréguet, Louis, 1880 bis 1955, französischer Luftfahrttechniker, experimentierte nach der Jahrhundertwende mit Drehflügelflugzeugen, wandte sich aber später der Konstruktion von Propellerflugzeugen zu. Er gründete 1911 zu-

sammen mit seinem Bruder eine Flugzeugfabrik, die vor allem Militärflugzeuge baute.

Bréguet, Louis François, 1808 bis 1883, französischer Uhrmacher und Feinmechaniker, Enkel von *A. L. Bréguet*↑. B. beteiligte sich an Messungen der Licht- und Schallgeschwindigkeit, konstruierte Geräte zur Bestimmung von Geschoßgeschwindigkeiten und arbeitete an Zeiger- und Nadeltelegrafen, die er nach 1846 erprobte und die teilweise bei der französischen Eisenbahn verwendet wurden.

Brewster, Sir David, 1781 bis 1868, englischer Physiker, wandte sich bes. optischen Erscheinungen zu, der Untersuchung des Spektrums, dem Strahlengang in durchsichtigen Körpern, der Polarisation und der Doppelbrechung. Er entdeckte das nach ihm benannte Gesetz über die Polarisation einer Lichtwelle bei Spiegelung, erfand ein Polarimeter (1834) und ein Stereoskop (1844).

Brindley, James, 1716 bis 1772, englischer Mechaniker und Maschinenbauer. Nach seiner Lehrzeit ließ er sich 1742 als selbständiger Mühlenbauer nieder. Er ersann Verbesserungen der Newcomenschen Dampfmaschine ↑, die sich jedoch nicht durchsetzten. Mehr Erfolg hatte er mit einer selbsttätig arbeitenden Einspeisevorrichtung für Dampfkessel. B. projektierte und leitete mehrere Kanalbauvorhaben, deren bekanntestes der Bridgewaterkanal von Vorsley nach Manchester war.

Brinell, Johann August, 1848 bis 1925, schwedischer Ingenieur, erdachte die »Kugeldruckprobe« zur Feststellung der Härte von Werkstoffen. 1900 stellte er sie auf der Pariser Weltausstellung der Öffentlichkeit vor.

Broglie, Louis Victor de, geb. 1892, französischer Physiker. B. studierte zunächst Geschichte und Philosophie, wandte sich aber schon bald der Mathematik und der theoretischen Physik zu. Er arbeitete über Röntgenstrahlung und Quantenphysik. 1924 führte er den Begriff der Materiewellen ein, der von ihm und anderen, hauptsächlich von *E. Schrödinger* ↑, zur Wellenmechanik erweitert und ausgebaut wurde. 1929 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Bronk, Otto v., 1872 bis 1951, deutscher Ingenieur und Hochfrequenztechniker, arbeitete in England und Deutschland, seit 1911 bei der Telefunken-Gesellschaft, deren Patentabteilung er später übernahm. Seine wichtigste Erfindung ist der (1911 patentierte) Hochfrequenzverstärker. Auch ein Patent auf einen Farbfernseher wurde B. erteilt.

Brown, Charles, 1827 bis 1905, englischer Maschinenbauer, lernte in der Maschinenfabrik von *H. Maudslay*↑ und gründete noch vor Ablauf seiner Lehre eine eigene Werkstatt, die ihm jedoch wenig Erfolg brachte; trat 1851 in eine Schweizer Maschinenfabrik ein. Sein Hauptarbeitsgebiet war die Entwicklung leistungsstarker und wirtschaftlicher Dampfmaschinen ↑. 1871 gründete B. die Schweizerische Lokomotivenfabrik, die auch Gebläseeinrichtungen, Pumpen und ortsfeste Dampfmaschinen produzierte. B. beschäftigte sich außerdem mit der Übertragung und Nutzung elektrischer Energie, wobei ihn bes. Elektrolokomotiven interessierten. Sein Sohn *Charles Eugène Lancelot B.* ↑ setzte seine Arbeiten fort.

Brown, Charles Eugène Lancelot, 1863 bis 1924, Schweizer Ingenieur, Sohn von *Charles B.* ↑, übernahm die Leitung der elektrischen Abteilung der Maschinenfabrik Oerlikon, untersuchte Gleichstrommaschinen und die Übertragung von Gleichstrom, widmete sich schon frühzeitig (1889) der Wechselstromtechnik, an deren Einführung er u. a. mit *M. O. Dolivo-Dobrowolsky*↑ arbeitete. Zusammen mit *W. Boveri* gründete er die Firma Brown Boveri & Cie, die eine führende Stelle im Elektromaschinen- und auch in Dampfturbinenbau einnahm.

Bruch, Walter, geb. 1908, deutscher Fernsehtechniker, er arbeitete nach seinem Studium ab 1935 in der physikalischen Forschung und war maßgeblich an der Entwicklung der ersten deutschen Fernsehempfänger, elektronischen Aufnahmekameras und Fernsehstudios beteiligt. Von 1946 bis 1950 unterhielt er ein eigenes Entwicklungslaboratorium für Elektrophysik und wandte sich dann der Weiterentwicklung des Fernsehens, bes. des Farbfernsehens, zu. Das in der BRD und anderen westeuropäischen Staaten eingeführte PAL-System geht im wesentlichen auf ihn zurück.

Brunel, Isambard Kingdom, 1806 bis 1859, Ingenieur, Sohn von *Marc Isambard B*↑, war nach Ausbildung in Frankreich bei seinem Vater am Bau des Themsetunnels tätig, konstruierte eiserne Brücken und beteiligte sich an der Projektierung und Ausführung zahlreicher

englischer Bahnlinien. Er experimentierte u. a. mit Breitspurbahnen und Druckluftlokomotiven. Auch am Bau der damals größten Schiffe, der »Great Western«, der »Great Britain« und der »Great Eastern«, hatte er Anteil.

Brunel, Marc Isambard, 1769 bis 1849, französischer Ingenieur und Architekt. B. lebte ab 1793 in den USA, baute u. a. eine Geschützgießerei auf, die er mit Vorrichtungen und Maschinen teilweise eigener Konstruktion ausstattete, kehrte 1799 nach England zurück, unterbreitete der britischen Admiralität einen Vorschlag zur Serienfertigung von Flaschenzugblöcken, die in großer Stückzahl benötigt wurden, und richtete eine Fertigungsstätte dafür ein, in der die Arbeitsproduktivität gegenüber den früher üblichen Verfahren auf mehr als das Zehnfache gesteigert werden konnte. B. erfand eine Strickmaschine und interessierte sich für Dampfschiffprojekte. Nach seinen Vorschlägen und unter seiner Leitung wurde mit der Untertunnelung der Themse begonnen (1825). Sie konnte 18 Jahre später erfolgreich abgeschlossen werden.

Bunsen, Robert Wilhelm, 1811 bis 1899, deutscher Chemiker und Physiker, studierte in Göttingen, Paris, Berlin und Wien, habilitierte sich 1833 in Göttingen, wurde 1836 als Professor nach Kassel berufen und lehrte später in Marburg, Breslau und Heidelberg. Wie selten ein anderer verknüpfte B. chemische und physikalische Methoden und Erkenntnisse; er kann als Begründer der physikalischen Chemie in Deutschland gelten. Die Untersuchung der Hochofengase führte ihn zur Entwicklung gasanalytischer Methoden. Er beschäftigte sich mit Fotochemie, mit der Gasdiffusion und -absorption, experimentierte mit der elektrochemischen Gewinnung der Erdalkalimetalle, erfand ein Eiskalorimeter, ein Dampfkalorimeter, die Wasserstrahlluftpumpe, ein nach ihm benanntes galvanisches Element und den B.-brenner ↑. Zusammen mit *G. R. Kirchhoff* ↑ arbeitete er 1859/60 die Spektralanalyse aus und entdeckte mit *Kirchhoff* die Elemente Cäsium (1860) und Rubidium (1861).

Burdin, Claude, 1790 bis 1873, französischer Ingenieur. B.s Hauptarbeitsgebiet waren Wasserkraftmaschinen. 1824 legte er der französischen Akademie der Wissenschaften seine Arbeit »Wasserräder, bei denen das Wasser durch seine Reaktion gegen Schaufeln oder bewegliche Kanäle wirkt« vor. B. führte eine solche Maschine, die er Turbine nannte, aus. Er versuchte auch, eine Lokomotive zu konstruieren, die sich auf Raupenketten vorwärtsbewegen sollte.

Busch, Hans, 1884 bis 1973, deutscher Physiker, Hochschullehrer in Jena und Darmstadt. Er erkannte, daß die Ablenkungsgesetze für Elektronen im elektrischen oder magnetischen Feld denen der Optik ähneln und schuf 1926 die erste Elektronenlinse. Die daraus hervorgegangene Elektronenoptik ermöglichte nicht nur die Elektronenmikroskopie, sondern erwies sich auch für die Fernseh- und Oszillographentechnik sowie für neueste technologische Verfahren als äußerst wichtig.

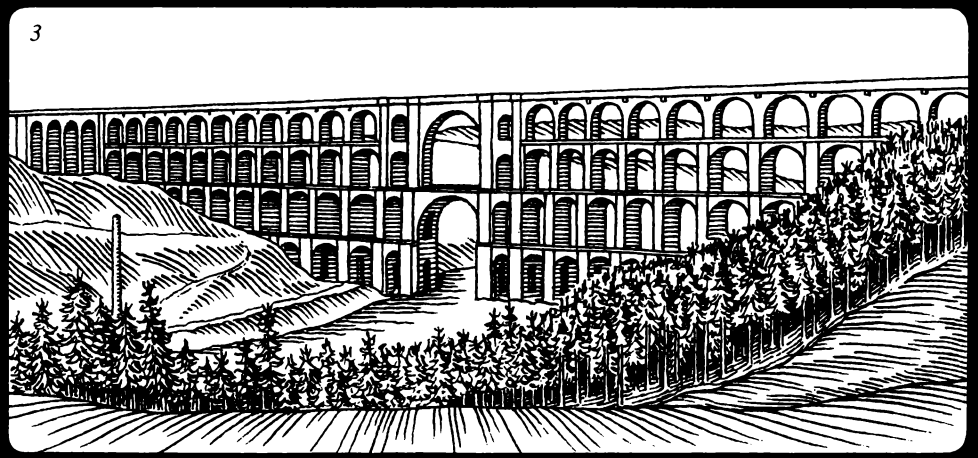
Busemann, Rolf, 1898 bis 1961, deutscher Ingenieur und Statiker, studierte an der TH Braunschweig und promovierte dort 1924. Als Ingenieur und Statiker wurde er maßgeblich von *M. Ritter* beeinflußt. Er bevorzugte graphische Berechnungsmethoden. Seine bedeutendsten Bauwerke: Teufelstalbrücke in der Nähe von Jena, Rohrbachtalbrücke bei Stuttgart, Kongreßhalle Westberlin, Lahntalbrücke bei Limburg. Nach 1945 befaßte er sich mit Problemen des Spannbetonbaus und entwickelte das Kriechfaserverfahren (1950) zur Berechnung von Kriecherscheinungen des Betons bei Verbundträgern.

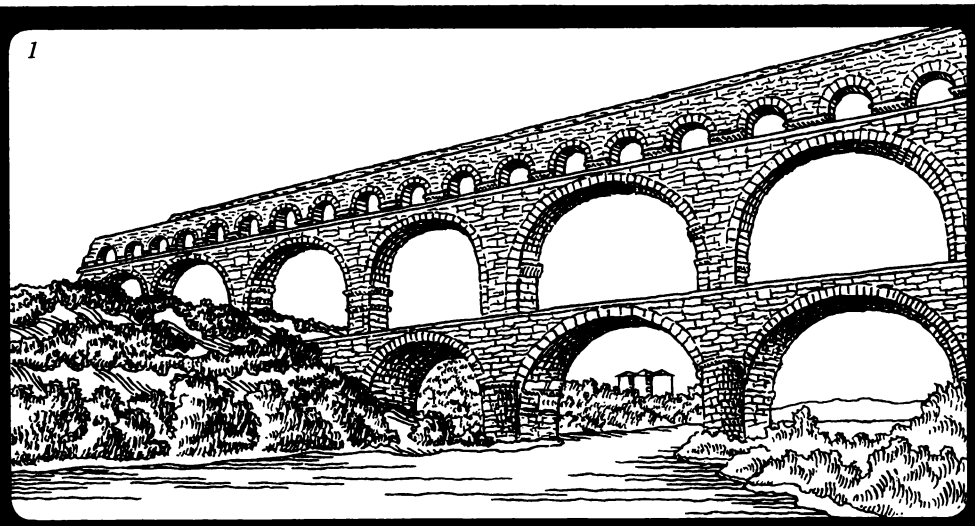
Bush, Vannevar, 1890 bis 1974, nordamerikanischer Techniker. Er war bes. auf dem Gebiet der Rechenmaschinen und Datenverarbeitungsanlagen tätig. Ab 1920 beschäftigte er sich mit Analogrechnern, konstruierte um 1930 einen programmgesteuerten Rechenautomaten mit elektromechanischen Bauelementen und war später maßgeblich an der Entwicklung elektronischer Rechenautomaten beteiligt.

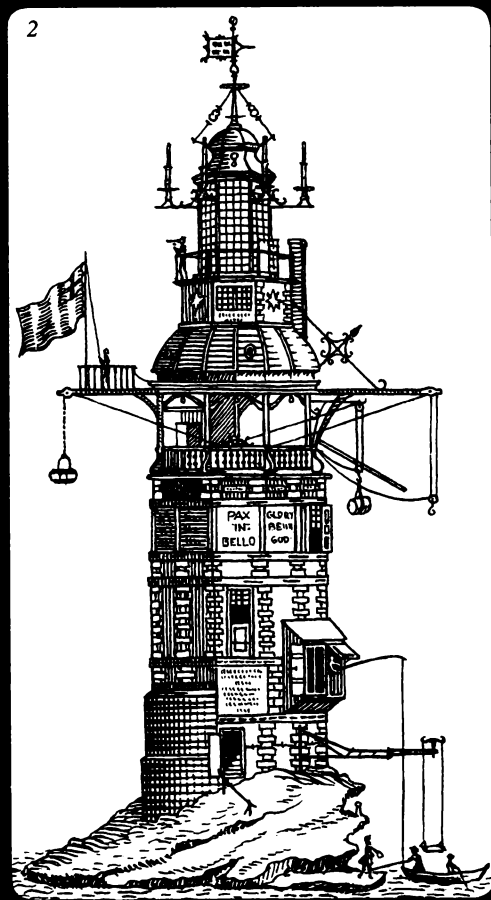
Bushnel, David, 1742 bis 1826, nordamerikanischer Techniker, konstruierte 1776 ein Unterseeboot. Zwei handgetriebene Schrauben dienten der Vorwärts- und Tiefenbewegung. Das Tauchen wurde durch einen Wassertank bewirkt. Mit Hilfe eines Manipulators konnte vom Bootsinneren aus eine Mine mit Uhrwerkzündung an feindlichen Schiffen befestigt werden.

Butlerow, Alexander Michailowitsch, 1828 bis 1886, russischer Chemiker und Hochschul-

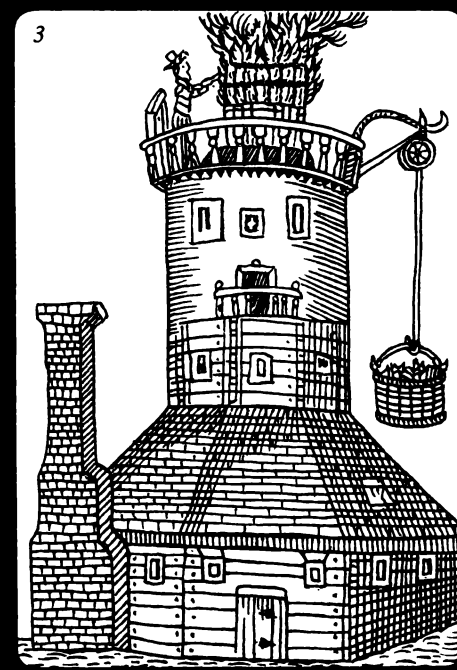
1 *Coalbrookdale-Brücke (um 1728)*
2 *Holzbrücke in der Sierra Nevada*
3 *Göltzschtalbrücke (1851)*



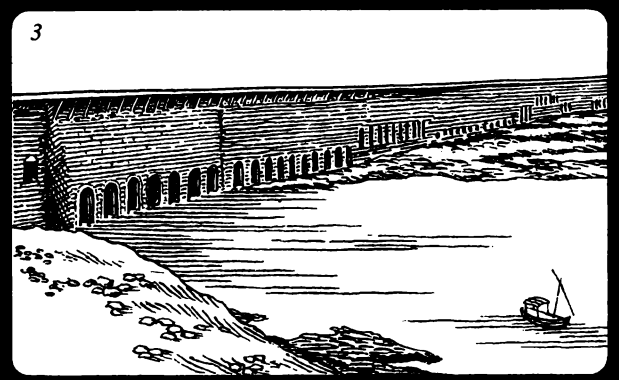


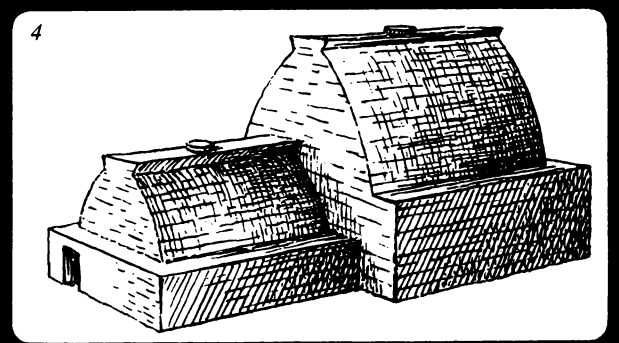


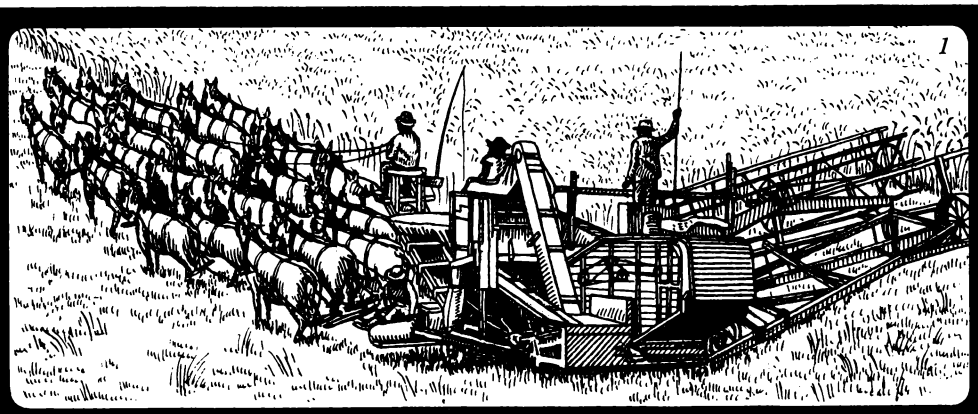
1 Römischer Aquädukt
2 Leuchtturm auf Eddystone (1698)
3 Mit Steinkohlen befeuerter Leuchtturm (1609)

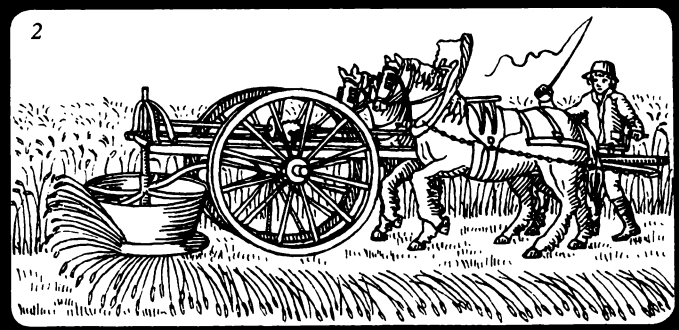


1 Pyramiden von Giseh
2 Aus der Anfangszeit der Wolkenkratzer (um 1897)
3 Nilstaudamm bei Assuan (1902)
4 Altassyrisches Kornhaus

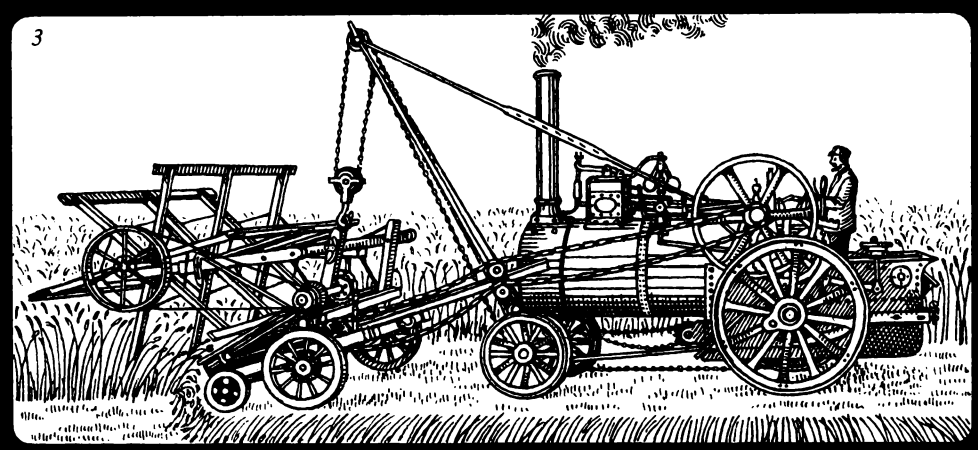


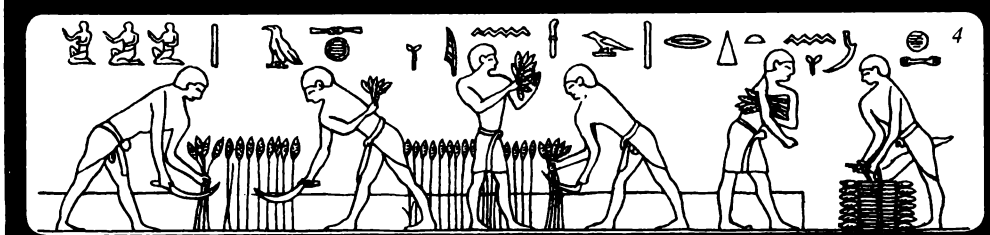


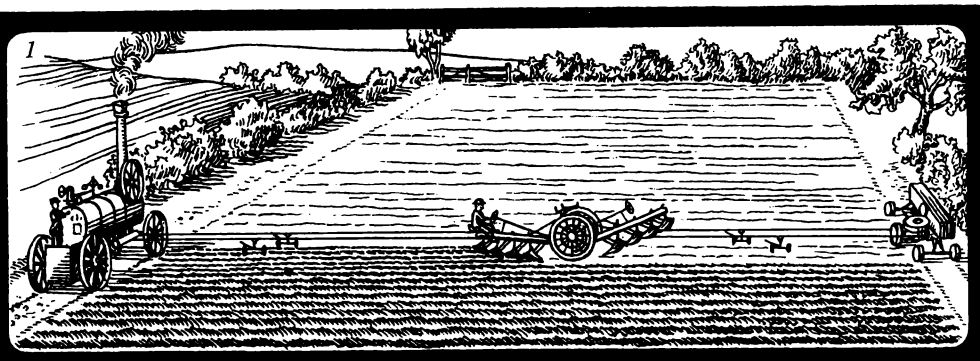




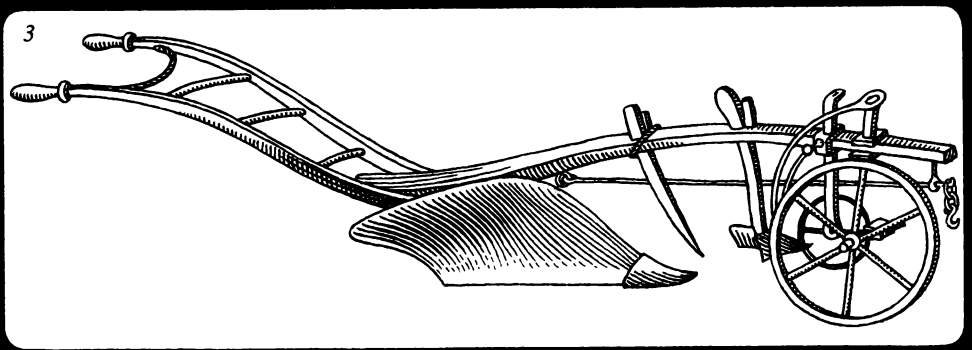
1 Kalifornischer Mähdrescher (um 1905)
2 Getreidemäher von Smith (um 1830)
3 Getreidemäher mit Schublokomobile (um 1875)
4 Mähen und Binden des Weizens im alten Ägypten

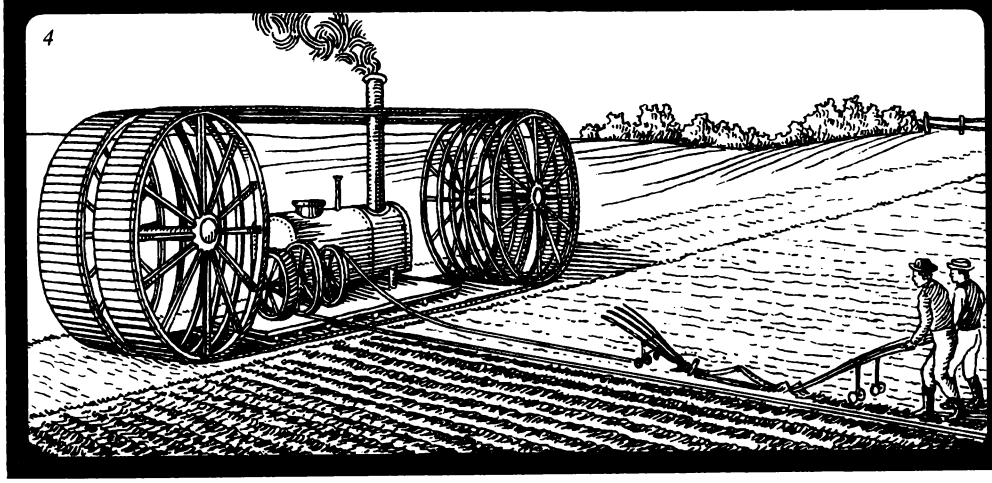


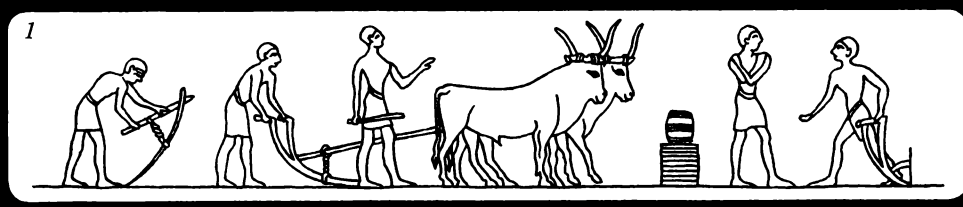


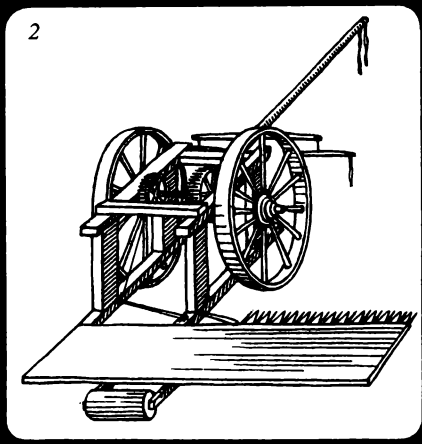


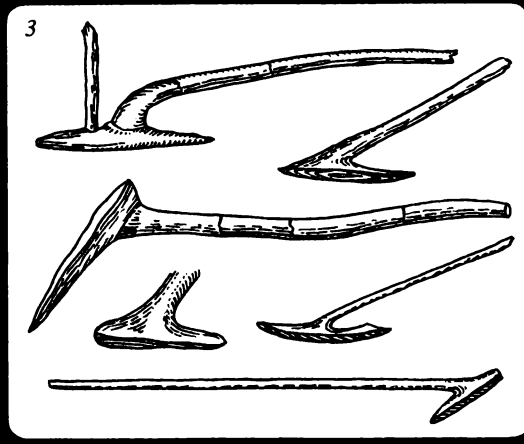
1 Fowlers Dampfpflug (um 1870)
2 Pflügen mit Menschenvorspann im alten Ägypten
3 Ruchladopflug (um 1850)
4 Raupen zur Verminderung des Bodendrucks beim Dampfpflügen (um 1840)

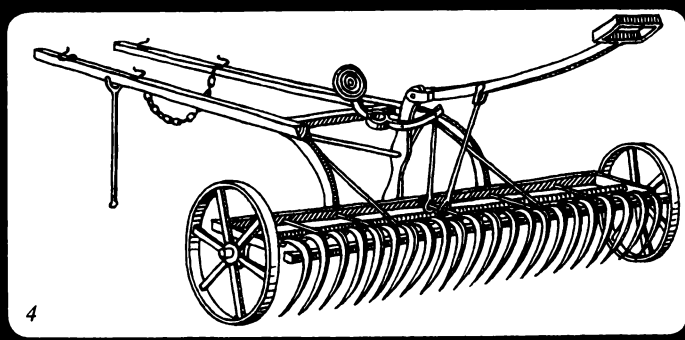




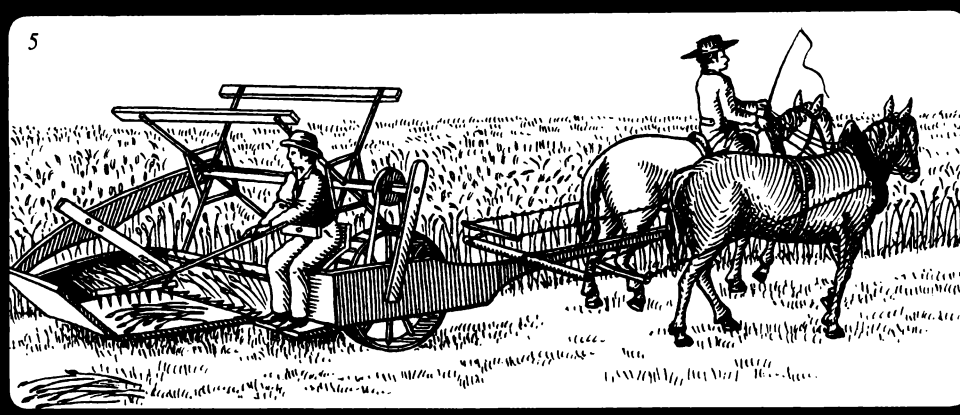


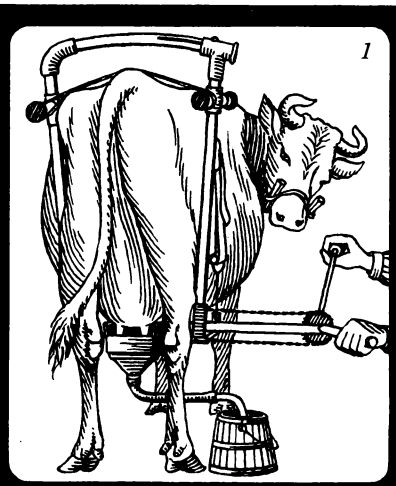


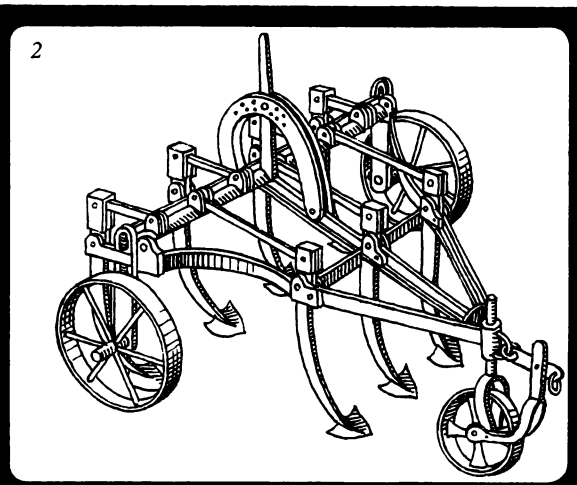


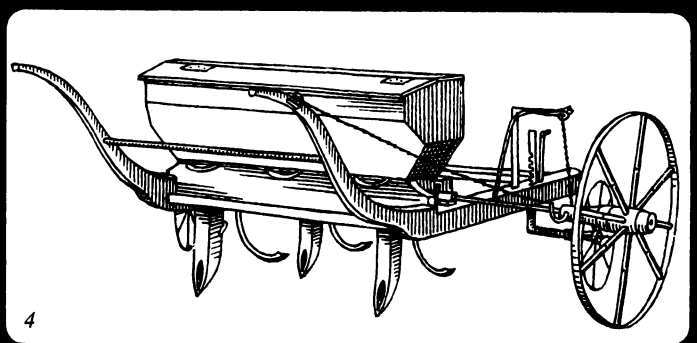


1 Altägyptischer Pflug
2 Getreidemäher von Hussey (um 1865)
3 Furchengeräte, Vorläufer der Pflüge
4 Hungerharke mit schwenkbaren Zinken (um 1850)
5 Die erste wirklich brauchbare Mähmaschine (McCormick, 1851)

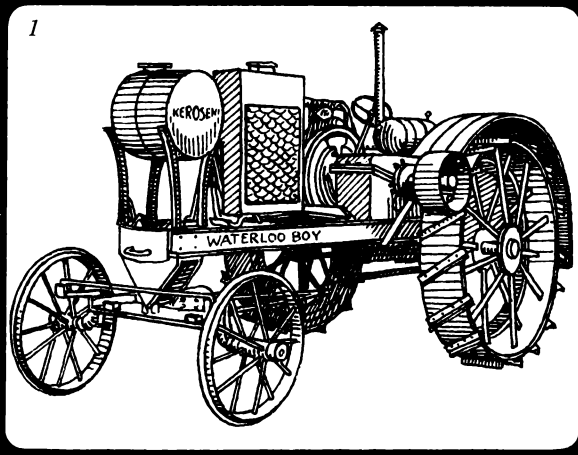


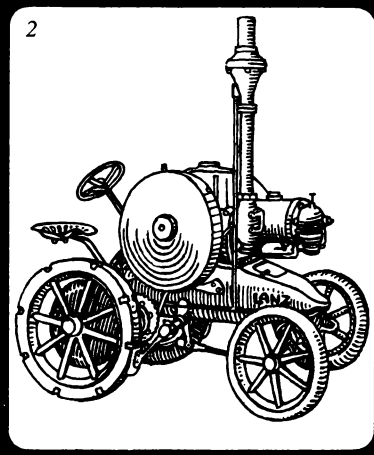




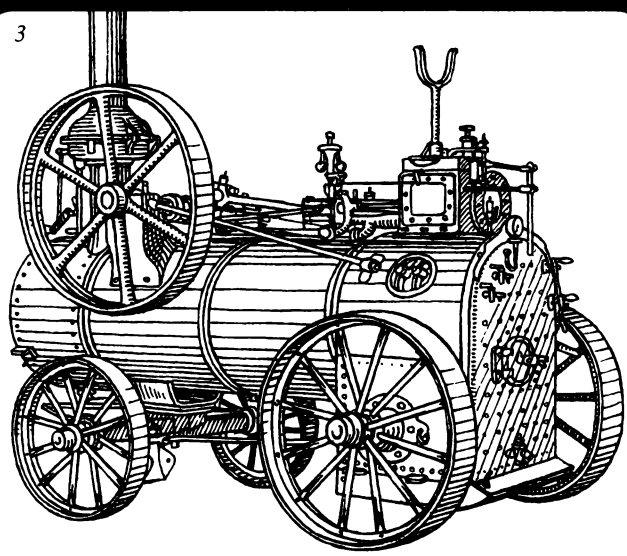


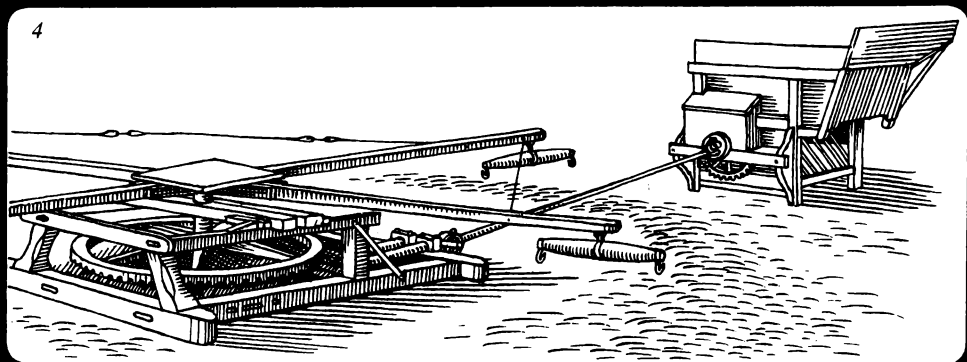
1 Eine der ersten Melkmaschinen (1892)
2 Verstellbarer Kultivator (um 1850)
3 Molkereibetrieb im 17. Jh.
4 Cookes Drillkarren (um 1850)

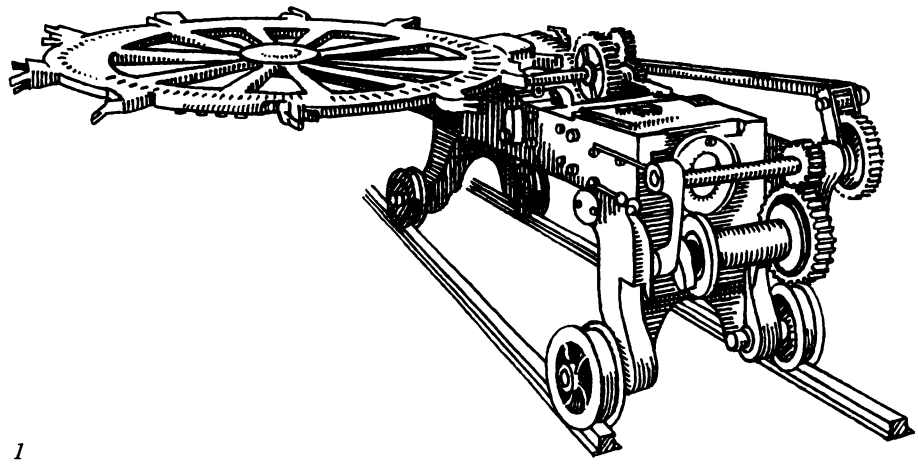




1 *Traktor aus der Frühzeit der Traktorenindustrie (1918)*
2 *12-PS-„Bulldog", Ausgang zahlreicher Traktorenentwicklungen (1921)*
3 *Fahrbare Lokomobile*
4 *Dreschmaschine mit Göpelantrieb (um 1850)*

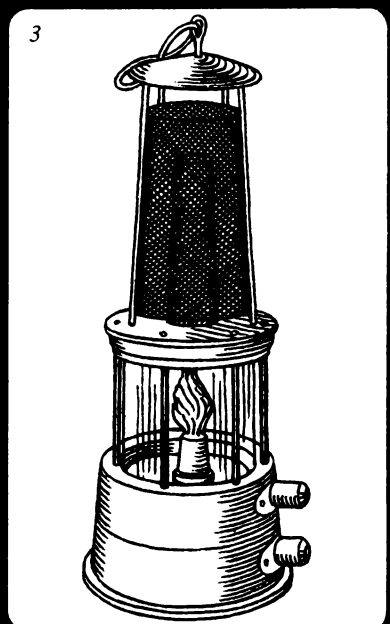






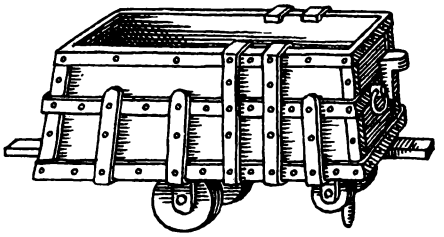
1

1 *Scheibenschrämmaschine*
2 *Ehrenfriedersdorfer Pumpe, erste Darstellung einer Pumpe für die Wasserhaltung der Gruben*
3 *Sicherheitsgrubenlampe*



3

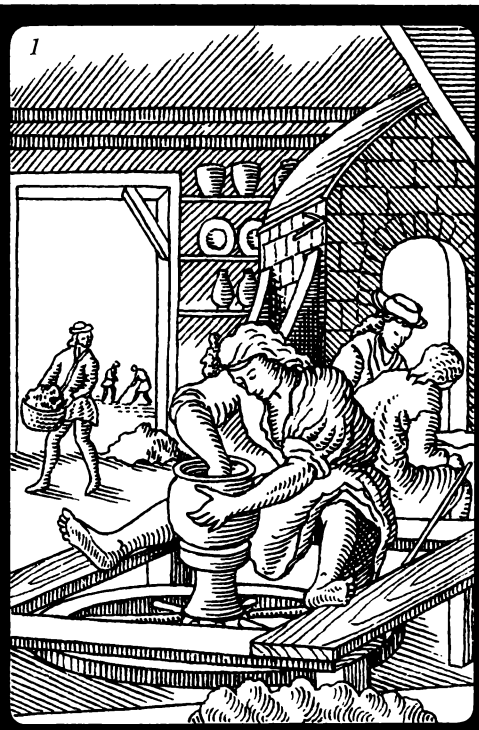
2

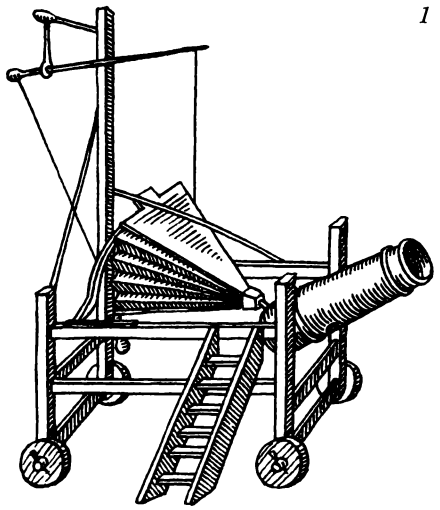


1 Möglichkeiten des Einfahrens in den Schacht
2 Hunt
3 Wünschelrute zur Suche nach Bodenschätzen
(Darstellung nach Agricola)

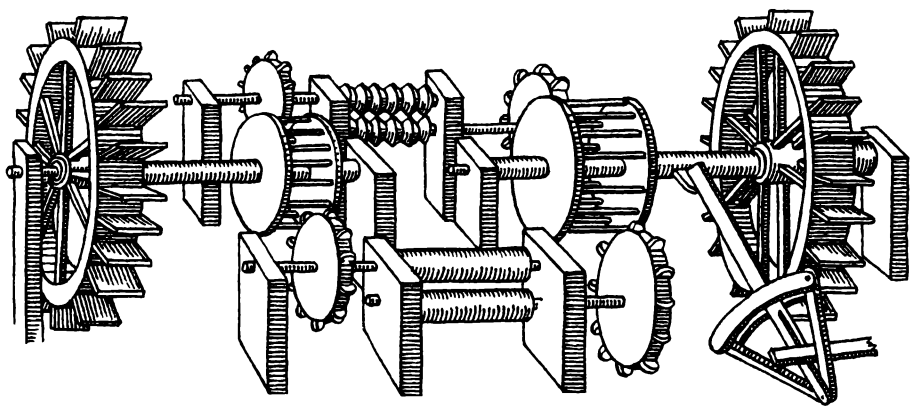
1 Rennfeuer
2 Glasbläserei im 16. Jahrhundert
3 Alter Silbertreibofen

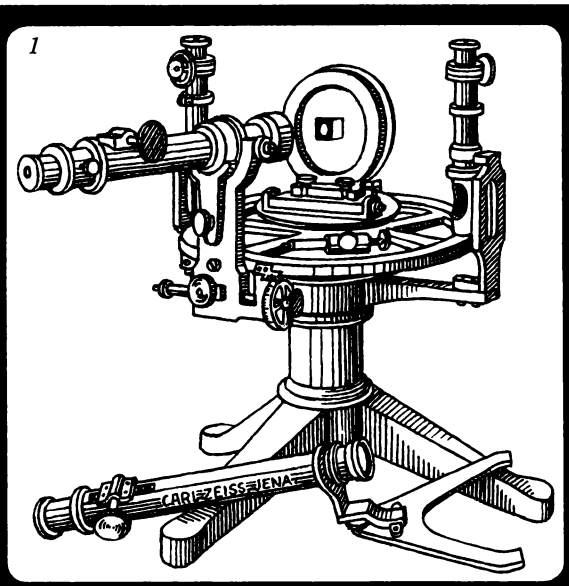
1 Töpfer (um 1700)
2 Schmelzofen für Zinn (um 1550)
3 Glockengießer (um 1700)

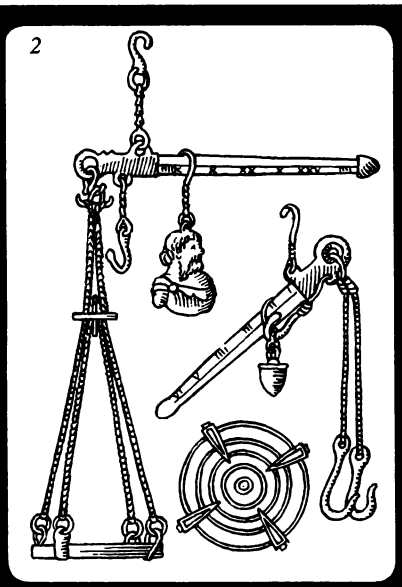


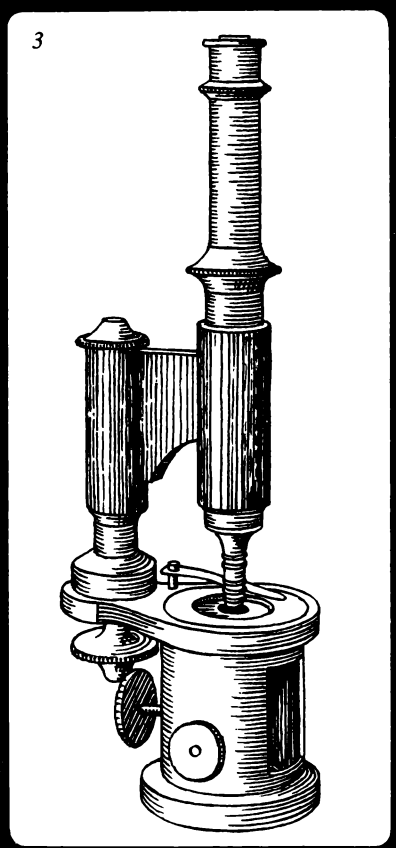


1 Kippbarer Kuppelofen nach Réaumur
2 Schmiede mit Sicht auf Blasebalg (um 1550)
3 Walzwerk mit Wasserantrieb (um 1750)

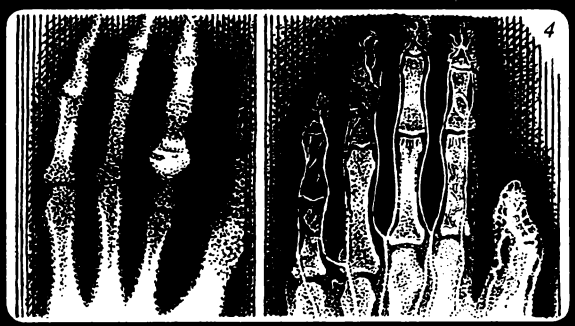


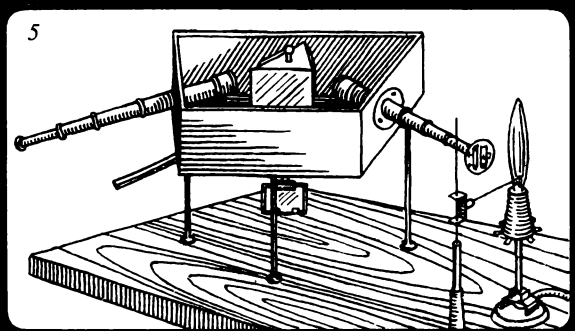


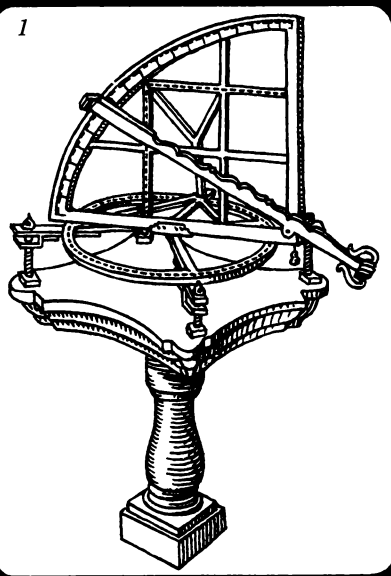


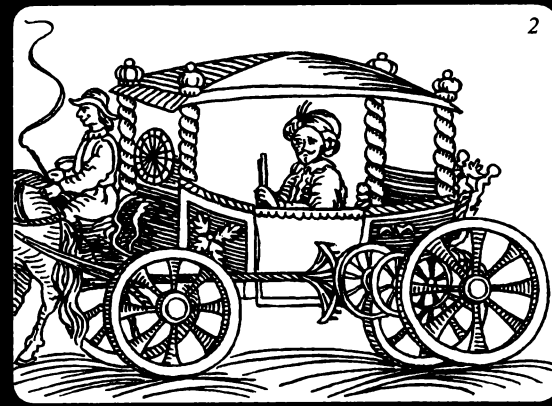


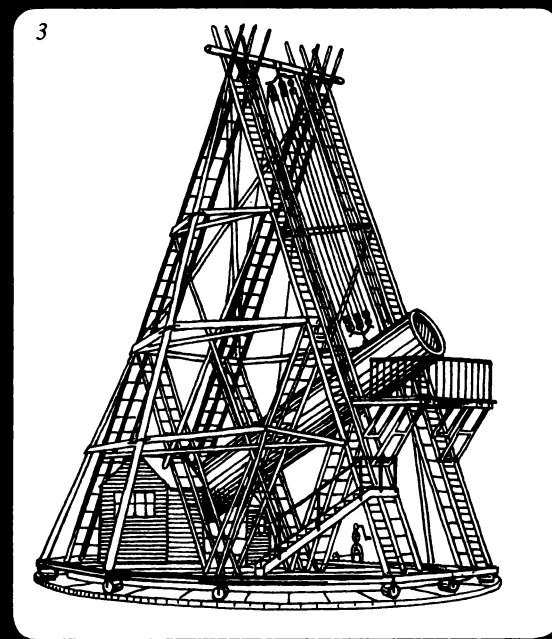
1 Spektrometer (um 1875)
2 Römische Schnellwaagen
3 Zusammengesetztes Mikroskop (um 1830)
4 Die erste Röntgenaufnahme und die moderne Aufnahme einer Hand
5 Das erste Spektroskop von Bunsen und Kirchhoff



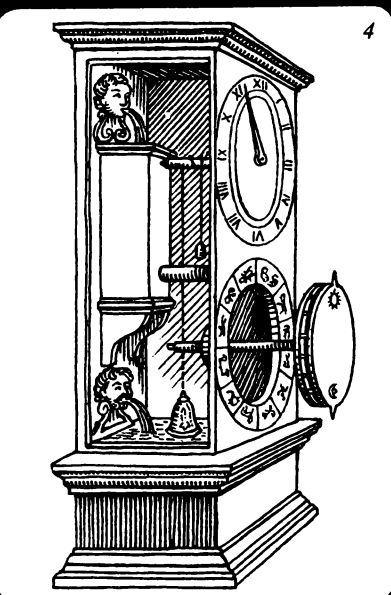


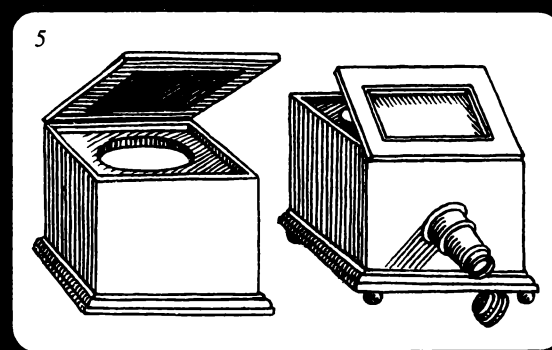


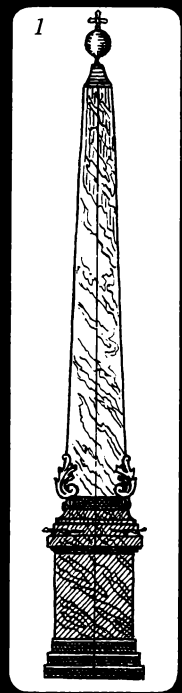


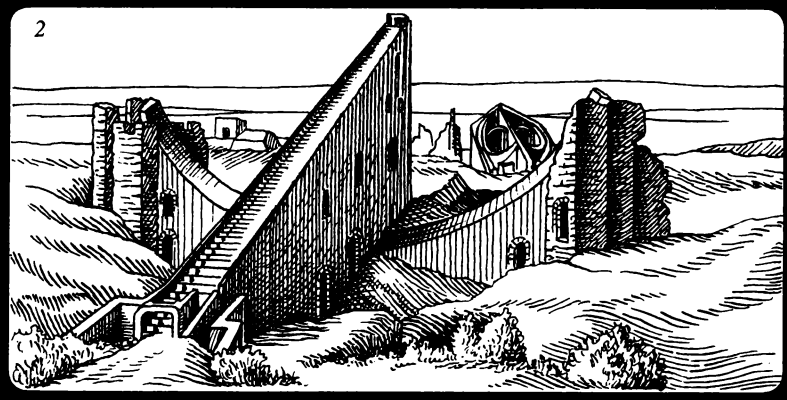


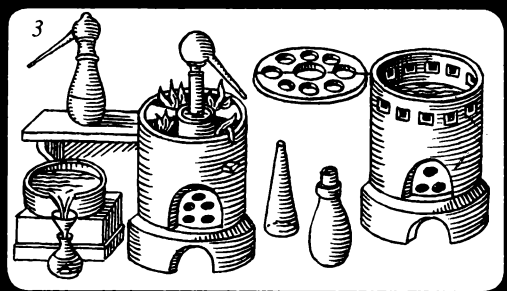
1 *Transportabler Quadrant (um 1575)*
2 *Kutschenwegemesser (um 1680)*
3 *Teleskop Herschels (um 1800)*
4 *Wasseruhr mit Zifferblatt*
5 *Camera obscura (um 1665)*



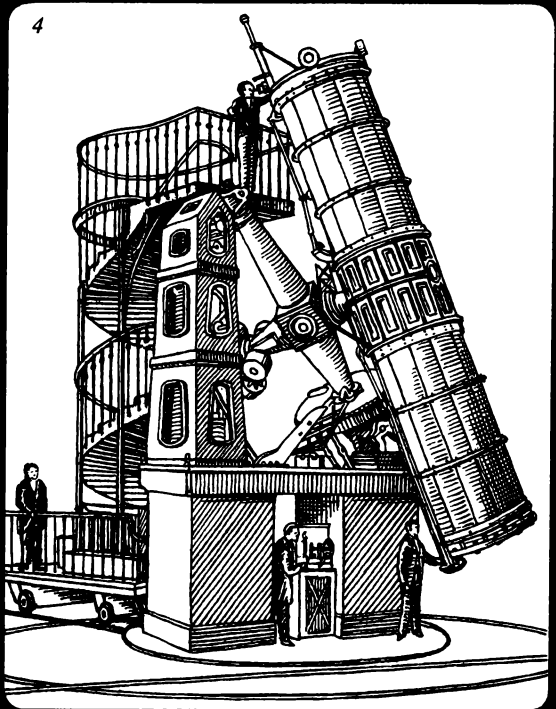


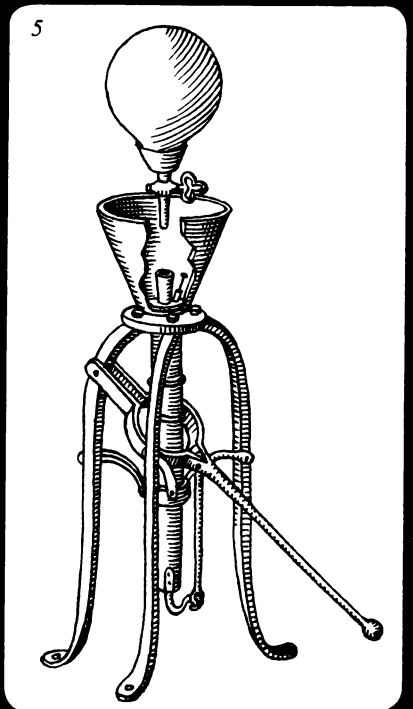






1 Obelisk als Sonnenuhr
2 Altindische Sonnenuhr
3 Apparate des arabischen Gelehrten Geber
4 Pariser Spiegelteleskop
5 Luftpumpe Guerickes





lehrer. Er entwickelte 1861 die Lehre von der Struktur der chemischen Verbindungen, worunter er die Lage, Wechselbeziehungen und Bindung der Atome im Molekül verstand. 1861 trug er diese Lehre auf einem Kongreß in Deutschland erstmals vor. Sie erwies sich als äußerst fruchtbar für die chemische Forschung und gehört zum Rüstzeug jedes Chemikers.

B. arbeitete außerdem über Alkohole, Isomere und zahlreiche Einzelfragen aus dem Gebiet der organischen und der anorganischen Chemie.

C

Cailletet, Louis Paul, 1832 bis 1913, französischer Physiker, beschäftigte sich zunächst mit metallurgischen Prozessen, später mit Arbeiten zur Gasverflüssigung. 1877 gelang ihm die Verflüssigung von Stickstoffdioxid. Auch als Konstrukteur von Hochdruckpumpen war er erfolgreich.

Calla, Christophe François, 1802 bis 1884, französischer Maschinenbauer, übernahm von seinem Vater eine Fabrik für Textilausrüstungen, der auch eine Gießerei angegliedert war. Er verbesserte Arbeitsmethoden im Gießereiwesen, ging dann aber vor allem zur Fertigung von Werkzeugmaschinen über. 1852 entstand nach seinen Plänen die erste Lokomobile in Frankreich.

Campani, Giuseppe, Mitte des 17. Jh., italienischer Optiker und Mechaniker, erwarb bes. Verdienste um die Konstruktion von Fernrohren langer Brennweite (bis 42 m), mit denen es u. a. gelang, Satelliten des Saturn zu entdekken.

Camus, Charles Etienne Louis de, 1669 bis 1768, französischer Naturforscher und Techniker, nahm an den Expeditionen teil, in deren Verlauf die Abplattung der Erde gemessen wurde, stellte Untersuchungen über die günstigsten Zahnformen von Zahnrädern an. Auch schlug er eine Maschine vor, die die Bewegungen von Galeerenruderern nachahmen sollte.

Candela, Felix, geb. 1910, spanischer Architekt, studierte in Madrid, kämpfte 1936/39 in Spanien auf republikanischer Seite und emigrierte 1939 nach Mexiko. Er arbeitete 12 Jahre mit seinem Bruder zusammen als Bauunternehmer, begann die Schalenbauweise zu propagieren und baute in Mexiko die erste hyperbolische Paraboloidschale.

Carlisle, Anthony, 1768 bis 1840, englischer Gelehrter, experimentierte – zusammen mit *W. Nicholsons* ↑ – mit Voltaschen Elementen und fand (1800) die elektrolytische Zerlegung des Wassers.

Carnot, Nicolas Léonard Sadi, 1796 bis 1832, französischer Physiker, Schüler der Pariser École Polytechnique, anschließend Ingenieuroffizier, nahm 1821 seinen Abschied und widmete sich physikalischen Studien. Dabei interessierten ihn bes. Wärmekraftmaschinen, die in ihnen erfolgenden Energieumsetzungen und ihr Wirkungsgrad. C. legte in seinem »Kreisprozeß« ein Fundament für die Thermodynamik und die Konstruktion von Wärmekraftmaschinen. 1824 erschien seine grundlegende Arbeit »Réflexions sur la puissance motrice du feu«.

C., anfänglich Anhänger der Lehre vom »Wärmestoff«, kam gegen Ende seiner Arbeiten dem erst später bestimmten mechanischen Wärmeäquivalent nahe und gab einen Wert dafür an.

Caro, Heinrich, 1834 bis 1910, deutscher Chemiker; war in England und Deutschland vor allem in der chemischen Industrie tätig, leitete die Produktion der Teerfarbstoffe ↑ ein, förderte dieses Gebiet durch eigene Entdekkungen und arbeitete an der Entwicklung des deutschen Patentrechts mit.

Carothers, Wallace Hume, 1896 bis 1937, nordamerikanischer Chemiker. Als Leiter eines Industrielaboratoriums für organische Grundlagenforschung führte C. u. a. grundlegende Untersuchungen über Neopren ↑ durch. Von ihm geleitete Arbeiten über Reaktionen von Molekülen mit mehreren funktionellen Gruppen führten zur Entwicklung der ersten Polykondensatfaser (Nylon 6,6), deren Produktion 1938 in den USA aufgenommen wurde. Gemeinsam mit *Hill* entwickelte C. das Schmelzspinnverfahren ↑ (1928); beide fanden auch das Phänomen der Kaltstreckbarkeit.

Cartwright, Edmund, 1743 bis 1823, englischer Techniker, studierte Theologie, beschäftigte sich seit 1784 mit mechanischen Web-

vorrichtungen. Im April 1785 erhielt er das erste Patent auf einen mechanischen Webstuhl, den er während der folgenden Jahre ständig verbesserte, z. B. durch Einrichten für Dampfmaschinenantrieb. Er erfand eine Flachsbrechmaschine, eine Flachsschwinge und befaßte sich mit konstruktiven Verbesserungen der Dampfmaschine ↑. 1792 ersann er eine Wollkämmaschine.

Caselli, Giovanni, 1815 bis 1891, italienischer Physiker. Sein Hauptarbeitsgebiet waren Elektrizitätslehre und Magnetismus. 1855 erfand er einen Kopiertelegrafen, der später in Frankreich und Rußland eingesetzt wurde. Auch versuchte er sich an der Konstruktion eines Elektromotors, ohne jedoch einen nennenswerten Erfolg zu erringen.

Cassini, César François, 1714 bis 1784, französischer Astronom und Physiker, Sohn von *Jacques C.* ↑, förderte die trigonometrische Vermessung Frankreichs, beschäftigte sich mit Versuchen zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit und der Konstruktion von Barometern ↑.

Cassini, Jacques, 1677 bis 1756, französischer Astronom und Physiker, beendete die von seinem Vater begonnenen Gradmessungen, schlug vor, Hohlspiegel zum Metallschmelzen zu verwenden, und konstruierte eine Uhr mit Temperaturausgleich.

Cauchy, Augustin Louis, 1789 bis 1857, französischer Mathematiker, Professor an der Pariser École Polytechnique und an der Universität Paris. Er arbeitete vor allem über Infinitesimalrechnung (unendliche Reihen) und schuf wichtige Grundlagen der Funktionentheorie. Er entwickelte die Elastizitäts- und die Lichtwellentheorie mathematisch weiter.

Caus (Caux), Salomon de, wahrsch. 1576 bis 1626, französischer Techniker, lebte in England und Deutschland, kehrte nach 1620 wieder in seine Heimat zurück. 1615 erschien sein Buch »Les Raisons des forces mouvantes«, in dem er zahlreiche physikalisch-technische Versuche und u. a. einen Apparat beschrieb, den man als Vorläufer der Dampfmaschine ↑ bzw. der Dampfpumpe bezeichnen kann. C. fand keine Unterstützung. Er wurde wegen seines unbeirrten Eintretens für seine Pläne am französischen Hof unbequem und soll, angeblich auf Betreiben *Richelieus*, in das Pariser Irrenhaus eingeliefert worden sein. Dort soll ihn *E. Somerset* ↑ besucht haben und während des Gesprächs wichtige Anregungen für die später von ihm vorgeschlagene Dampfpumpe erhalten haben.

C. beschrieb Pumpen, Dreh- und Bohrmaschinen und empfahl, die Sonnenwärme als Antriebsenergie für Pumpen auszunutzen. Auch mit dem Orgelbau befaßte er sich.

Cavalieri, Francesco Buonaventura, 1598 bis 1647, italienischer Astronom und Mathematiker. Die Mathematik, die er in Bologna lehrte, verdankt ihm das C.sche Prinzip über die Bedingungen der Volumengleichheit verschieden gestalteter Körper. Auf physikalischem Gebiet befaßte er sich mit Brennspiegeln und der Brennweitenberechnung für verschieden geformte Linsen.

Cavé, François, 1794 bis 1875, Franzose, ursprünglich Tischler, später in einer Textilfabrik beschäftigt. C. entwickelte sich zu einem der bekanntesten Maschinenbauer von Paris, konstruierte Dampfmaschinen, Lokomotiven, Walzwerke, Werkzeugmaschinen usw. C. erfand 1836 einen Dampfhammer ↑, untersuchte Dampfkessel und Schiffsschrauben ↑ und ersann wesentliche Verbesserungen an Schiffsmaschinen.

Cavendish, Henry, 1731 bis 1810, englischer Chemiker und Physiker; fand 1766, daß Kohlendioxid und Wasserstoff von Luft verschiedene Gase sind, und bestimmte ihre Dichte. Er erkannte 1781 die Natur des Knallgases und stellte fest, daß Luft stets die gleiche Zusammensetzung hat. Er untersuchte Verbrennungserscheinungen und wies das Entstehen von Stickstoffverbindungen beim Durchschlag elektrischer Funken durch Luft nach.

Seine Arbeiten auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre, die erst nach seinem Tode veröffentlicht wurden, zeigen, daß er auf diesem Gebiet bemerkenswerte Erkenntnisse vorweggenommen hatte, z. B. hinsichtlich der elektrolytischen Leitfähigkeit. 1798 bestimmte er mit Hilfe der Drehwaage ↑ die Gravitationskonstante und daraus die Erddichte.

Cayley, Sir George, 1773 bis 1857, englischer Luftfahrtpionier. Er vertrat die Ansicht, daß sowohl das Luftschiff als auch das Flugzeug ↑ Bedeutung erlangen würden, und erkannte, daß an einer Tragfläche Auftrieb entstehen kann. Er konstruierte um 1809 Gleitflugzeuge,

denen er sogar einen Passagier anvertraut haben soll.

C. hielt die Luftschraube für ein geeignetes Antriebsmittel, schlug Höhen- und Seitensteuerung vor und sah den Mehrdecker voraus. Daneben befaßte er sich mit Heißluftmotoren und mit Versuchen, die Elektrizität als Kraftquelle auszunutzen.

Celsius, Anders, 1701 bis 1744, schwedischer Astronom und Physiker. 1730 wurde C. Professor der Astronomie. Nach längeren Auslandsreisen richtete er die Sternwarte in Uppsala ein, zu deren Direktor er ernannt wurde. Er untersuchte Nordlichterscheinungen, ihre Auswirkung auf die Kompaßnadel und führte magnetische Deklinationsmessungen aus.

1742 schlug er die hundertteilige Temperaturskale vor, deren Festpunkte durch die Schmelztemperatur des Eises und die Siedetemperatur des Wassers bestimmt sind.

Chadwick, Sir James, 1891 bis 1974, englischer Physiker und Hochschullehrer. C. war Mitarbeiter *E. Rutherfords* ↑. 1932 entdeckte er das Neutron, 1935 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Chanute, Octave, 1832 bis 1910, in Frankreich geborener Ingenieur und Flugpionier, lebte seit seiner Kindheit in den USA; war als Ingenieur an der Entwicklung der amerikanischen Eisenbahnen, an Straßen- und Brückenbauten maßgeblich beteiligt und ab 1884 als selbständiger beratender Ingenieur tätig. Nach 1870 beschäftigte er sich mit der Luftfahrt. Mit einem Gleiter Lilienthalscher Bauart unternahm er über 200 Flüge, die mehrere Verbesserungen des Fluggerätes zur Folge hatten. Ch. konstruierte einen Doppeldecker als Gleitflugzeug. Auch verfaßte er zahlreiche theoretische Aufsätze über das Flugwesen (Flugzeug ↑).

Chapman, Fredrik Henrik, 1721 bis 1808, schwedischer Ingenieur und Schiffbauer, studierte den Schiffbau in seiner Heimat und in England, erwarb sich bes. Verdienste dadurch, daß er mathematische Verfahren zur Berechnung der Schiffsnormen, der Stabilität usw. einführte. Sein Werk »All about ships«, ein Handbuch des Schiffbaus, galt in der damaligen Zeit als Standardwerk.

Chappe, Claude, 1763 bis 1805, französischer Physiker. Zusammen mit seinen Brüdern *Abraham* und *Ignace* entwickelte er einen optischen Telegrafen ↑ mit beweglichen, weithin sichtbaren Armen, deren Stellungen bestimmten Zeichen entsprachen. 1794 führte Ch. dem französischen Nationalkonvent seinen Telegrafen vor. Im gleichen Jahr wurde eine optische Telegrafenlinie zwischen Paris und Lille eingerichtet, weitere in Frankreich und anderen Ländern – u. a. in Preußen – folgten.

Chardonnet, Hilaire Graf Bernigaud de, 1839 bis 1924, französischer Ingenieur. Ch. war ursprünglich im Straßen- und Brückenbau tätig. Er untersuchte die Wirkung ultravioletter Strahlen und experimentierte mit UV-durchlässigen Gläsern.

Später wandte er sich dem Problem der Kunstseidenherstellung zu. Es gelang ihm, Kunstseide ↑ auf der Basis von Nitrocellulose (1884) zu entwickeln. Er konstruierte auch die zur Fabrikation nötigen Einrichtungen und eröffnete 1892 die erste Kunstseidenfabrik der Welt. Ch. war Wegbereiter der Kunstseidenindustrie.

Charles, Jacques Alexandre César, 1746 bis 1823, Franzose, zunächst Finanzangestellter; begann später mit physikalischen Experimenten und Vorführungen und richtete sich in Paris ein Laboratorium ein. Er wiederholte und erweiterte die Versuche *B. Franklins* ↑ zur Erforschung der Luftelektrizität. Als Ch. von den Experimenten der Gebrüder *Montgolfier* ↑ hörte, ließ er einen Ballon ↑ anfertigen, dessen Hülle durch Gummiimprägnierung abgedichtet und mit Wasserstoff gefüllt wurde. Am 1.12.1783 stieg Ch. mit einem Begleiter in Paris auf und landete nach 2stündigem Flug, der in eine Höhe von über 2000 m führte, unversehrt.

Chladni, Ernst Florenz Friedrich, 1756 bis 1827, deutscher Naturforscher. Ch. studierte Jura, Philosophie, wechselte jedoch zur Physik über. Er bestimmte die Schallgeschwindigkeit in festen Körpern und Gasen, untersuchte die Schwingungen von Flächen und entdeckte die nach ihm benannten Klangfiguren. Ch. befaßte sich mit der Konstruktion neuer Musikinstrumente und hielt zahlreiche Experimentalvorträge.

Er beschäftigte sich mit dem Problem des Ursprungs von Meteoriten und kam zu dem richtigen, für die damalige Zeit kühnen Schluß, daß es sich bei Meteoriten um Körper aus außerirdischem Material handle.

Citroën, André, 1878 bis 1935, französischer Ingenieur. C. fabrizierte ursprünglich Zahnräder, erkannte jedoch frühzeitig die Möglichkeiten der sich entwickelnden Automobilindustrie. 1919 gründete er die nach ihm benannte Automobilfabrik, für die er das Taktstraßensystem *H. Fords* ↑ übernahm.

Claas, August, geb. 1887, deutscher Landmaschinenkonstrukteur. C., dessen Vater sich gleichfalls mit dem Bau landwirtschaftlicher Geräte und Maschinen beschäftigt hatte, gründete 1913 eine Fabrik für landwirtschaftliche Maschinen, die sich bes. nach dem 1. Weltkrieg entwickelte.

1923 erfand C. den »Knoterhaken mit Oberlippe«, der ein sicheres Binden der Garben gewährleistet. Anfang der 30er Jahre entstand in seiner Fabrik der erste für europäische Verhältnisse geeignete Mähdrescher ↑ (im Unterschied zu amerikanischen Konstruktionen wurden die C.-Mähdrescher als sog. Längs-Querfluß-Mähdrescher, nach dem Vorbild des Selbstbinders, gebaut). Das Verdienst von C. besteht vor allem darin, die Bedeutung des Mähdruschs auch unter europäischen klimatischen Verhältnissen erkannt zu haben.

Clapeyron, Benoït-Pierre-Émile, 1799 bis 1864, französischer Ingenieur und Physiker, folgte nach seinem Studium einem Ruf der russischen Regierung nach Petersburg, wo er über Mathematik las und ingenieurtechnische Aufgaben löste. 1830 kehrte er nach Frankreich zurück und war dort vor allem als Ingenieur im Eisenbahnwesen tätig. Er konstruierte Lokomotiven ↑, entwarf Brücken, leistete daneben theoretische Arbeiten. So wendete er als erster die Poisson-Cauchysche Elastizitätstheorie auf elastostatische und Schwingungsprobleme an und entwickelte ein einfaches Berechnungsverfahren für Träger im Bauwesen. Er erarbeitete wichtige Grundlagen der Thermodynamik.

Clausius, Rudolf Julius Emanuel, 1822 bis 1888, deutscher Physiker, nach dem Studium zunächst Gymnasiallehrer, 1850 Habilitation in Berlin, danach Hochschullehrer in Zürich, Würzburg und Bonn. C. arbeitete vor allem auf dem Gebiet der Wärmelehre. Er begründete mit anderen die kinetische Gastheorie und formulierte den 2. Hauptsatz der Wärmelehre mathematisch, indem er den Begriff der Entropie einführte.

Ab 1867 erschien sein mehrbändiges Hauptwerk »Die mechanische Wärmetheorie«.

Cockroft, Sir John Douglas, 1897 bis 1967, englischer Physiker. Zusammen mit *E. T. S. Walton* entwickelte er den aus Kondensatoren und Gleichrichterstrecken zusammengesetzten Kaskadengenerator für den Linearbeschleuniger (Beschleuniger ↑). Mit diesem gelang C. die erste Kernumwandlung und -zersplitterung mit Hilfe künstlich beschleunigter Teilchen. C., der seit 1956 Direktor des britischen Kernforschungszentrums Harwell war, wurde für seine Arbeiten 1951 mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet.

Colding, Ludwig August, 1815 bis 1889, dänischer Ingenieur und Physiker, zunächst als Straßenbauinspektor und später als Ingenieur in Kopenhagen tätig, lehrte ab 1865 an der Polytechnischen Schule Kopenhagen. Unabhängig von *J. R. Mayer* ↑ postulierte er 1843 das Gesetz von der Erhaltung und Umwandlung der Energie. Bei Versuchen, das mechanische Wärmeäquivalent aus der Reibungswärme experimentell zu bestimmen, erhielt er einen Wert, der *Mayers* Ergebnissen nahekam.

Compton, Arthur Holly, 1892 bis 1962 nordamerikanischer Physiker. Er entdeckte 1923 den nach ihm benannten Effekt, der einen wichtigen Beweis für die quantenhafte Struktur der elektromagnetischen Strahlung lieferte. Für diese Entdeckung und für andere Arbeiten auf dem Gebiet der Atomphysik erhielt er zusammen mit *C. T. R. Wilson* ↑ 1927 den Nobelpreis für Physik.

Congreve, Sir William, 1772 bis 1828, englischer Ingenieur, erfand 1804 Brandraketen, die während der Napoleonischen Kriege eingesetzt wurden, befaßte sich mit dem Mehrfarbendruck, mit Verbesserungen an Schleusen, mit Experimenten, Dampf für Dampfmaschinen zu überhitzen, sowie mit Problemen der Gasbeleuchtung. 1824 übernahm C. eine leitende Stellung in dem englischen Unternehmen, das in den Städten auf dem europäischen Festland die Gasbeleuchtung ↑ einzuführen versuchte.

Cooper-Hewitt, Peter, 1861 bis 1921, nordamerikanischer Physiker, erfand um 1900 den Quecksilberdampfgleichrichter, der für Jahrzehnte einen der wichtigsten Leistungsgleichrichter darstellte.

Coriolis, Gaspard-Gustave, 1792 bis 1843, französischer Mathematiker und Physiker, trat bereits mit 16 Jahren in die Pariser École Polytechnique ein, war als Ingenieur im Straßen- und Brückenbau tätig. 1836 wurde er Mitglied der französischen Akademie der Wissenschaften. Er untersuchte zusammengesetzte mechanische Bewegungen und die dabei auftretenden Kräfte, die Reibung und den Wirkungsgrad von Maschinen und trug zur endgültigen Klärung des Begriffs der mechanischen Arbeit bei. 1835 stellte er die Formel für die Coriolis-Kraft auf.

Corliss, George Henry, 1817 bis 1888, nordamerikanischer Ingenieur und Unternehmer, zunächst im kaufmännischen Beruf, wandte er sich schon mit 21 Jahren der Technik zu. C. begann mit der Verbesserung und Konstruktion von Maschinen für die Schuhfabrikation und gründete 1844 eine Maschinenfabrik. Sein Hauptstreben war es, die Dampfmaschine ↑ in ihrer Leistung und in ihrem Wirkungsgrad zu verbessern. Er erreichte das vor allem mit der »Corliss-Steuerung« des ein- und ausströmenden Dampfes. 1849 wurde ihm diese Steuerung, zusammen mit anderen Verbesserungen, patentiert.

Cornu, Marie Alfred, 1841 bis 1902, französischer Physiker, als Lehrer an der Pariser École Polytechnique tätig. C. erforschte die optischen Eigenschaften der Kristalle, verbesserte die A. H. L. Fizeausche ↑ Methode zur Messung der Lichtgeschwindigkeit, gab ein aus zwei Teilprismen zusammengesetztes Quarzprisma für spektroskopische Untersuchungen im ultravioletten Teil des Spektrums an und untersuchte akustische Probleme.

Cort, Henry, 1740 bis 1800, englischer Metallurg und Unternehmer, hatte als Schiffsmakler die unbefriedigende Qualität englischen Stahls kennengelernt und nahm sich vor, sie zu verbessern. Er richtete nach zahlreichen Versuchen ein Walz- und Hammerwerk ein. C. entwickelte das Puddelstahlverfahren ↑, das ihm 1784 patentiert wurde. Das Verfahren zur Entfernung der Eisenbegleiter (C, Si, Mn) aus dem Roheisen bürgerte sich rasch ein. C. geriet durch Betrügereien seines Teilhabers in wirtschaftliche Not. Seine Patente wurden für ungültig erklärt.

Cotton, William, 1819 bis 1887, englischer Techniker. C.s wichtigste Erfindung ist der von ihm nach 1860 entwickelte Strumpfwirkstuhl (Cottonmaschine ↑).

Coulomb, Charles Augustin de, 1736 bis 1806, französischer Physiker, Ingenieur und Pionieroffizier, leitete den Bau von militärischen Anlagen auf der Insel Martinique, kehrte 1776 nach Frankreich zurück, beschäftigte sich von nun an mit zahlreichen technischen und physikalischen Untersuchungen. Er schrieb eine mit einem Preis der französischen Akademie der Wissenschaften ausgezeichnete Theorie der einfachen Maschinen ↑, untersuchte Reibungsvorgänge, das Festigkeitsverhalten der Körper und Torsionsschwingungen. 1785 erdachte er eine auf der Torsion von Drähten beruhende Drehwaage ↑. Mit ihr fand er das nach ihm benannte Gesetz über die Kräfte zwischen elektrischen Ladungen oder zwischen Magnetpolen. C. wurde damit einer der Begründer der Magneto- und Elektrostatik. Während seiner letzten Lebensjahre erwarb er sich Verdienste um Organisation und Verbesserung des französischen Unterrichtswesens.

Cowper, Edward Alfred, 1819 bis 1893, englischer Ingenieur und Erfinder. C., dessen Vater (*C., Edward,* 1790 bis 1852) durch Verbesserungen an polygraphischen Maschinen bekanntgeworden war, erlernte den Maschinenbau. 1858 ließ er sich in London als selbständiger Ingenieur nieder. 1857 wurde ihm seine bekannteste Erfindung, die Erhitzung des Hochofen- ↑ Gebläsewinds durch Ofenabgase, patentiert (Cowpertürme). Er entwickelte ferner Gießvorrichtungen für die Metallindustrie, Nebelsignale für Bahnen, Verbesserungen der Verbunddampfmaschine, einen elektrischen Telegrafen und ein Zweirad mit Stahlspeichen und Gummibereifung.

Cremona, Luigi, 1830 bis 1903, italienischer Lehrer, Mathematiker und Statiker, zunächst als Gymnasiallehrer tätig, übernahm C. 1860 den Lehrstuhl für höhere Geometrie an der Universität Bologna, 1866 eine Professur für graphische Statik und höhere Geometrie in Mailand. 1873 wurde er Leiter der Ingenieurschule Rom, wobei er bes. um eine praxisverbundene Organisation und Arbeitsweise der Hochschulen bemüht war und u. a. die Vereinigung der Ingenieurschulen mit den Universitäten anstrebte.

C. arbeitete über Theorie der algebraischen

Kurven und Flächen. Vor allem zählt er zu den Begründern der graphischen Behandlung statischer Probleme und damit der Fachwerktheorie. Der von ihm entwickelte Cremonaplan ist ein wichtiges Hilfsmittel zur graphischen Bestimmung der Stabkräfte in Fachwerken.

Crompton, Samuel, 1754 bis 1827, englischer Weber und Techniker. 1775 begann C. mit systematischen Versuchen zur Verbesserung der Spinnmaschine ↑. Ergebnis dieser Experimente war die »Mule«-Spinnmaschine mit fahrbarem Spindelwagen und selbsttätiger Garnzuführung über ein Streckwerk. 1779 war die erste Spinnmaschine (mit 48 Spindeln) fertiggestellt. C., dem die Mittel für den Erwerb eines Patents fehlten, wurde von vielen Fabrikanten um die Früchte seiner Arbeit betrogen. Erst während seiner letzten Lebensjahre wurde ihm eine bescheidene Rente zuerkannt.

Cronstedt, Axel Fredrik, 1722 bis 1765, schwedischer Gelehrter, studierte Bergbauwissenschaften. Er entdeckte das Element Nickel, verfaßte ein »System der Mineralogie« und führte das Lötrohr in die Mineralogie ein.

Crookes, William Sir, 1832 bis 1919, englischer Physiker und Chemiker. Er entdeckte 1862 mit Hilfe der Spektralanalyse das Element Thallium. Untersuchte bes. elektrische Vorgänge in luftverdünnten oder mit Gasen niederen Drucks erfüllten Räumen. Er sprach den Gedanken aus, daß Katodenstrahlen aus elektrisch geladenen Teilchen bestünden. Trotz seiner wissenschaftlichen Verdienste war er ein Verfechter des Spiritismus.

Cros, Charles, 1842 bis 1888, französischer Physiker, experimentierte mit Schallaufzeichnungsverfahren für die menschliche Stimme. Zusammen mit *Ducos de Hauron* ↑ leistete er Vorarbeiten für die Farbenfotografie. ↑

Cugnot, Nicolas-Joseph, 1725 bis 1804, französischer Ingenieuroffizier, veröffentlichte mehrere Schriften über den Festungsbau. Zwischen 1765 und 1770 baute C. zwei Dampfwagen ↑, die für die Beförderung von Lasten und als Zugmaschinen für Geschütze gedacht waren. Die Wagen fuhren zwar, konnten aber wegen der mangelhaften Dampfmaschinen und des geringen Dampf- und Brennstoffvorrats nur sehr kurze Strecken zurücklegen. C. gab deshalb die Versuche wieder auf.

Culmann, Carl, 1821 bis 1881, deutscher Statiker und Hochschullehrer, arbeitete vor allem auf dem Gebiet der Statik, speziell dem des Brückenbaus, wobei er bes. die graphische Statik förderte. Er lehrte an der Polytechnischen Schule Zürich.

Curie, Pierre, 1859 bis 1906, französischer Physiker und Chemiker, untersuchte magnetische Effekte und Erscheinungen, entdeckte (1880) gemeinsam mit seinem Bruder *Jacques* die Piezoelektrizität. Er arbeitete mit seiner Frau *Marie Curie* ↑ über Radioaktivität, entdeckte mit ihr Polonium und Radium, erhielt mit *A. H. Becquerel* ↑ und seiner Frau 1903 den Nobelpreis für Physik.

Curie, Marie geb. Skłodowska, 1867 bis 1934, polnische Physikerin, legte ihr Abitur mit Auszeichnung ab, durfte aber als Frau nicht in Polen studieren. 1891 folgte sie ihrer Schwester nach Paris, um dort ein Physikstudium aufzunehmen. Bereits nach 2 Jahren erhielt sie, wiederum mit hervorragendem Prüfungsergebnis, das Lizentiat für Physik. 1895 heiratete sie den französischen Physiker *Pierre C.* ↑. Damit begann eine enge und fruchtbare wissenschaftliche Zusammenarbeit. Nach dem Tode *Pierre C.*s führte sie das gemeinsam begonnene Werk allein weiter.

Als Thema ihrer Dissertation hatte C. die von *H. Becquerel* ↑ gefundene radioaktive Strahlung gewählt. 1898 entdeckte sie mit *Pierre C.* das radioaktive Element Polonium, nach 4 Jahren härtester Arbeit gelang es beiden, das Element Radium zu isolieren. 1903 erhielt das Forscherpaar zusammen mit *H. Becquerel* den Nobelpreis für Physik, 1911 wurde M. C. der Nobelpreis für Chemie zugesprochen (Radioaktivität ↑).

1908 übernahm sie den für ihren Mann vorgesehenen Lehrstuhl an der Pariser Universität. Während des 1. Weltkrieges richtete sie Röntgenstationen in Feldlazaretten ein, nahm anschließend ihre wissenschaftliche Arbeit wieder auf. Sie starb an Auswirkungen der radioaktiven Strahlung.

D

Daelen, Reiner Maria, 1843 bis 1905, deutscher Eisenhütteningenieur, arbeitete nach seiner Ausbildung in mehreren Maschinenfa-

briken, wandte sich später vor allem der Hütten- und Eisenindustrie zu. Er führte zahlreiche Verbesserungen in der Walzwerktechnik ein und erfand u. a. (1889) eine dampfhydraulische Presse und Verfahren zum Verdichten von Stahlgüssen sowie zur Verwendung flüssigen Roheisens im Herd- oder Vorfrischofen.

Daguerre, Louis-Jacques-Mandé, 1789 bis 1851, französischer Fototechniker, ursprünglich Maler. Er versuchte, das von einer Camera obscura ↑ entworfene verkleinerte Bild festzuhalten, indem er die Lichtempfindlichkeit bestimmter chemischer Verbindungen ausnutzte. 1829 tat er sich mit *J.-N. Niepce* ↑ zusammen, der auf dem gleichen Gebiet tätig war. Um 1835 fand er, daß belichtete Kupferplatten, die eine Jodsilberschicht trugen, durch Quecksilberdämpfe zu einem Positiv entwickelt und anschließend mit Natriumthiosulfat dauerhaft gemacht werden konnten. Es gelang D. jedoch nicht, seine Erfindung auszuwerten. Er teilte daher das Verfahren *D. F. J. Arago* ↑ mit, der es im Sommer 1839 der französischen Akademie der Wissenschaften bekanntgab. D. erhielt als Abfindung eine Rente auf Lebenszeit (Fotografie ↑).

Daimler, Gottlieb, 1834 bis 1900, deutscher Ingenieur, erlernte zunächst das Büchsenmacherhandwerk; von 1853 bis 1856 arbeitete er in einer Werkzeugmaschinenfabrik, besuchte anschließend von 1857 bis 1859 die polytechnische Schule in Stuttgart und unternahm Studienreisen, bes. nach England. Nach seiner Rückkehr war er als Ingenieur in mehreren deutschen Maschinenfabriken tätig. Zusammen mit *W. Maybach* ↑ trat D. 1872 in die von *N. A. Otto* ↑ und *E. Langen* ↑ gegründete »Gasmotorenfabrik Deutz AG« ein. 1882 machte sich D. selbständig und begann zusammen mit *Maybach* in Bad Cannstatt die Arbeiten am schnellaufenden Verbrennungsmotor ↑, der, wie D. erkannt hatte, Voraussetzung für den Fahrzeugantrieb war. Bereits 1883 konnte D. einen schnellaufenden Motor zum Patent anmelden, der, mit Benzin angetrieben und mit einer Glührohrzündung ausgestattet, vor allem für ortsfesten Betrieb gedacht war. Der aus ihm in den folgenden Jahren entwickelte Fahrzeugmotor wurde in verschiedene Fahrzeuge, z. B. in ein Zweirad und eine Kutsche, eingebaut. Jedoch spezialisierten sich D. und *Maybach* nicht auf das Kraftfahrzeug ↑, sondern auf einen in allen Verkehrsmitteln einsetzbaren Motor. Erst später wandte sich D. dem speziellen Kraftwagenmotor zu. Bereits 1892 erzielte er mit einem 2-Zylinder-Motor große Erfolge. 1896 konstruierte D. den ersten Lastkraftwagen.

Dalén, Gustav, 1869 bis 1937, schwedischer Physiker und Techniker, arbeitete an der Konstruktion von Dampfturbinen ↑ und experimentierte mit Heißluftturbinen. Er erwarb sich große Verdienste um die Entwicklung der Acetylengewinnung und um die Verwendung des Acetylens für Beleuchtungszwecke. Für seine selbsttätig arbeitenden Leuchtfeuer (Dalénblinklicht) erhielt er 1912 den Nobelpreis für Physik.

Dallery, Thomas Charles Auguste, 1754 bis 1835, französischer Techniker und Orgelbauer, entstammte einer Orgelbauerfamilie. Er erdachte mehrere Verbesserungsvorschläge an Musikinstrumenten, wandte sich dann aber vor allem der Anwendung der Dampfkraft zu.

Er entwarf eine Dampfmühle, ließ sich 1803 ein Amphibienfahrzeug patentieren und begann mit der Konstruktion eines Dampfschiffs ↑, das wichtige Neuerungen enthielt: einen Wasserrohrkessel, durch Ventilatoren verstärkten Zug, eine »Schnecke« (Schiffsschraube) zur Vorwärtsbewegung. Obwohl D. alle Ersparnisse opferte, konnte er sein Schiff nicht vollenden.

Dalton, John, 1766 bis 1844, englischer Chemiker und Physiker. D., Sohn eines Webers, eignete sich im Selbststudium umfangreiche naturwissenschaftliche und mathematische Kenntnisse an; war lange Jahre als Dorfschullehrer tätig, unterrichtete ab 1793 am New College in Manchester Mathematik und Naturwissenschaften. D.s größte Leistung ist die wissenschaftliche Fassung des chemischen Atombegriffs und der Atomtheorie. Er schrieb jedem Atom ein »Atomgewicht« (relative Atommasse) zu, untersuchte Verbindungen und Gemenge und stellte das Gesetz der multiplen Proportionen auf. Er versuchte, chemische Vorgänge durch Symbole und Formelzeichen zu kennzeichnen, untersuchte die Druckverhältnisse in Gemischen aus mehreren Gasen, die Abhängigkeit der Gasabsorption in Flüssigkeiten vom Druck und stellte meteorologische Beobachtungen an. Untersu-

chungen über die Farbenblindheit – D. war selbst farbenblind – stammen gleichfalls von ihm. Sein Hauptwerk, »New System of Chemical Philosophy«, erschien ab 1808.

Darby, Abraham I, 1677 bis 1717, englischer Hüttenfachmann, baute um 1704 eine Metallgießerei auf. Er experimentierte mit der Sandformerei für gußeiserne Erzeugnisse und ließ sich sein Verfahren 1708 patentieren. Da sich D.s Teilhaber der Anwendung widersetzten, übernahm er ein verlassenes Hüttenwerk in Coalbrookdale. Als sich dort Holzmangel bemerkbar machte, begann D. mit der in der Nähe verfügbaren Steinkohle zu experimentieren und setzte diese 1713 versuchsweise der Holzkohle zu.

Darby, Abraham II, 1711 bis 1763, englischer Hüttenfachmann, Sohn von *A. Darby I* ↑, übernahm um 1730 die Fabrik seines Vaters, die in der Zwischenzeit von einem Verwandten weitergeführt worden war. Er griff die Versuche mit Steinkohle wieder auf, die er in Meilern zu verkoken begann. 1735 soll es ihm gelungen sein, Eisenerz allein mit Koks, ohne Holzkohle zu erschmelzen. Meistens benutzte er jedoch eine Mischung aus Holz und Koks.

Darby, Abraham III, 1750 bis 1791, englischer Hüttenfachmann, übernahm mit 18 Jahren die Leitung der Fabrik seines Vaters *(A. Darby II* ↑) und erweiterte sie. Sie galt als Vorbild für viele Hüttenbetriebe der damaligen Zeit. D. baute die erste gußeiserne Brücke in England (1779 dem Verkehr übergeben).

Davisson, Clinton Joseph, 1881 bis 1958, nordamerikanischer Physiker, bewies zusammen mit *L. H. Germer* 1927 experimentell die Beugung von Elektronen an Kristallgittern und erhielt ähnliche Bilder, wie sie *M. v. Laue* ↑ für die Beugung von Röntgenstrahlen erhalten hatte. Dieses Experiment war eine wichtige Bestätigung der wellenmechanischen Vorstellungen von *L. V. de Broglie* ↑, *E. Schrödinger* ↑ und anderen. 1937 erhielt D. zusammen mit *G. P. Thomson* ↑ den Nobelpreis für Physik.

Davy, Sir Humphry, 1778 bis 1829, englischer Chemiker und Physiker, 1802 Professor für Chemie an der Royal Institution in London, 1820 bis 1827 Präsident der Royal Society. D. war ein ausgezeichneter Experimentator. Er stellte Bor und Jod dar, klärte die Zusammensetzung der Salzsäure und wies nach, daß Chlor ein Element ist. Um 1806 begann er, sich mit elektrochemischen Erscheinungen zu beschäftigen. Er experimentierte mit dem Lichtbogen ↑ und isolierte mit Hilfe der Schmelzflußelektrolyse Magnesium, Kalium, Natrium, Calcium, Barium und Strontium. Er arbeitete über die Theorie der elektrochemischen Erscheinungen, versuchte in Anlehnung an Versuche *B. Rumfords* ↑, die Zusammenhänge zwischen Wärme und Bewegung aufzudecken, beschäftigte sich mit der Verflüssigung von Gasen, dem Elektromagnetismus und dem Aufbau der Materie. 1815 erfand er die Sicherheitsgrubenlampe (Geleucht ↑).

Debye, Peter Joseph Wilhelm, 1884 bis 1966, holländischer Physiker, Professor für theoretische Physik u. a. in Göttingen und Zürich, ab 1927 in Leipzig. 1936 wurde er Direktor des »Kaiser-Wilhelm-Instituts« in Berlin-Dahlem, lehrte ab 1939 an der Cornell-Universität in Ithaca (USA). Hauptarbeitsgebiete waren die elektrische Leitfähigkeit von Flüssigkeiten, die spezifische Wärme fester Körper, magnetische Methoden zur Erreichung sehr niedriger Temperaturen, Quantentheorie und Kristallphysik. Zusammen mit *P. Scherrer* ↑ entwikkelte er wichtige Verfahren der Röntgen-Feinstrukturanalyse (Debye-Scherrer-Verfahren). 1936 erhielt er den Nobelpreis für Chemie.

Decauville, Paul, 1846 bis 1922, französischer Eisenbahntechniker, entwarf eine Schmalspurbahn, die sich als »Feldbahn« seitdem bewährte. Ihre aus Kipploren bestehenden Züge befuhren Gleise von zunächst 40 cm, später 60 cm Spurweite, die aus kurzen und leicht verlegbaren Schienenstücken mit Metalltraversen zusammengesetzt wurden.

Deere, John, 1804 bis 1886, nordamerikanischer Schmied, übersiedelte mit seiner Familie nach Illinois. Dort schmiedete D. den ersten stählernen, selbstreinigenden Pflug ↑ für schwere Prärieböden. In Illinois richtete er die erste Fabrik des nordamerikanischen Westens für Stahlpflüge ein (Jahresproduktion 1886 120 000 Stück). Von *R. Ransome* übernahm er den gußstählernen Pflugkörper, entwickelte Kultivatoren, u. a. Bodenbearbeitungsgeräte.

Degen, Jakob, 1760 bis 1848, österreichischer Techniker und Uhrmacher, konstruierte ein mit Muskelkraft betriebenes Flugzeug ↑ aus

Bambus, Rohr, Bindfaden und Pergamentpapier, mit einer Spannweite von etwa 7 m und einer Masse von nur etwa 9 kg. Die Flügel waren in Anlehnung an Vogelflügel mit winzigen Ventilklappen besetzt und wurden durch Gestänge bewegt. 1807 führte D. seinen Apparat vor. Um mit geringerem Auftrieb auszukommen, hängte er ihn an ein Seil, das über Rollen mit einem Gegengewicht verbunden war. Da das Verfahren jedoch von vornherein technisch falsch konzipiert war, blieben überzeugende Erfolge aus. Später baute D. noch ein durch Uhrwerk angetriebenes funktionsfähiges Hubschraubermodell.

De la Rive, Auguste, 1801 bis 1873, Schweizer Physiker, seit 1823 Professor der Physik in Genf. Seine Hauptarbeitsgebiete waren Magnetismus und Elektrizitätslehre; bedeutend waren auch seine Untersuchungen über die spezifische Wärme der Gase, über Nordlichterscheinungen und die Temperatur der Erdrinde. Um 1840 untersuchte er Möglichkeiten, Kupfer, Messing und Silber elektrolytisch zu vergolden.

Deprez, Marcel, 1843 bis 1918, französischer Mathematiker und Elektrotechniker, lehrte am »Conservatoire des Arts et Métiers«. Er wurde bes. bekannt durch die Konstruktion elektrischer Meßinstrumente und durch Pionierarbeiten auf dem Gebiet der elektrischen Kraftübertragung. Während der Münchner Elektrotechnischen Ausstellung 1882 führte D. die erste Übertragung von Elektroenergie auf größere Entfernung (57 km) zwischen München und Miesbach durch nicht isolierte Leitungen vor.

Derham, William, 1657 bis 1735, englischer Physiker. D. trat in vielen Zweigen der Physik hervor. Er konstruierte 1698 ein transportables Barometer ↑, untersuchte die Pendelschwingungen im luftverdünnten und luftleeren Raum, beschäftigte sich mit der Messung der Schallgeschwindigkeit, entwarf Regenmesser und schrieb über Uhren.

Desaguliers, Jean Théophile, 1683 bis 1744, französischer Physiker, untersuchte den Strömungswiderstand von frei fallenden Körpern (um 1720) und von Flüssigkeiten in Rohrleitungen (1726), maß Reibungsverluste an Rollen (1732) und die Luftgeschwindigkeit in Ventilatoren. Er beschäftigte sich mit Pyrometrie und Feuchtigkeitsmessungen, Meteorologie und führte die Begriffe des elektrischen Leiters und Nichtleiters ein (1742).

Dewar, Sir James, 1842 bis 1923, englischer Chemiker, lehrte an der Universität Cambridge und später an der Royal Institution in London. Er wurde bekannt durch spektroskopische Untersuchungen, durch Arbeiten auf dem Gebiet der Sprengstoffchemie, vor allem aber durch Untersuchungen im Bereich tiefer Temperaturen. Er verflüssigte Wasserstoff und bestimmte dessen Siedepunkt. Das von *A. F. Weinhold* 1881 erfundene wärmeisolierende Gefäß verbesserte er durch eine innen angebrachte Verspiegelung (Verwendung zur Aufbewahrung verflüssigter Gase und als Thermosflasche).

Dieckmann, Max, 1882 bis 1960, deutscher Physiker, vor allem auf dem Gebiet der Hochfrequenztechnik tätig, leitete 1908 den Aufbau der Funkstation Gräfelfing, wurde 1936 Professor an der TH München und 1937 Leiter des Flugfunk-Forschungsinstituts Oberpfaffenhofen. Von D. stammte einer der ersten Vorschläge, die Braunsche Röhre für Fernsehzwecke zu verwenden. D. führte auch entsprechende Versuche aus. Fragen des Bildfunks, der Funknavigation und der atmosphärischen Elektrizität galt sein Interesse ebenfalls.

Diesel, Rudolf, 1858 bis 1913, deutscher Ingenieur, studierte an der TH München Maschinenbau. Bereits während des Studiums kam ihm der Gedanke, eine Maschine zu konstruieren, die der Verwirklichung des N. L. S. Carnotschen ↑ Kreisprozesses nahekam und die bekannten Wärmekraftmaschinen im Wirkungsgrad übertreffen sollte. 1880 übersiedelte D. als Vertreter der C. v. Lindeschen ↑ Kältemaschinengesellschaft nach Paris. Im Verlauf wenig erfolgreicher Versuche, bei denen er Ammoniakdampf und überhitzten Wasserdampf benutzte, reiften die Grundgedanken des späteren Dieselmotors.

Dieser Motor war in seinen Grundzügen 1892 soweit durchdacht, daß D. ein erstes Patent beantragen konnte. 1893 beschrieb er den Motor in seiner Arbeit »Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors zum Ersatz der Dampfmaschine und der heute bekannten Verbrennungsmotoren«.

Als Geldgeber für Konstruktionsversuche fungierten *Krupp* und die Maschinenfabrik Augsburg, die die Möglichkeiten des neuen

Motors erkannten und sich die Rechte sichern wollten. Eine Versuchswerkstatt wurde in Augsburg eingerichtet. 1897 war der Motor annähernd produktionsreif. Mehrere Firmen begannen, ihn herzustellen. Bereits 1898 waren Dieselmotoren auf Ausstellungen zu sehen.

1903 veröffentlichte D. sein Buch »Solidarismus«, einen wegen Nichtkenntnis und Nichtbeachtung der gesellschaftlichen Gesetzmäßigkeiten zum Scheitern verurteilten Vorschlag, die menschliche Gesellschaft umzugestalten. Während einer Schiffsreise nach England schied D. freiwillig aus dem Leben.

Dinnendahl, Franz, 1775 bis 1826, deutscher Maschinenbauer. D. erhielt nur eine sehr unzureichende Schulbildung. Bereits mit 12 Jahren mußte er als Hirte arbeiten, später war er Bergarbeiter und erlernte schließlich den Beruf eines Zimmermanns. D. bewies nicht nur bei der Reparatur komplizierter Maschinen großes Geschick. So erhielt er den Auftrag, für eine westfälische Grube eine atmosphärische Dampfmaschine ↑ zu bauen (1801). Da Facharbeiter fehlten, fertigte D. fast alle Einzelteile selbst an. Später gründete er eine Maschinenfabrik in Essen. 1821, nach einem Brand, verlegte er sie nach Huttrop bei Steele, wo er auch eine Gießerei betrieb. Dort baute D. neben Dampfmaschinen Pumpen, Hammer- und Walzwerke, Fördermaschinen und Kessel.

Dion, Albert Marquis de, 1856 bis 1946, französischer Ingenieur, gründete zusammen mit dem Feinmechaniker *G. Bouton* eine Maschinenfabrik, konstruierte zuerst Dampfautomobile und gewann mehrere Rennen, darunter eines auf der Strecke Paris–Rouen mit einer Zugmaschine, der eine Kutsche angehängt war. 1889 konstruierte er einen Sternmotor mit umlaufenden Zylindern, 1895 ein Motordreirad und 1899 einen Kraftwagen mit Rohrchassis und Kardanwellenübertragung.

Dirac, Paul Adrien Maurice, 1902 bis 1984, engl. Physiker, studierte Mathematik und Naturwissenschaften, seit 1932 in Cambridge als Professor tätig. Er arbeitete über Quantenphysik, verknüpfte die Wellenmechanik mit der Relativitätstheorie. D.s Untersuchungen forderten die Existenz eines »positiven Elektrons«, das als »Positron« 1932 gefunden wurde. 1933 erhielt D. zusammen mit *E. Schrödinger* ↑ den Nobelpreis für Physik.

Dischinger, Franz, 1887 bis 1953, deutscher Bauingenieur und Hochschullehrer, studierte an der TH Karlsruhe und trat nach kurzer Tätigkeit in Wesel 1913 in die Firma Dyckerhoff & Widmann ein, deren Direktor er später wurde. Befaßte sich anfangs hauptsächlich mit Tiefbauaufgaben (Druckluftgründungen vieler Rhein- und Donaubrücken). 1923 erfand er die Stahlbeton-Schalenbauweise ↑. D. entwickelte zusammen mit Prof. *Bauersfeld* dünnwandige Rotations- und kurze Zeit später Zylinderschalen (erste Anwendung im Planetarium in Jena). D. arbeitete zusammen mit *U. Finsterwalder* ↑ die Theorie und Konstruktion von Schalendächern der verschiedensten Formen aus. Bereits 1927 wurden die ersten Großbauten ausgeführt.

1932 wurde D. an den Lehrstuhl für Stahlbetonbau der TH Berlin-Charlottenburg berufen. 1934 bekam er ein Patent für die Erfindung der Vorspannung mit nachträglichem Verbund für Balkenbrücken aus Beton. 1937/39 erarbeitete D. eine ausführliche Darstellung der Kriechtheorie 1. und 2. Ordnung und legte damit die Grundlage für eine sichere Berechnung weitgespannter Bogenbrükken und von Spannbetonkonstruktionen. In den folgenden Jahren versuchte D., die Prinzipien der Vorspannung auf den Stahlbrückenbau zu übertragen.

Diwitsch, Prokop, 1696 bis 1765, tschechischer Naturforscher, untersuchte vor allem elektrische Erscheinungen und kam zu dem Schluß, daß der Blitz ein elektrischer Funke sei. 1754 errichtete er erste Blitzableiter ↑. Sie wurden jedoch von abergläubischen Zeitgenossen zerstört.

Doebereiner, Johann Wolfgang, 1780 bis 1849, deutscher Chemiker, ursprünglich Apotheker, 1810 Professor für Chemie und Pharmazie an der Universität Jena; machte sich durch Einrichtung eines chemischen Praktikums für Studenten um eine wirklichkeitsnahe Ausbildung verdient. D. führte Verbesserungen in der Färbereitechnik ein und untersuchte die katalytischen Wirkungen von Platin, Nickel, Braunstein u. a. Diesen Untersuchungen entsprang das Doebereinersche Feuerzeug ↑ (1823), bei dem sich Wasserstoff an Platinschwamm entzündete. D. faßte Elemente mit einander ähnlichen Eigenschaften zu »Triaden« zusammen und leistete damit

Vorarbeit für das Periodensystem der Elemente.

Doliwo-Dobrowolski, Michail Ossipowitsch, 1861 bis 1919, russischer Elektrotechniker, studierte an der TH Darmstadt und trat als Ingenieur in die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG) ein. D.-D. wandte sich frühzeitig der Beschäftigung mit Mehrphasenströmen und den von diesen hervorgerufenen Drehfeldern zu. Er entwickelte Drehstromgeneratoren, Transformatoren, Übertragungseinrichtungen, vor allem den heute in der ganzen Welt verbreiteten Drehstrommotor mit Käfigläufer.

In einem Vortrag wies er auf die Grenzen der Wechselstromübertragung hin und empfahl statt dessen die Übertragung von Gleichströmen höchster Spannung.

Dollond, John, 1706 bis 1761, **Dollond, Peter,** 1730 bis 1820, **Dollond, George,** 1774 bis 1852, englische Optiker, *John D.* war zunächst Weber, befaßte sich aber nebenbei mit naturwissenschaftlichen Fragen. 1752 trat er in die optischen Werkstätten seines Sohnes *Peter* ein. 1756 konstruierte er das achromatische Fernrohr, ↑ auf dessen Möglichkeit *L. Euler* ↑ 10 Jahre vorher hingewiesen hatte. Auch das Spiegelteleskop wurde von *John* und *Peter D.* verbessert. *George,* Neffe von *Peter D.,* trat als Konstrukteur von Mikrometern, achromatischen Linsensätzen, Winkelmeßgeräten und Chronometern hervor.

Doppler, Christian, 1803 bis 1853, österreichischer Physiker und Mathematiker, studierte in Wien und Salzburg, war Assistent am Polytechnischen Institut in Wien, anschließend Mathematikprofessor in Prag, wurde 1851 Professor für Experimentalphysik und Direktor des Physikalischen Instituts der Wiener Universität. D.s bekannteste Leistung ist die Erklärung des nach ihm benannten Effekts (Doppler-Effekt). D. entdeckte ihn bei Untersuchungen an Doppelsternen und beschrieb ihn erstmals 1842 in seiner Arbeit »Über das farbige Licht der Doppelsterne«.

Dornier, Claude, 1884 bis 1969, deutscher Flugzeugkonstrukteur, entwickelte vor allem Flugboote, die sich im Passagierverkehr, im Transatlantikpostdienst und bei Forschungsflügen bewährten. Er war nach 1933 im Auftrag der Faschisten maßgeblich am Rüstungsgeschäft beteiligt.

Drais, Karl Friedrich Christian Ludwig Freih. v., 1785 bis 1851, deutscher Techniker. D. war von Beruf Forstbeamter, Kammerherr und Offizier, befaßte sich jedoch daneben mit zahlreichen technischen Problemen. Er versuchte, eine Schreibmaschine ↑ zu konstruieren; u. a. erfand er eine Fleischhackmaschine. Am bekanntesten wurde sein Laufrad (1817), ein Vorläufer des Fahrrads ↑, das 1818 patentiert wurde. Obwohl D. die Brauchbarkeit nachwies, indem er größere Strecken in überraschend kurzer Zeit damit zurücklegte, setzte sich sein Laufrad nicht durch, eine Folge auch der mangelhaften Federung und der schlechten Straßen.

Drebbel, Cornelis van, 1572 bis 1634, holländischer Mechaniker und Physiker, befaßte sich mit optischen und mechanischen Experimenten, unternahm Tauchversuche in Tonnen, die u. a. auch durch gefettetes Leder abgedichtet waren. D. erreichte auf diese Weise (nach 1620) Tauchtiefen von 5 m.

Drummond, Thomas, 1797 bis 1840, englischer Techniker. Er erhitzte Kreide, Kalk und Zirkonium in einer Knallgasflamme und erhielt auf diese Weise ein sehr intensives, nahezu weißes Licht (Drummondsches Kalklicht), das ab 1826 für Leuchttürme, Signalanlagen, Projektoren usw. verwendet wurde.

Ducos du Hauron, Louis, 1837 bis 1910, französischer Pionier der Farbenfotografie ↑, gab bereits 1869 zusammen mit *Ch. Cros* ↑ ein Verfahren dafür an. Schlug 1895 eine weitere Methode vor, die auf verschiedenen, durch entsprechende Farbfilter getrennten lichtempfindlichen Schichten beruhte.

Dudley, Dud, 1599 bis 1684, englischer Metallurg und Hüttenfachmann, begann frühzeitig mit Versuchen, Steinkohle bzw. Koks statt Holzkohle zur Eisenschmelze zu verwenden. D. errichtete den ersten Kokshochofen, der eine wöchentliche Leistung von 7 t brachte. D., dessen Verfahren bereits 1619 patentiert worden war, erschloß in der Nähe seines Betriebes große Kohlen- und Erzlager, wurde jedoch durch Konkurrenten vertrieben, die seine Anlagen teilweise zerstörten. 1638 erhielt er ein neues Patent auf das inzwischen verbesserte Verfahren. 1665 veröffentlichte D. seine Schrift über die Eisenbereitung mit Steinkohle. Er erkannte die wirtschaftliche Bedeutung der Verhüttung mit Koks, hielt je-

doch Einzelheiten seines Verfahrens geheim. Es wurde erst durch die *Darbys* ↑ weitergeführt.

Dufay, Charles François de Cisternay, 1698 bis 1738, französischer Physiker und Chemiker, arbeitete bes. über elektrische Erscheinungen. Von ihm stammt die Unterscheidung von Glas- und Harzelektrizität (um 1730). D. stellte zahlreiche Versuche an, Elektrizität durch Leiter zu übertragen, u. a. über eine mehrere hundert Meter lange, feuchte Schnur. Auch die elektrische Anziehung und Abstoßung untersuchte er.

Dulong, Pierre-Louis, 1785 bis 1838, französischer Chemiker und Physiker, unterrichtete an mehreren Schulen Physik und Chemie, wurde 1820 Professor für Physik an der École Polytechnique in Paris, 1832 ständiger Sekretär der Pariser Akademie der Wissenschaften. 1812 entdeckte er das Stickstoffchlorid. Er befaßte sich später vorwiegend mit Problemen aus den Grenzbereichen zwischen Chemie und Physik. Mit *A. T. Petit* ↑ untersuchte er die Ausdehnungskoeffizienten und die spezifische Wärme der Metalle und fand 1818 die Dulong-Petitsche Regel über die »Atomwärme«. Er untersuchte die Wärmeleitfähigkeit von Gasen, die Schallgeschwindigkeit und die Brechzahlen in Gasen, arbeitete über die Verbrennungswärme und über den Dampfdruck bei hohen Temperaturen.

Du Moncel, Théodore, 1821 bis 1884, französischer Elektrotechniker, stellte die Druckabhängigkeit des Übergangswiderstandes zwischen Kohle und einem Metallstück fest (Prinzip des Kohlemikrofons, 1857); erfand einen schreibenden Windgeschwindigkeitsmesser und andere technisch-physikalische Geräte.

Dunlop, John Boyd, 1840 bis 1921, schottischer Tierarzt; führte 1888 den Luftreifen mit Ventil ein. Dieser wurde anfänglich für Fahrräder ↑ benutzt und auf das Rad geklebt, später auswechselbar gestaltet und etwa ab 1895 auch für Kraftfahrzeuge ↑ verwendet.

Dupin, Pierre Charles François, 1784 bis 1873, französischer Techniker, Marineingenieur, Schüler der Pariser École Polytechnique. Er befaßte sich mit Schiffsbau und stellte wichtige Untersuchungen über die Stabilität schwimmender Körper und die Eigenschaften des für den Schiffsbau verwendeten Holzes an. Nach mehrjährigen Reisen, bes. nach England, kehrte er als Lehrer an das »Conservatoire des Arts et Métiers« nach Paris zurück. D. stellte auch wertvolle statistische Untersuchungen an, u. a. über die industrielle Entwicklung in England

Dupuy de Lôme, Charles Henri Laurent, 1816 bis 1885, französischer Ingenieur. Nachdem er in England Konstruktion und Eigenschaften eiserner Schiffe studiert hatte, förderte er deren Bau in Frankreich. Er konstruierte mehrere eiserne Dampfschiffe. 1859 lief in Toulon das erste Panzerschiff von Stapel; es wurde Vorbild zahlreicher ähnlicher Konstruktionen auch außerhalb Frankreichs.

Während der Belagerung von Paris (1870) leitete D. die Ballonaktion, mit deren Hilfe Passagiere und Post aus der belagerten Stadt gebracht wurden. Das regte ihn zum Entwurf lenkbarer Luftschiffe an. Ein 1872 fertiggestelltes besaß Handantrieb und erreichte bei Windstille eine Geschwindigkeit von 2,8 m/s (Luftschiff ↑).

E

Eckert, Heinrich Ferdinand, 1819 bis 1875, deutscher Landmaschinenbauer, lernte und arbeitete als Schlosser, gründete 1846 eine eigene Werkstatt. Durch Arbeiten in der Brennerei von *Pistorius* wurde ihm nahegelegt, die eingeführten, aber für den märkischen Sand wenig geeigneten amerikanischen Pflüge zu verbessern. *Pistorius* und E. wandten sich diesem Problem zu und konnten 1847 die ersten eigenen Pflüge verkaufen. E. führte das Ruchadlo-Streichblech ein, das sich gut für Sandböden eignete, trennte Schar vom Streichblech, ließ auch die Sohle getrennt davon herstellen. So konnten die wesentlichsten Verschleißteile des Pfluges ausgewechselt werden. Die Sohle war, dem zunehmenden Verschleiß entsprechend, verstellbar.

Später stellte E. den Karrenpflug her, ersetzte auch das Holz durch Eisen. Ein großer Teil seiner Produktion wurde nach Rußland exportiert, wo er (in Kiew) eine Niederlassung einrichtete.

E. versuchte – angeregt durch den Besuch

der Weltausstellung 1851 in London –, sämtliche Landmaschinen herzustellen. Dies brachte ihm den Ruf eines Pioniers ein; denn viele Maschinen, z. B. ab 1868 Getreidemähmaschinen, wurden erstmals in seinem Werk hergestellt.

Edison, Thomas Alva, 1847 bis 1931, nordamerikanischer Techniker, vielseitiger Erfinder. Mit 12 Jahren mußte E. in den Zügen nordamerikanischer Fernstrecken Zeitungen verkaufen. Er richtete sich im Packwagen eine kleine Druckerei ein, mit deren Hilfe er eine eigene »Zeitung« herausgab und verkaufte. E. experimentierte in seiner Freizeit bes. mit elektrischen und telegrafischen Geräten und wurde zunächst Telegrafist. Mit 21 Jahren erhielt er seine ersten Patente.

Er erfand eine Methode, auf einer Leitung gleichzeitig in beiden Richtungen zu telegrafieren (1868), ersann später einen Vielfachtelegrafen und ein Telegrafenrelais (Telegrafie ↑).

Er verbesserte den Bellschen Fernsprecher und führte das Kohlemikrofon ein. Er experimentierte mit Methoden, eine ständige Telegrafenverbindung mit fahrenden Zügen herzustellen, erfand den als Diktiergerät gedachten Phonographen (1878) und entwickelte Kinoaufnahme- und Vorführapparate (1889 bzw. 1895). Er verbesserte den 1901 erfundenen Nickel-Eisen-Akkumulator ↑.

Die Glühlampe ↑ vervollkommnete E. so, daß sie praktisch brauchbar und in großen Stückzahlen herstellbar wurde. Er beteiligte sich an der Planung und Ausführung von Elektrizitätswerken und richtete in New York (1882) die erste größere Elektrizitätszentrale der Welt ein.

Der von ihm an Glühlampen entdeckte Edison-Effekt wurde Ausgangspunkt für die Entwicklung der Elektronenröhren ↑.

Die Schmelzsicherung geht gleichfalls auf E. zurück.

Ehrhardt, Ludwig, 1874 bis 1945, deutscher Landmaschinenkonstrukteur und Hochschullehrer. Nach Studium, Tätigkeit als Konstrukteur, längerem Auslandsaufenthalt und Anstellung bei einer landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft, wo er sich erfolgreich mit Fragen der Unfallverhütung und des Unfallschutzes befaßte, übernahm er 1908 die Leitung der Landmaschinenfabrik W. Siedersleben bei Bernburg. Dort schuf er in 15jähriger Tätigkeit zahlreiche Neukonstruktionen und Verbesserungen an Drillmaschinen, bes. der Vielfachübersetzungsgetriebe, die abklappbare Bodenklappe für die Schnellentleerung, Hack- und Rübenerntemaschinen. 1925 wurde er als Professor für Landmaschinenkunde an die Universität Breslau berufen.

Eiffel, Alexandre Gustave, 1832 bis 1923, französischer Ingenieur, spezialisierte sich auf Stahlkonstruktionen. 1858 wandte er bei einem Brückenbau als einer der ersten Druckluft für Fundamentierungsarbeiten an. Er beschäftigte sich mit dem gerüstlosen Aufbau von Eisenkonstruktionen und konstruierte Brücken, Bahnhofshallen, Ausstellungsgebäude, Sternwartenkuppeln usw. Für die Pariser Weltausstellung 1889 erbaute er den später nach ihm benannten 300 m hohen Turm. Auch am Bau des Panamakanals war E. in leitender Position tätig. Nebenbei befaßte er sich mit Fragen der Aerodynamik und benutzte für seine Versuche den Windkanal.

Einstein, Albert, 1879 bis 1955, in Ulm geborener Physiker. Er studierte in Zürich mit dem Ziel, Physiklehrer zu werden, konnte jedoch zunächst keine Dauerstellung im Lehramt erhalten und trat 1902 als Prüfer in das Berner Patentamt ein. 1905 promovierte er, 1908 habilitierte er sich, anschließend Hochschullehrer in Zürich, Prag und wieder Zürich, 1913 Mitglied der Berliner Akademie der Wissenschaften, Lehrbefugnis an der Berliner Universität, 1917 Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts. 1933 emigrierte er in die USA, wo er bis zu seinem Lebensende an der Universität Princeton lehrte.

E. gilt als einer der größten Physiker. Er gab 1905 eine mathematische Erklärung der Brownschen Molekularbewegung und leistete damit einen wichtigen Beitrag zur Molekularphysik und zur kinetischen Gastheorie. Er übertrug 1905 die von *M. Planck* ↑ aufgestellte Quantenhypothese auf die elektromagnetische Strahlung (Lichtquantenhypothese), konnte damit den lichtelektrischen Effekt erklären und zeigte so den dialektischen Zusammenhang zwischen der Wellen- und der Korpuskularvorstellung von elektromagnetischer Strahlung. 1907 wandte er seine Hypothese mit Erfolg auf die Untersuchung der spezifischen Wärmekapazität fester Körper an.

Seine gleichfalls 1905 erschienene Arbeit »Zur Elektrodynamik bewegter Körper« bildet die Grundlage der speziellen Relativitätstheorie. In seiner Arbeit »Ist die Trägheit des Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?« behandelt er die Gedankengänge, die als E.sche Masse – Energie-Beziehung auch von größter technischer Bedeutung wurden (Grundlage der Physik der Atomkerne, Gewinnung von Kernenergie). In den folgenden Jahren begann E. mit der Ausarbeitung der allgemeinen Relativitätstheorie, die er 1915 abschloß. Später versuchte er, eine einheitliche Feldtheorie zu entwickeln, die der gesamten Physik als Grundlage dienen sollte.

E. war Gegner des Militarismus, Antifaschist und ein Freund der Sowjetunion. Er setzte sich für das Verbot der Kernwaffen und für internationale Verständigung ein und lehnte jeden Mißbrauch der Wissenschaft ab. 1921 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Eisenkolb, Friedrich, 1901 bis 1967, deutscher Werkstoffkundler, Professor für Werkstoffkunde an der TU Dresden und Direktor des Forschungsinstituts für metallische Spezialwerkstoffe der Akademie der Wissenschaften der DDR. 1954 Nationalpreis, 1961 Vaterländischer Verdienstorden. Befaßte sich bes. mit der Herstellung und Verarbeitung von Feinblechen, mit der Materialprüfung sowie mit den Grundlagen und der Anwendung der Pulvermetallurgie ↑.

Elster, Julius, 1854 bis 1920, deutscher Physiker, Gymnasiallehrer, beschäftigte sich mit der elektrischen Leitfähigkeit von Gasen, radioaktiven Erscheinungen und dem lichtelektrischen Effekt und entwickelte mit *H. Geitel* ↑ die Fotozelle ↑.

Eötvös, Roland v., 1848 bis 1919, ungarischer Geophysiker, Professor an der Universität Budapest; untersuchte und maß die Schwerkraft mit der von ihm verbesserten Torsionswaage. Die Einheit der Schwerkraftänderung trägt seinen Namen.

Eratosthenes von Kyrene, etwa 276 bis 194 v. u. Z., letzter griechischer Universalgelehrter, studierte in Alexandria und Athen, wurde um 246 zum Leiter der Bibliothek von Alexandria berufen. Er gilt als Begründer der wissenschaftlichen Geographie. Mit Hilfe einer astronomischen Gradmessung errechnete er den Erdumfang zu wenig mehr als 40000 km. Er bestimmte die Jahreslänge und die Neigung der Ekliptik und erhielt dafür gute Näherungswerte. Auf mathematischem Gebiet beschäftigte er sich u. a. mit der Verdopplung des Würfels und gab das nach ihm benannte »Sieb« zur Ermittlung von Primzahlen an. Er schrieb auch über literarische Probleme.

Ericsson, John, 1803 bis 1889, schwedischer Ingenieur und Techniker, Sohn eines Grubenbesitzers, zunächst Berufssoldat. 1826 ging er nach England, um dort seine Pläne zur Konstruktion eines Heißluftmotors ↑ zu verwirklichen. 1833 war eine solche Maschine mit etwa 5 PS (etwa 3,7 kW) Leistung fertiggestellt. E. wollte sie als Schiffsantrieb und als Kraftquelle für Kleinbetriebe einsetzen, doch ließen sich seine Pläne nicht realisieren. Auch um die Einführung der Schiffsschraube war E. bemüht. Da er in England kaum Unterstützung fand, übersiedelte er nach den USA, wo er mehrere Schraubenschiffe baute. Hier entstand auch sein »Monitor«, ein gepanzertes Wasserfahrzeug mit schwenkbarem Geschützturm. Er erfand eine Graviermaschine, ein Zentrifugalgebläse und untersuchte die Möglichkeiten einer direkten Ausnutzung der Sonnenenergie. Auch Dampf-Feuerspritzen konstruierte er.

Erlenmeyer, Emil, 1825 bis 1909, deutscher Chemiker, lehrte in Heidelberg und München, wobei er bes. um methodische Verbesserung des chemischen Unterrichts und um die Strukturchemie organischer Verbindungen bemüht war.

Er führte den nach ihm benannten Kolben mit flachem Boden ein. 1866 stellte er die Strukturformel des Naphthalins auf.

Esnault-Peltérie, Robert, 1881 bis 1957, französischer Techniker, Ingénieur und Pilot, führte Gleitversuche durch, konstruierte anschließend Eindecker und einen Flugzeugmotor (1907). Nach 1900 wandte er sich auch Problemen des Rückstoßantriebs und der Raumfahrt zu. 1928 erschien seine Arbeit »Die Eroberung der Hochatmosphäre mit Raketen und die Möglichkeit interplanetarer Reisen«.

Eucken, Arnold Thomas, 1884 bis 1950, deutscher Physikochemiker, wurde vor allem als Autor verbreiteter Lehrbücher und als Herausgeber von Sammelwerken und Zeitschriften bekannt (»Lehrbuch der chemischen Physik«,

»Chemieingenieur« u. a.). Er wirkte von 1930 bis 1950 als Direktor des physikalisch-chemischen Instituts der Universität Göttingen.

Eudoxus v. Knidos, etwa 408 bis etwa 355 v. u. Z., griechischer Mathematiker, Astronom und Geograph, unternahm ausgedehnte Reisen, gründete in Athen neben der Platonischen Akademie eine eigene Schule. Er schuf eine mathematische Proportionslehre, beschäftigte sich mit dem Problem der Würfelverdopplung, schrieb über Stereometrie und entwickelte die Exhaustionsmethode zur Bestimmung des Inhalts nicht geradlinig begrenzter Flächen und Körper. Er bewies die Beziehung zwischen dem Rauminhalt von Kegel und Zylinder sowie Prisma und Pyramide. Er versuchte, die Bewegungen der Sterne und Planeten durch mehrere konzentrische, rotierende Sphären zu erklären.

Euklid, etwa 365 bis etwa 300 v. u. Z., griechischer Mathematiker, wirkte in Alexandria. Kein Mathematikbuch wurde so häufig gedruckt, übersetzt und benutzt wie die »Elemente« des Euklid (13 Bücher mit 2 später hinzugefügten Büchern als Anhang). Sie übten einen bestimmenden Einfluß auf den Fortgang der mathematischen Entwicklung bis ins 19. Jh. aus. In den »Elementen« ordnete E. das mathematische Wissen seiner Zeit systematisch und gab. bes. der Geometrie ein Fundament, das bis in die Gegenwart Grundlage des elementaren Unterrichts blieb. Er beschäftigte sich außerdem mit Fragen der Optik, der Harmonielehre und der Astronomie.

Euler, August, 1868 bis 1975, deutscher Luftfahrtpionier, befaßte sich nach 1900 mit Flugzeugkonstruktionen, zunächst mit Lizenzbauten nach französischen Mustern. Später entwickelte und konstruierte er selbst Ein- und Zweidecker. E. erwarb das erste deutsche Flugzeugführerpatent.

Euler, Johann Albrecht, 1734 bis 1800, Schweizer Physiker, Sohn von *Leonhard E.* ↑. Er arbeitete auf dem Gebiet der Astronomie, untersuchte die Auftriebskräfte am Drachen, berechnete wassergefüllte Linsen und erweiterte seine Untersuchungen zu einer größeren Arbeit über die Lichtbrechung in Flüssigkeiten. Er entwarf auch mechanisch angetriebene Wasserfahrzeuge.

Euler, Leonhard, 1707 bis 1783, Schweizer Mathematiker und Physiker. E. studierte in Basel Mathematik. Im Alter von 20 Jahren erhielt er eine Berufung an die Petersburger Akademie. 1741 wurde er nach Berlin berufen, kehrte aber 1761 nach Petersburg zurück. Er erblindete 1735 auf einem, 1766 auch auf dem zweiten Auge. Trotzdem setzte er seine Arbeit mit großer Energie fort. Er verfaßte über 900 wissenschaftliche Arbeiten, von denen etwa ein Viertel erst nach seinem Tode veröffentlicht wurde. E. war Anhänger der Wellentheorie des Lichts und arbeitete über Farben und Brechbarkeit. Er untersuchte und formulierte Gesetze für die Konstruktion optischer Apparate und befaßte sich mit farbfehlerfreien Linsenkombinationen. Er arbeitete über die Schwingungen von Stäben und Saiten, untersuchte Wasserströmungen, die Leistung von Pumpen, beschäftigte sich mit Turbinen und konzipierte eine Theorie der optimalen Umwandlung hydraulischer Energie in mechanische Arbeit. E. schrieb über Algebra und Infinitesimalrechnung, Zahlentheorie und Geometrie, fand zahlreiche mathematische Sätze. Er befaßte sich mit dem Dreikörperproblem und schrieb eine Theorie der Bewegung der Planeten sowie über Himmelsmechanik.

Evans, Oliver, etwa 1755 bis 1819, nordamerikanischer Techniker, lernte als Stellmacher, bildete sich selbständig weiter. Er beschäftigte sich von Jugend an mit dem Gedanken eines Kraftwagens, für den er eine Dampfmaschine ↑ als Antrieb einsetzen wollte. Er war mit seinen Brüdern in einer Mühle tätig, in der er u. a. durch Verbesserungen an Transport- und Fördereinrichtungen eine Verdopplung der Arbeitsproduktivität erreichte.

Bald nach 1800 begann E. mit dem Bau von Dampfmaschinen, die er u. a. in einem selbstfahrenden Bagger ↑ einsetzte. E. verfolgte seit 1780 den Gedanken der Hochdruckdampfmaschine. Sie konnte nach 1800 verwirklicht werden. Auch konstruierte er die erste amerikanische Straßenlokomobile. E. gründete 1807 eine eigene Maschinenfabrik, die jedoch bald durch Brandstiftung zerstört wurde.

Eyth, Max v., 1836 bis 1906, deutscher Ingenieur und Schriftsteller. Trat nach Studium am Polytechnischen Institut Stuttgart, Werkstattpraxis und Tätigkeit als Konstrukteur (Patente zur Verbesserung der Dampfmaschine) in die Firma *J. Fowler* ↑ ein. Seine Haupttätigkeiten waren Bau und die Einführung von

Dampfpflügen. Zu letzterer war E. jahrelang in Ägypten tätig, erfand dort Geräte und Maschinen für den Baumwollanbau und konstruktive Verbesserungen an der störanfälligen Drahtseilwicklung der Dampfpflüge. Später war E. maßgeblich an der Einführung des Dampfpfluges in vielen Ländern beteiligt (1869 Vorführung in Schlanstedt, heute Bez. Magdeburg). 1882 kehrte E. nach Deutschland zurück. Er gründete die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, die er 14 Jahre leitete. Als Schriftsteller versuchte E., die nüchterne Arbeit des Technikers mit der Poesie zu verbinden; er veröffentlichte Tagebücher, Erzählungen und Romane aus der technischen Umwelt und auch technisch-historischen Inhalts.

F

Fahrenheit, Gabriel Daniel, 1686 bis 1736, deutscher Physiker, lebte hauptsächlich in Holland und England. Er absolvierte zunächst eine Lehre als Kaufmann, wandte sich aber bald der Konstruktion physikalischer Apparate zu. Zunächst baute er Alkoholthermometer, ersetzte um 1714 den Alkohol durch Quecksilber und erhielt so erstmals zuverlässige Thermometer. Er führte die nach ihm benannte Temperaturskale ein, untersuchte die Abhängigkeit des Siedepunkts vom Luftdruck und benutzte diese Erscheinung zur Konstruktion eines Thermobarometers. Auch Barometer ↑ und Aräometer ↑ gingen aus seiner Werkstatt hervor.

Faraday, Michael, 1791 bis 1867, englischer Physiker und Chemiker. F., Sohn eines Hufschmieds, erhielt nur eine sehr mangelhafte Schulbildung. Mit 12 Jahren wurde er Botenjunge einer Buchhandlung, mit 13 Jahren begann er die Lehre als Buchbinder. Durch intensives Selbststudium eignete er sich ein umfangreiches Wissen an. Allgemeinverständliche Vorlesungen, die er bei *H. Davy* ↑ hörte, bewogen ihn, sich bei diesem um eine Anstellung zu bemühen. Als er sie erhielt, begann seine Entwicklung zu einem der berühmtesten Naturwissenschaftler. Auf dem Gebiet der Elektrizität ist seine für die Technik wichtigste Leistung die Entdeckung der elektromagnetischen Induktion (1832) (Grundlage für die Elektroenergietechnik). F. entwickelte die Vorstellung des elektrischen und des magnetischen Feldes, die sich in den folgenden Jahrzehnten als einer der fruchtbarsten und weitestreichenden physikalischen Begriffe erweisen sollte.

Er untersuchte und fand Grundgesetze der elektrochemischen Vorgänge und entdeckte die Drehung der Polarisationsebene von Licht im Magnetfeld.

Auch das Benzen und das Buten wurden von ihm gefunden. F. war ein Meister der verständlichen, bildhaften Darstellung wissenschaftlicher Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten.

Farcot, Marie Joseph Denis, 1798 bis 1875, französischer Maschinenbauer; wurde als Feinmechaniker ausgebildet. Er war zunächst im wissenschaftlichen Gerätebau beschäftigt. Als Angestellter einer Maschinenfabrik (seit 1820) führte er zahlreiche Verbesserungen der Dampfmaschine ↑ ein, z. B. eine regulierbare Expansionssteuerung. 1823 gründete er eine eigene Maschinenfabrik, in der er Dampfpumpen, Ölpressen, Dampfbacktröge und andere Einrichtungen konstruierte.

Farman, Henri, 1874 bis 1958, französischer Luftfahrtpionier und Flugzeugkonstrukteur. Er stellte 1907/08 mehrere Rekorde auf und unternahm den ersten Flug mit Passagieren. Er gründete Flugzeugwerke, die bes. im ersten Weltkrieg durch den Bau von Jagdflugzeugen bekannt wurden, und machte sich um die Einführung von Nachtflügen verdient (Flugzeug ↑).

Faworski, Alexei Jewgrafowitsch, 1860 bis 1945, sowjetischer Chemiker. Sein Hauptarbeitsgebiet war die Acetylenchemie ↑. 1902 entdeckte er die Kondensation von Acetylen mit Ketonen. Er gewann Isopren, einen wichtigen Ausgangsstoff für die Gewinnung künstlichen Kautschuks. Er arbeitete auch über Butadienkautschuk und andere Zweige der organischen Chemie. Seit 1920 war er Mitglied der sowjetischen Akademie der Wissenschaften.

Feddersen, Berend Wilhelm, 1832 bis 1918, deutscher Physiker, seit 1858 Privatgelehrter in Leipzig. F.s Hauptverdienst liegt in der Untersuchung elektrischer Schwingungen (1858 bis 1866), deren Frequenz er durch Funkenbeobachtungen im Drehspiegel bestimmte. F.

konnte so die Schwingungsformel von *W. Thomson (Kelvin* ↑) bestätigen.

Fehling, Hermann, 1811 bis 1885, deutscher Chemiker, zunächst Apotheker, studierte in Heidelberg, arbeitete nach der Promotion bei *J. v. Liebig* ↑ in Gießen und wurde nach kurzem Aufenthalt in Paris Lehrer an der Gewerbeschule in Stuttgart, die unter seiner Mitwirkung zum Polytechnikum mit Hochschulcharakter ausgebaut wurde.

F. arbeitete bevorzugt über technische Anwendungen der Chemie, z. B. über Gerbereiwesen, Mineralwässer, Chemie des Backgewerbes u. a. 1850 gab er die Fehlingsche Lösung zum Traubenzuckernachweis an.

Fell, John Barraclough, 1815 bis 1902, englischer Ingenieur. Versah, um bei Bergbahnen die Reibung zu erhöhen, die Gleise mit einer zusätzlichen Mittelschiene, gegen die seitlich zwei Räder gedrückt wurden. Dieses Verfahren bewährte sich bei mehreren Bahnen in England, Neuseeland, Brasilien und auch bei der 1868 eröffneten Bahn über den Mont Cenis, die jedoch 3 Jahre später, nach Eröffnung des Mont-Cenis-Tunnels, wieder stillgelegt wurde. F. arbeitete auch über Projekte für Einschienenbahnen und Schwebebahnen für den Transport von Massengütern.

Ferber, Ferdinand, 1862 bis 1909, französischer Luftfahrtpionier, führte in den Jahren nach der Jahrhundertwende Gleitflugexperimente aus, wandte sich später dem Motorflug zu. 1909 verunglückte er dabei tödlich.

Fermi, Enrico, 1901 bis 1954, italienischer Physiker, als Hochschullehrer in Italien tätig, emigrierte 1939 unter dem Druck des faschistischen Regimes in die USA. F. arbeitete über die Theorie der Atome und Atomkerne, leistete entscheidende Beiträge zur Quantentheorie (Fermi-Statistik) und zur Erschließung der Kernenergie. 1938 erhielt er den Nobelpreis für Physik. 1942 entstand unter seiner Leitung in Chicago der erste Kernreaktor der Welt (Kernspaltung ↑).

Ferranti, Ziano de, 1864 bis 1930, englischer Elektrotechniker, war an der Konstruktion von Induktionsöfen beteiligt. Entwickelte Wechselstromgeneratoren und demonstrierte 1885 eine Wechselstromübertragung, erfand einen elektrolytischen Elektrizitätszähler, Druckölund Hochfrequenzkabel und konstruierte u. a. auch Dampfturbinen ↑.

Ferraris, Galileo, 1841 bis 1897, italienischer Physiker und Elektrotechniker, studierte Mathematik und Physik in Turin, interessierte sich vor allem für technische Anwendungen der Naturwissenschaften. Er war als Hochschullehrer in Turin tätig, wo er die erste italienische Ingenieurschule für Elektrotechnik gründete; arbeitete zunächst über Optik und Wärmetechnik, wandte sich dann aber mehr und mehr den Nutzungsmöglichkeiten der Elektrizität zu. Er untersuchte die seit 1884 bekannten Transformatoren und leistete Hervorragendes auf dem Gebiet der Wechselstromtechnik. Die Technik der Mehrphasenströme wurde im wesentlichen durch F. begründet. Er erfand einen Induktionsmotor für 2-Phasen-Ströme, den Ferrarismotor, der als Kleinmotor auch heute noch angewendet wird und auf dessen Prinzip weit verbreitete Elektrizitätszähler beruhen.

Ferrié, Gustave, 1868 bis 1932, französischer Hochfrequenztechniker, benutzte als einer der ersten den Elektrolytdetektor und den einstellbaren Schwingungskreis, richtete 1902 eine drahtlose Verbindung zwischen Frankreich und Martinique ein und organisierte die drahtlose Übermittlung von Zeitzeichen ↑ nach der Koinzidenzmethode.

Filarete, Antonio (eigentl. **Antonio Averlino**), etwa 1400 bis etwa 1469, italienischer Architekt und Bildhauer. War vor allem in Rom und Mailand tätig, wo er mehrere Großbauten ausführte bzw. begann. Bekannt wurde F. vor allem durch sein 28bändiges Werk über Architektur und Bauwesen, das 1464 erschien.

Finsterwalder, Ulrich, geb. 1897, deutscher Bauingenieur, studierte an der TH München und trat 1923 in die Firma Dyckerhoff und Widmann ein, die damals gemeinsam mit den Zeißwerken Jena an der Entwicklung der Schalenbauweise ↑ arbeitete. Im folgenden Jahrzehnt beschäftigte sich F. fast ausschließlich mit der Schalenbauweise und legte 1930 mit seiner Dissertation die Grundlage für die genauere Berechnung von Schalenkonstruktionen. Mit dieser Arbeit beginnt die erfolgreiche Entwicklung des Schalenbaus; sie befruchtete auch entscheidend den Flugzeugbau.

Seit 1929 arbeitete F. an der Weiterentwicklung des Spannbetons. 1937 erhielt er ein Patent für Betonbalken mit einer mittigen Ge-

lenkfuge, die durch ein außerhalb der Balkenstege liegendes Stahlzugband bei der Absenkung der Balkenhälften vorgespannt werden. Weiterhin entwickelte er Methoden für die Vorspannung von Fachwerkträgern und das Verfahren zum Freivorbau von Brücken unter Anwendung der Vorspannung. Im zweiten Weltkrieg entwickelte F. Stahlbetonschiffe unter Verwendung der Schalenbauweise. Nach 1945 entwarf er eine Anzahl von Spannbetonbrücken, die bis zu 120 m Spannweite erreichten.

Fischer, Emil Hermann, 1852 bis 1919, deutscher Chemiker, Hochschullehrer in München, Erlangen, Würzburg und als Nachfolger von *A. W. Hofmann* ↑ in Berlin. Er untersuchte vor allem Eiweiß, Zucker und Gerbstoffe, synthetisierte Traubenzucker und Coffein und entwickelte auf der Grundlage der Barbitursäure das Schlafmittel Veronal. 1902 erhielt er den Nobelpreis für Chemie.

Fischer, Franz, 1877 bis 1947, deutscher Chemiker, war zunächst auf dem Gebiet der Elektrochemie tätig, übernahm 1912 die Leitung des von der Ruhrindustrie finanzierten Kohleforschungsinstituts in Mühlheim/Ruhr. Seine wissenschaftliche Hauptleistung liegt auf dem Gebiet der katalytischen Druckhydrierung von Kohlenoxid.

Fischer, Rudolf, 1881 bis 1957, deutscher Chemiker, entwickelte in den Jahren vor dem ersten Weltkrieg das Dreischichtverfahren für fotografische Platten und Filme, das die Grundlage für Verfahren der Farbenfotografie ↑ darstellt.

Fitch, John, 1743 bis 1798, nordamerikanischer Techniker, mußte schon als Kind auf einer Farm arbeiten, wurde später Matrose. Als Uhrmacher tätig, versuchte er sich nebenbei auf dem Gebiet der Chemie, fabrizierte Metallknöpfe, handelte mit Bier, arbeitete als Feldmesser und Silberschmied.

Pläne für die Konstruktion von Dampfwagen (um 1785) gab er wieder auf und wandte sich dem Dampfschiff ↑ zu. Im Dezember 1785 legte er Zeichnungen für ein dampfbetriebenes Ruderboot vor. 1788 führte er es aus. Ein größeres Schiff entstand 1790. Da F.s Mittel erschöpft waren, fuhr er nach Europa, um seine Erfindung anzubieten, hatte aber auch dort keinen Erfolg. In die USA zurückgekehrt, baute er ein weiteres Dampfboot. F. gelang es nicht, eine seinen Fähigkeiten entsprechende Tätigkeit oder Unterstützung zu erhalten.

Fizeau, Armand-Hippolyte-Louis, 1819 bis 1896, französischer Physiker. 1849 führte er die erste Messung der Lichtgeschwindigkeit auf der Erdoberfläche durch (Zahnradmethode). Er entwickelte weitere Präzisionsmethoden, z. B. zur Messung der Wärmeausdehnung von festen Körpern und von Kristallen, arbeitete über Infrarotstrahlung und unternahm Experimente zur Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität und des Lichts in bewegten Körpern.

Fleming, John Ambrose, 1849 bis 1945, englischer Physiker, Hochschullehrer für Elektrotechnik in London, wissenschaftlicher Berater der Edisongesellschaft. Er entwickelte ab 1904 die ersten Dioden als Empfangsgleichrichter für Funkgeräte. Auch an der Einrichtung der ersten Funklinie über den Atlantik war er beteiligt.

Fokker, Anthony Herman Gerard, 1890 bis 1939, holländischer Flugzeugkonstrukteur. F. gründete 1913 ein Flugzeugwerk in Deutschland, wo vor allem Jagdflugzeuge gebaut wurden, und 1919 eine Flugzeugfabrik bei Amsterdam, in der Militär- und Verkehrsflugzeuge produziert wurden und noch werden (Flugzeug ↑).

Fontana, Domenico, 1543 bis 1607, italienischer Architekt. Nachdem er sich an mehreren großen Bauten – u. a. an der Vollendung der Kuppel der Peterskirche in Rom – beteiligt hatte, beauftragte ihn der Papst, den einzigen in Rom noch aufrechtstehenden Obelisken zu versetzen. F. löste diesen Auftrag unter Zuhilfenahme Hunderter tierischer und menschlicher Arbeitskräfte und leitete anschließend noch die Aufstellung von vier weiteren Obelisken. Er baute eine 22 km lange Wasserleitung nach Rom sowie Brücken, Kanäle und Straßen. Er entwarf den Hafen von Neapel, starb jedoch vor Ausführung dieser Pläne.

Föppl, August, 1854 bis 1924, deutscher Physiker und Statiker, anfänglich als Lehrer an Baufachschulen in Holzminden und Leipzig tätig. 1892 als Professor für Landmaschinenkunde nach Leipzig berufen, 1894 Nachfolger *J. Bauschingers* ↑ an der TH München. F. schrieb über Fachwerke und Gewölbe, die Maxwellsche Theorie der Elektrizität und Technische Mechanik (seine 6bändigen Vorle-

sungen galten lange als Standardwerk der Technischen Mechanik). Dabei wandte er als einer der ersten konsequent die Vektorrechnung an. Er richtete ein Laboratorium zur Werkstoffprüfung ein, in dem zahlreiche grundlegende Untersuchungen durchgeführt wurden.

Ford, Henry, 1863 bis 1947, nordamerikanischer Techniker und Unternehmer, war zunächst bei einer Elektrizitätsgesellschaft tätig, wandte sich bald dem profitverheißenden Kraftfahrzeug ↑ zu. 1892 konstruierte er sein erstes Automobil, dem vier Jahre später ein weiterer Typ folgte. 1903 gründete er die »Ford Motor Company«, in der er zunächst einen 2-Zylinder-Wagen herstellte. 1908 lief die Produktion des Modells »T« (»Blech-Lieschen«) an, das bis zur Mitte der zwanziger Jahre produziert wurde. F. führte 1912 das Fließbandverfahren in die Kraftwagenfertigung ein, mit dem sich eine wesentliche Steigerung der Arbeitsproduktivität gegenüber der handwerklichen Einzelfertigung erzielen ließ, das aber unter kapitalistischen Bedingungen nur der erhöhten Ausbeutung der Arbeiter diente.

Forest, Fernand, 1851 bis 1914, französischer Mechaniker und Motorenbauer, konstruierte ab 1885 2-Zylinder-Benzinmotoren mit Vergaser und Magnetzündung eigener Konstruktion. Er entwarf später einen 4-Zylinder-Schiffsmotor, Motoren mit stehenden Zylindern und befaßte sich um 1890 auch mit der Entwicklung von Schwerölmotoren.

Forest, Lee de, 1873 bis 1961, nordamerikanischer Hochfrequenztechniker, studierte an der Yale-Universität, war danach in Elektrofirmen tätig. Er verbesserte die Funkempfänger und war an der Einrichtung mehrerer Funklinien beteiligt. 1905 schlug er vor, vom Schreibempfang zum günstigeren Hörempfang überzugehen, führte 1906 ein Gitter in die Diode ein und schuf damit die Triode, die später zur Verstärkerröhre weiterentwickelt wurde. 1909 experimentierte er, wenn auch ergebnislos, mit drahtloser Telefonie zwischen den USA und Frankreich. Nahezu gleichzeitig mit *A. Meißner* ↑ entwickelte er einen rückgekoppelten Röhrengenerator, den er zur Erzeugung von Schwingungen im Tonfrequenzbereich benutzte.

Forlanini, Enrico, 1848 bis 1930, italienischer Ingenieur, entwarf und konstruierte Flugzeugmodelle, u. a. einen Hubschrauber ↑, der durch gespeicherten Dampf angetrieben wurde und (1877) wenige Meter aufstieg.

Foucault, Léon, 1819 bis 1868, französischer Physiker, studierte Medizin, wechselte jedoch zur Physik über. 1851 führte er mit dem Foucaultschen Pendel den nicht astronomischen Beweis der Erddrehung. 1862 maß er die Lichtgeschwindigkeit mit Hilfe des Drehspiegels.

Er verbesserte das Gyroskop, erfand einen Geschwindigkeitsregler für Maschinen, eine Regelvorrichtung für Bogenlampen und die Wirbelstrombremse.

Fourier, Jean-Baptiste-Joseph Baron de, 1768 bis 1830, französischer Mathematiker und Physiker, besuchte zunächst eine von Benediktinermönchen geleitete Militärschule, an der er 1789 eine Professur für Mathematik übernahm, und war später an der Pariser École Polytechnique tätig. Er arbeitete vor allem auf dem Gebiet der Wärmelehre, untersuchte 1822 die Wärmeleitung, wobei er die nach ihm benannten trigonometrischen Reihen und Integrale benutzte, die es z. B. ermöglichten, kompliziert verlaufende Funktionen durch eine Reihe trigonometrischer Funktionen auszudrücken. Mit diesen Arbeiten wurde er zu einem der Begründer der theoretischen Physik.

Fourneyron, Benoît, 1802 bis 1867, französischer Ingenieur, besuchte eine Bergbauschule, die er jedoch bereits mit 17 Jahren wieder verließ, um an der Erschließung von Gruben zu arbeiten. Er stellte später eine Hammerschmiede von Holzkohle- auf Steinkohlebetrieb um und errichtete eine Fabrik zur Produktion von Weißblech. F. untersuchte die Mängel der herkömmlichen Wasserräder ↑. Ausgehend vor allem von den theoretischen Arbeiten *L. Eulers* ↑ entwickelte er die erste einsatzfähige Wasserturbine ↑. Ihr Versuchsmuster war 1827 fertiggestellt, 1832 erhielt er seinen ersten Produktionsauftrag. Vier Jahre später gründete er eine Fabrik für Wasserturbinen. Auch der Gedanke der Dampfturbine ↑ beschäftigte F., jedoch war ihre technische Verwirklichung noch nicht möglich.

Fowler, John, 1826 bis 1864, englischer Ingenieur. F. bemühte sich um die Anwendung der Dampfmaschine ↑ in der Landwirtschaft,

verbesserte den Dampfpflug *G. Heathcoates,* indem er als erster Drahtseile zur Transmission verwendete. Bei F.s System (1850), das sich später gegen alle Konkurrenten behauptete, zogen 2 Lokomobilen mit jeweils angebauter Winde das Ackergerät am Seil abwechselnd über das Feld und rückten nach jeder Furche um die Breite des Gepflügten weiter vor. Die hohen Kosten des F.schen Systems stimulierten Maschinengenossenschaften, deren erste in Deutschland 1873 im Oderbruch entstand.

Francis, James Bicheno, 1815 bis 1892, englischer Ingenieur, zunächst als Gehilfe in einer Hafenbaufirma tätig; wanderte 1833 nach den USA aus, wo er später die technische Leitung einer Maschinenfabrik übernahm. Daneben leitete er Wasserwerke und war als beratender Ingenieur an Kanal- und Hafenbauten beteiligt. Seinen zahlreichen Untersuchungen über Strömungen an Wehren und Kanälen, den Strömungsdruck usw. entsprang die Anregung zur Konstruktion von Wasserturbinen ↑. Ihre erste Ausführung entstand 1849. Sie wurde in der Folgezeit von F. verbessert und trägt seinen Namen.

Franck, James, 1882 bis 1964, deutscher Physiker, arbeitete vorwiegend auf dem Gebiet der Atomphysik. 1913 wies er mit *G. Hertz* ↑ die von *Bohr* ↑ berechneten Energiestufen der Atome an Quecksilberdampf nach. Er beschäftigte sich mit Gasentladungsphysik, Quantenphysik, erforschte die fotochemischen Vorgänge im Chlorophyll. F., der 1920 eine Professur in Göttingen und 1925 zusammen mit *G. Hertz* ↑ den Nobelpreis für Physik erhielt, emigrierte 1935 aus Protest gegen die faschistische Diktatur in die USA.

Frank, Adolf, 1834 bis 1916, deutscher Chemiker und Technologe, ursprünglich Apotheker, nahm später ein Chemiestudium in Berlin auf. Während der Tätigkeit in einer Rübenzuckerfabrik führte er ein eigenes Verfahren zur Reinigung des Rübensaftes ein. F. erkannte den Wert der Staßfurter Kalisalzlager und regte 1860 ihren Abbau zur Düngemittelgewinnung an. 1861 nahm eine von ihm errichtete Fabrik den Betrieb auf (Beginn der Kaliindustrie).

F. arbeitete 1865 ein Verfahren zur Bromgewinnung aus Abraumsalzen aus und arbeitete zusammen mit *N. Caro* über die Vergasung von Torf. Er befaßte sich mit der Verwendung von Thomasschlacke als Düngemittel und arbeitete an der Herstellung von Cellulose nach dem Sulfitverfahren. Die seit 1895 gemeinsam mit *Caro* durchgeführten Untersuchungen zur Nutzung des Luftstickstoffs führten zum Frank-Caro-Verfahren ↑ für die Gewinnung von Kalkstickstoff. Auch um die Wasserstoffgewinnung und um die Anwendung des Acetylens machte sich F. verdient. Ein Gasmengenzähler stammt ebenfalls von ihm.

Frank, Ilja Michailowitsch, geb. 1908, sowjetischer Physiker, Leninpreisträger. Seine Hauptleistungen liegen auf dem Gebiet der Kernphysik. Er untersuchte die Paarbildung aus Gammaquanten und erklärte mit *I. J. Tamm* ↑ das Wesen des Tscherenkow-Wawilow-Effekts. 1958 erhielt er mit *Tamm* und *P. A. Tscherenkow* ↑ den Nobelpreis für Physik.

Franklin, Benjamin, 1706 bis 1790, nordamerikanischer Politiker, Schriftsteller und Physiker. F. war das 15. Kind eines Seifensieders. Er begann mit 12 Jahren eine Buchdruckerlehre und gründete 1728, nach zweijährigem Aufenthalt in England, eine Druckerei. Er bekleidete öffentliche Ämter, z. B. das des Generalpostmeisters sämtlicher englisch-amerikanischer Kolonien. Er war ein Vorkämpfer für die amerikanische Unabhängigkeit und Mitverfasser der Unabhängigkeitserklärung. 1776 bis 1785 erster Gesandter der USA in Frankreich.

Auf physikalischem Gebiet wurde er durch Arbeiten über die Luftelektrizität und durch die Einführung des Blitzableiters ↑ (1752) berühmt. F. arbeitete auch über Lüftungs- und Entlüftungsanlagen, über das Nordlicht und meteorologische Erscheinungen.

Fraunhofer, Joseph v., 1787 bis 1826, deutscher Physiker, erlernte das Handwerk seines Vaters, eines Glasers, erwarb, hauptsächlich im Selbststudium, umfangreiches mathematisches und physikalisches Wissen. 1804 trat er in die feinmechanisch-optischen Werkstätten ein, die in München *J. Utzschneider* und *G. F. v. Reichenbach* ↑ gegründet hatten, und übernahm 1809 die Leitung der optischen Abteilung, 1811 außerdem die der Glasschmelze. Er erfand eine Linsenschleifmaschine, die ein sehr genaues Arbeiten ermöglichte, beschäftigte sich dann mit der Entwicklung hochwer-

tiger optischer Glassorten. Bei dem Bemühen, die optischen Eigenschaften dieser Gläser mit Hilfe des Spektrums zu bestimmen, entdeckte F. später die nach ihm benannten Linien im Sonnenlicht. Er konstruierte mehrere große Refraktoren für Sternwarten. Als bes. folgenreich erwies sich seine Erfindung der Beugungsgitter ↑ für spektroskopische Untersuchungen.

Frei, Otto, geb. 1925, deutscher Ingenieur, geboren in Siegmar-Schönau, studierte 1948 bis 1952 Architektur und promovierte 1954 über das Thema »Das hängende Dach«. Er hat bedeutende Entwicklungsarbeit bei pneumatischen Konstruktionen, Zeltdächern ↑ und Seilnetzen geleistet.

Frenkel, Jakow Iljitsch, 1894 bis 1952, sowjetischer Physiker, Staatspreisträger, leistete wesentliche Beiträge zur Kern- und Quantenphysik, arbeitete über Kristallphysik, Urankernspaltung und andere Themen.

Fresnel, Augustin-Jean, 1788 bis 1827, französischer Physiker, wurde an der Pariser École Polytechnique als Ingenieur ausgebildet. Seine wichtigsten Arbeiten lagen auf dem Gebiet der Optik. Durch den nach ihm benannten Spiegelversuch lieferte er entscheidende Beweise für die Transversalität der Lichtwellen. Er erforschte Interferenz- und Beugungserscheinungen, erklärte die Farben dünner Blättchen, untersuchte Polarisationserscheinungen und die Doppelbrechung. Als Sekretär der Kommission für Leuchtfeuer entwickelte er die nach ihm benannten Zonenlinsen für Scheinwerfer.

Freyssinet, Eugène, 1879 bis 1962, französischer Ingenieur; studierte an der Pariser École Polytechnique und der École Nationale des Ponts et Chaussées. Schon 1903 beschäftigte F. der Gedanke, die unbefriedigende Zugfestigkeit des Betons durch die Einführung ständig wirkender Druckkräfte soweit wie möglich auszuschalten. 1905 bis 1914 arbeitete er als Ingenieur des Brücken- und Straßenbaus im Staatsdienst. In dieser Zeit beobachtete F. erstmals, daß Beton unter Dauerbelastung zeitliche Formänderungen erfährt (Kriechen). F. machte einige Erfindungen, die Bauschäden infolge großer Betonverformungen vermeiden (Einbau hydraulischer Pressen in den Scheitel von Bogenbrücken, Betongelenke usw.). 1914 bis 1928 war F. technischer Leiter eines Stahlbetonunternehmens. In dieser Zeit entstanden unter seiner Leitung zahlreiche bemerkenswerte Industrie- und Brückenbauten, u. a. die Brücke von Plougastel (Frankreich) mit 3 Betonbögen von je 180 m Spannweite. Von 1926 bis 1929 stellte F. durch systematisch vorgenommene Belastungs- und Kriechversuche an dieser Brücke die unterschiedlichsten Verformungen des Betons fest und schuf damit die Grundlage für die erfolgreiche Anwendung des Spannbetonbaus. 1928 erhielt F. ein französisches Patent zur Herstellung von Spannbetonkörpern nach einem von ihm entwickelten Verfahren, das heute noch häufig angewendet wird. Auf Grund dieses Patents wird F. häufig als Erfinder des Spannbeton ↑-Bauens angesehen. Seit 1929 widmete sich F. hauptsächlich der wissenschaftlichen Forschung.

Freytag, Conrad, 1846 bis 1921, deutscher Bauingenieur und Kaufmann, erwarb 1884 die Patente *J. Moniers* ↑ für Süddeutschland und das Vorkaufsrecht für ganz Deutschland. F. erkannte, daß die Moniersche Bauweise auf breiter Basis entwickelt werden konnte. Er führte zahlreiche Versuchsbauten aus. Gemeinsam mit *G. A. Wayss* führte er die Stahlbetonbauweise in Deutschland und Österreich ein.

Friedrich, Walter, 1883 bis 1968, deutscher Biophysiker, Professor für medizinische Physik und Strahlenkunde. Er entdeckte zusammen mit *M. v. Laue* ↑ und *P. Knipping* 1912 die Röntgenstrahlinterferenzen an Kristallen. Auch in der Folgezeit galten seine wichtigsten Arbeiten den Röntgenstrahlen, bes. ihrer Anwendung in der Therapie. Von 1923 bis 1958 war er Direktor des Instituts für Strahlenforschung an der Berliner Universität, seit 1928 Präsident der Deutschen Röntgengesellschaft. Von 1951 bis 1955 war F. Präsident der Akademie der Wissenschaften in Berlin. F. war Nationalpreisträger, Präsident des Deutschen Friedensrates, Mitglied des Büros des Präsidiums des Weltfriedensrates.

Frischen, Carl, 1830 bis 1890, deutscher Elektroingenieur, besuchte zunächst eine Handelsschule, studierte später in Hannover Maschinenbau. Als Telegrafeningenieur (1851) im Hannoverschen Staatsdienst erdachte er Schaltungen zum gleichzeitigen Gegensprechen auf Telegrafenleitungen und Ableiter ge-

gen atmosphärische Entladungen für Freileitungen. 1866 wurde er Oberingenieur in der Telegrafenverwaltung des Norddeutschen Bundes, trat jedoch wenige Jahre später in die Firma Siemens ein. Er war am Bau der Indoeuropäischen Landtelegrafenlinie beteiligt, löste das Problem eines einheitlichen Blocksystems zur Zugsicherung bei Bahnen und nahm an Versuchen zur Entwicklung und Einführung elektrischer Bahnen tätigen Anteil. Bei Experimenten mit Telefonen erfand er einen Vorläufer des Lautsprechers.

Fritt, Charles Edgar, 1838 bis 1905, nordamerikanischer Uhrmacher und Techniker. Sein Hauptinteresse galt der Entwicklung und Anwendung lichtempfindlicher Selenzellen. Er verfolgte – damals nicht ausführbar – Pläne für ein Fernsehtelefon und meldete später ein Patent auf ein Gerät zur Tonaufzeichnung an, das als Vorläufer des Tonfilms ↑ angesehen werden kann.

Frolow, Kosma Dimitrijewitsch, 1726 bis 1800, russischer Techniker, beschäftigte sich vor allem mit Antriebsproblemen für Arbeits- und Werkzeugmaschinen. Er entwarf um 1800 im Altai ein Kraftversorgungssystem, das aus stufenweise angeordneten Wasserrädern bestand und über Transmissionen und Gestänge Pumpen, Sägegatter, Pochwerke und Transporteinrichtungen antrieb.

Froment, Gustave, 1815 bis 1864, französischer Elektrotechniker, beschäftigte sich mit Nadel-, Druck- und Bildtelegrafen, konstruierte Elektromotoren ↑ mit feststehenden Elektromagneten, die auf dem Umfang eines trommelförmigen Läufers sitzende Weicheisenstücke nacheinander anzogen.

Froude, William, 1810 bis 1879, englischer Ingenieur, war zunächst bei der Vermessung und Einrichtung von Bahnlinien tätig. 1856 wandte er sich Fragen des Schiffbaus und der günstigsten Schiffsformen zu. Er untersuchte sie durch Schleppversuche mit Modellen und richtete für diesen Zweck Schleppbecken ein. F. fand so wichtige Beziehungen zwischen Schiffsform und Strömungswiderstand.

Fuller, Richard Buckminster, geb. 1895, nordamerikanischer Ingenieur, studierte an der Harvard Universität und arbeitete nach 1918 in verschiedenen Industriefirmen. F. erfand um 1960 die geodätischen Kuppeln und wandte sie erstmals beim Bau einer Reparaturhalle an (geodätische Kuppel mit 117 m Durchmesser).

Fulton, Robert, 1765 bis 1815, nordamerikanischer Techniker und Maler, übersiedelte für mehrere Jahre nach England, um seine Ausbildung zu vervollkommnen. Dabei wuchs seine Neigung für technische Fragen, bes. der Brückenbau und Verbesserungen der Kanalschiffahrt interessierten ihn. 1797 experimentierte er in Frankreich mit Torpedos und Torpedobooten und wandte sich dann dem Dampfschiff ↑ zu. 1802/03 führte er Versuchsdampfboote auf der Seine vor, wobei das zweite Versuchsboot bereits Passagiere beförderte. F. fand jedoch keine Unterstützung und setzte seine Versuche in den USA fort. Im Sommer 1807 unternahm die »Clermont«, ein 40 m langes, mit einer 20-PS-Maschine (etwa 15 kW) ausgerüstetes Dampfschiff, die erste längere Fahrt. F. setzte sich auch für einen Kanal ein, der den Hudson River mit den großen nordamerikanischen Seen verbinden sollte.

G

Gabelsberger, Franz Xaver, 1789 bis 1849, Sohn eines Blasinstrumentenmachers. Er erlernte zunächst das graphische Handwerk, wurde später Staatsbeamter in Bayern. Beruf und Neigung führten G. frühzeitig zur Beschäftigung mit Schriftkunde, Dechiffrierkunst und Stenografie ↑. Angeregt durch Erfahrungen, faßte er um 1817 den Plan, eine neue Schnellschrift zu entwickeln. In 17jähriger Arbeit schuf er ein Stenografiesystem, das sich wegen seiner guten Verwendbarkeit rasch verbreitete. 1843 erschien G.s System als Lehrbuch, das auch in vielen anderen Ländern Bedeutung erlangte.

Gaede, Wolfgang, 1878 bis 1945, deutscher Physiker. G. schuf wichtige technische Voraussetzungen für die Hochvakuumtechnik. 1905 konstruierte er einen Pumpensatz, bestehend aus rotierender Quecksilberpumpe und Vorpumpe, um 1910 erfand er eine Diffusionsluftpumpe, 1913 die Molekularluftpumpe, 1935 die Gasballastpumpe (Pumpe ↑).

Gagarin, Juri Alexejewitsch, 1934 bis 1968,

sowjetischer Kosmonaut, von Beruf Gießer, besuchte anschließend ein Technikum und wurde Fliegeroffizier. Am 12. 4. 61 umrundete er als erster Mensch die Erde in einem Raumschiff (Wostok 1). 1968 verunglückte er tödlich bei einem Testflug mit dem Flugzeug.

Galilei, Galileo, 1564 bis 1642, italienischer Naturforscher und Physiker, studierte von 1581 bis 1585 Medizin, danach Mathematik und Mechanik an der Florentiner Akademie. 1589 nahm er eine Professur für Mathematik in Pisa an. In diese Zeit fallen, nachdem er bereits vorher die Pendelschwingungen studiert und die hydrostatische Waage konstruiert hatte, die ersten Untersuchungen zur Dynamik. 1592 ging er als Mathematikprofessor nach Padua (Problem des Isochronismus der Pendelschwingungen und Ableitung der Fallgesetze), kehrte aber 1610 als Professor und Hofmathematiker nach Florenz zurück. In diesen Jahren beschäftigte er sich mit der Konstruktion von Fernrohren ↑, über die er aus den Niederlanden erfahren hatte. Mit dem Fernrohr entdeckte er Jupitermonde, die Phasen der Venus, Sonnenflecken und Mondkrater. Diese Beobachtungen ließen sich mit der von der Kirche anerkannten ptolemäischen Lehre nicht vereinen, G. wurde ein Verfechter des kopernikanischen Weltsystems. Ein Versuch G.s, die oberste Kirchenbehörde von der Richtigkeit des kopernikanischen Weltsystems zu überzeugen, mißlang. Trotz offizieller Verurteilung dieses Systems verteidigte es G. in seinem Buch »Dialog über die beiden hauptsächlichen Weltsysteme ...« (1632).

Er wurde vor das Inquisitionstribunal geladen und mußte im Juni 1633 unter entwürdigenden Umständen seine Thesen abschwören. Er wurde in seine Villa bei Florenz verbannt und durfte nach seiner Erblindung (1637) nur zeitweise nach Florenz zurückkehren.

1638 wurden seine »Unterredungen über zwei neue Wissenschaften« in Holland veröffentlicht. Diese Arbeit enthält die Fall- und Wurfgesetze, in unvollständiger Form das Trägheitsgesetz sowie Ansätze zur Festigkeitslehre, die den Ausgangspunkt der klassischen Physik bildeten. G. war der erste große Experimentalphysiker, der Versuche und mathematische Gesetze zielstrebig und konsequent für die Gewinnung physikalischer Erkenntnisse einsetzte.

Galvani, Luigi, 1737 bis 1798, italienischer Arzt und Physiker, studierte Medizin, wurde 1762 Professor in Bologna. Untersuchte, angeregt durch Berichte über *B. Franklin* ↑ und andere, elektrische Erscheinungen. Ein Zufall war (1780) Anlaß für die Entdeckung der galvanischen Elektrizität. Feuchte Froschschenkel, mit zwei Metallen in Verbindung, zuckten, sobald an einer Elektrisiermaschine Funken übersprangen. Das Zucken zeigte sich auch, wenn ein Stromkreis über die Froschschenkel und zwei verschiedene Metalle gebildet wurde.

G. führte diese Erscheinungen auf »tierische« Elektrizität zurück, eine Hypothese, die er auch dann nicht aufgab, als *A. Volta* ↑ sie zweifelsfrei widerlegte. Trotzdem bildeten G.s Arbeiten den Ausgang für die Erforschung der »strömenden« Elektrizität und damit letztlich auch der Elektrotechnik.

Gambay, Henri Prudence, 1787 bis 1847, französischer Feinmechaniker. Seine Tätigkeit galt vor allem der Vervollkommnung und Entwicklung geodätischer und astronomischer Instrumente. Er erfand ein Kathetometer und eine Teilmaschine zur Herstellung von Skalen, verbesserte den Heliostaten und den Theodoliten und hatte maßgebenden Anteil an der Entwicklung der instrumentellen Ausrüstung des Pariser astronomischen Observatoriums.

Ganswindt, Hermann, 1856 bis 1934, deutscher Techniker, beschäftigte sich frühzeitig mit Problemen des Raketenantriebs. 1891 schlug er ein Raumfahrzeug vor, das durch intermittierend explodierendes Pulver angetrieben werden sollte. Es gelang G. jedoch nicht, seine Gedanken wissenschaftlich und technisch zu beweisen.

Garamond, Claude, um 1500 bis 1561, französischer Graveur und Schriftgießer. G. wurde wegen der Exaktheit seiner Schriften bekannt und erhielt den Auftrag, neue Schriften für die königliche Buchdruckerei zu entwerfen. Vor allem seine Antiquatypen erlangten Berühmtheit und wurden von deutschen, englischen, holländischen und italienischen Druckereien erworben. Nach ihm ist die Garamond-Antiqua benannt.

Garay, Blasco da, 16. Jh., spanischer Kapitän, soll 1543 den Bau eines mit Schaufelrädern ausgerüsteten, durch Dampfkraft betriebenen

Schiffes vorgeschlagen haben (Dampfschiff ↑).

Garnerin, Jacques, 1769 bis 1823, französischer Ballonfahrer, einer der Erfinder des Fallschirms ↑, führte Sprünge aus größerer Höhe durch, stattete Ballone mit Fallschirmen aus und stabilisierte die Bewegung des Fallschirms, indem er eine Öffnung im Schirmzentrum vorsah.

Gasling, Richard John, 1818 bis 1903, amerikanischer Techniker, entwarf Schraubendampfer und verwandte viel Mühe auf die Verbesserung landwirtschaftlicher Maschinen. 1860 erfand er ein Maschinengewehr, 1866 eine automatische Pistole und 1862 einen Dampfhammer ↑.

Gattermann, Ludwig, 1860 bis 1920, deutscher Chemiker, Hochschullehrer in Göttingen, Heidelberg und Freiburg. Er arbeitete vor allem über Siliciumverbindungen und über organisch-chemische Synthesen (Gattermannsche Synthese). G. schrieb das weit verbreitete Werk »Die Praxis des organischen Chemikers« (1894).

Gauß, Carl Friedrich, 1777 bis 1855, deutscher Mathematiker, Geodät, Astronom und Physiker, studierte von 1795 bis 1798 in Göttingen, wo er von 1807 bis zu seinem Tode als Hochschullehrer und Astronom tätig war. Seine mathematischen Arbeiten erfassen nahezu alle Gebiete der Mathematik. Er begründete die Zahlentheorie, fand den Fundamentalsatz der Algebra, beschäftigte sich mit nichteuklidischer Geometrie (Bezeichnung stammt von G.), mit komplexen Zahlen, die er geometrisch darstellte (G.sche Zahlenebene), mit Funktionentheorie, Differentialgeometrie und elliptischen Integralen. Seine Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate wurde für viele Gebiete äußerst wichtig. Auf astronomischem Gebiet arbeitete G. über die Planetenbahnen und ermöglichte es, mit Hilfe seiner Berechnungsverfahren den »verlorenen« Planetoiden Ceres wiederzufinden. G. begründete die Geodäsie als mathematische Wissenschaft.

Zusammen mit *W. E. Weber* ↑ wandte er sich magnetischen Messungen zu, erfand ein Magnetometer und gab Meßmethoden an, die auch heute noch gebräuchlich sind. Ebenfalls mit *Weber* baute er einen der ersten elektromagnetischen Telegrafen. Auch die Einführung des absoluten physikalischen Maßsystems und Beiträge zur geometrischen Optik zählen zu den großen Leistungen von G. Ein optischer Telegraf stammt gleichfalls von ihm.

Gay-Lussac, Louis-Joseph, 1778 bis 1850, französischer Chemiker und Physiker, seit 1809 Professor für Chemie und Physik an der Pariser Sorbonne und der École Polytechnique, ab 1832 am Jardin des Plantes. 1804 unternahm er, zusammen mit *J. B. Biot* ↑, die ersten Ballonaufstiege für wissenschaftliche Zwecke. Mit *A. v. Humboldt* untersuchte er 1805 die quantitative Zusammensetzung des Wassers. 1802 formulierte er das nach ihm benannte Gesetz über die Ausdehnung idealer Gase, 1808 entdeckte er mit *L. J. Thénard* ↑ das Bor. Er untersuchte die chemischen Eigenschaften von Schwefel, Cyanverbindungen, von Chlor, Jod, Kalium und Natrium, außerdem Gärungserscheinungen. Von 1816 ab redigierte er mit *D. F. J. Arago* ↑ die »Annales de Chimie et de Physique«.

Geber (mittellateinische Form des arabischen Namens **Dschabir ibn Hajjan**), etwa 8. Jh., arabischer Gelehrter. Lebensweg und Tätigkeit sind sehr umstritten. Ihm werden, wahrscheinlich zu Unrecht, zahlreiche Schriften zugesprochen, in denen er die alchimistischen und chemischen Kenntnisse seiner Zeit sammelte, G. erwähnt Destilliereinrichtungen, Quecksilber- und Silberverbindungen, Eisen- und Kupfersulfat, Schwefel- und Salpetersäure sowie Königswasser.

Schriften, die später (13. Jh.) unter G.s Namen erschienen, stammen offensichtlich nicht von ihm.

Geiger, Hans, 1882 bis 1945, deutscher Physiker, Schüler und Mitarbeiter *E. Rutherfords* ↑ in Manchester; beobachtete und maß 1911 die Streuung von Alphateilchen beim Durchgang durch dünne Metallfolien. Diese Versuche führten zur Rutherfordschen Streuformel und zum Rutherfordschen Atommodell. 1909 gab G. mit *Rutherford* einen Teilchendetektor (Zählrohr) an, den er 1913 (Spitzenzähler) verbesserte. 1928 wurde der »Geiger-Zähler« von ihm und *W. Müller* durch einen Verstärker ergänzt. Er zählt seitdem zu den wichtigsten Nachweisinstrumenten der Atomphysik und Kerntechnik.

Geißler, Heinrich, 1815 bis 1879, deutscher

Glasbläser und Instrumentenbauer, ging nach Abschluß seiner Lehre nach München und gründete nach achtjährigem Aufenthalt in Holland 1854 in Bonn eine Werkstatt für wissenschaftlichen Gerätebau. Er stellte die von *J. Plücker* ↑ benötigten evakuierten Glasröhren mit eingeschmolzenen Elektroden (Geißlersche Röhren) her, die für die Untersuchung des Elektrizitätsdurchgangs durch Gase und durch das Vakuum benötigt wurden, und verbesserte sie ständig. 1868 ernannte ihn die Universität Bonn zum Ehrendoktor.

Geitel, Hans, 1855 bis 1923, deutscher Physiker, Gymnasiallehrer, zusammen mit *J. Elster* ↑ beschäftigte er sich neben seiner Lehrtätigkeit mit radioaktiven Erscheinungen sowie dem lichtelektrischen Effekt und entwickelte in den 90er Jahren die Fotozelle ↑.

Gerber, Johann Gottfried Heinrich, 1832 bis 1912, deutscher Brückenbauingenieur, befaßte sich vor allem mit der Konstruktion und Ausführung von Eisen- und Stahlbrücken. Er entwickelte Berechnungsverfahren für Eisen- und Stahlbrücken, erfand den Träger mit freischwebenden Stützen und ein nach ihm benanntes Gelenk für größere Stahlkonstruktionen.

Gerlach, Walter, 1889 bis 1979, deutscher Physiker und Wissenschaftshistoriker, Hochschullehrer in Frankfurt (M.), Tübingen und München. Er arbeitete über Atombau und Spektren, über Quantentheorie und Magnetismus. Der gemeinsam mit *O. Stern* ↑ 1921 durchgeführte Stern-Gerlach-Versuch bewies die Theorie des Magnetons und bildete die Grundlage wichtiger kernphysikalischer Meßmethoden.

Giauque, William Francis, 1895 bis 1982, nordamerikanischer Chemiker, Hochschullehrer für physikalische Chemie. G. arbeitete vor allem auf dem Gebiet der Tiefsttemperaturen und entdeckte mehrere Sauerstoffisotope. 1949 erhielt er den Nobelpreis für Chemie.

Gibbs, Josiah Willard, 1839 bis 1903, nordamerikanischer Mathematiker, Physiker und Chemiker. G. studierte in Frankreich und Deutschland, war Professor an der Yale-Universität. Er arbeitete vor allem über Vektoranalysis und über die Theorie der periodischen Funktionen. Seine physikalischen Hauptarbeiten waren Thermodynamik (Gibbssches Phasengesetz) und statische Dynamik. In der Chemie schuf er die Grundlagen der chemischen Gleichgewichtslehre.

Giffard, Henry Jacques, 1825 bis 1882, französischer Luftfahrtpionier, zunächst Lokomotivführer. Bereits als 18jähriger begann er, sich mit der Luftfahrt zu beschäftigen. Nach Ballonflügen konstruierte er 1852 seinen ersten lenkbaren Ballon ↑. Dieser war 44 m lang und hatte 12 m Durchmesser. Ein über den Ballon geworfenes Netz trug einen Kiel für Gondel und Maschine. Als Antrieb benutzte G. eine 3-PS-Dampfmaschine (etwa 2,2 kW) mit Luftschraube. Das Luftschiff ↑ stieg auf, konnte bei Windstille einen Kreis fliegen, war aber zu langsam, um auch nur gegen schwachen Wind anzukommen.

Daraufhin wandte sich G. dem Maschinenbau zu. Er erfand die Dampfstrahlpumpe. Diese Erfindung lieferte die finanziellen Mittel für weitere Luftfahrtversuche. 1867 konstruierte er den ersten Fesselballon. Pläne für ein Luftschiff von 50000 m^3 Inhalt gelangten nicht mehr zur Ausführung.

Gilbert, William, 1544 bis 1603, englischer Arzt und Naturforscher, ließ sich 1573 als Arzt in London nieder und wurde 1601 Leibarzt der englischen Königin. Neben seiner beruflichen Tätigkeit beschäftigte sich G. mit physikalischen Untersuchungen, bes. mit Elektrizität und Magnetismus. Er führte den Begriff Elektrizität ein, betrachtete die Erde als großen Magneten, simulierte diesen im Modell, untersuchte Deklination und Inklination und schrieb das vielbeachtete Buch »De magnete ...« (1600). G. trat für die konsequente Anwendung des Experiments in der Naturwissenschaft ein.

Gilbreth, Frank Bunker, 1868 bis 1924, nordamerikanischer Bauingenieur. G. ersann Verbesserungen im Bauwesen, wandte sich aber dann vor allem arbeitswissenschaftlichen Untersuchungen zu und entwickelte die Bewegungsstudie.

Girard, Dominique, 1815 bis 1871, französischer Techniker. Er entwickelte 1837 eine Freistrahlturbine. Später konstruierte er eine Wasserturbine ↑ für 180 m Gefällhöhe. Sie lieferte die Antriebskraft für die Kompressoren beim Durchstich des St. Gotthard (1872).

Girard, Philippe Henri de, 1775 bis 1845, französischer Techniker, wandte sich nach dem Physikstudium vor allem technischen

Aufgabenstellungen zu. Um 1810 erfand er eine der ersten brauchbaren Flachsspinnmaschinen ↑, an deren Verbesserung er auch in der Folgezeit ständig arbeitete. G. lebte später in Wien, wo er eine Spinnerei betrieb, und zeitweise in Polen. Er erfand einen Röhrenheizkessel, eine rotierende Dampfmaschine ↑, eine Rübenpresse, eine Backsteinpresse und eine Maschine zum Drahtziehen ↑. Vorübergehend befaßte er sich auch mit Musikinstrumenten, Fernrohren und Dampfgeschützen.

Glaser, Donald A., geb. 1926, nordamerikanischer Physiker, Hochschullehrer an der Universität von Kalifornien in Berkeley. Er entwickelte 1952 die Blasenkammer ↑. 1960 wurde er mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet.

Glauber, Johann Rudolf, 1604 bis 1668, deutscher Apotheker und Chemiker. G. lebte in Deutschland, Österreich und ab 1648 (mit erneutem Zwischenaufenthalt in Deutschland) in Holland. Er verbesserte die Glastechnologie, die Verfahren der Salpetergewinnung und der Holzessigfabrikation. Er entdeckte mehrere Salze, u. a. das nach ihm benannte Glaubersalz. G. befaßte sich außerdem mit Fragen der chemischen Affinität, der Iatrochemie, der Färbereikunde und stellte Versuche mit künstlichem Dünger an.

Glenn, John Herschel, geb. 1921, nordamerikanischer Astronaut. Als erster Amerikaner führte er am 20. 2. 1962 einen Raumflug von drei Erdumkreisungen und fünf Stunden Dauer aus.

Goddard, Robert Hutchins, 1891 bis 1945, nordamerikanischer Physiker, beschäftigte sich seit 1912 mit dem Raketenantrieb. Die Resultate seiner Untersuchungen und Experimente veröffentlichte er 1919 in der Schrift »Ein Verfahren zum Erreichen extremer Höhen«. 1920 begann er, sich dem Flüssigkeitsantrieb von Raketen ↑ zuzuwenden. 1926 startete er die erste Flüssigkeitsrakete. Er entwikkelte Stabilisierungsvorrichtungen für Raketen, die sich 1932 erstmals bewährten. In der Folgezeit beschäftigte sich G. vor allem mit militärischen Anwendungen der Raketentechnik.

Goebel, Heinrich, 1818 bis 1893, deutscher Techniker, erlernte den Beruf des Uhrmachers und Optikers, wanderte 1848 in die USA aus, wo er ein Geschäft gründete. In seiner Freizeit experimentierte er. Er konstruierte eine leistungsfähige galvanische Batterie, die er zum Betrieb einer Bogenlampe anwandte. Auf der Suche nach anderen Methoden für die elektrische Beleuchtung brachte G. verkohlte Bambusfäden in Flaschen unter, die er evakuierte. Auf diese Weise konnten die Fäden elektrisch bis zur Weißglut erhitzt werden, ohne zu verbrennen. 1854 benutzte G. seine Glühlampen ↑ erstmals für Beleuchtungszwecke. Eine Verwendung in größerem Umfange schied wegen des Fehlens leistungsfähiger und billiger Stromquellen aus. G.s Erfindung geriet nahezu in Vergessenheit. Erst 1893 kam sie im Verlauf von Patentprozessen, die die Edisongesellschaft führte, wieder ans Tageslicht.

Goldschmidt, Hans, 1861 bis 1923, deutscher Chemiker, studierte in Berlin, Leipzig und Heidelberg, trat anschließend in die chemische Fabrik seines Vaters ein. Er erfand ein elektrochemisches Verfahren zum Entzinnen von Weißblech, arbeitete über die Erzeugung von Elektrostahl, die Reindarstellung von Chrom und an einem Verfahren zur Kunststofferzeugung aus Harnstoff und Formaldehyd.

Seine Hauptleistung ist die technische Nutzbarmachung der Aluminothermie ↑.

Goldstein, Eugen, 1850 bis 1930, deutscher Physiker, untersuchte Entladungserscheinungen in verdünnten Gasen, entdeckte (1886) und erforschte die Kanalstrahlen ↑ und leistete damit wichtige Voraussetzungen für die Kernphysik.

Goodyear, Charles, 1800 bis 1860, nordamerikanischer Techniker, war zunächst Kaufmann, wurde nach jahrelangen erfolglosen Versuchen Erfinder der Vulkanisation ↑ (1839). Die Patenterteilung verzögerte sich jedoch bis 1844.

Durch ständige Patentverletzungen und -einsprüche anderer konnte G. nur geringen Nutzen aus seiner Erfindung ziehen.

Goudsmith, Samuel Abraham, 1902 bis 1978, holländischer Physiker, später in den USA tätig. Er arbeitete vor allem auf dem Gebiet der Atomphysik. Zusammen mit *G. E. Uhlenbeck* ↑ stellte er 1925 die Hypothese des Elektronenspins auf und untersuchte Emissionsspektren.

Grade, Hans, 1879 bis 1946, deutscher Ingenieur und Luftfahrtpionier, gründete nach

dem Studium eine Motorenfabrik in Magdeburg, erkannte frühzeitig die Möglichkeit des Fluges »schwerer als Luft«. Im Oktober 1908 startete er als erster Deutscher zu einem Motorflug mit einem von ihm selbst entworfenen und ausgeführten Flugzeug. G. konstruierte in der Folgezeit u. a. einen Eindecker, der als Ein- und Zweisitzer ausgeführt wurde. Er baute die Grade-Flugzeugwerke auf, bildete Piloten aus und organisierte die ersten Postflüge.

Graebe, Karl, 1841 bis 1927, deutscher Chemiker und Hochschullehrer, arbeitete vor allem auf dem Gebiet der organischen Chemie und synthetisierte zahlreiche Farbstoffe. Er klärte die Struktur des Anthracens auf.

Graham, Thomas, 1805 bis 1869, englischer Chemiker, studierte in Glasgow und Edinburgh, war seit 1837 als Hochschullehrer in London tätig. 1855 wurde er zum Direktor des königlichen Münzwesens ernannt. Er unterschied als erster zwischen echten Lösungen und Kolloiden und gilt als Begründer der Kolloidchemie.

Gramme, Zénobe Theophil, 1826 bis 1901, belgischer Elektrotechniker, trat 1853 als Modelltischler in eine französische Elektrofirma ein. Nebenher trieb er elektrotechnische Studien. 1869 erfand er den Ringanker für Dynamomaschinen. 1878 entwickelte G. die erste einsatzfähige Wechselstrommaschine (Wechselstromtechnik ↑).

Gray, Elisha, 1835 bis 1901, nordamerikanischer Techniker, lernte als Schmied und Zimmermann, setzte aber dann ein Studium der Naturwissenschaften durch und wurde Physiklehrer. 1869 gründete er mit einem Teilhaber eine elektrotechnische Firma, aus der er sich jedoch später zurückzog.

G. arbeitete an der Verbesserung der Telegrafie, bes. der Geräte für transatlantischen Telegrafenverkehr, und erfand im »Telautographen« einen Vorläufer des Faksimileschreibers. Gleichzeitig mit *A. G. Bell* ↑ beantragte er ein Patent auf einen Fernsprecher ↑.

Green, George, 1793 bis 1841, englischer Physiker und Mathematiker. Er wandte die mathematische Potentialtheorie konsequent auf die Theorie der Elektro- und Magnetostatik an (Greenscher Satz). Seine Arbeiten blieben jedoch zuerst unbeachtet.

Gregory, James, 1638 bis 1675, englischer Forscher, schlug ein Spiegelteleskop vor, bei dem durch das Spiegelzentrum beobachtet werden sollte. Es gelang ihm jedoch nicht, dieses Teleskop auszuführen

Grimaldi, Francesco Maria, 1618 bis 1663, italienischer Physiker, Jesuit und Mathematiklehrer im Ordenskollegium, arbeitete und veröffentlichte vor allem auf dem Gebiet der Optik. Er beobachtete Beugung und Interferenz, betrachtete weißes Licht als Zusammenfassung sämtlicher Farbstrahlen und beschäftigte sich auf aristotelisch-scholastischer Grundlage mit der Theorie des Lichts.

Grove, William Sir, 1811 bis 1896, englischer Astronom und Physiker, ursprünglich Jurist, experimentierte vor allem mit Funkeninduktoren ↑ und unternahm erste Untersuchungen des Stromdurchgangs durch verdünnte Gase. 1839 erfand er die nach ihm benannte galvanische Batterie.

Gruson, Hermann Jacques, 1821 bis 1895, deutscher Ingenieur, trat in die Borsigsche Maschinenfabrik in Berlin ein und hörte zusätzlich Vorlesungen über Naturwissenschaften. 1855 gründete er in Magdeburg-Buckau eine Werft mit Maschinenfabrik und Gießerei. Als während der Krise um 1857 G.s Betrieb unter Auftragsmangel litt, wandte er sich verstärkt dem Gießereiwesen zu. Er bemühte sich dabei bes. um den Hartguß. Die von ihm erzielten Erfolge wurden bes. auf dem Gebiet der Rüstungsfabrikation wirksam. 1893 wurde das G.sche Werk mit der Firma Krupp vereinigt.

Guericke, Otto v., 1602 bis 1686, deutscher Physiker, studierte in Leipzig, Helmstedt, Jena und Leiden Jura und Naturwissenschaften. Von 1627 ab war er Ratsherr in Magdeburg. Nach der Zerstörung Magdeburgs durch Tillys Truppen setzte er sich mit allen Kräften für den Wiederaufbau seiner Vaterstadt ein und arbeitete die hierfür erforderlichen Pläne so mustergültig und vorausschauend aus, daß man nach 1945 teilweise auf sie zurückgreifen konnte. 1646 bis 1681 war G. einer der vier Magdeburger Bürgermeister.

G. beschäftigte sich mit physikalischen Studien und Versuchen. Um 1650 baute er seine erste Luftpumpe, mit der er eine Reihe für die damalige Zeit überraschender Experimente anstellte (vgl. Pumpe ↑). Sie befaßten sich mit dem Vakuum und demonstrierten die Über-

windung des »horror vacui« (Abscheu vor der Leere), z. B. »Magdeburger Halbkugeln« ↑, vorgeführt auf dem Regensburger Reichstag (1654). Auch konstruierte G. ein Wasserbarometer, mit dessen Hilfe er Wettervorhersagen versuchte.

G. schuf ferner eine einfachste Elektrisiermaschine ↑, die im wesentlichen aus einer zu drehenden Schwefelkugel bestand (1663). G. war einer der ersten großen Experimentalphysiker.

Guillaume, Charles-Édouard, 1861 bis 1938, französischer Physiker, seit 1915 Direktor des Internationalen Büros für Maß und Gewicht. Er erfand 1897 das Invar ↑, eine Ni-Fe-Legierung mit sehr geringer temperaturbedingter Längenänderung für Präzisionsuhren und -geräte, und erhielt dafür 1920 den Nobelpreis. G. machte sich bes. um die Konstruktion und Verbesserung von Präzisionsmeßinstrumenten verdient.

Guldberg, Cato Maximilian, 1836 bis 1902, norwegischer Chemiker und Mathematiker, stellte mit *P. Waage* ↑ das Massenwirkungsgesetz auf (1867).

Guldin, Paul, 1577 bis 1643, schweizerischer Goldschmied und Mathematiker. Er wurde durch die von ihm aufgestellten Guldinschen Regeln zur Berechnung des Inhalts von Rotationskörpern bekannt.

Gunter, Edmund, 1561 (1581) bis 1626, englischer Astronom und Mathematiker. Er entwikkelte ein »Logarithmenlineal«, Vorläufer des Rechenstabs ↑, auf dem mit Hilfe eines Zirkels durch Abgreifen Multiplikations- und Divisionsaufgaben gelöst werden konnten (1624).

Gutenberg, Johann (eigentl. Johannes Gensfleisch zum Gutenberg), 1394 (1399) bis 1468, deutscher Buchdrucker. G. stammte aus einer Patrizierfamilie, er verließ Mainz, als durch den Einfluß der Zünfte die Privilegien der alten Patrizierfamilien beschnitten wurden. In Strasbourg beschäftigte er sich mit dem Goldschmiedehandwerk sowie mit der Herstellung von Spiegeln und der Steinschleiferei. Etwa um 1436 griff er das Problem des wirtschaftlichen Druckens auf. G., der um 1444 nach Mainz zurückkehrte, fand eine Lösung, die im wesentlichen auch heute noch in Gebrauch ist (Buchdruck mit gegossenen Lettern).

G.s erste, zunächst kleineren Arbeiten (z. B. ein Kalender und eine kurze lateinische Grammatik) erschienen nach 1400. Ein für einen Bibeldruck aufgenommenes Darlehen brachte G. um den Erfolg seiner Arbeit. Der Gläubiger, *Johannes Fust,* kündigte das Darlehen vor Beendigung des Drucks und eignete sich so die G.sche Druckerei an. *Fust* betrieb zusammen mit *P. Schöffer* ↑, seinem Schwiegersohn, das neue Druckverfahren weiter und gab es als eigene Erfindung aus.

G. brachte es nicht wieder zu einer eigenen Druckerei. Er soll jedoch in anderen Druckereien mitgewirkt haben. 1462 verließ G. Mainz, kehrte jedoch später zurück und erhielt eine bescheidene jährliche Abfindung (Druckverfahren ↑).

H

Haas, Wander Johannes de, 1878 bis 1960, holländischer Mathematiker und Physiker, Hochschullehrer in Delft, Groningen und Leiden, Direktor des Kamerlingh-Onnes ↑-Instituts. Er arbeitete über elektrische Leitfähigkeit, Ferromagnetismus und Tiefsttemperaturen. Zusammen mit *A. Einstein* ↑ entdeckte er 1915 den Einstein-de-Haas-Effekt.

Haber, Fritz, 1868 bis 1934, deutscher Chemiker, studierte Chemie und chemische Technologie in Berlin, Heidelberg und später in Zürich. Er arbeitete zunächst auf den Gebieten der Thermodynamik und der Elektrochemie.

Seit 1903 führte er Untersuchungen über die rationelle Gewinnung des Luftstickstoffs durch und arbeitete ein Verfahren zur Ammoniaksynthese unter hohem Druck und bei hohen Temperaturen aus. Nachdem 1908 die erste Synthese gelungen war, verband sich H. mit der Badischen Anilin- und Sodafabrik, wo er zusammen mit *C. Bosch* ↑ und anderen sein Verfahren bis zur großtechnischen Reife entwickelte (vgl. Haber-Bosch-Verfahren ↑). 1912 wurde er Leiter des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Elektro- u. physikalische Chemie. Während des ersten Weltkrieges stand er der chemischen Abteilung des preußischen Kriegsministeriums vor und setzte sich aktiv für die Entwicklung von Giftgasen ein.

Erst in den zwanziger Jahren gewann H. zu-

nehmend die Einsicht, daß Wissenschaft und Technik ausschließlich dem Nutzen, nicht dem Schaden der Menschheit zu dienen haben, und warnte vor dem Mißbrauch wissenschaftlicher Erkenntnisse. 1933 legte er aus Protest gegen die faschistische Herrschaft die Institutsleitung nieder und emigrierte. 1938 erhielt er den Nobelpreis für Chemie.

Hackworthy, Timothy, 1786 bis 1850, englischer Ingenieur, arbeitete zunächst in Gruben, für die er 1811 bis 1816 Lokomotiven ↑ mit einem und später zwei Zylindern konstruierte. Nach kurzer Tätigkeit in der Lokomotivfabrik der *Stephensons* ↑ nahm er eine Stellung bei der Stockton-Darlington-Bahn an. Nebenbei konstruierte er weiterhin Lokomotiven, so eine Maschine mit 6 gekuppelten Rädern und die erste nach Rußland gelieferte Lokomotive. Nach 1840 beschäftigte er sich vorwiegend mit metallurgischen Problemen. H. erkannte die Bedeutung des technischen Nachwuchses und förderte dessen Ausbildung.

Hagen, Ernst, 1851 bis 1923, deutscher Physiker, Enkel des Astronomen *F. F. W. Bessel* ↑. Nach dem Studium in Berlin und Heidelberg Assistent von *H. v. Helmholtz* ↑, dann Privatdozent in Berlin. 1893 wurde er Direktor der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Er führte Versuche zur Bestätigung der elektromagnetischen Lichttheorie durch.

Hagen, Gotthilf, 1797 bis 1884, deutscher Physiker und Techniker, studierte Mathematik und Astronomie, wandte sich dem Baufach zu, wurde Hafenbauinspektor und lehrte Wasserbau. Später war er mit Projekten von Kriegshäfen und mit zahlreichen wasserbautechnischen Problemen beschäftigt. Er fand ein wichtiges Gesetz über Flüssigkeitsströmungen in Kapillaren und veröffentlichte zahlreiche Arbeiten auf dem Gebiet der Hydrodynamik.

Hagen-Bischoff, Jakob Eduard, 1833 bis 1910, Schweizer Physiker, untersuchte vor allem die innere Reibung der Flüssigkeiten, arbeitete über Phosphoreszenz und Fluoreszenz und leistete wertvolle Beiträge zur Gletscherkunde.

Hahn, Otto, 1879 bis 1968, deutscher Chemiker, Hochschullehrer und Institutsdirektor. Er entdeckte, teilweise in Zusammenarbeit mit *L. Meitner* ↑, mehrere natürliche radioaktive Elemente. Bei Untersuchungen, die er gemeinsam mit *F. Straßmann* ↑ durchführte, fand er 1938 die Kernspaltung ↑ des Urans und schuf damit eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Nutzung der Kernenergie. 1944 wurde ihm der Nobelpreis für Chemie zuerkannt.

H. setzte sich für die ausschließlich friedliche Nutzung der Kernenergie ein und unterzeichnete den Göttinger Appell der 18 Atomphysiker.

Hahn, Philipp Matthäus, 1739 bis 1790, deutscher Feinmechaniker, wurde bes. als Konstrukteur und Hersteller von Waagen, Taschenuhren, astronomischen Uhren und Kunstuhren bekannt.

Hahnemann, Walter, 1879 bis 1944, deutscher Hochfrequenztechniker, förderte den Bau von Lichtbogensendern und die Hochfrequenzmeßtechnik, experimentierte mit schwundmindernden Antennen, verbesserte den Drahtfunk und arbeitete über Fragen der Funknavigation.

Hall, Edwin Herbert, 1855 bis 1938, nordamerikanischer Physiker, arbeitete vor allem über Wärme- und elektrische Leitfähigkeit und entdeckte 1879 den nach ihm benannten Effekt, der heute in Meßtechnik und Elektronik eine Rolle spielt.

Hallwachs, Wilhelm, 1859 bis 1922, deutscher Physiker, entdeckte 1888 die Elektronenemission aus Metallen unter dem Einfluß von Lichtstrahlen, den nach ihm benannten Effekt, wurde später Professor und Rektor der TH Dresden.

Halske, Georg, 1814 bis 1890, deutscher Techniker. H. erlernte den Beruf eines Mechanikers und richtete 1844 mit einem Partner in Berlin mechanische Werkstätten für Bau und Reparatur chemischer und physikalischer Apparate ein. Für *Werner Siemens* ↑ führte H. einen Zeigertelegrafen und das Modell einer Guttaperchapresse für die Kabelisolierung aus. 1847 gründete er mit *Werner Siemens* die »Telegrafenbauanstalt Siemens & Halske«. Sie befaßten sich zunächst mit dem Bau von Telegrafen und Feuermeldern, dann auch mit der Fernsprechtechnik. Aus der Firma ging einer der größten monopolistischen Elektrokonzerne hervor.

Hargreaves, James, 1740 bis 1778, englischer Techniker, ursprünglich Weber, konstruierte

nach 1760 die erste brauchbare Spinnmaschine ↑ (»Spinning Jenny«), die zunächst mit 8 Spindeln ausgerüstet war und von Hand angetrieben wurde. 1770 erhielt H. ein Patent auf die von ihm vervollkommnete Maschine. Seine erste Werkstatt wurde von Maschinenstürmern zerstört. Die Maschine erlangte rasch weite Verbreitung und wurde ohne Rücksicht auf die Patente von H. nachgebaut.

Harkort, Friedrich, 1793 bis 1880, er betrieb in Deutschland zunächst eine Gerberei, dann ein Kupferhammerwerk. 1818 gründete er mit einem Teilhaber in Wetter an der Ruhr eine Maschinenfabrik. Ihr Produktionsprogramm erstreckte sich von Kesseln und Dampfmaschinen über Textil- und Werkzeugmaschinen bis zu Ausrüstungen für die Hüttenindustrie. H. war ein eifriger Förderer der Eisenbahn und der Dampfschiffahrt. Er plante eine Dampferflotte für den Rhein und Rheinschiffe, die bis nach England fahren sollten. 1837 demonstrierte H. mit dem Dampfer »Rhein« die Realisierbarkeit dieses Vorschlags. Das geplante Unternehmen scheiterte jedoch aus Geldmangel.

Harrison, John, 1693 bis 1776, englischer Mathematiker und Uhrmacher, wurde zunächst Zimmermann und arbeitete dann als Feldmesser. Später befaßte er sich mit der Reparatur und Verbesserung von Uhren. Um 1726 konstruierte er das Kompensationspendel, wandte sich daraufhin vor allem der Konstruktion von Chronometern zu. Sie erreichten eine bisher nicht gekannte Ganggenauigkeit (um 1736). H. erhielt dafür zweimal einen vom britischen Parlament für die Verbesserung der Schiffsuhren ausgesetzten Preis.

Haselwander, Friedrich August, 1859 bis 1932, deutscher Ingenieur. Er schuf die erste funktionsfähige Drehstromanlage und arbeitete Grundlagen der Drehstrom-Übertragungssysteme mit Generator, Transformator und Motoren aus. Eine erste Patentanmeldung aus dem Jahre 1888 wurde zurückgewiesen, erst eine Neuanmeldung anerkannt. Als die in einer deutschen Firma produzierten H.schen Maschinen eine gefährliche Konkurrenz für die Allgemeine Elektricitätsgesellschaft (AEG) zu werden drohten, wurde durch Machenschaften eine Streichung der H.schen Patente durchgesetzt (Wechselstromtechnik ↑).

Haswell, John, 1812 bis 1896, englischer Maschinenbauer. H. trat mit 22 Jahren in eine Maschinenfabrik ein und kam 1838 nach Wien, wo er Eisenbahnwerkstätten leitete. Sie entwickelten sich zu einer Lokomotiven- und Waggonfabrik. Neben zahlreichen Verbesserungen an Lokomotiven ↑ wurde H. vor allem durch eine um 1860 erfundene Schmiedepresse bekannt.

Hautefeuille, Jean de, 1647 bis 1724, französischer Techniker, ursprünglich Geistlicher, befaßte sich mit der Verbesserung der Ganggenauigkeit von Uhren und prozessierte gegen *Ch. Huygens* ↑ um die Priorität der Erfindung der Spiralfeder. Er ersann u. a. ein Meßmikroskop und schlug vor, eine Kolbenmaschine zu bauen, die durch die Verbrennungsgase von Schießpulver getrieben werden sollte.

Hawksbee, Francis, gest. etwa 1713, englischer Physiker, beschäftigte sich vor allem mit physikalischen Erscheinungen im luftverdünnten Raum. Er verbesserte die Kolbenluftpumpe und konstruierte eine Elektrisiermaschine ↑, mit deren Hilfe er Funken und Leuchterscheinungen in teilweise evakuierten Glasgefäßen und Röhren hervorrufen konnte. Auch Versuche zur Schallausbreitung stellte er an.

Heaviside, Oliver, 1850 bis 1925, englischer Physiker. Er arbeitete über Vektor- und Operatorenrechnung und wandte seine Erkenntnisse vor allem auf Schwingungsvorgänge in Kabelleitungen an. Zusammen mit dem Nordamerikaner *A. E. Kenelly* entwickelte er die Hypothese leitender und reflektierender Schichten in der Hochatmosphäre (Ionosphäre) zur Erklärung der Fernausbreitung von Radiowellen.

Hefner-Alteneck, Friedrich v., 1845 bis 1904, deutscher Techniker, studierte an den Technischen Hochschulen in München und Zürich. In der Konstruktionsabteilung der Firma Siemens & Halske arbeitete er zunächst an der Durchbildung und Verbesserung von Telegrafen und Blockeinrichtungen für Eisenbahnen. 1872 erfand er den Trommelanker für elektrische Maschinen. Die von ihm erdachte Differentialbogenlampe (1878) ermöglichte es, zahlreiche Bogenlampen in einem Stromkreis zusammenzuschalten. Für die Messung von Lichtstärken gab er die mit Amylacetat gespeiste »Normallampe« an.

Heilmann, Josua, 1796 bis 1848, französischer Techniker, zunächst kaufmännischer Angestellter, studierte später in Paris Mathematik, Physik und Maschinenbau und trat in eine von Familienmitgliedern gegründete Elsässer Spinnerei ein. 1824 erhielt H. ein Patent auf einen selbsttätigen Webstuhl, 1829 konstruierte er eine Strickmaschine ↑. 1843 erfand er eine Kämmaschine für Wolle und langstapelige Baumwolle. Sie erlangte weite Verbreitung.

Heisenberg, Werner Karl, 1901 bis 1976, deutscher Physiker, Hochschullehrer und Direktor des Max-Planck-Instituts für Physik, begründete mit *M. Born* ↑ und *P. Jordan* die Quantenmechanik, fand 1927 die nach ihm benannte Unbestimmtheitsrelation, entwikkelte Anfang der dreißiger Jahre gleichzeitig mit dem sowjetischen Physiker *D. D. Iwanenko* die Hypothese des aus Protonen und Neutronen zusammengesetzten Atomkerns. Arbeitete über Ferromagnetismus, kosmische Strahlung und Theorie der Elementarteilchen. H. unterzeichnete den Göttinger Appell der 18 Atomphysiker. 1932 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Helmholtz, Hermann, 1821 bis 1894, deutscher Physiologe und Physiker. H. studierte Medizin, war Militärarzt, später Hochschullehrer für Physiologie und Anatomie in Königsberg, Bonn und Heidelberg. Er wandte sich jedoch zunehmend physikalischen Untersuchungen zu und wurde 1871 zum Professor für Physik in Berlin berufen, wo auf sein Betreiben 1878 das Physikalische Institut errichtet wurde. H. war erster Präsident der 1888 gegründeten Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

H. arbeitete über Akustik sowie physiologische Optik und erfand 1850 den Augenspiegel.

Ausgehend von Beobachtungen der Lebensvorgänge, stieß er 1847 zum Gesetz von der Erhaltung der Energie vor, das er in seiner Schrift »Über die Erhaltung der Kraft« formulierte. Er arbeitete auf den Gebieten der Hydrodynamik, der Elektrizitätslehre und der Thermodynamik. 1881 ließ er in einem Vortrag einfließen, daß die Gesetze der Elektrolyse die Existenz eines elektrischen Elementarquantums voraussetzten.

Helmont, Johann Baptist van, 1577 bis 1644, niederländischer Naturforscher und Arzt, unternahm zahlreiche Auslandsreisen, zog sich 1609 auf sein Gut bei Brüssel zurück und befaßte sich vorwiegend mit chemischen Arbeiten. Er war Anhänger des *Paracelsus* ↑ und suchte Vorgänge im Körper und Krankheiten aus chemischen Prozessen zu erklären. Seine Lehre von den Gasen (dieses Wort, das er aus »Chaos« herleitete, verwandte er als erster) führte zu einer genaueren Einteilung in Luft, Wasserdampf und Gas; auch unterschied er zwischen verschiedenen Gasen.

Henlein, Peter, um 1480 bis 1542, deutscher Feinmechaniker, lebte in Nürnberg und wurde 1509 als Meister in die Schlosserzunft aufgenommen; konstruierte und fertigte kleine, in jeder Lage funktionierende Uhren ↑. H.s Uhren, deren erste um 1510 entstanden, besaßen Federantrieb und eine Unruh. Sie waren erst ei-, später dosenförmig und ähnelten in ihrer Form schließlich den heutigen Taschenuhren.

Hennebique, François, 1843 bis 1921, französischer Bauingenieur. H. war zunächst Steinmetz, später Bauunternehmer und Ingenieur. Ihm gelang es, bes. mit Rücksicht auf die Feuersicherheit, Bauten vollkommen monolithisch aus Stahlbeton ↑ herzustellen. 1892 erfand er den Plattenbalken aus Stahlbeton mit Bügelbewehrung. Die Pariser Weltausstellung 1900 gab ihm Gelegenheit, seine Bauweise auch auf den Monumentalbau auszudehnen. Seine dort gezeigten Stahlkonstruktionen beeinflußten die Entwicklung des Stahlbetonbaus in ganz Europa.

Henry, Joseph, 1797 bis 1878, nordamerikanischer Physiker und Mathematiker. 1826 wurde H. Professor in Albany, wo er mit magnetischen und elektrischen Untersuchungen begann. 1831 experimentierte er mit einer Telegrafenlinie von etwa 2 km Länge. Von 1832 ab befaßte er sich vor allem mit der Untersuchung der Induktions- und Selbstinduktionserscheinungen (die Einheit der Induktivität trägt seinen Namen). 1846 wurde er zum Sekretär der Smithonian Institution berufen. Er erkannte, daß die Entladung einer Leidener Flasche oszillatorisch erfolgt. Auch um die Schaffung brauchbarer Wetterkarten war er bemüht.

Henschel, Georg Christian Karl, 1759 bis 1835, deutscher Techniker und Unternehmer,

betrieb in Hessen eine Gießerei und Werkzeugmaschinenfabrik. 1796 errichtete er das erste deutsche Bleiwalzwerk. Während der Napoleonischen Kriege mußte der Betrieb geschlossen werden. 1810 baute H. – zunächst in einem Wohnhaus – eine neue Werkstatt auf, bis er 1813 den Gießereibetrieb wieder aufnehmen konnte.

Henschel, Carl Anton, 1780 bis 1861, deutscher Techniker, Sohn von *G. Henschel* ↑, zunächst im Staatsdienst, dann als Berg- und Maschineningenieur tätig. Er war schon vorher (1817) als Teilhaber in die väterliche Fabrik eingetreten. Nach seinem Ausscheiden aus dem Staatsdienst (1845) widmete er sich ausschließlich dem Maschinenbau. Er verbesserte Dampfkessel und Gebläseanlagen, befaßte sich mit Turbinen und der Konstruktion von eisernen Brücken. Nachdem er Projekte einer Drucklufteisenbahn aufgegeben hatte, begann er mit dem Lokomotivenbau. 1848 verließ die erste Lokomotive ↑ das Werk. H. stand auch Fragen der Architektur sehr aufgeschlossen gegenüber.

Herakleides, Pontikos, etwa 390 bis etwa 313 v. u. Z., griechischer Philosoph, Physiker, Astronom, schrieb über Philosophie, Mathematik, Musik. Er war der erste Gelehrte, der eine Eigenrotation der Erde vermutete und die Rückläufigkeit der Planeten durch ihren Umlauf um die Sonne zu erklären suchte. Seine Hypothesen können als Vorstufe der Erkenntnisse des *Aristarch von Samos* ↑ und des Kopernikanischen Weltbildes ↑ angesehen werden.

Heraklit, etwa 544 bis etwa 483 v. u. Z., griechischer Philosoph. Über seinen Lebensweg ist wenig bekannt. Sein wichtigstes Werk, »Über die Natur«, enthält für die Folgezeit entscheidende Gedanken. Er lehrte, daß sich alles in steter Entwicklung und Veränderung befinde, daß die Entwicklung steter Kampf der Gegensätze sei, und vertrat damit dialektische Auffassungen.

Heron von Alexandria, etwa 100 v. u. Z., griechischer Mathematiker, Techniker und Geodät. H. leistete als Mathematiker wie als Techniker Hervorragendes. Seine Arbeiten über Geodäsie enthalten u. a. die Heronische Formel über den Flächeninhalt des Dreiecks und geben Näherungswerte für Quadrat- und Kubikwurzeln an. Auch beschäftigte er sich mit der Auflösung quadratischer Gleichungen und mit regelmäßigen Vielecken.

Er erforschte die Elastizität und stellte hygroskopische Untersuchungen an. In seiner »Pneumatik« befaßte er sich mit Versuchen über die Eigenschaften der Luft und der Dämpfe. Er konstruierte Pressen, erwähnte den Kran und andere Hebevorrichtungen. Er kannte Zahnradgetriebe, erfand den Heronsball, konstruierte Automaten und die Äolipile (Vorläufer der Dampfturbine ↑). Auch Vorläufer geodätischer Instrumente gehen auf ihn zurück.

Héroult, Paul-Louis Toussaint, 1863 bis 1914, französischer Chemiker und Metallurg. Er studierte an der Bergakademie in Paris, mußte das Studium jedoch abbrechen, um nach dem Tode des Vaters dessen Gerberei zu übernehmen. Nebenbei betrieb er chemische Studien. Er arbeitete die Schmelzflußelektrolyse des Aluminiums ↑ aus Bauxit aus (1886 patentiert) und begründete die Elektrostahlerzeugung in dem nach ihm benannten direkten Lichtbogenofen, der vor allem zum Schmelzen unlegierter und legierter Qualitätsstähle dient (Elektroöfen ↑).

Hertz, Gustav, 1887 bis 1975, deutscher Physiker und Hochschullehrer, Neffe von *H. Hertz* ↑. 1913 wies er zusammen mit *J. Franck* ↑ nach, daß Atome nur diskrete Energiebeträge absorbieren können, und gab damit wichtige Impulse für die Anwendung der Quantentheorie auf Atome. 1932 entwickelte er ein Verfahren zur Isotopentrennung. Er arbeitete über Elektronen- und Gasentladungsphysik und war von 1945 bis 1954 in der Sowjetunion tätig, dort Staatspreisträger. Nach seiner Rückkehr wirkte er als Hochschullehrer in Leipzig. H. erhielt 1925 zusammen mit *J. Franck* ↑ den Nobelpreis für Physik und ist zweifacher Nationalpreisträger.

Hertz, Heinrich, 1857 bis 1894, deutscher Physiker, studierte zunächst Ingenieurwissenschaften, wechselte zur Physik über, wurde Assistent von *H. v. Helmholtz* ↑ (1880), 1883 in Kiel Privatdozent für theoretische Physik, Ende 1884 als Professor der Physik nach Karlsruhe berufen. 1889 wurde er Ordinarius der Physik in Bonn.

H. arbeitete über Fragen der Mechanik, der Optik und des Stromdurchgangs durch verdünnte Gase. Seine entscheidende Leistung

war die experimentelle Bestätigung der J. C. Maxwellschen Hypothese elektromagnetischer Wellen ↑ von größerer als der Lichtwellenlänge. 1886 gelang es ihm, solche Wellen nachzuweisen. Seine ganze weitere Tätigkeit war darauf gerichtet, ihre Wesensgleichheit mit Lichtwellen zu zeigen. Dies gelang ihm in einer Reihe von Experimenten. Er bestimmte Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit, zeigte Brechung und Beugung sowie die Polarisation.

Heß, Henry, 1802 bis 1850, in Genf geborener, vorwiegend in Rußland wirkender Chemiker, befaßte sich mit Fragen der organischen und physikalischen Chemie, untersuchte bes. die Wärmebeziehungen bei chemischen Vorgängen. Er fand den nach ihm benannten wichtigen Satz über die Wärmesummen, ein Sonderfall des Energiesatzes.

Heß, Viktor Franz, 1883 bis 1964, österreichischer Physiker, lebte in den USA. 1913 entdeckte er mit *W. Kohlhörster* die kosmische Strahlung. Für seine Arbeiten auf diesem Gebiet wurde ihm 1936 der Nobelpreis für Physik verliehen.

Hevesy, Georg v., 1885 bis 1966, in Budapest geborener Physiker, Professor für physikalische Chemie in Freiburg, später in Dänemark. Er arbeitete über radioaktive Elemente und entwickelte zusammen mit *F. A. Paneth* ↑ die Methode der »markierten« Atome, die sich zu einem unentbehrlichen Werkzeug von Forschung und Technik entwickelte. 1923 entdeckte er das Element Hafnium. 1943 erhielt er den Nobelpreis für Chemie.

Heydweiller, Adolf, 1856 bis 1926, deutscher Physiker, Mitarbeiter und Schüler von *F. W. G. Kohlrausch* ↑. War in Deutschland, Frankreich und Italien tätig, Professor in Breslau, Münster, Rostock. H.s Tätigkeit galt vor allem der Ausarbeitung und Verbesserung physikalischer Präzisionsinstrumente und Meßmethoden, bes. auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre (Elektrodynamometer, Elektrometer für hohe Spannungen). Er untersuchte u. a. Funkenentladungen sowie Leitfähigkeit und andere Eigenschaften von Elektrolyten.

Heyrowsky, Jaroslav, 1890 bis 1967, tschechischer Physikochemiker und Hochschullehrer, leistete ab 1923 grundlegende Arbeiten auf dem Gebiet der Polarographie. Er erhielt 1959 den Nobelpreis für Chemie.

Hirn, Gustav Adolf, 1815 bis 1890, im Elsaß geborener Physiker, war in der Textilfabrik seines Vaters tätig, erwarb im Selbststudium umfangreiche physikalische Kenntnisse. Die bei der Schmierung von Maschinen abnehmende Wärmeentwicklung brachte ihn auf den Gedanken, das mechanische Wärmeäquivalent zu bestimmen. Dies gelang ihm u. a. durch die »Stoßversuche« und durch Aufstellen der Wärmebilanz von Dampfmaschinen. Er untersuchte ferner die Geschwindigkeit ausströmender Gase sowie Ventilatoren, konstruierte Dynamometer für Messungen an Dampfmaschinen und Überhitzer (1855). Auch über astronomische und meteorologische Fragen arbeitete er.

Hirth, Hellmuth, 1886 bis 1938, deutscher Flugzeug- und Flugmotorenkonstrukteur, führte 1912 einen Fernflug Berlin–Wien durch, konstruierte während des ersten Weltkrieges Flugmotoren, gründete 1931 ein Flugmotorenwerk. Er war der Bruder des bekannten Segelfliegers und Segelflugzeugkonstrukteurs *Wolf Hirth* (1900 bis 1959).

Hittorf, Johann Wilhelm, 1824 bis 1914, deutscher Physiker und Chemiker, Professor für Physik und Chemie in Münster. H.s Hauptarbeitsgebiet waren Leitfähigkeitsuntersuchungen in Flüssigkeiten und Gasen. Er untersuchte die Ionenwanderung in Elektrolyten und die Elektrizitätsleitung in Gasen unter vermindertem Druck (zusammen mit *J. Plükker* ↑). Auch über die Spektren von Verbindungen arbeitete er.

Hoefft, Franz v., 1882 bis 1954, österreichischer Raumfahrtpionier, ging bei seinen Raumfahrtprojekten zunächst physikalisch nicht realisierbaren Ideen nach, wandte sich aber nach 1920 der Raketentechnik zu.1926 rief er in Wien die »Wissenschaftliche Gesellschaft für Höhenforschung« ins Leben. Er entwarf Flüssigkeitsraketen für die Höhenforschung, schlug vor, Raketen zunächst mit Hilfe eines Ballons in größere Höhen zu tragen und dann erst zünden zu lassen, konzipierte Mehrstufenraketen für den Flug zum Mond, bemannte Raumschiffe für Erdumkreisungen, Fernraketen für die Lastenbeförderung usw. H. hatte jedoch keine Möglichkeit, seine Pläne zu verwirklichen.

Hoff, Jacobus Henricus van't, 1852 bis 1911, niederländischer Physikochemiker, ab 1878

Hochschullehrer in Amsterdam, 1886 Berufung an die Preußische Akademie der Wissenschaften in Berlin und an die TH Berlin-Charlottenburg. Er wies den Zusammenhang zwischen den optischen Eigenschaften der Körper (bes. Polarisation) und ihrer Struktur nach und begründete um 1874 die Stereochemie, stellte die Gesetze des chemischen Gleichgewichts auf (1884) und fand die Beziehungen zwischen dem osmotischen Druck und der relativen Molekülmasse. Er untersuchte Schmelzpunkt- und Dampfdruckerniedrigung und wandte die Gefrierpunkterniedrigung für die Bestimmung der relativen Molekülmasse an. 1901 erhielt er den Nobelpreis für Chemie.

Hoffmann, Friedrich, 1660 bis 1742, deutscher Arzt, studierte in Jena und Erfurt, habilitierte sich in Jena, ließ sich 1684 als Arzt in Minden nieder. 1695 ging er als Professor der Medizin nach Halle. Er untersuchte zahlreiche Arzneimittel und gab neue an. Die nach ihm benannten Tropfen, eine Mischung aus Ether und Alkohol, werden noch heute verwendet.

Hofmann, August Wilhelm v., 1818 bis 1892, deutscher Chemiker, studierte zunächst Jura, fand zur Chemie nach Bekanntwerden mit *J. v. Liebig* ↑, wurde eine der international angesehensten Forscherpersönlichkeiten seiner Zeit. Für Arbeiten über Indigo verlieh ihm die Pariser Pharmazeutische Gesellschaft eine Medaille. Vom »Royal College of Chemistry« wurde ihm die Leitung des Forschungslaboratoriums in London übertragen, das unter seiner Leitung (1845 bis 1865) Weltruf errang und in dem H. durch grundlegende Arbeiten über Teerfarbstoffe zum Wegbereiter dieses Industriezweigs wurde. H. entwickelte grundlegende Methoden zur Strukturaufklärung (Hofmannscher Wasserzersetzungsapparat). 1867 gründete H. mit Fachkollegen die »Deutsche Chemische Gesellschaft«, deren Initiative die Schaffung eines Patentgesetzes zu verdanken ist (DRP Nr. 1 war ein Farbstoffpatent).

Hofmann, Fritz Carl Albert, 1866 bis 1956, deutscher Chemiker, erst Apothekerlehre, dann Chemiestudium, ab 1897 Chemiker in den Elberfelder Farbwerken (spätere Farbenfabrik Bayer). H.s wissenschaftliche Hauptleistung liegt auf dem Gebiet der Kautschuksynthese (Synthesekautschuk ↑). Ihm gelang zusammen mit *K. Coutelle* 1909 die erste Synthese eines kautschukähnlichen Materials aus Isopren. In der Folgezeit entdeckte H. auch die Polymerisierbarkeit von Butadien und Dimethylbutadien. Aus letzterem wurde im ersten Weltkrieg von H. und seinen Mitarbeitern der sog. »Methylkautschuk« entwikkelt.

Hollerith, Hermann, 1860 bis 1929, Techniker deutscher Abstammung. Er lebte in den USA, wo er Angestellter des Statistischen Amtes wurde. Anläßlich der Volkszählung des Jahres 1890 und des dabei zu erwartenden großen Datenanfalls kam er auf den Gedanken, die Daten mit Hilfe gelochter Karten zu zählen, zu sortieren und automatisch zu tabellieren. Die von ihm entworfenen Maschinen (Hollerithmaschinen) arbeiteten auf elektromechanischer Grundlage. Sie bildeten den Beginn der Lochkartentechnik ↑ für Zwecke der Datenverarbeitung.

Holley, Alexander Lyman, 1832 bis 1882, nordamerikanischer Ingenieur, arbeitete zunächst als Techniker, um sich dann der technischen Schriftstellerei zu widmen. 1856 wurde er Besitzer und Herausgeber einer Fachzeitschrift über Eisenbahnwesen. Lange Studienreisen, auch nach Europa, ließen ihn einen guten Überblick über das technische Wissen seiner Zeit gewinnen. Während eines Aufenthalts in England (1863) lernte er das soeben entwickelte Bessemerverfahren (Stahl ↑) kennen. Er verhandelte über die amerikanische Lizenzvergabe für dieses Verfahren und wurde nach seiner Rückkehr als Teilhaber in einen Konzern für die Errichtung von Bessemeranlagen aufgenommen. H. richtete zahlreiche Stahlwerke in den USA ein und befaßte sich später auch mit dem Siemens-Martin-Verfahren ↑.

Holtz, Wilhelm, 1836 bis 1913, deutscher Physiker, konstruierte 1865 eine Influenzmaschine (Elektrisiermaschine ↑) mit einer festen und einer drehbaren Scheibe. Zwei Jahre später rüstete er sie mit zwei sich gegeneinander drehenden Scheiben aus. Er führte die Holtzschen Klemmen in die Experimentiertechnik ein. Seit 1884 war er als Professor der Physik in Greifswald tätig.

Holtzhausen, August Friedrich Wilhelm, 1768 bis 1827, deutscher Maschinenbauer,

lernte im Bergmaschinenbau, kam als Maschineninspektor in das oberschlesische Kohlenrevier. Seit 1808 leitete er die Werkstätten einer Gleiwitzer Maschinenfabrik, gleichzeitig hatte er die Oberaufsicht über alle Dampfmaschinen des oberschlesischen Industriereviers und des Waldenburger Berglandes. Er konstruierte Dampfmaschinen verschiedenster Leistungen, daneben Pumpen, Gebläse und Fördermaschinen und zählt zu den bedeutendsten Förderern der Technisierung des deutschen Bergbaus.

Holveck, Fernand, 1895 bis 1941, französischer Physiker, beschäftigte sich mit Röntgenstrahlen und erfand eine Molekularpumpe. Nach der Besetzung Frankreichs durch die Faschisten trat H. der antifaschistischen Widerstandsbewegung bei. 1941 wurde er verhaftet und wenige Tage später ermordet.

Hooke, Robert, 1635 bis 1703, englischer Mathematiker und Physiker, studierte in Oxford, war dort auch Assistent von *R. Boyle* ↑. 1678 wurde er Sekretär der Royal Society, außerdem Professor für Geometrie in London, hielt auch Vorlesungen über industrielle Technologie. H. untersuchte die Farben dünner Blättchen, wies nach, daß Schmelz- und Siedepunkt konstant sind, schlug einen optischen Telegrafen ↑ und zahlreiche Meßinstrumente (Hygrometer ↑, Regenmesser, Windmesser, Libellen, Barometer ↑ usw.) vor. Er faßte Lichtwellen als Vibrationen eines zunächst nicht näher bestimmten Fluidums auf und nahm das Gravitationsgesetz vorweg, wandte es aber nicht auf Planetenbewegungen an. 1679 fand er das nach ihm benannte Gesetz der elastischen Dehnung. 1658 stattete er die Unruh von Uhren ↑ mit einer Spiralfeder statt der von *P. Henlein* ↑ benutzten Schweinsborsten aus.

Hopkinson, John, 1849 bis 1898, englischer Elektrotechniker, arbeitete bes. über die theoretischen Grundlagen von elektrischen Generatoren, über Wechselstromtechnik ↑ und das Dreileitersystem. Er war Assistent von *T. A. Edison* ↑.

Hornblower, Jonathan, 1717 bis 1780, englischer Maschinenbauer, Sohn von *Joseph H.* ↑, führte die Arbeiten seines Vaters fort. Zusammen mit seinem Bruder *Josiah H.* ↑ konstruierte er um 1750 die erste für die USA bestimmte Dampfmaschine ↑.

Hornblower, Jonathan Carter, 1753 bis 1815, englischer Maschinenbauer, Sohn von *Jonathan H.* ↑. Er war zunächst mit seinem Vater und drei Brüdern bei Boulton & Watt beschäftigt. 1781 erhielt H. das Patent auf eine Dampfmaschine ↑, die Dampf von erhöhtem Druck nacheinander in zwei unterschiedlich großen Zylindern expandierte, und die als erste Compoundmaschine zu betrachten ist. Darüber kam es mit *J. Watt* ↑ zu langen Patentstreitigkeiten, die dazu führten, daß die Hornblowerschen Maschinen nicht weiterentwikkelt werden durften.

Hornblower, Joseph, um 1692 bis 1761, englischer Maschinenbauer, war im Bergbau tätig, wo er *Th. Newcomen* ↑ kennenlernte. Er wurde Maschinenmeister in der Grube Wheal Rose, deren Newcomenmaschine er wahrscheinlich baute. Später war er an der Fertigstellung weiterer atmosphärischer Dampfmaschinen ↑ beteiligt.

Hornblower, Josiah, 1729(?) bis 1809, englischer Maschinenbauer, Sohn von *Joseph H.* ↑, begleitete die erste Newcomenmaschine nach den USA, wo er als Ingenieur bekannt wurde.

Howe, Elias, 1819 bis 1867, nordamerikanischer Mechaniker, konstruierte 1846 eine Doppelsteppstichnähmaschine, die mit dem von ihm erfundenen Langschiffchen als Schlingenfänger arbeitete. Das Nähmaschinenschiffchen ließ er sich 1846 patentieren und gründete 1852 eine Nähmaschinenfabrik (Nähmaschine ↑).

Huber, Fritz, 1881 bis 1942, deutscher Techniker. H. studierte nach Besuch der Industrieschule in München an der dortigen Technischen Hochschule. Er arbeitete nach Werkstattpraxis in der Schweiz und in Frankreich bei *H. Grade* ↑ in Magdeburg, wo er bes. Zweitaktmotoren konstruierte. Anschließend übersiedelte er nach Wien, wo er auf dem gleichen Gebiet arbeitete und u. a. seinen ersten Glühkopfmotor durch eine verstellbare Regulierdüse zu gleichmäßigem Leerlauf brachte. In Mannheim entwickelte er den Glühkopf-Einzylindermotor für das Zweitaktverfahren, der 1921 im 12-PS-Bulldog vorgestellt wurde und Prototyp des zuverlässigen, billigen Rohölschleppers wurde. Bis 1952 wurde er in zahlreichen Varianten gebaut und nachgeahmt.

Hughes, David Edward, 1831 bis 1900, engli-

scher Physiker und Techniker. Seine Eltern wanderten 1838 nach den USA aus. H. studierte Physik und Musik und lehrte diese Fächer. Nach mehrjähriger Arbeit stellte er 1854 einen Typendrucktelegrafen vor, der zunächst in den USA, später auch in Europa Eingang fand. 1868 wurde der Hughes-Apparat auf dem Internationalen Telegrafenkongreß zur Einführung auf internationalen Linien empfohlen (elektrische Telegrafie ↑). Eine weitere bedeutende Erfindung von H. ist ein Kohlemikrofon (1878). Er konstruierte die Induktionswaage und experimentierte schon 1879 mit elektromagnetischen Wellen ↑, ohne ihr Wesen zu erkennen.

Hull, Albert Wallace, 1880 bis 1966, nordamerikanischer Physiker. Er verbesserte die Triode und schuf die ersten Ausführungen des Magnetrons.

Hull(s), Jonathan, geb. 1699, englischer Techniker, wahrscheinlich der erste Dampfschifffpionier, dessen Pläne versuchsweise ausgeführt wurden. 1736 erhielt er das Patent auf ein Dampfschiff ↑ mit einer atmosphärischen Dampfmaschine ↑. Er führte es 1737 auf dem Avon vor. Über Seile und Gewichte wurde die hin- und hergehende Kolbenbewegung der Dampfmaschine in eine rotierende Bewegung von Schaufelrädern verwandelt. H.s Versuche hatten jedoch wenig Erfolg.

Hülsmeyer, Christian, 1881 bis 1957, deutscher Techniker. Nach Besuch eines Lehrerseminars arbeitete er seit 1902 am »Telemobiloskop«, einem Vorläufer des Radars ↑. 1904 führte H. es vor und erhielt ein Patent, später ein Zusatzpatent. Obwohl das Gerät prinzipiell funktionsfähig war, konnte seine Produktion wegen ungenügender technischer Voraussetzungen und wegen des fehlenden Interesses der Industrie nicht aufgenommen werden.

Hund, Friedrich, geb. 1896, deutscher Physiker, Hochschullehrer u. a. in Leipzig. H. ist wesentlich an der Entwicklung der Theorie der Molekülbildung und der Atomzustände (Hundsche Regel) beteiligt.

Hunt, Charles Wallace, 1841 bis 1911, nordamerikanischer Ingenieur, zunächst als Kohlengroßhändler tätig. 1872 begann er, Kohleförderungseinrichtungen zu bauen, die teilweise die Transportkosten auf ein Zehntel der bisherigen senkten. Er konstruierte Greifer, Werkbahnen und von Akkumulatoren angetriebene Elektrolokomotiven für den Nahtransport sowie Drehbühnen, Förderbrücken und andere Transporthilfsmittel.

Huntsman, Benjamin, 1704 bis 1776, englischer Arzt, Physiker und Techniker, betätigte sich als Augenarzt, Chirurg und Uhrmacher. Die mangelhafte Qualität des Stahls ↑ für Instrumente und Werkzeuge war ihm Anlaß, nach Methoden zur Stahlverbesserung zu suchen. Nach 1740 erfand er den Tiegelgußstahl, für den sich in England zunächst niemand interessierte. Als H., der seinen Stahl ausführte, ein gefährlicher Konkurrent zu werden drohte, versuchte man, die Ausfuhr zu unterbinden. Schließlich bemächtigten sich englische Hüttenbesitzer der H.schen Erfindung, die er sich nicht hatte patentieren lassen.

Huygens, Christian, 1629 bis 1695, niederländischer Mathematiker, Physiker und Astronom. H. begann mit 16 Jahren ein Jurastudium, befaßte sich jedoch schon frühzeitig mit Physik und vor allem Mathematik. Nach längeren Auslandsreisen und der Veröffentlichung seiner ersten wissenschaftlichen Schriften wurde er als Akademiemitglied nach Paris berufen, wo er 15 Jahre tätig war, ehe er in seine Heimat zurückkehrte. H. gab in einer 1656 erschienenen Abhandlung über das Würfelspiel eine erste Untersuchung über Fragen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Er untersuchte die Pendelschwingungen, bes. die des physikalischen Pendels ↑, fand die Stoßgesetze, berechnete und erklärte die Zentrifugalkraft.

Er erfand die Federuhr mit Unruh und die Pendeluhr, für die er 1657 ein Patent erhielt (Uhr ↑). Seine Abhandlung über das Licht (1690) begründete die Wellentheorie, und er erklärte mit ihr Brechung sowie Reflexion. Seit 1655 arbeitete H. an der Verbesserung von Fernrohren ↑, deren Linsen er selbst anfertigte. Er entdeckte einen Saturnmond, den Orionnebel und erkannte den freischwebenden Ring des Saturn. H. schlug eine atmosphärische Kraftmaschine vor, deren Kolben durch explodierendes Schießpulver gegen den Luftdruck bewegt werden sollte.

I

Ilgner, Karl, 1862 bis 1921, deutscher Techniker. I. führte den elektrischen Antrieb für Förder- und Walzwerksmaschinen ein. Er benutzte hierfür die von *H. W. Leonhard* angegebene Steuerschaltung und glich Belastungsschwankungen beim Antrieb der Maschinen durch massive Schwungräder aus. Der »Ilgner-Umformer«, nach diesem Prinzip entworfen und gebaut, fand weite Verbreitung.

Iljuschin, Sergei Wladimirowitsch, 1894 bis 1977, sowjetischer Flugzeugkonstrukteur, Hochschullehrer. I. hatte bei der Fliegertruppe Ausbildung als Motorenschlosser, legte 1917 die Pilotenprüfung ab, wurde 1921 von der Roten Armee an das Moskauer Ingenieurinstitut der Roten Luftflotte delegiert. Er entwarf und konstruierte zunächst Gleit- und Segelflugzeuge, übernahm 1931 die Leitung eines Konstruktionsbüros und entwarf von da an zahlreiche Flugzeugtypen, die in der ganzen Welt bekannt wurden: Schlachtflugzeuge, Langstreckenbomber und Transportflugzeuge, vor allem aber Flugzeuge für die zivile Luftfahrt (z. B. IL 12, IL 14, IL 18, IL 62). I. war mehrfacher Staats- und Leninpreisträger, unterrichtete an der Luftfahrt-Militärakademie (Flugzeug ↑).

Imhoff, Karl, 1876 bis 1965, deutscher Ingenieur und Hochschullehrer, arbeitete nach dem Bauingenieurstudium auf dem Gebiet der Abwasserreinigung. 1906 entwickelte er mit dem Emscherbrunnen ↑ eine Frischwasserkläranlage, mit der zum ersten Mal eine völlige Trennung der Prozesse Absetzen und Schlammausfaulung erfolgte. Neben seiner Lehrtätigkeit an den Technischen Hochschulen in München und Karlsruhe veröffentlichte er u. a. die Werke »Fortschritte der Abwasserreinigung« und »Taschenbuch der Stadtentwässerung«, das viele Auflagen erlebte und in zahlreiche Sprachen übersetzt wurde. I. wurde Mitglied vieler internationaler Verbände.

Infeld, Leopold, 1898 bis 1968, polnischer Physiker und Hochschullehrer, war von 1933 bis 1950 in England, den USA und Kanada, anschließend in Warschau tätig, Mitarbeiter und Biograph *A. Einsteins* ↑. I.s Hauptarbeitsgebiete waren Feld- und Relativitätstheorie.

Ioffe, Abram Fjodorowitsch, 1880 bis 1960, sowjetischer Physiker, Schüler und Assistent *W. C. Röntgens* ↑, Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. I. arbeitete über Katodenstrahlen, Kristallphysik und Dielektrika, später vor allem über Thermoelektrizität und über Festkörper- und Halbleiterphysik. Während seiner letzten Lebensjahre leitete er das Institut für Halbleiter der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. Staatspreisträger.

J

Jablotschkow, Pawel Nikolajewitsch, 1847 bis 1894, russischer Physiker. J. studierte in Petersburg, trat zunächst in den Heeresdienst ein, später im Telegrafenwesen tätig. Er untersuchte Anwendungsmöglichkeiten der Elektrizität und gilt als einer der Erfinder des Transformators ↑. Er wandte sich dem Problem zu, den Elektrodenabstand von Bogenlampen trotz des Abbrandes gleich zu halten. Da mechanische Regeleinrichtungen nicht befriedigten, legte er die Kohleelektroden einander parallel und trennte sie durch eine Isolierschicht, die mit den Elektroden abbrannte (J.sche Kerze, 1876). J. befaßte sich auch mit der Verteilung elektrischer Energie, wobei er mehrere seiner Kerzen über Transformatoren in einen Stromkreis schaltete, und führte Verbesserungen an Dynamomaschinen ein.

Jacobi, Moritz Hermann v., 1801 bis 1875, deutsch-russischer Physiker und Techniker, studierte Bauwesen, wurde Architekt in Königsberg, 1835 Hochschullehrer für Bauwesen in Dorpat, 1837 Berufung nach Petersburg. 1847 wurde er dort Mitglied der Akademie der Wissenschaften.

Bereits während seines Studiums hatte sich J. für Elektrizitätslehre interessiert. Später setzte er seine Versuche fort. 1838 erfand er die Galvanoplastik, die ihn rasch berühmt machte. Mit *H. F. E. Lenz* ↑ untersuchte er die Gesetze und Anwendungsmöglichkeiten des Elektromagnetismus. Er konstruierte (ab 1834) Elektromotoren ↑, die durch galvanische Batterien gespeist wurden und später so leistungsfähig waren, daß sie (1838) ein mit 14 Personen besetztes Boot fortbewegten. Damit war erstmals der Elektroantrieb verwirk-

licht worden. Der Mangel an leistungsfähigen Stromquellen verhinderte jedoch die Nutzung.

Jacowlew, Alexander Sergejewitsch, geb. 1906, sowjetischer Flugzeugkonstrukteur. Er trat vor allem durch die Konstruktion von Jagdflugzeugen mit Propeller- und Strahlantrieb hervor (z. B. Jak 1 und Jak 25), konstruierte Hubschrauber (z. B. Jak 24) und arbeitete an Problemen des Überschallfluges. J. ist mehrfacher Staatspreisträger.

Jacquard, Joseph-Maria, 1752 bis 1834, französischer Weber und Techniker, Sohn eines Seidenwebers, lernte zunächst bei einem Buchbinder, später in einer Schriftgießerei. Nach dem Tode seiner Mutter kehrte er in die Werkstatt des Vaters zurück. Er konstruierte zunächst einen Musterwebstuhl, der den bisher nötigen »Ziehjungen« überflüssig machte, jedoch anfänglich wenig Beachtung fand. Auch gewann er einen Preis für die Herstellung einer Maschine zur Anfertigung von Fischnetzen. 1805 machte er seine bekannteste Erfindung, die »lochkartengesteuerte« Jacquardmaschine ↑, mit der auch komplizierte Muster auf einfache Weise und beliebig oft hergestellt werden konnten.

Joliot, Frédéric, 1900 bis 1958, französischer Physiker, Schwiegersohn von *M.* und *P. Curie* ↑. Zusammen mit seiner Frau *Irène J.-Curie* ↑ entdeckte er die künstliche Radioaktivität. Er wies die Möglichkeit der Kettenreaktion bei der Spaltung des Urankerns nach. (Kernspaltung ↑, Radioaktivität ↑). J. war Kommunist und kämpfte während der faschistischen Besetzung Frankreichs aktiv in der Widerstandsbewegung.

Er wurde nach 1945 Leiter der französischen Atomenergiebehörde, erbaute den ersten Kernreaktor Westeuropas, wurde jedoch wegen seiner Tätigkeit in der Weltfriedensbewegung (1951 Präsident des Weltfriedensrates) abgesetzt und war danach als Hochschullehrer tätig. Mit seiner Frau erhielt er 1935 den Nobelpreis für Chemie. J. war Träger des Leninfriedenspreises.

Joliot-Curie, Irène, 1897 bis 1956, französische Physikerin und Chemikerin, Tochter von *M.* und *P. Curie* ↑, Frau von *F. Joliot* ↑. Sie entdeckte mit diesem die künstliche Radioaktivität ↑, hatte großen Anteil an seiner wissenschaftlichen Tätigkeit und erhielt mit ihm 1935 den Nobelpreis für Chemie. Sie war aktiv in der französischen Widerstandsbewegung tätig und Trägerin des Leninfriedenspreises.

Jolly, Philipp v., 1809 bis 1884, deutscher Physiker, studierte in Heidelberg, Wien und Berlin, habilitierte sich 1834 in Heidelberg und wurde 1854 als Professor der Physik nach München berufen. Er verbesserte die Luftthermometer wesentlich und konnte damit den Ausdehnungskoeffizienten der Gase mit bisher nicht erreichter Genauigkeit messen. Er vervollkommnete die Wägetechnik und bestimmte mit einer empfindlichen Waagenanordnung die Gravitationskonstante und daraus die Dichte der Erde.

Jouffroy d'Abbans, Claude de, 1751 bis 1832, französischer Physiker, interessierte sich für Probleme der Schiffahrt und sah den Dampfantrieb für Schiffe als aussichtsreich an. Versuche mit einem dampfgetriebenen Ruderschiff (1776) schlugen fehl. Er ersetzte die Ruder durch ein Schaufelrad (1783). Es gelang ihm, auf der Saône ein 46 m langes Dampfschiff ↑ vorwärtszubewegen. Während der Revolutionsjahre kamen die weiteren Arbeiten jedoch zum Erliegen.

Joule, James Prescott, 1818 bis 1889, englischer Physiker. J. trat mit 15 Jahren in die Brauerei seines Vaters ein, die er später mit seinem Bruder leitete. Er verkaufte sie 1854 und lebte von da ab als Privatgelehrter.

J.s erste Arbeiten galten der Elektrizität und dem Magnetismus. 1840 entdeckte er die magnetische Sättigung des Eisens. In der Folgezeit untersuchte er die Wärmewirkungen des elektrischen Stromes und fand dabei das Joulesche Gesetz. Im August 1843 nannte er in einem Vortrag erstmals Zahlenwerte für das von ihm auf verschiedene Weise bestimmte mechanische Wärmeäquivalent und sprach – unabhängig von *J. R. Mayer* ↑ – das Gesetz von der Erhaltung der Energie aus. Nach 1847 untersuchte er mit *W. Thomson* (*Kelvin* ↑) die Reibung bei Strömungsvorgängen. Sie entdeckten dabei den Joule-Thomson-Effekt. J. berechnete auch die Geschwindigkeit der Moleküle und deren Abhängigkeit von der Temperatur und gelangte so zu einer theoretischen Deutung der Gasgesetze.

Julien, Pierre, 1814 bis 1876, französischer Uhrmacher. J. wollte lenkbare Luftschiffe ↑ bauen und stellte dazu systematische Vorver-

suche an: Er untersuchte die Kraftwirkungen von Luftschrauben, die er mit Uhrwerken antrieb, und bestimmte den Strömungswiderstand von Holzmodellen. Seine um 1850 durchgeführten Versuche mit Luftschiffmodellen schlugen jedoch fehl.

Jungius, Joachim, 1587 bis 1657, deutscher Naturforscher, studierte Mathematik und Medizin in Rostock, Gießen und Padua, wo er zum Doktor der Medizin promovierte. Er gründete in Rostock 1622 die erste wissenschaftliche Gesellschaft Deutschlands. 1625 wurde J. Professor in Rostock, 1629 übersiedelte er nach Hamburg. J. war ein erklärter Gegner der Scholastik und wies den antiken Elementbegriff und viele alchimistische Lehrmeinungen zurück; er trug so zur Atomistik bei. Er arbeitete auch auf dem Gebiet der botanischen Systematisierung, was ihn bekannt machte.

Junkers, Hugo, 1859 bis 1935, deutscher Techniker und später kapitalistischer Industrieller. J. studierte Maschinenbau. Er entwickelte zunächst mit *W. v. Oechelhäuser* ↑ einen Gegenkolben-Gasmotor, später erfand er das Strömungskalorimeter für die Bestimmung des Heizwertes von Gasen (1894). Der gasbeheizte Durchlauferhitzer ↑ folgte. 1897 wurde J. als Professor an die Technische Hochschule Aachen berufen; er gab diese Tätigkeit jedoch bald wieder auf.

1902 wandte sich J. Problemen des Flugzeugbaus zu. 1910 erhielt er das Patent auf ein Nurflügelflugzeug aus Metall. Später begann J., Flugzeuge ↑ zu produzieren. Die Flugzeuge, zuerst aus Stahlblech gefertigt (1915), wurden jedoch wegen zu geringer Leistung von Militärsachverständigen abgelehnt. J. ging daher zu Leichtmetallkonstruktionen über.

1919 nahm J. die Produktion des Typs F 13 auf, des ersten Verkehrsflugzeugs der Welt, das in großen Stückzahlen auf den Markt kam. In der Folgezeit entstanden zahlreiche Flugzeugtypen, z. B. die Ju 52, die seit dem Jahre 1930 auf zahlreichen Fluglinien in der ganzen Welt und auch als Militärflugzeug eingesetzt wurde.

In den J.-Flugzeug- und Motorenwerken wurden während der faschistischen Herrschaft vor allem Bomber, Sturzkampfbomber und Flugzeugschwerölmotoren entwickelt und produziert.

K

Kahlbaum, Georg Wilhelm August, 1853 bis 1905, deutscher Chemiker, leitete eine chemische Fabrik in Berlin. Er entwickelte die Vakuumdestillation der Metalle und erhielt auf diese Weise Metalle bes. hohen Reinheitsgrades.

Kamerlingh-Onnes, Heike, 1853 bis 1926, niederländischer Physiker und Chemiker, ab 1882 Professor für Experimentalphysik in Leiden. K.-O. wurde bes. durch seine Arbeiten auf dem Gebiet tiefster Temperaturen bekannt, für die er 1913 den Nobelpreis für Physik erhielt. 1894 gründete er das weltbekannte Kältelaboratorium in Leiden. Dort gelang ihm 1906 die Verflüssigung des Wasserstoffs, zwei Jahre später die Verflüssigung von Helium. 1911 entdeckte er die Supraleitfähigkeit ↑ der Metalle.

Kapeljuschnikow, Matwei Alkinowitsch, geb. 1886, sowjetischer Techniker, korrespondierendes Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, erfand und entwickelte Anfang der 20er Jahre den Turbinenbohrer.

Kapiza, Pjotr Leonidowitsch, geb. 1894, sowjetischer Physiker, arbeitete von 1921 bis 1934 an der Universität Cambridge (England), ab 1935 am Institut für physikalische Probleme der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, dem K. seit 1955 vorsteht. Er untersuchte die magnetischen Eigenschaften der Stoffe, Probleme der radioaktiven Strahlung und Fragen der Supraleitfähigkeit. 1938 entdeckte er die Superfluidität des Heliums II. K. ist mehrfacher Staatspreisträger.

Kaplan, Viktor, 1876 bis 1934, österreichischer Ingenieur, beschäftigte sich mit Arbeiten vor allem über Wasserturbinen ↑ und erfand die Propellerturbine mit flügelförmigen und verstellbaren Laufschaufeln für geringe Gefällhöhen.

Karmarsch, Karl, 1803 bis 1879, aus Österreich stammender Techniker, Hochschullehrer und technischer Schriftsteller. K. studierte am Polytechnischen Institut in Wien und wurde an diesem mit 16 Jahren Assistent. 1830 wurde K. als erster Direktor an die Höhere Gewerbeschule (später Technische Hochschule) zu Hannover berufen, an deren Entwicklung er wesentlichen Anteil hatte. Seine 45jährige

Lehrtätigkeit lag auf den Gebieten der theoretischen Chemie und vor allem der Technologie. K. gab u. a. ein technisches Wörterbuch heraus, verfaßte eine Geschichte der Technologie und war Mitarbeiter an Enzyklopädien und Zeitschriften.

Karolus, August, 1893 bis 1972, deutscher Physiker, Hochschullehrer in Leipzig (1926 bis 1945), lebte nach 1945 in der Schweiz. K. arbeitete hauptsächlich auf dem Gebiet der Bildtelegrafie. 1924 begann er mit Arbeiten zur Verwirklichung des Fernsehens. Er entwickelte eine Übertragungseinrichtung mit Nipkowscheibe und Kerrzelle, verbesserte sie durch Einführung eines Spiegelrades, führte drahtlose Fernsehübertragungen zwischen Berlin und London durch und arbeitete an der Fernsehgroßprojektion mit Hilfe einer Glühlampentafel.

1925 demonstrierte er das von ihm entwickelte Bildfunkverfahren, das in zahlreichen Ländern und für den transozeanischen Bildfunkverkehr eingesetzt wurde.

Kater, Henry, 1777 bis 1835, englischer Techniker, kam als Armeeangehöriger nach Indien, wo er, mathematisch und naturwissenschaftlich interessiert, an umfangreichen Vermessungsarbeiten beteiligt war. Nach England zurückgekehrt, besuchte K. die Militärakademie. Er war maßgeblich an vorbereitenden Arbeiten für die Einführung eines einheitlichen Maßsystems in Rußland beteiligt, ebenso an Längengradmessungen und an Messungen über die Periodendauer des Sekundenpendels. Astronomische und geodätische Instrumente wurden von ihm verbessert.

Kay, John, 1704 bis 1764 (1774), englischer Techniker, trat in die Textilfabrik seines Vaters ein. 1730 nahm er ein Patent auf »eine neue Maschine für die Herstellung, das Zwirnen und Karden von Mohair und Kammgarn sowie für das Spinnen und Fabrizieren von Nähgarn«. Sein »fliegendes Weberschiffchen« (1733) steigerte die Leistung der Webstühle erheblich. Obwohl er sich auch diese Erfindung patentieren ließ, wurde sie von Konkurrenten ausgenutzt. K. wurde an den Rand des finanziellen Ruins gebracht und emigrierte nach Frankreich. Er ließ sich ferner einen metallenen Kamm für Webstühle und eine Windmühle für Pumpenantrieb patentieren.

Kekulé v. Stradonitz, Friedrich August, 1829 bis 1896, deutscher Chemiker, Schüler von *J. v. Liebig* ↑, legte als Hochschullehrer in Gent und später in Bonn die Grundlagen zur Strukturtheorie der organischen Chemie. Er formulierte als erster, daß Kohlenstoff der wesentliche und charakteristische Bestandteil aller organischen Verbindungen ist. Die von K. 1858 in einer Abhandlung geäußerte Ansicht von der Vierwertigkeit des Kohlenstoffatoms ermöglichte eine zwanglose Erklärung bis dahin ungelöster Fragen, z. B. der Erscheinung der Isomerie. Auf der Grundlage seiner Strukturlehre postulierte K. 1865 die 6-Ring-Struktur der Moleküle des Benzen ↑ (Benzenring). K. führte die Strukturformel als symbolische Schreibweise ein und benutzte zu Demonstrationszwecken in seinen Vorlesungen Holzmodelle.

Keller, Friedrich Gottlob, 1816 bis 1895, deutscher Techniker, von Beruf ursprünglich Weber. Die Knappheit der als Papierrohstoff verwendeten Lumpen und fehlgeschlagene Versuche, sie durch andere Stoffe zu ersetzen, ließen ihn ebenfalls nach einem solchen Ersatz suchen.

Versuche mit Holzschliff führten schließlich zum Ziel. 1844 stellte K. aus 100 kg Holzschliff ↑ die erste größere Papiermenge her. Er pachtete eine Papierfabrik und erwarb sie später, konnte aber aus finanziellen Gründen die Produktion nicht in größerem Umfang anlaufen lassen und war gezwungen, sich mit dem Besitzer einer Bautzener Papierfabrik zusammenzutun. Dieser nutzte die finanzielle Notlage K.s aus und kaufte ihm das entscheidende Patent für wenig Geld ab.

Später richtete sich K. eine mechanische Werkstatt ein, in der er sich mit verschiedenen Erfindungen beschäftigte, u. a. mit einem Bleistiftspitzer und einer Knopfstanze. Auch dabei blieben ihm ökonomische Erfolge versagt. Eine »Ehrenrente« der Papierindustrie bewahrte ihn während seiner letzten Lebensjahre vor ärgster materieller Not.

Kelvin of Largs, Lord (vorher **William Thomson**), 1824 bis 1907, englischer Physiker, mit 22 Jahren Professor für theoretische Physik an der Universität Glasgow, der er mit Unterbrechungen bis 1899 angehörte. K. arbeitete vor allem auf dem Gebiet der Wärme- und Elektrizitätslehre (2. Hauptsatz mit *R. J. E. Clausius* ↑). Er führte die thermodynamische Tem-

peraturskale ein und entdeckte zusammen mit *J. P. Joule* ↑ den nach beiden Forschern benannten Effekt. Auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre schuf er Meßinstrumente, arbeitete über Thermoelektrizität, Elektrodynamik und elektrische Schwingungen (Thomsonsche Schwingungsformel, auch Thomsonsche Gleichung). Für die Technik wichtig wurden bes. K.s Untersuchungen der Leitungsvorgänge in Kabeln.

Kepler, Johannes, 1571 bis 1630, deutscher Astronom und Mathematiker, studierte in Tübingen Theologie, Mathematik und Astronomie, ging 1594 als Lehrer nach Graz, war zugleich »Landschaftsmathematiker«; 1600 übersiedelte er nach Prag. Dort wurde er Mitarbeiter *Tycho Brahes,* nach dessen Tod (1601) sein Nachfolger als »Kaiserlicher Mathematiker«. Später war er als Lehrer in Linz tätig, ferner als Astronom *Wallensteins* in Sagan. K. verbesserte und vervollkommnete das kopernikanische Weltsystem und führte für den Planetenumlauf Ellipsenbahnen statt der von *Kopernikus* angenommenen Kreisbahnen ein (»Astronomia nova« 1609; »Harmonices mundi« 1619). Die Keplerschen Gesetze brachten Rechnung und Beobachtung in Übereinstimmung und gestatteten es, Planetenbewegungen vorauszuberechnen (K.s »Rudolfinische Tafeln« zur Bestimmung der Planetenörter).

K. beschäftigte sich auch mit optischen Problemen und der Konstruktion von Fernrohren ↑, entwarf ferner eine Rechenmaschine für Multiplikation und Division, die wahrscheinlich in 3 Exemplaren ausgeführt wurde. Auch Ansätze zur Integralrechnung (K.sche Faßregel) stammen von ihm.

Kerr, John, 1824 bis 1907, englischer Physiker. Er entdeckte 1875 den Effekt der optischen Doppelbrechung durch ein elektrisches Feld (Kerr-Effekt). Dieser kann ausgenutzt werden, um Spannungs- oder Stromschwankungen in Helligkeitsänderungen zu verwandeln. Die Kerr-Zelle, die bes. *A. Karolus* ↑ verbesserte, wurde in den Anfangsjahren der Fernsehtechnik benutzt. Auch bei Messungen der Lichtgeschwindigkeit wurde sie eingesetzt.

Kibaltschitsch, Nikolai Iwanowitsch, 1854 bis 1881, russischer Techniker. K. kam als Sprengstoffachmann um 1880 auf den Gedanken, den Antrieb durch Raketen ↑ für Vorstöße in große Höhen auszunutzen. Als Mitglied einer revolutionären Gruppe stellte er die Sprengkörper her, durch die der Zar *Alexander II.* bei einem Attentat getötet wurde. K. wurde verhaftet und zum Tode verurteilt. Im Gefängnis brachte er seine Pläne über raketengetriebene Flugkörper zu Papier. Sie wurden erst nach der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution in Archiven wiedergefunden.

Kircher, Athanasius, 1601 bis 1680, deutscher Gelehrter, gehörte dem Jesuitenorden an, wurde Professor für Mathematik, Philosophie und alte Sprachen zunächst in Würzburg, später in Avignon und Rom. K. beschäftigte sich mit naturwissenschaftlichen Fragen und Experimenten, schrieb über Magnetismus, Akustik und Optik. In seiner »Ars magna lucis et umbrae« beschrieb er die Laterna magica (1646).

Kirchhoff, Gustav Robert, 1824 bis 1887, deutscher Physiker, studierte Mathematik und Physik und habilitierte sich 1848 in Berlin. Er war anschließend als Hochschullehrer in Breslau, Heidelberg und Berlin tätig. K. fand eine strenge Formulierung des Ohmschen Gesetzes und leitete daraus die nach ihm benannten Regeln für die Stromverzweigung ab. Er arbeitete über Elastizitätstheorie, über Fragen der Optik, der Thermodynamik und der Strahlungstheorie. Zusammen mit *W. R. Bunsen* ↑ entwickelte er die Spektralanalyse. 1860 entdeckte er mit *Bunsen* das Caesium, 1861, gleichfalls mit *Bunsen,* das Rubidium.

Kjellin, Frederic Adolf, 1872 bis 1910, schwedischer Techniker. K. studierte Chemie, befaßte sich über Jahrzehnte mit dem elektrischen Erschmelzen von Stahl ↑. 1899/1900 konstruierte er seinen ersten Induktionsofen (Elektroöfen ↑), der 1901 aufgestellt wurde.

Klaproth, Martin Heinrich, 1743 bis 1817, deutscher Chemiker und Apotheker. K. war in Berlin als Apotheker sowie Hochschullehrer tätig und wurde durch zahlreiche Analysen von Mineralien sowie als einer der Begründer der quantitativen Analyse bekannt, ferner durch seine sechsbändigen »Beiträge zur chemischen Kenntnis der Mineralkörper«, als Mitarbeiter eines verbreiteten Arzneibuches und durch die Entdeckung der Elemente Zirkon (1787) sowie Uran (1789).

Kleist, Georg Ewald v., 1700 bis 1748, deutscher Naturforscher, von Beruf Geistlicher (Domdechant in Cammin). Bei Experimenten mit einer Elektrisiermaschine ↑ entdeckte er 1745 nahezu gleichzeitig mit *P. v. Musschenbroek* ↑ und *Cunaeus* die Kleistsche oder Leidener Flasche (Kondensator ↑).

Knietsch, Rudolf Joseph Theophil, 1854 bis 1906, deutscher Chemiker, gelernter Schlosser, später Ausbildung als Gewerbelehrer. K. studierte anschließend Chemie und promovierte 1881. Er arbeitete in der Badischen Anilin- und Sodafabrik u. a. an der Herstellung von synthetischem Indigo und an der Gewinnung von flüssigem Chlor, wobei er auch die erste ätzbeständige »Chlorpumpe« erfand. Später wurde K. mit der Verbesserung des Kontaktverfahrens zur Schwefelsäuregewinnung ↑ beauftragt. Er entwickelte das Verfahren so, daß die Schwefelsäuregewinnung nach dieser Methode großtechnisch möglich wurde.

Knoll, Max, 1897 bis 1969, deutscher Physiker, arbeitete zunächst (1930) über Kanalstrahlen, danach vorwiegend über Elektronenoptik und war maßgeblich am Bau der ersten Elektronenmikroskope ↑ beteiligt.

Knorr, Georg, 1859 bis 1911, deutscher Techniker, arbeitete in einer Eisenbahnwerkstätte und besuchte anschließend ein Technikum. 1884 trat er in eine Firma ein, die sich mit der Konstruktion von Druckluftbremsen befaßte. 1893 übernahm K. den Betrieb und entwikkelte von nun an die Druckluftbremse systematisch weiter. Er erfand eine Schnellbremse, die 1905 allgemein bei deutschen Bahnen und später in zahlreichen anderen Staaten eingeführt wurde.

Koenen, Matthias, 1849 bis 1924, deutscher Bauingenieur, legte 1879 die Prüfung als Regierungsbaumeister ab. Während 5jähriger Lehrtätigkeit verfaßte K. eine größere Zahl wissenschaftlicher Aufsätze und unterhielt ein Büro für Baukonstruktionen. 1885 wurde K. von *Wayss* mit der Stahlbetonbauweise bekannt gemacht. Er veranlaßte *G. A. Wayss* zur Durchführung von Versuchen und erkannte als erster, daß der Stahl in erster Linie der Aufnahme der Zugspannungen dient, während dem Beton nur Druckspannungen zugemutet werden dürfen. Aus dieser Erkenntnis entwickelte K. 1886 die erste Theorie des Stahlbetonbaus. 1888 übernahm K. die technische Leitung einer Berliner Firma für Beton- und Monierbau. 1907 versuchte er, die Bewehrungsstäbe vorzuspannen. Die Versuche blieben erfolglos, da die Kriecherscheinung des Betons noch unbekannt war und hochfeste Stähle fehlten.

Koenig, Friedrich, 1774 bis 1833, deutscher Techniker, besuchte das Gymnasium und lernte, da ein Studium aus finanziellen Gründen nicht möglich war, in Leipzig als Buchdrucker. Nach der Lehrzeit hörte K. nebenbei Vorlesungen über Philosophie und Naturwissenschaften. Seit 1802 versuchte er, eine neue, arbeitserleichternde Druckpresse zu konstruieren. Gemeinsam mit dem Mechaniker *W. Kummer* baute er die erste Ausführung. Sie war funktionsfähig, zeigte aber noch zahlreiche Mängel, die sich mit den verfügbaren Hilfsmitteln nicht beseitigen ließen. 1804 versuchte K. in mehreren Ländern vergeblich, Geldgeber für die Weiterführung seiner Arbeiten zu finden. Schließlich ging er nach England, wo er den Buchdrucker *Th. Bensley* für seine Arbeiten gewann. Zusammen mit *A. F. Bauer* ↑ baute K. mehrere Druckmaschinen ↑. Dabei vollzog er den entscheidenden Schritt zur Schnellpresse mit umlaufenden Druckzylindern (1811). Im Winter 1814 wurde die »Times« erstmals auf den neuen Maschinen gedruckt. Da *Bensley* ↑ K. um den Ertrag an der Erfindung zu betrügen versuchte, lösten K. und *Bauer* ihre Werkstatt in England auf und gründeten eine Druckmaschinenfabrik in Oberzell bei Würzburg.

Kohlrausch, Friedrich Wilhelm Georg, 1840 bis 1910, deutscher Physiker. K. studierte in Erlangen und Göttingen, war als Hochschullehrer in Göttingen, Zürich, Darmstadt, Würzburg und Strasbourg tätig, von 1895 bis 1905 als Nachfolger von *H. v. Helmholtz* ↑ Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Er arbeitete vor allem über Elektrizitätslehre und gab zahlreiche physikalische Präzisionsmeßmethoden an. Seine »Praktische Physik« galt für Jahrzehnte als Standardwerk der Experimentiertechnik.

Kolbe, Hermann, 1818 bis 1884, deutscher Chemiker, studierte in Göttingen, 1842 Assistent *R. W. Bunsens* ↑ in Marburg. Nach kurzem Aufenthalt in England kehrte er nach Marburg zurück, ging aber sehr bald nach

Braunschweig, um das von *J. v. Liebig* ↑ und *F. Wöhler* ↑ herausgegebene Handwörterbuch der Chemie zu redigieren. 1852 übernahm er eine Professur in Marburg, von 1865 bis zu seinem Tode wirkte er als Hochschullehrer in Leipzig.

K. arbeitete vor allem auf dem Gebiet der organischen Chemie. Es gelang ihm, Essigsäure und Salicylsäure zu synthetisieren. Es verfaßte mehrere Lehrbücher der organischen Chemie.

Kopernikus, Nikolaus, latinisiert aus **Kopernik, Mikolaj,** 1473 bis 1543, polnischer Domherr, Arzt und Astronom. Er studierte in Polen und Italien Medizin, Rechtswissenschaften, bes. Kirchenrecht, hörte nebenbei astronomische Vorlesungen. Als Domherr in Frombork arbeitete er von 1514 bis 1532 an dem nach ihm benannten heliozentrischen Weltsystem. Sein wichtigstes Werk, »Über die Umläufe der Himmelskörper«, erschien 1543. K. bekam es erst auf dem Sterbebett in die Hand und konnte nicht mehr dagegen einschreiten, daß seine revolutionären Ansichten in einem Vorwort durch den Herausgeber abgeschwächt worden waren.

Sein Werk, das in scharfem Widerspruch zur theologischen Lehrmeinung stand, wurde von der Kirche verurteilt (erst 1835 vom Index der verbotenen Schriften gestrichen). Seine Mängel wurden vor allem von *J. Kepler* ↑ beseitigt. Es fand rasch Anhänger unter den hervorragendsten Gelehrten der damaligen Zeit.

Korn, Arthur, 1870 bis 1945, deutscher Physiker, Hochschullehrer in München, von 1914 bis 1939 an der TH Berlin-Charlottenburg. K. schuf den technisch brauchbaren Bildtelegrafen, an dessen Verwirklichung er etwa seit 1900 arbeitete. 1904 glückte ihm die erste Bildübertragung auf der Strecke München–Nürnberg–München. 1907 führte er Versuche zwischen Berlin und München durch; im gleichen Jahr wurde die erste Fotografie auf dem Drahtwege von Paris nach London übertragen. Nach dem ersten Weltkrieg befaßte sich K. mit drahtloser Bildtelegrafie. Er richtete zahlreiche Bildfunklinien ein (1922 Bildübertragung über den Atlantik). 1939 emigrierte er in die USA (Bildtelegrafie ↑).

Koroljow, Sergej Pawlowitsch, 1906 bis 1966, sowjetischer Raketen- und Raumfahrttechniker. In den zwanziger Jahren in der Luftfahrtindustrie tätig, wandte sich K. Anfang der dreißiger Jahre dem Raketenantrieb zu. 1939 konstruierte er ein Gleitflugzeug, das einen Heckantrieb durch eine Flüssigkeitsrakete erhielt und zahlreiche Flüge ausführte. Nach dem zweiten Weltkrieg war K. an der Entwicklung von Trägerraketen für die sowjetischen Raumfahrtexperimente beteiligt. Die Entwicklung der Raumschiffe vom Typ »Wostok« und »Woßchod« leitete er als Chefkonstrukteur (Rakete ↑, Raumfahrt ↑).

Kossel, Walther, 1888 bis 1956, deutscher Physiker, Sohn des Chemikers *Alfred K.*, war Professor für Experimentalphysik in Kiel, Danzig und Tübingen. Er arbeitete über Atom-, Molekular- und Kristallphysik und entwickelte 1916 mit *Lewis* maßgebend die Theorie der heteropolaren Bindung.

Kotelnikow, Wladimir Alexandrowitsch, geb. 1908, sowjetischer Hochfrequenztechniker. Er untersuchte bes. die Voraussetzungen und Bedingungen von Funkfernverbindungen und Fragen der Funkortung. Seit den Erfolgen der sowjetischen Raumfahrt gilt seine Tätigkeit vor allem kosmischen Funkverbindungen. So war er maßgeblich an den Radarkontakten mit den Planeten Mars und Jupiter beteiligt. K. ist Mitglied und Institutsdirektor der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Staats- und Leninpreisträger.

Kraft de la Saulx, Johann v., 1832 bis 1920, tschechischer Techniker, studierte in Prag. Nach anschließender Assistentenzeit an der Wiener Technischen Hochschule trat er in eine belgische Firma ein. Er konstruierte die Maschinen für den Bau des Mt.-Cenis-Tunnels, entwarf Antriebsmaschinen für Rad- und Schraubendampfer, entwickelte Walzwerksantriebe und stählerne Brücken.

Krarup, Karl Emil, 1872 bis 1909, dänischer Ingenieur. K. erfand 1902 das »Krarup-Kabel«: Um die Übertragungseigenschaften von Nachrichtenkabeln zu verbessern, umgab er die Leiter des Kabels in ihrer ganzen Länge mit einer Schicht aus ferromagnetischem Material, z. B. einer Wicklung aus Eisendraht, Eisenband oder Nickel-Eisen-Legierungen.

Kress, Wilhelm, 1836 bis 1913, österreichischer Flugpionier, von Beruf Klavierbauer, richtete sein Augenmerk auf den Flug »schwerer als Luft«. K. begann 1864 mit dem Bau

von Flugmodellen, konnte sie nach 1877 vorführen. Der Vergrößerung der Modelle stand vor allem das Fehlen eines leichten und leistungsfähigen Motors im Wege. Der Flugversuch, den K. 1901 mit einer in natürlicher Größe ausgeführten Maschine unternahm, schlug daher fehl. K. mußte seine Pläne aus Geldmangel aufgeben (Flugzeug ↑).

Kreutzberger, Friedrich Wilhelm, 1822 bis 1918, deutscher Techniker, zunächst als Arbeiter, später als Zeichner tätig. K. übersiedelte nach 1848 in die USA und trat in die Waffenfabrik von Remington ein. Später kehrte er nach Frankreich zurück. Seine wichtigste Erfindung ist eine Maschine zum Schärfen von Fräsern (1874).

Krylow, Alexei Nikolajewitsch, 1863 bis 1945, sowjetischer Physiker und Techniker. K. arbeitete zunächst auf dem Gebiet der Mechanik, lieferte dann wichtige Beiträge zu Fragen des Schiffbaus (»Theorie der Seetüchtigkeit des Schiffes« 1904). Um 1910 entwickelte er eine Maschine zur Lösung von Differentialgleichungen.

Ktesibios, etwa 250 v. u. Z., alexandrinischer Mechaniker. K. hat den Luft- und den Wasserdruck zur Konstruktion mechanischer Vorrichtungen genutzt. Er soll u. a. die Wasseruhren für die jahreszeitlich verschiedene Stundenlänge, eine Wassertrompete und eine Wasserorgel (»Hydraulis«) erfunden haben. Außerdem soll er Saugpumpen, eine mit komprimierter Luft arbeitende Feuerspritze und Druckluftgeschütze konstruiert haben.

Kulibin, Iwan Petrowitsch, 1735 bis 1818, russischer Techniker. K. befaßte sich mit Projekten und Erfindungen auf verschiedensten Gebieten. So konstruierte er eine etwa eigroße Kunstuhr, die neben einem Spielwerk ein winziges Automatentheater enthielt, verbesserte Lampen und Scheinwerfer durch Einführung neuartiger Reflektorspiegel (1799) und entwarf das Modell eines optischen Telegrafen ↑ (1794).

Kunckel v. Löwenstern, Johann, 1638 bis 1703, deutscher Alchimist und Glasmacher, Sohn eines Hüttenmeisters und Alchimisten. K. trat 1659 als Kammerdiener, Alchimist und Apotheker in die Dienste der Herzöge von Sachsen-Lauenburg, lernte auf Reisen die Technik niederländischer und venezianischer Glasmacher kennen. Er ging um 1670 nach Dresden, um die Leitung des Kurfürstlichen Laboratoriums zu übernehmen.

Von 1679 bis 1688 war er Hofglasmacher des preußischen Kurfürsten und arbeitete auf der Pfaueninsel bei Potsdam. Später ging er nach Schweden. K. erfand das Rubinglas, untersuchte zahlreiche Schmelzprozesse und stellte als erster Phosphor dar. Sein Buch über die Technologie des Glases ↑ (»Vollkommene Glasmacherkunst« 1679) wurde bis in die Neuzeit kaum übertroffen.

Kurnakow, Nikolai Semjonowitsch, 1860 bis 1941, sowjetischer Chemiker, Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Staatspreisträger. K. arbeitete zur Theorie der Schmelzen, Lösungen und komplexen Verbindungen, war an der Ausarbeitung der Technologie zahlreicher chemischer Großverfahren führend beteiligt (Düngemittel, Leichtmetalle, Gewinnung von Schwer- und Edelmetallen).

Kurtschatow, Igor Wassiljewitsch, 1903 bis 1960, sowjetischer Physiker, Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, mehrfacher Staats- und Leninpreisträger. K. arbeitete seit Anfang der dreißiger Jahre vor allem auf dem Gebiet der Kernphysik, untersuchte die spontane Uranspaltung, entdeckte 1935 mit seinen Mitarbeitern die Kernisomerie künstlicher radioaktiver Elemente. Er förderte maßgeblich die Erschließung und Anwendung der Ergebnisse der Atom- und Kernphysik in der Volkswirtschaft und war an der Konstruktion der ersten sowjetischen Kernreaktoren und Kernwaffen beteiligt. Er leitete das sowjetische Akademieinstitut für Atomenergie. In seinen letzten Lebensjahren arbeitete K. an der gesteuerten Kernfusion. Ihm zu Ehren wurde das Element 104 Kurtschatovium genannt.

L

Lagrange, Joseph-Louis, 1736 bis 1813, französischer Mathematiker, studierte Philosophie, später Mathematik und wurde, noch nicht 19 Jahre alt, Professor der Mathematik an der Artillerieschule in Turin, 1776 bis 1787 Nachfolger *L. Eulers* ↑ an der Berliner Akademie der Wissenschaften. 1787 kehrte er nach

Frankreich zurück. Nach der bürgerlichen Revolution war er Lehrer an der Pariser École Polytechnique. L.s größte Leistungen liegen auf dem Gebiet der analytischen Mechanik (L.sche Gleichungen). Er wandte sie u. a. auf Untersuchungen über die Bewegungen der Himmelskörper an, wobei er sich bes. mit Störungen ihrer Bewegung befaßte. Er leistete wesentliche Beiträge zur Funktionentheorie, befaßte sich mit Zahlentheorie, Differentialgleichungen, unendlichen Reihen usw.

Lahmeyer, Wilhelm, 1859 bis 1907, deutscher Elektrotechniker und Unternehmer. Er studierte Mathematik und Elektrotechnik. Er produzierte in einer von ihm gegründeten Fabrik zunächst Bogenlampen, später Dynamomaschinen, die weite Verbreitung fanden. 1890 rief er die Fabrik ins Leben, aus der später die Firma Felten & Guillaume hervorging. L. sicherte sich frühzeitig die Patente von *F. A. Haselwander* ↑ und nahm den Bau von Drehstromgeneratoren auf.

Lambert, Johann Heinrich, 1728 bis 1777, elsässischer Mathematiker und Physiker. L. konnte als Sohn eines Schneiders keine seinen Anlagen entsprechende Schulbildung erhalten, nahm eine Tätigkeit als Buchhalter auf und bildete sich im Selbststudium weiter. Mit 16 Jahren fand er das Lambertsche Theorem zur Berechnung von Kometenbahnen. Später war er als Hauslehrer tätig, 1759 wurde er Professor in München und Mitglied der Münchner sowie 1765 der Berliner Akademie der Wissenschaften. Er arbeitete auf den Gebieten der Photometrie, der Pyrometrie und der Hygrometrie.

L. ist einer der Begründer des Astronomischen Jahrbuchs. Er führte die hyperbolischen Funktionen ein und bewies die Irrationalität der Zahl π, war einer der Begründer der darstellenden Geometrie und leistete Hervorragendes auf dem Gebiet der wissenschaftlichen Kartographie. L. beschäftigte sich auch mit kosmologischen und erkenntnistheoretischen Fragen.

Lampadius, Wilhelm August, 1772 bis 1842, deutscher Chemiker und Technologe, nach Lehrzeit in einer Apotheke Studium der Physik und Chemie. Bereits mit 22 Jahren Professor an der Bergakademie in Freiberg. L. setzte sich für eine enge Verbindung von Theorie und Praxis in der chemischen Forschung ein und wurde damit zu einem Begründer der Technologie als Hochschulfach. Neben umfangreicher literarischer Tätigkeit war L. auch Forscher und Erfinder. Er stellte 1796 erstmals Schwefelkohlenstoff her und beschäftigte sich um 1805 mit Herstellungsmethoden für bestimmte Nahrungsmittel, so u. a. mit der Zuckergewinnung aus Rüben. Am bekanntesten ist ein von ihm entwickelter sog. »Steinkohlenthermolampenofen«, der zugleich Heiz- und Beleuchtungszwecken diente (Gasbeleuchtung ↑). L. gilt als einer der Begründer der modernen Hüttenkunde.

Landau, Lew Dawidowitsch, 1908 bis 1968, sowjetischer Physiker, Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. L. nahm mit 14 Jahren das Physikstudium auf, veröffentlichte mit 18 Jahren erste Arbeiten zur Theorie der Metalle, promovierte ein Jahr später. Setzte seine Studien in Deutschland, Dänemark, England und in der Schweiz fort.

Er arbeitete über Diamagnetismus, Tiefsttemperaturen (Theorie des »superfluiden« Heliums), Festkörperphysik, Kolloidchemie, kosmische Strahlung, über Quantentheorie des Feldes und der Kernphysik.

L. erlitt 1962 einen schweren Autounfall, wurde danach von sowjetischen und ausländischen Ärzten sechsmal dem klinischen Tod entrissen. L. war Staatspreisträger, Träger der Max-Planck-Medaille, Leninpreisträger, Nobelpreisträger für Physik 1962.

Langen, Eugen, 1833 bis 1895, deutscher Techniker. Sein Vater war zunächst Lehrer, später Zuckerfabrikant. Auch L. arbeitete vorerst in der Zuckerindustrie. Im Frühjahr 1864 traf er mit *N. A. Otto* ↑ zusammen. Wenige Wochen danach wurde ein Vertrag über gemeinsame Arbeit zur Entwicklung des Ottoschen Gasmotors geschlossen und die Firma »N. A. Otto & Cie« gegründet. Auf der Pariser Weltausstellung 1867 erregte die von L. ausgestellte Gasmaschine Aufsehen. Trotzdem war der Absatz der Maschinen zunächst unbefriedigend. Durch die 1872 erfolgte Gründung der »Gasmaschinenfabrik Deutz AG« wurde eine breitere finanzielle Basis geschaffen. In diese Firma traten auch *G. Daimler* ↑ und *W. Maybach* ↑ ein. Das entscheidende Patent auf die Ottosche Viertaktmaschine wurde im August 1877 erteilt, später aber auf Betreiben von Konkurrenten gelöscht. Neben seinen Arbei-

ten am Verbrennungsmotor ↑ befaßte sich L. mit der Zuckerindustrie, gründete eine Maschinenfabrik und eine Fabrik für elektrische Beleuchtungsanlagen, ferner eine Schiffahrtsgesellschaft. Auch an der Gründung des deutschen Patentschutzvereins war er beteiligt.

Langevin, Paul, 1872 bis 1946, französischer Physiker und Hochschullehrer. Er arbeitete über die Brownsche Bewegung, kinetische Gastheorie, Relativitätstheorie und Kernphysik, leistete Beiträge zur Gasentladungs- und Röntgenstrahlenphysik. L. untersuchte magnetische Erscheinungen und Gesetzmäßigkeiten. Während des ersten Weltkrieges wandte er sich der Schall- und Ultraschalltechnik zu und war führend an der Entwicklung eines Verfahrens zur Schallortung von Unterseebooten beteiligt. 1945 wurde er Präsident der französischen Akademie der Wissenschaften. L. war Verfechter des dialektischen Materialismus und Mitglied der KP Frankreichs.

Langmuir, Irving, 1881 bis 1957, nordamerikanischer Physiker und Chemiker. Seit 1909 bei der General Electric Co. tätig, deren Forschungsdirektor er später wurde. L. arbeitete über hochschmelzende Werkstoffe, deren Parameter er untersuchte und maß, beschäftigte sich mit Fragen des Hochvakuums, zu dessen Erzeugung er 1916 eine Quecksilberpumpe entwickelte, erfand die Glühlampe mit Gasfüllung (1913) und fügte in die Triode ein zweites Gitter ein. Er führte 1929 den Begriff des Plasmas in der Wissenschaft ein und arbeitete über die Theorie der chemischen Bindung. 1932 erhielt er den Nobelpreis für Chemie.

Laplace, Pierre-Simon, 1749 bis 1827, französischer Mathematiker und Astronom. L. wurde schon in jungen Jahren Lehrer für Mathematik an der Pariser Artillerieschule, 1773 Mitglied der französischen Akademie der Wissenschaften, unter Napoleon für kurze Zeit Senatsmitglied und Innenminister. Er stellte zahlreiche physikalische Untersuchungen an, z. B. über Refraktion, über die Schallgeschwindigkeit, über Elektrizitätslehre, Dehnung fester Körper und Kapillarität. Auf mathematischem Gebiet schrieb er ein Werk über Wahrscheinlichkeitsrechnung und arbeitete über Potentialtheorie und Differentialgleichungen.

L.s größte Leistungen liegen auf dem Gebiet der Astronomie. Er nahm die Entstehung des Sonnensystems aus einer rotierenden Gaskugel (»Urnebel«) an, untersuchte Störungen der Planetenbahnen und arbeitete über das Dreikörperproblem. Seine fünfbändige Himmelsmechanik ist eine vollendete Darstellung dieses Gebietes. L. war Materialist, wandte das Newtonsche Gravitationsgesetz auf das gesamte Weltall an und vertrat die Einheit aller Naturgesetze.

Latour, Charles Cagniard, 1777 bis 1859, französischer Ingenieur und Geograph, arbeitete über Wärmelehre, vor allem aber über Akustik. Er untersuchte Resonanzerscheinungen, Saitenschwingungen, Schallschwingungen in Flüssigkeiten, erfand die Lochsirene und benutzte sie 1812, um die Frequenzen von Tönen zu messen.

Laue, Max v., 1879 bis 1960, deutscher Physiker und Hochschullehrer. Er studierte in Strasbourg, Göttingen, München, Berlin, wurde 1905 Assistent *Plancks* ↑; ab 1909 Hochschullehrer in München, Zürich, Frankfurt (Main), ab 1919 in Berlin, Göttingen und wiederum Berlin. L. erklärte 1912 nach Versuchen von *W. Friedrich* ↑ und *P. Knipping* die Röntgenstrahlinterferenzen an Kristallen (Lauediagramm) und begründete damit die Röntgenstrukturanalyse (*W. H. Bragg* ↑). Er arbeitete auch über Relativitätstheorie und Supraleitfähigkeit ↑. L. war einer der Initiatoren des Göttinger Appells der Atomphysiker gegen den Mißbrauch der Atomenergie. 1914 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Laurent, Auguste, 1807 bis 1853, französischer Chemiker, studierte Bergbauwissenschaften, wurde später Chemiker an der Porzellanfabrik in Sèvres, danach Hochschullehrer für Chemie in Bordeaux, ab 1846 in Paris. L. arbeitete bes. auf dem Gebiet der organischen Chemie. Er sonderte Anthracen und Phenol aus dem Steinkohlenteer ab, untersuchte Naphthalin und Paraffin und arbeitete über Chlor und Ammoniak. Zusammen mit *K. F. Gerhardt* leistete er wichtige Beiträge zur Erweiterung der damaligen Kenntnisse auf dem Gebiet der theoretischen Chemie.

Laval, Carl Gustav de, 1845 bis 1913, schwedischer Techniker, studierte in Uppsala, promovierte 1872. Ende der 70er Jahre erfand er eine Milchzentrifuge, die sich bewährte und durchsetzte. Die Aufgabe, diese Zentrifuge

anzutreiben, und eine von L. erfundene Düse, die ausströmendem Dampf sehr hohe Geschwindigkeit verlieh, brachten ihn auf die Konstruktion von Dampfturbinen ↑ (1883), deren hohe Drehzahlen er beherrschen lernte.

L. arbeitete auch auf metallurgischem Gebiet, entwarf z. B. elektrische Schmelzöfen und Verfahren zur Blei- und Zinkverhüttung.

Lavoisier, Antoine-Laurent, 1743 bis 1794, französischer Chemiker. Seine erste, mit einem Preis ausgezeichnete Veröffentlichung war eine Studie über die Möglichkeit, Paris zu beleuchten. Mit 25 Jahren wurde er Mitglied der französischen Akademie der Wissenschaften. L.s überragende Leistung in der Chemie ist es, die Waage endgültig eingeführt zu haben. Er ging bei seinen Untersuchungen von dem bereits von *M. W. Lomonossow* ↑ erkannten Prinzip der Erhaltung der Masse aus, untersuchte Verbrennungsvorgänge, erkannte die Rolle des Sauerstoffs und widerlegte so endgültig die Phlogistontheorie. Als Leiter der französischen Salpeter- und Pulverbehörde erdachte er einfache Verfahren, Salpeter fabrikmäßig herzustellen. Er war Mitglied der Kommission für Maß und Gewicht.

Lawrence, Ernest Orlando, 1901 bis 1958, nordamerikanischer Physiker, seit 1930 Professor für Physik an der Universität Berkeley (Kalifornien). Sein Arbeitsgebiet war die Kernphysik, sein entscheidender Beitrag die Konstruktion des ersten Zyklotrons (1929 bis 1932) (Beschleuniger ↑). 1941 konstruierte er das Calutron ↑. 1939 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Lebedew, Alexander Alexejewitsch, 1893 bis 1969, sowjetischer Physiker, Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Staatspreisträger. L. arbeitete vorwiegend auf dem Gebiet der Optik, der optischen Instrumente und über Elektronenoptik.

Lebedew, Pjotr Nikolajewitsch, 1866 bis 1912, russischer Physiker und Hochschullehrer, wurde bes. durch seine Arbeiten über den Lichtdruck bekannt; zeigte erstmalig das Auftreten mechanischer Impulse bei Lichtwellen und erklärte die der Sonne abgewandte Richtung von Kometenschweifen aus dem Lichtdruck.

Lebedew, Sergei Wassiljewitsch, 1874 bis 1934, sowjetischer Chemiker, arbeitete auf dem Gebiet der organischen Chemie, entdeckte 1910 die Polymerisationsfähigkeit des Butadiens und entwickelte das Verfahren der Herstellung von Synthesekautschuk ↑, das in dem 1931/32 gebauten ersten Werk der Welt für die Großproduktion von Synthesekautschuk angewandt wurde.

Leblanc, Nicolas, 1742 bis 1806, französischer Arzt und Chemiker, wurde 1780 Hausarzt des Herzogs von Orléans, befaßte sich mit chemischen Experimenten und legte 1786 eine Abhandlung über Fragen der Kristallisation vor. L. gewann den 1780 von der französischen Akademie der Wissenschaften ausgeschriebenen Preis für ein Verfahren zur Herstellung von Soda ↑ und wurde zum Begründer der Sodaindustrie. Das 1791 erteilte Patent wurde jedoch 1794 wieder aufgehoben, wodurch L. wirtschaftlich ruiniert wurde.

Lebon, Philippe, 1769 bis 1804, französischer Ingenieur. L. war zunächst im Bauwesen tätig, begann 1797 die Gasgewinnung aus Holz zu untersuchen und wollte Gas für Beleuchtungszwecke, als Heizgas und Kraftquelle ausnutzen sowie alle Abfallprodukte der Gasgewinnung weiterverwenden. Versuche, seine im Grunde erfolgreichen Arbeiten in der Praxis einzuführen, schlugen jedoch fehl. Später gründete L. eine Holzessigfabrik.

Le Chatelier, Henri-Louis, 1850 bis 1936, französischer Chemiker und Bergingenieur, Schüler der Pariser École Polytechnique, später Professor für Chemie in Paris und Generalinspekteur des Bergwerkwesens. Er arbeitete über explosive Gase in Bergwerken, bestimmte spezifische Wärmekapazitäten von Gasen bei hohen Temperaturen und regte Sicherheitssprengstoffe an, deren Verwendung auch bei Anwesenheit von Grubengasen relativ ungefährlich war. Er registrierte Explosionswellen, konstruierte Pyrometer und Grubengasmesser, arbeitete Untersuchungsmethoden für Legierungen aus und ließ sich ein Patent auf die Ammoniaksynthese erteilen. Nach ihm ist das Le Chateliersche Prinzip (Pr. des kleinsten Zwanges) benannt.

Lecher, Ernst, 1856 bis 1926, österreichischer Physiker und Hochschullehrer, befaßte sich nach 1890 mit elektromagnetischen Wellen ↑, bes. mit ihrer Fortpflanzung an Leitern. Er untersuchte stehende Wellen auf Leitungen und

die Einflüsse eines zwischen die Leitungen gebrachten Dielektrikums.

Ledebur, Adolf, 1837 bis 1906, deutscher Hüttenfachmann. Er war zunächst im Staatsdienst, arbeitete dann in einer Eisenhütte und übernahm 1869 die Leitung der Gießerei einer Berliner Maschinenfabrik. In Gröditz befaßte er sich später vor allem mit dem Temperguß. L. veröffentlichte zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten aus dem Gebiet der Metallurgie. Ab 1875 war er Professor für Eisenhüttenkunde und mechanisch-metallurgische Technologie an der Bergakademie Freiberg. Er schrieb 12 Bücher und über 150 wissenschaftliche Abhandlungen.

Leeuwenhoek, Antony van, 1632 bis 1723, niederländischer Gelehrter, zunächst kaufmännischer Angestellter in einer Tuchhandlung, wandte sich der Verfertigung und der Anwendung des Mikroskops ↑ zu. Er baute zahlreiche Mikroskope mit Linsen, die er selbst schliff, und benutzte sie zu ausgedehnten Studien. Die nötigen Kenntnisse erwarb L. vorwiegend im Selbststudium. Er entdeckte zahlreiche Kleinlebewesen, die Blutkörperchen und tierische Spermatozoen.

Leibniz, Gottfried Wilhelm, 1646 bis 1716, letzter deutscher Universalgelehrter. L. begann mit 15 Jahren, in Leipzig Philosophie und Jura zu studieren, promovierte in Altdorf, weil die Universität Leipzig ihn wegen seiner Jugend abgewiesen hatte. Ging 1672 nach Paris, wo er *Ch. Huygens* ↑ kennenlernte und durch diesen zu mathematischen Studien angeregt wurde. 1673 reiste er nach England. Dort führte er das Modell einer von ihm konstruierten Rechenmaschine vor und wurde zum Mitglied der Royal Society gewählt.

In den 70er Jahren entwickelte er die Infinitesimalrechnung unabhängig von *I. Newton* ↑, führte die seitdem in der Differential- und Integralrechnung gebräuchliche Symbolik ein und arbeitete über Zahlentheorie (Dyadik) und Potenzreihen. Er postulierte die Erhaltung der kinetischen Energie (Vorbereitung des Energieprinzips). Nach *D. Papins* ↑ Versuchen schlug er eine Einrichtung zur Selbststeuerung von Dampfmaschinen vor und experimentierte mit Windkraftanlagen zur Wasserförderung. 1676 trat er als Rat und Bibliothekar in die Dienste des Herzogs von Braunschweig. Er versuchte, eine universelle wissenschaftliche Zeichensprache einzuführen, und entwickelte die idealistische Monadenlehre.

1700 regte er die Gründung der Preußischen Akademie der Wissenschaften an und wurde ihr erster Präsident. Bei den Vorbereitungen einer ähnlichen Akademie für Rußland wirkte er als Berater. L. war auch als Sprachwissenschaftler und Historiker tätig.

Lenard, Philipp, 1862 bis 1947, deutscher Physiker, Hochschullehrer in Breslau, Aachen, Kiel und Heidelberg. Um 1890 fand er nach Versuchen seines Lehrers *H. Hertz* ↑ das nach ihm benannte »Fenster«, das es ermöglicht, Katodenstrahlen ↑ aus einer evakuierten Röhre treten zu lassen. Daraus folgerte er, daß nur ein kleiner Teil des Atomvolumens masseerfüllt sei (Dynamidentheorie 1903). Er arbeitete über den lichtelektrischen Effekt, über Phosphoreszenz und Lumineszenz. 1905 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

L. war später Anhänger des Faschismus und veröffentlichte eine sog. »Deutsche Physik«, in der wichtige Tatsachen aus rassenhetzerischen Motiven entstellt bzw. verschwiegen wurden.

Lenoir, Jean Joseph Etienne, 1822 bis 1900, französischer Techniker, war zunächst in verschiedenen Berufen tätig, wurde dann Emailleur, erfand Emaillier- und galvanoplastische Verfahren. 1860 stellte er die erste brauchbare Gasmaschine (Verbrennungsmotor ↑) vor. Sie arbeitete mit elektrischer Zündung und erlangte trotz hohen Gasverbrauchs einige Verbreitung. L. konstruierte Wasserzähler, Elektromotoren, Spannungsregler für Dynamomaschinen und Schreibtelegrafen.

Lenz, Heinrich Friedrich Emil, 1804 bis 1865, deutsch-russischer Physiker, studierte anfänglich Theologie, später Physik. Er begleitete die Kotzebuesche Expedition (1823/26) und wurde zu Beginn der 30er Jahre Mitglied der Akademie der Wissenschaften in Petersburg und Hochschullehrer. Die wichtigsten Arbeiten von L. galten der Elektrizitätslehre. 1833 fand er die nach ihm benannte Regel über die Richtung eines Induktionsstroms. Er bestätigte experimentell das Joulesche Gesetz über die Wärmeentwicklung durch elektrischen Strom und untersuchte die Leitfähigkeit der Metalle in Abhängigkeit von der Temperatur. L. war auch auf dem Gebiet der Geophy-

sik tätig und arbeitete über Temperaturverteilung und Salzgehalt des Meerwassers und über Fragen der Meteorologie.

Leonardo da Vinci, 1452 bis 1519, italienischer Maler, Bildhauer, Mathematiker und Techniker. Schon in jungen Jahren befaßte er sich mit Musik und Zeichnen. Der Florentiner Meister *Verrocchio* unterrichtete L. im Silber- und Goldschmiedehandwerk und in der Kunst des Bronzegusses. 1482 berief ihn der Herzog *Lodovico Sforza il Moro* nach Mailand. Hier entstanden L.s berühmteste Kunstwerke. Später verließ er Mailand für längere Zeit, um in Venedig und bei *Cesare Borgia* als Kriegs- und Festungsingenieur tätig zu sein. 1506 kehrte er nach Mailand zurück, 1516 übersiedelte er nach Frankreich.

L. wurde als Künstler wie als Wissenschaftler und Techniker gleichermaßen bekannt. Es gibt kaum ein technisches Gebiet, auf dem L. nicht Bedeutendes geleistet hat. Er beschäftigte sich mit Maschinenelementen, Textilmaschinen, entwarf Schleudergeschütze, Dampfkanonen und einen selbsttätigen Bratenwender. Er schlug das erste zentrische Spannfutter für Bohrmaschinen und eine automatisch arbeitende Feilenhaumaschine vor. Er untersuchte Bewegungsvorgänge, den Stoß und Kraftwirkungen, hat sich offenbar auch mit Fallversuchen befaßt. Er gab mehrere Arten des Perpetuum mobile an, hatte aber dessen Unausführbarkeit erkannt. Bes. vorausgreifend waren seine Untersuchungen über den Vogelflug, das Flugwesen und den Fallschirm.

Leonhardt, Fritz, geb. 1909, deutscher Bauingenieur, studierte an der TH Stuttgart, promovierte 1938. Als Brückenbauingenieur in Stuttgart und Berlin (1934/38) entwarf und leitete er u. a. den Bau der Rheinbrücke Köln-Rodenkirchen. Seit 1938 ist L. beratender Ingenieur. Er entwickelte mit *Baur* neue Vorspannsysteme und entwarf schwierige Spannbetontragwerke. Seit 1958 ist L. Professor am Lehrstuhl für Massivbau an der Universität Stuttgart. Seine seit 1960 veröffentlichten Versuchsergebnisse tragen wesentlich zur Weiterentwicklung der Stahl- und Spannbetonbauweise bei.

Leslie, John, 1766 bis 1832, englischer Physiker, studierte in England und war nach Studienreisen durch Europa und die USA als Hochschullehrer für Mathematik, später für Physik, in Edinburgh tätig. Mehrere physikalische Geräte stammen von ihm, so z. B. ein Differentialthermometer, ein Hygrometer, Geräte zur Dichtebestimmung pulverförmiger Körper. Auch über Oberflächenspannung arbeitete er.

Leupold, Jacob, 1674 bis 1726, deutscher Feinmechaniker und Instrumentenbauer, besuchte die Lateinschule in Zwickau, studierte in Jena, Wittenberg und später in Leipzig Theologie, Mathematik und Naturwissenschaften. In Leipzig versuchte er, seinen Lebensunterhalt durch Stundengeben zu verdienen. Dazu fertigte er Instrumente und Lehrmodelle an. Sie waren Anlaß, sich auf Anraten von Freunden der Instrumentenmacherei zuzuwenden (1699). L. baute zunächst Luftpumpen, dann die verschiedenartigsten Instrumente. Sie fanden an allen deutschen Universitäten Eingang. L. gab einen illustrierten Katalog seiner Erzeugnisse heraus, die er später mit zahlreichen Mitarbeitern produzierte. L. trat auch als Fachschriftsteller hervor. Sein »Theatrum machinarum« stellt ein Kompendium des gesamten technischen Wissens der damaligen Zeit dar. Es ist in deutscher Sprache abgefaßt und hat einen Umfang von 1700 Seiten mit nahezu 500 Kupferstichen.

Levasseur, Léon, 1863 bis 1922, französischer Flugzeugkonstrukteur. L., der ursprünglich Maler war, entwickelte den V-Motor für Flugzeuge ↑ und baute ihn in Eindecker ein.

Lichtenberg, Georg Christoph, 1742 bis 1799, deutscher Physiker und Schriftsteller, studierte in Göttingen, wo er später Professor wurde. Er führte die Bezeichnungen positive und negative Elektrizität ein. In den nach ihm benannten Figuren machte er elektrische Wirkungen sichtbar.

Als Schriftsteller wurde L. vor allem durch Arbeiten zur Kunstkritik und durch seine Aphorismen bekannt.

Lieben, Robert v., 1878 bis 1913, österreichischer Physiker und Techniker, studierte bei *W. H. Nernst* ↑ in Göttingen Naturwissenschaften, gründete eine Telefonfabrik und unterhielt ein Labor, in dem er physikalisch-technischen Fragen nachging. Dabei stieß er auf das Problem der Verstärkung schwacher Telefonströme, das er – unterstützt von *E. Reiß* und

S. Strauß – zu lösen suchte. 1906 konstruierte er die erste zur Verstärkung vorgesehene Elektronenröhre ↑. Sie wurde patentiert, wies jedoch noch zahlreiche Mängel auf.

1910 führte L. das Steuergitter als dritte Elektrode zwischen Katode und Anode ein. Er ließ sich die Gitterröhre (Triode) patentieren und demonstrierte sie im folgenden Jahr in Deutschland, wo die Telefunken-Gesellschaft sämtliche Rechte aufkaufte.

Liebermann, Karl, 1842 bis 1914, deutscher Chemiker, Schüler *R. W. Bunsens* ↑ und *A. v. Baeyers* ↑. L. war zunächst in Färbereien, später als Hochschullehrer in Berlin tätig. Er arbeitete vor allem auf dem Gebiet der organischen Chemie und entdeckte mit *K. Graebe* ↑ den Aufbau des Anthrachinons und des Alizarins.

Liebig, Justus v., 1803 bis 1873, deutscher Chemiker, Sohn eines Drogisten; beschäftigte sich schon als Junge mit chemischen Experimenten. Nach der Lehre als Apotheker studierte er in Bonn Chemie, 1822 Promotion, danach weitere Studien in Paris. 1824 erhielt L. eine Professur in Gießen. Dort richtete er unter großen Schwierigkeiten ein chemisches Labor für experimentellen Unterricht ein, das richtungweisend für die Ausbildung in der damaligen Zeit wurde. Seit 1852 war L. als Hochschullehrer in München tätig.

L.s wissenschaftliches Werk umfaßt Fragen der Elementaranalyse ebenso wie präparative Methoden zur Darstellung neuer Verbindungen (z. B. Chloroform). Mit *F. Wöhler* ↑ arbeitete er über Harnsäure. Bes. Verdienste erwarb sich L. durch seine Untersuchungen über den Stoffwechsel der Lebewesen, in deren Verlauf er die Bedeutung der künstlichen Düngung für den Boden erkannte (um 1840). L. schuf den nach ihm benannten Fleischextrakt und eine spezielle Kindernahrung. Mit der Fachzeitschrift »Annalen der Chemie und Pharmazie« und als einer der Herausgeber des »Handwörterbuches der reinen und angewandten Chemie« sowie durch zahlreiche Publikationen zu Einzelthemen trug L. wesentlich zur Förderung der wissenschaftlichen Publikationen in Deutschland bei. Schließlich bemühte sich L. mit seinen »chemischen Briefen« auch um die Verbreitung chemischer Kenntnisse in weiten Bevölkerungskreisen.

Lilienthal, Otto, 1848 bis 1896, deutscher Flugpionier. Mit 14 Jahren unternahm er mit seinem Bruder *Gustav* (1849 bis 1933) erste (naturgemäß erfolglose) Versuche mit Flügeln, die an die Arme geschnallt wurden. L. studierte an der Gewerbeschule Potsdam, doch fehlte ihm das Geld für die weitere Ausbildung. Er trat als Arbeiter in eine Berliner Maschinenfabrik ein und wurde bald in das Konstruktionsbüro versetzt. 1868 erhielt er als Student der Berliner Gewerbeakademie ein bescheidenes Stipendium. Er nahm seine Flugversuche wieder auf und probierte, die Funktion der Vogelfedern mit Ventilklappen nachzuahmen. Auch diese Experimente mißlangen.

L. wandte sich daraufhin Gleitflugversuchen zu und arbeitete als Ingenieur. Aus dieser Zeit stammen mehrere Erfindungen, so z. B. ein Heißluftmotor, der Steinbaukasten, ein Röhrenkessel und eine Schrämmaschine. 1880 gründete L. eine Maschinenfabrik. Durch sie erlangte er auch Mittel für weitere Flugversuche. 1889 erschien L.s Buch »Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst«, eine der grundlegenden Arbeiten über das Flugwesen.

1891 gelang L. der erste kurze Gleitflug. 1893 ließ er sich einen Eindecker patentieren. Von einem künstlichen Hügel aus unternahmen die Brüder L. zahlreiche Gleitflüge. Sie erprobten Steuervorrichtungen und arbeiteten an einem Kohlendioxidmotor, mit dessen Hilfe sie den Motorflug verwirklichen wollten. Allerdings sah L. nach wie vor das Schwingenflugzeug als bes. aussichtsreich an. L. verunglückte im Sommer 1896 tödlich, nachdem ihm Flüge von mehr als 300 m geglückt waren (Flugzeug ↑).

Linde, Carl v., 1842 bis 1934, deutscher Techniker, besuchte 1861/64 das Polytechnikum in Zürich, wo ihn bes. Wärmelehre und -technik interessierten. Anschließend war L. als Volontär bei der Firma Borsig ↑, danach beim Aufbau einer Münchner Lokomotivfabrik tätig.

1868 wurde L. Professor für Maschinenlehre in München. Dort nahm er Arbeiten über Eis- und Kühlmaschinen auf, 1873 erfand er die Ammoniakkältemaschine. 1895 erzeugte L. erstmals größere Mengen flüssiger Luft nach dem von ihm ausgearbeiteten Gegenstromverfahren. 1890 gründete er eine Versuchsstelle für Kältemaschinen (Kälteerzeugung ↑).

Lippershey, Johannes, 1572 bis 1640, niederländischer Optiker und Brillenmacher, ließ sich 1608 die binokulare Brille ↑ patentieren. Obwohl ältere Berichte über Brillen vorliegen, gilt L. als einer ihrer Erfinder. Auch als einer der Erfinder des Fernrohrs ↑ wurde er bekannt.

Lissajous, Jules-Antoine, 1822 bis 1880, französischer Physiker, Hochschullehrer in Paris und Besançon. Er untersuchte Schwingungsvorgänge, fand die nach ihm benannten Figuren und konstruierte einen optischen Telegrafen ↑, der einige Zeit von der französischen Armee benutzt wurde.

Lister, Sir Joseph, 1827 bis 1912, englischer Arzt, Hochschullehrer in Glasgow, Edinburgh und London. Er führte 1867 die antiseptische Wundbehandlung ein, fußend auf Ergebnissen *L. Pasteurs* ↑. Seine Methode wurde richtungweisend für die moderne Medizin.

Ljapunow, Alexander Michailowitsch, 1857 bis 1918, russischer Mathematiker und Physiker, wirkte hauptsächlich in Charkow und Petersburg. Mitglied der Petersburger Akademie der Wissenschaften und Ehrenmitglied mehrerer Universitäten und Gesellschaften. Von ihm stammen richtungweisende Arbeiten zur Theorie der Differentialgleichungen und zur Hydrodynamik. Bes. Bedeutung haben seine Untersuchungen zur Stabilität dynamischer Systeme gewonnen.

Lodge, Sir Oliver Joseph, 1851 bis 1940, englischer Physiker und Hochschullehrer, untersuchte die Möglichkeiten, Abgase durch elektrostatische Anziehungskräfte von Schmutzpartikelchen zu reinigen (1884), wandte sich später vor allem der Hochfrequenztechnik zu. Wiederholte die Untersuchungen von *H. Hertz* ↑, experimentierte mit verschiedenen Wellendetektoren.

Lodygin, Alexander Nikolajewitsch, 1847 bis 1923, russischer Techniker. L. beschäftigte sich zunächst mit Fragen der Luftfahrt und entwarf einen Hubschrauber mit Elektromotor. Er verbesserte die Glühlampe ↑ und experimentierte mit Wolfram-Leuchtdrähten. Da er im zaristischen Rußland keine Anerkennung fand, wanderte er nach den USA aus.

Loewe, Ludwig, 1837 bis 1886, deutscher Techniker. L. gründete nach einer Studienreise in die USA eine Nähmaschinenfabrik. Um eine rationelle Fertigung großer Stückzahlen zu ermöglichen, wandte L. konsequent das Prinzip austauschbarer Einzelteile an. Die dazu nötigen Präzisions- und Spezialmaschinen wurden importiert oder nach L.s Entwürfen konstruiert. L. wandte sein Verfahren auch auf die Produktion von Handfeuerwaffen an. Später erweiterte er sein Fertigungsprogramm auf Werkzeugmaschinen.

Lomonossow, Michail Wassiljewitsch, 1711 bis 1765, russischer Gelehrter, einer der universellsten Wissenschaftler, Sohn eines Fischers. L. besuchte (1735) die Akademie der Wissenschaften in Petersburg, wo er mit vielen hervorragenden in- und ausländischen Gelehrten zusammentraf. Er setzte seine Studien in Marburg und Freiberg fort. 1741 kehrte er nach Petersburg zurück, 1745 wurde er dort Professor der Chemie und bekleidete Funktionen an der Petersburger Akademie, war auch Mitbegründer der Moskauer Universität.

L. war Anhänger der Atomistik, leistete wichtige Beiträge zur analytischen Chemie und erkannte das Gesetz von der Erhaltung der Masse. Er formulierte den Begriff einer tiefstmöglichen Temperatur, entwickelte die Bewegungstheorie der Wärme, beschäftigte sich mit Optik, trug zur Herausbildung des Energieprinzips bei. Er arbeitete über Erzlagerstätten, über Metallurgie, kartographische und geographische Probleme und plante eine Expedition zur Suche nach der nordöstlichen Durchfahrt (Nordostpassage).

L. war Materialist und sah die Naturwissenschaft in ihrem dialektischen Zusammenhang. Auch als Dichter, Sprachwissenschaftler und Historiker erwarb sich L. große Verdienste.

Lorentz, Hendrik Antoon, 1853 bis 1928, niederländischer Physiker, Professor in Leiden (seit 1878). Er erweiterte die Maxwellsche Theorie zu einer Theorie des elektromagnetischen Feldes und der Elektronen (Lorentz-Kraft), bereitete die Relativitätstheorie vor (Lorentz-Transformation) und erklärte den Zeeman-Effekt. Erhielt dafür mit *P. Zeeman* ↑ 1902 den Nobelpreis.

Loschmidt, Joseph, 1821 bis 1895, österreichischer Physiker, studierte in Prag und Wien, trat in eine Papierfabrik ein, legte jedoch 1856 die Lehramtsprüfung ab und begann 1861 mit chemischen Studien. 1868 wurde er Professor an der Universität Wien. Er war mit *L. E. Boltzmann* ↑ und *J. Stefan* ↑ befreundet. L. lie-

ferte wertvolle Beiträge zur kinetischen Gastheorie. 1865 gab er die später nach ihm benannte Zahl an. L. berechnete als erster die ungefähre Größe der Atome.

Lossew, Oleg Wladimirowitsch, 1903 bis 1942, sowjetischer Hochfrequenztechniker. L. arbeitete, ausgehend vom Kristalldetektor, bereits in den frühen zwanziger Jahren auf dem Gebiet der Halbleitertechnik. Er entdeckte, daß Kristalldetektoren unter bestimmten Voraussetzungen zur Schwingungserzeugung geeignet sind, und entwickelte daraus die sog. Crystadynempfänger. Sie erlangten jedoch wegen der sich rasch entwickelnden Röhrentechnik und der noch mangelnden Kenntnisse über die Vorgänge in Halbleitermaterialien keine Bedeutung.

Lüdemann, Karl-Friedrich, 1912 bis 1967, deutscher Metallurg, Professor für Eisenhüttenkunde an der Bergakademie Freiberg, leistete entscheidende Beiträge metallurgischer, wärmetechnischer und betriebswirtschaftlicher Art zum Neuaufbau der Stahlwerke der DDR (ab 1947). L. arbeitete mit *E. Maurer* ↑ vornehmlich auf dem Gebiet der SM-Stähle. Verdienter Techniker des Volkes 1952, Nationalpreis mit Maurer 1954, seit 1961 ordentliches Mitglied der Akademie der Wissenschaften in Berlin.

Lumière, Auguste, 1862 bis 1954, französischer Chemiker, arbeitete zusammen mit seinem Bruder *Louis* (1864 bis 1948) auf dem Gebiet der Fotografie und der Kinematografie. Sie entwickelten Kinematografen und eröffneten 1895 in Paris ein Kino, befaßten sich mit der Farbenfotografie und entwickelten eine Farbrasterplatte (Filmtechnik ↑).

M

MacAdam, 1757 bis 1836, schottischer Straßenbauer, durchlief eine kaufmännische Lehre, beschäftigte sich seit 1783 vor allem mit der Verbesserung der Straßen. Das von ihm vorgeschlagene und eingeführte Straßenbauverfahren fand weiteste Verbreitung. Die heutige »Makadamdecke« für Straßen geht auf ihn zurück.

MacMillan, Edwin Mathisson, geb. 1907, nordamerikanischer Physiker, er entdeckte zusammen mit *Abelson* und *E. O. Lawrence* ↑ das Neptunium, später zusammen mit *G. T. Seaborg* ↑ das Plutonium.

Maddox, Richard Leach, 1816 bis 1902, englischer Arzt und Fototechniker, zeigte 1871 erstmals Glasdiapositive, die mit »Trockenplatten« gewonnen worden waren. Wenige Jahre später konnte dieses Verfahren, entsprechend abgewandelt, auch für den Negativprozeß verwendet werden (Fotografie ↑).

Madersperger, Joseph, 1768 bis 1850, österreichischer Techniker, als Schneidermeister in Wien tätig. M. bemühte sich um die Konstruktion einer Nähmaschine ↑. Ein erstes 1814 fertiggestelltes Modell befriedigte ihn nicht. Nach langem Mühen erfand er 1839 die erste Doppelsteppstichnähmaschine. Bei ihr werden die Stiche nach dem auch heute noch gebräuchlichen Prinzip aus zwei Fäden gebildet. M. fehlten jedoch die Mittel, seine Erfindung zu vervollkommnen oder auszunutzen.

Magirus, Dietrich Conrad, 1824 bis 1895, deutscher Techniker. M. wurde als Angehöriger der Feuerwehr zu Verbesserungen des Löschwesens angeregt. Er entwickelte zahlreiche Geräte der Feuerlöschtechnik (Magirus-Leiter), die er später in einem von ihm gegründeten Betrieb produzierte, hatte Anteil an der Organisation des neuzeitlichen Löschwesens. Er war auf diesem Gebiet auch schriftstellerisch tätig.

Magnus, Heinrich Gustav, 1802 bis 1870, deutscher Physiker, war als Hochschullehrer in Berlin tätig und ein Vorkämpfer der Experimentalausbildung für Physiker. M. leistete wichtige Beiträge zur Hydrodynamik und Ballistik und untersuchte die Strömungsverhältnisse an rotierenden Körpern (Magnus-Effekt). Er arbeitete außerdem über Induktion, Thermoelektrizität und Elektrochemie, befaßte sich mit Problemen der Thermodynamik, mit den Volumen- und Druckverhältnissen bei der Ausdehnung von Gasen und mit der Wärmeleitung und -strahlung in Gasen.

Mallet, Anton, 1837 bis 1919, schweizerischer Ingenieur, erhielt seine technische Ausbildung in Frankreich und betätigte sich zunächst auf dem Gebiet des Eisenbahn-, Hafen- und Kanalbaus. 1867 wandte er sich der Dampfmaschine zu, bes. der Entwicklung von Verbundmaschinen. In den siebziger Jahren

wurde die erste von ihm entworfene Verbundlokomotive in Betrieb genommen. Später konstruierte er die nach ihm benannte Lokomotive ↑ mit zwei drehbaren Maschinengestellen und hintereinanderliegenden Maschinen, die bes. für Schwerlastgüterzüge vorgesehen war.

Malus, Etienne-Louis, 1755 bis 1812, französischer Pionieroffizier und Physiker, nahm als Wissenschaftler am Feldzug Napoleons nach Ägypten teil. Er entdeckte die Polarisationserscheinungen des Lichts und versuchte, sie durch die Annahme transversaler Schwingungen zu erklären.

Mälzel, Johann Nepomuk, 1772 bis 1838, deutscher Mechaniker, erfand das Mälzelsche Metronom ↑ zur Abgrenzung sich wiederholender gleicher, kurzer Zeitabschnitte.

Mandelstam, Leonid Isaakowitsch, 1879 bis 1944, sowjetischer Physiker, Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Hochschullehrer. M. arbeitete über Optik, Schwingungslehre, Quantentheorie und Relativitätstheorie. Er erwarb sich bes. Verdienste durch die Entwicklung von Differenz-Ortungsverfahren mit Radiowellen; sie bilden die Grundlage der heute weit verbreiteten Hyperbelnavigationssysteme.

Mannesmann, Reinhard, 1856 bis 1922, deutscher Techniker, studierte Maschinenbaukunde, Chemie und Hüttenwesen, erfand zusammen mit seinem Bruder Max ein Verfahren zur Herstellung nahtloser Rohre, die in den daraufhin gegründeten Mannesmann-Röhrenwerken in Düsseldorf produziert wurden.

M. war eifriger Vertreter der deutschen Kolonial- und Expansionspolitik, versuchte bes., die Bodenschätze und Rohstoffe Marokkos unter deutsche Kontrolle zu bringen, und »erwarb« zu diesem Zweck zahlreiche Bergwerkskonzessionen und Ländereien. Nach 1945 erneute Expansion des Konzerns zu einem der größten monopolkapitalistischen Unternehmen der Montanindustrie in der BRD.

Mannoury, Jean Charles Alexandre François, 1777 bis 1822, französischer Techniker, beschäftigte sich vor allem mit hydraulischen Vorrichtungen und schrieb darüber eine Abhandlung (1813). 1818 wurde ihm ein Patent auf eine Wärmekraftmaschine erteilt, bei der eine von Dampf durchströmte Einspritzdüse einen Wasserstrahl mitreißt.

Marconi, Guglielmo, 1874 bis 1937, italienischer Hochfrequenztechniker. Er arbeitete nahezu gleichzeitig mit *A. S. Popow* ↑ an der Verwirklichung der drahtlosen Telegrafie ↑, zunächst in Italien, wurde aber erst in England, das wegen seiner Kolonien besonders an drahtlosen Verbindungen interessiert war, gefördert (hauptsächlich durch *W. H. Preece* ↑). 1897 führte er erfolgreiche Versuche am Bristolkanal durch, zwei Jahre später stellte er eine Funkverbindung über den Kanal her. 1901 gelang es ihm, das erste Funkzeichen über den Atlantik zu schicken.

M. gründete eine Gesellschaft für drahtlose Telegrafie, deren Versuche, ein Weltmonopol zu erringen, allerdings an der Konkurrenz anderer Firmen scheiterten. M. war bis an sein Lebensende um Ausbau und Verbesserungen der Hochfrequenztechnik bemüht. Er benutzte Richtantennen, wandte sich frühzeitig der Kurzwellentechnik zu sowie der drahtlosen Fernsteuerung. 1909 erhielt er mit *K. F. Braun* ↑ den Nobelpreis für Physik.

Marcus, Siegfried, 1831 bis 1898, deutscher Kraftfahrzeugpionier, experimentierte bereits in den sechziger Jahren des 19. Jahrhunderts mit einem Kraftwagen, dessen Verbrennungsmotor mit Leichtbenzin gespeist wurde und eine elektrische Zündung besaß. Es gelang M. jedoch nicht, seine Erfindung durchzusetzen; sie geriet nahezu in Vergessenheit (Kraftfahrzeug ↑).

Marggraf, Andreas Sigismund, 1709 bis 1782, deutscher Chemiker, zuerst pharmazeutische Ausbildung in Berlin, dann Studium in Frankfurt (O.), Strasbourg und Halle sowie an der Bergakademie Freiberg, 1735 Rückkehr nach Berlin, 1739 Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften und Leiter des chemischen Laboratoriums der Hofapotheke.

Verdienste erwarb sich M. um die Weiterentwicklung der analytischen Chemie. Er befaßte sich mit Untersuchungen an Phosphor und verschiedenen seiner Verbindungen, klärte den Unterschied zwischen Kalium- und Natriumverbindungen auf, beschäftigte sich mit Leuchtfarben, stellte Salze des Platins, Goldes und Silbers her und entwickelte ein Verfahren zur Zinkgewinnung.

M.s wichtigste Leistung ist die Entdeckung des Rohrzuckers in der Runkelrübe, den er

der getrockneten Wurzel mit Alkohol entzog (1747). Er wies ihn mit dem Mikroskop nach, dessen Wichtigkeit als Hilfsmittel bei chemischen Untersuchungen von ihm zuerst erkannt wurde. Seine Arbeiten wurden bes. von *F. K. Achard* ↑ fortgeführt (Zucker ↑).

Marinoni, Hippolyte, 1823 bis 1904, französischer Techniker. M. erlernte den Beruf eines Druckers und war später in einer Fabrik für Handdruckpressen beschäftigt. Er erfand eine Presse, welche die Druckgeschwindigkeit vervierfachte, später (1866) eine Rotationsdruckmaschine, die er ständig verbesserte und auch für den Mehrfarbendruck verwendete (Druckmaschinen ↑).

Mariotte, Edmé, um 1620 bis 1684, französischer Physiker, ursprünglich Geistlicher. 1666 wurde er Mitglied der Pariser Akademie der Wissenschaften. Er untersuchte die Hydrostatik und Hydrodynamik sowie die Strömung und das Verhalten von Gasen. Wenige Jahre nach *R. Boyle* ↑ entdeckte er das Gasgesetz für isotherme Prozesse, wandte es auf die Druckabnahme mit der Höhe an. Er entwarf 1677 eine Stoßmaschine.

Martens, Adolf, 1850 bis 1914, deutscher Werkstoffkundler, Professor für Festigkeitslehre und Materialprüfung an der TH Berlin-Charlottenburg. M. gilt als Begründer der wissenschaftlichen Materialprüfung und Gefügemikroskopie, er konstruierte zahlreiche Werkstoffprüfmaschinen, z. B. das nach ihm benannte Spiegelgerät, ein Feindehnungsmeßgerät zur experimentellen Bestimmung sehr kleiner Verformungen (u. a. Bestimmung des Elastizitätsmoduls von Werkstoffen).

Martin, Archer John Porter, geb. 1910, englischer Chemiker. M. entwickelte zusammen mit *R. L. M. Synge* ↑ die Verteilungs- und Papierchromatografie, erhielt 1952 mit diesem den Nobelpreis für Chemie.

Martin, Pierre, 1824 bis 1915, französischer Hüttenfachmann, war mit seinem Vater in einem französischen Stahlwerk beschäftigt. Er benutzte das Siemenssche Regenerativverfahren, um Flußeisen bzw. Flußstahl zu erzeugen. 1863 ließ er sich sein Verfahren patentieren. Lange Prioritätsstreitigkeiten mit *F. Siemens* ↑ folgten. Trotz späterer Einigung geriet M. nahezu in Vergessenheit. Erst wenige Jahre vor seinem Tode erhielt er von der Stahlindustrie eine »Ehrengabe«, die seinen Lebensunterhalt notdürftig sicherte (Siemens-Martin-Verfahren ↑).

Mattauch, Josef Heinrich, 1895 bis 1976, deutscher Physiker und Hochschullehrer, arbeitete vor allem auf dem Gebiet der Kernphysik, der Altersbestimmung mittels radioaktiver Methoden und der Massenspektroskopie.

Maudslay, Henry, 1771 bis 1831, englischer Maschinenbauer. M. mußte bereits als Zwölfjähriger in einer Munitionsfabrik arbeiten, ging zu einem Tischler und später zu einem Schmied in die Lehre. Er erhielt mit 18 Jahren eine Anstellung in der Fabrik *J. Bramahs* ↑, der er 8 Jahre angehörte. Er erkannte, daß eine Massenfertigung präziser Werkstücke nur mit Hilfe entsprechender Werkzeugmaschinen möglich ist. Bei der Entwicklung solcher Werkzeugmaschinen leistete M. Hervorragendes. 1794 führte er den Drehbanksupport mit Schraubspindel, dann die Leit- und Zugspindelbank ein (Drehmaschine ↑). In einer 1797 gegründeten eigenen Werkstatt übernahm er den Auftrag, Maschinen für die Massenfertigung von Takelblocks der englischen Marine herzustellen. Er erfand eine Maschine zum Stanzen der Nietlöcher in Kesselblechen, verbesserte die Verfahren des Gewindeschneidens und war bemüht, bei seinen Maschinen Zweckmäßigkeit und ansprechende Form zu vereinen. Aus seiner Fabrik gingen hervorragende Werkzeugmacher und Werkzeugmaschinenkonstrukteure hervor.

Mauersberger, Heinrich, 1909 bis 1982, deutscher Textilmaschinenbauer, Erfinder der unter dem Namen »Malimo« 1949 patentierten Näh-Wirk-Technologie (Mali-Technologie ↑), die eine grundlegende Umwälzung in der Textilindustrie darstellt. M. erhielt 1954 den Nationalpreis, später wurde er als Held der Arbeit ausgezeichnet.

Maupertuis, Pierre-Louis, 1698 bis 1759, französischer Physiker und Mathematiker, war in Frankreich und Preußen Präsident der Akademien der Wissenschaften. Er leitete 1736/37 die Expedition zur Gradmessung nach Lappland, fand 1743 für die Mechanik das Prinzip der kleinsten Wirkung.

Maurer, Eduard, 1886 bis 1969, deutscher Physiko-Chemiker und Metallurg, Hochschullehrer und (1949) Direktor des Eisen-Forschungsinstituts Hennigsdorf/DDR. M. ent-

wickelte Wärmebearbeitungsmethoden zur praktischen Verwendung rostfreien Stahls (1912), schuf das nach ihm benannte Gußeisendiagramm, war Mitglied der Akademie der Wissenschaften in Berlin (1951). Hervorragender Wissenschaftler des Volkes (1956), Nationalpreise (1950 und 1954).

Maxim, Sir Hiram Stevens, 1840 bis 1916, englischer Techniker, lernte in einer Wagenbaufabrik, besuchte daneben Fachschulen, beschäftigte sich zunächst mit Gaskraftmaschinen, dann mit elektrotechnischen Apparaten und Geräten, z. B. mit Vorrichtungen zur automatischen Spannungsregelung. M. entwarf automatische Beregnungsanlagen zur Feuerbekämpfung, erfand ein rauchloses Pulver und das erste Maschinengewehr sowie Torpedogeschütze für Unterwasserabschuß. Auch mit Flugversuchen, die allerdings erfolglos blieben, beschäftigte er sich.

Maxwell, James Clerk, 1831 bis 1879, englischer Physiker, studierte in Edinburgh und Cambridge, war von 1856 bis 1860 Professor der Physik in Aberdeen, ab 1860 in London. 1871 übernahm er den Lehrstuhl für Physik in Cambridge. Seine erste wissenschaftliche Arbeit legte M. bereits mit 15 Jahren vor. Wir verdanken ihm die Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung der kinetischen Gastheorie, Arbeiten über die Dreifarbentheorie des Sehens, über astronomische Probleme usw. M. schuf nach *M. Faradays* ↑ qualitativer Kraftfeldtheorie die mathematische Theorie des elektromagnetischen Feldes einschließlich der elektromagnetischen Lichttheorie. Die Maxwellschen Gleichungen (1862) bildeten die Voraussetzung für die Entdeckung der elektromagnetischen Wellen durch *H. Hertz* ↑ und einen Ausgangspunkt für *A. Einsteins* ↑ Relativitätstheorie.

Maybach, Wilhelm, 1846 bis 1929, deutscher Ingenieur. M. arbeitete mit *G. Daimler* ↑ zusammen an der Entwicklung von Fahrzeugmotoren mit niedriger Leistungsmasse. 1909 gründete er einen Betrieb, in dem Kraftwagen und Luftschiffmotoren produziert wurden. Wichtige Bauelemente des Kraftwagens, wie Wechselgetriebe, Vergaser, wurden von ihm konstruiert und verbessert (Kraftfahrzeug ↑).

Mayer, Julius Robert v., 1814 bis 1878, deutscher Arzt und Physiker, Entdecker des Gesetzes von der Erhaltung der Energie. M. studierte Medizin, fuhr 1840 als Schiffsarzt nach Java. Beim Aderlassen stieß er auf die Erscheinung, daß venöses Blut in den Tropen heller als in nördlichen Breiten war, und führte das auf Änderungen in der Wärmebilanz des Körpers zurück. Seitdem beschäftigte er sich intensiv mit Fragen der Energieumwandlung und -erhaltung. Bereits kurze Zeit nach seiner Rückkehr veröffentlichte er eine Abhandlung »Über die quantitative und qualitative Bestimmung der Kräfte«, die jedoch nicht zum Druck angenommen wurde. In einer weiteren Arbeit teilte er 1842 nach einem Gedankenexperiment einen Zahlenwert für das mechanische Wärmeäquivalent mit. 1845 dehnte er die Vorgänge der Energieumwandlung auf viele Naturprozesse aus.

M. fand zunächst keine Anerkennung, wurde von vielen Seiten verspottet und mußte sich gegen gehässige Angriffe zur Wehr setzen. Als andere Physiker – z. B. *H. v. Helmholtz* ↑ und *J. P. Joule* ↑ – das Energiegesetz gleichfalls aussprachen, wurde M.s Priorität von vielen Seiten angezweifelt. M.s Verdienste wurden jedoch noch zu seinen Lebzeiten voll gewürdigt.

McCormick, Cyrus Hall, 1809 bis 1898, nordamerikanischer Landmaschinentechniker, Sohn einer aus Schottland eingewanderten Farmerfamilie. 1809 versuchte er, mit rotierenden Sägen Getreide zu mähen.

M. schuf mit 15 Jahren den Korb für die Getreidesense und 1831 den ersten Getreidemäher mit rotierender Haspel.

Noch mußte ein Mann neben der mähenden Maschine die geschnittenen Halme wegharken; in den 50er Jahren schuf M. einen Sitz für den Harker und vergrößerte die Arbeitsbreite. Auf der Londoner Weltausstellung 1851 war dieser Getreidemäher ein Welterfolg.

1847 übersiedelte M. nach Chicago, um mit der neu gegründeten Fabrik »McCormick Reaper Works« bessere Absatzbedingungen zu haben. Unter Verwendung der Selbstbindevorrichtung von *Marsh* und *Withington* schuf M. 1876 den ersten Bindemäher.

Meikle, Andrew, 1719 bis 1811, englischer Techniker, führte als Mühlenbesitzer mehrere Verbesserungen im Mühlenbetrieb ein, z. B. eine selbsttätige Vorrichtung, die bei Böen Be-

schädigungen der Mühlen vermied. M. beschäftigte sich seit Ende der siebziger Jahre mit der Konstruktion von Dreschmaschinen ↑. 1784 entwickelte er, an Arbeiten mehrerer Vorgänger knüpfend, die Trommeldreschmaschine. Er verbesserte sie in der Folgezeit und nahm nach der Patenterteilung (1788) die Produktion von Dreschmaschinen auf.

Meisenbach, Georg, 1841 bis 1912, deutscher Kupferstecher und Techniker. 1876 gründete er die erste Zinkdruckanstalt in München. M. arbeitete lange an dem Problem der fotomechanischen Wiedergabe von Halbtonbildern und fand eine seitdem weitverbreitete Lösung, die er sich unter dem Namen Autotypie ↑ schützen ließ.

Meißner, Alexander, 1883 bis 1958, österreichischer Physiker, studierte an der TH Wien Maschinenbau, war anschließend dort als Assistent tätig. 1907 trat er in Berlin in die Telefunken-Gesellschaft ein, war am Aufbau der Funkstation Nauen beteiligt, entwickelte neue Spulenformen, Antennen, Erdungsanordnungen und verbesserte den Löschfunkensender.

Er fand die nach ihm benannte Rückkopplungsschaltung für Elektronenröhren. Im März 1913 erzeugte er mit dieser Anordnung erstmals ungedämpfte Hochfrequenzschwingungen. Wenige Monate später führte er mit einem Röhrensender einen drahtlosen Telefonverkehr zwischen Berlin und Nauen durch.

Die Entdeckung der Rückkopplungsschaltung war der Beginn der modernen Sende- und Empfangstechnik. Später arbeitete M. auch über Fragen der Supraleitfähigkeit.

Meitner, Lise, 1878 bis 1968, österreichische Physikerin, studierte und promovierte 1906 in Wien, übersiedelte nach Berlin, wurde 1912 Assistentin *M. Plancks* ↑, habilitierte sich 1922 und wurde 1926 an die Berliner Universität berufen. Sie war von 1917 bis 1938 am Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin-Dahlem tätig, anschließend am schwedischen Nobelinstitut und an der schwedischen Ingenieurwissenschaftlichen Akademie, nachdem sie aus »rassischen Gründen« aus dem faschistischen Deutschland hatte flüchten müssen.

M. war Mitarbeiterin *O. Hahns* ↑, mit dem sie 1918 das Protaktinium entdeckte. Sie untersuchte die bei Kernumwandlungen auftretenden Strahlungen, deutete die ihr von Hahn mitgeteilten Erscheinungen der Urankernspaltung und berechnete die zugehörigen Energieumsetzungen.

Melan, Ernst, 1890 bis 1963, österreichischer Bauingenieur. M. studierte an der TH Prag Bauingenieurwesen, promovierte 1917, arbeitete anschließend u. a. als Betriebsingenieur im Festigkeitslaboratorium der TH Berlin-Charlottenburg. Seit 1923 war er an der TH Prag, ab 1925 an der TH Wien als Professor für Baustatik, Stahl- und Holzkonstruktionen tätig. M. machte sich um die Weiterentwicklung des Ingenieurholzbaues und auf den Gebieten der Baustatik, Elastizitäts- und Plastizitätstheorie verdient.

Melloni, Macedonio, 1798 bis 1854, italienischer Physiker, Hochschullehrer in Frankreich und Italien, später Leiter des meteorologischen Instituts auf dem Vesuv. M. untersuchte vor allem die Wärmestrahlung, benutzte als erster das Thermoelement ↑ für Temperaturmessungen.

Mendelejew, Dmitri Iwanowitsch, 1834 bis 1907, russischer Chemiker, studierte Chemie und Physik in Petersburg. Nach Lehrtätigkeit in verschiedenen Schulen Fortsetzung der Studien in Deutschland, u. a. bei *R. W. Bunsen* ↑ und *G. R. Kirchhoff* ↑ (1858 bis 1861); nach der Rückkehr Hochschullehrer in Rußland. Dem vielseitigen Chemiker M. lagen bes. die wirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeiten der Chemie am Herzen. Er beschäftigte sich mit Fragen der Hüttenindustrie, der Verwendung des Erdöls und wies 1888 auf die Möglichkeit hin, Kohle unterirdisch zu vergasen. Er setzte sich für künstliche Düngung ein, arbeitete über physikalische Meßmethoden, über Lösungen, war an Luftfahrtprojekten interessiert. Seine größte Leistung ist die Aufstellung des Periodensystems der Elemente (1864, nahezu gleichzeitig mit *L. Meyer* ↑). M. konnte mit Hilfe dieses Systems nicht nur die bekannten Elemente sinnvoll ordnen, sondern auch noch nicht entdeckte Elemente und ihre Eigenschaften voraussagen.

Mercator (latinisiert aus **Kremer, Gerhard**), 1512 bis 1594, deutsch-flandrischer Mathematiker und Geograph, erlernte den Beruf eines Kupferstechers und Feinmechanikers. M. trat bes. durch den Entwurf und die Ausführung vorzüglicher Landkarten und Atlanten hervor.

Von ihm stammt die Mercatorprojektion, die sich bes. für Seekarten als nützlich erwies.

Mergenthaler, Ottmar, 1854 bis 1899, deutscher Techniker, erlernte das Uhrmacherhandwerk, erwarb im Selbststudium umfassende technische Kenntnisse. 1872 übersiedelte er nach den USA und trat in eine Fabrik für elektrische Apparate ein. Dort kam er mit dem Problem des maschinellen Setzens in Berührung; 1884 konstruierte er eine Zeilensetzmaschine, die er in der Folgezeit wesentlich verbesserte und die sich unter der Bezeichnung »Linotype« rasch einbürgerte. Sie ist in wesentlichen Grundzügen noch heute gebräuchlich (Druckmaschinen ↑).

Mersenne, Marin, 1588 bis 1648, französischer Naturforscher, arbeitete vorwiegend auf dem Gebiet der Akustik, bestimmte die Tonhöhe schwingender Saiten in Abhängigkeit von ihrer Länge, maß die Schallgeschwindigkeit, untersuchte Konsonanzen und Dissonanzen. Er schlug ein Spiegelteleskop vor und entwickelte ein Hygrometer ↑.

Meßter, Oskar, 1866 bis 1943, deutscher Filmpionier, konstruierte ab 1896 Kinematographen, produzierte erste deutsche »Spielfilme« von wenigen Minuten Dauer. M. konstruierte Luftbildkameras und war um die Entwicklung des Tonfilms (durch Kombination von Film und Schallplatte) bemüht (Filmtechnik ↑).

Meyer, Jean Jacques, 1804 bis 1877, französischer Maschinenbauer. Er wurde bes. durch Steuer- und Schiebereinrichtungen für Dampfmaschinen ↑ bekannt, die er in einer eigenen Fabrik herstellen ließ. Später wandte er sich dem Lokomotivenbau zu und gründete u. a. auch eine Lokomotivenfabrik in Österreich.

Meyer, Lothar, 1830 bis 1895, deutscher Chemiker, studierte Medizin in Zürich und Würzburg, Chemie in Heidelberg in *R. W. Bunsens* ↑ Laboratorium, anschließend 3 Semester theoretische Physik bei *F. E. Neumann* ↑ in Königsberg. M. führte zunächst Untersuchungen über die Aufnahme des Sauerstoffs durch Blut aus, habilitierte sich 1858 in Breslau als Dozent für Chemie und Physik, lehrte und arbeitete 1866 an der Forstakademie Eberswalde, ab 1868 als Chemieprofessor am Polytechnikum in Karlsruhe, ab 1876 an der Universität Tübingen.

M. arbeitete über die Beziehungen der spezifischen Wärmekapazität zur relativen Atom- und Molekülmasse, über Verbrennungserscheinungen und über das Avogadrosche Gesetz. Er stellte 1869 die Eigenschaften der Elemente als periodische Funktionen der relativen Massen dar, gelangte jedoch nicht zu so weitreichenden Schlußfolgerungen wie *D. I. Mendelejew* ↑.

Meyer, Viktor, 1848 bis 1897, deutscher Chemiker, studierte in Berlin und Heidelberg, wurde 1867 Assistent *R. W. Bunsens* ↑, 1871 Hochschullehrer, zunächst in Stuttgart, später in Zürich, Göttingen und 1889 als Nachfolger *Bunsens* in Heidelberg. Er arbeitete bes. über Stickstoff- und Kohlenstoffverbindungen, studierte Verbrennungserscheinungen und entwickelte eine Methode der Bestimmung der relativen Molekülmassen durch Messen der Dampfdichte, die noch heute angewendet wird.

Michelson, Albert Abraham, 1852 bis 1931, nordamerikanischer, in Polen geborener Physiker. Er war u. a. Schüler von *H. v. Helmholtz* ↑, übersiedelte nach den USA und war von 1893 bis 1929 Hochschullehrer in Chicago. M. wurde bes. bekannt durch die Ausarbeitung und Durchführung von Präzisionsversuchen, für die er eigene Instrumente erdachte (z. B. Interferometer) und ausführte. Er nutzte die Interferenzerscheinungen des Lichts für genaueste Messungen aus und führte den nach ihm benannten Versuch durch, der die Ätherhypothese widerlegte und die spezielle Relativitätstheorie bestätigte. M. erhielt 1907 den Nobelpreis.

Mikojan, Artjom Iwanowitsch, 1905 bis 1970, sowjetischer Flugzeugkonstrukteur, entwikkelte und konstruierte (vorwiegend zusammen mit *M. J. Gurjewitsch*) ab 1939 mehrere weltbekannte Jagdflugzeuge, z. B. die Typen MIG 1, MIG 17, MIG 21.

Miller, Oscar v., 1855 bis 1934, deutscher Ingenieur. Er arbeitete vorwiegend auf dem Gebiet der elektrischen Energieerzeugung und -übertragung. Er war maßgeblich an der ersten Energiefernübertragung von Lauffen nach Frankfurt (M.) beteiligt (1891), setzte sich nachdrücklich für die Ausnutzung der Wasserkräfte ein und begründete 1903 das Deutsche Museum München (eine umfassende Sammlung von Originalen, Nachbildungen, Funk-

tionsmodellen, Schriften usw. zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik).

Miller, Patrick, 1731 bis 1815, englischer Techniker. M. war zunächst Matrose, wurde später Teilhaber einer Eisenwaren- und Waffenfabrik. Er wollte Wasserfahrzeuge aus mehreren parallelen Rümpfen einführen, die durch dazwischenliegende Schaufelräder angetrieben wurden. Als Antrieb sah M. Muskelkraft, später Dampfmaschinen ↑ vor. 1786 lief das erste Doppelboot von Stapel, dem weitere Versuchsschiffe folgten. 1788 führte M. ein Doppelboot vor, das durch eine von *W. Symington* ↑ gebaute Dampfmaschine betrieben wurde. Die Versuche wurden jedoch nicht weitergeführt (Dampfschiff ↑).

Millikan, Robert Andrews, 1868 bis 1953, nordamerikanischer Physiker und Hochschullehrer, trat bes. durch physikalische Präzisionsmessungen hervor. So bestimmte er 1910 mit Hilfe der »Schwebemethode« die elektrische Elementarladung, maß um 1915 das Wirkungsquantum und arbeitete über Röntgen- und kosmische Strahlen. 1923 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Minz, Alexander Lwowitsch, geb. 1895, sowjetischer Hochfrequenztechniker, veröffentlichte bereits vor seinem Studium eine Arbeit über Störungen in Funkverbindungen, in der er auf die Möglichkeit der Frequenzmodulation einging. Nach dem Studium an der Moskauer Universität war er bei Nachrichtenabteilungen der Roten Armee tätig. In der Mitte der zwanziger Jahre leitete er den Ausbau von Kurzwellentelefonieverbindungen und entwikkelte Richtantennen und Hochleistungssenderöhren. An der Errichtung des neuen Rundfunksenders »Komintern« (1933), mit einer Leistung von 500 kW damals stärkster Sender der Welt, war er maßgeblich beteiligt. M. ist mehrfacher Staatspreisträger.

Mitscherlich, Alexander, 1836 bis 1918, deutscher Chemiker, Sohn von *Eilhard M.* ↑, studierte Chemie, war Assistent *F. Wöhlers* ↑ und habilitierte sich 1862 mit einer Arbeit über die Spektralanalyse. M. wandte sich in der Folgezeit vor allem der Cellulosegewinnung aus Holz zu und entwickelte das Sulfitverfahren zur Zellstoffherstellung. 1874 stellte er das erste Papier daraus her.

Mitscherlich, Eilhard, 1794 bis 1863, deutscher Chemiker, studierte zunächst Philosophie und Orientalistik, dann Medizin, schließlich Chemie, ab 1822 Professor für Chemie in Berlin. 1819 entdeckte er die Isomorphie. Er entwickelte einen Polarisationsapparat, arbeitete über aromatische Verbindungen, über Benzene und Benzenderivate. Auch mit geologischen und metallurgischen Fragen beschäftigte er sich.

Mittasch, Alwin, 1869 bis 1953, deutscher Chemiker, war zunächst Lehrer, erwarb sich weitgehend autodidaktisch die Voraussetzungen zum Chemiestudium.

Als Schüler *W. Ostwalds* ↑ führte M. schon als Student katalytische Untersuchungen durch und arbeitete später als Katalytiker im Arbeitskreis um *C. Bosch* ↑. M. entwickelte den ersten Mischkatalysator, mit dem die damals nur im Laborversuch realisierte Ammoniaksynthese großtechnisch durchführbar wurde. 1910 wurde das erste Ammoniak mit dem neuen Katalysator erhalten.

1913 nahm die erste Fabrik nach diesem Verfahren die Produktion auf. 1917 folgten die Leunawerke (heute VEB Leuna-Werke »Walter Ulbricht«).

Für eine große Zahl anderer Großsynthesen wurden von M. und seinen Mitarbeitern ebenfalls geeignete Katalysatoren gefunden (z. B. Methanolsynthese ↑, Fischer-Tropsch-Verfahren ↑ u. a.). Die Arbeiten M.s sind für das Gebiet der heterogenen Katalyse auch heute noch von beispielgebender Bedeutung.

Mitterhofer, Peter, 1822 bis 1893, Zimmermann aus Tirol, baute zwischen 1864 und 1869 mehrere Schreibmaschinen ↑. Obgleich vorwiegend aus Holz gefertigt, waren sie voll funktionsfähig. M. benutzte ein Typenhebelsystem, wie es – entsprechend verbessert – gegenwärtig gebräuchlich ist. Ein wesentlicher Vorzug des M.schen Modells war, daß – im Gegensatz zu Versuchen anderer Erfinder – die Schrift sofort sichtbar wurde.

Mohr, Christian Otto, 1835 bis 1918, deutscher Bautechniker. Nach zehnjähriger Tätigkeit bei Eisenbahnverwaltungen wurde er als Professor für technische Mechanik und Erdbau an die Polytechnische Schule in Stuttgart berufen. Er setzte sich vor allem für die graphische Behandlung von Konstruktionsaufgaben ein und wandte die zeichnerische Darstellung der Biegelinie an. 1873 wurde er an die spätere Technische Hochschule Dresden beru-

fen. Er veröffentlichte zahlreiche Arbeiten, bes. über die Anwendung graphischer Methoden in der Statik.

Mohs, Friedrich, 1773 bis 1839, österreichischer Physiker, studierte ab 1796 in Halle Mathematik, Physik und Chemie. 1801 nahm er eine Stellung als Steiger an. Der Auftrag, die Mineraliensammlung eines Wiener Bankiers zu ordnen, veranlaßte M., sich der Mineralogie zuzuwenden. 1812 stellte er die nach ihm benannte Härteskale auf. 1818 übernahm er eine Professur für Mineralogie an der Bergakademie Freiberg. 1826 ging er an die Universität Wien.

Moissan, Henri, 1852 bis 1907, französischer Chemiker. Er isolierte als erster Fluor (1886) und befaßte sich vor allem damit, die Elektrizität zur Erzeugung höchster Temperaturen anzuwenden. Er verbesserte die Elektroöfen und versuchte, mit ihrer Hilfe Diamanten künstlich herzustellen. 1906 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Moncel, Théodor du, 1821 bis 1884, französischer Elektrotechniker, beobachtete den vom Kontaktdruck abhängigen Widerstand an Stromübergangsstellen. Seine Beobachtungen waren der Ausgangspunkt des Kohlemikrofons. Auch andere physikalische Apparate stammen von ihm, z. B. ein Gerät zur Registrierung der Windstärke.

Monge, Gaspard, 1746 bis 1818, französischer Mathematiker und Physiker, wurde bereits mit 16 Jahren als Physiklehrer angestellt. 1768 wurde er Mathematikprofessor an der Kriegsschule, 1780 außerdem Professor für Hydraulik in Paris, 1792 Marineminister in der Revolutionsregierung. Er war 1794 einer der Mitbegründer der Pariser École Polytechnique, wo er Vorlesungen über darstellende Geometrie übernahm.

M. arbeitete über Fragen der Hydraulik und Statik und gab die erste wissenschaftliche Erklärung für Luftspiegelungen. Seine Hauptverdienste liegen auf dem Gebiet der Mathematik. Er arbeitete über Differentialgleichungen, über analytische und Differentialgeometrie und begründete die darstellende Geometrie. Daneben untersuchte er metallurgische Fragen wie den Formguß und die Verwendung von Schmiedeeisen.

Monier, Joseph, 1823 bis 1906, französischer Gärtner. Um Haltbarkeit und Gewicht von Zementkübeln zu verbessern, versah sie M. mit einer Drahteinlage. Dieses Verfahren bewährte sich so, daß M. es auf Wasserbehälter anwandte. 1867 erhielt er seine Erfindung patentiert. Schon 1875 ließ M. eine erste Brücke nach seinem Verfahren bauen. Aber auch für zahlreiche andere Bauteile (u. a. schon Patent für Bahnschwellen) bewährte sich das M.sche Verfahren rasch (Betonbehälter ↑).

Montgolfier, Jacques-Étienne, 1745 bis 1799, **Montgolfier, Joseph-Michel,** 1740 bis 1810, französische Luftfahrtpioniere. Joseph M., der sich mit naturwissenschaftlichen Experimenten beschäftigte, trat in die Papierfabrik seines Vaters ein und gründete später selbst Papierfabriken. Jacques M. wurde zunächst Architekt und nahm später Josephs Stelle in der väterlichen Papierfabrik ein. Von da ab begann die gemeinsame Tätigkeit der Brüder auf dem Gebiet der Luftfahrt. Joseph M. äußerte dabei den Gedanken des Fluges »schwerer als Luft«, doch wandten sich beide, wohl durch eine Schrift *J. Priestleys* ↑ angeregt, dem Flug »leichter als Luft« zu.

Versuche, einen mit Wasserdampf gefüllten Ballon ↑ steigen zu lassen, mißglückten. Erst als die Erfinder eine Papierhülle mit heißer Luft füllten, stieg sie empor. Am 5. Juni 1783 wurde in Vidalon-les-Anonay zum ersten Mal ein Heißluftballon öffentlich vorgeführt.

Bei einer Vorführung in Versailles (19. 9. 1783) traten erstmals Lebewesen – ein Hahn, eine Ente, ein Lamm – eine Luftfahrt im Ballon an. Der erste Flug mit zwei Passagieren folgte am 21. 11. 1783. Der gleichzeitig aufkommende Ballon mit Wasserstoffüllung ließ den Heißluftballon bald wieder an Bedeutung verlieren. Auch an der Entwicklung des Fallschirms ↑ hatten die Brüder M. Anteil.

Morin, Arthur, 1795 bis 1880, französischer Physiker, Hochschullehrer für Mechanik. M. war zunächst Ingenieuroffizier, übernahm später als Nachfolger *J.-V. Poncelets* ↑ eine Professur an der Artillerie- und Ingenieurschule in Metz. Untersuchte eingehend die Roll- und Gleitreibung und maß sie mit einem eigens für diesen Zweck erdachten Federdynamometer. M. schrieb ein zweibändiges Werk über die Belüftung großer Gebäude, untersuchte Wasserräder und Turbinen, die Durchschlagskraft von Geschossen, den freien Fall und den Luftwiderstand.

Mörsch, Emil, 1872 bis 1950, deutscher Bauingenieur, studierte am Polytechnikum Stuttgart, war 1899 bis 1901 im Brückenbüro der Württembergischen Staatseisenbahnen und anschließend bei einer Stahlbetonfirma tätig; seit Beginn der 20er Jahre Professor an der TH Stuttgart. Er arbeitete vor allem auf dem Gebiet des Stahlbetons und Spannbetons. M. ist Mitbegründer vieler nationaler und internationaler Vereinigungen, die das Ziel der schnellen Verbreitung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse haben. Er entwickelte eine Anzahl fundamentaler Grundsätze für die Konstruktion von Stahl- und Spannbetonkonstruktionen.

Morse, Samuel Finlay Breese, 1791 bis 1872, nordamerikanischer Maler und Techniker. M. unternahm als Kunstmaler mehrfach Studienreisen nach Europa. Durch die Teilnahme an der Vorführung elektromagnetischer Experimente wurde er zur Entwicklung eines elektromagnetischen Schreibtelegrafen angeregt, der die übermittelten Zeichen als gezackte Linie auf einem bewegten Papierstreifen festhielt (das sogenannte Morsealphabet wurde nicht von M., sondern erst später vorgeschlagen), 1835 war das erste funktionsfähige Modell fertiggestellt.

M. verbesserte es und führte es 1837 vor. Geldmangel zwang ihn immer wieder zur Unterbrechung seiner Arbeiten. Erst 1843 wurde zwischen Washington und Baltimore eine Versuchslinie eingerichtet. Von da ab begann sich der Morsetelegraf durchzusetzen (Telegrafie ↑).

Moseley, Henry Georges Jeffreys, 1887 bis 1915, englischer Physiker, Schüler *E. Rutherfords* ↑. M. befaßte sich 1914 vor allem mit charakteristischen Röntgenspektren und wies nach, daß nicht die relative Atommasse, sondern die Kernladungszahl das Ordnungsprinzip im Periodensystem der Elemente darstellt. Er bestätigte so das Bohrsche Atommodell.

Moshaiski, Alexander Fjodorowitsch, 1825 bis 1890, russischer Marineoffizier und Techniker, untersuchte seit der Mitte des 19. Jahrhunderts Probleme des Fliegens, führte 1876 ein Motorflugmodell mit Uhrwerksantrieb vor. M. sah als Antriebsquelle für Flugzeuge die Dampfmaschine und den Verbrennungsmotor vor. Seine Pläne enthielten wesentliche Bestandteile späterer Flugzeuge, wie Rumpf, Tragflächen, Triebwerk, Fahrgestell und Leitwerk. M. fand jedoch im zaristischen Rußland keine Unterstützung für seine Pläne (Flugzeug ↑).

Mößbauer, Rudolf, geb. 1929, deutscher Physiker, lebt in der BRD. M. entdeckte 1958 den nach ihm benannten Effekt, der nicht nur für die Atomphysik, sondern auch für die Astrophysik und für die Erzeugung von Höchstfrequenzen wichtig wurde. 1961 wurde M. mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet.

Müller, Otto, 1828 bis 1897, deutscher Techniker, Lehrling in einer Maschinenfabrik in Buckau, erlernte nebenbei technisches Zeichnen und erweiterte seine technischen Kenntnisse. Später war M. in der gleichen Firma als Konstrukteur tätig. Er trat in eine Prager Maschinenfabrik ein, übersiedelte 1866 nach Budapest, um die erste ungarische Maschinenfabrik zu leiten. M. machte sich bes. um die Einführung der Verbunddampfmaschine verdient.

Murdock, William, 1754 bis 1839, englischer Techniker, trat mit 12 Jahren in die Maschinenfabrik von *M. Boulton* ↑ und *J. Watt* ↑ ein und entwickelte sich zu einem erfolgreichen Techniker, Konstrukteur und Erfinder. Bereits in den achtziger Jahren arbeitete er an der Verwirklichung des Gedankens einer Lokomotive ↑ und eines Dampfwagens ↑, gab diese Pläne jedoch auf Grund des Einspruchs von *Watt* und *Boulton* auf. 1785 erfand er die Dampfmaschine mit oszillierendem Zylinder.

Seit Beginn der neunziger Jahre interessierte sich M. für die Gasbeleuchtung ↑. Bereits 1794 schlug er *Boulton* und *Watt* vor, ein Patent auf die Beleuchtung mit Steinkohlengas zu nehmen. Dies unterblieb jedoch zunächst, doch wurde die Gasbeleuchtung schon vorher in der Boulton-Wattschen Maschinenfabrik eingeführt.

M. erfand außerdem ein Gesteinsbohrverfahren, schlug eine pneumatische Eisenbahn nach dem Rohrpostsystem vor und konstruierte verschiedene Werkzeugmaschinen.

Murgue, Daniel, 1840 bis 1918, französischer Ingenieur. M., der als Grubendirektor tätig war, erwarb sich bes. um die Verbesserung der Wetterführung Verdienste. Er entwickelte ein Anemometer, mit dessen Hilfe er die Strömungsgeschwindigkeit in Stollen untersuchte.

Auch mit der Untersuchung der Wetterführung in der Pariser Untergrundbahn wurde er betraut.

Musschenbroek, Pieter van, 1692 bis 1761, niederländischer Physiker, studierte in Leiden Medizin, Physik und Mathematik, später Hochschullehrer in Utrecht und Leiden. Er experimentierte auf dem Gebiet der Optik, des Magnetismus und der Elektrizitätslehre. Bei Versuchen, Elektrizität in einem wassergefüllten Gefäß zu speichern, erhielt sein Assistent *Cunaeus* einen heftigen Schlag. M. wiederholte das Experiment, gab es 1745 bekannt und entwickelte daraus die Leidener Flasche (Kondensator ↑).

N

Nasmyth, James, 1808 bis 1890, englischer Maschinenbauer, beschäftigte sich seit seiner Jugend mit technischen Problemen, entwarf und konstruierte zahlreiche Dampfmaschinenmodelle. Er wurde mit 20 Jahren Mitarbeiter *H. Maudslays* ↑, nach dessen Tode er sich selbständig machte.

In seiner Maschinenfabrik in Manchester baute er Werkzeugmaschinen, Kessel, Dampfmaschinen ↑. 1838 entwarf N. einen Dampfhammer ↑ mit einstellbarer Fallhöhe, der 1842 patentiert wurde. Er war den herkömmlichen Fallhämmern in seiner Leistung um ein Vielfaches überlegen. N. erfand außerdem die Dampframme (1843), ein Umkehrwalzwerk (1833) sowie eine biegsame Welle aus verdrilltem Stahldraht. Nebenbei beschäftigte er sich mit Astronomie und gab ein damals viel beachtetes Buch über den Mond heraus.

Natterer, Johann August, 1821 bis 1901, österreichischer Arzt und Naturforscher, befaßte sich vor allem mit dem Verhalten von Gasen bei hohem Druck und tiefen Temperaturen. N. verflüssigte verschiedene Gase, darunter Stickstoff und Kohlendioxid, konstruierte »Natterers Apparat« zur Kondensation von Kohlendioxid.

Navier, Claude Louis Marie Henri, 1785 bis 1836, französischer Mathematiker und Ingenieur, erhielt seine Ausbildung an der Pariser École Polytechnique und wurde Ingenieur für Straßen- und Brückenbau. Neben seiner beruflichen Tätigkeit beschäftigte sich N. mit den Grundlagen der Elastizitäts- und Festigkeitslehre. In mehreren Arbeiten untersuchte er das Verhalten belasteter Träger, wandte den Begriff der neutralen Faser an und entwickelte Knickformeln. Er betrachtete elastische Körper als aus kleinsten Teilchen zusammengesetzt, untersuchte das Verhalten von Ketten für Brückenbauten und Gewölbe. Auch mit Fragen der Hydrodynamik befaßte er sich.

Nebel, Rudolf, geb. 1894, deutscher Techniker, war zunächst Flugzeugkonstrukteur, wandte sich in den 20er Jahren der Raketentechnik zu, entwickelte Flüssigkeitsraketentriebwerke, die er erfolgreich erprobte. Während der Zeit des Faschismus wurden ihm alle weiteren Experimente untersagt.

Nekrassow, Alexander Iwanowitsch, 1883 bis 1957, sowjetischer Physiker, Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Staatspreisträger. Hauptarbeitsgebiete von N. waren die Aero- und Hydrodynamik. Er unternahm richtungweisende Untersuchungen im Bereich der Luftfahrtforschung und zählte zu den Begründern des »Zentralen Aero- und Hydrodynamischen Instituts«, an dem er auch leitend tätig war.

Nernst, Walther Hermann, 1864 bis 1941, deutscher Chemiker, Professor für physikalische Chemie an den Universitäten Göttingen und Berlin. N. arbeitete auf dem Gebiet der elektro- und thermochemischen Erscheinungen (Nernstsche Gleichung), entdeckte einen thermomagnetischen Effekt, entwickelte wichtige physikalische Meßmethoden, ist einer der Begründer der physikalischen Chemie.

1897 erfand er die Nernstlampe. 1906 formulierte er das Nernstsche Wärmetheorem (3. Hauptsatz der Wärmetheorie). 1920 erhielt er den Nobelpreis für Chemie.

Nervi, Pier Luigi, 1891 bis 1979, italienischer Ingenieur, studierte bis 1913 in Bologna Bauingenieurwesen, lehrt seit 1946 an der Architekturfakultät der Universität Rom Technologie und Konstruktionstechnik. N.s hauptsächliches Baumaterial war Stahlbeton. Er untersuchte Dächer aus sich kreuzenden Trägerscharen und kam dabei zu immer neuen Lösungsvarianten. Er versuchte, durch die Formgebung die Widerstandsfähigkeit der Konstruktion zu erhöhen, und betrachtete künstlerische und technische Konzeption einer Form als Einheit.

Mitte der 50er Jahre erfand er den Armozement ↑ (Ferrozement), den er ursprünglich als verlorene Schalung für Stahlbetonkonstruktionen einsetzte, später aber als selbständige Konstruktionselemente weiterentwickelte.

Neßler, Julius, 1827 bis 1905, deutscher Chemiker, in Kehl geboren, zunächst Apothekerlehre, danach Studium der Chemie in Strasbourg, Freiburg und Heidelberg. Nach dreijähriger Tätigkeit in einer chemischen Fabrik richtete er 1859 die agrikulturchemische Versuchsstation in Karlsruhe ein. N. arbeitete vor allem über Weinanbau und Weinbehandlung. Er entdeckte »Neßlers Reagens«, ein empfindliches Nachweismittel für Ammoniak.

Neumann, Franz Ernst, 1798 bis 1895, deutscher Physiker und Mineraloge, Hochschullehrer in Königsberg. N. war einer der Begründer der theoretischen Physik in Deutschland, arbeitete über Kristallphysik, Optik und Wärmelehre sowie über Potentialtheorie der Elektrizitätslehre.

Newcomen, Thomas, 1663 bis 1729, englischer Techniker. Er war ursprünglich Schmied und Eisenwarenhändler. N. befaßte sich etwa zur gleichen Zeit wie *Th. Savery* ↑ mit Projekten zur Dampfmaschine ↑ und kannte auch dessen Versuche. Um 1710 erfand er die atmosphärische Kolbendampfmaschine mit Einspritzkondensation. N.s Dampfmaschine erlangte trotz zahlreicher Mängel (geringe Arbeitsgeschwindigkeit, niedriger Wirkungsgrad) Verbreitung in England.

Newton, Isaac, 1643 bis 1727, englischer Mathematiker, Physiker und Astronom, studierte in Cambridge, wo er von 1669 bis 1701 als Professor der Mathematik tätig war. Er wurde 1671 Mitglied und 1703 Präsident der Royal Society. N.s Arbeiten waren für die Entwicklung der Mathematik, bes. aber für die der Physik und der Astronomie bedeutend.

Ausgehend vom binomischen Lehrsatz, den er verallgemeinerte, entwickelte er in seiner »Fluxionslehre« Grundlagen der Differential- und Integralrechnung (sie wurde um die gleiche Zeit und unabhängig von N. durch *G. W. Leibniz* ↑ in der uns geläufigen Schreibweise ausgearbeitet).

Seit 1666 arbeitete N. über das Licht, das er sich als einen Strom schnell fliegender Teilchen vorstellte. Er zerlegte es mit Hilfe von Prismen, vereinigte es wieder und zeigte so, daß weißes Licht aus den Spektralfarben zusammengesetzt ist. 1668 konstruierte er das Spiegelteleskop.

1682 leitete er das Gravitationsgesetz aus den Keplerschen Gesetzen ab. 1687 stellte er in seinem Hauptwerk »Philosophiae naturalis principia mathematica« die Newtonschen Axiome auf und formulierte daraus mit den Keplerschen Gesetzen das Gravitationsgesetz. Er schuf damit auf der Basis eines absoluten Raumes und absoluter Zeit die Grundlage der klassischen Physik, die bis zur Entwicklung der Quanten- und Relativitätstheorie unbeschränkt galt.

Nicholsons, William, 1754 bis 1815, englischer Gelehrter, befaßte sich vor allem mit Untersuchungen auf dem Gebiet der Elektrizität. 1800 beobachtete er zusammen mit *A. Carlisle* ↑ die Zersetzung des Wassers durch elektrischen Strom. Auch erfand er ein Aräometer ↑ (1787) und konstruierte eine Druckpresse.

Nicol, William, 1768 bis 1851, englischer Physiker. Er erfand das nach ihm benannte Kalkspatprisma (1828), das für die Erzeugung und Untersuchung polarisierten Lichts benötigt wird.

Niepce, Claude-Félix-Abel, 1805 bis 1870, französischer Fototechniker, Neffe von *Nicéphore N.* ↑. Er arbeitete weiter am Verfahren seines Onkels. 1847 gelang es ihm, dauerhafte fotografische Negative auf gläsernen Platten zu erhalten. Damit war eines der wichtigsten Probleme der Fotografie ↑ gelöst.

Niepce, Joseph-Nicéphore, 1765 bis 1833, französischer Fototechniker. Seit 1801 arbeitete er mit seinem Bruder *Claude N.* an verschiedenen Erfindungen. Hierbei interessierten ihn bes. lichtempfindliche Stoffe und die Möglichkeit, mit ihrer Hilfe Gegenstände abzubilden. Er verwendete für diesen Zweck die Camera obscura ↑. 1822 erzeugte er auf einer bes. präparierten Asphaltschicht das erste dauerhafte Lichtbild. 1829 schloß er einen auf 10 Jahre befristeten Vertrag mit *L. J. M. Daguerre* ↑. Bes. durch diesen wurde der Prozeß so verbessert, daß die Belichtungszeit von Stunden auf Minuten verkürzt werden konnte (Fotografie ↑).

Nikolajew, Andrijan Grigorjewitsch, geb. 1929, sowjetischer Kosmonaut, studierte zunächst Medizin, wechselte später in das Forst-

wesen über. Von 1950 bis 1960 war er bei den Luftstreitkräften der Sowjetarmee.

N. war am ersten kosmischen Gruppenflug (11. bis 15. 8. 62), der Raumschiffe »Wostok 3« (mit N.) und »Wostok 4« (mit *P. R. Popowitsch* ↑) beteiligt.

N. ist mit der Kosmonautin *W. Tereschkowa* ↑ verheiratet.

Nipkow, Paul, 1860 bis 1940, deutscher Ingenieur. Er verwirklichte als erster den Gedanken der zeilenweisen Bildabtastung für das Fernsehen ↑ und erhielt seine »Nipkowscheibe« im Januar 1884 patentiert. N. erkannte Möglichkeiten, Sender und Empfänger zu synchronisieren, und erwarb darauf mehrere Patente. Nahezu alle späteren Fernsehversuche gingen von der Nipkowscheibe aus. Sie wurde durch das elektronische Fernsehen abgelöst. Der erste deutsche Fernsehsender trug den Namen »Paul Nipkow«.

Nobel, Alfred, 1833 bis 1896, schwedischer Chemiker und Unternehmer. N. wandte sich, wie sein Vater, vor allem der Weiterentwicklung der Sprengstoffe zu. 1863 führte er das Nobelsche Sprengöl ein. 1864 entdeckte er die Initialzündung mit Hilfe von Zündhütchen und Knallquecksilber. Er gründete Sprengstofffabriken, in denen sich immer wieder schwere Unfälle ereigneten. 1867 ließ N. das gefährliche flüssige Glyceroltrinitrat durch Kieselgur aufsaugen; damit war das Dynamit erfunden. Später entwickelte N. die Sprenggelatine, die einer der wichtigsten Sprengstoffe wurde.

N., der durch seine Erfindungen ein großes Vermögen erworben hatte, erkannte nicht nur ihren Nutzen, sondern auch ihre Gefahren. Er legte testamentarisch fest, daß die Zinsen seines Vermögens jährlich als Preise für die bedeutendsten wissenschaftlichen Leistungen auf den Gebieten der Physik, Chemie, Medizin, Literatur und für Bemühungen um den Frieden vergeben werden sollen.

Nollet, Jean Antoine, 1700 und 1770, französischer Geistlicher und Naturforscher. Er zeigte überraschende Experimente mit Leidener Flaschen, versuchte, die Elektrisiermaschine ↑ zu verbessern, und verwendete das Elektroskop für elektrische Messungen. Er entdeckte 1748 die Osmose, untersuchte das Verdampfen und Gefrieren, die Schallausbreitung in Flüssigkeiten und gab eine Maschine zum Schleifen von Linsen an.

Nordenfelt, Torsten Wilhelm, 1842 bis 1920, schwedischer Techniker, ließ sich 1866 in London als Kaufmann nieder und war an zahlreichen Unternehmen beteiligt, in denen er seine technischen Kenntnisse verwertete. Er richtete Zellstoffabriken ein und betätigte sich bes. in der Rüstungsindustrie.

O

Oberth, Hermann Julius, geb. 1894, in Rumänien geborener Raumfahrtpionier. O. studierte Medizin, beschäftigte sich seit etwa 1910 mit Fragen der Raketentechnik und Raumfahrt ↑. Im ersten Weltkrieg schlug er eine Raketenfernwaffe vor, fand jedoch keine Unterstützung. Während des Mathematik- und Physikstudiums nach 1918 verfolgte er den Raumfahrtgedanken weiter. 1923 veröffentlichte er sein Buch »Die Rakete zu den Planetenräumen«, 1929 sein Hauptwerk »Wege zur Raumschiffahrt«. Beide Werke zählen zu den klassischen Schriften über die Raumschiffahrt.

1930 führte O. ein von ihm entwickeltes Versuchstriebwerk vor. Während der Zeit des Faschismus nahm er Verbindung mit Rüstungsdienststellen auf. Er arbeitete im Auftrag der Technischen Hochschulen Dresden und Wien und war bis 1943 in Peenemünde tätig. Anschließend befaßte er sich mit der Entwicklung von Luftabwehrraketen. Nach 1945 war O. zunächst in Italien und in den USA in der Rüstungsindustrie tätig. Später kehrte er in die BRD zurück.

Oechelhäuser, Wilhelm v., 1854 bis 1923, deutscher Ingenieur, war als Gasfachmann und als Direktor einer Gasgesellschaft tätig. Neben einem Gasdruckregler machte ihn vor allem die Erfindung des Oechelhäuser-Motors bekannt, einer Großgasmaschine, die es ermöglichte, Hochofengase unmittelbar zur Kraftgewinnung auszunutzen.

Oersted, Hans Christian, 1777 bis 1851, dänischer Physiker, studierte in Kopenhagen Medizin und Naturwissenschaften, promovierte 1799. Er wandte sich den Versuchen von *A. Volta* ↑ und *L. Galvani* ↑ zu. Ein mehrjähriger Deutschland- und Frankreichaufenthalt vermittelte ihm die Bekanntschaft hervorragender Gelehrter. 1806 wurde Oe. als Profes-

sor für Physik und Chemie an die Universität Kopenhagen berufen. Er schrieb mehrere Lehrbücher der Physik und Chemie.

Bereits 1802 hatte Oe. zusammen mit *J. W. Ritter* ↑ versucht, Wechselbeziehungen zwischen Elektrizität und Magnetismus zu finden. Dieser Gedanke führte 1820 zur Entdekkung des magnetischen Feldes des elektrischen Stroms. Diese Entdeckung bildete die Grundlage eines großen Teils der Elektrotechnik. Oe. regte die Gründung einer Polytechnischen Hochschule in Kopenhagen an und leitete diese bis zu seinem Tode.

Oeynhausen, Karl August Ludwig von, 1795 bis 1865, deutscher Techniker. O. arbeitete zunächst im Bergbau und studierte anschließend in Göttingen Mathematik und Naturwissenschaften. Danach war er im Bergbau und in der Bergbauverwaltung tätig, bemühte sich vor allem um die Verbesserung der Bohrgeräte und erfand u. a. die nach ihm benannte Rutschschere. O. trat für einen Rhein-Weser-Kanal und für bessere Bahnverbindungen innerhalb und zwischen Bergbau- und Industrierevieren ein.

Ohm, Georg Simon, 1787 bis 1854, deutscher Physiker, studierte ab 1805 in Erlangen, mußte das Studium wegen Geldmangel unterbrechen und nahm es 1811 wieder auf, promovierte, wurde Privatdozent, nahm später eine Stelle als Lehrer an. O.s besonderes Interesse galt der Elektrizitätslehre. Seine 1827 veröffentlichte Arbeit »Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet« enthält das später nach ihm benannte Grundgesetz der Elektrotechnik. 1833 wurde O. als Professor für Physik nach Würzburg berufen. Dort wandte er sich auch akustischen Untersuchungen zu und zeigte u. a. die Zerlegung eines Tons in Grund- und Obertöne mit Hilfe der Fourierschen Analyse. 1840 übersiedelte er als Professor für Physik und Mathematik nach München.

Oliphant, Marcus Laurence Elwin, geb. 1901, englischer Physiker. Sein Hauptarbeitsgebiet ist die Atomphysik. Er übersiedelte während des zweiten Weltkrieges nach den USA und arbeitete in Berkeley mit *E. O. Lawrence* ↑ zusammen. Auf seinen Anregungen und Arbeiten beruht das Synchro-Zyklotron (Beschleuniger ↑).

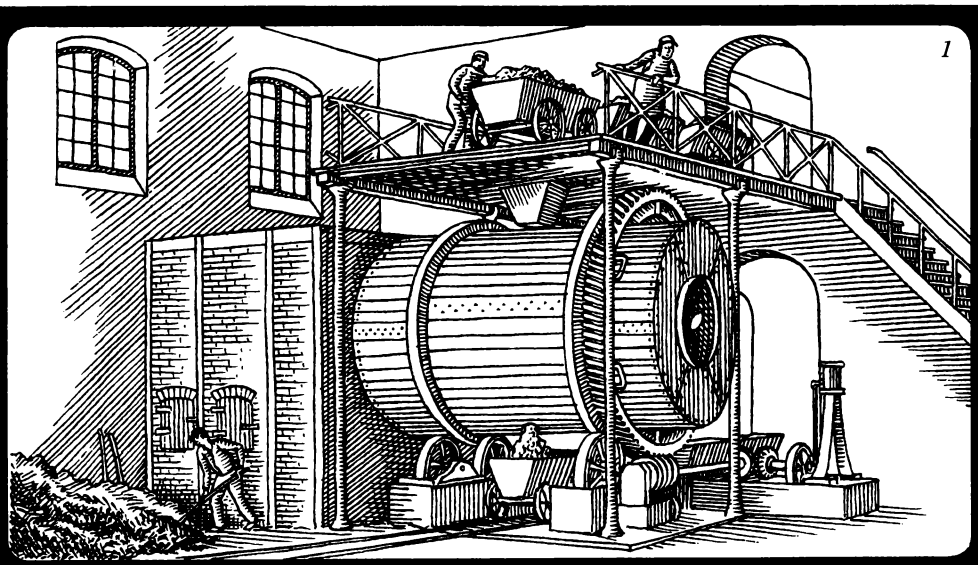
Oppenheimer, Robert, 1904 bis 1967, nordamerikanischer Physiker, arbeitete vor allem über Quantentheorie. Er wurde 1943 als Leiter der Atombombenherstellung in Los Alamos verpflichtet und war seit 1947 an der Universität Princeton tätig.

Da O. eine Mitwirkung an der Entwicklung der Wasserstoffbombe ablehnte, wurde er »unamerikanischen Verhaltens« und der »Kommunistenfreundlichkeit« bezichtigt.

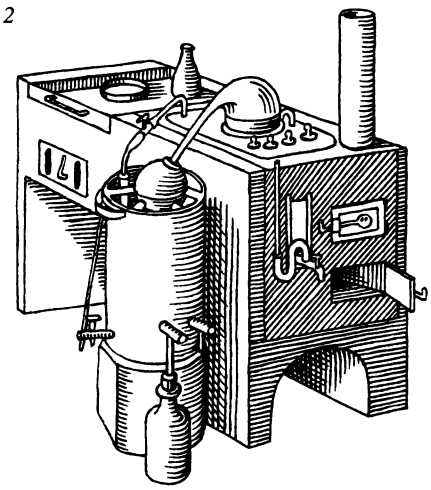
Ostwald, Wilhelm, 1853 bis 1932, deutscher Chemiker, Hochschullehrer in Riga und Leipzig, arbeitete über Ionentheorie, chemische Verwandtschaften, Elektrochemie und Theorie der Lösungen. O. beschäftigte sich mit dem Stickstoffproblem und mit Fragen der Erklärung der Katalyse, später mit den Grundlagen der Farbenlehre. Leistete umfangreiche Arbeiten auf dem Gebiet der Wissenschaftsorganisation, schrieb mehrere Lehrbücher, gründete 1887 die »Zeitschrift für physikalische Chemie«. 1909 erhielt er den Nobelpreis für Chemie.

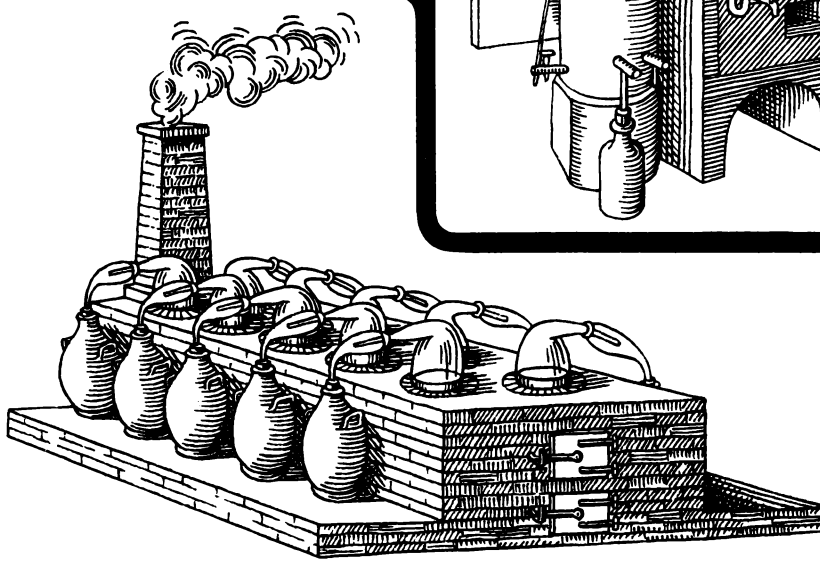
Otto, Nikolaus August, 1832 bis 1891, deutscher Ingenieur, war zunächst als Kaufmann tätig, wandte sich ab 1862 der Konstruktion von Gasmotoren zu. Er baute das Modell eines Viertaktmotors und versuchte sich an der Konstruktion atmosphärischer Gasmaschinen, wie sie ähnlich bereits von *J. J. E. Lenoir* ↑ hergestellt wurden. 1864 gründete er zusammen mit *E. Langen* ↑ die Firma N. A. Otto und Cie. In mehrjähriger Arbeit wurde die atmosphärische Gasmaschine wesentlich verbessert. Sie zeigte sich auf der Pariser Weltausstellung 1867 den Lenoirschen Maschinen entscheidend überlegen und erhielt eine Goldmedaille. Die Motoren wurden in der Folgezeit in größeren Stückzahlen produziert. 1872 erfolgte die Gründung der Gasmotorenfabrik Deutz AG, in die auch *G. Daimler* ↑ und *W. Maybach* ↑ eintraten. Versuche, den atmosphärischen Gasmotor weiter zu verbessern, führten nicht zum gewünschten Erfolg. O. kehrte daher zum Viertaktprinzip zurück und entwickelte Ende der siebziger Jahre den »Ottomotor«, der am 4. 8. 1877 patentiert wurde (Verbrennungsmotor ↑).

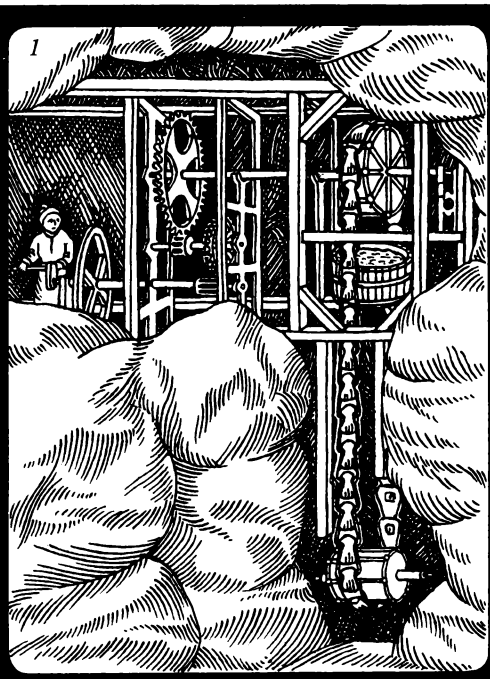
O.s Patente wurden von zahlreichen Konkurrenten angefochten und schließlich gelöscht. 1884 entwickelte er einen Benzinmotor mit magnetelektrischer Zündung.

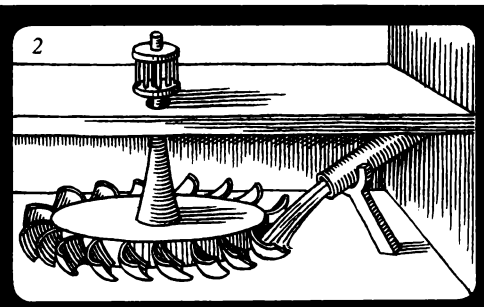


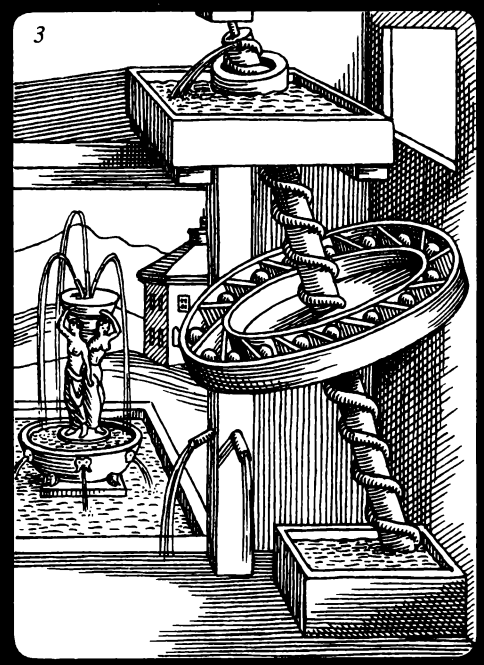
1 Sodaofen mit Brenntrommel
2 Dampfdestillierapparat (um 1830)
3 Konzentrieren der Schwefelsäure in gläsernen Retorten



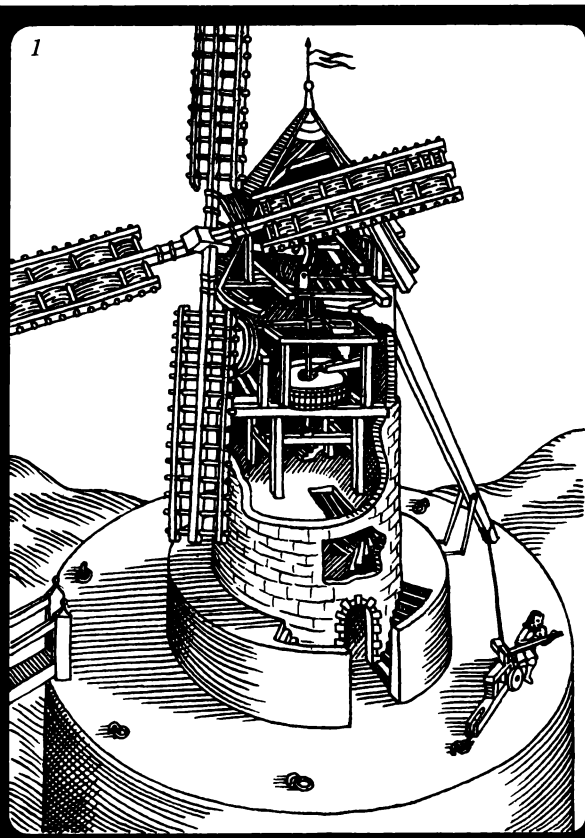


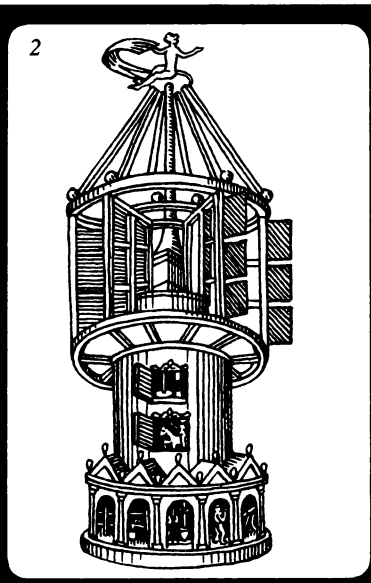




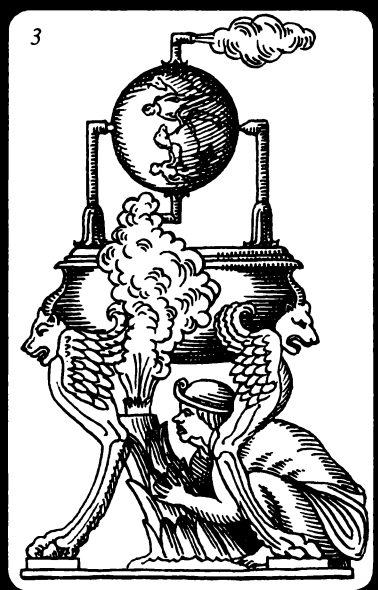


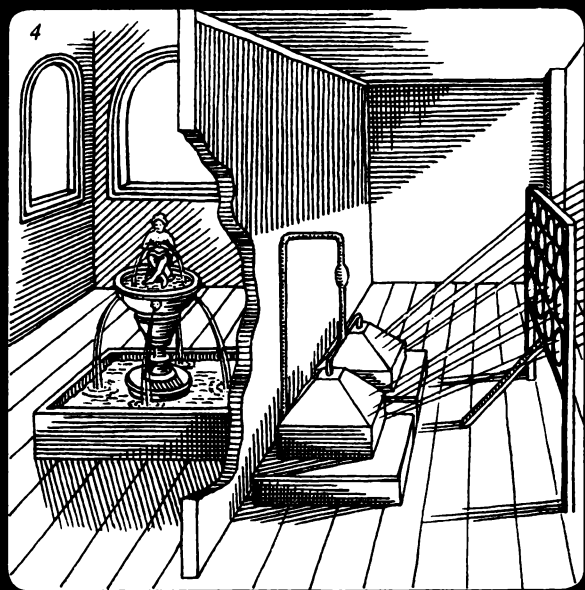
1 Wasserhebewerk mit Handantrieb
2 Vorläufer der Peltonturbine (16. Jh.)
3 Die „Wirbelkunst" – einer von zahlreichen Vorschlägen für das Perpetuum mobile
4 Antike Darstellung eines Schaduf



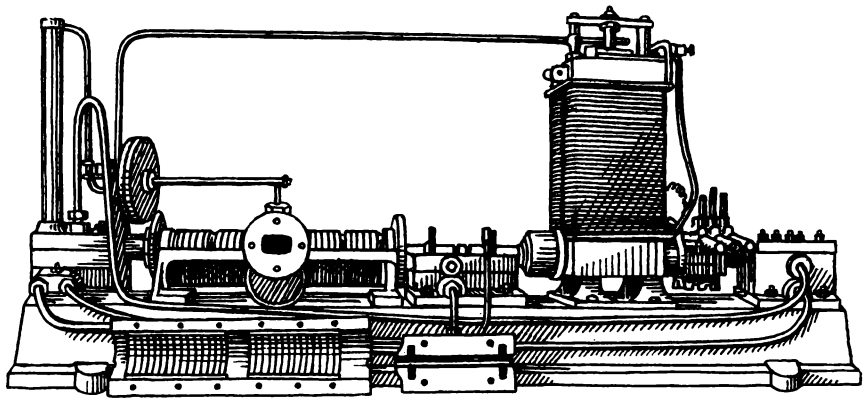


((Energiemaschinen 2))
1 Steinerne Turmwindmühle mit drehbarer Haube (1661)
2 Vorschlag einer Windturbine (um 1550)
3 Herons Aeolipile
4 Sonnenenergie treibt Springbrunnen (Vorschlag von de Caus, um 1600)



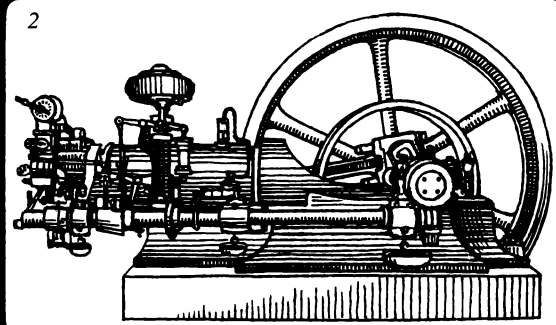


1

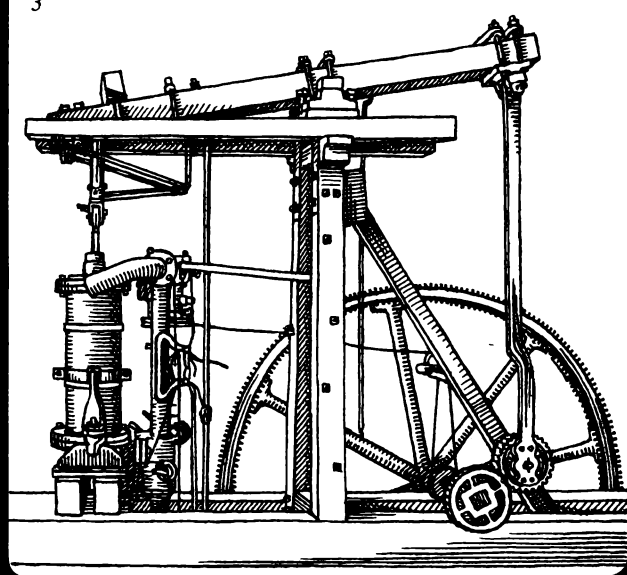


1 Turbogenerator von Parsons
2 Motor für Leuchtgas, Benzin und Spiritus
3 Watts Betriebsmaschine
4 Tretrad

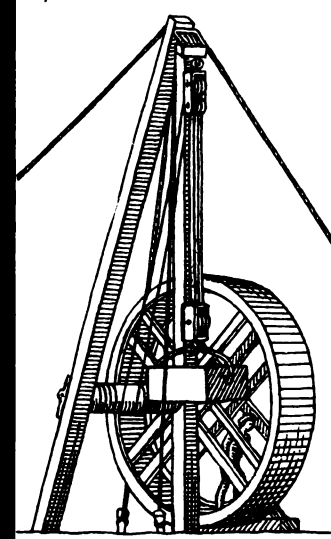
2

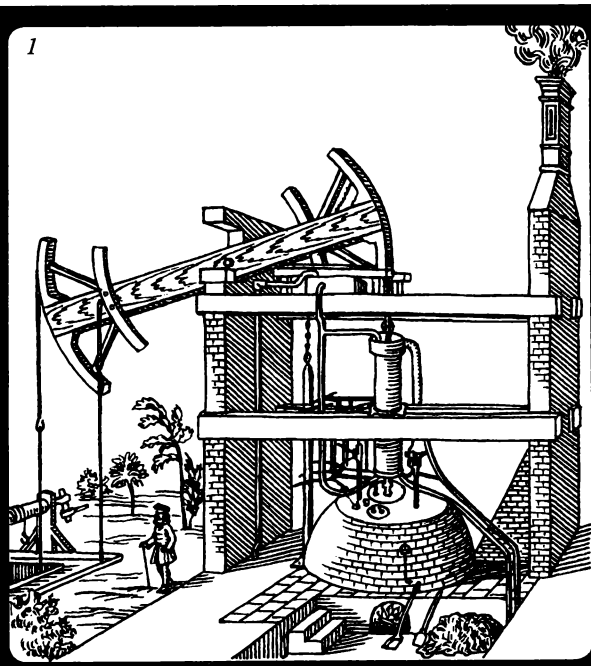


3

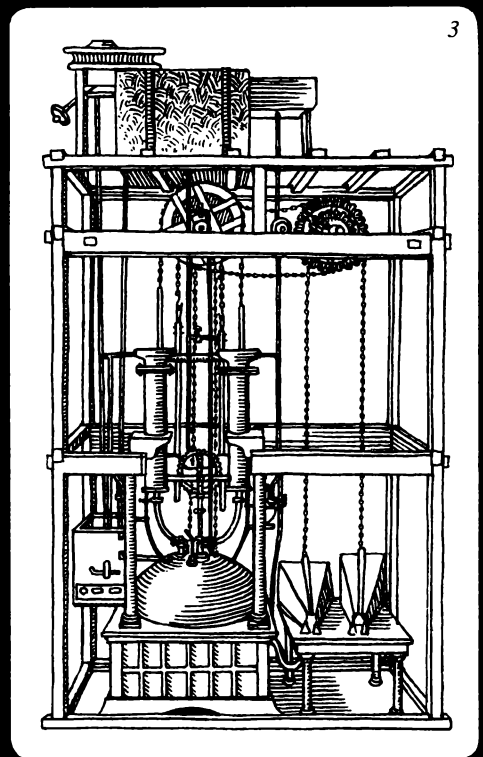


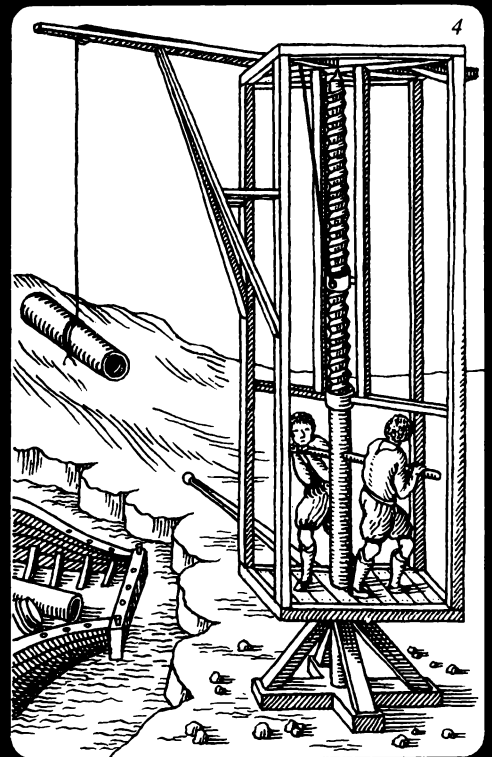
4

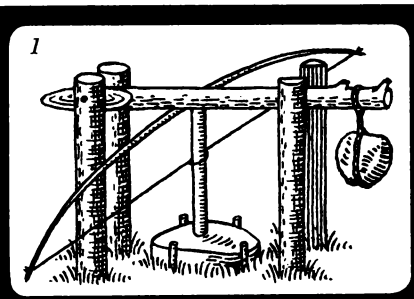


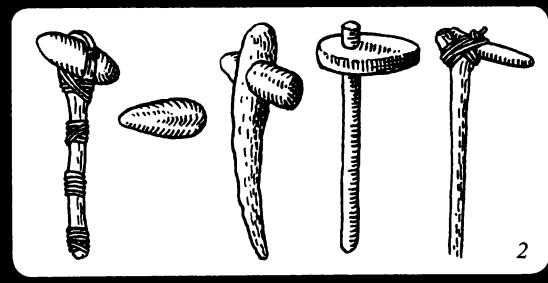


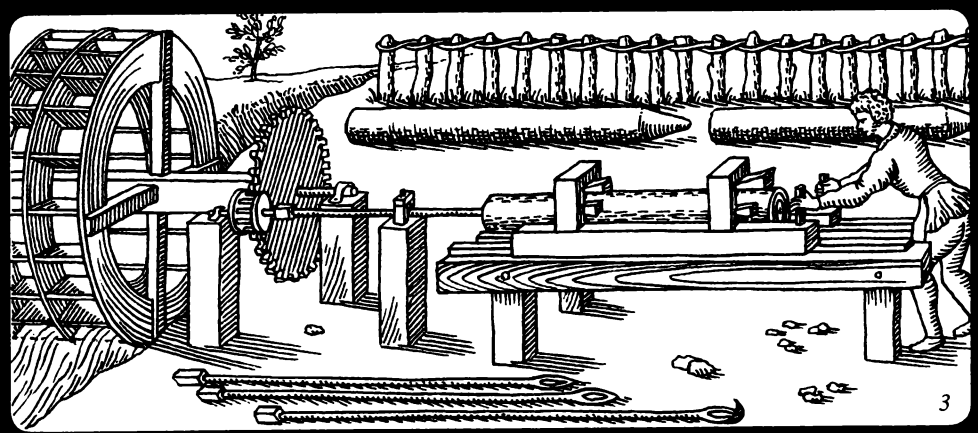
1 Atmosphärische Dampfmaschine von Newcomen
2 Brancas Dampfrad
3 Modell der Dampfmaschine Polsunows
4 Windenkran mit Schneckensäule (um 1630)

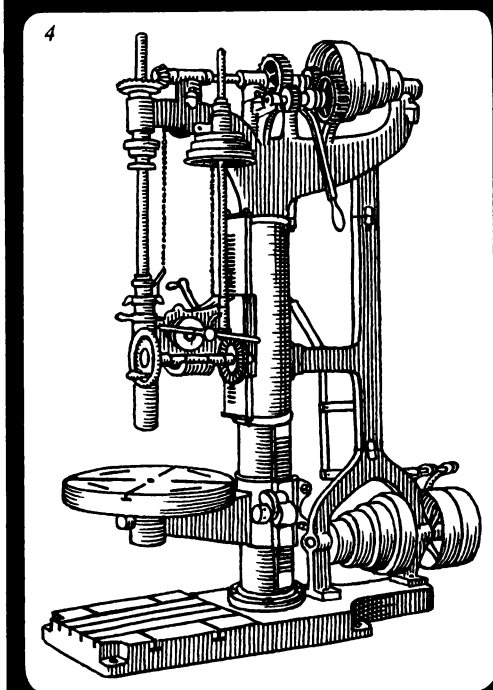




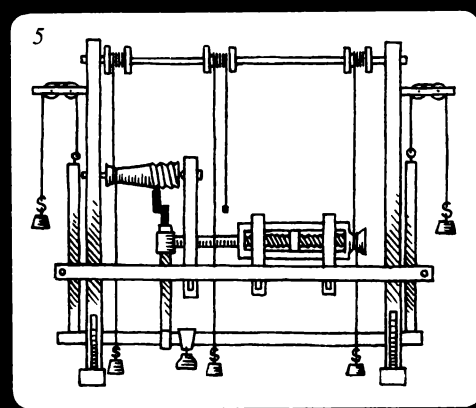


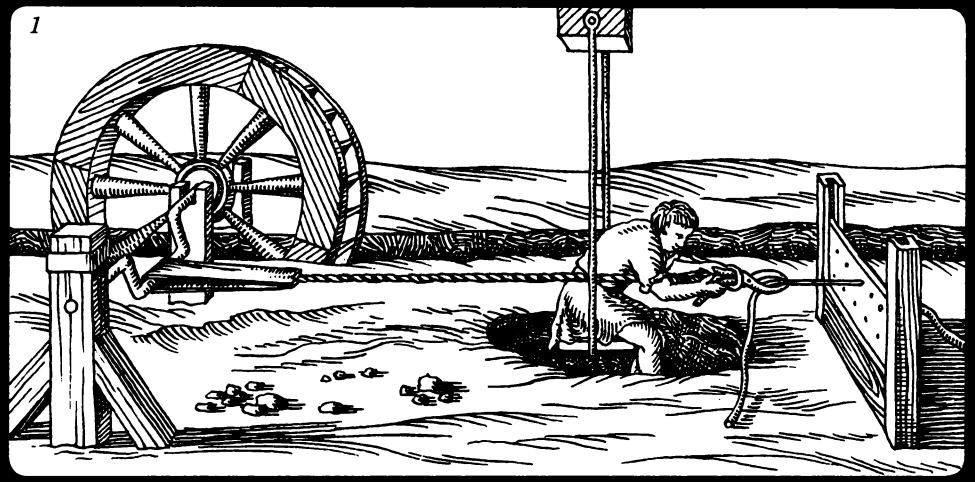


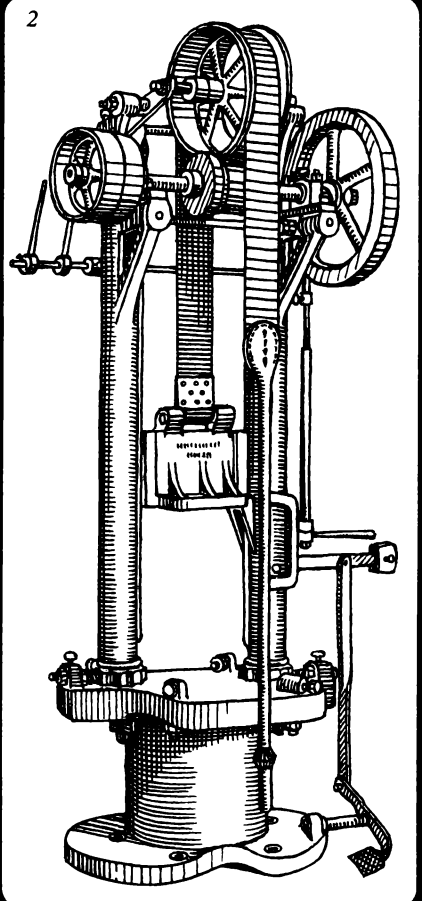




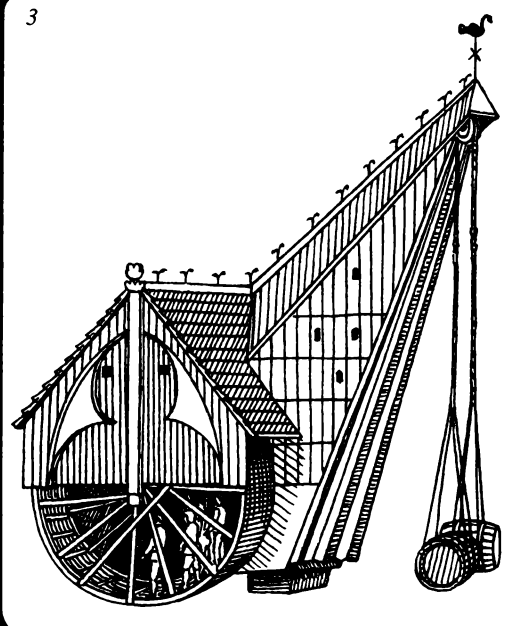
1 Bohrgerät (Rekonstruktion)
2 Steinbeile und Hacke
3 Bohrwerk für Baumstämme (um 1615)
4 Säulenbohrwerk für Transmissionsantrieb
5 Leitspindeldrehbank (16. Jh.)

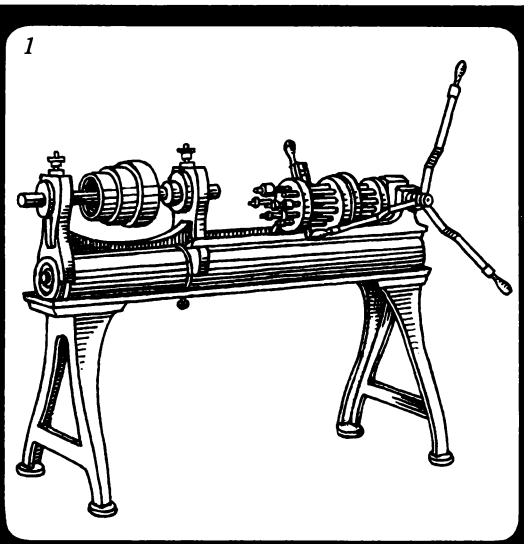


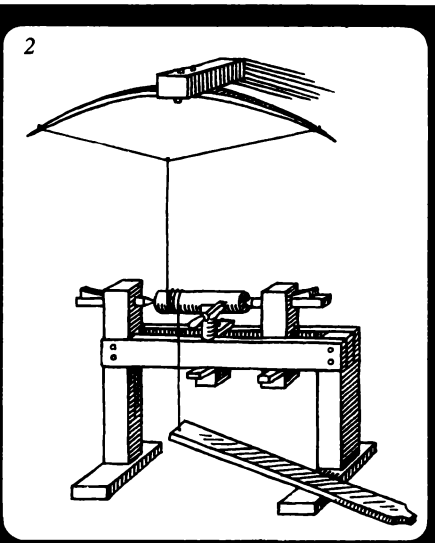




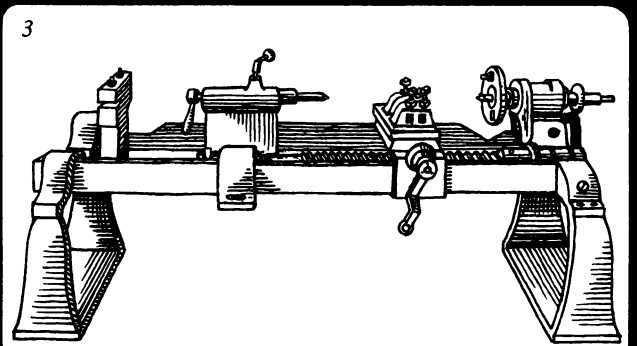
1 Drahtziehen mit Wasserrad als Energiequelle (um 1540)
2 Riemenfallhammer
3 Durch Laufrad betriebener Kran

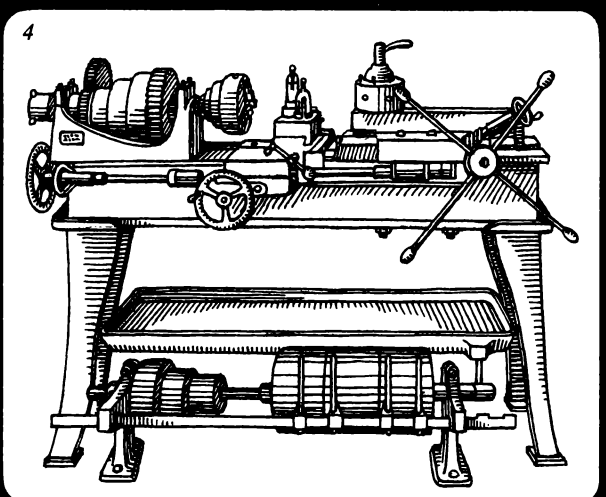


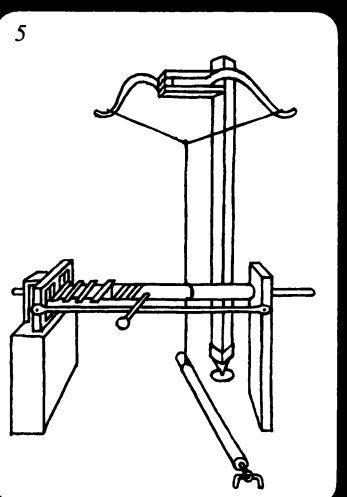


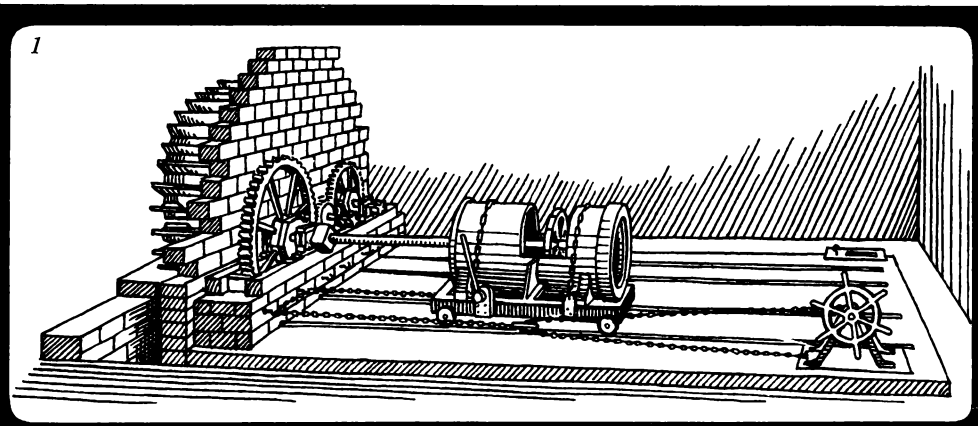


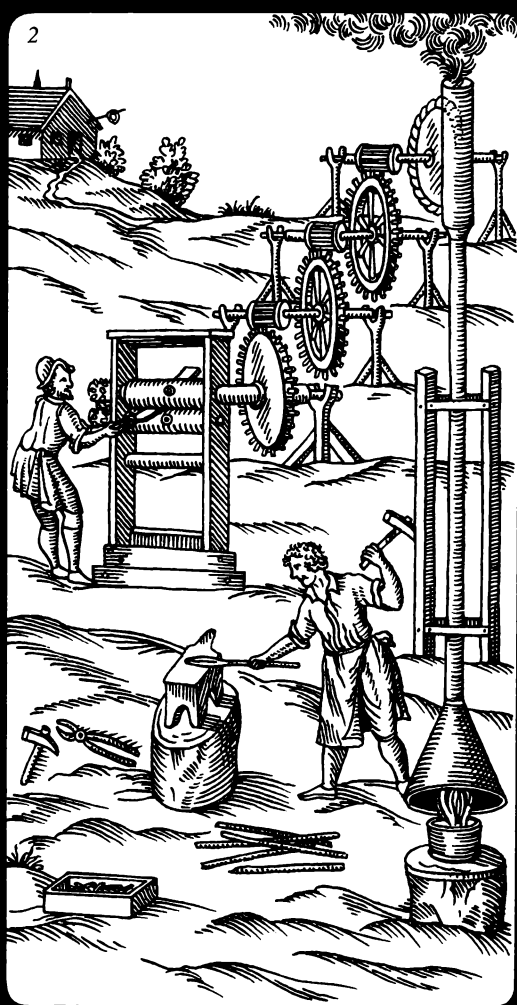
1 Revolverdrehbank (um 1850)
2 Wippdrehbank
3 Drehbank mit Support von Maudslay
4 Drehmaschine (Ende des 19. Jh.)
5 Patronendrehbank nach Leonardo da Vinci





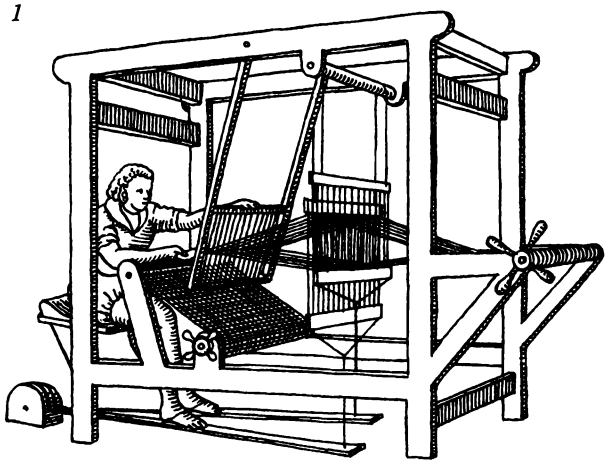




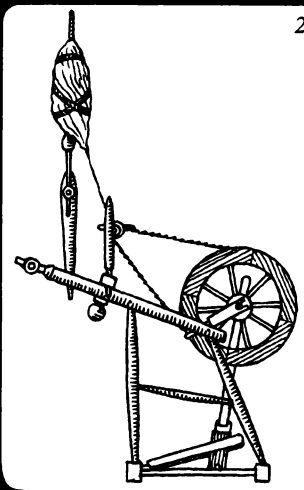


1 Drehbank nach Smeaton (um 1770)
2 Entwurf eines Münzwalzwerks mit Warmluftturbine (im Schornstein). Nach Branca, 1629
3 Schmiede auf einer altgriechischen Vase

1

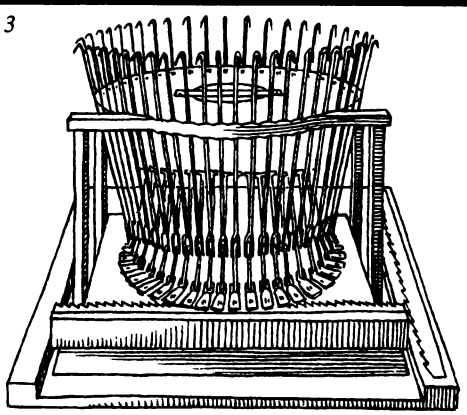


2

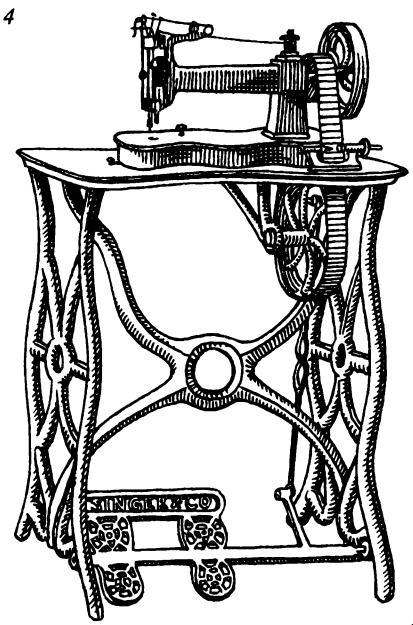


1 Handwebstuhl
2 Tretspinnrad
3 Ktyograph – ein Vorläufer der Schreibmaschine (1833)
4 Erste Singer-Haushaltsnähmaschine (1858)
5 Schreibmaschine (Ende 19. Jh.)

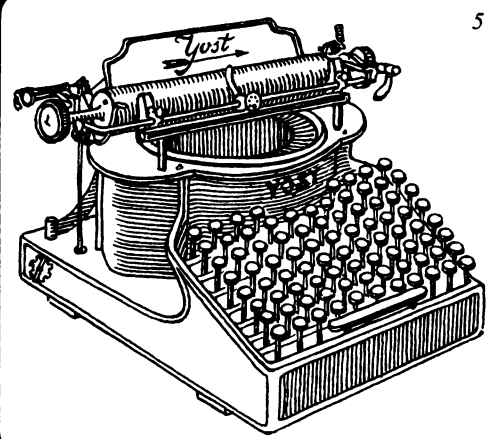
3

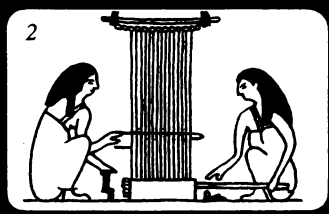


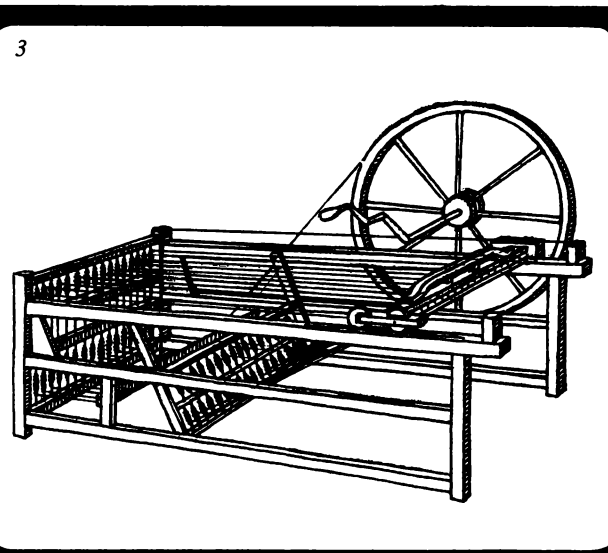
4

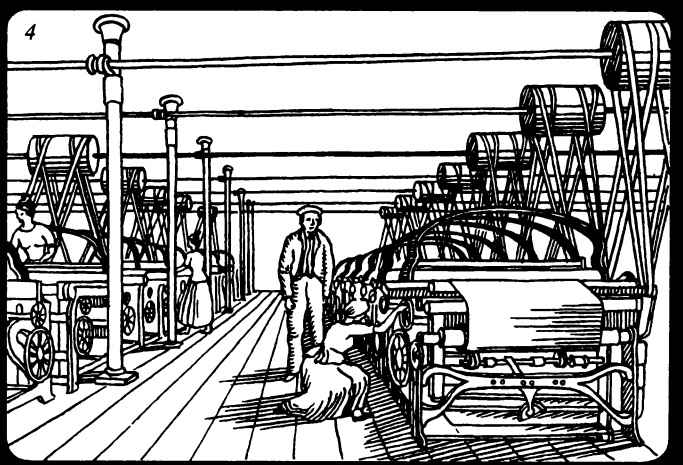


5

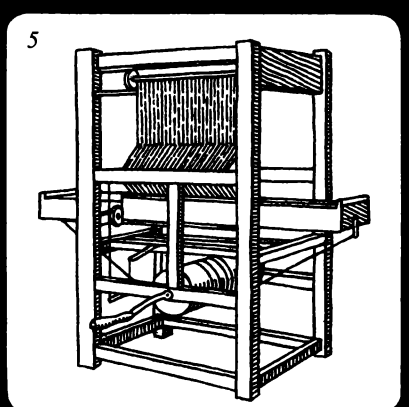


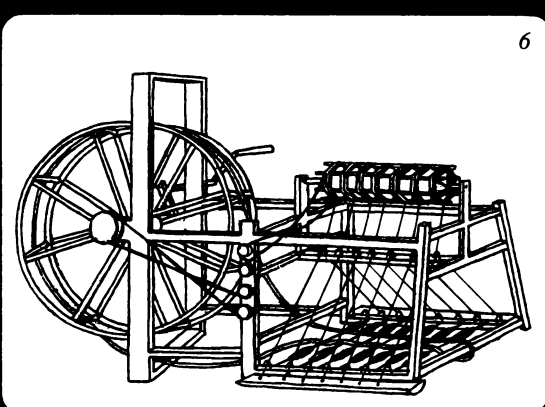


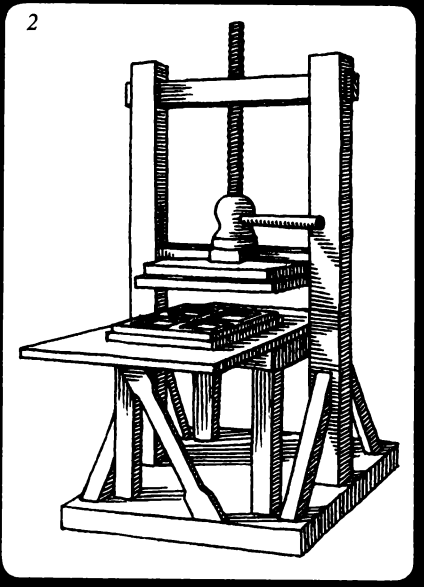




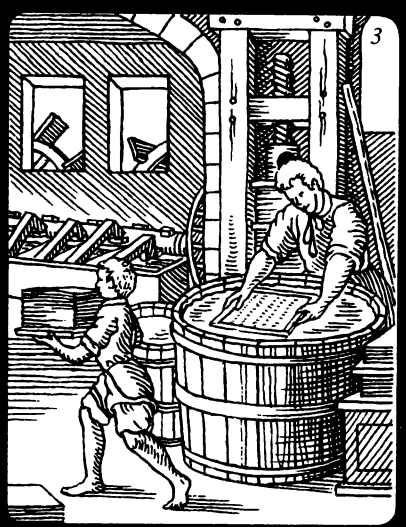
1 Römischer Schuster beim Zuschneiden
2 Altägyptische Weberinnen
3 Spinnmaschine „Jenny“
4 Weberei mit Dampfmaschinenantrieb
5 Erster mechanischer Webstuhl von Cartwright
6 Chinesischer Moulinierstuhl

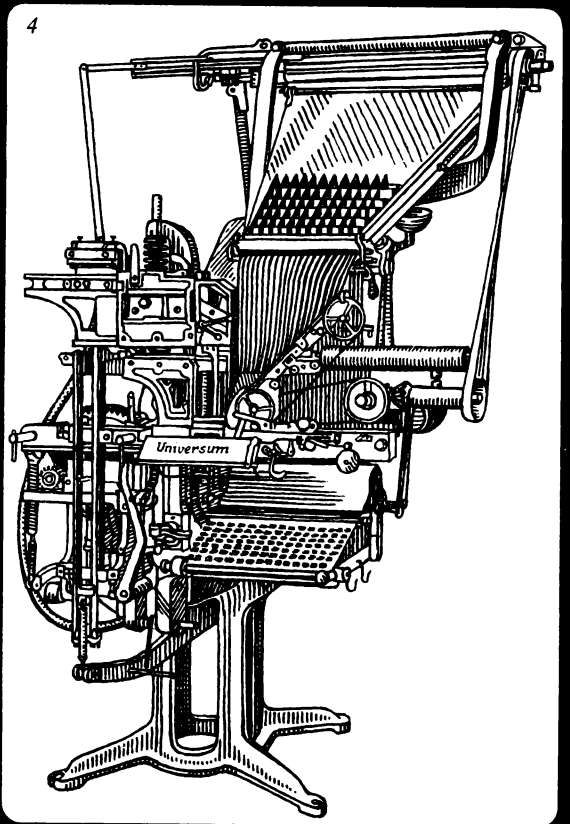


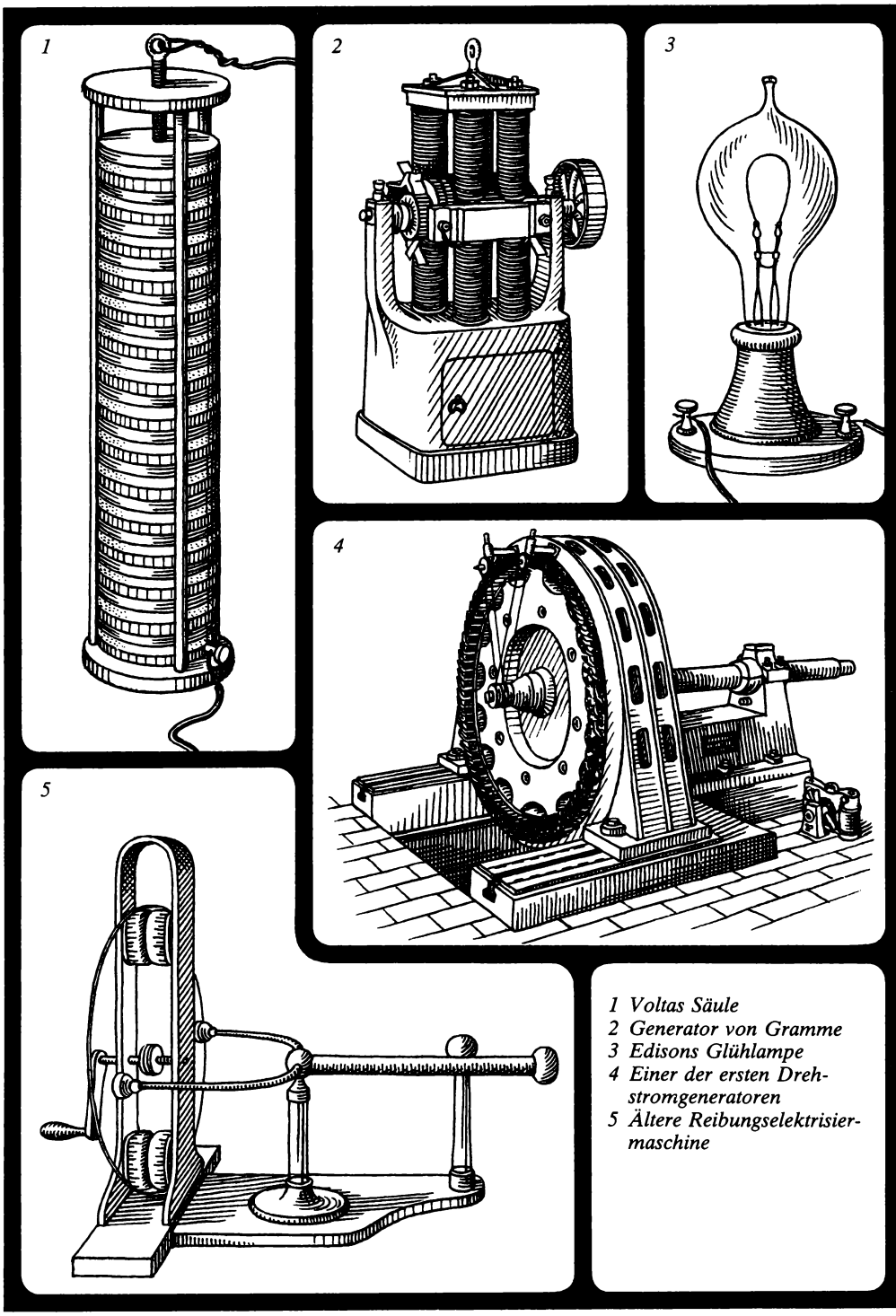




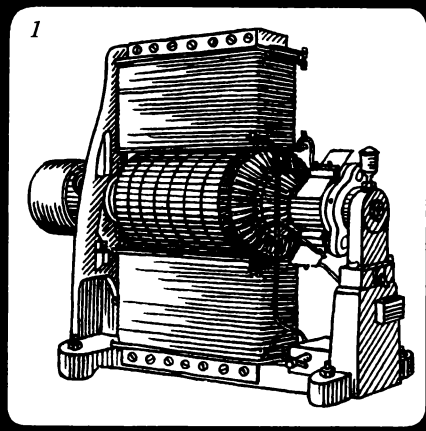
1 Altjapanische Papierfabrik
2 Gutenbergs erste Druckpresse
3 Papiermühle (um 1600)
4 Linotype (um 1890)

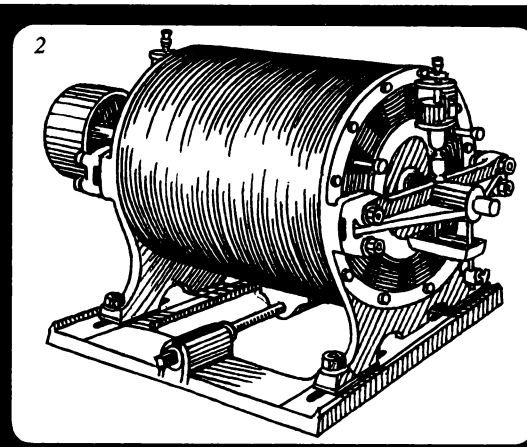


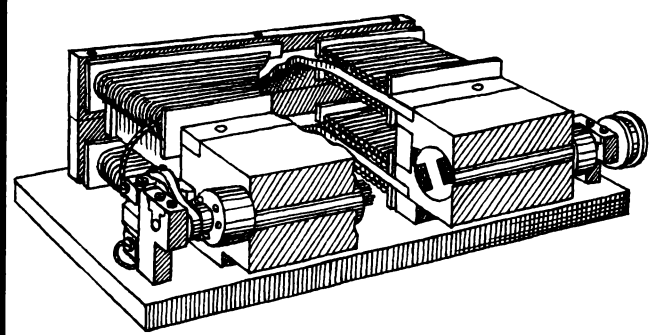




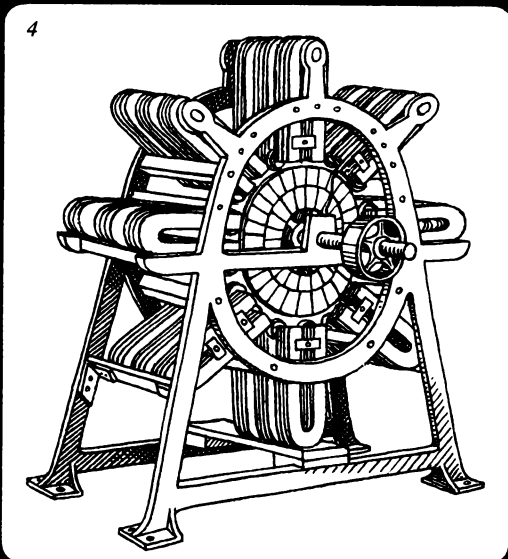
1 Voltas Säule
2 Generator von Gramme
3 Edisons Glühlampe
4 Einer der ersten Drehstromgeneratoren
5 Ältere Reibungselektrisiermaschine

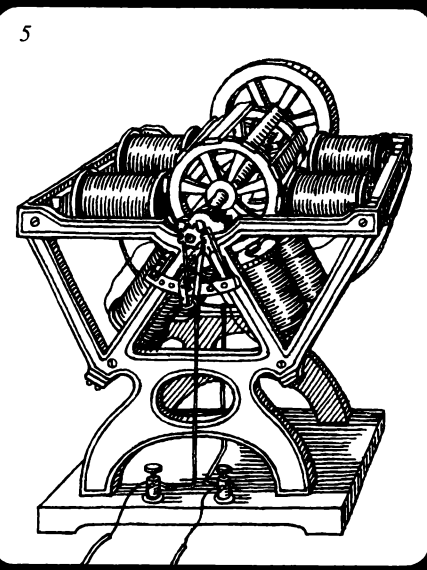


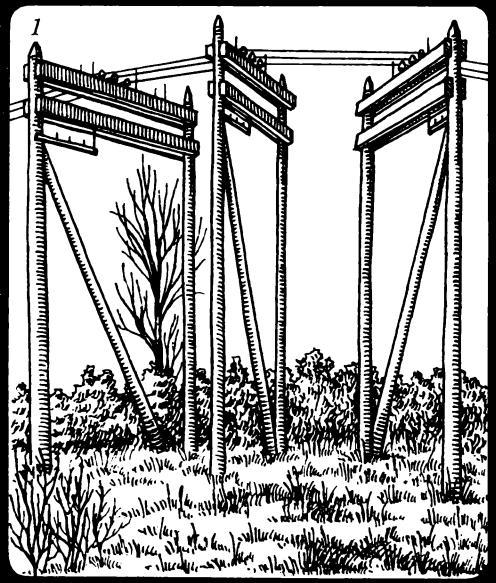


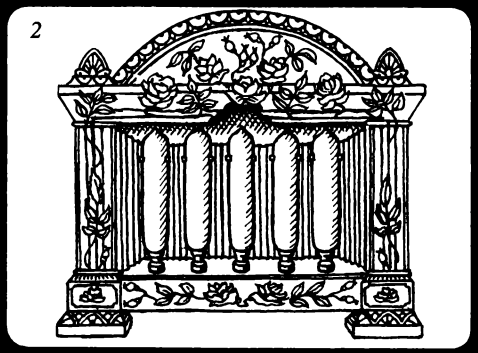


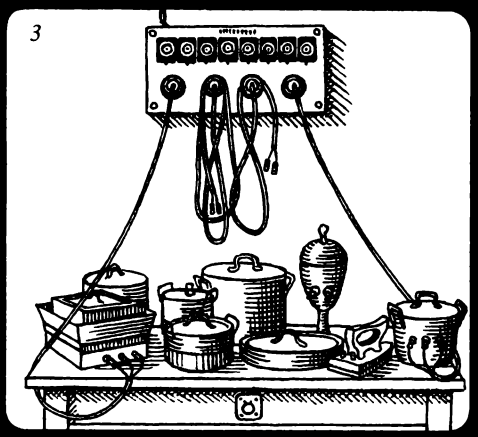
1 *Gleichstromgenerator mit Trommelanker*
2 *Wechselstrommotor von N. Tesla*
3 *Erste Dynamomaschine von W. v. Siemens*
4 *Generator mit Dauermagneten*
5 *Elektromotor von Froment*



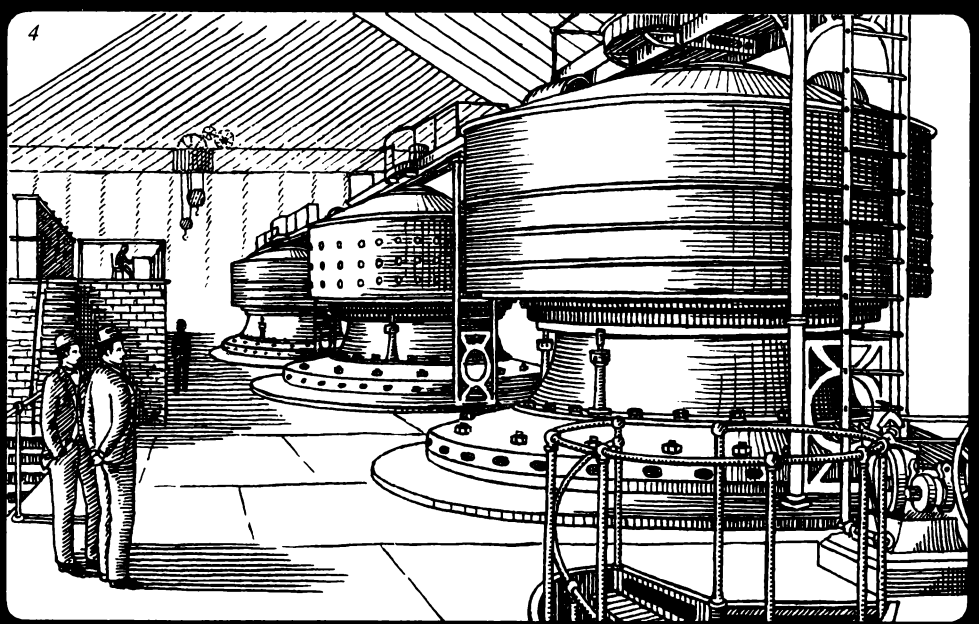




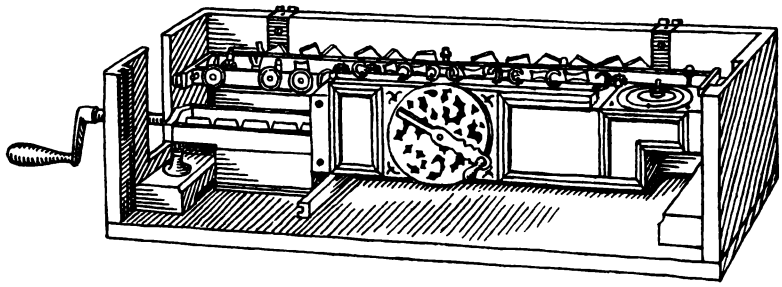




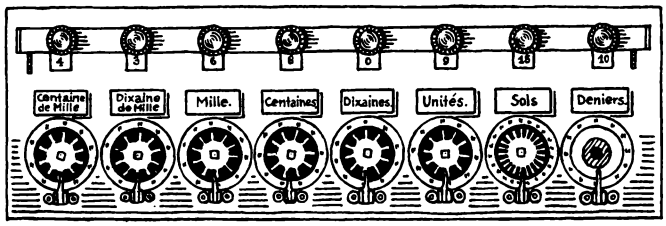
1 Hochspannungsleitung der Niagarakraftwerke (22 kV, Ende 19. Jh.)
2 Elektrischer Zimmerofen mit Glühlampen (1905)
3 Elektrische Küche (um 1900)
4 Maschinenhalle der Niagarakraftwerke (Ende 19. Jh.)



1

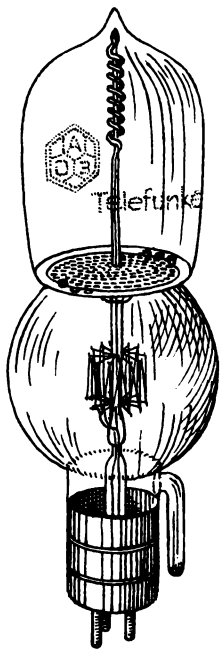


2

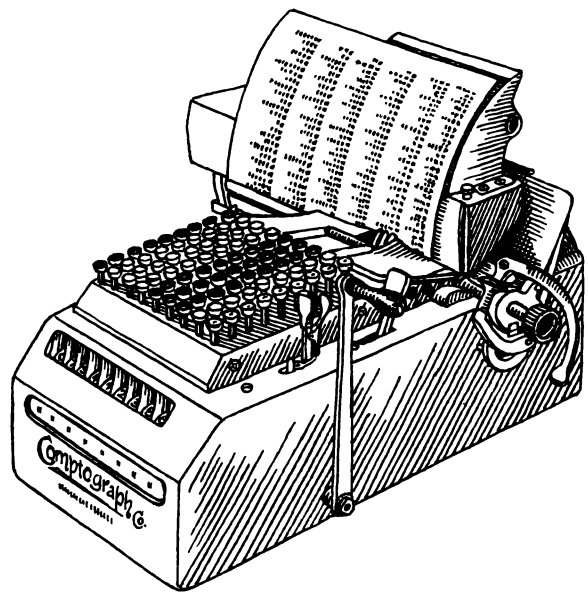


1 Rechenmaschine von Leibniz
2 Rechenmaschine Pascals
3 Die Liebenröhre – die erste Elektronenröhre
4 Eine der ersten druckenden Rechenmaschinen

3



4



P

Pacinotti, Antonio, 1841 bis 1912, italienischer Physiker, Hochschullehrer in Bologna, Cagliari und Pisa. Die Untersuchung der magnetelektrischen Maschinen führte ihn zur Erfindung des nach ihm benannten Ringankers für Gleichstrommaschinen. P. beschrieb ihn 1864; seine Erfindung konnte er jedoch technisch nicht nutzen. Erst *Z. Th. Gramme* ↑ wandte den Ringanker in Dynamomaschinen an.

Page, Charles Grafton, 1812 bis 1868, nordamerikanischer Arzt, Chemiker und Physiker. P. war erst als Arzt, dann als Hochschullehrer für Chemie in Washington tätig. Außerdem arbeitete er als Prüfer im Patentamt. Er war bemüht, das Problem der Umwandlung elektrischer Energie in mechanische und umgekehrt mit Hilfe des Elektromagnetismus zu lösen. Dazu entwarf und konstruierte er »magnetelektrische Maschinen«. P. entdeckte die für die spätere Entwicklung des Fernsprechers wichtige Erscheinung, daß ein Eisenstab bei schnellem Ummagnetisieren zu Schallschwingungen angeregt wird.

Paneth, Friedrich Adolf, 1887 bis 1958, österreichischer Chemiker, Hochschullehrer in Deutschland und England. Er arbeitete zusammen mit *G. v. Hevesy* ↑ die Methode der »markierten Atome« aus, betätigte sich auf dem Gebiet der Radiochemie und der radioaktiven Altersbestimmung. 1933 mußte er Deutschland verlassen.

Papaleksi, Nikolai Dmitrijewitsch, 1880 bis 1947, sowjetischer Physiker und Hochfrequenztechniker, Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. Er war maßgeblich an der Entwicklung der Elektronenröhren in Rußland beteiligt (1914), führte mit ihnen Telefonie- und Funktelefonieversuche durch und arbeitete später vor allem auf dem Gebiet der Funkortung. P. war Staatspreisträger.

Pape, Jean Henri, 1789 bis 1875, deutscher Maschinenbauer, ursprünglich Kunsttischler in einer Klavierfabrik, erwarb nach 1826 Patente auf mehrere Holzbearbeitungsmaschinen, z. B. Bohrmaschinen, Furnierzurichtmaschinen, Furnierschneidemaschinen.

Papin, Denis, 1647 bis 1712, französischer Physiker, besuchte bereits mit 15 Jahren die Universität und studierte Medizin. Nach seinem Studium lernte er in Paris *Ch. Huygens* ↑ kennen und half ihm bei Experimenten mit der Luftpumpe. Später arbeitete P. in London über das gleiche Gebiet mit *R. Boyle* ↑. P. erfand den Dreiweghahn und den »Papinschen Topf« (Druckkochtopf); er wurde Mitglied der Royal Society. Von 1688 bis 1704 war er als Professor für Mathematik in Marburg tätig. Er befaßte sich mit hydraulischen Problemen, mit der Kraftübertragung auf größere Entfernungen und mit der von *Huygens* vorgeschlagenen Pulvermaschine. Dabei kam er auf den Gedanken einer atmosphärischen Dampfmaschine ↑, die er 1690 beschrieb und mit der er experimentierte. Als P. erkannt hatte, daß die mangelhafte Technologie die Verwirklichung der Pläne unmöglich machte, gab er sie zunächst auf, nahm sie jedoch 1698 wieder in Angriff.

Erneute Versuche zeigten zwar die Richtigkeit des Grundgedankens, blieben aber gleichfalls im wesentlichen ergebnislos. P. ging nach England, wo er mit Unterstützung seines bereits 1681 in einer Schrift an die Royal Society gemachten Vorschlags, die Dampfkraft als Schiffsantrieb zu nutzen, rechnete. Diese Unterstützung blieb jedoch aus. P. mußte lediglich für seinen Lebensunterhalt arbeiten und konnte seinen zahlreichen wissenschaftlichen und technischen Plänen nicht mehr nachgehen.

Paracelsus, Theophrastus Bombastus v. Hohenheim, 1493 bis 1541, Arzt, Philosoph und Naturforscher, in der Schweiz geboren, studierte Naturwissenschaften und Medizin. Nach 10jähriger Wanderschaft Professor der Medizin in Basel (1527), wurde aber bald wieder zur Aufgabe dieser Stelle gezwungen und zog als wandernder Arzt durch viele europäische Länder. Erst gegen Ende seines Lebens konnte er sich in Salzburg niederlassen.

P. hatte bereits als Student die Mängel in den bisherigen medizinischen Anschauungen erkannt und trat ihnen in Wort und Schrift (meist in deutscher Sprache), vor allem aber durch neuartige Behandlungsmethoden entgegen. Er erklärte Krankheiten als organische Veränderungen im Körper, die er durch chemische Mittel zu bekämpfen suchte. Er wurde damit einer der schärfsten Gegner überlieferten Wunderglaubens. Er war ein »Helfer der

Armen« und bezog Stellung gegen die Unterdrückung und Ausbeutung der Volksmassen. Infolgedessen wurde er als Aufwiegler und Ketzer angegriffen und verfolgt.

Parseval, August v., 1861 bis 1942, deutscher Techniker und Luftpionier. Er entwarf und konstruierte Fesselballone, später »unstarre« Luftschiffe ↑, die zusammenlegbar und leicht transportierbar waren. Zahlreiche Armeen kauften Luftschiffe dieses Typs. Heute sind Luftschiffe nach P. nur noch für Reklamezwecke in Betrieb.

Parsons, Charles Algernon, 1854 bis 1931, englischer Ingenieur, wurde vor allem durch Entwicklung und Bau von Dampfturbinen ↑ bekannt. 1884 konstruierte er eine Gleichdruck-Dampfturbine (18000 U/min, Leistung 8 kW) und entwickelte das Antriebsaggregat für das erste turbinengetriebene Wasserfahrzeug. Er konstruierte spezielle Zahnradgetriebe, um den schnellen Lauf seiner Turbinen zu untersetzen, und untersuchte die Kavitation an Turbinenschaufeln. P. entwickelte Scheinwerfer für militärische Zwecke und befaßte sich nach 1920 mit der Technologie optischer Gläser. 1893 experimentierte er mit dampfgetriebenen Hubschraubern und Eindeckern.

Pascal, Blaise', 1623 bis 1662, französischer Mathematiker, Physiker und Philosoph, schrieb bereits mit 16 Jahren eine Abhandlung über Kegelschnitte auf projektiver Grundlage. P. arbeitete zwischen 1642 und 1652 am Bau und an der Verbesserung einer Rechenmaschine, stellte als erster (1648) Höhenmessungen mit dem Barometer an, arbeitete über die Zykloide, figurierte Zahlen, Wahrscheinlichkeitsrechnung und analytische Geometrie.

Paschen, Friedrich Louis Heinrich, 1865 bis 1947, deutscher Physiker, Professor in Berlin und von 1924 bis 1933 Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Er untersuchte die Feinstruktur der Spektrallinien und fand die beiden ersten Linien der nach ihm benannten Serie des Wasserstoffspektrums. P. arbeitete über Ultrarotspektren und Funkenentladungen sowie über Quantenphysik und Wärmestrahlung.

Pasteur, Louis, 1822 bis 1895, französischer Chemiker und Biologe, Professor in Dijon, Strasbourg und Lille, wurde 1857 nach Paris an das nach ihm benannte Institut berufen. Mikroskopische Untersuchungen an Produkten des Brauereigewerbes führten P. zu der Erkenntnis, daß der Gärungsvorgang durch Mikroorganismen ausgelöst wird und diese durch Hitze abgetötet werden können. 1864 erkannte P., daß solche Mikroorganismen »echte« Lebewesen sind und überall verbreitet auftreten.

Die Untersuchung verschiedener Krankheitserreger durch P. und die von ihm eingeführte Schutzimpfung gegen Milzbrand und Tollwut erlangten für die Medizin grundlegende Bedeutung. Die von P. entwickelte Methodik der mikrobiologischen Forschung wurde beispielgebend u. a. für die Entwicklung der modernen Biochemie.

Pathé, Charles, 1863 bis 1957, französischer Filmpionier. P. begann 1897 mit der Produktion von Filmen, 1906 mit der Herstellung aktueller Filmberichte, die er später zu einer Wochenschau erweiterte, produzierte technische Filmausrüstungen und betrieb einen internationalen Filmverleih.

Paul, Lewis, gest. 1759, englischer Techniker, erfand um 1729 eine Maschine zur Herstellung der Kanten an Stoffbahnen. 1738 ließ er sich eine Woll- und Baumwollspinnmaschine patentieren. P. eröffnete mit einigen Teilhabern – unter ihnen *J. Wyatt* ↑ – eine Spinnerei, die sich jedoch gegen die Konkurrenz der Arkwrightschen Maschinen nicht behaupten konnte. 1748 entwickelte P. eine Baumwoll-Kardiermaschine.

Pauli, Wolfgang, 1900 bis 1958, österreichischer Physiker, Hochschullehrer in Zürich und (als Gast) in Princeton (USA). Er arbeitete über Wellen- und Quantenmechanik, den Schalenaufbau der Atomhülle (Pauli-Prinzip) und über Relativitätstheorie. 1945 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Pauling, Linus Carl, geb. 1901, nordamerikanischer Chemiker und Hochschullehrer. P. arbeitete vor allem über Probleme der chemischen Bindung und der Berechnung der Bindungsenergien, bestimmte die Struktur zahlreicher Verbindungen, entwickelte eine wellenmechanische Ableitung der Valenzwinkel.

P. trat in mehreren Veröffentlichungen als entschiedener Gegner der Kernwaffenversuche für die friedliche Koexistenz ein. 1954 er-

hielt er den Nobelpreis für Chemie, 1963 den Friedensnobelpreis.

Pecqueur, Onésiphore, 1792 bis 1852, französischer Techniker. Er erfand das Differentialgetriebe ↑, das nach 1818 in optischen Instrumenten verwendet wurde, später vor allem im Kraftwagenbau größte Bedeutung erlangte. 1828 ließ sich P. einen Dampfwagen für Lastenbeförderung patentieren.

Peltier, Jean-Charles-Athanase, 1785 bis 1845, französischer Feinmechaniker und Physiker, arbeitete als Uhrmacher in Paris, beschäftigte sich mit physikalischen Fragen und Experimenten. 1834 entdeckte er den nach ihm benannten Effekt, die Abkühlung der Übergangsstelle zweier Leiter durch den elektrischen Strom.

Pelton, Lester Allen, 1829 bis 1908, nordamerikanischer Techniker, entwickelte, nachdem er an dem kalifornischen »Goldrun« der 40er Jahre teilgenommen hatte, Geräte und Einrichtungen, die die Arbeit der Goldgräber erleichtern sollten. 1884 erfand er die nach ihm benannte Freistrahlturbine.

Pénaud, Alphonse, 1850 bis 1880, französischer Luftfahrtpionier. Nach theoretischen Arbeiten konstruierte er 1870 ein Helikoptermodell, für das er den später im Modellbau verbreiteten »Gummibandantrieb« vorsah.

1871 folgte ein Eindeckermodell mit Stabilisierungsflächen und gleichem Antrieb. Es flog 60 m weit. 1876 ließ sich P. einen Amphibieneindecker patentieren, dessen Ausführung jedoch nicht gelang.

Penn, John, 1805 bis 1878, englischer Maschinenbauer, erwarb bei seinem Vater, der eine Maschinenfabrik betrieb, handwerkliche Fertigkeiten und technische Kenntnisse. P. bemühte sich vor allem um die Verbesserung der Steuerung oszillierender Dampfmaschinen.

Auch experimentierte er mit überhitztem Dampf. P. konstruierte vor allem Schiffsmaschinen, die von den Flotten vieler Länder übernommen wurden.

Périer, Constantine Jacques, 1742 bis 1818, französischer Maschinenbauer, arbeitete mit seinem jüngeren Bruder, *Auguste Charles P.,* zusammen. Ihre gemeinsame Tätigkeit begann mit der Konstruktion von Feuerspritzen und Zentrifugalpumpen. P. erkannte frühzeitig die Vorzüge der Wattschen Dampfmaschine. Er baute diese nach, brachte einige Verbesserungen an, gründete die erste Dampfmaschinenfabrik Frankreichs und beschäftigte sich auch mit dem Dampfantrieb von Schiffen.

Perkin, William Henry, 1838 bis 1907, englischer Chemiker, war bereits mit 15 Jahren als Helfer von *A. W. Hofmann* ↑ in London beschäftigt. 1856 entdeckte er das Mauvein, den ersten künstlichen Anilinfarbstoff im Steinkohlenteer. Zusammen mit seinem Vater und seinem Bruder gründete er eine Fabrik zur Fabrikation des Mauveins. Ferner gelang es P., einen pflanzlichen Riechstoff, das Cumarin, zu synthetisieren.

Perkins, Jakob, 1766 bis 1849, nordamerikanischer Maschinenbauer, kam 1818 nach England. 1820 begann er mit Versuchen, überhitzten Dampf für Dampfmaschinen ↑ zu verwenden. 1822 erhielt er sein erstes Patent auf einen entsprechenden Kessel. Seine übertriebenen Hoffnungen, die er in den Dampf mit hohem Druck gesetzt hatte, erfüllten sich jedoch zunächst nicht. 1827 erhielt P. ein zweites Patent, diesmal auf einen Röhrenkessel. Dieser bewährte sich zwar, doch blieben die Erfolge von P. mit Heißdampfmaschinen bescheiden.

Petit, Alexis-Thérèse, 1791 bis 1838, französischer Physiker, arbeitete mit *P. L. Dulong* ↑ an der Pariser École Polytechnique. Sie untersuchten und fanden Methoden für die Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität fester Körper und stellten die nach ihnen benannte Regel für die Konstanz der Atomwärmen auf.

Petrina, Franz Adam, 1799 bis 1855, tschechischer Physiker, Sohn eines Webers. Er interessierte sich für Naturwissenschaften und studierte unter größten persönlichen Opfern Physik und Mathematik. Sein Hauptinteresse galt der Elektrizitätslehre. 1844 wurde er als Professor der Physik an die Prager Universität berufen. Dort entwickelte er zahlreiche Methoden zur Messung elektrischer Größen. Er entwarf ein Telegrafensystem, mit dessen Hilfe man von beiden Endpunkten der Linie gleichzeitig telegrafieren konnte, und arbeitete über elektromagnetische Induktion.

Philon von Byzanz, etwa 250 v. u. Z., griechischer Wissenschaftler, schrieb über Mechanik, kannte das elastische Verhalten der Metalle und das Hebelgesetz. Er beschrieb ein von

ihm erfundenes Pfeilgeschütz, erwähnte die Eisengallustine und stellte u. a. eine Taucherglocke, Automaten und ein Thermoskop her, das auf der Ausdehnung erwärmter Luft beruhte.

Piccard, Auguste, 1884 bis 1962, Schweizer Physiker und Techniker, Professor in Zürich (1917) und Brüssel (1922). Sein Hauptinteresse galt der Erforschung großer Höhen und Tiefen. 1931/32 führte er mehrere Stratosphärenflüge mit Ballonen aus, die eine druckfeste Kugel trugen und Höhen bis nahe 17 km erreichten. Später wandte er sich der Tiefseeforschung zu. 1953 tauchte er mit einem von ihm konstruierten Gerät (Bathyskaph) über 3000 m tief. 1960 erreichte sein Sohn *Jacques P.* im Marianengraben eine Tiefe von mehr als 10000 m.

Piccard, Paul, 1844 bis 1929, Schweizer Ingenieur und Techniker, Hauptarbeitsgebiet waren Wasserturbinen. Er verwendete als erster Servomotoren für die Drehzahlregelung von Wasserturbinen und wies damit einer heute unentbehrlichen Methode den Weg.

Pier, Matthias, 1881 bis 1965, deutscher Chemiker. Er arbeitete zunächst mit *W. Nernst* ↑ zusammen. 1919 trat er als Chemiker in die Badische Anilin- und Sodafabrik ein. Zusammen mit *A. Mittasch* ↑ befaßte er sich vor allem mit der Entwicklung der Methanolsynthese ↑. P. hat sich außerdem große Verdienste um die großtechnische Durchführung der Kohlehydrierung erworben.

Pitot, Henri, 1695 bis 1771, französischer Techniker. Er erfand das Staurohr, mit dessen Hilfe Strömungsgeschwindigkeiten bestimmt werden können, untersuchte die Leistung von Wasserkraftmaschinen und arbeitete über die Theorie der Pumpen.

Planck, Max Karl Ernst Ludwig, 1858 bis 1947, deutscher Physiker, Professor für theoretische Physik in Kiel, als Nachfolger *G. R. Kirchhoffs* ↑ in Berlin und ab 1945 in Göttingen. P.s überragende Leistung ist die Einführung des nach ihm benannten Wirkungsquantums (1900), das bei den Energiestufen der Strahlungsoszillatoren auftrat. Es zählt zu den wichtigsten Naturkonstanten. Die dabei vorgenommene Quantelung der Energie ermöglichte die Definition des Photons, die Deutung des lichtelektrischen Effekts durch *A. Einstein* ↑, das N. H. Bohrsche ↑ Atommodell, die Quantenmechanik mit ihren wissenschaftlichen und technischen Konsequenzen. 1918 erhielt P. den Nobelpreis für Physik.

Planté, Gaston Raimond, 1834 bis 1889, französischer Physiker, erst Assistent, dann Hochschullehrer für Physik in Paris. Seine wichtigste Leistung ist die Erfindung des Bleiakkumulators, den er 1859 in einer Abhandlung beschrieb. P. knüpfte an Versuche an, die vor ihm *J. W. Ritter* ↑ und *W. J. Sinsteden* ↑ unternommen hatten. Obwohl P.s Akkumulator ↑ technisch brauchbar war, fand sich für ihn zunächst wenig Verwendung, da eine ökonomisch vertretbare Möglichkeit fehlte, ihn zu laden. Erst als P. seine Arbeit 1879 nach der Erfindung der Dynamomaschine erneut (in einem Buch) vorlegte, begann sich der Bleiakkumulator durchzusetzen.

Plateau, Joseph Anton Fernand, 1801 bis 1883, belgischer Physiker und Hochschullehrer in Gent. Neben Arbeiten über Molekularkräfte befaßte er sich vor allem mit der Optik. Er erfand 1829 einen Vorläufer des Kinematographen und studierte die Licht- und Farbeinwirkungen auf das Auge. P. erblindete durch ständige Überanstrengung seiner Augen bei optischen Untersuchungen.

Plinius, Gaius Secundus (der Ältere), 23 bis 79, römischer Schriftsteller und Naturforscher. Er war in der Verwaltung und im Militärwesen tätig, nahm an Feldzügen nach Germanien teil, war zuletzt Befehlshaber der Flotte von Misenum, wo er beim Vesuvausbruch während der Rettung bedrohter Einwohner Pompejis umkam.

P.s aus 37 Büchern bestehendes Werk »Naturalis historia« stellt eine Wissenssammlung aus fast allen Gebieten dar. Es war mehr als eineinhalb Jahrtausende das maßgebliche Handbuch der allgemeinen Naturkunde. P. schreibt ausführlich über metallurgische Probleme. Er kennt den Diamanten als Schneidwerkzeug, den Kattundruck und eine Mähmaschine. Er sieht als Beweis für die Erdkrümmung an, daß von Schiffen zuerst die Masten über dem Horizont erscheinen, beschreibt Verfahren des Versilberns und Vergoldens.

Plücker, Julius, 1801 bis 1868, deutscher Mathematiker und Physiker, Hochschullehrer in Bonn und Halle. P. arbeitete zunächst auf dem Gebiet der analytischen Geometrie und der algebraischen Kurven (Plückersche For-

meln) und veröffentlichte mehrere Abhandlungen darüber. Er wandte sich der Physik zu, untersuchte die elektrisch erzeugten Spektren verdünnter Gase, beobachtete als erster Katodenstrahlen und ihre Ablenkbarkeit durch Magneten in den von *H. Geißler* ↑ hergestellten hochevakuierten Röhren, ohne jedoch das Wesen der Strahlen zu erkennen.

Poggendorf, Johann Christian, 1796 bis 1877, deutscher Physiker, zunächst Apotheker, später Hochschullehrer an der Berliner Universität. P. arbeitete vor allem über den Elektromagnetismus, konstruierte ein Galvanometer mit Multiplikator und Spiegelablesung, untersuchte die Leistungsfähigkeit galvanischer Elemente. 1824 übernahm er die Redaktion der »Annalen der Physik und Chemie« und begann 1863 mit der Herausgabe des noch heute weitergeführten »Biographisch-literarischen Handwörterbuchs zur Geschichte der exakten Naturwissenschaften«.

Poincaré, Jules Henri, 1854 bis 1912, französischer Mathematiker und Physiker, arbeitete über Elastizität, über Wirbelbildung in Strömungen, über Thermodynamik, Licht, Elektromagnetismus und elektrische Schwingungen. Ihm verdankt die Wissenschaft wichtige Beiträge zur Funktionstheorie, zur Theorie der Differentialgleichungen, zur Algebra und Topologie.

Poiseuille, Jean-Louis-Marie, 1799 bis 1869, französischer Arzt. Ausgehend von Untersuchungen der Strömung des Blutes in den Adern, untersuchte er die Bewegung von Flüssigkeiten in engen Röhren, arbeitete über Kapillarität und entdeckte unabhängig von *E. Hagen* ↑ das Hagen-Poiseuillesche Gesetz über die Strömung viskoser Flüssigkeiten in Röhren.

Poisson, Siméon-Denis, 1781 bis 1840, französischer Mathematiker und Physiker, trieb ursprünglich medizinische Studien, wandte sich jedoch der Mathematik und Physik zu und wurde 1809 Professor in Paris. P. verallgemeinerte die Laplacesche zur Poissongleichung. Er arbeitete über Astronomie, Mechanik, Elektrizitätslehre, Ballistik, Wärmeleitung in festen Körpern, Bewegungsgleichungen fester und flüssiger Körper, Kapillarität und Elastizitätstheorie. P. beschäftigte sich mit Potentialtheorie, Fourierschen Reihen, Wahrscheinlichkeits- und Variationsrechnung.

Polsunow, Iwan Iwanowitsch, etwa 1728 bis 1766, russischer Techniker und Maschinenbauer, Schichtmeister in einem sibirischen Bergwerk. P. schlug 1763 eine zweizylindrige atmosphärische Dampfmaschine ↑ für den Gebläseantrieb von Schmelzöfen vor und führte sie trotz zahlreicher Widerstände aus. Im Mai 1766 war die Maschine betriebsfertig, doch P. starb kurz vorher. Die Maschine arbeitete einwandfrei, wurde jedoch wegen eines Kesselschadens stillgelegt. Interesse an ihrer Reparatur oder Weiterentwicklung bestand im wirtschaftlich rückständigen zaristischen Rußland nicht.

Poncelet, Jean-Victor, 1788 bis 1867, französischer Ingenieur, Mathematiker und Physiker, Schüler der Pariser École Polytechnique. P. wurde Pionieringenieur, geriet 1812 in russische Gefangenschaft. Ohne wissenschaftliche Hilfsmittel trieb er in Gefangenschaft mathematische Studien und arbeitete ein grundlegendes Werk über projektive Geometrie aus. Von 1815 bis 1825 setzte er seine Studien in Metz fort. 1825 wurde er zum Professor für angewandte Mechanik ernannt. P. beschäftigte sich außerdem mit Fragen der Hydromechanik und der technischen Mechanik, führte den Begriff der physikalischen Arbeit ein. 1826 entwarf er eine Wasserturbine.

Popow, Alexander Stepanowitsch, 1859 bis 1906, russischer Physiker, Pionier der Funktechnik, unterrichtete an einer Schule der russischen Kriegsmarine, später am Petersburger Elektrotechnischen Institut. P. wandte sich Anfang der 90er Jahre der Wiederholung und Fortführung der Versuche von *H. Hertz* ↑ mit dem Ziel der drahtlosen Nachrichtenübermittlung zu. Er erhöhte die Reichweite durch Einführung der Antenne ↑ beim Empfänger und beim Sender, wandte den Kohärer ↑ *E. Branlys* ↑ an, den er für die Übermittlung von Telegrafiezeichen brauchbar machte. Im Mai 1895 demonstrierte P. seinen ersten Funkempfänger, 1896 übermittelte er auf eine Distanz von 250 m das erste Funktelegramm der menschlichen Geschichte.

Er verbesserte die Geräte ständig, richtete die ersten russischen Schiffs- und Landfunkstationen ein, unternahm Funkversuche von Ballonen aus und versuchte mit einem »Gewittermelder«, die von atmosphärischen Entladungen ausgehenden elektromagnetischen

Wellen für meteorologische Zwecke zu nutzen.

Popowitsch, Pawel, Romanowitsch, geb. 1930, sowjetischer Kosmonaut, von Beruf Bautechniker, anschließend bei den Luftstreitkräften der Roten Armee. P. führte vom 12. bis 14. 8. 62 mit dem Raumschiff »Wostok 4« zusammen mit *A. G. Nikolajew* ↑ in »Wostok 3« den ersten kosmischen Gruppenflug durch.

Porta, Giambattista della, 1538 bis 1615, italienischer Naturforscher. Mit 19 Jahren veröffentlichte er seine zunächst aus 3 Büchern bestehende »Magia naturalis«, die von ihm später auf 20 Bände erweitert wurde. Sie gibt einen umfassenden Überblick der naturwissenschaftlichen Kenntnisse seiner Zeit. So beschrieb er eine Camera Obscura ↑ mit einer Linse, beschäftigte sich mit Magnetismus, mit Meteorologie und mit den Gezeiten. Auch schlug P. vor, mehrere Linsen zu kombinieren, führte diese Gedanken aber nicht näher aus. 1601 untersuchte er, welche Dampfmenge sich aus einer gegebenen Wassermenge gewinnen läßt. P. schlug eine Dampfpumpe vor.

Porter, Charles, 1826 bis 1910, nordamerikanischer Techniker, ursprünglich Jurist, gab seinen Beruf auf, um sich der Technik zuzuwenden. Der Umbau einer Steinmeißelmaschine, die wegen des stoßweisen Arbeitens der antreibenden Dampfmaschine nicht exakt funktionierte, führte auf den später nach ihm benannten Regler. Er entwarf und konstruierte schnellaufende Dampfmaschinen ↑ (ab 1861).

Poulsen, Valdemar, 1869 bis 1942, dänischer Physiker und Hochfrequenztechniker. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts erfand P. das Telegraphon, einen Vorläufer des Tonbandgeräts. Es konnte sich jedoch nicht durchsetzen, u. a. deshalb nicht, weil die schwachen Sprechströme nicht verstärkt werden konnten.

P. wurde bes. bekannt durch den Lichtbogensender zur Erzeugung ungedämpfter Hochfrequenzschwingungen (Poulsensender 1903). Auch die Empfänger für ungedämpfte Wellen verbesserte P. durch den »Ticker«.

Powell, Cecil Frank, 1903 bis 1969, englischer Physiker. Er entwickelte vor allem fotografische Verfahren zur Erforschung von Kernreaktionen und leistete durch seine Methoden wichtige Beiträge zur Mesonenforschung. Er war Präsident der Weltföderation der Wissenschaftler und wurde 1950 mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet.

Prandtl, Ludwig, 1875 bis 1953, deutscher Physiker. P. wurde bekannt durch Arbeiten auf dem Gebiet der Aero- und Hydrodynamik. Er untersuchte die Kräfte an fliegenden Geschossen und Tragflächen, entwickelte die Theorie der Grenzschichten an umströmten Körpern und erfand einen Druckmesser für die Strömungslehre.

Preece, William Henry Sir, 1834 bis 1914, englischer Techniker, Schüler *M. Faradays* ↑, später Assistent in Faradays Institut. Mit 19 Jahren wandte er sich der Telegrafie ↑ zu. Er war bei Telegrafengesellschaften tätig und trat in die staatliche Postverwaltung ein, deren Chefingenieur er später wurde.

P. erfand eine Methode der Duplextelegrafie und entwickelte Blocksysteme für die Zugsicherung bei Bahnen. Er förderte die Einführung des Telefons. Anfang der 80er Jahre experimentierte er – jedoch ohne nennenswerten Erfolg – mit auf elektro-magnetischer Induktion beruhender Unterwassertelegrafie. Er förderte *G. Marconi* ↑ und nahm an dessen Versuchen teil. P. erkannte die Notwendigkeit einer konsequenten Normung in der Technik und wurde 1902 Vorsitzender des elektrotechnischen Normenausschusses.

Pregl, Fritz, 1869 bis 1930, österreichischer Chemiker und Hochschullehrer. Er erwarb bes. Verdienste um die Entwicklung leistungsfähiger Methoden in der analytischen organischen Chemie, die die quantitative Untersuchung kleinster Stoffmengen in Medizin und Biologie ermöglichten. 1923 erhielt er den Nobelpreis für Chemie.

Priestley, Joseph, 1733 bis 1804, englischer Naturforscher und Theologe, war als Prediger tätig, wandte sich jedoch in mehreren Veröffentlichungen gegen die Kirche und wurde 1794 zur Auswanderung in die USA gezwungen.

Unter seinen chemischen Arbeiten ragen Untersuchungen über Gase bes. hervor. 1771 entdeckte er, daß Pflanzen tagsüber Kohlendioxid wieder in »atembare« Luft rückverwandeln (Assimilation). 1774 wandte er als erster Quecksilber an, um Gase abzusperren. Im gleichen Jahr entdeckte er, unabhängig von *C. W. Scheel* ↑, den Sauerstoff. Er untersuchte Ammoniak und andere Stickstoffverbindun-

gen, arbeitete über die Absorption von Gasen durch Flüssigkeiten, stellte 1799 Kohlenmonoxid her.

Prochorow, Alexander Michailowitsch, geb. 1916, sowjetischer Physiker, Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Leninpreisträger. P. arbeitete vor allem über Radiospektroskopie und Quantenelektronik. 1959 wurde er Professor. 1964 erhielt er zusammen mit *Ch. H. Townes* und *N. G. Basow* ↑ den Nobelpreis für grundlegende Arbeiten auf dem Gebiet der Quantenelektronik, bes. für die Entwicklung des Molekularverstärkers (Maser ↑).

Prony, Gaspard-Clair-François-Riche Baron de, 1755 bis 1839, französischer Ingenieur und Physiker, besuchte die Pariser Schule für Straßen- und Brückenbau und war 1794 einer der Gründer der Pariser École Polytechnique, wo er Mathematik lehrte, seit 1795 Mitglied der französischen Akademie der Wissenschaften. P. veröffentlichte zahlreiche Arbeiten über Fragen der Mechanik und Hydrodynamik sowie mathematische Tafeln und Tabellen. In einer dieser Arbeiten beschrieb er die später als Pronyscher Zaum bekanntgewordene Meßvorrichtung.

Proust, Joseph-Louis, 1754 bis 1826, französischer Chemiker, Hochschullehrer in Spanien. Er entdeckte 1799 den Traubenzucker. P. erkannte das Gesetz der konstanten Proportionen.

Prout, William, 1785 bis 1850, englischer Arzt; beschäftigte sich mit chemischen Forschungen und stellte 1815 die Hypothese auf, daß alle chemischen Elemente aus Wasserstoff, dem leichtesten Element, aufgebaut seien.

Ptolemäus, Claudius, etwa 90 bis etwa 160, bedeutender Astronom der Antike, ferner Astrologe, Mathematiker und Geograph, wirkte in Alexandria. P. faßte in der »Großen Zusammenstellung« (Almagest) astronomisches Wissen seiner Zeit zusammen, untersuchte die optischen Brechungsgesetze, die atmosphärische Strahlenbrechung und die Harmonielehre; fertigte Weltkarten in Kegelprojekten an. Er vollendete das geozentrische Weltbild durch Vereinigung der Epizyklen- und Exzentertheorie.

Pulfrich, Carl, 1859 bis 1927, deutscher Techniker, langjähriger Mitarbeiter der Zeißwerke in Jena. Dort erfand und entwickelte er den Stereokomparator, mit dessen Hilfe es möglich ist, stereoskopische geodätische Aufnahmen mit hoher Genauigkeit nachträglich zu vermessen.

Pupin, Michael, 1858 bis 1935, serbokroatischer Physiker, lebte während des größten Teils seines Lebens in den USA und war Hochschullehrer an der Columbia-Universität in New York. P. arbeitete über elektrische Resonanzerscheinungen und über die Elektrizitätsleitung durch verdünnte Gase. Er erfand die Pupinspule zur Kompensation störender Erscheinungen auf Nachrichtenfernleitungen.

R

Raffard, Jules, 1824 bis 1898, französischer Physiker, befaßte sich mit mechanischen Kupplungen und Dynamometern, verbesserte die Zentrifugalregulatoren (1891) und konstruierte einen elektrischen Omnibus und elektrische Lokomotiven.

Raman, Chandrasekhara Venkata, Sir, 1888 bis 1970, indischer Physiker und Professor der Physik in Kalkutta, ab 1933 in Bangladore, wo er das 1947 gegründete Raman Research Institute leitete, Präsident der Indischen Akademie der Wissenschaften. R. arbeitete über Schwingungstheorie und Optik, entdeckte 1928 den nach ihm benannten Effekt. 1930 erhielt er als erster asiatischer Wissenschaftler den Nobelpreis für Physik. R. war Träger des Lenin-Friedenspreises.

Ramelli, Agostino, etwa 1530 bis 1590, italienischer Techniker. 1588 veröffentlichte er ein reich illustriertes Werk (»Le diverse et artificiose macchine del capitano Agostino Ramelli, dal Ponte della Tresia, ingeniero del christianissimo Re die Francia et di Pollonia«), das eine große Zahl damals bekannter, angewandter oder vorgeschlagener Mechanismen und Maschinen wie Pumpen, Sägen, Hebezeuge usw. beschrieb.

Rammler, Erich, 1901 bis 1986, deutscher Techniker und Wissenschaftler, lebte und arbeitete in der DDR. Seine wichtigsten Leistungen lagen auf dem Gebiet der Braunkohleveredlung. Er arbeitete über Vergasung und

Entgasung, über Brikettierung und entwikkelte zusammen mit *G. Bilkenroth* ↑ das Verfahren zur Gewinnung von Braunkohle-Hochtemperaturkoks. Nationalpreisträger.

Ramsay, William Sir, 1852 bis 1916, englischer Chemiker, studierte in Heidelberg und Tübingen, seit 1872 Hochschullehrer in England, wo er 1880 Professor der Chemie in Bristol, nach 1887 in London wurde. Er entdeckte und untersuchte die Edelgase Argon und Helium (1894/95 mit *J. W. Rayleigh* ↑; Krypton, Neon und Xenon mit *Travers* 1898). Bes. aufsehenerregend waren seine Experimente über die Bildung von Helium beim radioaktiven Zerfall. Nobelpreis für Chemie 1904.

Ramsden, Jesse, 1735 bis 1800, englischer Feinmechaniker und Optiker. Er lernte als Schneider, war später Kupferstecher und Instrumentenmacher, gründete eine Werkstatt für den Bau optischer und physikalischer Instrumente. R. verbesserte den Sextanten, das Fernrohr, konstruierte eine Rechenmaschine zum Dividieren, Elektrisiermaschinen und Instrumente für Sternwarten. Seine bekannteste Erfindung ist die vervollkommnete Kreisteilmaschine (1777). Später konstruierte R. noch eine Längenteilmaschine.

Rankine, William John Marquorn, 1820 bis 1872, englischer Ingenieur, wurde bereits mit 16 Jahren für eine Abhandlung über die Wellentheorie des Lichts ausgezeichnet. R. war als Ingenieur an Eisenbahnbauten beteiligt, seit 1852 Professor für Berg- und Maschinenbau in Glasgow. Ausgehend von Untersuchungen und Messungen an Dampfmaschinen ↑, befaßte er sich mit Fragen der Thermodynamik. Er schrieb ein Handbuch über die Dampfmaschine, außerdem Abhandlungen über Heißluftmaschinen, Schiffsbau sowie über die Wellenlehre und führte den Begriff »Energie« endgültig in die Physik ein.

Ranney, Leo, 1884 bis 1950, nordamerikanischer Ingenieur, arbeitete nach Tätigkeit als beratender Ingenieur ab 1920 in leitender Stellung in Ölbohr- und Wasserversorgungsgesellschaften. Nach 1940 bohrte er den ersten horizontalen Ölbrunnen und erfand den Ranneyprozeß der horizontalen Erschließung von Wasser (Ranneybrunnen ↑). Verdienste erwarb sich R. auch bei der Abwasserreinigung durch unterirdische Versickerung, bei der Umwandlung von Kohle in Gas ohne bergbauliche Maßnahmen und bei der Bildung von Untergrundspeichern.

Rateau, Auguste, 1863 bis 1930, französischer Ingenieur. Er arbeitete vor allem auf dem Gebiet des Turbinenbaus und erfand die nach ihm benannte Dampfturbine ↑.

Raydt, Wilhelm, 1842 bis 1908, deutscher Techniker. R. war zunächst Gymnasiallehrer für Physik und Mathematik. Sein Hauptinteresse galt Versuchen, Kohlendioxid maschinell zu verflüssigen. 1879 entstand sein erster Kompressor zum Gewinnen flüssigen Kohlendioxids. Auch um die Anwendung des Kohlendioxids war R. bemüht. Er schlug vor, Schiffe durch Hohlkörper zu heben, in denen Kohlendioxid verdampfte, und stellte entsprechende Versuche an. Er erfand einen Bierdruckapparat und einen Handfeuerlöscher. 1881 wurde er Mitbegründer einer Gesellschaft für flüssiges Kohlendioxid.

Rayleigh, Lord (bis 1873 **John William Strutt**), 1842 bis 1919, englischer Physiker, als Nachfolger *J. C. Maxwells* ↑ Leiter des Cavendish-Laboratoriums, dann Direktor des »Davy-Faraday-Research-Laboratory«, Mitglied, später Sekretär, schließlich Präsident der Royal Society. Er arbeitete über optische und akustische Probleme, lieferte Beiträge zur Wellenlehre und zur Hydro- und Aerodynamik, entdeckte 1884 zusammen mit *W. Ramsay* ↑ das Argon und erhielt mit ihm 1904 den Nobelpreis für Physik. Er untersuchte den Strahlungsdruck, Oberflächenspannung und Kapillarität und schrieb über die Theorie des Schalls.

Réaumur, René-Antoine Ferchault de, 1683 bis 1757, französischer Naturwissenschaftler, studierte vor allem Physik und Zoologie, wurde mit 25 Jahren Akademiemitglied. R. arbeitete über Insekten und Seetiere, befaßte sich daneben mit zahlreichen technisch-wissenschaftlichen Fragen, z. B. der Drahtherstellung, der Seilerei, der Produktion von feuchtigkeitsdichtem Papier. Von bes. Bedeutung waren seine Untersuchungen über Stahlerzeugung und schmiedbaren Guß. R.s Veröffentlichungen darüber wurden weit über die Grenzen Frankreichs bekannt. Auch gab er eine 12bändige Naturgeschichte der Insekten heraus. Um 1730 führte er die nach ihm benannte Temperaturskale ein.

Redtenbacher, Ferdinand, 1809 bis 1863, aus Österreich stammender Ingenieur und Hochschullehrer. War Student, danach Assistent am Polytechnikum in Wien und ging 1834 als Lehrer an die Höhere Industrieschule Zürich. 1841 übersiedelte er als Professor für Maschinenbau an das Polytechnikum in Karlsruhe (ab 1857 Direktor). R.s Hauptleistung liegt in der Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen des Maschinenbaus, der Förderung der technischen Mechanik und der Anwendung der Mechanik auf diese Gebiete. Er veröffentlichte mehrere Werke zu diesen Bereichen.

Regiomontanus (lat.: »der Königsberger«) eigentl. **Johannes Müller,** 1436 bis 1476, deutscher Mathematiker und Astronom, lehrte in Wien Mathematik, übersiedelte 1471 nach Nürnberg, wo er eine Werkstatt zur Anfertigung astronomischer Instrumente, eine Druckerei und eine Sternwarte einrichtete. R. war ein Förderer der Dezimalschreibweise, verfaßte das erste europäische Lehrbuch der Trigonometrie, übersetzte Schriften griechischer Mathematiker und führte u. a. Kometenbahnberechnungen durch.

Regnault, Henri Victor, 1810 bis 1878, französischer Chemiker und Physiker, erwarb im Selbststudium umfangreiche Kenntnisse der Naturwissenschaften, praktizierte in Kohlengruben und im Gießener Laboratorium *J. v. Liebigs* ↑. 1840 wurde er Professor in Paris, von 1854 bis 1870 war er Direktor der Porzellanfabrik Sèvres. Er entdeckte das Kohlenstofftetrachlorid, arbeitete auf dem Gebiet der Substitutionstheorie, untersuchte die physikalischen Eigenschaften des Wassers und des Wasserdampfs. Er bestimmte das mechanische Wärmeäquivalent, physikalische Werte und Konstanten, wie Ausdehnung und Dichte der Gase, die Schallgeschwindigkeit und spezifische Wärmekapazitäten.

Reichenbach, Georg Friedrich v., 1771 bis 1826, deutscher Instrumenten- und Maschinenbauer, besuchte eine Militärschule in Mannheim und war anschließend zwei Jahre zu einem Studienaufenthalt in England. 1796 nahm er in München die Fertigung feinmechanischer Instrumente auf. Er erfand eine sehr genau arbeitende Teilmaschine für die Herstellung optisch-astronomischer Instrumente. 1804 gründete er mit *J. Utzschneider* und *Liebherr* das mathematisch-mechanische Institut in München, dem eine von *J. Fraunhofer* ↑ geleitete optische Abteilung angegliedert wurde. 1814 gründete R. ein eigenes Institut und wandte sich nunmehr dem Maschinenbau zu.

R. konstruierte die erste Stoßmaschine (nach 1804), außerdem Wassersäulenmaschinen, eiserne Röhrenbrücken, entwarf die Wasserversorgung von Augsburg, die Gasbeleuchtung Münchens, beschäftigte sich mit Dampfmaschinen und interessierte sich für Projekte der Schiffahrt und eines Rhein-Donau-Kanals. Um die Förderung des technischen Unterrichts bemühte sich R. ebenfalls.

Reis, Johann Philipp, 1834 bis 1874, deutscher Techniker, lernte in einem Farbengeschäft, nahm nebenbei Unterricht in Naturwissenschaften, arbeitete bei einem Drechsler, um sich handwerkliche Fertigkeiten anzueignen, besuchte die Gewerbeschule und wurde Lehrer. Eine Stellung am Garnierschen Institut (1858), dessen Schüler er einst war, gab ihm die Möglichkeit zu ausgedehnten Experimenten. Er arbeitete bes. auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre, entwarf aber u. a. auch Dampfmaschinen für geringe Leistungen.

Anfang der 50er Jahre kam ihm der Gedanke, Schall durch Umwandlung in Stromschwankungen in die Ferne zu übertragen. Nach langen Versuchen gelang es ihm 1859/60, Töne und Wörter bis auf 100 m zu übermitteln. Im Herbst 1861 führte R. seinen Apparat im Physikalischen Verein Frankfurt (M.), 1864 auf der Naturforscherversammlung in Gießen vor, stieß jedoch nur auf höfliches Interesse für seine »physikalische Spielerei«, deren Möglichkeiten für Wirtschaft und Verkehr man noch nicht erkannte. Telefone, die R. in geringer Stückzahl anfertigen ließ, fanden kaum Käufer. R. starb an einem Lungenleiden. (Fernsprecher ↑)

Reithmann, Christian, 1818 bis 1909, deutscher Uhrmacher, konstruierte und benutzte 1852 einen Gasmotor, in dem ein Wasserstoff-Luft-Gemisch periodisch elektrisch gezündet wurde. 1873 führte R. das Viertaktprinzip mit Kompression ein; jedoch fehlten ihm die Mittel, seinen Motor zu verbessern und zu produzieren. Später beriefen sich Konkurrenten *N. A. Ottos* ↑ auf R.s Arbeiten, um *Ottos* Patent auf das Viertaktverfahren anzufechten (Verbrennungsmotor ↑).

Remington, Philo, 1816 bis 1889, nordamerikanischer Techniker. Er beschäftigte sich zunächst mit der Waffenfabrikation, produzierte Nähmaschinen ↑ und wandte sich später der Herstellung von Schreib- und Büromaschinen zu.

Renard, Charles, 1847 bis 1905, französischer Techniker, Schüler der Pariser École Polytechnique, anschließend im Pionierdienst der französischen Armee tätig. Er entwarf Zugmaschinen für den Geschütztransport. Als Mitglied der Kommission für Frei- und Fesselballone erfand er ein neues Ballonventil. Er baute ein lenkbares Luftschiff ↑ und unternahm damit am 9. 8. 1884 einen Flugversuch, bei dem auch der Rückflug glückte. R. erkannte die Notwendigkeit leichter Motoren, starb jedoch, ehe er weitere Pläne in die Praxis umsetzen konnte.

Renault, Louis, 1877 bis 1945, französischer Techniker und Unternehmer, war zunächst technischer Angestellter, wandte sich frühzeitig dem Automobilbau zu und errichtete eine der größten Automobilfabriken Europas.

Ressel, Josef Ludwig Franz, 1793 bis 1857, österreichischer Techniker, studierte Landwirtschaft und Ökonomie, hörte daneben technische und naturwissenschaftliche Vorlesungen. R. war anschließend im Forstwesen und in der staatlichen Güterverwaltung tätig. In seiner Freizeit ging R. technischen Problemen nach. Er interessierte sich bes. für die Ausnutzung der Wasserkräfte und beantragte 1826 ein Patent auf eine Schiffsschraube ↑ (Versuche seit 1822). Unterstützt von einem Großkaufmann konstruierte er das von einer Dampfmaschine und einer Schraube angetriebene Boot »Civetta«. Es wurde 1829 erprobt und erreichte eine Geschwindigkeit von mehr als 11 km/h. Ein Kesseldefekt zwang R. jedoch zum Abbruch der Versuche. Um die gleiche Zeit erhielt er ein Patent auf Rollen- und Kugellager.

Reuleaux, Franz, 1829 bis 1905, deutscher Techniker, Professor für Maschinenkunde in Zürich, ab 1864 in Berlin (Gewerbeakademie, später TH). Sein Hauptwerk, »Theoretische Kinematik«, dessen erster Band 1875 erschien, begründete die Kinematik und trug wesentlich zu den wissenschaftlichen Fundamenten des Maschinenbaus bei. R. war auch an der Schaffung eines deutschen Patentrechts beteiligt und förderte viele Zweige der Technik, so die Entwicklung der Elektrotechnik und der Verbrennungsmotoren.

Rey, Jean, 1861 bis 1935, französischer Techniker. Er arbeitete zunächst auf dem Gebiet der Beleuchtungstechnik, bes. dem der Scheinwerfertechnik. Später wandte sich R. mit *A. Rateau* ↑ der Turbinentechnik zu. Er entwickelte Antriebsaggregate für Unterseeboote, Turbokompressoren und befaßte sich mit elektrischer Fernsteuerung.

Reynolds, Osborne, 1842 bis 1912, englischer Physiker und Hochschullehrer. R. war vor allem auf dem Gebiet der Hydrodynamik tätig. Er erforschte Flüssigkeitsströmungen und Wirbelbewegungen, Strömungsvorgänge in Flußläufen und Kanälen, beschäftigte sich mit Viskosität, mit der Oberflächenspannung und mit Kapillarität. Er untersuchte die Theorie der Schmiermittel, erfand 1875 eine Turbopumpe und beschäftigte sich mit der Konstruktion von Turbinen ↑. Die Reynoldssche Zahl, ein wichtiger Kennwert der Strömungslehre, ist nach ihm benannt.

Richardson, Owen Williams, 1879 bis 1959, englischer Physiker. R. untersuchte die Abhängigkeit des in einer Elektronenröhre ↑ fließenden Stroms von der Katodentemperatur und der Austrittsarbeit der Elektronen, formulierte die entsprechenden Gesetzmäßigkeiten und leistete damit wichtige Beiträge zur Entwicklung der Elektronenröhren.

R. arbeitete auch auf dem Gebiet des lichtelektrischen Effekts und der Ultraviolettstrahlung. 1929 wurde ihm der Nobelpreis für Physik zuerkannt.

Richter, Johann Benjamin, 1762 bis 1807, deutscher Chemiker und Bergbaufachmann. Er stieß auf Grund chemischer Versuche zum Gesetz der konstanten Proportionen vor, das dann von *W. Prout* ↑ formuliert wurde, und arbeitete über Stöchiometrie.

Riggenbach, Nikolaus, 1817 bis 1899, deutscher Techniker, lernte in mechanischen Werkstätten in der Schweiz und in Frankreich. R. befaßte sich (ab 1840) mit dem Lokomotivenbau und erweiterte seine theoretischen Kenntnisse. 1853 übernahm er eine Maschinenwerkstätte in der Schweiz.

Um die Mitte der fünfziger Jahre begann er, dem Gedanken einer Bergbahn für große Steigungen nachzugehen. R. fand die als Zahnrad-

bahn bekannte Lösung. Nach Modellversuchen ließ er sie sich 1863 patentieren. 1871 wurde die nach diesem System gebaute Rigibahn dem Verkehr übergeben. R. wurde Direktor eines internationalen Konsortiums für den Bau von Bergbahnen, entwarf und leitete den Bau mehrerer Zahnradbahnen in europäischen und außereuropäischen Ländern.

Righi, Augusto, 1850 bis 1920, italienischer Physiker, Hochschullehrer in Palermo und Bologna. R. untersuchte die Eigenschaften der Dielektrika, erfand ein Mikrofon, experimentierte mit elektromagnetischen Wellen ↑, wobei er mit Hilfe eines »Kugeloszillators« Zentimeterwellen erzeugte und ihre Eigenschaften untersuchte. Er arbeitete auch über die elektrische Leitfähigkeit von Gasen, war ein Lehrer *G. Marconis.*

Ritter, Johann Wilhelm, 1776 bis 1810, deutscher Physiker, lernte als Apotheker, studierte seit 1796 in Jena, beschäftigte sich vorwiegend mit der Elektrizitätslehre. 1805 ging er als Hochschullehrer nach München. R. erklärte den Mechanismus der Voltaschen Säule, untersuchte die elektrolytische Zersetzung des Wassers und gab 1801 in seiner »Ladungssäule« einen Vorläufer des Akkumulators ↑ an.

Er untersuchte die physiologischen Wirkungen der Elektrizität, arbeitete über Farbenlehre (Briefwechsel mit *Goethe*), erkannte die Prinzipien, die *G. S. Ohm* ↑ dann in seinem Gesetz zusammenfaßte, entdeckte 1801 die ultraviolette Strahlung.

Rittinger, Peter v., 1811 bis 1872, österreichischer Ingenieur, studierte zunächst Philosophie und Rechtswissenschaft, wechselte zur Physik, Mathematik und Bergbautechnik über. Er führte zahlreiche Verbesserungen der Erzaufbereitungsanlagen ein, entwarf Wassersäulenmaschinen und führte neuartige Maschinen, die ihm bei Auslandsreisen begegnet waren, in der Bergbautechnik ein: Turbinen, Ventilatoren, Einrichtungen zur Abdampfverwertung usw.

Rive s. De la Rive

Robert, Nicolas Louis, 1761 bis 1828, französischer Techniker. R. war erst Berufssoldat, nahm 1789 eine Anstellung in einer Papierfabrik an und erfand zusammen mit *Didot-Léger* (1769 bis 1829) die Rollenpapierfabrikation, die sich beide 1798 patentieren ließen.

Roberts, Richard, 1789 bis 1857, englischer Techniker, Sohn eines Schuhmachers, zunächst als technischer Zeichner, später als Modellmacher tätig. Er gründete 1828 mit einem Teilhaber eine Werkzeug- und Maschinenfabrik, ließ sich nach 1852 als beratender Ingenieur nieder.

R. verbesserte die »Mulemaschine« so, daß sie selbsttätig arbeitete. Er vervollkommnete aber auch mechanisch und handgetriebene Webstühle und Spinnmaschinen. Auch auf anderen Gebieten war R. als Erfinder tätig, z. B. auf dem der Dampfmaschinen, Dampfkessel und Dampflokomotiven. Er entwarf Buttermaschinen, Schlagmühlen, Rettungsboote, Maschinen für die Bearbeitung von Blechtafeln und Hobelmaschinen. R. erhielt über 30 Patente.

Rochon, Alexis Marie du, 1741 bis 1817, französischer Astronom und Theologe. Er erfand eine Graviermaschine und untersuchte Linsen und Linsenkombinationen für astronomische Fernrohre mit Hilfe selbst erdachter Meßeinrichtungen.

Roebuck, John, 1718 bis 1794, englischer Chemiker und Unternehmer, studierte zunächst Medizin und ließ sich in Birmingham als Arzt nieder. R. beschäftigte sich mit Fragen und Aufgaben der technischen Chemie. Er fand ein Verfahren, die Verluste bei der Silber- und Goldraffinerie durch Aufbereitung der Rückstände niedrig zu halten, und stellte Versuche an, Soda aus Kochsalz zu gewinnen. R. führte 1746 die Bleikammern als Reaktionsräume in die Schwefelsäureindustrie ein, wodurch der Preis der Schwefelsäure auf ein Viertel sank. Mit einem Teilhaber richtete R. 1749 eine Schwefelsäurefabrik ein.

R. baute auch das erste schottische Hüttenwerk, das in größerem Umfange mit Steinkohle statt mit Holzkohle arbeitete (1760).

Bei der Suche nach Wegen, die Schächte vor Wassereinbrüchen zu bewahren, kam R. mit *J. Watt* ↑ in Verbindung und unterstützte dessen Arbeiten.

Römer, Ole Christensen, 1644 bis 1710, dänischer Astronom, Mitglied der Akademie der Wissenschaften in Paris, wirkte als Mitarbeiter des italienischen Astronomen *G. D. Cassini* in Paris, anschließend als Professor für Mathematik und Sternwartendirektor in Kopenhagen. 1675 bestimmte er aus den Umlaufzeiten

der Jupitermonde erstmals die Lichtgeschwindigkeit und erhielt einen Wert, der dem wirklichen nahe liegt.

Roentgen, Gerhard Moritz, 1795 bis 1852, deutscher Techniker, in Holland als Marineoffizier ausgebildet. 1818 wurde er für mehrere Jahre nach England geschickt, um dort Schiffbau und Aussichten der Dampfmaschine für den Schiffsantrieb zu untersuchen. Seine daraus entstandene Denkschrift mit dem Vorschlag, Schiffe aus Eisen zu fertigen und Kriegsschiffe zu panzern, wurde als technisch unrealisierbar abgelehnt. 1824 nahm R. seinen Abschied und wurde technischer Leiter einer holländischen Dampfschiffahrtsgesellschaft, die bald eine eigene Reparaturwerkstatt einrichtete. Hier entwickelte und konstruierte R. eine Mehrfach-Expansionsmaschine (1829).

Er entwarf zahlreiche Flußdampfer, ab 1840 auch Kriegsschiffe für die Flotten verschiedener Länder, u. a. Rußlands.

Röntgen, Wilhelm Conrad, 1845 bis 1923, deutscher Physiker. Er besuchte das Polytechnikum in Zürich, wurde zunächst Maschinenbauingenieur und wandte sich dann der Physik zu. 1874 habilitierte er sich in Strasbourg. 1888 wurde er Nachfolger von *F. W. G. Kohlrausch* ↑ in Würzburg und erhielt 1900 eine Berufung an die Münchener Universität.

1895 entdeckte er die nach ihm benannten Strahlen. Er erforschte ihre Eigenschaften innerhalb kurzer Zeit mit großer Gründlichkeit und berichtete in mehreren Aufsätzen darüber. R. arbeitete aber auch über die spezifische Wärmekapazität von Gasen, über die Dehnung des Kautschuks, über die Drehung der Polarisationsebene durch Gase, den Kerreffekt, über Pyro- und Piezoelektrizität, über Elektrizitätsleitung in Kristallen und andere Themen und wies den Röntgenstrom (Polarisationsstrom im Dielektrikum) nach. 1901 erhielt er als erster den Nobelpreis für Physik.

Rois, Mirko, 1879 bis 1961, serbokroatischer Bauingenieur, studierte an der TH Hannover, war anschließend im Stahlhoch- und -brükkenbau ↑ in Deutschland und in der Schweiz tätig; 1929 bis 1949 Mitglied des Direktoriums der Eidgenössischen Materialprüfanstalt und Professor an der TH Zürich. R. führte bedeutende Versuche zur Klärung des Sicherheitsgrades und der Bruchgefahr von Stahlbetonkonstruktionen durch und entwickelte 1950 zusammen mit *M. Birkenmaier, A. Brandestini* und *K. Vogt* das BBTV-Spannverfahren.

Rosing, Boris Lwowitsch, 1869 bis 1933, russischer Physiker, Hochschullehrer in Leningrad, Fernsehpionier. Bereits 1907 erhielt er ein Patent auf einen elektrischen Fernseher, den er 1911 als arbeitsfähiges, mit einer Elektronenstrahlröhre ausgerüstetes Modell vorführte.

Rowland, Henry Augustus, 1848 bis 1901, nordamerikanischer Physiker und Hochschullehrer in Baltimore. Er arbeitete über Permeabilität und über elektromagnetische Schwingungen längs der Leiteroberflächen. Seine größten Leistungen lagen auf dem Gebiet der Spektroskopie. Er verbesserte die Beugungsgitter ↑ *J. Fraunhofers* ↑, indem er sie in Metallflächen ritzte (Reflexgitter, über 100000 Striche auf 20 cm), führte damit zahlreiche präzise Wellenlängenmessungen durch, veröffentlichte einen Atlas des Sonnenspektrums und wies nach, daß mechanisch bewegte elektrische Ladungen gleiche magnetische Wirkungen ausüben wie ein elektrischer Strom.

Royce, Frederic Henry Sir, 1863 bis 1933, englischer Techniker. Er begann seine Tätigkeit als Zeitungsverkäufer, wurde dann Telegrafist und Angestellter einer Elektrizitätsgesellschaft. 1884 gründete er eine Maschinenbauwerkstätte, in der er zunächst Elektromaschinen produzierte. 1904 entstand sein erster Zweizylinderkraftwagen. Mit *C. S. Rolls* als Geldgeber gründete er die Rolls-Royce-Ltd., die bes. durch den Bau von Luxusautomobilen, später auch durch Flugzeugmotoren, bekannt wurde.

Ruhmkorff, Heinrich Daniel, 1803 bis 1877, deutscher Techniker, erlernte das Drechslerhandwerk, beschäftigte sich zunehmend mit Aufgaben aus dem Gebiet der Feinmechanik. R. ließ sich in Paris nieder und gründete eine feinmechanische Werkstatt, die viele hervorragende Wissenschaftler mit Präzisionsgeräten belieferte.

Bes. den Funkeninduktor ↑ entwickelte R. weiter (1852). Er löste die Frage der Isolierung der Hochspannungswicklung und der Stromunterbrechung. Seine Induktoren fanden nicht nur Eingang in viele Laboratorien, sondern wurden auch zum Zünden von Minen und für die Zündung in Gasmotoren verwen-

det. Sie bewährten sich auch bei der Erforschung des Stromdurchgangs durch Gase und durch das Vakuum.

Rukop, Hans, 1883 bis 1958, deutscher Physiker, studierte Physik und Mathematik und promovierte mit einer Arbeit über »Elektrische Schwingungen sehr kleiner Wellenlänge«. R. beschäftigte sich ab 1914 vor allem mit der Entwicklung und Fertigung von Elektronenröhren ↑. Nahezu gleichzeitig mit *M. A. Bontsch-Brujewitsch* ↑ entwickelte er wassergekühlte Senderöhren.

Rumford, Graf (Sir Benjamin Thompson), 1753 bis 1814, nordamerikanischer Physiker, zunächst Kaufmann, gründete eine Privatschule, an der er selbst unterrichtete, befaßte sich mit naturwissenschaftlichen und medizinischen Studien, trat in das Heer ein. 1784 ging er nach Bayern, wo er geadelt (Graf Rumford) und Kriegsminister wurde. Sein bes. Interesse galt den Rüstungswerkstätten, aber auch sozialen Fragen (z. B. Errichtung von Manufakturen). Er bestimmte die Reibungswärme beim Ausbohren von Kanonenrohren und kam entgegen der herrschenden Meinung zu dem Schluß, daß Wärme eine Bewegungsart der Materie sei.

1799 übersiedelte er nach England, war Mitbegründer der Royal Institution und veröffentlichte seine Erkenntnisse. R. untersuchte die Heizwerte von Brennstoffen, die Wärmeübertragung und erfand ein Photometer (1794). 1812 wechselte er erneut seinen Wohnsitz und siedelte nach Paris über. Hier entstand u. a. sein unvollendet gebliebenes Werk »Über die Natur und die Wirkungen der Ordnung«.

Runge, Friedlieb Ferdinand, 1795 bis 1867, deutscher Chemiker, nach Apothekerlehre Medizinstudium, jedoch unter dem Einfluß *J. W. Döbereiners* ↑ Übertritt zur Chemie, 1819 Promotion über Probleme der Pflanzenchemie. Während seiner Tätigkeit als Hochschullehrer und Forscher isolierte R. Coffein und Chinin, fand Alizarin als färbenden Bestandteil der Krapp-Pflanze und entdeckte die desinfizierende Wirkung des Chlors. Außerdem befaßte sich R. auch mit chemisch-technischen Untersuchungen, in deren Verlauf er ein neues Verfahren zur Sodagewinnung zum Patent anmeldete sowie die Methoden der Färbereitechnik verbesserte.

1831 ging R. als Chemiker in die Industrie. Dort führten seine Untersuchungen über Verwertungsmöglichkeiten des Steinkohlenteers zu wichtigen Entdeckungen. R. isolierte daraus zahlreiche Verbindungen, wie Anilin, Phenol und Chinolin, und erkannte auch die Möglichkeiten ihrer Nutzung. Seine Vorschläge stießen bei den zuständigen Stellen jedoch auf kein Verständnis. Auch in Fachkreisen wurden seine Arbeiten anfänglich kaum beachtet. Erst *A. W. v. Hofmann* ↑ erkannte ihre Bedeutung und führte sie weiter. Das Kollegium der Londoner Weltausstellung 1862 verlieh R. in Anerkennung seiner Arbeiten zur Teerfarbenindustrie die Verdienstmedaille.

Runge, Wilhelm, 1895 bis 1987, deutscher Physiker, arbeitete bes. in der Funk- und elektronischen Industrie, wobei er sich bes. um einwandfreie Labormeßverfahren bemühte. Er untersuchte Anwendungen der HF-Technik auf technologischem Gebiet (HF-Wärme) und wandte sich später vor allem der Höchstfrequenztechnik (Radar, Richtfunkstrecken) zu.

Russel, John Scott, 1808 bis 1882, englischer Maschinenbauer, lernte in einer Maschinenwerkstatt, studierte in Edinburgh und Glasgow und promovierte bereits mit 16 Jahren. R. lehrte Physik, beschäftigte sich daneben mit der Wellenbewegung und dem Widerstand verschiedener Schiffsformen. Zahlreiche Schiffe wurden nach seinen Angaben gebaut, z. B. die »Wave« (1835), später mit *I. K. Brunel* ↑ die »Great Eastern«, aber auch Kriegs- und Trajektschiffe. An anderen ingenieurtechnischen Großbauten beteiligte er sich ebenfalls maßgeblich, z. B. am Bau der Kuppel des Wiener Ausstellungsgebäudes (1873).

Rutherford, Ernest Baron of Nelson, 1871 bis 1937, englischer Physiker, in Neuseeland geboren, studierte in England, später Hochschullehrer in Montreal (1898), Manchester (1907) und Cambridge (1919). Sein Hauptarbeitsgebiet war die Atomphysik. Er untersuchte die Radioaktivität ↑ und entdeckte die Alpha- und Betastrahlen sowie die Thoriumemanation. 1903 stellte er mit *F. Soddy* ↑ die Hypothese des Atomzerfalls auf, schuf 1911 das planetarische Atommodell ↑ und beobachtete 1919 die erste künstliche Kernumwandlung. 1908 erhielt er den Nobelpreis für Chemie.

Rydberg, Johannes Robert, 1854 bis 1919,

schwedischer Physiker, Hochschullehrer in Lund, arbeitete bes. über Spektren und fand eine Formel für Serien von Spektrallinien des Wasserstoffs mit der nach ihm benannten Konstante.

S

Sack, Rudolf, 1824 bis 1900, deutscher Landmaschinentechniker, besuchte eine Dorfschule, nahm im Winter Unterricht bei einem Landvermesser, ging ab 1842 auf verschiedene Gutsbetriebe. S. versuchte nach 1847, den für schwere Böden wenig geeigneten Holzpflug zu verbessern. Als Resultat mehrjähriger Arbeit entstand ein eiserner Pflug, der in England produziert und vor allem nach Rußland exportiert wurde. 1863 gründete S. eine eigene Fabrik bei Leipzig, die er sehr bald durch eine landwirtschaftliche Lehranstalt ergänzte. 1864 konstruierte S. die erste Reihensämaschine, die zwar noch von Hand geschoben, bald jedoch für den Gespannzug eingerichtet wurde.

S. ist einer der erfolgreichsten Konstrukteure der frühen deutschen Landmaschinenindustrie, bahnbrechend im Ersatz des Holzes durch Eisen und Stahl. S. konzentrierte sich auf wenige Zweige, wie Drill- und Hackmaschinen, Pflüge, bei denen er zahlreiche Details konstruktiv verbesserte und stets in enger Verbindung zur Praxis auf seiner seit 1878 geschaffenen Versuchsstation Kleinzschocher prüfte.

Saint-Venant, Adhémar Jean Claude Barré de, 1797 bis 1886, französischer Mathematiker, Schüler *C. L. M. H. Naviers* ↑. Seine Arbeiten zur Theorie der Balkenbiegung, Torsion und zu Stabschwingungen, zum Problem der wandernden Last, zur Verteilung der Elastizität um einen Punkt (Saint-Venantsches Prinzip) sind Grundlagen für Festigkeitsberechnungen von Bauteilen. Weitere wichtige Arbeiten S.-V.s sind die Spannungsbestimmungen in einem teilweise plastischen Zylinder, der auf Torsion oder Biegung beansprucht wird, und in einem vollkommen plastischen Rohr bei Innendruck.

Santos-Dumont, Alberto, 1873 bis 1932, brasilianischer Flugpionier. In Frankreich wandte er sich der Luftschiffahrt zu. Nach Freiballonversuchen konstruierte er sein erstes lenkbares Luftschiff ↑, dessen Probeflug 1898 stattfand. 1901 umflog er als erster mit einem Luftschiff den Eiffelturm, wofür er einen Preis von 100000 Francs erhielt. In der Folgezeit wandte sich S.-D. dem Flugzeugbau zu. Mit einem Doppeldecker (50 PS, etwa 37 kW) gelang ihm 1906 ein Flug von über 200 m Weite.

Sauvage, Frédéric, 1785 bis 1857, französischer Techniker. Er war einer der ersten, die sich mit der Untersuchung und Konstruktion von Schiffsschrauben ↑ beschäftigen.

Sauveur, Joseph, 1653 bis 1716, französischer Mathematiker und Physiker. S. war taub und bis zu seinem 7. Lebensjahr stumm. Schon als Kind zeigte er reges Interesse für die Mechanik. 1681 arbeitete er mit *E. Mariotte* ↑ zusammen. Er wurde Hochschullehrer für Mathematik, befaßte sich mit Befestigungstechnik und wurde 1696 Mitglied der französischen Akademie der Wissenschaften. Trotz seiner Taubheit arbeitete er vor allem auf dem Gebiet der Akustik. Er benutzte Schwebungen für Frequenzmessungen von Tonschwingungen, untersuchte Resonanzprobleme und Oberschwingungen, gab erstmals Hörbarkeitsgrenzen des Ohres nach Schwingungszahlen an.

Savart, Félix, 1791 bis 1841, französischer Wissenschaftler, zunächst Arzt, dann Professor der Physik in Paris. S. befaßte sich mit den Vorgängen beim Hören und mit anderen akustischen sowie optischen Problemen. Später arbeitete er auf dem Gebiet des Elektromagnetismus und fand zusammen mit *J. P. Biot* ↑ das nach beiden benannte Gesetz.

Savery, Thomas, um 1650 bis 1715, englischer Techniker. Die Angaben über S.s Lebensweg weichen stark voneinander ab. Nach manchen Quellen war er im Bergbau tätig, nach anderen war sein Hauptberuf die Militärtechnik. 1696 erhielt er ein Patent auf eine Schleif- und Poliermaschine für Glas und Marmor. Er gab einen Schaufelradantrieb für Schiffe und Vorrichtungen für das schnellere Laden von Schiffsgeschützen an. Auch einen kontinuierlich arbeitenden Backofen erfand er.

Bekannt wurde S. bes. durch seine »Feuermaschine«, eine Dampfpumpe als Vorläufer der Dampfmaschine ↑. Sie wies jedoch zahlreiche Mängel auf, so daß ihre Anwendung

sehr begrenzt blieb. S. soll um 1700 eine eigene Fabrik zur Herstellung seiner Dampfpumpen besessen haben.

Scheele, Carl Wilhelm, 1742 bis 1786, durch zahlreiche wichtige Arbeiten und Entdeckungen bekannt gewordener schwedischer Apotheker und Chemiker. Er veröffentlichte 1768 eine Abhandlung über die Oxalsäure, fand den Phosphorgehalt von Knochen, 1771 die Fluorwasserstoffsäure und 1773 den Sauerstoff. Er entdeckte (teilweise zusammen mit *J. G. Cahn*) Stickstoff, Chlor, Glycerol, Wolfram, Mangan und Molybdän.

Scheiner, Christoph, 1575 bis 1650, deutscher Gelehrter, Jesuit, betätigte sich als Mathematiker und Astronom. 1603 erfand er den Storchschnabel ↑, 1611 beobachtete er die Sonnenflecken und schloß daraus auf die Rotation der Sonne, was dem kirchlichen Dogma widersprach. Er benutzte geschwärztes Glas für seine Beobachtungen, baute nach *J. Keplers* ↑ Idee ein Fernrohr ↑ und projizierte das Sonnenbild auf eine Fläche hinter dem Okular. 1629 beobachtete er die Sonnenprotuberanzen und versuchte, sie zu erklären.

Scherrer, Paul, 1890 bis 1969, schweizerischer Physiker, entwickelte mit *P. J. W. Debye* ↑ die Röntgenstrukturanalyse weiter.

Schichau, Ferdinand, 1814 bis 1896, deutscher Techniker, besuchte das Gewerbeinstitut in Berlin und ging anschließend nach England, um den englischen Maschinenbau kennenzulernen. Nach der Rückkehr gründete er eine Maschinenbauanstalt, die bes. als Werft bekannt wurde. 1855 vollendete Sch. den ersten in Preußen gebauten Schraubendampfer; in der Folgezeit profitierte er vor allem von Kriegsschiffbauten, aber auch von Lokomotiven. Sch. verbesserte die Schiffsmaschinen. 1878 baute er die erste deutsche Verbundmaschine für ein Kanonenboot, 1883 eine Dreifachexpansionsmaschine für Passagierdampfer, später Vierfachexpansionsmaschinen.

Schickardt, Wilhelm, 1592 bis 1635, deutscher Gelehrter, Professor der biblischen Sprachen, später der Astronomie in Tübingen. Er baute vor 1623 eine mit Übertragungswerk ausgestattete Rechenmaschine, die automatisch addierte und subtrahierte und unter Mitverwendung von drehbaren Zahlenzylindern auch das Multiplizieren und Dividieren ermöglichte. Er schuf damit die erste bekannt gewordene Rechenmaschine überhaupt.

Schilder, Alexander Andrejewitsch, 1785 bis 1854, russischer Ingenieuroffizier, im Pionierdienst und Befestigungswesen der russischen Armee tätig. Er erfand Einrichtungen zur elektrischen Zündung von Minen und transportable Drahtseilbrücken. Er baute zwei funktionstüchtige Unterseeboote. Sie wurden durch Ruder und durch Segel fortbewegt, doch dachte Sch. bereits an einen Elektroantrieb. Zum Tauchen dienten Tanks, Laufgewichte und Schiffsschrauben. Zur Lüftung wurden Ventilatoren eingesetzt, außerdem waren die Boote mit ausfahrbaren Periskopen ausgestattet. 1834 war das erste, 1835 das zweite Boot fertiggestellt. Obwohl die Boote die geforderten Manöver und Versuche zufriedenstellend ausführten, ließ der Zar die Arbeiten einstellen.

Schilling, Paul v. Cannstadt, 1786 bis 1837, deutsch-russischer Physiker, war russischer Diplomat in München, wurde Mitglied der Petersburger Akademie. Er machte 1809 auf die elektrische Leitfähigkeit des Erdbodens aufmerksam, verwendete 1812 Elektrizität zum Minenzünden, wandte sich später der Telegrafie ↑ zu. 1833 konstruierte er einen mit fünf Magnetnadeln ausgerüsteten Telegrafen. Dieser stieß im zaristischen Rußland und in Deutschland auf wenig Interesse, jedoch kehrten seine Grundgedanken in verschiedenen Telegrafen von Sch.s Nachfolgern wieder.

Schlickeysen, Carl, 1824 bis 1909, deutscher Maschinenbauer, war bes. auf dem Gebiet der Ton- und Ziegelindustrie erfolgreich tätig. S. erhielt 1854 ein Patent auf die Schneckenpresse zur Tonbearbeitung, verbesserte um 1865 entscheidend die Ziegelpresse, entwikkelte Torfpressen und Verfahren zur Herstellung von Dränröhren.

Schlömilch, Wilhelm, 1870 bis 1939, deutscher Hochfrequenztechniker. Sch., als Ingenieur bei der Firma Telefunken tätig, ist bes. durch die Entwicklung der Schlömilchzelle bekannt geworden. Sie war einer der ersten Detektoren für elektromagnetische Wellen und übertraf den vorher benutzten Kohärer an Empfindlichkeit. Daneben ersann Sch. zahlreiche Verbesserungen für Empfängerschaltungen.

Schmidt, Gustav, 1826 bis 1883, österreichi-

scher Bergbaufachmann. Nach technischen Studien in Wien, die er durch Teilnahme an Vorlesungen über Mathematik, Physik und Chemie vertiefte, war S. zunächst im Bergbauwesen tätig. 1864 übernahm er eine Professur für Bergbautechnik in Prag. Er arbeitete vor allem auf dem Gebiet der technischen Wärmelehre, stellte zahlreiche Untersuchungen über Dampfmaschinen, Bewetterungsfragen und die Festigkeit von Förderseilen an und befaßte sich auch mit elektrischer Kraftübertragung.

Schmidt, Wilhelm, 1858 bis 1924, deutscher Ingenieur. Er erlernte das Schlosserhandwerk, bildete sich in seiner Freizeit weiter, war in mehreren Maschinenfabriken tätig und ließ sich später als selbständiger Ingenieur nieder. S. war bes. um die Verbesserung von Wärmekraftmaschinen bemüht. Er arbeitete an der Konstruktion von Heißluftmotoren ↑ – jedoch ohne entscheidenden Erfolg –, wandte sich dann Dampfmaschinen zu, die mit überhitztem Dampf gespeist wurden. 1892 trat er damit an die Öffentlichkeit. S.s Maschinen wurden u. a. für Lokomotiven ↑ benutzt. Er arbeitete auch an Hochdruckdampfmaschinen und Verbrennungsmotoren.

Schöffer, Peter, etwa 1425 bis etwa 1502, deutscher Buchdrucker, zunächst Mitarbeiter *J. Gutenbergs* ↑. S. tat sich 1445 mit *Gutenbergs* Geldgeber *J. Fust* zusammen, der sein Schwiegervater wurde, und gründete eine eigene Druckerei. Auch mehrere Druckschriften entwickelte er (Druckverfahren ↑).

Schönbein, Christian Friedrich, 1799 bis 1868, deutscher Chemiker, trat zuerst als Lehrling in eine chemische Fabrik ein, war danach in mehreren Chemiebetrieben tätig. 1821 ging S. nach Tübingen, dann nach Erlangen zum Physik- und Chemiestudium. Er unterrichtete später Chemie in Deutschland und England. 1829 wurde er nach Basel berufen, wo er 1835 zum Professor für Chemie und Physik ernannt wurde. S. verfaßte mehr als 300 wissenschaftliche Abhandlungen. Von seinen Forschungen sind bes. die Erfindung der Schießbaumwolle und des Collodiums bekannt geworden. Auch die Entdeckung des Ozons geht auf S. zurück.

Schorlemmer, Carl, 1834 bis 1892, deutscher Chemiker, besuchte eine Höhere Gewerbeschule und durchlief eine Lehre als Apotheker. S. hörte später Vorlesungen bei *R. W. Bunsen* ↑, studierte in Gießen Chemie und setzte seine Studien in England fort. 1873 wurde er Dozent, 1874 Professor für organische Chemie. S. untersuchte zahlreiche organische Verbindungen und schrieb Abhandlungen über Fragen der organischen Chemie, gab auch Lehrbücher heraus.

S. war mit *Marx* und *Engels* befreundet und aktives Mitglied der Sozialdemokratischen Partei. Seine Arbeit »Ursprung und Entwicklung der organischen Chemie« behandelte die Geschichte der Chemie in ihren gesellschaftlichen und ökonomischen Zusammenhängen.

Schott, Friedrich Otto, 1851 bis 1935, deutscher Chemiker und Glastechniker, besuchte eine Gewerbeschule, studierte anschließend in Aachen. 1879 experimentierte er mit lithiumhaltigem Glas, dessen Proben er *E. Abbe* ↑ zur Untersuchung der optischen Eigenschaften nach Jena sandte. *Abbe* teilte ihm die Anforderungen an optische Gläser mit, die S. verwirklichte.

Mit staatlicher Unterstützung gründete er 1882 ein glastechnisches Laboratorium, aus dem unter Teilhaberschaft von *Abbe* und *Zeiß* ↑ das Jenaer Glaswerk Schott & Genossen (1884) hervorging. S. entwickelte viele Spezialgläser, z. B. Thermometer- und Gerätegläser, optische Gläser, vor allem das »Jenaer Glas«.

Schottky, Walter, 1886 bis 1976, deutscher Physiker, Schüler *M. Plancks* ↑, promovierte 1912, war anschließend zwei Jahre in Jena tätig. Während des ersten Weltkrieges leitete er das nachrichtentechnische Laboratorium der Firma *Siemens & Halske.* 1920 habilitierte er sich in Würzburg auf dem Gebiet der theoretischen Physik, war anschließend dort und in Rostock als Hochschullehrer, seit 1927 wieder in der Industrie tätig.

S.s Hauptleistungen liegen auf dem Gebiet der Elektronenröhren und der Halbleitertechnik, deren Gesetzmäßigkeiten er auch rechnerisch behandelte. Er arbeitete über das »Röhrenrauschen« und entwickelte die Schirmgitterröhre. Für die Halbleitertechnik wurden besonders seine Untersuchungen zum Leitungsmechanismus und zu Vorgängen an Sperrschichten wichtig.

Schrödinger, Erwin, 1887 bis 1961, österrei-

chischer Physiker, Hochschullehrer in Österreich, Deutschland, der Schweiz und Irland. S. mußte wegen faschistischer Verfolgung 1933 aus Berlin und 1938 aus Graz emigrieren; 1956 kehrte er nach Österreich zurück. Anknüpfend an Arbeiten *L.-V. de Broglies* ↑ entwickelte er 1926 die Wellenmechanik (Schrödinger-Gleichung). 1933 wurde S. gemeinsam mit *P. A. M. Dirac* ↑ mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet.

Schröter, Fritz, 1886 bis 1973, deutscher Physiker und Hochfrequenztechniker, studierte Physik und Chemie, war seit 1920 auf dem Gebiet der Hochfrequenztechnik tätig. S. leistete Pionierarbeit bei der Entwicklung des Fernsehens. Er erkannte, daß Fernsehübertragungen nur auf Ultrakurzwellen sinnvoll sind, arbeitete – wie auch *M. v. Ardenne* ↑ – an der Ablösung mechanischer Fernsehverfahren durch elektronische, verbesserte die Bildaufnahme- und -wiedergabeverfahren und schlug das heute allgemein eingeführte Zeilensprungverfahren vor.

Schubert, Johann Andreas, 1808 bis 1870, deutscher Techniker und Hochschullehrer, studierte Mathematik und wurde 1832 zum Professor an der Technischen Bildungsanstalt und an der Bauschule in Dresden ernannt. S. erwarb sich große Verdienste bei der Gestaltung eines effektiven technischen Unterrichts und arbeitete entscheidend an Lehrbüchern und Anschauungsmitteln mit. Auf seine Anregung hin wurde bei Dresden eine Maschinenbauanstalt gegründet, deren Leitung er übernahm. Dort wurden u. a. Elbdampfer gebaut. Für die 1839 eröffnete Bahn Dresden–Leipzig baute S. die erste deutsche Vollspurlokomotive; er entwarf die Göltzschtal-Eisenbahnbrücke, mit 580 m eine der längsten Steinbrükken und noch heute in Betrieb.

Schuckert, Johann Siegmund, 1846 bis 1895, deutscher Elektrotechniker und Unternehmer. S. lernte als Feinmechaniker und trat dann als Werkmeister in eine Nürnberger Telegrafenbauanstalt ein. Er arbeitete ab 1869 mehrere Jahre in den USA, u. a. bei *T. A. Edison* ↑. 1873 gründete er in Nürnberg eine Werkstatt, die sich zunächst mit der Reparatur feinmechanischer Instrumente befaßte.

1874 wandte sich S. dem Bau elektrischer Maschinen zu. Er konstruierte Dynamomaschinen und Bogenlampen, löste das Problem des Zusammenschaltens von Bogen- und Glühlampen, nahm die Fertigung von Elektromotoren auf und ging zum Bau elektrischer Kraftübertragungseinrichtungen über. Die 1882 auf der Münchener Elektrizitätsausstellung vorgeführte Übertragungsanlage stammte von S. 1887 begann er mit dem Bau von Kraftwerken, u. a. in Hamburg, Bremen, Hannover und Lübeck.

S. entwickelte den Pufferbetrieb und förderte das sog. Dreileitersystem. 1903 wurde das inzwischen bedeutend erweiterte Schukkertsche Unternehmen mit der Firma *Siemens* ↑ vereinigt.

Schütte, Johann, 1873 bis 1940, deutscher Techniker, beschäftigte sich mit Fragen der Luftfahrt und konstruierte Luftschiffe ↑ mit einem Gerippe aus hölzernen Leisten. Sie bewährten sich jedoch wegen zu geringer mechanischer Widerstandsfähigkeit nicht.

Schwartzkopf, Louis, 1825 bis 1892, deutscher Maschinenbauer, studierte am Berliner Gewerbeinstitut und arbeitete danach in der Firma *Borsig* ↑. Eine kurze Tätigkeit als Lokomotivführer schloß seine Ausbildung ab. 1852 gründete er in Berlin eine Maschinenfabrik und Eisengießerei. Er produzierte Grubenventilatoren, Pumpen, Dampfhämmer und Kräne, richtete Artilleriewerkstätten und eine Gewehrfabrik in Spandau ein und versuchte sich an der Konstruktion von Torpedos. Um die Mitte der sechziger Jahre nahm er die Produktion von Lokomotiven auf. 1870 wurde seine Fabrik in eine Aktiengesellschaft umgewandelt, deren Leitung er übernahm. Sie führte in zunehmendem Maße Rüstungsaufträge aus.

Schweigger, Johann Salomon Christoph, 1779 bis 1857, deutscher Physiker, nach Studium als Gymnasiallehrer ab 1817 als Hochschullehrer in Erlangen und Halle tätig. Er gilt als einer der Erfinder der Spule (1820) zur Verstärkung elektromagnetischer Wirkungen und gab den »Multiplikator« an. Er leitete wissenschaftliche Zeitschriften als Herausgeber und veröffentlichte mehrere Bücher über die Geschichte der Naturwissenschaften.

Schwilgué, Jean Baptiste, 1776 bis 1856, französischer Techniker und Feinmechaniker. S. erwarb sich im Selbststudium so umfangreiche Kenntnisse, daß er nicht nur eine Uhrmacherwerkstatt betreiben, sondern auch als Gymnasiallehrer Mathematik unterrichten

konnte. Eines seiner Lieblingsprobleme war die Wiederherstellung der astronomischen Uhr am Münster von Strasbourg. Nach mehr als fünfzehnjährigen Vorstudien ging er an die Arbeit, die er erfolgreich abschloß. 1842 konnte die Uhr wieder in Betrieb genommen werden.

1827 hatte er mit *F. Rollé* eine Waagenfabrik gegründet, bes. die Brückenwaagen verbesserte er erheblich. 1843 gründete er eine Fertigungsstätte für Präzisionsuhren und -instrumente. 1844 erhielt er ein Patent auf einen Umdrehungszähler.

Seaborg, Glenn Theodore, geb. 1912, nordamerikanischer Physikochemiker, Hochschullehrer. Er entdeckte 1940 das Plutonium, untersuchte die Möglichkeiten seiner Gewinnung und arbeitete Verfahren zur Untersuchung radioaktiver Stoffe aus. Zusammen mit Mitarbeitern entdeckte er 1944 die Elemente Curium und Americium, 1950 Berkelium und Californium, 1955 Mendelevium. 1951 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Sedow, Leonid Iwanowitsch, geb. 1907, sowjetischer Raumfahrtwissenschaftler, war Hochschullehrer, befaßte sich zunächst mit Hydrodynamik, später zunehmend mit aerodynamischen Problemen. S. wandte sich dann vor allem der Raumfahrt ↑ zu und ist an den Erfolgen der sowjetischen Raumforschung und -technik maßgeblich beteiligt. 1959 wurde S. zum Präsidenten der Internationalen Astronautischen Föderation gewählt. Staatspreisträger.

Seebeck, Thomas Johann, 1770 bis 1831, deutscher Physiker, war zunächst als Mediziner tätig. S. arbeitete über Farben sowie Wärmestrahlung und Polarisation des Lichts und entdeckte 1822 die Thermoelektrizität. Er stellte die Thermospannungsreihe auf.

Seger, Hermann August, 1839 bis 1893, deutscher Chemiker. Auf Studienreisen im In- und Ausland und durch eigene Experimente gewann er umfassende Kenntnisse der Technologie der keramischen Industrie. 1878 übernahm er die Leitung der chemisch-technischen Versuchsanstalt der Königlichen Porzellanmanufaktur in Berlin. Hier untersuchte er die Ausgangsstoffe für Steingut und Porzellan und ihre zweckmäßige Mischung, den Einfluß der Ofengase u. a. Er schuf die Segerkegel zur Abschätzung der Temperatur im Brennofen und das Segerporzellan und veröffentlichte grundlegende Arbeiten über die Konstitution der Tone, Glasuren usw.

Segner, Johann Andreas v., 1704 bis 1777, in Bratislava geboren, Arzt und Physiker. S. studierte nach kurzer Tätigkeit als Arzt Mathematik und Naturwissenschaften, erhielt 1733 eine Professur für Philosophie in Jena, übersiedelte 1735 als Hochschullehrer für Mathematik und Naturlehre nach Göttingen. Er schrieb zahlreiche medizinische, physikalische und mathematische Abhandlungen und arbeitete vor allem auf dem Gebiet der Hydrodynamik. Er gab das nach ihm benannte, auf der Rückstoßwirkung beruhende Wasserrad (angewandt z. B. bei rotierenden Rasensprengern) an. Später ging er als Professor nach Halle.

Séguin, Marc, 1786 bis 1875, französischer Techniker, Neffe der Gebrüder *Montgolfier* ↑. S. baute 1820 die erste Hängebrücke, war anschließend im Bahnbau tätig. Er erfand den Rauchröhrenkessel für Lokomotiven (1828 patentiert), untersuchte Probleme der Dampfschiffahrt und theoretische Fragen der Wärmetechnik.

Selinski, Nikolai Dmitrijewitsch, 1861 bis 1953, sowjetischer Chemiker, Hochschullehrer, Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, arbeitete vor allem auf dem Gebiet der Erdölchemie. S. isolierte aus dem Erdöl wichtige Ausgangsstoffe für Plaste, Farben und andere Produkte, arbeitete Verfahren aus, durch die die Benzinausbeute bei der Erdöldestillation erhöht wurde.

Semjonow, Nikolai Nikolajewitsch, geb. 1896, sowjetischer Physiker und Chemiker, Mitglied und Institutsdirektor der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. S. arbeitete bes. über Verbrennungs- und Explosionserscheinungen sowie über Kettenreaktionen. Erhielt den Staatspreis 1941, den Nobelpreis für Physik 1956.

Senefelder, Alois, 1771 bis 1834, deutscher Techniker, in Prag geboren, Sohn eines Schauspielers, wurde zunächst Jurist, mußte aber den Beruf aus finanziellen Gründen aufgeben. Er versuchte sich vergebens als Schauspieler und Bühnenautor. Auch seine Absicht, eigene Schauspiele selbst zu drucken und zu verkaufen, war wegen der teuren Werkstattausrüstung zunächst nicht zu verwirklichen. S.

experimentierte daher mit einem neuen Verfahren, wobei er mit fetthaltiger Tinte auf Kupferplatten seitenverkehrt schrieb und die Platte anschließend abätzte. Später benutzte er statt Kupfer den billigeren Solnhofener Schiefer und wurde, sein Verfahren ständig verbessernd, zum Begründer der Lithographie (1796/98). S. baute im Auftrag eines Offenbacher Druckers eine lithographische Anstalt auf. 1806 ging er nach Wien und wandte die Lithographie auf den Zeugdruck an. Auch bei der Herstellung präziser Landkarten bewährte sich sein Verfahren (Druckverfahren ↑).

1818 veröffentlichte S. ein Lehrbuch des Steindrucks. Später befaßte er sich damit, Ölgemälde durch Druck zu vervielfältigen. Diese Arbeiten konnte er jedoch nicht mehr abschließen.

Sennert, Daniel, 1572 bis 1637, Professor der Medizin in Wittenberg, neigte zur Lehre des *Paracelsus* ↑, lehnte aber ihre teilweise mystischen Spekulationen ab. S. untersuchte Erscheinungen des Lösens, des Verdampfens, des Sublimierens und entwickelte daraus eine Hypothese von Atomen und Molekülen. Er starb an der Pest.

Serpollet, Léon, 1859 bis 1907, französischer Techniker. S. bemühte sich um die Konstruktion technisch brauchbarer Dampfwagen ↑. 1883 konstruierte er dampfgetriebene Dreiräder, später Vierradwagen, mit denen auch erfolgreiche Fahrten über längere Strecken durchgeführt wurden. Da S.s Wagen sehr schwer waren, entwarf er in der Folgezeit vorwiegend Lastwagen und Omnibusse. Sie wurden einige Zeit in Pariser Vororten eingesetzt.

Sertürner, Friedrich Adolf, 1783 bis 1841, deutscher Apotheker. 1805 entdeckte er bei Untersuchungen des Opiums das Alkaloid Morphin, das seitdem in zahlreichen Zusammensetzungen als schmerzlinderndes Mittel bekannt wurde.

Shannon, Claude Elwood, geb. 1916, nordamerikanischer Mathematiker, arbeitet vor allem auf dem Gebiet der Informationstheorie, an deren Ausarbeitung er wesentlichen Anteil hat. Bes. sein »Abtasttheorem« erwies sich als wichtig für die Nachrichtentechnik.

Shockley, William, geb. 1910, englischer Physiker, lebt in den USA. Zusammen mit *J. Bardeen* ↑ und *W. H. Brattain* ↑ entwickelte er den Transistor ↑ und erhielt zusammen mit ihnen 1956 den Nobelpreis für Physik.

Shukowski, Nikolai Jegorowitsch, 1847 bis 1921, russischer Wissenschaftler, einer der Begründer der Hydro- und Aerodynamik. S. rief 1904 das erste aerodynamische Institut Europas ins Leben, leitete ab 1918 das von der Sowjetmacht geschaffene »Zentrale Aero- und Hydrodynamische Institut«, wurde durch zahlreiche Arbeiten auf dem Gebiet der Theorie der Luftfahrt bekannt. Er arbeitete erfolgreich auf den Gebieten der Astronomie, Mechanik und Mathematik.

Siedentopf, Henry, 1872 bis 1940, deutscher Physiker, trat 1899 als wissenschaftlicher Mitarbeiter in die Zeißwerke in Jena ein. Nach 1900 entwickelte er zusammen mit *R. A. Zsigmondy* das Ultramikroskop. Seit 1919 war er an der Universität Jena als Hochschullehrer tätig. Er verfaßte zahlreiche Arbeiten über Mikroskopie und Mikrokinematographie.

Siedersleben, Wilhelm, 1835 bis 1892, deutscher Landmaschinentechniker, Sohn eines Landwirts und Branntweinbrenners, richtete nach dem Studium in England eine kleine Werkstatt auf dem väterlichen Hof ein (1856). Dort entstanden der erste Rübenheber und später Geräte zur Bodenbearbeitung, Hack- und Drillmaschinen. 1853 baute er die erste »Spezial-Zuckerrüben-Drillmaschine« mit 12 Fuß (3,76 m) Arbeitsbreite.

1867 begann S., die von ihm konstruierten Maschinen fabrikmäßig zu produzieren. Er schuf im gleichen Jahr die erste Drillmaschine mit über 2 m Arbeitsbreite in der Geschichte der Landtechnik. Gegenüber anderen Drillmaschinen zeichnete sie sich durch das Einheits-Särad, mit dem fast alle landwirtschaftlichen Saaten ausgebracht werden konnten, das vielstufige Stellwerk und die Momententleerung aus.

1861 entwickelte S. einen Rübenroder, 1862 einen Getreidemäher und 1867 einen Düngerstreuer, dessen Streumechanismus eine Kombination von Streutrommel und Rührfinger darstellte.

Siemens, Friedrich, 1826 bis 1904, deutscher Techniker, Bruder von *Werner Siemens* ↑. S. übersiedelte nach mathematischen und naturwissenschaftlichen Studien nach England. 1856 entwickelte er den Flammofen mit Regenerativfeuerung, in dem *P. Martin* ↑ 1864 herd-

gefrischten Stahl schmolz. Später kehrte er nach Deutschland zurück.

S. wandte sein Verfahren auch mit Erfolg in der Glasindustrie an, erfand einen Ofen zur Feuerbestattung, arbeitete über Preßglas und Methoden der Gasheizung.

Siemens, Werner (seit 1888 v.), 1816 bis 1892, deutscher Techniker und Unternehmer. S. wurde Artillerieoffizier, besuchte die Ingenieur- und Artillerieschule in Berlin, befaßte sich frühzeitig mit kleineren Erfindungen, trat 1840 mit einem Verfahren zur galvanischen Vergoldung hervor.

1846 wandte er sich der elektrischen Telegrafie zu. Sein Zeigertelegraf war den Modellen anderer Firmen überlegen und wurde bei der ersten staatlichen preußischen Telegrafenlinie eingeführt. 1847 gründete S. mit *G. Halske* ↑ die Firma Siemens & Halske; wenig später erfand er eine Presse zur nahtlosen Guttaperchaumhüllung von Telegrafenleitungen, 1849 schied er aus der Armee aus. In der Folgezeit war er weiter um Verbesserungen der Telegrafie bemüht, erfand u. a. den Doppel-T-Anker (1886) für Elektromaschinen und war maßgeblich am Bau der Indo-Europäischen Telegrafenlinie beteiligt (1870 in Betrieb genommen).

Die folgenreichste Leistung von S. ist die Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips. Im Januar 1867 berichtete er darüber in den Monatsberichten der Berliner Akademie der Wissenschaften. Damit fielen die Schranken, die der Elektrotechnik bisher durch das Fehlen leistungsfähiger und ökonomischer Stromquellen gesetzt waren. Eine rasche Entwicklung der Elektroenergietechnik setzte ein. S. hatte auch hieran Anteil. Er produzierte Dynamomaschinen, zeigte auf der Berliner Gewerbeausstellung 1879 elektrisch angetriebene Werkzeugmaschinen sowie die erste elektrische Bahn und war an der Einrichtung von Kraftwerken und Straßenbahnen beteiligt.

S. förderte auch die für Produktion und Betrieb elektrischer Geräte nötige Meßtechnik und setzte sich für eine einheitliche Patentgesetzgebung ein.

S. leitete und kontrollierte als kapitalistischer Unternehmer Werke im In- und Ausland. Die Firma entwickelte sich zu einem der größten Elektrizitätskonzerne.

Siemens, William Sir, 1822 bis 1883, deutscher Techniker, Bruder von *Werner S.* ↑, übersiedelte 1842 nach England. Er benutzte die Regenerativfeuerung zur Dampferzeugung und zur Erzielung höherer Temperaturen bei Schmelzöfen. S. konstruierte eine Regenerativdampfmaschine (1854), einen Differentialregler für Dampfmaschinen und einen Meerestiefenmesser. Er arbeitete mit seinem Bruder *Werner S.* über Fragen der Kabel- und der Unterwassertelegrafie und konstruierte 1879 den ersten Elektrostahlofen.

Sigl, Georg, 1811 bis 1887, österreichischer Maschinenbauer und Erfinder, arbeitete nach seiner Lehre als Schlosser in einer Fabrik für Druckschnellpressen. 1840 gründete er in Berlin eine Maschinenfabrik, die sich vor allem mit der Produktion der von S. mehrfach verbesserten Schnellpressen befaßte. 1846 übernahm er eine Schnellpressenfabrik in Wien. Das Unternehmen entwickelte sich zu einer der größten Maschinenfabriken Österreichs und produzierte auch Dampfmaschinen, Pumpen, Werkzeugmaschinen, Kessel usw. Später übernahm S. noch eine Lokomotivenfabrik.

Sikorski, Igor Iwanowitsch, 1889 bis 1965, in Rußland geborener Flugzeugtechniker. S. konstruierte mehrere Großflugzeuge, verließ nach der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution seine Heimat und übersiedelte in die USA, wo er ein Flugzeugwerk gründete und zunächst mehrmotorige Flugboote, später vor allem Hubschrauber konstruierte.

Simpson, James Young, 1811 bis 1870, englischer Mediziner, führte 1847 das Chloroform als Anästhetikum in die Medizin ein.

Singer, Isaac Merrit, 1811 bis 1873, nordamerikanischer Techniker. S. untersuchte die vorhandenen Nähmaschinensysteme, analysierte ihre Mängel und entwarf Nähmaschinen ↑, die erstmals den selbsttätigen Stofftransport übernahmen. Er gründete eine Nähmaschinenfabrik. Sobald diese Gewinn abzuwerfen begann, wurde S. in mehrere Patentprozesse (vor allem gegen *E. Howe* ↑) verwickelt. Trotzdem gelang es ihm, seine Nähmaschine durchzusetzen.

Sinin, Nikolai Nikolajewitsch, 1812 bis 1880, russischer Chemiker und Hochschullehrer in Kasan und Petersburg, arbeitete vorwiegend auf dem Gebiet der organischen Chemie, synthetisierte zahlreiche organische Verbindungen. Seine wichtigste Leistung ist die Darstel-

lung des Anilins durch Reduktion von Nitrobenzen (1841).

Sinsteden, Wilhelm Josef, 1803 bis 1891, deutscher Arzt, stellte Untersuchungen auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre an. Er konstruierte Induktoren, Selbstunterbrecher und einen der ersten Wechselstrommotoren. Er fand das Prinzip des Bleiakkumulators (1854), das später von *G. R. Planté* ↑ weiterentwickelt wurde (Akkumulator ↑).

Skladanowsky, Max, 1863 bis 1939, deutscher Filmpionier. Mit dem von ihm konstruierten »Bioskop« wurden erstmals in Deutschland (1895) Filme vorgeführt (Filmtechnik ↑).

Skoda, Emil v., 1839 bis 1900, tschechoslowakischer Techniker. Nach Beendigung seines Studiums an der TH Prag sowie in Stuttgart arbeitete er als Ingenieur in mehreren deutschen Maschinenfabriken, u. a. im Magdeburger Grusonwerk. 1866 übernahm S. die Leitung einer Maschinenfabrik in Pilsen, die er zwei Jahre später kaufte. In relativ kurzer Zeit erweiterte S. diesen Betrieb zur wichtigsten Maschinen- und Rüstungsfabrik der ehemaligen Habsburger Monarchie. 1899 wurde das Unternehmen in eine Aktiengesellschaft umgewandelt. Heute sind die ehemaligen Skodawerke Volkseigentum.

Slaby, Adolf, 1849 bis 1913, deutscher Ingenieur und Hochfrequenztechniker, habilitierte sich 1876 in Berlin, wurde 1883 als Professor an die Technische Hochschule Charlottenburg berufen und richtete dort das elektrotechnische Laboratorium ein. S. arbeitete zunächst über Gaskraftmaschinen. Bald jedoch wandte er sich der Elektrotechnik zu. Nach den Funkversuchen von *G. Marconi* ↑ am Bristolkanal spezialisierte er sich auf die Hochfrequenztechnik. Er experimentierte zunächst im Labor, später in der Umgebung Berlins (1897). Zusammen mit *G. v. Arco* ↑ entwickelte er das Funktelegrafensystem Slaby-Arco, erfand einen Wellenmesser, untersuchte die Fortpflanzung elektromagnetischer Wellen an Drahtleitungen und veröffentlichte zahlreiche Arbeiten über drahtlose Telegrafie.

Slawjanow, Nikolai Gawrilowitsch, 1854 bis 1897, russischer Elektroingenieur. Er erfand das nach ihm benannte Lichtbogen-Schweißverfahren ↑. Es wurde auf der Weltausstellung 1893 mit einer Goldmedaille ausgezeichnet und verbreitete sich rasch.

Smeaton, John, 1724 bis 1792, englischer Techniker. S. sollte Jurist werden, interessierte sich jedoch mehr für Naturwissenschaften und Technik und baute bereits als Junge funktionsfähige Maschinenmodelle. Nach mehrjähriger Tätigkeit in einem Anwaltsbüro trat er in eine Feinmechanikwerkstätte ein. 1750 gründete er eine Werkstatt für wissenschaftlich-technische Instrumente. Auf diesem Gebiet und als Maschinenbauer leistete er Hervorragendes. Er entwarf und konstruierte Dampf- und Werkzeugmaschinen, Pumpen, Wasser- und Windmühlen. Auch an der Verbesserung der englischen Wasserstraßen, an Brücken, Hafen- und Leuchtturmbauten war S. leitend beteiligt. 1769 wurden die von ihm vorgeschlagenen Zylindergebläse für Hochöfen eingeführt.

Smith, James, 1779 bis 1850, englischer Techniker, nach dem Studium an der Universität Glasgow im Alter von 18 Jahren leitender Mitarbeiter in den Deanstone (Baumwoll)-Werken. Erfand 1811 eine erste Mähmaschine ↑, bewarb sich 1812 mit einer neuen Konstruktion um einen Preis, den ein Farmerklub für eine Ein-Pferd-Maschine ausgeschrieben hatte. Seine Erfindung einer von hinten gestoßenen Mähmaschine, die mit einem horizontal rotierenden Zylinder das Getreide abschnitt, fand große Beachtung.

Ab 1823 wandte sich S. der Dränage zu. Er konnte mit Hilfe der Dränage hohe Erträge aus einer wenig fruchtbaren Farm erzielen. Mit seinen Schriften wurde er in ganz Europa bekannt. S. wurde zum Mitglied der Kaiserlichen Landmaschinen-Gesellschaft von Petersburg u. a. berufen.

Smith, Sir Francis Petty, 1808 bis 1874, englischer Techniker, ursprünglich Landwirt. S. interessierte sich vor allem für den Schiffsbau. Schon 1835 fertigte er ein schraubengetriebenes Schiffsmodell mit Uhrwerk an. 1836 ließ sich S. eine »Einrichtung zum Antrieb von Schiffen mittels einer unter der Wasseroberfläche arbeitenden Schraube« patentieren. Er konstruierte ein Dampfboot – von einer 6-PS-Dampfmaschine (etwa 4,5 kW) und einer zweigängigen Schraube bewegt – und führte es erfolgreich vor (1836). 1837 wechselte er die zweigängige gegen eine eingängige Schraube aus.

Trotz des Einspruchs vieler Fachleute

schlug die britische Admiralität den Bau eines größeren Schraubenschiffes vor. S. konstruierte die »Archimedes«, ein 230-t-Schiff, das mit einer eingängigen Schraube und einer 80-PS-Maschine (etwa 59 kW) ausgestattet war. Den Wettbewerb mit einem Raddampfer gewann es überlegen. Trotzdem gab die Admiralität erst 1841 den ersten Schraubendampfer in Auftrag. Er lief 1843 vom Stapel. Als das Patent von S. ablief, kehrte er zur Landwirtschaft zurück. Später übernahm er die Stelle eines Direktors im Museum des britischen Patentamtes (Dampfschiff ↑).

Snell, Willbrord (Snellius van Roijen), 1591 bis 1626, niederländischer Physiker, studierte in Leiden, wurde 1613 dort Hochschullehrer. Er entdeckte das nach ihm benannte optische Brechungsgesetz (um 1620). S. verwandte erstmals die Triangulation zur Vermessung eines Meridians (1617).

Soddy, Frederic, 1877 bis 1956, englischer Physiker und Chemiker, Hochschullehrer in Kanada. 1903 stellte er mit *E. Rutherford* ↑ die Hypothese des radioaktiven Zerfalls auf, 1911/13 mit *Russel* und *Fajans* die Verschiebungssätze; er begründete 1919 die Lehre von der Isotopie und schlug die Anwendung der Atomenergie vor. 1918 entdeckte er das Element Protactinium. 1921 erhielt er den Nobelpreis für Chemie (Radioaktivität ↑).

Solvay, Ernest, 1838 bis 1922, belgischer Chemiker und Unternehmer. Nach beendetem Studium trat er in die Gasfabrik seines Onkels ein. Dort beschäftigte er sich vor allem mit der Verwendung des Gaswassers, aus dessen Anteil Ammoniak er u. a. Ammoniumhydrogencarbonat herstellte. S. fand einen verfahrenstechnischen Weg, um daraus Soda ↑ zu gewinnen, und ließ sich die Methode 1861 schützen. 1863 gründete er die Gesellschaft »Solvay & Co«, die zwei Jahre später die erste nach dem neuen Verfahren hergestellte Soda auf den Markt brachte. Das Solvay-Verfahren verdrängte rasch die anderen Gewinnungsmethoden. S. baute seine Gesellschaft zu einem die ganze Welt umspannenden monopolistischen Unternehmen aus, dem später zahlreiche andere chemische Fabriken, z. B. Glashütten, angehörten.

Somerset, Edward Marquis von Worcester, gest. 1667, englischer Erfinder. Er wurde vor allem durch sein »Buch der 100 Erfindungen« bekannt, unter denen sich allerdings viel Marktschreierisches befunden haben soll. 1663 erhielt er das Patent auf eine Dampfpumpe, von ihm als »halballmächtige Maschine« angepriesen, die offenbar niemals gebaut worden ist. Die Anregung dafür soll er bei einem Besuch des zwangsweise im Irrenhaus von Paris untergebrachten *S. de Caus* ↑ erhalten haben. S. führte ein bewegtes Leben. Aus politischer Gefangenschaft in Irland und Frankreich geflohen, ging er später zurück nach England, wurde erneut aufgegriffen und für lange Zeit im Londoner Tower gefangengehalten, wo er den größten Teil des erwähnten Buches geschrieben haben soll.

Sommerfeld, Arnold, 1868 bis 1951, deutscher Physiker und Hochschullehrer. S. gilt als Meister der theoretischen Physik, arbeitete über die Theorie des Kreisels, über die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, vor allem über Röntgenstrahlen, Spektren und an der Weiterentwicklung des Bohrschen Atommodells mit der Quantentheorie (Nebenquantenzahlen). Er behandelte auch theoretisch-technische Probleme, z. B. die Reibung und die Einflüsse von Schmiermitteln. S.s mehrbändiges Lehrbuch der theoretischen Physik zählt zu den klassischen Arbeiten auf diesem Gebiet.

Sömmering, Samuel Thomas, 1755 bis 1830, deutscher Mediziner und Naturwissenschaftler, studierte in Göttingen Medizin, hörte nebenbei mathematische und physikalische Vorlesungen, 1779 Professor in Braunschweig. 1784 Berufung an die Universität Mainz. 1805 übersiedelte er nach München. Er schrieb ein fünfbändiges Werk über den Bau des menschlichen Körpers, entdeckte den »gelben Fleck« im Auge.

S. versuchte als einer der ersten, Elektrizität zum Telegrafieren zu verwenden. Er konstruierte einen elektrochemischen Telegrafen und übermittelte 1809 sein erstes Telegramm. Der Apparat funktionierte, war aber zu umständlich und aufwendig (Telegrafie ↑).

Stahl, Georg Ernst, 1660 bis 1734, deutscher Chemiker und Arzt. Er studierte und lehrte anschließend in Jena, wurde 1687 Hofrat beim Herzog von Weimar, 1693 Professor der Medizin in Halle, war ab 1716 königlicher Leibarzt in Preußen. S. ist der Begründer der Phlogistonlehre, die sich zwar später als falsch er-

wies, jedoch einen wichtigen Versuch darstellte, chemische Erscheinungen unter einheitlichem Gesichtspunkt zu betrachten. S. schrieb außerdem über Metallurgie.

Stanhope, Charles, 1753 bis 1816, englischer Techniker. Er arbeitete über Pendeluhren und über Verfahren, die Falschmünzerei zu erschweren. Viel Zeit verwandte er auf Versuche über den Dampfantrieb von Schiffen (ab 1792). Bekannt wurde er vor allem durch die Erfindung der nach ihm benannten Druckpresse. Auch um die Konstruktion von Rechenmaschinen bemühte er sich und baute eine Additions- und eine Multiplikationsmaschine. Er entwarf mikroskopische Linsen und projektierte – zusammen mit *R. Fulton* ↑ – Wasserstraßen und Schleusenanlagen.

Staudinger, Hermann, 1881 bis 1965, deutscher Chemiker und Hochschullehrer, promovierte 1903 in Halle, lehrte in Karlsruhe, Zürich und schließlich in Freiburg i. Br. (1926 bis 1950). Das dort von ihm gegründete Institut für Makromolekularchemie erlangte internationale Geltung.

S. wurde durch grundlegende Untersuchungen an Riesenmolekülen zum Begründer der makromolekularen Chemie. Die Ergebnisse dieser Arbeiten bereiteten den Weg für einen zielgerichteten Einsatz synthetischer hochmolekularer Werkstoffe (»Kunststoffe«) anstelle natürlicher Rohstoffe in unserem Jahrhundert. 1953 wurde S. der Nobelpreis für Chemie verliehen.

Stefan, Josef, 1835 bis 1893, österreichischer Physiker, habilitierte sich in Wien (1858), wurde dort Professor (1863), 1866 Direktor des physikalischen Instituts der Universität. 1875 bis 1885 war er Sekretär der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Akademie der Wissenschaften in Wien. Er arbeitete über Akustik und Optik, vor allem jedoch über kinetische Gastheorie (Wärmeleitfähigkeit von Gasen) und Temperaturstrahlung. Ein wichtiges Strahlungsgesetz, das von *L. E. Boltzmann* ↑ theoretisch fundiert wurde, trägt seinen Namen.

Steinheil, Carl August v., 1801 bis 1870, deutscher Physiker, studierte zunächst Rechtswissenschaft, dann Naturwissenschaften, vor allem Astronomie. 1823 ging er nach Göttingen, ein Semester später nach Königsberg. 1824 promovierte er als Astronom. 1832 wurde er als Professor der Mathematik und Physik nach München berufen. Er lernte *C. F. Gauß* ↑ und *W. E. Weber* ↑ kennen, nahm magnetische Beobachtungen auf und verbesserte den elektromagnetischen Telegrafen. Bei Versuchen, diesen bei der Eisenbahn einzuführen, entdeckte er, daß man einen Leitungsdraht durch das Erdreich ersetzen kann (1838). S. konstruierte auch elektrische Uhren ↑ und führte die galvanische Vergoldung ein. Ferner arbeitete er auf dem Gebiet der Fotografie, bes. am Problem der Herstellung dauerhafter Papierbilder.

Steinmetz, Carl, 1865 bis 1923, deutscher Elektrotechniker, studierte Mathematik, Physik, Chemie, Maschinenbau und Astronomie, wurde unter dem Sozialistengesetz gezwungen, in die USA auszuwandern. Er trat zunächst als Zeichner in eine Elektrofirma ein, wurde später im gleichen Betrieb Ingenieur und Forschungsleiter.

S. arbeitete vor allem über Hysterese und über die Gesetze der Wechselstromtechnik und schuf damit wichtige Voraussetzungen für die Einführung des Wechselstroms. Er war Präsident des amerikanischen Instituts der Elektroingenieure. Auch für astronomische, meteorologische und mathematische Probleme interessierte sich S.

Stelzner, Alfred, 1840 bis 1895, deutscher Geologe und Mineraloge; studierte in Dresden und an der Bergakademie Freiberg, wo er ab 1866 lehrte. 1871 ging S. als Hochschullehrer für Mineralogie und Geologie nach Argentinien (Córdoba). 1874, nach seiner Rückkehr, übernahm er in Freiberg den Lehrstuhl für Geologie. S. wurde vor allem bekannt durch Vorlesungen zur Lagerstättenlehre (nach seinem Tode in Buchform erschienen) sowie durch Tätigkeit als Gutachter und Sachverständiger.

Stephenson, George, 1781 bis 1848, englischer Techniker, Sohn eines Grubenarbeiters, erhielt keine Schulbildung und mußte schon vom 8. Lebensjahr an in einer Grube arbeiten. Mit 14 Jahren war er Hilfsheizer, wenige Jahre danach Maschinenwärter einer Newcomenmaschine. S. lernte mit 18 Jahren in Abendschulen lesen, schreiben und rechnen. Zwischen 1806 und 1813 führte er Versuche durch, in den Gruben Pferde durch Dampflokomotiven zu ersetzen. 1813 baute er seine erste Lokomotive ↑, die im Sommer 1814 Lasten von 30 t

beförderte. Eine zweite Maschine entstand 1815, eine dritte 1816. Daneben beschäftigte er sich mit Sicherheitsgrubenlampen.

1821 wurde er leitender Ingenieur der Stockton-Darlington-Eisenbahn. 1823 gründete S. die erste Lokomotivenfabrik der Welt. Bei dem Lokomotivenrennen, das für die zu errichtende Linie Manchester–Liverpool ausgeschrieben wurde, siegte S.s »Rocket«. S. war bis zu seinem Tode ständig mit der Entwicklung neuer Lokomotiven und mit Eisenbahnprojekten beschäftigt.

Stephenson, Robert, 1803 bis 1859, englischer Ingenieur, Sohn von *George S.* ↑. Im Gegensatz zu seinem Vater erhielt er eine vorzügliche Ausbildung. S. arbeitete nach Abschluß der Schulzeit (1818) im Bergwerksbetrieb, besuchte die Universität Edinburgh und unterstützte seinen Vater beim Bau der Stockton-Darlington-Eisenbahn. 1824 ging er nach Südamerika, um Dampfmaschinen aufzustellen. 1827 kehrte er zurück. S.s größte Leistungen liegen auf dem Gebiet des Brückenbaus. Er führte zahlreiche Eisenbahn- und Straßenbrücken aus.

Stern, Otto, 1888 bis 1969, deutscher Physiker, Hochschullehrer in Hamburg und Rostock, wurde 1933 aus Deutschland vertrieben und emigrierte in die USA. Er arbeitete vor allem auf den Gebieten der Quanten-, Molekular- und Atomphysik. S. untersuchte mit *W. Gerlach* ↑ die Ablenkung von Atom- und Molekularstrahlen im Magnetfeld (Stern-Gerlach-Versuch). Er entdeckte das magnetische Moment des Protons. 1943 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Stevens, John, 1749 bis 1838, nordamerikanischer Techniker und Unternehmer, studierte Jura und technische Fächer und war später im öffentlichen Dienst. Angeregt durch *J. Fitch* ↑ baute er 1798 ein Dampfschiff ↑, das jedoch seine Erwartungen nicht erfüllte. 1804 war ein zweites Schiff mit zwei vierflügligen Schrauben fertig. 1811 richtete er in New York die erste Dampffährlinie ein. Mit seinem Sohn *Robert S.* betrieb er die Dampfschiffahrt auf dem Delaware. Auch Pläne für ein Panzerschiff stammen von ihm. Außerdem erhielt er die erste amerikanische Lizenz für den Bau einer Eisenbahn, für die er eine Lokomotive konstruierte.

Stevens, Robert Livingstone, 1787 bis 1856, nordamerikanischer Techniker, Sohn von *John S.* ↑. Er arbeitete von Jugend an mit seinem Vater zusammen. Mit dem Raddampfer »Phoenix« führte er 1809 die erste Seereise eines Dampfschiffes ↑ durch. Von S. stammen viele der Dampfmaschinen der amerikanischen Flußschiffe jener Zeit. 1830 wurde er Direktor der mit seinem Vater gegründeten Eisenbahngesellschaft. S. verbesserte die Form der Schienen und die Art ihrer Befestigung auf den Schwellen.

Stevin, Simon, 1548 bis 1620, niederländischer Baumeister, Mathematiker und Physiker, war kaufmännisch tätig, unternahm Reisen bes. durch Nordeuropa. Um 1600 konstruierte er einen Segelwagen ↑ für 28 Personen. Er beschäftigte sich mit dem Bau von Schleusen und Befestigungsanlagen. Er gab Näherungsmethoden für die Wurzeln von Gleichungen an, unterschied mehrere Gleichgewichtsarten, arbeitete über die schiefe Ebene und das Kräfteparallelogramm.

Stokes, George Gabriel, 1819 bis 1903, englischer Mathematiker und Physiker, 1849 Hochschullehrer in Cambridge, seit 1854 Sekretär, später Präsident der Royal Society. S. war als Mathematiker und Physiker bedeutend. Auf mathematischem Gebiet befaßte er sich mit unendlichen Reihen und Infinitesimalrechnung (Stokesscher Integralsatz). In der Physik arbeitete er bes. über Optik, Hydrodynamik (Stokessches Gesetz) und Elektrizitätslehre. Er fand die nach ihm benannte Regel für die Wellenlängen bei Lumineszenzerscheinungen, verfaßte Abhandlungen über die Spektralanalyse und untersuchte den ultravioletten Teil des Spektrums.

Stoletow, Alexander Grigorjewitsch, 1839 bis 1896, russischer Physiker, studierte in Moskau, war dann in Heidelberg und Göttingen an physikalischen Instituten tätig und seit 1873 Hochschullehrer in Moskau; gründete das erste russische Universitätslaboratorium. Er arbeitete vor allem über die magnetischen Eigenschaften der Stoffe, gab Methoden zur Berechnung elektrischer Maschinen an, untersuchte den äußeren lichtelektrischen Effekt und erkannte die Möglichkeit, ihn für das Fernsehen zu nutzen (1888).

Straßmann, Fritz, 1902 bis 1980, deutscher Chemiker, dem von den Faschisten die Möglichkeit der Habilitation verweigert wurde. S.

war seit 1929 Mitarbeiter von *O. Hahn* ↑. 1938 entdeckten sie die Kernspaltung des Urans. S. unterzeichnete 1957 den Göttinger Appell der 18 Atomphysiker.

Stringfellow, John, 1799 bis 1883, englischer Unternehmer. S. konstruierte 1848 ein Flugmodell mit Dampfantrieb, das einschließlich der Antriebsmaschine nur 4,5 kg wog und Flüge bis zu 40 m Entfernung ausführte (Flugzeug ↑).

Sualem, Rennequin, 1645 bis 1708, französischer Techniker. Sohn eines Zimmermanns, zunächst gleichfalls Zimmermann. Er entwickelte sich zu einem überaus geschickten Techniker. 1668 entwarf und konstruierte er seine erste hydraulische Maschine zum Wasserheben, der weitere folgten. 1681 beauftragte ihn *Ludwig XIV.* mit dem Bau der »Maschine von Marly«, einer umfangreichen Anlage für die Speisung der Wasserkünste des Versailler Parks. Sie enthielt u. a. 14 Wasserräder von 12 m Durchmesser, die zahlreiche Saug- und Druckpumpen antrieben, mit denen eine Höhendifferenz von insgesamt 160 m überwunden wurde.

Sulzer-Hirzel, Jean Jacques, 1806 bis 1883, schweizerischer Maschinenbauer und Unternehmer, gründete mit Vater und Bruder ein Hüttenwerk, konstruierte Siederohrkessel mit innenliegender Feuerbuchse (1858), hydraulische Pressen, Ventildampfmaschinen (1866), Zentralheizungen (1869) und zahlreiche andere Maschinen und Anlagen. Später stellte die Firma Dieselmotore her, außerdem Bewässerungspumpen, Hochdruckkompressoren und Dampfkessel.

Swan, Joseph Wilson Sir, 1829 bis 1914, englischer Techniker, war zunächst auf dem Gebiet der Fotografie tätig und entwickelte Trokkenplatten und Kopierpapiere. Auch den Bleiakkumulator verbesserte er. Etwa gleichzeitig mit *T. A. Edison* ↑ konstruierte er eine Glühlampe ↑, die 1881 auf dem Markt erschien. Er rüstete sie mit der Swanfassung aus, die noch heute gebräuchlich ist, wo Lampen mit Schraubfassung sich durch Erschütterungen (Fahrzeuge!) lockern würden.

Symington, William, etwa 1763 bis 1831, englischer Techniker, befaßte sich zunächst mit Versuchen, die Dampfmaschine zu verbessern und Dampfwagen zu konstruieren. Bald jedoch wandte er sich Versuchen zu, ein Dampfschiff ↑ zu bauen. 1789 fand die Probefahrt statt. Die Maschine war auf einem Doppelrumpfboot installiert. Sie brachte das Fahrzeug voran, erwies sich jedoch als zu schwach für den praktischen Einsatz. Versuche mit einer leistungsfähigeren Maschine brachten keinen Erfolg, da die Schaufelräder der Belastung nicht gewachsen waren. 1801 konnte S., durch den Direktor einer Kanalbaugesellschaft unterstützt, seine Versuche weiterführen. 1802 machte die »Charlotte Dundas« ihre ersten Probefahrten. Obwohl diese ein Erfolg waren, führte man sie nicht weiter, aus Furcht, die von den Schaufelrädern aufgeworfenen Wellen könnten die Kanalböschungen beschädigen.

Synge, Richard Lawrence Millington, geb. 1914, englischer Chemiker, Mitarbeiter von *A. Martin* ↑bei der Entwicklung der Verteilungs- und Papierchromatographie. 1952 erhielt er mit *Martin* den Nobelpreis für Chemie.

Szilard, Leo, 1898 bis 1964, ungarischer Physiker, lebte in den USA. S. arbeitete mit *E. Fermi* ↑ über Urankernspaltung und beim Aufbau der ersten Kernreaktoren.

T

Talbot, William Henry Fox, 1800 bis 1877, englischer Chemiker, wandte sich optischen und chemischen Untersuchungen zu und sagte u. a. bereits 1830 die Entwicklung der Spektralanalyse voraus. Er entwickelte die Papierfotografie. Zunächst überzog er Papierblätter mit Silbernitrat und erhielt die Schattenrisse darauf gelegter Gegenstände. Es gelang ihm, geeignete Chemikalien zu finden, mit deren Hilfe sich Bilder fixieren ließen. T. entwikkelte sein Verfahren so, daß er in einer Kamera Papiernegative erhielt, von denen sich beliebig viele Positivkopien herstellen ließen. 1843 benutzte er seine Methode, um Vergrößerungen anzufertigen. Auch das erste mit Fotos illustrierte Buch wurde von ihm herausgegeben (Fotografie ↑).

Tamann, Gustav, 1861 bis 1938, deutscher Physikochemiker, erwarb sich große Verdienste um den Ausbau der physikalischen Chemie. Bes. seine Forschungen über Schmelz-

und Kristallisationsvorgänge, überkonzentrierte Lösungen sowie seine metallographischen Untersuchungen sind hervorzuheben. Er entwickelte den nach ihm benannten Ofen, einen elektrischen Laborofen mit Widerstandsheizung.

Tamm, Igor Jewgenjewitsch, 1895 bis 1971, sowjetischer Physiker, Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. T. beschäftigte sich mit Problemen der Kernkräfte, mit Quantenmechanik und der Physik der Elementarteilchen, deutete 1937 die Tscherenkow ↑-Strahlung und befaßte sich später mit Möglichkeiten der thermonuklearen Synthese und der Plasmaeinschließung. Staatspreisträger, erhielt 1958 den Nobelpreis für Physik.

Tartaglia, Fontana Niccolò, etwa 1500 bis 1557, italienischer Mathematiker, war als Rechenmeister tätig. T. behandelte die binomischen Formeln für positive ganzzahlige Exponenten, beschäftigte sich mit der Wahrscheinlichkeitsrechnung und fand später die als Kardanische Formel bekanntgewordene Auflösung von Gleichungen 3. Grades. Er bestimmte experimentell die Dichte verschiedener Stoffe, bearbeitete ballistische Probleme und soll eine Vorrichtung zum Heben gesunkener Schiffe erfunden haben.

Tatin, Victor, 1843 bis 1919, Pariser Feinmechaniker, Luftfahrtpionier, experimentierte zunächst mit Schlagflügelmodellen, konstruierte später ein Flugmodell von fast 2 m Spannweite, das von einem Druckluftmotor und 2 Luftschrauben angetrieben wurde. Er entwarf einen Höhenmesser und war an den Luftschiffbauten von *A. Santos-Dumont* ↑ beteiligt.

Tellier, Charles, 1828 bis 1913, französischer Techniker und Erfinder. Auf seine Arbeiten geht im wesentlichen die Nahrungsmittelkonservierung durch Gefrieren zurück. 1863 konstruierte er die erste praktisch brauchbare Kompressionskältemaschine und 1867 einen mit Ammoniak angetriebenen Motor, den er für Traktoren verwenden wollte.

Tereschkowa-Nikolajewa, Walentina, geb. 1937, sowjetische Kosmonautin. T. war ursprünglich Technologin in der Textilindustrie und Fallschirmsportlerin. Vom 16. bis 18. 6. 1963 führte sie mit dem Raumschiff »Wostok 6« als erste Frau einen Raumflug aus und umkreiste 48mal die Erde. Seit 3.11.1963 ist sie mit dem Kosmonauten *A. G. Nikolajew* ↑ verheiratet.

Terzi, Francesco Lana de, 1631 bis 1687, italienischer Jesuitenpater, schlug ein Luftschiff ↑ vor, das seinen Auftrieb durch evakuierte Kugeln erhalten sollte.

Tesla, Nikola, 1856 bis 1943, serbischer Physiker und Elektrotechniker, studierte Naturwissenschaften in Graz und Prag. Nach Tätigkeit bei Telegrafengesellschaften in Budapest und Paris übersiedelte er 1884 in die USA. T. hatte durch Untersuchung des Drehfeldes, Entwicklung von Motoren und Übertragungseinrichtungen erheblichen Anteil an der Wechselstromtechnik.

Er beschäftigte sich ab 1890 mit Hochfrequenztechnik und erfand 1891 den Tesla-Transformator. In der Folge arbeitete er an der Konstruktion von Hochfrequenzmaschinen und richtete mehrere Funkstationen ein.

T. untersuchte Projekte der drahtlosen Energieübertragung und experimentierte mit drahtloser Fernsteuerung.

Tetmajer, Ludwig, 1850 bis 1905, in Ungarn geborener, bes. in Zürich und Wien tätiger Ingenieur, Werkstoffspezialist und Hochschullehrer. T. studierte in Zürich und wurde nach kurzer Tätigkeit im Eisenbahnbau 1881 zum Professor am Eidgenössischen Polytechnikum Zürich berufen. Er wandte sich vor allem der Baustoffprüfung und -untersuchung zu, richtete Versuchslaboratorien in Zürich und (ab 1901) an der TH Wien ein. 1895 wurde er zum Vorsitzenden des Internationalen Verbandes für Materialprüfung in der Technik gewählt.

T. stellte zahlreiche empirische Formeln (z. B. über Knickung und Biegung) auf, die im Bauwesen große Bedeutung erlangten.

Thales von Milet, etwa 625 bis etwa 545 v. u. Z., griechischer Mathematiker, Astronom, Philosoph. Mehrere geometrische Lehrsätze werden ihm zugeschrieben. Er nutzte Ähnlichkeitsbeziehungen zu Höhen- und Entfernungsmessungen, berechnete wahrscheinlich eine Sonnenfinsternis mit erstaunlicher Genauigkeit voraus. Er begründete die ionische Philosophenschule mit materialistischen Anschauungen und lehrte, daß die Erde eine auf Wasser schwimmende Kreisscheibe sei.

Thénard, Louis Jacques, 1777 bis 1857, französischer Chemiker, zunächst Labordiener, studierte dann in Paris, wo er 1837 Hoch-

schullehrer war. T. arbeitete mit *J. L. Gay-Lussac* ↑ zusammen. Er untersuchte die katalytische Zersetzung des Wasserstoffperoxids, entdeckte mit *Gay-Lussac* das Bor (1808) und arbeitete über Elementaranalyse und die Entstehung der Ester.

Thévenin, Léon, 1857 bis 1926, französischer Elektrotechniker, befaßte sich vor allem mit qualitativen und quantitativen Beziehungen in verzweigten elektrischen Leitungsnetzen (»T.sches Theorem«).

Thomas, Sidney Gilchrist, 1850 bis 1885, englischer Metallurg, sollte ursprünglich Arzt werden, war durch den frühen Tod seines Vaters gezwungen, eine Beamtenlaufbahn einzuschlagen. T. betrieb in seiner Freizeit chemische Studien, versuchte, den Phosphor aus dem Roheisen zu entfernen. 1876 tat er sich mit einem Vetter zusammen, der als Chemiker in einem Stahlwerk beschäftigt war. 1877 wurde ein erster kleiner Konverter zur Stahlerzeugung mit basischem Futter versehen. Der Versuch gelang und hatte eine Reihe weiterer Experimente zur Folge. 1877 nahm T. ein erstes Patent. Später befaßte er sich mit der Gewinnung von Phosphorsäure aus der Thomasschlacke (Stahl ↑).

Thomson, George Paget Sir, 1892 bis 1975, englischer Physiker, Sohn von *J. J. T.* ↑, Hochschullehrer in Aberdeen, London und Cambridge. Er fand nahezu gleichzeitig mit *C. J. Davisson* ↑ und *L. H. Germer* Beugungs- und Interferenzerscheinungen bei der Elektronenbestrahlung dünner kristalliner Schichten. T. arbeitete auch über andere Fragen der Kristall- und Quantenphysik. 1927 erhielt er den Nobelpreis für Physik. Im zweiten Weltkrieg leitete er mit *J. Chadwick* ↑ die englische Atomforschung.

Thomson, Joseph John Sir, 1856 bis 1940, englischer Physiker, Hochschullehrer, Direktor des Cavendish-Laboratoriums (1884 bis 1918). T. arbeitete über den Durchgang der Elektrizität durch verdünnte Gase und durch Vakuum, wies nach, daß Katodenstrahlen aus Partikeln (Elektronen) bestehen, und bestimmte deren spezifische Ladung. 1903 schlug er zusammen mit *W. Kelvin* ↑ ein Atommodell ↑ vor, dessen Elektronen in positive Substanz eingebettet waren. T. konnte mit diesem Modell einige Gesetzmäßigkeiten des Periodensystems erklären, während die Deutung der Linienspektren und der Radioaktivität nicht gelang.

1906 entwickelte T. die »Parabelmethode« zur Untersuchung von Kanalstrahlenteilchen. Sie wurde später zur Massenspektroskopie (*F. W. Aston* ↑) ausgebaut. 1906 erhielt T. den Nobelpreis für Physik.

Thompson, Robert William, 1822 bis 1873, englischer Ingenieur. In den USA wurde er als Kaufmann ausgebildet. Nach seiner Rückkehr wandte er sich den technischen Disziplinen zu. Die Beteiligung an Sprengarbeiten brachte ihn darauf, Ladungen elektrisch zu zünden. Er trat in die Dienste von *R. Stephenson* ↑, machte sich 1844 als Eisenbahningenieur selbständig. 1845 erfand er einen Gummireifen, der jedoch wegen zu hoher Kautschukpreise nicht angewendet wurde. 1849 ließ er sich einen Füllfederhalter patentieren.

1852 reiste er im Auftrag einer Maschinenfabrik nach Java, um dort Maschinen für die Zuckerindustrie aufzustellen. Er verbesserte sie wesentlich, konstruierte den ersten fahrbaren Dampfkran, entwarf Schwimmdocks, arbeitete über Dampfkessel und erfand einen Dampftraktor zum Transport von Zuckerrohr.

Töpler, August, 1836 bis 1912, deutscher Physiker, Hochschullehrer an der landwirtschaftlichen Akademie bei Bonn, 1865 in Riga, 1869 in Graz, seit 1876 an der TH Dresden. T. ersann Geräte und Verfahren, die noch heute in der Laboratoriumstechnik angewandt werden. Er benutzte stroboskopische Scheiben zur Sichtbarmachung von Schwingungsvorgängen, entwickelte eine Influenzmaschine und eine Hochvakuum-Quecksilberpumpe, arbeitete die Schlierenmethode aus, mit der sich feine Dichteunterschiede in Gasen und Flüssigkeiten sichtbar machen lassen.

Torres, Quevedo Leonardo, 1852 bis 1939, spanischer Ingenieur, ersann mehrere Rechenmaschinen, z. B. eine druckende Rechenmaschine, eine Maschine zum Lösen algebraischer Gleichungen, eine Maschine für Differential- und Integralgleichungen und beschäftigte sich mit der drahtlosen Fernlenkung von Schiffen.

Torricelli, Evangelista, 1608 bis 1647, italienischer Physiker und Mathematiker, studierte bei einem Schüler *G. Galileis* ↑ Mathematik. Seine erste Abhandlung – sie behandelte Fall

und Wurf – wurde *Galilei* vorgelegt, der T. daraufhin bat, zu ihm nach Florenz zu kommen. Wenige Monate später starb *Galilei*. T. wurde sein Nachfolger als Professor der Mathematik in Florenz.

T.s größte Leistung ist das Barometer ↑ (1643 beschrieben). Er ging von der Beobachtung *Galileis* aus, daß die mit einer Kolbenpumpe zu hebende Wassersäule höchstens etwa 10 m beträgt, und ersetzte auf Anregung *V. Vivianis* ↑ das Wasser in der Barometerröhre durch Quecksilber. Über dem Quecksilber blieb ein leerer Raum, die Torricellische Leere. Kleinere Höhenschwankungen erklärte T. richtig mit Luftdruckänderungen.

T. schrieb über geometrische Probleme, über Luftdruckänderungen, über das Ausströmen von Wasser aus Gefäßen. Dabei fand er das nach ihm benannte Gesetz über die Geschwindigkeit, mit der Wasser unter dem Einfluß der Schwerkraft reibungsfrei aus Öffnungen strömt.

Torroja, Eduardo, 1899 bis 1961, spanischer Ingenieur, beendete 1923 sein Ingenieurstudium, wurde 1939 als Hochschullehrer berufen und war Direktor des Instituto Técnico de la Construccion y del Cemento. Er glaubte an einen dem Material übergeordneten psychologischen Faktor. T. teilte die Konstruktionsformen in 3 Klassen ein (raumbegrenzend, lasttragend, druckaushaltend) und faßte Entwurfsprobleme als Gleichungssysteme mit 4 Unbekannten (Verwendungszweck, statische Funktion, ästhetischer Wert, wirtschaftliche Bedingungen) auf. Ausgehend von diesen Überlegungen, entwickelte T. Stabnetzwerktonnen und asymmetrische Schalen.

Trevithick, Richard, 1771 bis 1833, englischer Ingenieur, erwarb, u. a. als Schüler *W. Murdocks* ↑, umfassende technische Kenntnisse. Später war er als Montageingenieur für die Firma Boulton & Watt tätig. Eine von ihm konstruierte Dampfpumpe mußte er zurückziehen, da sie gegen Wattsche Patente verstieß. Später gründete T. mit seinem Vetter *A. Vivian* eine Maschinenfabrik. Hier arbeitete T. bes. an der Entwicklung der Hochdruckdampfmaschine, für die er um 1800 ein Patent erhielt. T. sah in ihr ein geeignetes Mittel für den Fahrzeugantrieb und baute funktionsfähige Dampfwagenmodelle. Doch verhinderten technische Mängel und schlechte Straßenverhältnisse einen größeren Erfolg. T. wandte sich daraufhin dem Bau einer Schienenlokomotive zu, die 1804 fertiggestellt war. Daß sie keine Verbreitung fand, lag vor allem daran, daß die verwendeten gußeisernen Schienen zu oft brachen (Dampfmaschine ↑, Dampfwagen ↑).

Tropsch, Hans, 1889 bis 1935, deutscher Chemiker und Hochschullehrer, leitete das Kohleforschungsinstitut der Universität Prag (1928), übersiedelte 1931 in die USA, Mitarbeiter von *F. Fischer* ↑ bei der Ausarbeitung des Fischer-Tropsch-Verfahrens ↑ zur Treibstoffgewinnung aus Kohle.

Tschebyschow, Pafnuti Lwowitsch, 1821 bis 1894, russischer Mathematiker, arbeitete erfolgreich auf zahlreichen mathematischen Gebieten (Funktionentheorie, Differentialgeometrie, Zahlentheorie usw.), beschäftigte sich mit Fragestellungen der technischen Mechanik und mit der Konstruktion einer Rechenmaschine (1882).

Tscherenkow, Pawel Alexejewitsch, geb. 1904, sowjetischer Physiker, Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, im Vereinigten Kernforschungsinstitut Dubna tätig. Er entdeckte die nach ihm benannte Strahlung. Staatspreisträger, erhielt 1958 den Nobelpreis für Physik.

Tschirnhaus, Ehrenfried Walter Graf v., 1651 bis 1708, deutscher Mediziner, Mathematiker, Mineraloge und Physiker, studierte in Leiden Medizin und Naturwissenschaften, unternahm lange Reisen und kehrte nach Deutschland zurück, wo er sich vor allem naturwissenschaftlichen Fragen widmete.

T. versuchte, Lösungsverfahren für Gleichungen fünften und höheren Grades zu finden. Er legte großen Wert auf experimentelle Forschungen und deren praktische Nutzung. Sein bes. Interesse galt dem Glas ↑ und dem Porzellan ↑. Er richtete in Sachsen mehrere Glashütten ein und entwickelte Schleif- und Poliermaschinen. Auch um die Verbesserung der Glasöfen machte er sich verdient.

Um Versuche bei höchsten Temperaturen durchführen zu können, ließ T. Brennspiegel und -gläser bisher unbekannter Durchmesser anfertigen. Er schmolz mit ihrer Hilfe Keramik, verbrannte Diamanten usw.

Er untersuchte Ausgangsstoffe für die Porzellanherstellung. 1696 erhielt er bei seinen

Experimenten erstmalig porzellanähnliche Massen. Seit 1705 beschäftigte er als Mitarbeiter *J. F. Böttger* ↑, mit dem er 1709 das erste »echte« Porzellan herstellte.

Tull, Jethro, 1674 bis 1741, englischer Landwirt, ursprünglich Jurist. T. stellte die Theorie auf, sorgsame Bodenkultur entscheide allein über den Ertrag. Er betrieb als erster die Reihen-(Drill-)Kultur und Hackkultur. 1730 entwickelte er den Säpflug von *J. Locatelli* weiter und konnte damit das Saatgut in verschiedene, jeweils gewünschte Tiefen legen. Zwischen den Drillreihen hackte er das Getreide. T. baute als erster Wasserrüben an und hat mit zahlreichen Erfindungen bes. zur Saat, Pflege und Düngung die Landtechnik in England mitbegründet.

Tupolew, Andrei Nikolajewitsch, 1888 bis 1972, sowjetischer Flugzeugkonstrukteur, schuf zuerst Schulflugzeuge, in den zwanziger Jahren Großflugzeuge, später Flugzeuge für militärische Aufgaben.

T. ist Schöpfer der TU 104, des ersten Strahlflugzeugs, das sich im Passagierverkehr bewährte. T. arbeitete vor allem an der Entwicklung weiterer Strahlflugzeuge. Er war mehrfacher Staats- und Leninpreisträger.

Tyndall, John, 1820 bis 1893, englischer Physiker, arbeitete zunächst als Vermessungsgehilfe, dann als Lehrer, studierte ab 1848 bei *R. W. Bunsen* ↑ und *H. G. Magnus* ↑ Physik, wurde 1853 zum Professor an der Royal Institution berufen. T. arbeitete auf zahlreichen physikalischen Gebieten. Er befaßte sich mit Magnetismus, Thermoelektrizität, Wärmestrahlung und akustischen Problemen. Bei Experimenten über den Lichtdurchgang durch Gase und Flüssigkeiten fand er den nach ihm benannten Effekt über die Lichtstreuung in trüben Medien. Er leistete auch Beiträge zur Meteorologie und zur Gletscherkunde.

U

Uhlenbeck, Georg Eugen, geb. 1900, holländischer Physiker, später in den USA tätig. Er arbeitete vor allem über Atomphysik. Zusammen mit *S. A. Goudsmith* ↑ entwickelte er die Hypothese des Elektronenspins und untersuchte Emissionsspektren.

Unverdorben, Otto Paul, 1806 bis 1873, deutscher Apotheker, einer der Entdecker des Anilins, das er bei der Destillation von Indigo entdeckte.

Urey, Harold Clayton, 1893 bis 1981, nordamerikanischer Chemiker und Hochschullehrer. Er entdeckte 1932 das Wasserstoffisotop Deuterium, arbeitete über Isotopentrennung. 1934 erhielt er den Nobelpreis. U. war Mitarbeiter am amerikanischen Atombombenprojekt.

V

Valier, Max, 1895 bis 1930, österreichischer Raketentechniker, lernte als Feinmechaniker, studierte später Physik, Mathematik und Astronomie. Anfang der zwanziger Jahre wandte er sich der Raketentechnik zu, wobei er als Vorstufe die Beschäftigung mit raketengetriebenen Fahrzeugen als aussichtsreich ansah.

V. experimentierte mit Raketenautos und -schlitten und erreichte Geschwindigkeiten von nahezu 300 km/h. Schwanzlose Raketenflugzeugmodelle kamen auf 500 km/h. Nach 1929 ging V. zur Verwendung flüssiger Treibstoffe über. Bei der Explosion einer Brennkammer verunglückte er tödlich (Rakete ↑).

Varley, Cromwell Fleetwood, 1828 bis 1883, englischer Elektrotechniker. Er schlug vor, die Selbstinduktion in Unterseekabeln durch Kondensatoren zu kompensieren. Beim ersten nordatlantischen Kabel (1866) wurde dieser Gedanke verwirklicht.

Vaucanson, Jacques de, 1709 bis 1782, französischer Techniker, studierte in Paris Musik, Mathematik und Mechanik. Er konstruierte Musikautomaten sowie technische Hilfsmittel für das Theater und wurde zum Inspekteur der Seidenmanufakturen berufen. Hier führte er zahlreiche Verbesserungen ein, z. B. Vorrichtungen zum Zwirnen und Spulen. Auch konstruierte er noch vor *J. M. Jacquard* ↑ einen selbsttätig arbeitenden Musterwebstuhl.

Venski, August, 1856 bis 1922, deutscher Ingenieur und Landmaschinenkonstrukteur. Im Alter von 25 Jahren gründete er ein Unternehmen für Dampfkraftanlagen und Mühlenbau, dem er eine Reparaturwerkstatt für landwirt-

schaftliche Maschinen anschloß. Dadurch wurde er angeregt, sich der Verbesserung landwirtschaftlicher Geräte zuzuwenden.

Er erfand den Zweischarpflug mit Differential-Räderstellvorrichtung, bei der mit einem Handhebel der Rahmen für Transport und zum Pflügen eingestellt wurde. Diese Konstruktion brachte eine Umwälzung im Pflugbau und ist als Prinzip bei allen Traktorenpflügen vorhanden. Eine zweite entscheidende Erfindung war der 1889 patentierte kippbare Futterdämpfer. Infolge der geringen zu erhitzenden Wassermenge konnte der Brennstoffverbrauch auf 2,5 kg/dt Kartoffeln gesenkt werden. Außerdem schuf V. den nach ihm benannten Federzahnkultivator und zahlreiche andere landwirtschaftliche Geräte.

Venturi, Giovanni Battista, 1746 bis 1822, italienischer Physiker, arbeitete vor allem über Hydrodynamik und Hydraulik und gab die nach ihm benannte Düse an. Er beschäftigte sich außerdem mit Akustik, Farbenlehre und Ballistik.

Vernier, Pierre (Petrus Vernerius), 1580 bis 1637, französischer Mathematiker, lebte vorwiegend in den Niederlanden, war u. a. Direktor des Münzwesens und schrieb über mathematische Probleme. In seiner Arbeit »La construction, l'usage et les propriétés du quadrant nouveau de mathématiques« beschrieb er den Nonius ↑, als dessen Erfinder (1631) er gilt.

Villard, Paul, 1860 bis 1934, französischer Physiker, arbeitete über radioaktive Strahlung und entdeckte 1900 den magnetisch nicht ablenkbaren Teil, die Gammastrahlen.

Vitruv(ius) Pollio, Marcus, geb. etwa 70 v. u. Z., römischer Architekt, Techniker und technischer Schriftsteller. In seinem aus 10 Büchern bestehenden Hauptwerk »De architectura« (1486 erstmals in Rom gedruckt) beschreibt er die griechische und römische Baukunst und ihre Hilfsmittel, geht des weiteren auf Wasserleitungen, Sonnenuhren und andere technische Instrumente ein.

Viviani, Vincenzo, 1622 bis 1703, italienischer Gelehrter, Schüler *G. Galileis* ↑, bedeutender Ingenieur, Mathematiker und Physiker. Er leistete mit *Galilei* Vorarbeiten für den Pendelversuch von *J. B. L. Foucault* ↑ und war an der Erfindung des Barometers ↑ beteiligt.

Vogt, Hans, geb. 1890, deutscher Techniker, gelernter Dreher. Durch Selbststudium erwarb er umfangreiche technische Kenntnisse. Er arbeitete zunächst u. a. auf den Gebieten der Funkpeilung und der elektrischen Meßtechnik. Nach 1918 verwirklichte er, zusammen mit *Jo Engl* und *Joseph Masolle*, den Tonfilm ↑ nach dem Triergonverfahren, ohne jedoch unter kapitalistischen Bedingungen die Patente nutzen zu können.

1927 gründete er ein eigenes Laboratorium, in dem er u. a. Lautsprecher und Rundfunkempfänger konstruierte. Seine wichtigste Erfindung war (1933) die Erfindung des »Hochfrequenzeisens« für Spulenkerne. V. arbeitete später auch im Bereich der Pulvermetallurgie und der selbstschmierenden Lager.

Volta, Alessandro, 1745 bis 1827, italienischer Physiker, wandte sich 1774 als Professor der Physik in Como der Untersuchung der Elektrizität zu. 1775 erfand er den Elektrophor, 1782 das Elektroskop ↑ mit Plattenkondensator zur Ladungsspeicherung.

1779 wurde V. Professor in Pavia, 1788 veröffentlichte er seine Untersuchungen über die Elektrizität des Wasserdampfs.

Als für die Entwicklung der Elektrizitätslehre bes. wichtig erwiesen sich die Untersuchungen V.s zu den Arbeiten *L. Galvanis* ↑. V. lehnte *Galvanis* Hypothese einer »tierischen Elektrizität« ab und bewies ihre Unhaltbarkeit. 1783 veröffentlichte er erstmals eine Notiz über die »Spannungsreihe«, 1800 beschrieb er die Voltasche Säule. Damit stand die erste stetige Elektrizitätsquelle zur Verfügung. Sie war Voraussetzung und Anfang der Erforschung des elektrischen Stromes.

W

Waage, Peter, 1833 bis 1900, norwegischer Chemiker, Hochschullehrer in Oslo, untersuchte mit *C. M. Guldberg* ↑ die Geschwindigkeit und das Gleichgewicht chemischer Reaktionen. Dabei fanden sie das Massenwirkungsgesetz.

Waals, Johannes Diderek van der, 1837 bis 1923, niederländischer Physiker, studierte in Leiden, war anschließend Lehrer und wurde 1877 Professor der Physik an der Universität Amsterdam. Er arbeitete über Flüssigkeiten,

über Kapillarität, stellte durch Berücksichtigung der Molekularkräfte die nach ihm benannte Zustandsgleichung realer Gase auf, die die Angabe kritischer Werte für den Übergang in andere Aggregatzustände ermöglichte. Er erhielt 1910 den Nobelpreis.

Wagenmann, Karl, 1888 bis 1953, deutscher Chemiker und Metallurg, führte in den Mansfelder Betrieben die elektrolytische Kupferraffination ein und lehrte bes. die Gewinnung von Silber, Gold, Platin und anderen Metallen aus den Schlammrückständen der Elektrolyse. W. arbeitete am Problem des Hochofenzements und war maßgeblich an der technischen Gewinnung des Rheniums aus der Flugasche der Hüttenbetriebe beteiligt.

Watson, William, 1715 bis 1787, englischer Apotheker und Arzt, beschäftigte sich mit physikalischen Experimenten. Er verbesserte die Leidener Flaschen, schaltete mehrere zu einer Batterie zusammen und verlegte eine Leiterschleife von mehr als 6 km Länge, mit deren Hilfe er die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Elektrizität zu bestimmen versuchte.

Watt, James, 1736 bis 1819, schottischer Techniker, Schöpfer der Kolbendampfmaschine, eines Grundpfeilers der industriellen Revolution. Durch seinen Vater, einen Zimmermann und Schiffsbauer, kam W. schon frühzeitig mit technischen Problemen in Berührung. Er lernte in Glasgow und London das Feinmechanikerhandwerk, durfte sich jedoch auf Grund der Zunftgesetze in Glasgow nicht selbständig machen. Erst die Universität gestattete ihm, auf ihrem Gelände eine Feinmechanikerwerkstatt zur Instandsetzung und Anfertigung wissenschaftlicher Geräte einzurichten.

1759 kam W. durch die Reparatur des Modells einer Newcomenmaschine auf den Gedanken, sich der Dampfmaschine ↑ zuzuwenden. Er beseitigte die Mängel der damals bekannten Maschinen. Bei der W.schen Dampfmaschine wird der Zylinder stets auf Arbeitstemperatur gehalten und die Kondensation des Dampfes in einem bes. Kondensator vorgenommen. 1769 ließ sich W. die so entstandene neue Maschine patentieren. Die Ausführung stieß zunächst auf erhebliche Schwierigkeiten und verschlang solche Geldmittel, daß W. nebenher als Landmesser arbeiten mußte. Erst durch das Zusammentreffen mit *M. Boulton* ↑ kam die Wende. Seit 1776 arbeitete W. mit *Boulton* zusammen. Beide gründeten in Soho bei Birmingham die erste Dampfmaschinenfabrik der Welt. In einem weiteren Patent (1781) ließ sich W. eine Maschine schützen, die die hin- und hergehende Bewegung in eine rotierende verwandelte. Damit wurde es möglich, die Dampfmaschine als Antriebsmaschine für Textil- und Werkzeugmaschinen zu verwenden. 1782 wurde die erste derartige Maschine in einem Hüttenwerk aufgestellt, weitere folgten schnell. W. und *Boulton* hatten lange Patentstreitigkeiten auszufechten, formulierten andererseits ihre eigenen Ansprüche so weitgehend, daß anderen die Weiterentwicklung der Dampfmaschine zunächst nahezu unmöglich war.

Wawilow, Sergei Iwanowitsch, 1891 bis 1951, sowjetischer Physiker, Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, war vor allem auf dem Gebiet der Optik und der Elektronenbewegung tätig, arbeitete über Lumineszenzerscheinungen und war Mitglied im Autorenkollektiv der Großen Sowjet-Enzyklopädie und mehrfacher Staatspreisträger.

Weber, Wilhelm Eduard, 1804 bis 1891, deutscher Physiker, studierte ab 1822 in Halle. 1823 veröffentlichte er mit seinem Bruder eine »Wellenlehre, auf Experimente gegründet«. Nach seiner Promotion (1826) ging er 1828 als Professor nach Halle, 1831 nach Göttingen. Hatte er sich vorher überwiegend mit akustischen Problemen befaßt, so wandte er sich nunmehr mit *C. F. Gauß* ↑ erdmagnetischen Messungen zu. Um die Ergebnisse zwischen der Sternwarte und dem 900 m entfernten magnetischen Observatorium austauschen zu können, richteten *Gauß* und W. im Frühjahr 1833 einen elektromagnetischen Telegrafen ein. Der Vorschlag, diesen Telegrafen auch bei der Leipzig–Dresdner Eisenbahn zu benutzen, wurde abgelehnt.

Als einer der »Göttinger Sieben« wurde W. seines Amts enthoben (1837). 1843 nahm er einen Ruf nach Leipzig an, kehrte jedoch 1849 nach Göttingen zurück. Er arbeitete auf dem Gebiet der Elektrodynamik, machte sich um die Ausarbeitung elektromagnetischer Maßsysteme, zusammen mit *F. W. G. Kohlrausch* ↑, verdient.

Wedgwood, Josiah, 1730 bis 1795, englischer

Keramiker, Sohn eines Töpfers. W. lernte selbst als Töpfer, mußte die Lehre aber wegen eines Unfalls aufgeben, eignete sich im Selbststudium chemische und technologische Kenntnisse an. 1759 gründete er einen keramischen Betrieb, dessen Erzeugnisse er in der Folgezeit entscheidend verbesserte. Zwei weitere Fabriken folgten, deren Produkte in England, aber auch auf dem europäischen Festland bekannt wurden. W. gilt als Begründer der englischen Tonwarenindustrie und als Schöpfer der nach ihm benannten Keramik. Er fand neue keramische Materialien: die »Queensware« (nach dem daraus für die Königin gefertigten Teegeschirr), die »Jasperware« und die schwarze »Basaltmasse«.

Wehnelt, Arthur, 1871 bis 1944, deutscher Physiker und Hochschullehrer. W. arbeitete zunächst über Röntgenstrahlen, erfand einen elektrolytischen Unterbrecher für Funkeninduktoren und einen Härtemesser für Röntgenstrahlen. Untersuchungen des Edisoneffekts führten ihn zur Entwicklung der Oxidkatode (1904 patentiert), die sich für die Elektronik als sehr wichtig erwies.

Er wandte diese Katode u. a. in Braunschen Röhren an und gab auch den Wehneltzylinder an, mit dem sich der Elektronenstrom in Braunschen Röhren steuern läßt.

Weisbach, Julius Ludwig, 1806 bis 1871, deutscher Wissenschaftler, besuchte die Bergakademie in Freiberg, studierte außerdem in Göttingen und Wien. 1830 kehrte er nach Freiberg zurück. Als Privatgelehrter begann er, sich mit der Anwendung der analytischen Mechanik für technische Probleme zu beschäftigen. Von 1833 an war W. Professor für Mechanik, Markscheiderei und Bergmaschinenkunde an der Bergakademie Freiberg. 1835/36 erschien sein »Handbuch der Bergmaschinentechnik«, später ein »Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinenmechanik«. Seine Arbeiten auf dem Gebiet der hydraulischen Technik sind in den zweibändigen »Untersuchungen in dem Gebiet der Mechanik und Hydraulik« sowie auch Anwendungsmöglichkeiten zusammengefaßt (1842/43).

Weizsäcker, Carl Friedrich Freiherr v., geb. 1912, deutscher Physiker und idealistischer Philosoph, Hochschullehrer, arbeitete über Mesonentheorie, über Kernfusionsvorgänge in der Sonne und in Fixsternen, über Hypothesen zur Entstehung des Planetensystems. W. gehört zu den Unterzeichnern des Göttinger Appells der 18 Atomphysiker.

Weksler, Wladimir Jossifowitsch, 1907 bis 1966, sowjetischer Physiker, arbeitete über Röntgenstrahlen und über kosmische Strahlung. Seine größten Leistungen liegen auf dem Gebiet der Beschleuniger. Er fand gleichzeitig mit *M. L. Oliphant* ↑ und *E. M. MacMillan* ↑ das Prinzip des Synchrotrons. W. war Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und Träger des Leninordens.

Werner, Alfred, 1866 bis 1919, Schweizer Chemiker, studierte in Karlsruhe und Zürich; 1890 promovierte er mit einer Arbeit über die räumliche Anordnung von Atomen in Stickstoffverbindungen. Nach einem Studienaufenthalt in Frankreich, wo er bei *P. E. M. Berthelot* ↑ arbeitete, habilitierte er sich in Zürich.

Seine Arbeiten über Komplexverbindungen und die von ihm gegebene Begründung der chemischen Koordinationslehre erwiesen sich als äußerst fruchtbar für die Entwicklung der Chemie. 1913 erhielt er den Nobelpreis für Chemie.

Westinghouse, George, 1846 bis 1914, nordamerikanischer Ingenieur. Seine erste Erfindung war eine Vorrichtung zum Anheben entgleister Waggons. Dann wandte er sich Eisenbahnbremsen zu und konstruierte eine Druckluftbremse, deren Entwicklung er so vorantrieb, daß er 1869 Patente beantragen konnte. Im eigenen Betrieb nahm er die Produktion dieser Bremsen auf. Sie wurden in vielen Ländern eingeführt und von W. und seinen Mitarbeitern ständig verbessert, z. B. 1887 durch ein schnellwirkendes Steuerventil. W. beschäftigte sich auch mit der Elektrotechnik und sicherte sich wichtige Wechselstrompatente.

Wheatstone, Sir Charles, 1802 bis 1875, englischer Techniker und Physiker, arbeitete zunächst in einer Musikinstrumentenfabrik. W. gründete 1832 in London eine Fabrik für Saiteninstrumente. Er wandte sich zunächst Untersuchungen auf dem Gebiet der Akustik, bald auch auf dem der Elektrotechnik zu. Er untersuchte die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität in Leitern, konstruierte elektrische Uhren und erfand 1843 die nach ihm benannte Brückenschaltung. Zusammen mit *F. Cooke* konstruierte er den Fünfnadelte-

legrafen, den er 1837 patentiert erhielt (Vorarbeiten seit 1823).

Whitehead, Robert, 1823 bis 1905, nordamerikanischer Ingenieur. Er wurde bes. durch die Erfindung des Whitehead-Torpedos bekannt. Er versah diesen mit einer Kreiselstabilisierung und ließ die Steuerung von Servomotoren ausführen (1896). W. arbeitete auch an der Verbesserung von Textilmaschinen.

Whitney, Eli, 1765 bis 1825, nordamerikanischer Ingenieur, eröffnete eine Werkstatt zur Fertigung von Nägeln, wandte sich der Herstellung von Messerklingen und Haarnadeln zu. Seine Einkünfte benutzte er zur Finanzierung eines Studiums. 1792 promovierte er an der Yale-Universität. W. beschäftigte sich damit, eine Baumwollentkörnungsmaschine zu konstruieren. Als sie 1793 fertig war, ersetzte sie die Arbeit von 1000 Negersklaven. Die Maschine wurde vor der Patenterteilung aus W.s Werkstatt gestohlen und nachgebaut. Eine Fabrik W.s brannte nieder, in Patentstreitigkeiten unterlag er. W. wandte sich ab 1800 dem Waffengeschäft zu. Er übernahm einen Auftrag für die Fertigung von 15000 Gewehren. Er richtete neuartige Werkstätten ein, in denen die Arbeiten nicht mehr von gelernten Büchsenmachern ausgeführt, sondern in kleine Teilschritte zerlegt wurden, so daß Angelernte sie verrichten konnten. Das von W. eingeführte Austauschsystem lieferte dafür die Grundlage. W.s Unternehmen wurde zum Vorbild vieler ähnlicher Betriebe. Außerdem baute er um 1818 eine Fräsmaschine, diese war wahrscheinlich die erste Maschine dieses Typs überhaupt.

Whitworth, Sir Joseph, 1803 bis 1887, englischer Techniker, arbeitete zunächst in der Baumwollspinnerei eines Verwandten, wechselte zum Maschinenbau über. 1833 gründete er eine Werkzeugmaschinenfabrik. W. verwendete austauschbare Maschinenteile. Die Voraussetzung hierfür, präzise Fertigung, förderte er durch Entwicklung von Kalibriervorrichtungen, Lehren usw. 1841 führte W. das nach ihm benannte Gewindesystem ein. Er erfand Hobelmaschinen, eine Strickmaschine und automatische Bohrmaschinen.

Wiedemann, Gustav Heinrich, 1826 bis 1899, deutscher Physiker, studierte in Berlin, wo er sich 1851 habilitierte, anschließend Hochschullehrer in Basel, Karlsruhe, Braunschweig und Leipzig. W. arbeitete vorwiegend auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre. Sein Handbuch »Die Lehre von der Elektrizität« galt lange als Standardwerk und unentbehrliches Hilfsmittel der Physik. Als Nachfolger von *J. Ch. Poggendorf* ↑ übernahm er die Leitung der »Annalen der Physik und Chemie«.

Wien, Max, 1866 bis 1938, deutscher Physiker und Hochfrequenztechniker, studierte in Königsberg, Freiberg und Berlin, später Hochschullehrer in Danzig und Jena. 1905 erfand er die Löschfunkenstrecke, die einen wichtigen Fortschritt der drahtlosen Sendetechnik darstellte. Später arbeitete er an der Verbesserung des Röhrensenders. Er beschäftigte sich außerdem mit elektrischen und akustischen Problemen und entwickelte Präzisionsmeßverfahren.

Wien, Wilhelm Carl Werner, 1864 bis 1928, deutscher Physiker und Hochschullehrer, untersuchte und maß die spezifische Ladung von Katoden- und Kanalstrahlenteilchen, bestimmte Röntgenwellenlängen und arbeitete über Strahlung und Strahlungsgesetze (Wiensches Verschiebungsgesetz). 1911 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Wiener, Nobert, 1894 bis 1964, nordamerikanischer Mathematiker, promovierte mit 19 Jahren zum Doktor der Philosophie, war nach Studienaufenthalten in England und Deutschland als Dozent tätig, ferner als Journalist und als Mitarbeiter an der amerikanischen Enzyklopädie. Er erforschte Hirnströme und war an der Entwicklung des Radars beteiligt. W. begründete mit *C. E. Shannon* ↑ die Informationstheorie, gilt als »Vater der Kybernetik«. W.s Hauptwerk »Cybernetics or Control and Communication in the Man and the Machine« erschien 1948.

W. erkannte die sozialen Folgen, die sich unter kapitalistischen Bedingungen aus seinen Erkenntnissen und ihren Anwendungen ergeben könnten, warnte vor ihnen, bekannte sich allerdings nicht zum einzig möglichen Weg ihrer Überwindung.

Wilkinson, John, 1728 bis 1808, englischer Techniker. W. arbeitete zunächst im Hüttenbetrieb seines Vaters. Er erwarb später ein Hüttenwerk in Bradley und stellte Gußwaren und Schmiedeeisen nach dem Frischverfahren her. 1774 erhielt er ein Patent auf das Ausbohren und Gießen von Geschützrohren. Dieses Ver-

fahren ermöglichte es, Dampfzylinder genau zu bohren – eine Voraussetzung für die Herstellung von Dampfmaschinen ↑. 1776 stellte er die erste Dampfmaschine *J. Watts* ↑ für den Gebläseantrieb in seinem Werk auf. 1783 benutzte er die Dampfmaschine zum Antrieb eines Schmiedehammers. W. erhielt ferner Patente für gezogene Geschützrohre und das Ziehen von Bleirohren, für Schmelz- und Walzverfahren, für die Verwendung der Hochofenschlacke, Schmelzöfen u. a.

Wilm, Alfred, 1869 bis 1937, deutscher Chemiker, studierte Landwirtschaft und Chemie, wandte sich vor allem der Metallurgie zu. Er entdeckte 1906 den Aushärteeffekt bei Aluminium ↑ durch Zusatz geringer Mengen von Kupfer und entwickelte das Duralumin. Zahlreiche Patentprozesse, die für ihn ungünstig ausgingen, veranlaßten ihn, sich wiederum der Landwirtschaft zuzuwenden.

Wilson, Charles Thomson Rees, 1869 bis 1959, englischer Physiker und Hochschullehrer, arbeitete vorwiegend auf dem Gebiet der Atomphysik, war zeitweise Mitarbeiter *E. Rutherfords* ↑. 1911 gab er das Prinzip der Expansions-Nebelkammer ↑ an, die in ersten Ausführungen ein Jahr später verwirklicht wurde und eines der wichtigsten Hilfsmittel der Atomphysik und zur Untersuchung der kosmischen Strahlung darstellt. 1927 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Winkler, Clemens, 1838 bis 1904, deutscher Chemiker. W. studierte an der Bergakademie Freiberg, promovierte 1864 an der Universität Leipzig. 1873 wurde er als Professor für theoretische und analytische Chemie an die Bergakademie Freiberg berufen. Dort machte er sich bes. um die Errichtung von Laboratorien und um praxisnahen Unterricht verdient.

1886 entdeckte er das von *D. I. Mendelejew* ↑ vorhergesagte Element Germanium. Auch untersuchte er das 1864 entdeckte Indium. Er arbeitete mit *R. J. T. Knietsch* ↑ über das Kontaktverfahren zur Schwefelsäureherstellung. Er schuf die technische Gasanalyse, untersuchte die Industrieabgase und Verfahren, sie auszunutzen bzw. unschädlich zu machen.

Winkler, Johann Heinrich, 1703 bis 1770, Hochschullehrer für alte Sprachen, später für Physik in Leipzig. Er benutzte Reibkissen (1744) statt der Hand an Elektrisiermaschinen ↑, experimentierte mit Leidener Flaschen, deutete den Blitz als elektrische Erscheinung, leitete Elektrizität durch Drähte.

Wöhler, August, 1819 bis 1914, deutscher Werkstoffkundler, arbeitete bes. auf dem Gebiet der Werkstoffprüfung. W. begann 1856 mit Versuchen zur Dauerbeanspruchung von Eisen und Stahl für ruhende und vielfach wiederholte Belastungen. 1876 schuf er Festigkeitsvorschriften für Eisen und Stahl und stellte damit die Lieferung dieser beiden wichtigen Werkstoffe durch die Hüttenwerke auf eine neue Grundlage. Die Wöhlerdiagramme sind auch heute noch wichtiges Hilfsmittel zur Beurteilung des Dauerfestigkeitsverhaltens der Werkstoffe.

Wöhler, Friedrich, 1800 bis 1882, deutscher Chemiker, Sohn eines Tierarztes, studierte zunächst Medizin, dann Mineralogie und Chemie in Marburg, Heidelberg und anschließend bei *J. J. Berzelius* ↑ in Schweden. 1824 begleitete er *Berzelius* auf einer mehrmonatigen geologischen Forschungsreise durch Skandinavien. 1829 wurde W. zum Professor an der Gewerbeschule in Berlin ernannt, 1831 ging er nach Kassel. 1835 wurde er als Professor für Medizin und Pharmazie an die Universität Göttingen berufen.

W. war eng mit *J. v. Liebig* ↑ befreundet und bearbeitete viele Themen mit diesem gemeinsam. 1827/28 gelang es ihm, Beryllium, Yttrium und Aluminium rein darzustellen. W. sah die technischen Möglichkeiten des Aluminiums voraus. Er erdachte ein neues Verfahren der Phosphorgewinnung und untersuchte Katalysatoren. 1824 synthetisierte er Oxalsäure, 1828 stellte er Harnstoff synthetisch dar und widerlegte damit die Ansicht einer prinzipiellen Grenze zwischen organischen und anorganischen chemischen Verbindungen endgültig. Mit *Liebig* arbeitete er über Zyanverbindungen, stellte Acetylen aus Calciumcarbid dar und entdeckte den Siliciumwasserstoff. Eine umfassende Abhandlung schrieben *Liebig* und W. über die Harnsäure. W. interessierte sich aber auch für Meteoriten und für physiologische Chemie. Mit *Liebig* und *J. Ch. Poggendorf* ↑ gab er die ersten Bände des »Handwörterbuchs der Chemie« heraus.

Wollaston, William Hyde, 1766 bis 1828, englischer Arzt und Naturwissenschaftler, konstruierte Winkelspiegel und Lupen aus mehreren Einzellinsen, befaßte sich mit akustischen

Problemen und entdeckte die Elemente Palladium und Rhodium (1803). 1804 entwickelte er eine Methode zur Bearbeitung von Platin.

Wologdin, Valentin Petrowitsch, 1881 bis 1953, russischer Hochfrequenztechniker, arbeitete im »Radiotegraphischen Depot«, der ersten russischen Produktionsstätte für Funkgeräte.

Unter der Sowjetmacht war er 1920/22 im Zentrallaboratorium für Radiotechnik tätig und befaßte sich mit der Entwicklung von Hochfrequenzmaschinen. Später untersuchte er vor allem Anwendungsmöglichkeiten der Hochfrequenztechnik in der Volkswirtschaft. Träger des Leninordens, Staatspreisträger.

Woltmann, Reinhard, 1757 bis 1837, deutscher Wasserbautechniker, war maßgeblich an der Regulierung der Elbe und an anderen großen Wasserbauvorhaben beteiligt, erfand Meßinstrumente (Woltmann-Flügel), mit denen sich Strömungsgeschwindigkeit und Wassermenge messen ließen.

Woolf, Arthur, 1766 bis 1837, englischer Maschinenbauer, erlernte das Tischlerhandwerk, übersiedelte nach London, wo er eine Anstellung bei *J. Bramah* ↑ fand. W. wurde Maschinenmeister und begann sich mit der Verbesserung der Dampfmaschine zu beschäftigen. Durch die Einführung eines doppeltwirkenden Zylinders und die Steigerung des Dampfdrucks gelang es ihm, die Mehrfach-Expansionsmaschine *J. C. Hornblowers* ↑ und *R. Trevithicks* ↑ bedeutend zu verbessern. 1804 ließ er sich diese Maschine patentieren. W. konstruierte zahlreiche solcher Maschinen, die u. a. auch in Grubenbetrieben aufgestellt wurden.

Worthington, Henry, 1817 bis 1880, nordamerikanischer Techniker. Seine ersten technischen Versuche galten (ohne Erfolg) einem Dampfboot. Bei diesen Arbeiten kam W. die Idee zur Entwicklung einer direkt wirkenden Kesselspeisepumpe, die er sich 1841 patentieren ließ. Er nahm die Fabrikation dieser Pumpen auf. Sie wurden zur Speisung von Kesseln, als Feuerlöschpumpen und in Wasserwerken eingesetzt.

Wright, Wilbur, 1867 bis 1912, und **Wright, Orville,** 1871 bis 1948, nordamerikanische Techniker und Luftfahrtpioniere. Anfang der neunziger Jahre gründeten sie eine Fahrradfabrik in Dayton. Hier wandten sie sich auch der Luftfahrt zu. Nach eingehendem Studium der Arbeiten *O. Lilienthals* ↑ begannen sie mit Gleitflügeln (1900/02). Nachdem sie die Gleitflugtechnik beherrschten, gingen sie zum Motorflug über. Weil kein geeigneter leichter Motor zur Verfügung stand, mußten sie ihn selbst konstruieren und bauen.

Am 17. 12. 1903 glückte ihr erster, 12 Sekunden dauernder Motorflug. Sie verbesserten ihr Flugzeug ↑ und erhöhten die Flugdauer, stießen zunächst aber auf wenig Interesse für ihre Erfolge. 1907/08 führten die W.s den Motorflug in Europa vor und erreichten eine Flugdauer von 2½ Stunden.

Wwedenski, Boris Alexandrowitsch, 1893 bis 1969, sowjetischer Hochfrequenztechniker, Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. W. arbeitete zunächst auf dem Gebiet der Elektronenröhren und der Sendetechnik, anschließend auf dem der Höchstfrequenzen. Unter seiner Leitung entstand die erste UKW-Station der Sowjetunion (1929) und wurden die ersten Dezimeterwellenversuche durchgeführt (1932/33). W. untersuchte bes. Ausbreitungserscheinungen und Überhorizontreichweiten ultrakurzer Wellen. Er veröffentlichte zahlreiche Aufsätze, war Mitarbeiter der Großen Sowjet-Enzyklopädie.

Wyatt, John, 1700 bis 1766, englischer Techniker, lernte und arbeitete zunächst als Tischler und Zimmermann, versuchte sich um 1730 an der Konstruktion einer Feilenhaumaschine. Danach wandte er sich dem Bau von Textilmaschinen zu. Um 1733 baute er das Modell einer Spinnmaschine ↑, tat sich mit *L. Paul* ↑ zusammen. 1738 wurde sein Patent auf die Spinnmaschine erteilt, deren wesentliche Neuerung ein Streckwerk aus Zylindern war, die mit unterschiedlicher Geschwindigkeit rotierten. Nach 1740 trat W. in die Firma Boulton & Watt ein. Dort entwickelte er Waggonwaagen und entwarf Brücken.

Y

Yagi, Hidetsugu, 1886 bis 1976, japanischer Physiker und Techniker, studierte in Tokio, London und Dresden. 1928 beschrieb er einen neuen, aus dem Hertzschen Dipol abgeleite-

ten Antennentyp, die Yagi-Antenne, die heute u. a. die für Fernsehempfang am häufigsten benutzte Antenne ist.

Young, Thomas, 1773 bis 1829, englischer Arzt und Physiker. Er studierte klassische und orientalische Sprachen, Mathematik, Biologie und Medizin, war als Arzt und Hochschullehrer tätig.

Y. war ein Vorkämpfer für die Wellentheorie des Lichts; seine Interferenzversuche (nach 1800) lieferten einen wichtigen Beleg für die Hypothese, daß Licht eine transversale Wellenbewegung sei. Er berechnete als erster Lichtwellenlängen aus Beobachtungen und erklärte die Polarisation. Er arbeitete eine Dreifarbentheorie des Sehens aus (von *H. v. Helmholtz* ↑ weiterentwickelt) und betätigte sich an der Entzifferung der Hieroglyphen.

Yukawa, Hideki, geb. 1907, japanischer Physiker, Hochschullehrer in Japan, dann in den USA; seit 1953 wieder in Japan. Er stellte 1935 eine Theorie der Kernkräfte auf, in der die Existenz von Mesonen vorausgesagt wurde. 1949 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Z

Zander, Friedrich Arturowitsch, 1887 bis 1933, sowjetischer Raketen- und Raumfahrtpionier, wurde Ingenieur für Flugzeugtechnik und interessierte sich vor allem für Raketenflugzeuge. Z. experimentierte mit Flüssigkeitsraketen und erprobte 1930 ein Flüssigkeitstriebwerk, das mit Sauerstoff und Benzin getrieben wurde. Bei der Erprobung eines verbesserten Triebwerkes verunglückte Z. (Rakete ↑).

Zeeman, Pieter, 1865 bis 1943, holländischer Physiker. Er entdeckte 1896 den nach ihm benannten Effekt der Aufspaltung von Spektrallinien durch ein Magnetfeld. 1902 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Zeiß, Carl, 1816 bis 1888, deutscher Feinmechaniker, Optiker und Unternehmer; besuchte das Gymnasium und erlernte das Mechanikerhandwerk; übersiedelte 1846 nach Jena und gründete eine feinmechanische Werkstatt, die bes. Arbeiten für die Universität ausführte. Dabei befaßte er sich vor allem mit dem Bau von Mikroskopen ↑, mußte dabei erkennen, daß die theoretischen Grundlagen noch mangelhaft ausgearbeitet waren. 1866, durch die Zusammenarbeit mit *E. Abbe* ↑, wurde die wissenschaftliche Grundlage geschaffen. Der Erfolg der Zeißschen Werkstätten nahm rasch zu. 1888 wurde die Carl-Zeiß-Stiftung gegründet, 1890 der Bau fotografischer Objektive und optischer Meßinstrumente aufgenommen. 1891 wurde die Carl-Zeiß-Stiftung Mitinhaber der Schottschen Glashütte.

Zenneck, Jonathan, 1871 bis 1959, deutscher Physiker, Assistent *K. F. Brauns* ↑ bei dessen Versuchen zur drahtlosen Telegrafie ↑. 1899 erfand Z. einen Wellenmesser, um 1900 experimentierte er mit Richtantennen. Später befaßte er sich vor allem mit der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen und mit Ionosphärenforschung. War als Hochschullehrer in München und Braunschweig tätig.

Zeppelin, Graf Ferdinand v., 1838 bis 1917, deutscher Luftfahrtpionier. Z. war Berufsoffizier, beschäftigte sich seit 1873 mit Plänen für Luftschiffe ↑, wobei er vor allem an militärische Anwendungen dachte. Projekte, die Z. 1895 einer Regierungskommission vorlegte, wurden zunächst abgelehnt. Z. gründete daraufhin eine Aktiengesellschaft, die ihm die Mittel für den Luftschiffbau liefern sollte.

Im Juli 1900 stieg das erste Luftschiff auf, weitere folgten. Ab 1906 erhielt er Förderung durch die Regierung, die nunmehr am Bau von Militärluftschiffen interessiert war. Im ersten Weltkrieg waren nach bescheidenen Anfängen eines Passagierverkehrs in den Vorkriegsjahren zahlreiche Zeppelinluftschiffe im Einsatz, gingen aber meist verloren. 1914 wandte sich Z. auch dem Bau von Großflugzeugen zu.

Zeuner, Gustav Anton, 1828 bis 1907, deutscher Techniker und Hochschullehrer, besuchte die technische Gewerbeschule und studierte in Freiberg. Als Teilnehmer der Dresdner Maikämpfe 1849 wurde ihm die Unterrichtsgenehmigung für Sachsen verweigert. 1855 wurde er als Professor für technische Mechanik und theoretische Maschinenlehre nach Zürich berufen. Er kehrte 1871 nach Deutschland zurück und wurde Direktor der Bergakademie Freiberg. 1873 wurde er außerdem an die spätere TH Dresden als Professor für Mechanik und theoretische Maschinenlehre be-

rufen. Bis 1875 übte Z. beide Ämter aus, dann widmete er sich ganz seiner Tätigkeit als Direktor des Dresdner Polytechnikums (seit 1890 Technische Hochschule). Z. war maßgeblich am Ausbau und an der Erweiterung der Technischen Hochschule beteiligt. Z. veröffentlichte zahlreiche Abhandlungen, u. a. über die Schiebersteuerung von Dampfmaschinen ↑, die Theorie der Turbinen sowie über Fragen der Thermodynamik und der mathematischen Statistik.

Ziegler, Karl, 1898 bis 1973, deutscher Chemiker, und Hochschullehrer u. a. bis 1945 in Halle, leistete grundlegende Arbeiten über metallorganische Verbindungen. Z. wurde nach dem zweiten Weltkrieg Leiter des Instituts für Kohleforschung in Mühlheim/Ruhr. Dort entwickelte Z. mit seinem Mitarbeiterstab hochspezifische Katalysatorsysteme (Ziegler-Katalysatoren ↑), mit denen eine neue Epoche der Chemie und Technologie hochpolymerer Werkstoffe eingeleitet wurde. Zusammen mit *G. Natta,* der Untersuchungen über die Olefinpolymerisation mit Ziegler-Katalysatoren durchführte, wurde Z. 1963 der Nobelpreis für Chemie verliehen.

Ziolkowski, Konstantin Eduardowitsch, 1857 bis 1935, russischer Raumfahrtpionier, ursprünglich Lehrer, beschäftigte sich etwa seit 1880 mit Fragen der Luft- und Raumfahrt ↑. Er entwarf ein Ganzmetalluftschiff und ein Ganzmetallflugzeug, schlug die Kreiselsteuerung vor, konzipierte Luftkissenfahrzeuge ↑ und experimentierte mit einem von ihm selbst konstruierten Windkanal. 1903 schrieb er seine richtungweisende Arbeit »Erforschung des Weltraums mit Hilfe von Reaktionsapparaten«. In ihr gab er die später nach ihm benannte Gleichung für den Raketenantrieb an. Er schlug flüssige Treibstoffe und das heute verwendete Stufenprinzip vor und befaßte sich mit der Steuerungstechnik. Z. entwarf Raumstationen, die in wesentlichen Grundgedanken mit den gegenwärtig konzipierten übereinstimmen.

Im zaristischen Rußland fand Z. keinerlei Unterstützung und Anerkennung. Erst nach der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution erkannte man die Bedeutung der Arbeiten Z.s und förderte sie großzügig (Rakete ↑, Raumfahrt ↑).

Zuse, Konrad, geb. 1910, deutscher Ingenieur, arbeitete nach dem Studium in einem Flugzeugwerk. 1936 begann er mit der Ausführung von Plänen, programmgesteuerte Rechenautomaten zu entwickeln. Obwohl er zunächst alle Einzelteile selbst anfertigte, gelang es ihm 1937, ein Speicherwerk für 64 Zahlen zu bauen. Auf der Grundlage elektromagnetischer Relais entwickelte Z. seine Anlagen weiter. 1941 entstand im »Z 3« der erste programmgesteuerte Rechenautomat der Welt. Er enthielt 3600 Relais. Nach dem Krieg wandte sich Z. erneut der Rechentechnik zu, nunmehr allerdings auf elektronischer Basis (Digitalrechner ↑).

Zworykin, Wladimir Kosma, geb. 1889, russischer, in den USA lebender Physiker und Techniker. Gleichzeitig mit *S. I. Kitajew* aus der UdSSR entwickelte er um 1930 das Ionoskop, die erste elektronische Bildaufnahmeröhre für Fernsehzwecke

A

Abbauwerkzeuge: Für den bergmännischen Abbau durch Handarbeit wichtige Eisenwerkzeuge (Spitz- und Breithaue, Spitzeisen, Schlägel u. a.) kamen in der Mitte des 1. Jahrtausends v. u. Z. in den Mittelmeerländern in Gebrauch und erfuhren bis in unsere Zeit keine wesentliche Veränderung. Ergänzt wurden sie durch den im 14. Jh. entwickelten Steinbohrer. Der Abbau von Hand blieb bis in das 19. Jh. der Hauptarbeitsprozeß im Bergbau. Erst danach begannen sich mechanische Abbaugeräte (mechanisches Bohrgerät ↑) durchzusetzen.

Abladegeräte: A. für Heu wurden mit der intensiven Viehwirtschaft (Schweiz, Schweden, z. T. USA) notwendig. Die ersten aus einfachen Heuschlingen hervorgegangenen Geräte mit Greifern und Motoraufzug wurden zu Beginn unseres Jh. produziert und von *C. Bechtoldsheim-Mauchenheim* ↑ so verbessert, daß Einmannbedienung möglich wurde.

Abortanlagen: Zur Zeit der minoischen Kultur (ungefähr 3000 bis 1000 v. u. Z.) existierte auf Kreta eine Art Spülabort. In Ägypten wurden zur Zeit der Pharaonen die Fäkalien in großen Tongefäßen abtransportiert. Bereits 32 v. u. Z. gab es in Rom Aborte, von denen die Fäkalien unterirdisch in einem Kloakensystem mit Wasser abgeleitet wurden.

In Mitteleuropa warf man die Fäkalien aus den Nachtgeschirren in die unmittelbare Nähe der Häuser oder auf die Straße. Ausgangs des 13. Jh. begann man an die Häuser Aborte anzubauen. Die Fäkalien fielen durch eine Öffnung ins Freie.

Um 1660 gab es in Frankreich Aborte mit Wasserspülung. Der Abort mit Spülhahn oder -kasten und Geruchverschluß ist in England seit etwa 1750 in Gebrauch. Das erste Patent auf eine A. mit Wasseranschluß und -spülung nahm *A. Cumming* in England (1775).

Abraumförderbrücke: Die erste A. zum stetigen Transport des Abraums zur Kippe im Braunkohlentagebau wurde 1924 in der Grube Plessa (Niederlausitz) in Betrieb genommen. Ihr folgten zahlreiche weitere A., überwiegend in den mitteleuropäischen Braunkohlenrevieren. Bis 1945 gab es in Deutschland 21 A. Die seit 1943 im Tagebau Espenhain arbeitende

Teil III

Wichtige Erfindungen, Verfahren, technische Errungenschaften und ihre Entwicklung

Anlage ist mit fast 600 m Gesamtlänge die ausgedehnteste A. in der DDR. Die A. im Tagebau Welzow-Süd stellt den größten Geräteverband der Welt dar. Die Förderung mit Bandanlagen (Gurtbandförderer ↑) erlangte seit 1945 in der UdSSR, seit den 50er Jahren in der DDR immer größere Bedeutung.

Abwasserbehandlung: Erste, einfache Formen der A. sind bereits aus der Antike bekannt (Verrieselung der Abwässer Athens). Eine weitere (selten effektive) Form der A. war die Ausnutzung des Verdünnungseffekts nicht immer ausreichend wasserführender Flüsse (sog. Vorfluter) und die unbewußte Anwendung der biologischen Klärung in diesen Flüssen.

Wirksame Verfahren der A. sind seit Ende des 19./Anfang des 20. Jh. in Gebrauch, wobei zuerst mechanische Klärungen (Trennung der Feststoffe durch Rechen, Gitter, Siebe, Filter, Fettabscheider und Sandfänge, Absetzbecken und -brunnen usw.), später auch biologische A. (Rieselfelder, Bodenfilter, Tropfkörper, Feldverregnungen, Sauerstoffanreicherungen usw.) und mit zunehmender Menge von Industrieabwässern chemische A. (durch Zugabe von Chemikalien) angewendet wurden.

Acetylenchemie: Die Entwicklung der A. setzte um 1905 ein, als mit der sich zu technischen Maßstäben entwickelnden Produktion von Calciumcarbid ↑ ausreichende Mengen Acetylen verfügbar wurden. Bis Mitte der 20er Jahre waren alle grundlegenden, unter Normaldruck ablaufenden Reaktionen des Acetylens bekannt und bereits viele wichtige technische Verfahren entwickelt. Bes. fruchtbar erwies sich die Umsetzung des Acetylens mit Wasser (patentiert 1914), dessen Reaktionsprodukt Acetaldehyd seinerseits Ausgangspunkt für wichtige Synthesen wurde. Bes. Bedeutung hatten die Arbeiten von *W. Reppe,* der 1928 zum ersten Mal eine Reaktion des Acetylens unter Druck ausführte. In 20jähriger Arbeit baute *Reppe* das Gebiet der Druckreaktionen aus, wobei er 4 Teilgebiete unterschied: Vinylierung, Ethinylierung, Zyklisierung, Carbonylierung. Diese Reaktionstypen müssen zu den wichtigsten Ergebnissen der modernen Chemie und Katalyse gezählt werden.

Acheson-Verfahren: Der nordamerikanische Chemiker *E. G. Acheson* (1856 bis 1931) beobachtete bei der Herstellung von Carborundum ↑ aus Koks und Quarz im elektrischen Widerstandsofen die Bildung von Graphit. Er entwickelte daraus die nach ihm benannte Methode zur Herstellung von Graphit (1896).

Ackerwagen: Zweirädrige A., den Bedürfnissen der Landwirtschaft speziell angepaßte Transportmittel, wurden erst im 16. Jh. verwendet. Der erste vierrädrige A. soll in der Toskana zum Transport der Ernte gebaut worden sein. Er hatte hölzerne Achsen und kleine Räder. *J. J. Schmidt* erfand 1894 eine neuartige Speichenbefestigung mit dem eisernen Felgenkranz. An der Innenseite des Kranzes nahmen Hülsen die Speichen auf; an der gußeisernen Nabe wurden Speichen mit Schrauben und Metallscheibe befestigt. Diese Konstruktion ermöglichte eine industrielle Produktion. Bei einem Bruch konnte die Ersatzspeiche leicht eingefügt werden. Dieses Rad war der Prototyp der Landmaschinenräder seit 1920.

1905 wurden A. vorgestellt, deren Ladefläche (Kasten) durch einzelne Beibretter beliebig zu verändern war, ein Ladegerüst konnte aufgesetzt werden. Aus den USA kam ein Plattformwagen (noch mit hölzernen Rädern). 1922 tauchten, z. B. bei Langholzwagen, luftbereifte Räder auf. Nach 1930 wurde der Oberbau der A. verändert. Wesentlich war der Kugeldrehkranz, ein verwindungsweicher Aufbau für die Entwicklung zum heutigen Hänger.

Akkumulator: Das Prinzip des A. wurde 1801 von *J. W. Ritter* ↑ erkannt und in der »Ladungssäule« verwirklicht. Einen ersten Blei-A. entwickelte *W. J. Sinsteden* ↑ 1854. Entscheidende Verbesserungen, wie das »Formieren« der Platten, stammen von *G. R. Planté* ↑, der dem Blei-A. seine im wesentlichen noch heute gebräuchliche Form gab. *Planté* berichtete 1859 über seinen A., jedoch erhielt dieser als Speicher für elektrische Energie erst nach Erfindung der Dynamomaschine Bedeutung.

Mit Beginn des 20. Jh. wurden die robusten Stahl-A. entwickelt. Durch die Mikroelektronik erhielt (Uhren, Taschenrechner) der Silber-Zink-A. Bedeutung.

Aktivkohle: Die reinigende und entfärbende Wirkung von Holz- und Knochenkohle war bereits den Alchimisten bekannt, die techni-

sche Herstellung begann erst nach 1900. Das erste Patent zur Aktivierung von Holzkohle *(R. v. Ostreyko)* mittels Wasserdampf wurde 1901 erteilt. Um 1910 begann man A. in Zukkerfabriken als Entfärbungsmittel einzusetzen. Nach 1910 traten auch chemisch aktivierte A. in Erscheinung, so mit Chlorzink behandelte A. nach 1913, mit Phosphorsäure seit 1920 (*Ernst* und *Nicodemus*), mit Kaliumsulfid seit 1927 (*Schreiner*) und mit Kaliumrhodanid seit 1932 (*Walter*). Seit 1925 werden zur Gewinnung von A. auch Braun- und Steinkohle verwendet.

Alizarinsynthese: Mit der 1868 von *K. Graebe* ↑ und *K. Liebermann* ↑ gefundenen A. gelang erstmals in der Geschichte der Chemie die Herstellung eines »natürlichen« Farbstoffs. Synthetisches Alizarin wurde zur Stammverbindung der Anthrachinonfarbstoffe, einer wichtigen Verbindungsklasse innerhalb der Teerfarbstoffe ↑. Die A. begründete zugleich einen wichtigen Zweig der Teerfarbenindustrie in Deutschland (1871). Mit der Entdeckung der Indanthrenfarbstoffe ↑ erreichte die Entwicklung auf diesem Gebiet ihren Höhepunkt.

Alkohol (Genußmittel): als Bestandteil vergorener, berauschender Getränke im Altertum bekannt, wurde nach einigen Berichten bereits um 800, nach anderen erst um 1050 durch Destillieren von Wein gewonnen. Die Gewinnung von A. aus Getreide war in Mitteleuropa wahrscheinlich im 15. Jh. bekannt. Seit Mitte des 18. Jh. wurden Kartoffeln als Ausgangsstoff für die Gewinnung von A. benutzt, doch gelangte dieses Verfahren erst nach 1800 zu größerer Bedeutung.

Alphabet: Die nach den ersten beiden Zeichen (Alpha, Beta) der griechischen Buchstabenreihe gebildete Bezeichnung für die geordnete Folge der Buchstaben eines Schriftsystems wurde etwa um 1600 v. u. Z. in Phönizien entwickelt und war ein großer Fortschritt der Schriftsprache, weil dadurch die Darstellung von Wörtern aus Einzelbuchstaben und damit eine wesentliche Erweiterung des schriftlichen Ausdrucks ermöglicht wurde. Das erste griechische Alphabet wurde aus dem phönizischen entwickelt und zum »ionischen« A. vervollkommnet. Es hatte 24 Buchstaben, wurde von den Römern bei der Eroberung Griechenlands übernommen (um 150 v. u. Z.) und der lateinischen Sprache angepaßt. In der Folgezeit haben viele Völker dieses A. angenommen, verändert oder neu gebildet.

Aluminium: Die erste Darstellung des A. gelang *H. Ch. Oersted* ↑ (1825), als er A.chlorid mit einer Lösung aus metallischem Kalium in Quecksilber behandelte und nach Abdestillieren des Quecksilbers einen metallischen Rückstand erhielt, den er allerdings nicht als A. erkannte. Erst 1827 erbrachte *F. Wöhler* ↑ den Nachweis und ermittelte die physikalischen Eigenschaften.

Die industrielle Gewinnung des A. wurde von dem Franzosen *H. E. Sainte-Claire Deville* ausgearbeitet (1845). Inzwischen war *R. W. Bunsen* ↑ 1852 die elektrolytische Abscheidung von metallischem A. gelungen. Nach der Erfindung der Dynamomaschine (1867) konnte dieses Verfahren großtechnisch zur Gewinnung von A. angewandt werden. 1886 wurden durch *P.-L. T. Héroult* ↑ und *Ch. M. Hall* (USA) Patente zur Gewinnung von A. durch Schmelzflußelektrolyse angemeldet, 1887 bauten *Kiliani* und *Héroult* die erste elektrolytische Großanlage. 1890/1900 begann die Anwendung von A. in der Elektroindustrie und im Schiffbau. 1906 entdeckte *A. Wilm* ↑ den Aushärteeffekt von kupferhaltigen A.legierungen, wodurch die Festigkeitseigenschaften wesentlich verbessert wurden.

Aluminothermie: wurde 1894 von *H. Goldschmidt* ↑ erfunden und nutzt die hohe Sauerstoffaffinität des Aluminiums, um schwer reduzierbare Metalle aus ihren Oxiden zu gewinnen (z. B. Cr, Mn, Ti). Sie wurde von *Goldschmidt* auch zum Schweißen (Thermitschweißen) bes. von Eisen- und Straßenbahnschienen angewendet.

Aminoplaste: Erste Untersuchungen über A. – härtbare Kunststoffe, die durch Polykondensation mit organischen Aminoverbindungen hergestellt werden – wurden von *H. B. Dixon* (1918) und *John* (1920) durchgeführt. Die ersten Harnstoffharze kamen 1923 *(Pollak)* unter der Bezeichnung Pollopase in den Handel. Die großtechnische Herstellung flüssiger Harnstoffharze (Kauritleim) begann 1936. Zur gleichen Zeit wurden die ersten Melaminharze entwickelt.

Analogrechner: Vorläufer der A. waren nach Erfindung und Verbesserung des Reibradintegrators (um 1825 bzw. um 1875) mechanische

Integrieranlagen und mechanische Differentialanalysatoren zur Lösung von Differentialgleichungen. Die Anlagen dienten i. allg. der Bearbeitung begrenzter Aufgaben, z. B. der Untersuchung statischer oder hydrodynamischer Probleme, der Aufstellung von Fahrplänen usw.

A. auf zunächst mechanischer Basis, später zunehmend unter Einbeziehung elektrischer Bauelemente, entstanden etwa ab 1920.

1927 benutzten *V. Bush* ↑ und *Hazen* als erste Stufe in ihrer mechanisch arbeitenden Integrieranlage eine elektrische Anordnung nach dem Wattmeterprinzip zur simultanen Multiplikation von Funktionen. 1932 beschrieb *Hähnle* die Darstellung elektromechanischer Gebilde durch rein elektrische Schaltungen. 1941 schlug *Grünwald* ein analoges Regelmodell für die Untersuchung eines Regelkreises vor.

Nach Entwicklung von für Rechnerzwecke geeigneten Operationsverstärkern (*Philbrick* 1938) installierte *Bush* 1942 eine Großrechenanlage.

A. mit ausschließlich elektrischen und elektronischen Bauelementen erlangten nach 1950, als sie die Genauigkeit mechanischer Integrieranlagen erreicht hatten, rasch zunehmende Verbreitung. Durch unterschiedliche Kombination ihrer Rechenelemente können A. unterschiedlichsten Aufgabenstellungen angepaßt werden. Bedeutung erlangten A. u. a. bes. für die Prozeßsteuerung sowie für die Modellierung und Simulation von Vorgängen und Abläufen z. B. für Forschungs- und Ausbildungszwecke.

Anilin: ein wichtiger Bestandteil des Steinkohlenteers, der große Bedeutung u. a. für die Herstellung der meisten Teerfarbstoffe ↑ hat. A. wurde viermal entdeckt: 1826 durch *O. P. Unverdorben* ↑ beim Destillieren von Indigo (Krystallin), 1837 durch *F. F. Runge* ↑ durch fraktionierte Destillation von Steinkohlenteer (Kyanol), 1840 durch *Fritzsche* beim Erhitzen von Indigo mit Ätzkali (Anilin) und 1842 durch *N. N. Sinin* ↑ bei der Reduktion von Nitrobenzen (Benzidam). *A. W. v. Hofmann* ↑ stellte in seiner ersten selbständigen Arbeit (1843) u. a. die Identität aller 4 Stoffe fest und übernahm A. als Bezeichnung.

Antenne: wurde 1895 von *A. S. Popow* ↑ erfunden und zunächst zum Empfang, dann auch zum Senden von Radiowellen benutzt. Bes. in den Anfangsjahren der Funktechnik wurden ausgedehnte und aufwendige A.anlagen errichtet, da nur sie (wegen fehlender Verstärkungsmöglichkeit) die drahtlose Überbrükkung größerer Entfernungen ermöglichten.

Während A. anfänglich meistens aus einem oder mehreren Drähten (z. B. schirmähnlicher Anordnung) bestanden, tauchten nach 1920 neue A.n-formen auf, die die Eigenschaften der Kurzwellen nutzten.

Für Richtempfang, bes. für Zwecke der Funknavigation, wurde seit 1913 die Rahmen-A. eingesetzt, die *K. F. Braun* ↑ um die Jahrhundertwende vorgeschlagen hatte.

Das Vordringen in den Höchstfrequenzbereich erweiterte die Skale der A. (seit etwa 1930) erneut. So wurde schon 1928 die heute u. a. beim Fernsehempfang verbreitete Yagi ↑-A. angegeben. Mit der Entwicklung von Richtfunkstrecken, Radar und Radioastronomie kamen Paraboloid-A., Wendel-A., Horn- und Stielstrahler sowie zahlreiche Sonderformen auf.

Um 1950 wurde die Ferrit-A. eingeführt, die heute vor allem in transportablen Empfängern als Einbau-A. benutzt wird. Gemeinschafts-A., bereits nach 1935 erprobt, werden etwa seit 1960 für Fernseh- und Hörrundfunkempfang in rasch wachsendem Umfang für Teilnehmerzahlen bis zu mehreren Hunderttausend eingesetzt (Vorteile u. a.: erhöhte Empfangsqualität, Materialersparnis, lange Standzeiten, Möglichkeiten der Einspeisung von Satelliten- bzw. Kabelfernsehsignalen).

Antimon: Antimonit wurde schon im 3. Jahrtausend v. u. Z. wie auch heute im Orient zum Schwarzfärben der Augenbrauen benutzt. Die Sumerer stellten zuerst A.metall her und gossen daraus Gefäße. In der Bronzezeit wurde A. häufig statt Zink dem Kupfer zulegiert. Zunehmende Bedeutung erlangte A. wieder im 19. Jh. als Legierungsmetall. Daneben ist es heute für die Halbleitertechnik wichtig.

Aräometer: Das schon im Altertum bekannte A., dessen Erfindung *Archimedes* ↑ zugeschrieben wird, wurde auch von dem arabischen Gelehrten *Alkhazini* erwähnt und 1663 von *G.-P. Roberval* als Gewichts-A. (1768/69 von *A. Baumé* ↑, 1787 von *W. Nicholsons* ↑ verbessert) sowie 1675 von *R. Boyle* ↑ als Skalen-A. ausgeführt.

Archimedische Schraube: um 250 v. u. Z. beschrieben, wurde bereits im Altertum zur Bewässerung verwandt und war noch, meist mit Windantrieb versehen, im 19. Jh. in Holland anzutreffen. Ihre Erfindung wird *Archimedes* ↑ zugeschrieben.

Armozement (Ferrozement): Als A. werden flächige dünnwandige (15 bis 30 mm) Feinkornbetonelemente hoher Festigkeit mit meist mehrlägiger Drahtnetzbewehrung bezeichnet. A. erhält seine Stabilität zusätzlich durch statisch günstige räumliche Formgebung (vorgefertigte Schalen- oder Faltwerkskonstruktionen) oder monolithisch hergestellte Bauwerke bzw. Bauwerksteile mit den unterschiedlichsten geometrischen Formen.

Die ersten Konstruktionen aus A. wurden um 1955 von *P. L. Nervi* ↑ in Italien entwikkelt. Seit 1960 wird A. in zunehmendem Maße in England, Österreich, Frankreich, der VR Polen, der DDR, der ČSSR und der UdSSR angewendet und weiterentwickelt. Dabei gehen die Forschungen und Entwicklungen vor allem im Hinblick auf die Einsparung materialaufwendiger Schalungen in Richtung vorgefertigter montagefähiger A.-Elemente.

Atommodell: Nachdem in der Chemie durch *J. Dalton* ↑ (1808), *W. Prout* ↑, *A. Avogadro* ↑ (1811) und schließlich *St. Cannizarro* (1860) sowie durch die Aufstellung des Periodensystems der Elemente (*D. I. Mendelejew* ↑ 1869) der Aufbau der Stoffe aus Atomen und Molekülen als gesichert gelten konnte, erhoben in der Physik die Positivisten unter Führung von *E. Mach* zahlreiche Einwände gegen die Atomistik, die vor allem von *L. E. Boltzmann* ↑ in der kinetischen Gastheorie vertreten wurde. Die Gesetze der elektrolytischen Leitung (*M. Faraday* ↑ 1834) und bes. die Entdeckung des Elektrons als Teilchen der Katodenstrahlen (*J. Perrin, J. J. Thomson* ↑, *Ph. Lenard* ↑ 1895/97) wiesen auf den Aufbau des Atoms aus Elektronen und schwereren Teilchen hin. Nach unbefriedigenden Modellen von *H. A. Lorentz* ↑ (1902), *Lenard* (1902) und *Thomson* (Atomkugel mit eingebetteten Elektronen, 1903), schuf *E. Rutherford* ↑ 1911 nach Streuversuchen an Folien mit Alphastrahlen (*H. Geiger* ↑ und *E. Marsden*) das planetarische Atommodell. Daraus entwickelte *N. Bohr* ↑ 1913 mit Hilfe des Quantensatzes von *M. Planck* ↑ (1900) und der daraus folgenden Photonentheorie *A. Einsteins* ↑ (1905) sein Atommodell, mit dem das Linienspektrum des Wasserstoffs (Balmerformel 1884) durch quantentheoretisch festgelegte Elektronensprünge in der Atomhülle erklärt wurde. Dieses Modell wurde durch Elektronenstoßversuche (1913) von *J. Franck* ↑ und *G. Hertz* ↑ und *H. G. J. Moseleys* ↑ Röntgenspektrenversuche (1913) bestätigt.

Die weitere Ausgestaltung des A. gelang *A. Sommerfeld* ↑ (1915/18) durch Einführung der Quantenzahlen. *W. Paulis* ↑ Ausschlußprinzip (1924) sowie *S. A. Goudsmith* ↑ und *G. E. Uhlenbecks* ↑ Vorstellungen des Elektronenspins (1925) ergaben eine vollständige Erklärung des Periodensystems. Unter Verzicht auf anschauliche Modelle wurde durch *W. Heisenberg* ↑, *M. Born* ↑ und *P. Jordan* (1925/26) die Matrizenmechanik und durch *E. Schrödinger* ↑ 1926 die Wellenmechanik entwickelt, die sich beide als mathematisch gleichwertig erwiesen und einen vorläufigen Abschluß der Atomtheorie darstellten.

Austauschbau: *E. Whitney* ↑ wurde zum Begründer des A., als er 1800 einen Auftrag der USA-Regierung zur Fertigung von 15000 Gewehren auf damals neuartige Weise löste. Er ging von der handwerklichen Einzelfertigung ab und zerlegte den Herstellungsgang in Teilschritte, die Angelernte ausführen konnten. *Whitney* erdachte auch verschiedene Vorrichtungen, z. B. Schablonen und Lehren, welche die Meßarbeit einschränkten.

J. Whitworth ↑ machte sich in der 1. Hälfte des 19. Jh. um den A. im Werkzeugmaschinenbau verdient. Er erfand u. a. Meßinstrumente und Anreißvorrichtungen, führte die Richtplatte und das Metallschaben in der Fertigungstechnik ein und schuf das erste einheitliche Gewindesystem.

Bemühungen in allen Industrieländern führten zur Normung grundlegender Bauelemente. Durch A. wurde die Fließfertigung als charakteristische Produktionsweise der modernen Großindustrie vorbereitet. Ihr Beginn wird i. allg. mit der amerikanischen Automobilfabrikation in Verbindung gebracht, wo der Techniker *R. E. Olds* Anfang des 20. Jh. als erster vorgefertigte Teile verwendet haben soll und später (1913) *H. Ford* ↑ in seiner Fabrik Bandförderer für den innerbetrieblichen Transport während der Montage einsetzte.

Automat: Erste automatische Einrichtungen waren, schon in der Urgesellschaft, Wildfallen. In der Antike entstanden technische A. auf der Grundlage mechanischer, hydraulischer und pneumatischer Gesetze (z. B. selbsttätige Türöffner, Weihwasser- A., laufende und pfeifende Vögel, A.-Theater). Diese A. waren oft mechanische Kunstwerke, dienten aber nur kultischen Zwecken oder der Belustigung der herrschenden Klasse. Fortgesetzt wurden sie bis weit in das 18. Jh. in oft Lebewesen nachahmenden A., z. B. in »Tieren« und Spielzeugen *Leonardo da Vincis* ↑, in Musik-A., der »Ente« *Vaucansons* ↑ u. a.

Zu den ersten A. für »nützliche« Zwecke zählen vor allem Uhren, von relativ einfacher Ausführung für den Alltagsgebrauch bis zu Kunstuhren in mannigfacher Gestaltung. Im Bereich der Produktion wurden vor allem der selbsttätig die Körnerzufuhr steuernde Mühlenregler von *Ramelli* ↑, im Energiemaschinenbereich der Wasserstandsregler von *Polsunow* ↑ und der von *Watt* ↑ angewandte Fliehkraftregler bekannt. Eine höhere Stufe von A. verkörperten bereits die programmgesteuerten Jacquardmaschinen ↑ u. ä.

Im 19. Jh. wurde ein breites Spektrum von Verkaufs-A. geschaffen. Es erstreckte sich von Münzwechslern bis zu parfümsprühenden A., von A. für Getränke oder Speisen bis zu solchen für Versicherungspolicen, fotografische Selbstaufnahmen u. v. a.

Die Entwicklung von A. im heutigen Sinne als Einrichtungen, bei denen ohne direkte menschliche Mitwirkung nach oft umfangreichem Programm Stoffe, Energien, Informationen bearbeitet und transportiert werden, setzte vor allem im 20 Jh. ein. Diese A. erlangten und erlangen besonders durch Anwendung der Steuer- und Regeltechnik, der Datenverarbeitung und der Elektronik/Mikroelektronik allergrößte Bedeutung, deren Möglichkeiten vorerst noch kaum abzusehen sind.

Autotypie: auch als Rasterätzung oder Netzätzung bezeichnet, wurde 1881/82 von *G. Meisenbach* ↑ erfunden. Die A. ist heute eine verbreitete Methode der fotomechanischen Wiedergabe von Halbtonbildern.

Azofarbstoffe: Ausgangspunkt für die Entwicklung der A., der zahlenmäßig und in ihrer Einsatzbreite wichtigsten Verbindungsklasse innerhalb der Teerfarbstoffe ↑, war 1858 die Entdeckung der Diazoniumverbindungen durch *P. Grieß.* Als erster technisch wichtiger A. wurde das Chrysoidin von *H. Caro* hergestellt (1875). Unter den A. erlangten die 1913 entdeckten Naphthol-A.-Farbstoffe, zur Gruppe der Entwicklungsfarbstoffe gehörig, und von diesen wiederum die Rapidogenfarbstoffe bes. weltweite Bedeutung.

Die nach 1950 zuerst in England entwickelten Reaktivfarbstoffe ↑ (Procionfarbstoffe) sowie die Metall-Komplex-Farbstoffe, deren Entwicklung auf die bereits 1892 von *Erdmann* entdeckten Chromierfarbstoffe zurückgeht, stellen neueste Entwicklungen innerhalb der A. dar.

B

Bagger: Baggerartige Hilfsgeräte wurden mit Sicherheit bereits im Altertum, z. B. in Ägypten, eingesetzt. Diese ersten B.-Vorrichtungen bestanden aus einer mit einem eisernen Bügel versehenen Stange, wobei am Bügel ein Sack, später ein Metallkasten zur Aufnahme des durch die Schürfbewegungen des Bügels losgelösten Gesteins befestigt war. (Stiel-B.).

Um 1500 schlug *L. da Vinci* ↑ einen B. für den Neubau von Kanälen vor, der, durch ein Tretrad angetrieben, die auf dem Grunde der Baugrube gefüllten Kübel emporhebt und an beiden Rändern ausleert. Von *L. da Vinci* stammen auch die Entwürfe zweier Schwimm-B., von denen der eine mit einem Schürfkübel, der andere mit einem Schaufelrad die Tiefe von Gewässern vergrößert.

Um 1550 entwarf *J. Besson* ↑ ein B.-Ketten-Hebezeug mit Handantrieb, das als Vorläufer der heutigen Eimerketten-Trocken-B. angesehen werden kann. Die erste eigentliche B.-Maschine, angetrieben von Menschen im Tretrad, soll 1591 von *Verantius* gebaut worden sein. Eimerkettenförderer waren im deutschen Bergbau des Mittelalters zur Wasserhaltung weit verbreitet. Im 17. und 18. Jh. wurden B. u. a. für Arbeiten zur Vertiefung von Flußbetten und Häfen schon häufig benutzt. Anfang des 19. Jh. gab es in Frankreich bereits von Pferden gezogene mechanische B.

Der erste Dampf-B. wurde 1796 in England gebaut. Bei ihm wurden 4 Baggerstiele von zu-

sammenhängenden Prähmen aus in Tätigkeit gesetzt. Der erste Dampf-B. in Deutschland wurde 1840 eingesetzt.

Der erste Eimerketten-B. wurde 1859 in Frankreich von *A. Convreux* entwickelt. Der B. fuhr auf Schienen und hatte Dampfantrieb. Als sog. Seitenschütter war er richtungweisend für spätere Konstruktionen. 1885 wurde dieser B.-Typ in Deutschland wesentlich verbessert und daraus der erste Eimerketten-B. mit Durchfahrtportal geschaffen.

Eimerketten-B. auf Raupenfahrwerken verbreiteten sich etwa ab 1910, zuerst in den USA. Es waren zunächst überwiegend Kleingeräte. Im Braunkohlentagebau Mitteleuropas fand der auf Raupen fahrende Eimerketten-B. neben dem auf Schienen laufenden ab 1920 wachsende Verbreitung. Die Entwicklung ging hier zu immer größeren Aggregaten, wie dem Säulen-Schwenk-B. oder dem Anfang der 40er Jahre eingesetzten Typ der Groß-B., der u. a. zur Beseitigung großer Deckgebirge diente und hohe Förderleistungen beim Kohleabbau ermöglichte. Eimerketten-B. werden auch heute im Braunkohlentagebau noch vielfach in Zusammenarbeit mit Abraumförderbrükken eingesetzt, doch wird ihre Stelle zunehmend von Schaufelrad-B. eingenommen. Ein heute im Braunkohlentagebau nur noch selten eingesetzter B.typ ist der Kabel-B. Er wurde um 1910 in den USA hauptsächlich zur Ausbaggerung von Flußläufen und zur Gewinnung von Kies u. a. Ablagerungen verwendet. Der erste Löffel-B. wurde 1892 von *Ottis* in den USA für Bahnarbeiten geschaffen. Der Antrieb erfolgte durch eine Dampfmaschine, das Gerät lief auf Schienen. Ebenfalls auf Gleisen fuhren auch die ersten in Deutschland (1905) gebauten und mit Dampf betriebenen Löffel-B. Nach 1910 entwickelte sich der auf Raupen fahrende Typ des modernen Universal-Löffel-B., der, durch Dampf, Diesel- oder Elektromotor angetrieben, auf einfachste Weise zur Verwendung als Schleppschaufel-, Greif-B. sowie als Kran, Ramme oder Stampfer umgerüstet werden konnte. Die Entwicklung großer B. dieses Typs wurde vor allem in den USA vorangetrieben, wo sie Basis der mechanischen Förderung in den Tagebauen wurden. Als modernster Typ des B. im Braunkohlentagebau wurde der Schaufelrad-B. um 1920 in Deutschland entwickelt; er hat sich seit etwa 1930 durch die schnelle Entwicklung seiner mechanischen und elektrischen Einrichtungen gegenüber dem Eimerketten-B. durchgesetzt. Der Vorteil dieses B.-Typs besteht im schichtweisen Ablösen der Gebirge, wodurch sich auch weniger mächtige oder stark mit Abraumlagern durchwachsene Kohleschichten mit gutem Wirkungsgrad abbauen lassen.

Die erste Kombination einer Abraumförderbrücke mit einem Schaufelrad-B. wurde 1932 in Frankreich in Betrieb genommen.

Schaufelrad-B. wachsender Größe und Leistung wurden nach 1945 in der UdSSR, der BRD und anderen Ländern gebaut.

Bakelit: ein Kunstharz aus Phenol und Formaldehyd, wurde 1907 von *L. H. Baekeland* ↑ erfunden und ab 1910 in größeren Mengen produziert.

Ballenlader: Spezielle B. wurden in den 50er Jahren in den USA entwickelt. Am Frontlader des Traktors sitzen in einem Rahmen Wellen, an denen Krallen befestigt sind. Beim Auflegen des Frontladers auf einen oder mehrere zusammengeschobene Ballen werden die Wellen mit den darauf sitzenden Krallen so von Hand gedreht, daß der Ballen fest ergriffen und vom Traktor auf den Stapel oder Wagen abgelegt werden kann.

Ballon: Das Prinzip des Frei-B. ist bereits in *Francesco de Lanas* Vorschlag einer fliegenden Barke enthalten (1670), die von 4 evakuierten großen Kugeln aus Kupferblech in die Luft getragen werden sollte. Die ersten B. waren die in China um 1300 bereits allgemein bekannten Heißluft-B. In Europa sollen die ersten Versuche mit einem solchen B. schon 1709 in Lissabon durch *de Guasmo* und 1731 in Rußland durch *Krjakutnoi* stattgefunden haben.

Eigentlicher Begründer der B.fahrt wurden die Brüder *J.* und *E. Montgolfier* ↑. Der erste öffentliche Aufstieg einer mit Heißluft gefüllten »Montgolfière« fand am 5. 6. 1783 in Annonay statt; der zweite erfolgte vom Schloßhof in Versailles am 19. 9. 1783, wobei sich als erste Luftpassagiere ein Schaf, ein Hahn und eine Ente an Bord befanden.

Bereits einen Monat zuvor hatte der Physiker *J. A. C. Charles* ↑ mit Hilfe der Brüder *Robert* den ersten unbemannten mit Wasserstoff gefüllten B. gestartet. Dieser wurde zum eigentlichen Ausgangspunkt der Entwicklung des Frei-B.

Die erste Luftfahrt von Menschen (*P. de Rozier* und der *Marquis d'Arlande*) fand am 21. 10. 1783 vom Schloß Muette bei Paris aus in einer Montgolfière statt. Die zweite bemannte Fahrt, diesmal mit einer Charlière, folgte am 1. 12. 1783. An Bord befanden sich *Charles* und die Brüder *Robert*. Ihr B. besaß bereits alle Kennzeichen eines moderen Frei-B. und verdrängte durch seine Zuverlässigkeit die Montgolfière bald völlig. Von den vielen B.fahrten der folgenden Jahre seien der Aufstieg einer Madame *Thible*, der ersten Frau in der B.fahrt (1784), und die 1785 geglückte Überquerung des Kanals von England aus erwähnt.

Militärische Verwendung für Aufklärungszwecke fanden B. erstmals 1794 auf französischer Seite im Kriege gegen Österreich. Sie waren Vorläufer des 1867 von *H. F. Giffard* ↑ erfundenen Fessel-B.

Der Einsatz des B. für wissenschaftliche Untersuchungen wurde zuerst von *Charles* demonstriert. 1804 stiegen die französischen Physiker *J. L. Gay-Lussac* ↑ und *J. P. Biot* ↑ in einem B. bis auf 7376 m Höhe und nahmen umfangreiche Untersuchungen vor. Ein Pilot-B. soll erstmals 1806 vom Schiff einer russischen Expedition aufgestiegen sein, um Informationen über die Windverhältnisse in größerer Höhe zu liefern. Während der Belagerung von Paris 1870/71 spielten B. als Sperrbrecher eine Rolle.

Die gegenwärtige Bedeutung des B. liegt vor allem auf wissenschaftlich-technischem Gebiet. Der Fessel-B. dient heute vor allem meteorologischen Messungen. In bemannten Frei-B. werden zahlreiche sportliche (Überland- und Zielflüge) sowie wissenschaftliche Flüge (Höhenforschung) unternommen. So flog 1914 ein bei Bitterfeld gestarteter B., mit *H. Berliner* und 2 Begleitern besetzt, über den gesamten europäischen Teil Rußlands und landete schließlich bei Swerdlowsk im Ural. Bei Höhenflügen überschritten schon 1901 *A. Berson* und *R. Süring* 10000 m. *A. Piccard* ↑ erreichte 1931 mit einem Stratosphären-B. 15700 m. Die sowjetischen Wissenschaftler *Prokofjew, Godunow* und *Birnbaum* erreichten in der Nähe Moskaus 19000 m (1933), 1957 stieg der Stratosphären-B. des Amerikaners *D. Simons* auf 30600 m. Im folgenden Jahre wurden in den USA 33000 m erreicht.

Heute werden unbemannte Pilot-, Registrier- und Sonden-B. u. a. für meteorologische und physikalische Messungen eingesetzt. Von großen B. aus werden in den USA kleine Wetter- oder andere Meßraketen gestartet (Rockoon-Verfahren). Schließlich wurden in den USA 1960 und 1964 jeweils ein B.-Satellit (»Echo«) als passive Nachrichtensatelliten ↑ gestartet.

Barometer: Nachdem *E. Torricelli* ↑ und *V. Viviani* ↑ 1643 mit dem grundlegenden Barometerversuch (Quecksilbersäule) die Wirkung des Luftdrucks erkannt hatten, benutzte *O. v. Guericke* ↑ ein Wasser-B. erstmals zur Wettervorhersage. *B. Pascal* ↑ erfand das Heber-B. und führte 1648 erste Höhenmessungen mit dem B. aus. *Ch. Huygens* ↑ verwandte 1661 als erster die B.probe zur Beurteilung der Luftverdünnung unter dem Rezipienten einer Luftpumpe. Das Quecksilber-B. wurde durch *G. Amontons* ↑, *R. Hooke* ↑, *J. L. Gay-Lussac* ↑ u. a., bes. für die Benutzung auf Schiffen, verbessert. Temperaturkorrekturen am B. berücksichtigte als erster *Amontons* 1695, Höhenkorrekturen nahm 1797 der Mechaniker *Fortin* durch ein Reise-B. mit beweglichem Gefäßboden vor. Das Aneroid-B., dessen Grundgedanke von *G. W. v. Leibniz* ↑ (1697) stammt, konstruierte 1848 als Kapsel-B. *L. Vidi.*

E. Bourdon ↑ baute 1849 das Röhren-B. Barographen verschiedenster Bauart wurden von *J. Ch. Poggendorf* ↑ (1826), *P. Schreiber* (1872), *A. Sprung* (1886) u. a. angegeben.

Baumwolle: Die ältesten in Indien gefundenen Gewebe aus B. sind etwa 5000 Jahre alt. Baumwollgewebe waren schon vor 4000 Jahren in China bekannt, ebenso im alten Ägypten und in Mittelamerika. Von Indien gelangten B. und Baumwollgewebe nach Vorderasien und Europa (Verarbeitung der B. u. a. durch Karthager auf Malta). Ab 13. Jh. breitete sich die Verarbeitung von B. auf der iberischen Halbinsel aus, ab 14. Jh. wahrscheinlich von Venedig aus, später in Mitteleuropa (z. B. Augsburg, Gent, Brügge). Um 1650 entstanden Baumwollmanufakturen in England (Manchester). Die Verarbeitung der B. nahm in England nach der Einfuhrbeschränkung für indische Baumwollstoffe rasch zu.

Die früheste Einfuhr nennenswerter Mengen amerikanischer B. nach England erfolgte wahrscheinlich 1747. Seit Ende des 18. Jh.

drängte die B. in Europa die Verwendung von Flachs und Wolle zunehmend zurück.

Gegenwärtig ist B. noch immer der im Weltmaßstab verbreitetste Textilrohstoff.

Baumwollentkernungsmaschine: nach dem Arbeitsgang auch als Egreniermaschine bezeichnet, wurde 1793 von *E. Whitney* ↑ in den USA konstruiert und gehört zu den wichtigsten Erfindungen auf dem Gebiet der Textiltechnik der letzten zwei Jahrhunderte. Sie leitete den Aufschwung der Baumwollindustrie im 19. Jh. ein.

Benzen: Bereits 1649 beschrieb *J. R. Glauber* ↑ eine ölartige Flüssigkeit, die er aus Steinkohlenteer erhalten hatte. *M. Faraday* ↑ fand 1825 im Leuchtgas dieselbe Substanz, der 1834 *J. v. Liebig* ↑ den Namen B. gab. 1845 beschrieb *A. W. v. Hofmann* ↑ in einer Gesamtdarstellung Vorkommen und Überführungen des B. in Anilin ↑. Die technische Herstellung von B. und Toluen durch fraktionierte Destillation aus Steinkohlenteer nahm 1849 *Hofmanns* Schüler *Mansfield* auf. Durch die Arbeiten von *F. A. Kekulé* ↑, welche zur Formulierung der Ringstruktur des B.moleküls führten (1865), wurden die Arbeiten auf dem Gebiet der aromatischen Kohlenwasserstoffe nachhaltig gefördert.

Bergius-Pier-Verfahren: 1911 beobachtete *F. Bergius* ↑ die Bildung flüssiger Produkte bei der Behandlung von Kohle mit Wasserstoff unter hohem Druck. *Bergius* erarbeitete die grundlegenden Reaktionsbedingungen für die Kohlehydrierung. Diese Arbeiten wurden in den 20er Jahren fortgeführt. Vorhandene Erfahrungen aus bereits laufenden Hochdrucksynthesen(Ammoniak, Methanol) förderten die weiteren Entwicklungsarbeiten wesentlich. Bes. Verdienste erwarb sich dabei *M. Pier* ↑ der seit 1924 spezielle Untersuchungen über den Einfluß bestimmter Katalysatoren auf die Prozeßführung anstellte. 1927 konnte eine erste Anlage gebaut und erfolgreich in Betrieb genommen werden. In jüngster Zeit gewinnt die Kohlehydrierung wieder zunehmend an Bedeutung.

Beschichtete textile Materialien: Gewebe auf Kunstfaser- und Kunstseidebasis, die mit PVC, Polyurethan, Butylkautschuk, Polyäthylen oder anderen Materialien beschichtet werden, wurden um 1940 entwickelt. Der Nordamerikaner *W. Bird* verwendete sie als erster 1945 zum Bau pneumatischer Konstruktionen (z. B. Traglufthallen). Seit einigen Jahren versucht man, durch den Einsatz von Glas- und Metallfasern für das Traggewebe die Alterungsbeständigkeit und Belastbarkeit positiv zu beeinflussen. Weitere Anwendungsgebiete finden sich bei der Herstellung von Behältern für den Schüttgut- und Flüssigkeitstransport und -umschlag sowie beim Erdbau.

Beschleuniger: Linear-B., bei denen Ladungsträger einmal oder mehrfach in einer Richtung durch hohe Gleichspannungen (Kaskadengenerator von *H. Greinacher* 1920 oder Bandgenerator von *R. J. van de Graaff* 1930) oder elektrische Wechselfelder beschleunigt werden, bauten als erste *E. O. Lawrence* ↑ und *D. H. Sloane* (1931) sowie *J. D. Cockroft* ↑ und *E. T. S. Walton* 1932. Bes. Anwendung fand die Mehrfachbeschleunigung, hervorgerufen durch hochfrequente Wechselfelder (Prinzip von *R. Wideroe,* 1922) im Zyklotron (*E. O. Lawrence* ab 1930), bei dem die Ladungsträger durch ein konstantes Magnetfeld auf Kreis- oder-Spiralbahnen gezwungen und nach jedem halben Umlauf beschleunigt werden. Das erste Zyklotron von *Lawrence* hatte den Durchmesser von 10 cm. Daran anschließend entwickelten *W. J. Weksler* ↑ und *E. McMillan* das Synchrozyklotron. Nach Vorschlägen *Wideroes* und *J. Slepians* (Elektronenturbine) entwikkelte *T. Kerst* 1941 das Betatron zur Beschleunigung von Elektronen, aus dem *Weksler* unter Benutzung des Zyklotronprinzips das Synchrotron schuf, das auch für die Beschleunigung schwerer Teilchen (Phasotron: *Weksler,* Bevatron: *Alvarez*) benutzt wurde.

Beton: In der Zusammensetzung hydraulischer Kalk, Sand, Kies und Wasser war B. bereits den Römern bekannt und ist in allen von der römischen Kultur beeinflußten Ländern vorzufinden. Später ist die Kunst des B.baues verlorengegangen. Erst mit der Entdeckung des Zementes ↑ begann der B.bau wiederzuerwachen. Erste B.bauwerke der Neuzeit sind in Frankreich (1816: Brücke über die Dordogne aus Romanzement, 1834: Einbau erhärteter B.blöcke bei Hafenbauten in Algier) und in England (zunächst mit hydraulischem Kalk, später mit Romanzement und ab 1856 mit Portlandzement als Bindemittel) anzutreffen. In Deutschland wurden nach dem Bau der ersten Romanzementfabrik 1838 in Ulm seit

1840 Fußböden aus Stampf-B., seit 1855 Fundamente, Treppen und Stützmauern und seit 1860 Zwischendecken aus B. gefertigt.

Betonbehälter: die ersten B. (eigentlich als Stahlbetonbehälter – Stahlbeton ↑ – zu bezeichnen) wurden nach Patenten von *J. Monier* ↑ in Frankreich gebaut (1868/70 Behälter mit 25 m^3 Fassungsvermögen in Fontenaibles, 1870/73 mit 200 m^3 Fassungsvermögen in Foutenay-sur-Bois). Rissefreie Behälter für Flüssigkeiten aus Spannbeton werden seit 1914 ausgeführt. 1942 baute *E. Fancott* in Kanada den ersten Wasserbehälter aus vorgespanntem Torkretbeton. Im Gegensatz zu früher wegen der zu garantierenden Rissefreiheit ausschließlich monolithisch hergestellten B.n werden heute zunehmend aus Fertigteilen montierte B. hergestellt.

Betonfachwerkträger: gehören zu den ältesten Betonbauteilen, die in der Fertigteilbauweise ↑ hergestellt wurden. Die ersten B. wurden 1906 für Deckenbalken von *Visintini* hergestellt. 1915 wurden B. in den USA als Hallenbinder verwendet. Nach 1940 wurden die schlaffbewehrten B. nur noch selten angewandt. Seitdem werden B. hauptsächlich in Spannbeton ↑ ausgeführt.

Betonfertigteil: Ein B. ist ein Montageteil, das aus Zuschlagstoffen (Kies und Sand), Bindemittel (Zement) und Zusatzstoffen (chemische Mittel zur Bescheunigung oder Verzögerung des Erhärtungsvorgangs) in einer eigens dafür geschaffenen Form (Schalung) hergestellt wird. Wie eine »an Ort und Stelle« hergestellte monolithische Konstruktion kann ein B. durch Stahleinlagen bewehrt sein und wird zum Stahlbetonfertigteil. B. und Stahlbetonfertigteile werden in der DDR in allen Bereichen des Bauens erfolgreich eingesetzt.

Der Bau mit Fertigteilen geht zurück bis ins Altertum. Bereits der Pyramidenbau kann als Fertigteilbau aufgefaßt werden. Das gleiche gilt für die Verwendung großer Natursteinquader in späteren Zeiten.

Ein Verfahren zur Herstellung von B. im heutigen Sinne beschreibt *L. da Vinci* ↑ 1493. Nach dieser Methode wurden 1833 durch *Poirel* Steine für Uferbefestigungen hergestellt. *Lambot* (1855) und *J. Monier* ↑ (1867) fertigten Betonerzeugnisse, die nach heutiger Ansicht in vollem Maße als Stahlbeton gelten können.

In der ersten Hälfte des 20. Jh. nahm das Bauen mit Beton und Stahlbetonfertigteilen einen großen Aufschwung. Der Fertigteilbau ist heute führend im Rahmen des Massivbaues.

Betonmischer: Seit 1820/30 sind die ersten Mörtelmischer als feste Tröge mit bewegten Rechen, Schaufeln oder Ketten bekannt; der Antrieb dieser Zwangsmischer erfolgte über Pferdegöpel. Es folgten Sturzkasten-B. (Freifallmischer) und Fallwerke (schräger Schacht mit Prallflächen nach dem Schwerkraftprinzip). Die Vorläufer heutiger Freifall-B. bestanden aus horizontalliegender, hölzerner drehbarer Trommel mit Mitnehmerblechen (Göpelantrieb).

Betonpumpe: 1913 bauten in den USA *Cornell* und *Kee* die erste Beton-Kolben-Pumpe mit Konstruktionsmerkmalen moderner B.; 1928 konstruierten *Giese* und *Hell* (Deutschland) eine »Beton-Mörtel-Pumpe mit Kolbenspülung« als stehende, einzylindrige Plungerpumpe mit liegendem Zylinder; 1932 führte *Kooymann* (Niederlande) die B. mit Horizontalkolben und Drehschieber ein.

Betonrohre: Die ersten B. mit leicht gespannter Stahldrahtumwicklung stellte 1910 *Zisseler* in Deutschland her. *Siegwart* (Schweiz) umwickelte 1910 B. mit Draht mit einer Drahtspannung von 61300 N/cm^2 und wies nach, daß diese bis zu einem inneren Überdruck von 55 at noch dicht sind.

Betonschwellen: Das erste Patent zur Herstellung von Eisenbahnschwellen aus Stahlbeton wurde 1877 *J. Monier* ↑ erteilt. Erste Versuche zur Herstellung von Spannbetonschwellen wurden um 1906 von *M. Koenen* erfolglos durchgeführt. 1941 wurde in zahlreichen Ländern mit der Herstellung gebrauchsfähiger Spannbetonschwellen begonnen.

Beugungsgitter: wurden um 1820 von *J. Fraunhofer* ↑ erfunden und von ihm erstmals für exakte Lichtwellenlängenmessungen benutzt. Sie wurden vor allem durch *H. A. Rowland* ↑ um 1880 vervollkommnet.

Bildaufnahmeröhre: für das Fernsehen ↑ bereits 1925 vorgeschlagen (Patent *M. Dieckmann* ↑). Das entscheidende Prinzip der »Ladungsspeicherung« wurde zwischen 1928 und 1932 von mehreren Forschern zugleich erkannt und genutzt, z. B. von *A. P. Konstantinow* und *S. I. Kitajew* (UdSSR). Bedeutung er-

langte vor allem das Ikonoskop *W. K. Zworykins* ↑ (1930), das bald verbessert wurde und zahlreiche Nachfolger fand, z. B. das Superikonoskop (1933) und das Rieselikonoskop. 1939 folgte als zweiter Grundtyp der B. das Orthikon der nordamerikanischen Ingenieure *A. Rose* und *H. James,* um 1950 als dritter das Vidikon. Besonders dieses läßt sich sehr klein und für verschiedene Bereiche des Spektrums ausführen und ist daher vielseitig einsetzbar.

B. ist auf der Grundlage lichtempfindlicher Halbleiterelemente ohne im Vakuum geführten Elektronenstrahl weiteres Forschungs- und Entwicklungsthema.

Bildtelegrafie: Erste Versuche zur B. wurden unmittelbar nach Einführung der elektrischen Telegrafie unternommen. Um 1843 begann *A. Bain* ↑ mit der Entwicklung von »Kopiertelegrafen«, die jedoch wegen des nicht zu erhaltenden Gleichlaufs von Sender und Empfänger nicht eingesetzt werden konnten. 1856 schuf *G. Caselli* ↑ einen Bildtelegrafen auf elektrochemischer Grundlage, der trotz zahlreicher Mängel vorübergehend zwischen Paris und Lyon in Betrieb war. 1877 begannen Experimente, die Lichtempfindlichkeit des Selens für die B. auszunutzen.

Später folgten Versuche mit optischen und fotochemischen Bildtelegrafen. Ab 1900 begannen die Arbeiten von *A. Korn* ↑, der die Grundlagen der modernen B. schuf. 1904 übertrug er Bilder auf einer Leitungsschleife München–Nürnberg–München. 1907 wurden B.-Linien zwischen Berlin und München, Berlin und Paris sowie Paris und London eingerichtet. Von da ab begann sich die B. durchzusetzen. Ihre weitere Verbesserung ist vor allem das Verdienst von *A. Karolus* ↑ (1924).

1922 begann *Korn* mit Experimenten zur drahtlosen B. (Bildfunk). 1924 arbeiteten u. a. *Karolus* und *F. Schröter* ↑ auf dem gleichen Gebiet. Ab 1929 wurden erste kontinentale und interkontinentale Bildfunklinien in Betrieb genommen (u. a. zwischen Deutschland und den USA, Argentinien und Japan), denen zahlreiche weitere folgten. In Gestalt der Faksimileübertragung hat sich die B. zahlreiche weitere Anwendungen erschlossen (z. B. Wetterkartenübertragungen, Austausch von schriftlichen bzw. grafischen Vorlagen zwischen Fernsprechteilnehmern usw.).

Bildwerfer: geht auf die von *A. Kircher* ↑ 1646 beschriebene »Laterna magica« zurück. Sie wurde bereits 1653 für einen »Lichtbildervortrag« (*A. Tacquet*) benutzt. Verbesserungen in den folgenden Jahrhunderten waren vor allem auf größere Helligkeit, Steigerung des Vergrößerungsmaßstabs usw. gerichtet. Dazu dienten die Einführung neuer Lichtquellen, zusammengesetzte Objektive usw.

Möglichkeiten, auch undurchsichtige Vorlagen zu projizieren, wurden durch das gegen Ende des 19. Jh. aufkommende Epidiaskop erschlossen. Zur gleichen Zeit wurden auch Methoden zur Mikroprojektion erarbeitet.

Bilkenroth-Rammler-Verfahren: zur Herstellung von Braunkohle-Hochtemperatur-Koks (BHT-Koks) aus Braunkohle mit geringem Schwefelgehalt wurde von *G. Bilkenroth* ↑ und *E. Rammler* ↑ als einstufiges Verfahren entwickelt und seit 1952 großtechnisch zum ersten Mal in der Welt in der Großkokerei Lauchhammer durchgeführt. Durch BHT-Koks können erhebliche Mengen Steinkohlenkoks für metallurgische Zwecke ersetzt werden.

Blähschiefer: ein leichter Zuschlagstoff für die Betonherstellung, wird aus Schiefer oder Tonschiefer durch Aufblähen bei hohen Temperaturen gewonnen. Das erste deutsche Blähschieferwerk nahm 1958 seine Produktion in Unterloquitz bei Saalfeld auf.

Blähton: ein feinkörniger leichter Zuschlagstoff für die Betonherstellung, wird durch Aufblähen von leichtschmelzbarem, tonigem Rohstoff während eines Brennprozesses gewonnen und besitzt eine porige Struktur.

Die ersten Versuche zur Herstellung von B. führte der Nordamerikaner *S. J. Hayde* 1917 durch. 1918 wurde der erste B. in einer Ziegelei in den USA produziert und für den Bau eines Betonschiffes benutzt. Um 1930 wurde das amerikanische Herstellungsverfahren in Europa übernommen, und es wurde zuerst in Dänemark, später in Holland, England, Schweden und der UdSSR B. hergestellt. Seit 1949 wird für die Herstellung von B. das Saugzugsinterverfahren ↑ angewendet.

Blasenkammer: 1952 entwickelte *D. A. Glaser* ↑ als kernphysikalisches Nachweis- und Meßgerät die B., bei der sich die Teilchenspuren durch Dampfbläschen in einer überhitzten Flüssigkeit markieren. *Alvarez* verbesserte die B. (Füllung mit flüssigem Wasserstoff), vergrö-

ßerte ihr Volumen und wandte eine halbautomatische Meßanordnung mit Computer zur Auswertung der Meßdaten an.

Blei: wurde 3000 Jahre v. u. Z. in Ägypten und Vorderasien, in der frühen Bronzezeit auch in Spanien und Mitteleuropa gewonnen. Es war – wie auch in späterer Zeit – Hilfsmittel zur Gewinnung von Silber. B.bergbau wurde schon in sehr früher Zeit in Spanien, auf Rhodos, Zypern, in England und Gallien, vornehmlich durch Phönizier, Griechen und Römer, betrieben. Diese hatten bereits Wasserrohre aus B. B.sulfid fand in Ägypten und Rom als Schminke Verwendung.

Die Blütezeit des B.bergbaus liegt im 16. Jh. B. wird überwiegend nach dem Röstreduktionsverfahren (Schachtofenverfahren) gewonnen. Dem Prozeß wird ein Raffinationsverfahren angeschlossen zur Entfernung von Kupfer, Silber u. a. im sog. Werkblei enthaltener Metalle.

Bleikammerverfahren: erstes großtechnisches Verfahren zur Herstellung von Schwefelsäure ↑, wegen der Verwendung nitroser Gase als Oxydationsmittel auch als Nitroseverfahren bezeichnet.

Nach der 1795 von *Clément* und *Ch. B. Desormes* entdeckten Bedeutung der Sauerstoffzufuhr, die als Luft den Bleikammern zugeführt wird, ergänzte man zuerst 1813 den Gay-Lussac ↑-Turm, welcher die Rückgewinnung der nitrosen Gase ermöglichte. Mit der Einführung des Gloverturms (1860) wurde das B. schließlich für die Stickoxide zu einem Kreislaufprozeß gestaltet. Das B. wurde in England entwickelt und war für die Schwefelsäureproduktion bis zur Entwicklung des Kontaktverfahrens beherrschend. Durch Einführung neuer Reaktionsbehälter (Turmverfahren) durch *Petersen* (1905) und *Opl* (1906) ließ sich das B. in der Folgezeit so ökonomisch verbessern, daß es auch heute noch neben dem Kontaktverfahren eine wichtige Rolle in der Schwefelsäureerzeugung spielt.

Bleistift: in einfachen Formen (ohne Hülle) schon im 14. Jh. bekannt und vor allem von Malern verwendet. Graphit als Material für B. wurde bereits um 1500 benutzt, aber erst seit 1665 in England in größerem Umfang eingeführt, danach B.-Manufakturen, um 1680 und später in Nürnberg *(L. Faber)*. Ein entsprechender Schritt war die Erfindung der noch heute üblichen Graphit-Ton-Mischung für die Herstellung der B.minen (1795, *Hardtmuth*).

Blindenschrift: Um 1785 erfand *V. Hauy* erhabene Buchstaben, welche durch Abtasten von Blinden gelesen werden konnten. Die Entwicklung der ersten »schreib- und lesbaren« B. gelang nach unbefriedigenden Versuchen von *Hauy* und anderen schließlich *Ch. Barbier* (1767 bis 1841). Seine B. baut auf ein 12-Punkte-Grundzeichen auf.

Die heute gebräuchliche B. erfand *L. Braille* ↑ 1829. Er vereinfachte das Schriftsystem von *Barbier* durch Einführung eines 6-Punkte-Grundzeichens.

Blitzableiter: *B. Franklin* ↑ erkannte, daß der Blitz eine elektrische Erscheinung ist, und erfand um 1750 den Blitzableiter, der unabhängig von ihm und zu gleicher Zeit auch von *P. Diwitsch* ↑ eingeführt wurde. Anfangs wurde das obere Ende als Kugel, ab 1780 als Spitze ausgeführt. Seit 1846 wurden an Telegrafenanlagen Blitzschutzeinrichtungen durch *C. A. Steinheil* ↑ u. a. angebracht. 1897 konstruierten *E. Oelschlägel* und *F. Schrotte* den Hörnerblitzableiter.

Blockbau: Erste Nachweise des B. in Mitteleuropa entstammen dem 2. Jahrtausend v. u. Z. Voraussetzung des B. (Grundelement Balkenkranz mit schichtartiger Aussteifung durch räumlichen Aufbau der Konstruktion) ist ausreichender Nadelholzbestand (glatte, lange und gerade Stämme). Heute wird B. nur noch in nordischen und in Hochgebirgsgegenden (Holzbedarf!) angewendet.

Bohrgerät, mechanisches: Die Anfang des 19. Jh. von *Jordan* entwickelte Handbohrmaschine, im Prinzip ein durch Handkurbel angetriebener Schlagbohrhammer, war eines der ersten mechanischen Abbaugeräte. Hierbei wurde der Bohrmeißel durch die Federkraft einer bei jeder Kurbeldrehung in einem Kolben komprimierten Luftmenge nach vorn gestoßen. Wegen seiner Unhandlichkeit konnte sich dieses B. jedoch nicht durchsetzen. Die erste Dampfbohrmaschine (Dampfbohrhammer) erfand 1849 der Amerikaner *Coach*. Sein B. war unter Verwendung von Teilen der Kolbendampfmaschine konstruiert und fand beim Bau von Tunneln Verwendung. Unter Tage ergaben sich u. a. Bewetterungsprobleme, weshalb die Maschine nach 1860 von der zu dieser Zeit aufkommenden Druckluftbohrma-

schine verdrängt wurde. Durch Kombination dieses B. mit der im gleichen Jahr von *D. Colladon* in Genf erfundenen Maschine zur Erzeugung von komprimierter Luft entwickelten die Ingenieure *Grandie, Grattoni* und *G. Someiller* unter gleichzeitiger Verbesserung der ursprünglichen in Apparaturen 1857 einen hochleistungsfähigen Schlagbohrhammer, der sich ab 1861 beim Bau des Mt.-Cenis-Tunnels bewährte. Obwohl im sächsischen Bergbau schon 1865 Versuche mit Druckluftbohrhämmern durchgeführt wurden, setzte sich diese Technik erst gegen Ende des 19. Jh. im Bergbau durch. Waren die ersten Hand-Drehbohrmaschinen schon um 1850 erfunden, spielte bes. die 1876 von dem deutschen Ingenieur *Brand* entwickelte hydraulische Drehbohrmaschine mit Kronenbohrer eine bedeutende Rolle bei der weiteren Entwicklung der Tunnel- und Bergbautechnik. Noch größer wurde die Bedeutung der Drehbohrmaschine durch den elektrischen Antrieb. Die erste elektrische Gesteinsbohrmaschine entwickelte *W. Siemens* ↑ 1879. Die Maschine fand in verbesserter Form Verwendung zum Bohren weicher Gesteine. Den Prototyp des modernen Abbauhammers schuf schließlich 1897 der Amerikaner *G. Leyner.* Sein Bohrhammer war transportabel und fand schnell weite Verbreitung im Tunnel- und Bergbau.

Bohrmaschine: Vorläufer der B. sind die schon in der Steinzeit (vor etwa 40000 Jahren) nach dem Vorbild des Feuerbohrers entstandenen Bohrvorrichtungen (Sand als Schleifmittel). Etwa ab 4000 v. u. Z. betrieb man diese mit Sehnenzug. Mit Aufkommen des Fiedelbogens (Drehmaschine ↑) konnte die Arbeit von einer Person allein ausgeführt werden. Mit diesem Antrieb arbeiteten auch noch die Bohrvorrichtungen in den Manufakturen des 18. Jh. Mit dem Gebrauch eiserner Werkzeuge (um 2000 v. u. Z.) kamen Spitzbohrer, Löffelbohrer und Zentrumsbohrer (mit Zentrierspitze) auf.

Mit geringen Abwandlungen wurden diese Formen bis in das Mittelalter verwendet. Die im 16. Jh. in Gebrauch kommenden Bohrwerke, angetrieben durch Wasserräder, stellen die eigentlichen Vorläufer der heutigen B. dar. Um 1540 wurden solche Apparaturen zum Ausbohren von Geschützrohren verwendet. Ein für das Ausbohren von Baumstämmen dienendes Bohrwerk aus dem Jahre 1615 besaß zwischen Wasserrad und Bohrgestänge ein Zahnradgetriebe zur Kraftübertragung. Das 1751 von dem französischen Schlosser *N. Focq* konstruierte und durch Deckenvorgelege angetriebene »Zylinder-Hobelwerk« arbeitete bereits nach dem Prinzip eines modernen Zylinderbohrwerks.

Die eigentliche Entwicklung des Metallbohrens setzte nach 1750 ein, als das Aufbohren von Geschützrohren und dann der ersten Dampfzylinder verbesserte Technologien erforderte. Das um 1775 von *J. Wilkinson* ↑ gebaute Ausbohrdrehwerk ermöglichte erstmals das Herstellen von Dampfzylindern mit genauen Bohrungen und ist vermutlich die erste Werkzeugmaschine zur Metallbearbeitung.

Die Entwicklung der Senkrecht-B. begann wahrscheinlich Ende des 18. Jh. in England. Seit etwa 1820 verwendete man in der Fabrik von *J. Bramah* ↑ Spiralbohrer. In Deutschland wurde der Spiralbohrer 1863 von *S. Martigoni* eingeführt. Die Entwicklung der Universal-Fräsmaschine (Fräsmaschine ↑) brachte einen wichtigen Fortschritt in der Serienproduktion dieser Bohrer. Die weitere Entwicklung der B. ging im 19. Jh. im wesentlichen von England und den USA aus. So befaßte sich *J. Witworth* ↑ bereits mit der Herstellung automatischer B.; auch die Entwicklung mehrspindliger B. begann Mitte des 19. Jh. in den USA. Durch die Entwicklung neuartiger Verfahren der erosiven Metallabtragung (Elektroerodieren ↑), Ultraschallbearbeitung ↑, Einsatz des Lasers ↑ usw. sind völlig neuartige Bohrtechnologien entstanden.

Bolometer: Nachdem *H. F. E. Lenz* ↑ und *H. Davy* ↑ um 1835 die Erhöhung des elektrischen Widerstandes von Metallen bei Erwärmung festgestellt hatten, erfand *A. F. Svanberg* 1857 ein elektrisches Differentialthermometer, das aus einer geschwärzten Kupferspirale, eingeschaltet in einer Meßbrücke, bestand. *S. P. Langley* benutzte 1881 als wärmeempfindlichen Teil einen geschwärzten Platinstreifen, nannte das Gerät B. und verwandte es für Strahlungsmessungen. Das B. wurde durch *O. Lummer* u. a. um 1890 wesentlich vervollkommnet und auch als Indikator für Hertzsche Wellen benutzt.

Brikettierung: Verfahren zur Herstellung in bestimmten Formen gepreßter feinkörniger

Materialien, wurde für Braunkohle in der Mitte des 19. Jh. entwickelt. Die in den Brikettfabriken verwendeten Pressen gehen auf die Erfindung des bayrischen Maschinenmeisters *C. Exter* zurück, der nach dem Prinzip der Strangpresse die erste Stempelpresse für Torf erfand. 1856 wurde die erste dieser Pressen eingesetzt. Eine für die Braunkohle-B. weiterentwickelte Stempelpresse gelangte erstmals 1858 auf der Grube »Theodor« (später Braunkohlenwerk Ammendorf) zum Einsatz. Am gebräuchlichsten sind in den Brikettfabriken Kniehebelstempelpressen mit 2 Stempeln. Der andere zur B. verwendete Pressentyp, die Ringwalzenpresse (2. Hälfte des 19. Jh.), findet hauptsächlich zur B. von Schwelbraunkohle für die Stückkoksherstellung Verwendung.

Brille (Linse, Lupe): Die vergrößernde Wirkung gewölbter Gläser erwähnen *Seneca* und *Ptolemäus* ↑ zu Beginn unserer Zeitrechnung. Die Entwicklung von B., Linse und Lupe verlief parallel, doch ist der Ausgangspunkt nicht exakt feststellbar *(Alhazen* ↑*)*.

Bereits um 1250 beschrieb *R. Bacon* ↑ Lesehilfen, die als Vergrößerungsglas auf das Papier gelegt wurden. 1283 werden von italienischen Autoren Brillen mit geschliffenen Gläsern erwähnt, doch wird als »Erfinder der B.« erst 1317 *Salvino degli Amati* genannt.

Für 1483 werden Brillenmacher in Nürnberg erwähnt, nach 1518 scheint die B. für Kurzsichtige allg. Bedeutung erlangt zu haben.

Bronze: war schon sehr früh bekannt. Eine vorgeschichtliche Epoche wird als B.zeit bezeichnet. Sie folgte der Jungsteinzeit. Vor der B. wurden bereits Gold und Kupfer verarbeitet. Die Verwendung von B. stellte einen wesentlichen Fortschritt dar, da B. wesentlich härter und zugleich leichter schmelzbar als Kupfer war. Die ältesten B.geräte wurden in Mesopotamien, Ägypten und Kreta gefunden. Der B.guß erfolgte nach verschiedenen Verfahren. Die primitivste Art war der offene Herdguß oder Vollguß, bei dem die in Stein, Lehm oder Ton eingearbeitete Form mit dem flüssigen Metall ausgefüllt wurde.

Dem folgte der verdeckte Herdguß, bei dem die Form mit einer Platte verschlossen wird. Er bildet den Übergang zum Schalen- oder Kokillenguß. Hierbei wird die Schmelze durch eine Öffnung in eine aus zwei oder mehreren Teilen bestehende Form eingegossen.

Brot: B. wurde wahrscheinlich zum ersten Mal vor etwa 4000 Jahren gebacken. Die Vorstufe des B. bildete der Getreidebrei bzw. der für Vorratshaltung gedachte Fladen, natürlich oder in der Wärme des Feuers getrockneter Brei. Ob Hirse die erste angebaute Getreideart war, ist nicht mit Sicherheit festzustellen. Dagegen ist erwiesen, daß um 2000 v. u. Z. Weizen und Hirse im europäischen Raum verarbeitet wurden. Roggen gelangte erst während der Zeit der Völkerwanderung zum Anbau und wurde im 18. Jh. durch Weizen ersetzt. Im frühen Altertum wurde B. zunächst auf dem Herd gebacken. Der Backofen trat mit dem Aufkommen des B.-Backens als Gewerbe, etwa vom 9. Jh. an, in Erscheinung. Die Bauart des Backofens ist vom Prinzip her bis in die Gegenwart die gleiche geblieben. Vom mit Kohle befeuerten Ofen führte der Weg zum vollautomatischen Backbetrieb mit Fließbandfertigung. Als Heizmittel wird neben Gas und Öl in modernen Betrieben überwiegend Dampf verwendet. Im Dampfbackofen erfolgt die Beheizung durch Wasserdampf in dickwandigen Stahlrohren. Hier gibt es keine Einwirkungen von Rauch auf das Backgut.

Buchdruck: Als europäischer Erfinder des B. wird allgemein *J. Gutenberg* ↑ angesehen, der zwischen 1434 und 1444 in Strasbourg an dieser Erfindung arbeitete und um 1440 dort erstmals mit beweglichen Lettern gedruckt haben soll.

Gutenbergs Erfindung umfaßt den gesamten Druckvorgang. So verbesserte er 1444 die Druckerschwärze, entdeckte in einer Blei-Zinn-Legierung ein geeignetes Letternmetall und erfand 1448 ein Gießgerät zur Herstellung von Einzellettern. Schließlich entwikkelte er auch eine Schiene, aus der die Lettern zu Textteilen zusammengefügt werden und zum Druck gelangen konnten.

1450 druckte *Gutenberg* nach seinem Verfahren ein Schulbuch, 1455 beendete er den Druck der berühmten 42-Zeilen-Bibel, ein in seiner typographischen Vollendung beispielhafter Druck.

Als *Gutenbergs* Geldgeber *J. Fust* unter einem Vorwand einen *Gutenberg* gewährten Kredit kündigte, verlor dieser seine Druckerei,

die von *Fust* und dessen Schwiegersohn *P. Schoeffer* ↑ weiterbetrieben wurde. Um die gleiche Zeit soll auch der Holländer *L. Coster* mit beweglichen Lettern gearbeitet haben.

Bügeleisen: kam im 15. Jh. auf. Es wurde auf der Ofenplatte erhitzt. Später legte man erhitzte Bolzen oder glühende Holzkohle in die B. Nachdem sich das Gas im Haushalt eingebürgert hatte, erhitzte man die B. damit. Um die Jahrhundertwende kamen elektrische B. auf. Elektrische Regler-B. setzten sich etwa ab 1950 durch.

Buna: Handelsname für Synthesekautschuk ↑, zusammengesetzt aus den Anfangsbuchstaben der Wörter Butadien und Natrium. B. weist auf die ersten in Deutschland hergestellten Butadienpolymerisate hin mit Natrium als Katalysator. Diese sog. Zahlenbunatypen wurden 1926 von *G. Ebert* entdeckt. Sie haben heute keine industrielle Bedeutung mehr. Die Bezeichnung B. wurde auch für die später entwickelten Synthesekautschuktypen beibehalten.

Bunsenbrenner: ein von *W. R. Bunsen* ↑ 1855 entwickelter Gasbrenner, diente zu seiner Zeit außer zur Erzeugung hoher Temperaturen auch zu Beleuchtungszwecken. Vor allem aber war und ist der B. in Laboratorien und Werkstätten als bequem zu handhabende Wärmequelle geringer Leistung verbreitet.

Butadien: Von *J. Caventou* 1863 entdeckter Grundbaustein wichtiger Synthesekautschuke. Die Polymerisationsfähigkeit zu kautschukartigem Material entdeckte 1910 *S. W. Lebedew* ↑. *F. C. A. Hofmann* ↑ beschäftigte sich um 1912 u. a. auch mit Polymerisationsversuchen am B. In großem Umfange wurden diese jedoch erst ab 1925 in Deutschland aufgenommen (Buna ↑, Polybutadien ↑). Zur B.-Synthese wurden eine Reihe Verfahren entwikkelt, wobei die bes. Rohstoffsituation der betreffenden Länder maßgebend war. So hat das Lebedew-Verfahren ↑ in der UdSSR bis nach 1945 eine große Rolle gespielt. In den USA wurde nach einer davon abgewandelten Methode im zweiten Weltkrieg in größtem Umfange B. produziert, in Deutschland wurde das um 1935 entwickelte Vierstufenverfahren zur Herstellung von B. aus Acetylen zur Basis der 1937 beginnenden Großproduktion von Synthesekautschuk. Das um 1939 entwickelte Reppeverfahren zur B.-Synthese aus Acetylen und Formaldehyd fand trotz besserer Ausbeuten keine großtechnische Anwendung. Von den modernen Verfahren zur B.-Herstellung hat das bereits 1928 entwickelte Houdry-Einstufenverfahren wachsende Bedeutung.

Butylkautschuk: ein 1937 von *Sparks* und *Thoms* in den USA entwickelter Synthesekautschuk, der sich im Gegensatz zu allen anderen bis dahin bekannten Kautschukarten durch eine sehr gute Beständigkeit gegenüber Luft und Chemikalien auszeichnet. Zu seiner Herstellung sind extrem tiefe Temperaturen erforderlich.

C

Calciumcarbid: Das erste C. nach dem Lichtbogenverfahren stellten 1892 unabhängig voneinander *H. Moissan* und *T. L. Wilson* in Kanada her. Bald danach begann man in den USA die ersten Carbidöfen in Betrieb zu nehmen. Die Technologie der C.-Produktion erreichte um 1905 in Deutschland einen Stand, der unmittelbar den Aufschwung der Acetylenchemie begünstigte.

Calutron (Abkürzung für California University Cyclotron): ein umgebautes Zyklotron zur Trennung und Anreicherung von Isotopen nach dem Prinzip des Massenspektrometers wurde 1941 von *E. O. Lawrence* ↑ entwickelt. Während des zweiten Weltkrieges wurde damit vor allem das Uranisotop $^{235}_{92}U$ gewonnen.

Camera obscura: Wann die C. o. erfunden oder zum ersten Male benutzt wurde, ist nicht bekannt. Um 1035 soll sie von *Alhazen* ↑ zur Sonnenbeobachtung angewandt worden sein. Um 1550 beschrieb *G. della Porta* ↑, vielleicht auf Arbeiten von *L. da Vinci* ↑ zurückgreifend, eine C. o., die mit einer Sammellinse ausgestattet war. 1573 kehrte der Italiener *I. Danzi* mit Hilfe eines Spiegels das auf dem Kopf stehende Bild der C. o. um.

Carborundum (Siliciumcarbid): durch die *Gebr. E.* und *A. Cowles* 1885 entdeckte Verbindung sehr großer Härte und chemischer Widerstandsfähigkeit zwischen Kohlenstoff und Silicium. Ihre Bedeutung erkannte jedoch erst *E. G. Acheson* (1891), der dieselbe Substanz beim Versuch, künstliche Diamanten herzu-

stellen, erhielt und C. nannte. Er erschloß die auch heute noch wichtigste Anwendungsmöglichkeit als Schleifmittel. Weiterhin dient C. u. a. als Material für Heizelemente und Heizstäbe in elektrischen Widerstandsöfen.

Celluloid: zur Gruppe der halbsynthetischen Plaste gehörender Werkstoff, der erste in großem Umfang verwendete Thermoplast, wegen seiner hornartigen Eigenschaften auch als Zellhorn bezeichnet. C. enthält als Hauptbestandteile Nitratcellulose ↑ und Kampfer. Es wurde 1865 von *A. Parkes* erfunden; 1869 gelang zuerst den *Gebr. Hyatt* in den USA die technische Herstellung. Sie gaben dem C. auch seinen Namen. Bis zur Mitte unseres Jahrhunderts war C. einer der am meisten verwendeten Kunststoffe. Nicht zuletzt wegen seiner leichten Entzünd- und Brennbarkeit wird C. heute immer mehr von anderen Plasten verdrängt.

Chemiefaserstoffe: Sammelbezeichnung für alle Faserstoffe, die auf chemischem Wege hergestellt werden. Nachdem *R. Hooke* ↑ schon 1665 erste Hinweise für die Schaffung künstlicher Fasern gegeben hatte, wurden erst in der 2. Hälfte des 19. Jh. die chemischen Voraussetzungen dazu geschaffen. Die Entwicklung begann zunächst mit der Herstellung halbsynthetischer Ch. (Chardonnetseide, Kunstseide ↑). Die Entwicklung der vollsynthetischen Ch. begann nach 1930 mit den PCU-Fasern ↑ und der technischen Herstellung der ersten Fasern aus Polyamiden ↑. Die Zahl der vollsynthetischen Ch. ist seitdem ständig gewachsen.

Chlor-Alkali-Elektrolyse: Die erste Anlage für dieses Verfahren, das durch Elektrolyse wäßriger Kochsalzlösung gleichzeitig Natronlauge, Chlor und Wasserstoff herzustellen gestattet und bes. das Verfahren zur Natronlaugegewinnung aus Soda verdrängte, wurde 1890 in der chemischen Fabrik Griesheim-Elektron (*Stoof, Parnicke* und *Gebr. Lang*) in Betrieb genommen (Diaphragmaverfahren von Griesheim-Elektron).

Seit 1892 ist in steigendem Umfang das sog. Quecksilberverfahren neben das Diaphragmaverfahren getreten. Beide wurden in der Folgezeit immer mehr vervollkommnet.

Chloroform: wurde 1831 von *J. v. Liebig* ↑ entdeckt. 1847 erkannte *J. Y. Simpson* ↑ seine anästhetisierende Wirkung und nutzte sie aus.

Chrom: von *L. N. Vauquelin* 1797 als färbender Bestandteil im Rotbleierz entdeckt. 1854 wurde es von *W. R. Bunsen* ↑ rein dargestellt. 1893 gelang *H. Moissan* ↑ die Reduktion mit Koks im Elektroofen. Kohlenstofffreies Metall wurde zuerst 1898 von *H. Goldschmidt* ↑ gewonnen. Als 1886 die wertvollen Eigenschaften der chromhaltigen Stähle erkannt wurden, setzte die steigende Verwendung von Ch. in der Technik ein. Weitere Verwendung fand Ch. als Überzugsmetall in der Galvanotechnik und in Verbindung mit Nickel für elektrische Heizwiderstände.

Cobalt: Durch C. blau gefärbte Gläser und Töpferwaren sind aus der babylonischen und ägyptischen Kultur seit 1450 v. u. Z. bekannt. Auch römische und venezianische Gläser wurden durch C. blau gefärbt. Erst im 16. Jh. wurde die Möglichkeit der Blaufärbung durch geröstete C.erze zufällig im sächsischen Erzgebirge wiederentdeckt. Es entstanden »Blaufarbenmühlen«. Erst 1735/42 gelang *B. Brandt* die Darstellung des elementaren C. 1780 stellte *T. Bergmann* als erster fast reines C. her und ermittelte seine wesentlichen Eigenschaften. Die Verwendung als Legierungsmetall setzte erst nach 1914 ein. Die Gewinnung umfaßt die Methoden, die auch bei Nickel ↑ in Anwendung sind. Über 80% des C. finden heute Verwendung als Legierungsbestandteil von Eisenwerkstoffen.

Container: Die als C. bezeichneten, international genormten und wiederverwendbaren Großbehälter für den Transport vorwiegend zu Wasser und zu Land haben wegen ihrer Möglichkeiten zur Rationalisierung des Güterverkehrs seit etwa 2 Jahrzehnten rasch große Bedeutung erlangt. Als Folge entstanden zahlreiche technische Spezialeinrichtungen wie C.-Schiffe und C.-Fahrzeuge, C.-Umschlageinrichtungen und C.-Terminals usw.

Cottonmaschine: wurde um 1865 von *W. Cotton* ↑ gebaut und stellt eine der wichtigsten Erfindungen der neueren Zeit auf dem Gebiet der Textiltechnologie dar. Die C. ist eine Wirkmaschine (Flachwirkmaschine), die hauptsächlich zur Herstellung von Feinstrumpfwaren verwendet wird. Der Strumpf wird dabei als flächenartiges Gewirke hergestellt und dieses später längs der beiden äußeren Kanten zusammengenäht.

Cumen-Phenol-Synthese: Ein 1954 von *Hook*

gefundenes und schnell großtechnisch eingeführtes Verfahren zur Herstellung von Phenol aus Cumen (Isopropylbenzen), bei dem als Nebenprodukt das ebenfalls wertvolle Aceton entsteht. Das Verfahren arbeitet praktisch ohne Substanzverlust und ist die derzeit günstigste Synthese für das u. a. zur Farbstoff- und Kunstharzproduktion wichtige Phenol.

D

Dachpappe: durch Tränken und Überziehen von Rohfilzpappbahnen mit Bitumen oder Steinkohlenteerpech und Einwalzen von feinkörnigen Mineralstoffen hergestellt, wird seit der zweiten Hälfte des 19. Jh. für die Eindekkung von Flachdächern und etwa seit 1908 für die Sperrung gegen aufsteigende Bodenfeuchtigkeit im Mauerwerk und als wasserdruckhaltende Dichtung angewandt. Zur Verbesserung der Alterungsbeständigkeit erfolgt teilweise Ersatz des Rohfilzes durch Glasfaservlies. Weiterentwicklungen führten bisher u. a. zu D. mit Einlagen aus Aluminiumfolie und Drahtgeflecht.

Dampfdruckhärtung: Die Herstellung von dampfdruckgehärteten Bausteinen geht auf ein englisches Patent von *G. E. van der Brugh* (1866) zurück. Erste Angaben über D. von Betonbausteinen machte 1868 *James L. Rowland* (USA). In Deutschland wird die D. für die Kalksandsteinherstellung seit 1898 genutzt. Die D. für Betonherstellung wird seit 1911 angewendet, nachdem *R. J. Wig* und *R. F. Havlik* Forschungsergebnisse über den Einfluß der D. auf die Festigkeit von Portlandzement und Beton veröffentlichten. Der Schwede *J. A. Eriksson* wendete die D. erstmals 1925 für die Herstellung von Porenbeton an.

Dampfhammer: Die erste Idee zur Konstruktion eines D., der als Kombination von Dampfmaschine ↑, Hammer und Amboß angesehen werden kann, sprach *J. Watt* ↑ in seinem Patent von 1784 aus. Durch *W. Deverell* (1806) zuerst verwirklicht, später auch von *F. Cavé* ↑ (1836), wurde der D. durch *J. Nasmyth* ↑ für die Bearbeitung von Werkstücken beliebig großer Abmessungen weiterentwikkelt. Die Erfindung der automatischen Steuerung durch den englischen Ingenieur *Wilson,* einen Mitarbeiter von *Nasmyth,* machte auch den großen D. zu einer leicht bedienbaren, genau arbeitenden Maschine, den herkömmlichen Fallhämmern weit überlegen. Der erste D. nach den Vorlagen von *Nasmyth* wurde 1842 durch *E. Bourdon* und *Schneider* in Creuzot gebaut. Der D. wurde in der Folge verschiedentlich weiterentwickelt, so zum doppeltwirkenden D. und zum Gegenschlag-D. (nach 1850). Heute werden statt des D. meist mechanische Schmiedehämmer mit Druckluft- oder Elektroantrieb verwendet.

Dampfmaschine: Die Fähigkeit des Dampfes zum Verrichten mechanischer Arbeit war bereits im Altertum bekannt, fand jedoch, bedingt durch die gesellschaftlichen Verhältnisse, keine technische Nutzung. Sie wurde allenfalls zur »Hervorbringung von Wundern« (Schließen und Öffnen von Tempeltüren, Weihwasserautomaten, dampfspeiende Götterbilder) verwendet.

In *L. da Vincis* ↑ Nachlaß fand man die Beschreibung einer D., die nach seinen Worten von *Archimedes* ↑ erfunden worden sein soll. Die erste technische Anwendung der Dampfkraft soll nach alten Überlieferungen in Spanien stattgefunden haben, wo 1545 der Kapitän *B. de Garay* ↑ ein von Schaufelrädern getriebenes Schiff vorgeschlagen haben soll. Von der Maschine, deren Bau vom Erfinder geheimgehalten wurde, ist nur überliefert, daß sie einen großen Wasserkessel besaß. Ohne genauere Angaben ist auch ein Bericht von *J. Mathesius* aus Schneeberg (1562), in welchem das Heben von Wasser und Gestein im Bergbau durch Feuer erwähnt wird. Erste technische Angaben über einen Dampfapparat zum Heben einer Wassersäule stammen von dem Franzosen *S. de Caus* ↑ (1615), ohne daß seiner Erfindung jedoch Beachtung geschenkt wurde. Später hat der Engländer *E. Somerset* ↑, wahrscheinlich unter Verwendung der Ideen von *Caus,* eine Dampfpumpe vorgeschlagen, die ihm 1663 patentiert wurde. Soweit bekannt, ist seine »halballmächtige Maschine« jedoch nie gebaut worden. Entscheidende Bedeutung für die weitere Entwicklung hatten die Arbeiten *O. v. Guerickes* ↑, die dieser ohne Kenntnis schon früher gemachter Untersuchungen über den Luftdruck durchführte. 1690 beschrieb *D. Papin* ↑ als erster den dampfatmosphärischen Kreisprozeß richtig

und experimentierte in der Folge, allerdings ohne positives Resultat, mit Dampfpumpen. Wahrscheinlich mit Kenntnis der Papinschen Veröffentlichung konstruierte *Th. Savery* ↑ die erste atmosphärische Dampfpumpe (»Freund des Bergmanns«), die eine Kombination der Ideen von *Somerset* und *Papin* darstellte und ihm 1698 patentiert wurde. Durch den englischen Schmied *Th. Newcomen* ↑ und den Glaser *J. Cawley* wesentlich verbessert (etwa ab 1705), wurde die Maschine zur ersten technisch brauchbaren atmosphärischen Kolben-D. (etwa 1771). In der Folge wurden verschiedene Verbesserungen an dieser D. vorgenommen. Die atmosphärische Kolben-D. fand im 18. Jh. Anwendung zum Wasserheben im Bergbau Englands und anderer Länder, doch war infolge ihres hohen Kohleverbrauchs und der geringen Leistung ein allgemeiner industrieller Einsatz nicht möglich.

Die erste atmosphärische Universalkolben-D. entwarf 1763 in Rußland *I. I. Polsunow* ↑. Die 1766 fertiggestellte D. trieb Blasebälge an Schmelzöfen. Da jedoch unter den gesellschaftlichen Bedingungen im damaligen Rußland wenig Interesse an ihrem Einsatz bestand, konnte sich die Maschine nicht behaupten und geriet nach einem Defekt bald in Vergessenheit.

Angeregt durch die Beschäftigung mit der Maschine von *Newcomen,* befaßte sich in England *J. Watt* ↑ mit der Verbesserung dieser D. 1769 wurde ihm ein Patent erteilt, in welchem er seine Erfindung als Methode zur Verringerung des Dampfverbrauchs und damit des Brennstoffbedarfs von »Feuermaschinen« bezeichnete.

Wichtigster Teil in diesem ersten Patent *Watts* ist die Erfindung eines getrennt vom Kolben angebrachten Kondensators. Durch vertragliche Verbindung mit dem Fabrikanten *M. Boulton* ↑, der eine Maschinenfabrik bei Birmingham betrieb, konnte *Watt* von 1775 an seine Pläne verwirklichen. Die Wattschen D. setzten sich durch ihren wesentlich wirtschaftlicheren Betrieb gegenüber den Newcomenschen D. schnell durch. Die erste doppeltwirkende D. baute *Watt* schon 1775, womit ein weiterer wichtiger Schritt zur Leistungsverbesserung seiner D. gelang. Von 1778 an befaßte sich *Watt* mit der Konstruktion einer D. mit kontinuierlicher Drehbewegung, wie sie für den industriellen Einsatz benötigt wurde. 1784 erhielt er das Patent auf die doppeltwirkende Kolben-D. mit Drehbewegung und Schwungrad. Durch zahlreiche Verbesserungen und Erfindungen war die D. *Watts* um 1785 in der Konstruktion schon derart ausgereift, daß in der Folge keine wesentlichen technischen Neuerungen mehr möglich waren. So erfand *Watt* den Fliehkraftregler zur Regelung der Dampfzufuhr. Bereits 1781 nahm *Watt* ein Patent auf 5 Methoden zur Umwandlung einer Schwingbewegung in eine kontinuierliche Drehbewegung, von denen in der ersten Zeit aus patentrechtlichen Gründen das Planetengetriebe zur Anwendung gelangte. Zur geradlinigen Führung der Kolbenstange erfand *Watt* das nach ihm benannte Parallelogramm (1784). Bei der Wattschen D. verwendete man erstmals die Stopfbüchse als Zylinderdichtung gegen die Kolbenstange. *W. Murdock* ↑ ersann den Mechanismus des Schiebers (1799 erfand *Murray* den Muschelschieber), der den Dampfeinlaß in die Zylinderräume steuert. *Watts* D. bewährte sich in der Folge als universelle Antriebsmaschine.

Die weitere Entwicklung der D. ist von einer systematischen Steigerung ihrer Leistung, vor allem durch Verwendung von Dampf höherer Spannung, geprägt. Die ersten Hochdruck-D. dienten zum Antrieb der ab 1770 auftauchenden Dampfwagen ↑, wobei den Arbeiten von *W. Murdock* ↑ bes. Bedeutung zukommt. Daneben haben die Arbeiten von *J. J. Hornblower* ↑, dem 1781 die Erfindung der ersten Compoundmaschine patentiert wurde, größte Bedeutung für die weitere Entwicklung der D. erlangt.

Verdienste um die Entwicklung der Hochdruck-D. erwarben in England auch *R. Trevithick* ↑ und sein Landsmann *A. Vivian.* Die erste technisch brauchbare Hochdruck-D. baute 1861 der Amerikaner *O. Evans* ↑. 1804 griff der Engländer *A. Woolf* ↑ *Hornblowers* Idee von der stufenweisen Entspannung des Dampfes auf. Es entstanden die Mehrfachexpansionsmaschinen, von denen bes. die Zweifachexpansionsmaschine große Verbreitung fand. Die Entwicklung der Hochdruck-D. war bes. für die Schiffahrt und das Eisenbahnwesen (Lokomotive ↑) von großer Bedeutung. Zahlreiche Verbesserungen, wie die 1848 patentierte neuartige Dampfsteuerung des Amerikaners *G. H.*

Corliss ↑ oder der 1882 erstmals gebaute sog. stehende Kessel des russischen Wärmetechnikers *W. I. Kalaschnikow,* steigerten die Leistung der damals verwendeten D. immer weiter. Heute ist die Kolben-D. nahezu überall durch wirkungsvollere und leistungsfähigere Aggregate ersetzt.

Dampframme: Mit der 1843 entwickelten D. schuf *J. Nasmyth* ↑ eine dem Dampfhammer ↑ im Wirkprinzip ähnliche Maschine für Sonderaufgaben im Bauwesen.

Dampfschiff: 1545 soll nach unsicheren Angaben der Spanier *B. de Garay* ↑ einen Dampfantrieb für ein durch Räder bewegtes Schiff (Dampfmaschine ↑) erfunden haben. Dokumentarisch belegt dagegen sind die Pläne *D. Papins* ↑, die Dampfkraft zum Schiffsantrieb zu verwenden.

Th. Savery ↑ plante ebenfalls den Bau eines D., konnte seine Absicht aber nicht verwirklichen. 1736 versuchte sein Landsmann *J. Hull* ↑, die Newcomensche Dampfmaschine für den Schiffsantrieb zu benutzen. Er schlug als bewegendes Organ für Wasserfahrzeuge ein hinter dem Rumpf befestigtes Schaufelrad vor. Seine Versuche mißlangen ebenso wie die anderer Erfinder in dieser Zeit wegen der geringen Leistungsfähigkeit der Newcomenschen Dampfmaschine.

Erst durch die Erfindung der Wattschen Dampfmaschine erhielten die D.-Projekte neuen Auftrieb. Während der Franzose *Perier* 1775 mit seinem Dampfboot noch keinen sichtbaren Erfolg hatte, experimentierte sein Landsmann *Cl. de Jouffroy d'Abbans* ↑ 1776 auf dem Flusse Doubs mit einem Boot, das von dampfgetriebenen Rudern bewegt wurde. 1783 konnte er auf der Saône bei Lyon eine erste erfolgreiche Probefahrt mit einem Schaufelrad-D. durchführen. 1788 wurde von dem Engländer *W. Symington* ↑ ein Dampfboot fertiggestellt, dessen beide Schaufelräder sich im Schiffsinneren befanden und über eine endlose Kette durch eine zweizylindrige Dampfmaschine angetrieben wurden. Das Fahrzeug wurde trotz gelungener Vorversuche nicht in Betrieb genommen. In Amerika arbeiteten ab 1785 *J. Fitch* ↑ und *J. Rumsey* an zwei D.-Projekten, wobei sie auf die gerade bekanntgewordene Wattsche doppeltwirkende Dampfmaschine zurückgriffen. 1787 führte *Fitch* auf dem Delaware mit seinem Dampfboot »Perseverance« die erste Fahrt durch. Zur Vorwärtsbewegung dienten auf jeder Bordseite 6 Ruder, durch geeignete Vorrichtungen so gekoppelt, daß immer gleichzeitig 3 in das Wasser tauchten, während die 3 anderen über Wasser die Rückwärtsbewegung ausführten.

Mit dem 1790 nach diesem Muster fertiggestellten größeren D. wurde zwar auf dem Delaware ein Fährdienst eingerichtet, doch mußte er wegen zu geringer Benutzung infolge technischer Unzulänglichkeiten bald wieder eingestellt werden. Zur selben Zeit führten die Entwicklungsarbeiten *Rumseys,* der in England Unterstützung für seine Pläne fand, zum Bau des ersten mit Dampf betriebenen Reaktionsschiffes ↑.

Das erste voll einsatzfähige D. entwickelte der Ingenieur *R. Fulton* ↑. Er hatte 1803 auf der Seine bei Paris sein erstes, noch unvollkommenes Dampfboot erprobt und baute dann den Raddampfer »Clermont«, ausgerüstet mit einer doppeltwirkenden Wattschen Dampfmaschine von 18 PS (etwa 13 kW), der 1807 auf dem Hudson bei New York seine erste Fahrt durchführte. Mit der »Clermont« legte *Fulton* den Grundstein für die nun beginnende Zeit der D.fahrt. 1815 lief die »Fulton«, ein mit einer 100-PS-Maschine (etwa 75 kW) ausgerüstetes Doppelschiff, das erste dampfbetriebene Katamaranschiff mit dem Schaufelrad zwischen beiden Rümpfen, vom Stapel. Es war zugleich das erste dampfgetriebene Kriegsschiff.

1819 überquerte als erstes D. die »Savannah« von Savannah aus den Atlantik. Das Schiff benötigte für die Überfahrt 26 Tage. 1825 wurde erstmals von einem D. die Fahrt von London nach Kalkutta unternommen. Trotz weiterer erfolgreicher Fahrten entwikkelte sich der Einsatz von D. im Überseeverkehr bis um 1840 infolge noch vorhandener technischer Probleme relativ langsam. Von großer Bedeutung war die Einführung eiserner, später stählerner Schiffsrümpfe. Obwohl bereits 1822 ein eisernes D. zwischen London und Le Havre verkehrte, setzte der eigentliche Durchbruch im Schiffsbau erst nach 1830 ein. 1838 wurde unter maßgebender Leitung von *I. K. Brunel* ↑ in England der erste große Überseedampfer mit eisernem Rumpf (»Great Western«) gebaut. 1877 begann man allgemein mit der Verwendung von Stahl im Schiffsbau.

Brunels größte schiffsbautechnische Leistung wurde die 1860 fertiggestellte »Great Eastern«, mit einer Wasserverdrängung von 25000 t das größte Schiff des 19. Jh.

Entscheidend für die Entwicklung des Dampfschiffverkehrs war auch die Einführung der Schiffsschraube ↑, um die sich *J. Ressel* ↑ 1826/27 große Verdienste erwarb. Das erste voll einsatzfähige D. mit Schraubenantrieb (»Archimedes«) baute *F. P. Smith* ↑ (1838). Mit konstruktiven Verbesserungen an Schraubenschiffen befaßte sich in der Folge auch *J. Ericsson* ↑. Nach 1840 begann der Schraubenantrieb die Schaufelräder zu verdrängen. 1841 wurde eine der größten D. seiner Zeit, die »Great Britain«, mit Schraubenantrieb in Auftrag gegeben. Der Übergang zum reinen Schraubenantrieb vollzog sich am schnellsten bei den Kriegsschiffen, während noch die »Great Eastern« sowohl Schiffsschraube als auch Radantrieb besaß (neben der damals allgemein auch bei D. noch üblichen Segelausrüstung). Im Zuge der Vergrößerung der D. wurden auch Konstruktionen und Leistungen der Schiffsmaschinen ständig verbessert. Ab 1830 wurde die Kurbelwelle statt der bis dahin üblichen Balanciers zur Kraftübertragung eingeführt. Durch *J. Elder* wurde 1860 die Compoundmaschine im D.bau eingeführt, 1882 folgte die erste Dreifachexpansionsmaschine, 1884 schließlich bei einigen Schiffen der Antrieb durch Vierfachexpansionsmaschinen. Wichtige Entwicklungsarbeit auf diesem Gebiet leistete u. a. der russische Mechaniker *W. I. Kalaschnikow.* Neben der Entwicklung von Mehrfachexpansionsmaschinen erwarb er sich durch den 1882 konstruierten sog. stehenden Kessel, den wirtschaftlichsten Dampfkessel seiner Zeit, bes. Verdienste.

Die Leistung der Schiffsdampfmaschinen stieg schnell an. *Fultons* »schwimmende Batterie« (1815) hatte bereits eine 120-PS-Maschine (etwa 90 kW), die »Great Western« (1838) eine Maschine mit 500 PS (etwa 370 kW), mit der das Schiff die Strecke Bristol–New York in 16 Tagen zurücklegen konnte, und die »Great Eastern« schließlich (1860) besaß eine Gesamtmaschinenleistung von 8400 PS (etwa 6200 kW). Im Vergleich dazu erreichten die später gebauten Vierfachexpansions-Doppelmaschinen, die größten jemals gebauten Schiffsdampfmaschinen, bei 28 m Länge und 13 m Höhe der Anlage eine Leistung von 22500 PS (etwa 16600 kW). Als neuartiger Schiffsantrieb kam in den Jahren um 1890 die Dampfturbine ↑ (Turbinenschiff ↑) auf.

Mit dem Motorschiff ↑ erwuchs dem D. etwa ab 1920 eine rasch zunehmende Konkurrenz. Der Dampfmaschinenantrieb, heute meistens in Form von Dreifachexpansions-Kolbendampfmaschinen, vielfach kombiniert mit Abdampfturbinen, verliert immer mehr an Bedeutung. 1969 hatten nur noch 6,8% der Welthandelstonnage Dampfmaschinenantrieb.

Dampfturbine: Die erste Anwendung der kinetischen Energie des Dampfes zum Erzeugen einer Drehbewegung stellt die um 100 v. u. Z. entstandene »Äolipile« des *Heron von Alexandria* ↑ dar. Ein weiterer Vorläufer der D., das »Dampfrad« des *G. Branca* ↑ (1629), kann als erste Aktionsturbine bezeichnet werden. Auch *J. Watt* ↑ befaßte sich mit dem Gedanken an eine D., erkannte aber, daß ihre Realisierung damals technisch noch nicht möglich war. Erst gegen Ende des 19. Jh. gelang es unter einer Vielzahl von Erfindern *G. G. P. de Laval* ↑ und *C. A. Parsons* ↑, erste technische Lösungen zu finden. *De Laval* konstruierte 1883 seine erste Gleichdruckturbine mit einer Drehzahl von 7000 U/min, die als Antriebsaggregat für eine von ihm entwickelte Milchzentrifuge Verwendung fand. Eine in ihrer Konstruktion kompliziertere einstufige Gleichdruckturbine baute *de Laval* 1889. Sie wurde Ausgangspunkt eines sich schnell entwickelnden D.nbaus. 1895 wurde in Chicago die erste Laval-Turbine der Öffentlichkeit vorgeführt. Sie leistete 5 PS (etwa 4 kW) bei 30000 U/min. In der Folge wurde an der Verbesserung des Wirkungsgrades der Gleichdruckturbine gearbeitet.

1884/85 entwickelte *Parsons* die erste Überdruckturbine (Reaktionsturbine). Da dieser Turbinentyp von Anfang an bes. für Kraftwerke entwickelt wurde, fanden Parsons-Turbinen, bes. das 1894 verbesserte Modell, weitere Verbreitung als die Lavalschen Gleichdruckturbinen. Daneben kommt *Parsons* auch das Verdienst zu, die D. als Schiffsantrieb eingeführt zu haben (Turbinenschiff ↑). Durch die Entwicklung der mehrstufigen Gleichdruckturbine mit tangentialer Beaufschlagung

(*A. Rateau* ↑, 1899) wurde ein weiterer Fortschritt erzielt. Rateau-Turbinen fanden in Europa wegen ihrer im Vergleich zur Parsons-Turbine verbesserten Wirtschaftlichkeit große Verbreitung, mußten dann aber ihre Stellung an die von *Ch. Curtis* entwickelte mehrstufige Gleichdruckturbine abtreten. Sie und die etwa zur gleichen Zeit entwickelten Zoellyturbinen wurden Grundtypen der weiteren Entwicklung auf dem Gebiet des D.nbaus. Die in der Folge entwickelten D. stellen verbesserte und verfeinerte Abwandlungen dar hinsichtlich spezieller Einsatzgebiete (z. B. Schiffsantrieb) und verbesserter Wirtschaftlichkeit.

Dampfwagen: Die Idee zum Bau dampfgetriebener Wagen scheint erstmals 1663 von *I. Newton* ↑ dargelegt worden zu sein. Der von ihm vorgeschlagene D. sollte nach dem Rückstoßprinzip von einem Dampfstrahl bewegt werden. *D. Papin* ↑ wollte die von ihm vorgeschlagene atmosphärische Dampfmaschine auch zum Antrieb eines Wagens oder Schiffs verwenden. Auch *Th. Savery* ↑ trug sich mit Plänen für den Bau eines D. Schließlich hatte *J. Watt* ↑ im Patent von 1784 für seine Dampfmaschine den Einsatz als Antriebsaggregat des Fahrzeugs vorgesehen, ohne allerdings auf diesem Gebiet später Versuche durchzuführen.

Gebaut wurde der erste (dreirädrige) D. von dem französischen Artillerieoffizier *N. J. Cugnot* ↑. Er machte 1770/71 in Paris mit seinem Fahrzeug mehrere erfolgreiche Probefahrten, stellte dann aber, entmutigt von der Unvollkommenheit seines Fahrzeugs, die Versuche ein. Auch Bemühungen anderer Erfinder, z. B. in England, scheiterten an den technischen Mängeln der verfügbaren Dampfmaschinen. Erst durch die Arbeiten von *J. Watt* trat ein entscheidender Fortschritt ein. *W. Murdock* ↑ baute um 1785 D.modelle, mußte aber seine Arbeiten auf Verlangen *Watts* wieder einstellen. Er erkannte als erster die Notwendigkeit, hochgespannten Dampf in der Antriebsmaschine zu verwenden. Die ersten D. als Verkehrsmittel baute später *Murdocks* Freund *R. Trevithick* ↑. 1801 fuhr der erste dieser D. und leitete das Zeitalter der pferdelosen Personenbeförderung ein. Obwohl sich in England bald ein Verkehr mit D. entwickelte, konnte sich dieses Fahrzeug wegen vieler Widerstände, bes. wegen technischer Mängel und schlechter Straßenverhältnisse, nicht allgemein durchsetzen.

Auch in anderen Ländern fanden erfolgreiche Versuche mit D. statt. So experimentierte der tschechische Mechaniker *J. Božek* 1815 mit einem D., konnte jedoch später mit einem größeren Fahrzeug keine günstigen Ergebnisse erzielen. 1837 bauten in Rußland *Hamon* und *Willbach* einen D. als Zugmaschine für geschlossene Passagierwagen. Andere Erfinder konstruierten dort einen Dampfschlitten und einen D. mit Hinterradantrieb. Durchsetzen konnte sich jedoch keine dieser Konstruktionen. Wenn D. auch mancherorts, u. a. in Frankreich, noch längere Zeit im 19. Jh. als Verkehrsmittel im Einsatz blieben, so verdrängten doch der Eisenbahnverkehr und später der Kraftwagen den D. endgültig als Verkehrsmittel. In Gestalt des Dampftraktors und der Lokomobile (die erste baute 1852 *C. F. Calla* in Frankreich) spielte das Prinzip des D. einige Zeit auch in der Landwirtschaft und als Dampfwalze seit 1860 im Straßenbauwesen eine Rolle.

Detektor: wurde als Nachweisinstrument für elektromagnetische Wellen um die Jahrhundertwende in die Funktechnik eingeführt. An die Seite der elektrolytischen D. (*G. Ferrié* ↑ *W. Schlömilch* ↑) trat ab 1901 immer häufiger der Kristall-D. von *K. F. Braun* ↑ u. a.

Der Kristall-D. behauptete sich bis in die Anfangszeit des Rundfunks und ist eines der ersten Halbleiterbauelemente.

Diamant, künstlicher: 1897 erhielt *H. Moissan* ↑ durch Auflösen von Kohle in geschmolzenem Eisen, das anschließend in Tropfenform abgeschreckt wurde und so den im Innern enthaltenen Kohlenstoff unter sehr hohen Druck setzte, winzige Kristalle mit diamantähnlichen Eigenschaften. Ein exakter Beweis für eine gelungene künstliche Darstellung von Diamanten konnte jedoch erst 1955 erbracht werden. Man erhielt durch mehrstündiges Erhitzen von Graphit auf etwa 3 000 °C unter einem Druck von 10^{10} N/m² kleine Kristalle bis zu etwa ¼ Karat.

Differentialgetriebe (Ausgleichgetriebe): erfand um 1815 *O. Pecqueur* ↑. Es wurde zunächst in optischen Instrumenten verwendet, später im Dampfwagen, wahrscheinlich bereits in *Pecqueurs* Lasten-Dampfwagen (1828), danach u. a. in den um 1875 von *A. Bollé* gebau-

ten Dampfautos. Seine entscheidende Bedeutung erhielt das D. jedoch erst durch die Entwicklung des Kraftwagens. Bereits *C. Benz* ↑ rüstete sein erstes Motorfahrzeug, den dreirädrigen Benzwagen (1886), mit einem D. wahrscheinlich eigener Konstruktion aus.

Digitalrechner: Um 1850 entwickelte *Ch. Babbage* ↑ den fundamentalen Gedanken der Programmsteuerung von Rechenanlagen und versuchte, ihn in seiner »analytischen Maschine« zu verwirklichen. Er hatte jedoch nicht den erhofften Erfolg. Ähnlich erging es zahlreichen Nachfolgern, die D. auf mechanischer Grundlage zu konstruieren versuchten. Auch die von *H. Aiken* in den USA und *K. Zuse* ↑ in Deutschland 1936/38 entwickelten und ausgeführten D. zeigten sich wegen der Unvollkommenheit der mechanischen Bauelemente den Anforderungen des praktischen Betriebs nicht gewachsen.

Die entscheidende Wende bei der Konstruktion von D. brachte der Einsatz von meist im Binärsystem arbeitenden elektrischen und später elektronischen Bauelementen.

1941 hatte *Zuse* den ersten programmgesteuerten elektrischen D. fertiggestellt (»Z 3«). Dieser D. arbeitete mit Relais und erreichte eine Arbeitsgeschwindigkeit von max. 20 arithmetischen Operationen je Minute. Eine verbesserte Ausführung ging durch Kriegseinwirkungen verloren.

Die begrenzte Arbeitsgeschwindigkeit der Relais-D. (max. etwa 100 Rechenoperationen je Minute) stimulierte die Entwicklung elektronischer D., jedoch wurden bis in die 50er Jahre Relaisrechner konstruiert und eingesetzt (DDR z. B. OPREMA, 1955). Der erste mit Elektronenröhren bestückte D. war die anfänglich nur für militärische Zwecke eingesetzte Anlage ENIAC (der Öffentlichkeit 1946 bekannt geworden). Sie fand zahlreiche Nachfolger, beispielsweise (1957) »ZRA 1« in der DDR.

Die »2. Generation« der D. setzte sich etwa ab 1958 durch. Ihre D. (z. B. »R 300/DDR«) sind durch Halbleiterbauelemente, Modultechnik und Ferritkernspeicher charakterisiert und überwinden damit die durch Abmessungen, Energieverbrauch, Zuverlässigkeit u. a. gesetzten Grenzen der Elektronenröhren.

In der etwa ab 1964 wirksamen 3. Generation dominieren integrierte Schaltkreise (z. B. Anfangsstufen des Systems ESER).

Die 4. Generation (etwa ab 1971) wird bestimmt durch integrierte Großschaltkreise, Dünnschicht- und Halbleiterspeicher und Operationszeiten bis herab in den Nanosekundenbereich.

Bes. die Entwicklung des Mikroprozessors (um 1972) und der durch diesen möglichen Mikrorechner vervielfachten den Anwendungsbereich der D. (z. B. Taschenrechner, Maschinensteuerung ↑, Konsumgüterelektronik, Informations- und Auskunftssysteme).

Parallel zur Entwicklung der D. im engeren Sinne verlief die notwendige Verbesserung und Neugestaltung der Ein- und Ausgabe- sowie der Speicherverfahren. Dazu zählen Platten- und Halbleiterspeicher steigender Kapazität, alphanumerische Ein- und Ausgabegeräte, Bildschirmgeräte und Versuche zur befriedigenden akustischen Ein- und Ausgabe.

Drahtlose Telegrafie/Telefonie: Ausgang für die d. T./T. waren die 1886/89 durchgeführten Versuche von *H. Hertz* ↑. Mit Hilfe des Kohärers ↑ konnte *O. Lodge* ↑ 1894 im Labor Zeichen übermitteln. Im Mai 1895 führte *A. S. Popow* ↑ in Petersburg einen ersten Empfänger vor, der die von Blitzen ausgehenden elektromagnetischen Wellen registrierte, 1896 übermittelte er den ersten Funkspruch in der Geschichte der Menschheit. Etwa gleichzeitig begannen die Versuche von *G. Marconi* ↑, der mit ähnlichen Anordnungen zu ähnlichen Resultaten wie *Popow* kam.

Die erste Funklinie in Deutschland wurde 1899 zwischen Cuxhaven und dem Feuerschiff »Elbe 1« eingerichtet, weitere sowie erste Schiffsstationen folgten. 1901 gelang es *G. Marconi* ↑, ein Funkzeichen über den Atlantik zu übertragen. 1902 folgte das erste Funktelegramm auf der gleichen Strecke.

In der anschließenden Periode systematischer Verbesserungen an Sendern, Empfängern und Antennen galt das bes. Interesse der Erzeugung und dem Empfang ungedämpfter Wellen, die u. a. die Voraussetzung für die Realisierung der drahtlosen Telefonie bildeten.

Zahlreiche Küsten- und Großfunkstationen (Nauen z. B. 1906) für den Telegrafieverkehr wurden eingerichtet. 1904 führte *V. Poulsen* ↑

erstmals eine drahtlose telefonische Übertragung vor. 1907 wiederholte *A. Slaby* ↑ ähnliche Versuche. Bedeutung erlangten sie zunächst nicht.

Entscheidendster Schritt für die Weiterentwicklung der d. T./T. war die Erfindung der Elektronenröhre ↑. Ihr Einsatz, der von da an die Entwicklung der Funktechnik bestimmte, ermöglichte den Bau leistungsfähiger Sender und hochempfindlicher Empfänger. Bereits 1915 z. B. fanden Telefonieversuche mit Röhrensendern und -empfängern zwischen Frankreich und den USA statt; Röhrengeräte für Funktelefonie kamen noch während des ersten Weltkrieges zum Einsatz.

Etwa seit 1925 wurde der drahtlose Nachrichtenweitverkehr, der vorher als Telegrafieverkehr auf Langwellen abgewickelt worden war, durch die Erschließung des Kurzwellenbereichs umgestaltet. Fernverbindungen waren jetzt nicht mehr nur zwischen Großstationen, sondern auch zwischen Stationen geringer Leistung und geringen Aufwands möglich. Außerdem vervielfachte sich die Zahl der verfügbaren Frequenzkanäle.

Kurzwellen ermöglichten auch den transozeanischen Fernsprechverkehr. 1927 wurde eine Linie London–New York in Betrieb genommen, wenige Jahre später waren alle Kontinente drahtlos telefonisch verbunden.

Die Erschließung des Ultrakurzwellenbereichs – etwa ab 1930 – ermöglichte nicht nur Fernsehen und UKW-Rundfunk, sondern auch zahlreiche Möglichkeiten für drahtlose Nahverbindungen (z. B. halbleiterbestückte Handfunksprechgeräte). Die Möglichkeit, ultrakurze Wellen straff zu bündeln, führte zur Entwicklung der Richtfunkstrecken ↑, die es gestatten, drahtlos im Relaissystem über einen Nachrichtenweg eine große Zahl unterschiedlicher Informationen gleichzeitig zu übertragen.

Eine neue Qualität erreichte die d. T./T. durch Nachrichtensatelliten ↑, die bereits heute einen erheblichen Anteil des internationalen Nachrichtenverkehrs übernehmen und deren Bedeutung von Jahr zu Jahr wächst.

Drahtziehen: Während man im Altertum nur geschmiedete Drähte kannte, setzte die Entwicklung des D. zwischen dem 1. und 4. Jh. ein. Damals zog man den Roh- oder Schmiededraht von Hand mit einer Zange durch die verschieden kalibrierten Löcher der Zieheisen. Eine Arbeitserleichterung brachte die Schokken-Zieherei, bei der der Drahtzieher auf einer Schocke (Schaukel) saß und durch den Schwung seines Körpers eine erhöhte Zugkraft ausübte. Durch Anwendung der Wasserkraft beim D. (ab 1. Hälfte des 14. Jh.) brauchte der Drahtzieher nur noch die Arbeit des Nachfassens der Ziehstange zu erledigen, eine vom Wasserrad angetriebene Schiebebank übte die Zugkraft aus (Drahtziehmühle). Eine an die Schocken-Zieherei angelehnte Weiterentwicklung des D. kam im 16. Jh. in Gebrauch, bei der die Bewegung der Ziehstange mit Hilfe eines Winkelhebels erfolgte, den eine durch Wasserrad angetriebene Nockenwelle betätigte.

Eine andere Technik des D. – nur für dünne Drähte – entwickelte sich seit dem 12./13. Jh. parallel dazu mit der Leiren-Zieherei (Leire svw. Leier). Hier übte eine durch Handkurbel gedrehte Trommel (Ziehscheibe) den erforderlichen Zug auf den die Ziehdüse passierenden Draht aus und spulte ihn gleichzeitig auf. Diese Methode ist bis heute zur Herstellung dünner Drähte grundlegend geblieben. Später erfolgte der Kurbelantrieb durch ein Wasserrad.

Bis um die Mitte des 17. Jh. konnte man nur kohlenstoffarmen Stahl zu Draht verarbeiten, weil die Benutzung von Schmiermitteln zum Vermindern der Reibung in der Ziehdüse noch unbekannt war. Die Zufallsentdeckung, daß Urin als Schmiermittel wirkt, soll zur Herstellung des ersten Stahldrahtes in der Zieherei von *J. Gerdes* in Altena (Westfalen) geführt haben, wie der Drahtzieher *Rumpe* 1675 in einem Buch schildert.

Die Entwicklung des D. im 19. Jh. ist gekennzeichnet durch Wegfallen der Ziehzange und den Übergang zur Drahtstraße, eine Anordnung mechanischer Zieheinrichtungen analog den früher durch Wasserkraft betriebenen Leiern mit unterschiedlichen Größen der Ziehscheiben und entsprechend kalibrierten Ziehdüsen für verschiedene Drahtstärken bei Einsatz von Walzdraht als Ausgangsmaterial. Die Entwicklung der Mehrfach-Drahtziehmaschinen begann schon 1880, jedoch nur mit Maschinen für sehr dünne Drähte. Erst mit der Einführung von Ziehdüsen aus Hartmetall, deren Entwicklung nach der Erfindung

gesinterter Wolframcarbidlegierungen durch *K. Schröter* (1923) begann, wurde der technische Einsatz solcher Maschinen auch für größere Drahtquerschnitte möglich.

Nach 1870 kam in Europa mit dem sog. »Patentieren« ein neuartiges, lange von seinem Erfinder, dem Engländer *W. Smith* (nach anderen Quellen *J. Horsfall*), geheimgehaltenes Verfahren zur Herstellung eines bes. hochwertigen Stahldrahtes zur breiten Anwendung, das auch heute noch große Bedeutung für die Herstellung von Stahldraht erhöhter Festigkeit und gleichzeitig vorzüglicher Geschmeidigkeit (Seildraht, Federdraht) hat.

Drehmaschine: Die ersten Drehbänke, Vorläufer der D., kamen wahrscheinlich um 1500 v. u. Z. auf. Ihr Arbeitsprinzip entsprach den steinzeitlichen Bohrvorrichtungen mit Schnurzug bzw. Fiedelbogen. Die erste Darstellung einer solchen »Drehbank« stammt aus Ägypten (um 300 v. u. Z.). Der Stichel zum Bearbeiten des Materials wurde von Hand geführt. Mit solchen Vorrichtungen wurden in Griechenland bereits Lagerzapfen aus Stahl gedreht (um 380 v. u. Z.). Der Fußantrieb über eine Wippe wurde wahrscheinlich erst nach Beginn unserer Zeitrechnung erfunden. Eine wesentliche Verbesserung brachte die Erfindung der Fußdrehbank mit Schwungrad und Kurbel, die wahrscheinlich von *L. da. Vinci* ↑ stammt (um 1500). Der Übergang von der Drehbank zur D. vollzog sich 1480 durch die Erfindung des Stahlhalters mit Schraubenvorschub zum Gewindeschneiden. Diese erste Support-D. wurde 1561 von *H. Spaichel* in Nürnberg verbessert und in der Folgezeit vor allem in Frankreich weiterentwickelt.

Bereits 1712 hatte auch der russische Mechaniker *A. K. Nartow* seine erste Support-D. angefertigt; zwischen 1718 und 1729 folgte ihr die Konstruktion einer Nachform-D. In England, wohin sich in der 2. Hälfte des 18. Jh. der Schwerpunkt der industriellen Entwicklung verlagerte, wurde 1794 der Kreuzsupport von *H. Maudslay* ↑ entwickelt. 1797 folgte die erste Leit- und Zugspindel-D., mit der die Entwicklung der D. zur Universalmaschine der Metallbearbeitung einsetzte. Die Maudslaysche D. wurde bereits über Riemen von der Decke aus angetrieben. Viele Verbesserungen haben die D. danach ständig vervollkommnet, so z. B. die selbstzentrierenden Spannfutter *(J. Clement)*. Die Entwicklung der Revolver-D. wurde in den USA betrieben. Bereits um 1836 gab es dort eine Spezialschrauben-D., die als Revolver-D. zu betrachten ist. Trotzdem wird dem Nordamerikaner *St. Fitch* (1845) die erste D. dieses Typs zugeschrieben, nach anderen Angaben *Root* (um 1850). Die Entwicklung der Mehrspindel-D. begann ebenfalls um diese Zeit. 1873 konstruierte *Ch. M. Spencer* die erste mit automatischem Revolverkopf arbeitende D. (Einspindelautomat) 1908 folgte der erste Mehrspindelautomat. Beide D. wurden in der Folgezeit systematisch weiterentwickelt bis zur programmgesteuerten D. der Gegenwart. Bei dem in der UdSSR entwickelten Gleichlaufdrehen, das auf einer speziell dafür entwickelten Maschine durchgeführt wird (1950), lassen sich im Vergleich zu normalen D. höhere Schnittgeschwindigkeiten anwenden.

Drehwaage: zur Messung geringer Anziehungs- bzw. Abstoßungskräfte 1785 von *Ch. A. Coulomb* ↑ ausgeführt. Mit ihrer Hilfe fand er das nach ihm benannte Gesetz für die Anziehung zwischen elektrischen Ladungen und zwischen Magnetpolen. *H. Cavendish* ↑ benutzte die D. 1798, um die Gravitationskonstante und die mittlere Erddichte zu bestimmen.

Dreschflegel: mit Gelenk trat wahrscheinlich schon im Altertum an die Seite der üblichen Druschmethoden (durch menschliche Kraft oder mit Hilfe von Tieren).

Dreschmaschine: Erste Versuche, das Ausdreschen des Getreides zu mechanisieren, führten zu Stampf-D., die das Treten der Tiere nachahmten, oder zu Flegel-D., die die Wirkungsweise des Dreschflegels imitierten. Der Schotte *A. Meikle* ↑ schuf um 1780 das Dreschsystem einer mit Schlagleisten besetzten Trommel. 1786 konnte die erste Maschine eingesetzt werden. Bemerkenswert ist die Anordnung eines Selbsteinlegers in Form zweier sich gegeneinander drehender Walzen. Diese ersten Maschinen waren schmale D., denen das Getreide mit der Ähre zuerst zugeführt wurde. Bereits 1789 wurden solche D. mit einem Strohschüttler ausgerüstet. Zur weiteren Verbesserung der Dreschwirkung wurden bei der sog. Norfolker D. der Dreschkorb verstellbar gemacht sowie die Anzahl der Schlag-

leisten und die Drehzahl der Trommel auf 150 bis 200 U/min erhöht.

Um 1840 entstanden in England die Lattenschüttler, die meist von einer gekröpften Welle angetrieben wurden, um 1850 dort auch die ersten Breitdrescher.

Die Stiften-D. wurde um 1831 von *S. Turner* (USA) geschaffen. Die erste transportable sog. kombinierte D. mit Schüttler und Reinigung wurde 1844 dort von *Tuxford* in den Handel gebracht. Sie war für Dampfantrieb eingerichtet. Die noch heute gebräuchlichen Schlagleisten als halbrunde, schräg gekerbte Eisenstäbe gehen auf *J. Goucher* (1860) zurück. Nach 1860 verbesserten in Deutschland *Lanz* und *Wolf* die Lagerung der Dreschtrommel, die Strohschüttung sowie die Körnerreinigung.

Mechanische Einlegevorrichtungen sind vermutlich erstmals von *Ducie* um 1840 geschaffen worden. Sie waren als Elevatoren-Ferneinleger konstruiert. Ein wesentlicher Fortschritt war um die Jahrhundertwende der Selbsteinleger, bei dem eine Trommel umlief, in der Mitnehmer, exzentrisch gelagert, durch die Trommel griffen und das Erntegut förderten (Prinzip der Pick-up-Trommel, die später am Mähdrescher oder Feldhäcksler zur Aufnahme der Schwaden angebracht wurde).

Eine neuartige Dreschtrommel für den sog. Spiraldrusch wurde nach 1950 entwickelt. Statt durchgehender Schlagleisten sind spiralförmig auf der Trommel schmale Schläger angebracht. Das Erntegut passiert die Trommel spiralförmig von der Achse her.

Drillmaschine: Die Reihensaat ist vermutlich aus dem Orient nach Europa gelangt. Die erste europäische Sämaschine – aus anderen Erdteilen fehlen Angaben – war der 1636 von dem Spanier *J. Locatelli* gebaute »Sembrador«. Es handelte sich dabei um einen Säpflug, auf dem eine Trommel rotierte. In ihr befand sich das Saatgut; eine Welle mit darauf befestigten Löffeln verursachte das Auswerfen des Saatgutes. *J. Tull* † beschrieb 1730 diese Maschine und erkannte die Vorteile der Drillsaat. *A. D. Thaer* in Norddeutschland und *Schwarz* in Süddeutschland förderten sie ebenfalls.

1785 stellte *J. Cooke* in Lancashire ein verbessertes Modell vor, dem im allg. Aufbau die heutigen D. noch entsprechen. Das Säaggregat bestand aus einer Welle, auf der kleine Löffel beim Umlauf Körner aufnahmen und dann in die beweglichen Säröhren warfen. *Th. Williamson* in England sowie das um 1850 von *Drehwitz* und *Rudolph* geschaffene »Thorner Särad« überwanden die Löffelkonstruktion. *F. Dehne* und *W. Siedersleben* † ließen sich 1884 solche Säräder patentieren. Zuvor hatte *R. Sack* † 1867 das Schöpfrad eingeführt. *Siedersleben* baute 1853 die erste Spezial-Zuckerrüben-Drillmaschine mit 3,76 m Spurbreite, die zahlreiche konstruktive Verbesserungen enthielt.

Die Aussaatmengenregelung ging von der Drehzahlverstellung der Säwelle aus. *Siedersleben* verwandte 1905 ein Wechselgetriebe, bei dem die Übersetzung durch Handhebel einstellbar und die Saatmenge mit Hilfe einer Drehprobe festzustellen war. Aus den USA kamen Konstruktionen, bei denen durch seitliches Verschieben der Säwelle, also durch vollen oder verminderten Eingriff des Särades in der Auswurföffnung die Aussaatmenge verändert wurde.

Für die in sich verschiebbaren Saatleitungsröhren verwandte *J. Smyth* als erster 1864 Teleskopröhren, die aber bald durch jene ersetzt wurden, die sich *G. Commichau* 1890 in Deutschland patentieren ließ. Aus Blechstreifen wurde durch Einrollen eine sehr elastische Röhre, die meistens auch heute noch angewandt wird. Zur sicheren Steuerung wurden sehr früh D. mit Vorderlader geliefert.

Um den Boden über der Saat besser anzudrücken, ließ *Töpfer* Druckrollen nach den Scharen laufen. Als zu Anfang des 20. Jh. der russische Techniker *Demtschinsky* das Drillen in Furchen mit nachfolgendem Häufeln zur besseren Bestockung empfahl, wurden in verschiedenen Ländern entsprechende Maschinen gebaut, in Deutschland z. B. von *W. Siedersleben.*

1957 stellte eine norwegische Firma eine D. vor, bei der die Verteilung der Körner mit Hilfe der Zentrifugalkraft erfolgt. Das völlig neuartige zentrale Auswurfsystem ermöglicht eine bequeme Saatmengeneinstellung und gestattet relativ hohe Arbeitsgeschwindigkeiten.

Druckgießverfahren: Ausgangspunkt und zugleich älteste Anwendung des D., bei dem Metall unter hohem Druck in eine Dauerform gepreßt wird, war die Letterngießerei, weil es hier darauf ankam, scharfkantige, saubere

Gußstücke herzustellen. Verwendung fanden Legierungen aus Zinn, Blei und Antimon. Konnten anfangs nur Metallegierungen mit niedrigem Schmelzpunkt für das D. verwendet werden, hat mit Ausbreiten der Massenfertigung durch Vervollkommnung und Abänderung der Druckgießapparatur sowie durch Erweitern der formbau- und gießtechnischen Erfahrungen das Verfahren auch für Legierungen mit immer höheren Schmelzpunkten und ungünstigen Gießeigenschaften Verwendung gefunden.

Druckknopf: Erfunden wurde der D. von dem in Grenoble lebenden Schweizer Handschuhmacher *A. Raymund.* Seine Idee, anstelle der bisher verwendeten Knöpfe einen durch bloßen Druck funktionierenden Verschluß für seine Handschuhe zu finden, führte ihn zum Bau einer Maschine, die 1886 die ersten D.hälften preßte und an den Handschuhen befestigte. Durch *Bauer* zum sog. Kronenknopf weiterentwickelt, findet der D. noch heute vielseitige Anwendung.

Druckluftbremse: wurde *G. Westinghouse* ↑ 1869 patentiert und in der Folgezeit von ihm wesentlich verbessert. In Deutschland wandte sich 1893 *G. Knorr* ↑ der D. zu und nahm ihre Produktion auf. Die Knorrsche Schnellbremse wurde 1905 eingeführt und verbreitete sich rasch.

Druckmaschine: Vorläufer der D. ist die von Hand zu bedienende Druckerpresse, die wahrscheinlich in China entwickelt wurde. 1437 baute *K. Saspach* für *J. Gutenberg* ↑ eine Druckerpresse, mit der wahrscheinlich die ersten Drucke nach *Gutenbergs* Verfahren hergestellt wurden. Bis zu Beginn des 19. Jh. war die Handpresse, verschiedentlich verbessert, das einzige Druckgerät. Die erste brauchbare D. wurde nach 1810 von den deutschen Buchdruckern *F. Koenig* ↑ und *A. F. Bauer* ↑ gebaut. Die als Schnellpresse bezeichnete Maschine ist eine D., die nach dem Prinzip Walze gegen Fläche arbeitet und in der Folgezeit zahlreiche Weiterentwicklungen erfahren hat. 1850 kamen die Tiegeldruckpressen, nach dem Prinzip Fläche gegen Fläche arbeitende D., in Benutzung, deren Konstruktionsprinzip bis heute gleich geblieben ist.

1863 wurde von *W. Bullock* (USA) die erste Rotations-D. aufgestellt, nachdem die dazu erforderlichen Voraussetzungen, Herstellung von endlosen Papierbahnen in Rollenform auf der Papiermaschine sowie die Entwicklung der Rundstereotypie (halbzylindrische Druckplatten), bis 1860 geschaffen waren.

Die Rotations-D. arbeitet nach dem Prinzip Walze gegen Walze und ist für Buch-, Offset- oder Tiefdruck verwendbar. Da die Rotations-D. auf »endlose« Papierbahnen druckt, lassen sich mit ihr große Auflagen (z. B. Zeitungen) herstellen. Die Rotations-D. ist durch zahlreiche Weiterentwicklungen zum beherrschenden Maschinentyp im Druckereiwesen geworden (Druckverfahren ↑).

Druckverfahren: Nach der Erfindung der beweglichen Lettern durch *J. Gutenberg* ↑ trat eine schnelle Verbreitung des Hochdrucks in Europa ein, die im 19. Jh. mit den Erfindungen der Druckmaschinen ↑, des Holzschliffs ↑, der Trockenmater in der Papierstereotypie (1883) und der Setzmaschinen ↑ zur Herstellung von Druckereierzeugnissen in Massenauflagen führte. Bes. der Farbendruck wurde hierbei ständig verbessert. Der Tiefdruck geht auf die bereits im Altertum bekannten Metallgravierungen (»Niello«) zurück. Der erste deutsche Kupferstich stammt aus dem Jahr 1446, die Kaltnadelradierung kam um 1500 in Gebrauch, die Ätzradierung seit etwa 1510. Bereits um 1640 wurden Gravuren in Schabetechnik ausgeführt, dann folgten die Crayonmanier, 1768 die Punktmanier und 1769 das Aquatinta- oder Staubkornverfahren. Zwischen 1600 und 1800 diente der Kupferstich vorwiegend der Buchillustration. Farbige Stiche kamen nach ersten Versuchen um 1500 erst nach 1650 auf. Um 1710 wurde von dem Franzosen *Le Blon* der Farbenstich mit mehreren Platten erfunden. Den Stahlstich erfand 1820 der Engländer *Heath.* Der moderne Rakeltiefdruck geht teilweise auf den Kattundruck zurück, für den der Schotte *H. Bell* schon 1783 eine Rakel-Tiefdruckmaschine benutzte. Der tschechische Maler *K. Klič* erfand 1878 die Heliogravüre und um 1890 den Tiefdruckraster, der um 1895 von dem österreichischen Maler *Reich* nacherfunden und verbreitet wurde. Um 1900 entwickelte *Rolffs* ein Tiefdruck-Fotogravurverfahren auf Kattun und Papier. Die erste im Rotations-Rakeltiefdruck hergestellte Zeitungsbeilage erschien 1910 nach dem seit 1902 von *E. Mertens* entwickelten Verfahren.

Der Steindruck (Lithographie), das ursprünglichste Flachdruckverfahren, wurde von *A. Senefelder* ↑ 1796/98 entwickelt. Er stellte auch 1826 den ersten Mehrfarbendruck her. 1836 gelang ihm der erste Druck einer Ölgemäldereproduktion auf Leinwand. Der Steindruck wurde in der Folgezeit vom Druck mit Metallplatten abgelöst. Schon *Senefelder* hatte sich um 1820 mit Versuchen befaßt, die Steindurch Zinkplatten zu ersetzen (Zinkdruck).

Das Prinzip des Offsetdrucks, eines indirekten Flach-D., wurde bereits 1881 in Frankreich beim Blechdruck angewendet. 1904 entdeckte dann der amerikanische Zinkdrucker *J. W. Rubel* die Möglichkeit, den indirekten Druck über einen Gummizylinder auch auf Papier vorzunehmen. 1907 kam der Deutsche *C. Hermann* auf die Idee, Zinkdruckmaschinen für den indirekten Gummidruck auf Papier zu bauen und schuf damit die erste Offsetdruckmaschine. Der Offsetdruck, bes. der feuchtungslose, befindet sich gegenwärtig noch in der Entwicklung.

Der Lichtdruck, ein direktes Flach-D., wurde 1867/68 von *J. Albert* ↑ erfunden. Lichtdrucke eignen sich infolge ihres großen Farbtonumfangs bes. für die Reproduktion von Gemälden. In einer dem Durchdruck ähnlichen Weise sind in China und Japan schon vor mehreren hundert Jahren Textilien mit Schablonen bedruckt worden. Das Verfahren wurde dann weiterentwickelt und wird unter der Bezeichnung Filmdruck heute ebenfalls im Textildruck eingesetzt (Zeugdruck). Der als Siebdruck bezeichnete Durchdruck auf Papier wurde nach 1945 in den USA zu hoher technischer Vollkommenheit gebracht.

Druckwindkessel: Die Erfindung des D., eines Druck- und Mengenausgleichbehälters für kleine Wasserversorgungsanlagen, ist eng mit derjenigen der Kolbenpumpe verbunden. Nach dem Werk »De architectura« des Römers *Vitruvius* ↑ wird angenommen, daß *Ktesibios* ↑ um 250 v. u. Z. den D. erfunden hat. Besser belegt ist die Anwendung des D. bei den Römern zu Beginn unserer Zeitrechnung.

Düngemittel, künstliche: Die Bedeutung der künstlichen Düngung wurde um 1550 von dem französischen Gelehrten *B. Palissy* erkannt, der den Bauern die Verwendung von Mergel als D. empfahl. Zum eigentlichen Wegbereiter der D. wurde um 1840 *J. v. Liebig* ↑ durch seine grundlegenden Untersuchungen über den Stoffwechsel der Lebewesen. Als D. (Kunstdünger), die zunächst nur als Zusätze zu natürlichen Düngern benutzt wurden, fanden anfangs leicht umzuwandelnde natürlich vorkommende Verbindungen (Chilesalpeter, Guano, Kalisalze) Verwendung. Später traten vor allem Verbindungen des Ammoniaks und der Salpetersäure an ihre Stelle (Stickstoffdüngemittel). Durch das Haber-Bosch-Verfahren ↑ stand nach 1918 genügend Ammoniak zur Verfügung.

Waren es anfangs sog. einfache D. (Ammoniumsulfat, Kalkstickstoff ↑), so stellte man später in wachsendem Umfang auch Mischdünger her, z. B. den Ammonsulfatsalpeter. Schon *Liebig* hatte erkannt, daß neben Stickstoff und Kalium bes. Phosphor für die Pflanze lebensnotwendig ist. Daher wurden auch phosphorhaltige D. (Phosphatdünger), vor allem nach der Fabrikation von Superphosphaten (um 1880), in den Handel gebracht. Das Sinterphosphatverfahren (1916) und etwas später das Schmelzphosphatverfahren erweiterten das Angebot. Seit 1918 wird auch Thomasmehl als phosphathaltiges D. verwendet. Als Kombination von Verbindungen, die alle drei wichtigen Elemente enthalten, sind etwa ab 1930 schließlich die sog. Volldünger auf den Markt gebracht worden.

Düngermühle: Der verstärkte Einsatz von Chilesalpeter machte die Zerkleinerung in D. erforderlich. Sie entstanden gegen Ende des 19. Jh. Bereits 1889 baute *Weber* in Artern bei Magdeburg die ersten Walzen-Düngermühlen.

Durchlauferhitzer: Der zunächst mit Stadtgas, später auch elektrisch beheizte D. geht auf *H. Junkers* ↑ zurück. Er entwickelte ihn aus einem 1894 erfundenen Strömungskalorimeter, mit dem er den Heizwert von Gasen bestimmte.

Dynamit: Die Bezeichnung D. für Sprengstoffe, die neben einem hohen Gehalt an Sprengöl ↑ nichtexplosive Zusätze enthalten, stammt vom Erfinder *A. Nobel* ↑ (1867). Die zuerst hergestellten D. enthielten Kieselgur als Zusatzkomponente (Gur-D.). Später entwickelte *Nobel* die sog. Gelatine-D. (1876), bei denen mit Collodiumwolle gelatiniertes Sprengöl sowie Alkalinitrate und Holzmehl

als Zusätze verwendet wurden. Die heute noch verwendeten D. gehören sämtlich zu diesem Typ.

E

Echolot: wurde – zunächst mit Schallimpulsen im Bereich des Hörschalls und mechanischer Zeitmessung arbeitend – 1913 von *A. Behm* (1880 bis 1952) erfunden. Es wurde nach 1914 bes. von *P. Langevin* ↑ weiterentwikkelt und auch zur Ortung von Unterwasserfahrzeugen benutzt. Etwa ab 1930 wurde der Übergang zu Ultraschallgebern und -empfängern vollzogen. Die Anwendung der Elektronik beim E. ermöglichte die Ausgestaltung zum Horizonal-Vertikal-E., zum Echographen und zu einem Hilfsmittel der Hochseefischerei (»Fischlupe«).

Egge: Mit den Anfängen des Pfluges entstand auch die E., anfangs vermutlich aus Dornenbüschen, später als fester Holzrahmen mit eingesteckten Holzzinken, die schließlich (in England) durch eiserne ersetzt wurden.

Durch Versetzen der Zinken (um weite Abstände zu erreichen) wurde dem Verstopfen vorgebeugt. Um die Jahrhundertwende entstanden rotierende Zinkensterne zu diesem Zweck als sog. »Warensteiner E.«.

Um das Ausheben verstopfter E. zu erleichtern, wurden Aushebevorrichtungen entwikkelt, z. B. die von *V. Tecklenburg* um 1900. E. sollen sich auch unebenem Acker gut anschmiegen. Deshalb wurden bei größeren Arbeitsbreiten mehrere E.nfelder am gemeinsamen Zugbalken angehängt und bei Wiesen-E.. Längs- und Querbeweglichkeit jedes E.gliedes vorgesehen. E. mit beweglichen Zinken als sog. Klavier-E. wurden ebenso wie Gußstahlfeder-E. zwischen 1870 und 1890 produziert.

Sehr früh (1862) entstand auch die Kreisel-E. mit ihrer mischenden, verteilenden und einebnenden Wirkung.

Einfache Maschinen: Um 400 beschrieb *Pappus,* einer der letzten alexandrischen Naturforscher, die sog. fünf »mechanischen Potenzen«: Hebel, Keil, Schraube, Rolle (später auch das Zahnrad) und Wellrad (noch ergänzt durch schiefe Ebene und Flaschenzug). Diese später als e. M. bezeichneten Geräte waren bereits in der Antike bekannt und von *Aristoteles, Archimedes* ↑ u. a. beschrieben und teilweise erklärt worden. Bis zum Ende des 18. Jh. dachte man sich alle Maschinen aus den e.M. zusammengesetzt, bis um 1830 *A. M. Ampère* ↑ die technische Kinematik als Lehre der Übertragung von Bewegungen und Kräften zur Erklärung komplizierter Maschinen begründete.

Einschienenbahn: Die Entwicklung von E. nahm ihren Ausgang bei den im 19. Jh. entwickelten Seilbahnen. Die einzige als Stadtschnellbahn betriebene E. (Einschienenhängebahn) ist die seit 1901 in Betrieb befindliche Wuppertaler Schwebebahn. Im gleichen Jahr wurde auch in Dresden-Loschwitz eine nach gleichem System (allerdings mit Seilantrieb der Fahrzeuge) betriebene Bergbahn dem Verkehr übergeben. Die bekannteste E. (Einschienenstandbahn) ist die nach dem Schweden *A. L. Wenner-Gren* benannte »Alweg«-E., für die nach 1950 kurze Versuchsstrecken gebaut wurden (z. B. Los Angeles 4,5 km, Turin 1,2 km). Als eigentliche Stadtschnellbahn existiert die Alweg-Bahn in Tokio, wo 1964 eine 13,2 km lange Strecke dem Verkehr übergeben wurde.

Einzelkornsämaschine: Die Einzelkornsaat ist eine der ältesten Säarten und heute noch in Asien weit verbreitet. Die Pflanzlöcher wurden anfangs mit dem Dibbelbrett, das mit Stechzapfen versehen war, hergestellt.

Newbury setzte 1839 die Stechzapfen auf einen Radkranz, der aus zwei Scheiben mit einem Zwischenraum gebildet war. Nahe der Achse wurde das Saatgut zugeführt, das dann nur an den Stechzapfen herausfiel.

Um 1860 schuf der Schotte *Young* rotierende Scheiben, die nur zeitweise die Saatöffnung freigaben. Zur gleichen Zeit entwickelte *Meinshausen* eine Dibbeleinrichtung unter Verwendung von Zellenrädern, die um 1925 von *F. Dehne* gebaut wurde. Anfang der 20er Jahre fanden die Erfahrungen von *Demtschinsky* aus der UdSSR, die er mit der Dünnsaat in China sammelte, wegen der möglichen Saatguteinsparung erhöhte Beachtung.

Erste echte Einzelkornaussaat ermöglichte wahrscheinlich die Kernsteckmaschine der Firma Botsch (um 1879). *Magens* und *Wagner* verwandten 1884 zur Einzelkornaussaat von Bohnen Schöpfräder mit ovalen Zellen im Abstand der Säreihen.

J. F. Mathias benutzte 1897 ein pneumatisches Prinzip zum sicheren Füllen der Zellen. Das noch heute vorwiegend verwendete schöpfende Zellenrad erfand *W. Meißner* 1909. Das gesamte pneumatische Prinzip griff *E. Elisha* (USA) 1914 wieder auf. Eine sinnvolle Verbindung von Schüttelrinne und Zellenrad ließ sich *S. v. Schönaich-Carolath* 1921 patentieren.

Das 1937 von *Knolle* in Halle entwickelte Verfahren zur Herstellung von Monogermsaat durch Zertrümmerung der Samenknäuel gab der Entwicklung von Einzelkornmaschinen erneuten Auftrieb. Zur Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit wurde von *K. Riedel, K. Fritsch* und *L. Kühnberg* eine »Beschickungseinrichtung für schnellaufende Zellenräder« entworfen.

Eisen: war bereits in der Bronzezeit in Anwendung. Bei den ältesten Funden von eisernen Gegenständen in Ägypten und Indien (4. Jahrtausend v. u. Z.) handelt es sich vermutlich um verarbeitetes Meteor-E. Geschichtlich wird die E.zeit aber erst von da an gerechnet, als eiserne Waffen und Geräte in größeren Mengen auftraten (2. Jahrtausend v. u. Z.). Bis ins 14. Jh. war E. nur nach dem Rennverfahren ↑ zu gewinnen, um 1300 allerdings schon im flüssigen Zustand in den sog. Stücköfen, in denen Hunderte von Kilogramm schwere Luppen schmiedbaren E. erzeugt wurden. Der Hochofen ↑ kam Anfang des 16. Jh. auf. Große Fortschritte in der E.erzeugung brachte das 18. Jh. Die Einführung des Kokses in den Hochofenprozeß (*A. Darby* ↑1735) sowie des Zylindergebläses brachen dem E. die Bahn. Seit 1907 ist der Elektrohochofen im Einsatz.

elektrische Klingel: ging aus dem 1837 von *J. P. Wagner* (1799 bis 1879) erfundenen und nach ihm benannten Hammer (Selbstunterbrecher) hervor und kam um 1840 in Gebrauch.

Elektrisiermaschine: Die älteste E., aus einer drehbaren und mit der Hand geriebenen Schwefelkugel bestehend, stammt von *O. v. Guericke* ↑. In der Folgezeit trat an die Stelle der Schwefel- eine Glaskugel, später eine Glasscheibe. *G. M. Bose* ↑ isolierte den Konduktor, *J. H. Winkler* ↑ erfand 1743 das »Reibzeug«. Zu Beginn des 19. Jh. kamen E. auf, die die Ladungstrennung in ausströmendem Wasserdampf ausnutzten. Auch das Prinzip des Bandgenerators ↑ war damals schon bekannt. Einen wesentlichen Fortschritt stellte die Influenzmaschine dar, die um 1865 nahezu gleichzeitig von *W. Holtz* ↑ und *A. Töpler* ↑ erfunden wurde.

Elektroenergieübertragung: Versuche zur E. über Entfernungen von einigen hundert Metern fanden bereits zu Beginn der 70er Jahre des 19. Jh., u. a. in Wien, statt. Auch versuchte man schon 1879, landwirtschaftliche Maschinen wie Pflüge durch E. anzutreiben. 1882 wurde anläßlich der Internationalen Elektrizitätsausstellung in München Energie von *M. Deprez* ↑ über 57 km übertragen.

Als eigentlicher Beginn der E. gilt die mit Drehstrom durchgeführte »Lauffener Übertragung« (1891), bei der die Energie eines 220-kW-Generators auf 14 000 V transformiert und über 175 km nach Frankfurt (M.) übertragen wurde. Danach stiegen übertragene Leistungen und Spannungen ständig. 1912 wurde die erste europäische 100-kV-Leitung in Betrieb genommen, in den 20er Jahren kamen 220-kV-Leitungen in Gebrauch, während heute Spannungen bis über 750 kV angewandt und noch höhere erprobt werden.

Versuche zur Höchstspannungs-Gleichstromübertragung (HGÜ) werden seit etwa 1940 angestellt, erste Leitungen (UdSSR, Schweden, Kanada) sind in Betrieb, weitere werden projektiert und verlegt.

Mit dem 1960 begonnenen Zusammenschluß der Energienetze sozialistischer Länder (System MIR) begann der Ausbau des derzeit größten Verbundnetzes zur E. in der Welt. Seine Leitung und Steuerung obliegt der 1963 gegründeten Zentralen Dispatcherverwaltung in Prag.

Elektroerodieren: Grundkenntnisse über elektrische Verfahren zur Metallbearbeitung wurden in der UdSSR bereits 1928/32 gesammelt. Nach 1930 wurde hier und in anderen Ländern bes. das elektromechanische Schneiden entwickelt. Des weiteren wurde 1943 in der UdSSR durch *B. R.* und *N. I. Lasarenko* ein Elektrofunkenverfahren entwickelt, mit dem sich Metalle u. a. bohren und schneller sowie besser als mit bisherigen Methoden schleifen lassen. Seit Ende der 40er Jahre liefen Versuchsarbeiten über dieses E. in vielen Ländern. Die serienmäßige Fertigung entspre-

chender Maschinen begann in der UdSSR nach 1950.

elektromagnetische Wellen: Die von *J. C. Maxwell* ↑ postulierten e. W. mit weit größerer Wellenlänge als der des Lichts wurden 1886/89 von *H. Hertz* ↑ experimentell belegt und erforscht, bald danach von anderen zur drahtlosen Nachrichtenübermittlung benutzt. Während *Hertz* mit Dezimeterwellen experimentierte, entwickelte sich auf Grund der technischen Voraussetzungen und der stabilen Ausbreitungsbedingungen die Funktechnik zunächst im Langwellenbereich.

Die weitere Erschließung des Spektrums der e. W. ist durch das Vordringen zu immer kürzeren Wellenlängen bzw. höheren Frequenzen charakterisiert.

Bereits die ersten Rundfunksender nutzten den Mittelwellenbereich. 1921 entdeckten und erschlossen von da ab Funkamateure den Kurzwellenbereich. Die außergewöhnlichen Ausbreitungsbedingungen wurden bald allgemein für Fernverbindungen genutzt. Außerdem waren sie Anlaß für die Nachprüfung der bereits nach der Jahrhundertwende geäußerten Vermutung über das Vorhandensein leitender Schichten in der Hochatmosphäre und wurden damit Ausgangspunkt der Ionosphärenforschung.

Die Erforschung des Ultrakurzwellenbereichs begann um 1923, stimuliert durch wachsenden Frequenzmangel und durch die Störungsarmut dieser Frequenzen. Die technische Anwendung (Fernsehen, Richtfunk) setzte um 1930 ein, doch erhielt die UKW-Technik erst ab 1949 größte Bedeutung für die Unterhaltungselektronik (Hör- und Fernsehfunk).

Zentimeterwellen waren bereits 1895 von *P. N. Lebedew* ↑ erzeugt worden. Sie erlangten – nach Laborversuchen in den 20er Jahren – seit etwa 1945 Bedeutung, als es gelang, leistungsfähige Sende- und empfindliche Empfangsgeräte für diesen Bereich zu entwikkeln.

Der Millimeterwellenbereich wird gegenwärtig für Spezialzwecke, z. B. Radar für kurze Entfernungen und kleine Ziele, ausgenutzt.

Elektromotor: Bemühungen um einen E. setzten bald nach *H. Ch. Oersteds* ↑ Experimenten ein. 1829 begann der Tscheche *Jedlicka,* einen E. zu konstruieren, etwa gleichzeitig arbeitete *S. dal Negro* an einem sich selbststeuernden , elektromagnetisch angetriebenen Pendel, das ein Zahnrad fortschaltete.

Zukunftweisend waren vor allem die Arbeiten *M. H. Jacobis* ↑. Um 1834 konstruierte er einen funktionsfähigen E., den er so verbesserte, daß er 1838 ein mit 18 Personen besetztes Boot fortbewegte. Größere Bedeutung erlangten – vor allem wegen des Fehlens leistungsfähiger Stromquellen – diese Versuche jedoch nicht. Gleiches gilt für die Arbeiten anderer damaliger Techniker, z. B. für den »Radmotor« von *G. Froment* oder die Versuche des Nordamerikaners *Th. Davenport.*

Eine rasche Entwicklung des E. setzte nach der Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips (*Werner Siemens* ↑,1866) und dem dadurch ermöglichten Bau leistungsfähiger Generatoren ein, wobei sich Entwicklung von Generator und E. wechselseitig förderten und teilweise gleiche Konstruktionselemente benutzten (z. B. Trommelanker, Doppel-T-Anker).

Neue Impulse erhielt die Entwicklung des E. durch den Übergang zur Wechselstromtechnik. Nach Untersuchungen über das Drehfeld stellte *G. Ferraris* ↑ 1888 einen ersten Wechselstrommotor vor. *N. Tesla* ↑ beantragte 1887 ebenfalls ein Patent auf einen Wechselstrommotor. Um die Entwicklung des Drehstrommotors erwarb sich zunächst *F. A. Haselwander* ↑ Verdienste. Entscheidende Erfindung auf dem Gebiet des Wechselstrom-E. war (1889) der von *M. O. Dolivo-Dobrowolski* ↑ entwickelte Drehstrommotor mit Käfigläufer, der heute zu den verbreitetsten Wechselstrom-E. zählt.

In jüngster Zeit werden E. entwickelt, die auf der Ablenkung von Elektronen im Magnetfeld beruhen (sog. Scheiben-E., Prinzip des seit langem bekannten Barlowschen Rades, *P. Barlow* ↑) und Linear-E., die in einer Geraden (z. B. längs eines Schienenstrangs) »fortgeschaltete« Anziehungskräfte eines Magnetfeldes ausnutzen.

Elektronenmikroskop: Die Ablenkbarkeit der Katodenstrahlen (frei fliegender Elektronen) durch elektrische und magnetische Felder wurde schon frühzeitig erkannt und genutzt. Parallelen zwischen der Ablenkbarkeit und

Brechung von Elektronen- und Lichtstrahlen wurden untersucht und führten 1926 zur Konstruktion der ersten Elektronenlinse *(H. Busch ↑)*.

Um 1930 setzte die Entwicklung des E. ein *(M. v. Ardenne ↑, Busch, M. Knoll, E. Ruska)*. 1936 waren funktionsfähige Muster fertiggestellt, 1939 begann die Serienproduktion.

Um 1950 entstand das Feld-E. *(E. W. Müller)*, dem das Feldionenmikroskop folgte.

In den 60er Jahren kam das Elektronenrastermikroskop auf den Markt, dessen Entwicklung bis in die Zeit um 1935 zurückreicht.

Elektronenröhre: Ausgang für die Entwicklung der E. war der von *T. A. Edison* ↑ 1883 entdeckte und nach ihm benannte Effekt. 1904 wurde er u. a. von *A. Wehnelt* ↑ zum Bau von Gleichrichterröhren angewendet. Gleichzeitig entwickelte *J. A. Fleming* ↑ eine Ventilröhre (Diode), die er als Wellendetektor einsetzte. Sie besaß jedoch gegenüber dem Detektor ↑ keine Vorteile und erlangte nur geringe Bedeutung.

Das durch Fernsprech- und Funktechnik wachsende Bedürfnis nach einem verstärkenden Bauelement suchte *R. v. Lieben* ↑ durch sein Katodenstrahlrelais zu erfüllen, in dem ein Elektronenstrom zwischen Katode und Anode in einem teilweise evakuierten Glaskolben durch ein äußeres Magnetfeld gesteuert werden sollte. Der erhoffte Erfolg blieb jedoch aus.

1906 fügte *L. de Forest* ↑ ein Gitter in die E., ohne allerdings zunächst die Möglichkeit einer Verstärkung zu erkennen. Das Steuergitter, durch das die E. zur Verstärkerröhre wurde, brachte *v. Lieben* 1910/11 an.

Die Fertigung von E. in größeren Stückzahlen begann 1913. Entscheidender Schritt war dabei, den Röhrenkolben nicht wie bisher mit verdünntem Gas zu füllen, sondern weitestgehend zu evakuieren *(I. Langmuir ↑)*. Von da ab setzte eine rasche Entwicklung der E. ein, in Deutschland u. a. durch *H. Barkhausen* ↑, *H. Rukop* ↑ und *W. Schottky* ↑. In der Sowjetunion erwarb sich um 1918 bes. *M. A. Bontsch-Brujewitsch* ↑ Verdienste um die Entwicklung der E.

Nach 1920 wurde die Entwicklung der E. den unterschiedlichen Aufgabenstellungen entsprechend spezialisiert. So beseitigte die Einführung mehrerer Gitter unerwünschte Rückkopplungswirkungen und erhöhte den Verstärkungsfaktor, während die Einführung indirekt geheizter Katoden Voraussetzung für den ökonomischen Anschluß röhrenbestückter Geräte an das Stromversorgungsnetz bildete. Nachdem Ende der 30er Jahre E. mit Stahl-, teilweise auch Keramikkolben Bedeutung erlangt hatten, setzten sich für nicht zu große Leistungen nach 1945 allgemein die »Miniaturröhren« in Allglastechnik durch.

Der Nuvistor, eine nach 1960 entwickelte E. in Metall-Keramik-Technik, erlangte wegen der sich rasch entwickelnden Halbleitertechnik nur vorübergehend Bedeutung.

Die Entwicklung spezieller Mikrowellenröhren wie des Klystrons *(Gebr. Varian)* und des Magnetrons *(Habann, Hull, Oliphant ↑)* begann nach mehrjährigen Vorversuchen um 1930 bzw. um 1940. Sie werden gegenwärtig noch in großem Umfang als Senderöhren eingesetzt.

Elektronenstrahlofen: wichtiges Hilfsmittel moderner Technologien, wurde gegen Ende der 50er Jahre unseres Jh. entwickelt. Um seine Einsatzreife machten sich vor allem *M. v. Ardenne* ↑und seine Mitarbeiter verdient.

Elektronenstrahlröhre: wurde, aufbauend auf den Gesetzen der Elektronenbewegung in elektrischen und magnetischen Feldern, von *K. F. Braun* ↑ angegeben und bereits um 1910 mit einer Oxidkatode zur Elektronenemission und dem Wehneltzylinder zur Dichtesteuerung des Elektronenstrahls ausgerüstet. Sie diente anfänglich hauptsächlich der Sichtbarmachung von elektrischen Schwingungsvorgängen. Vorschläge, die E. als Bildröhre für das Fernsehen zu verwenden, reichen gleichfalls bis vor 1910 zurück, doch hatten entsprechende Versuche zunächst nur geringen Erfolg.

Erst die nach 1925, u. a. durch *M. v. Ardenne* ↑, vorgenommenen Verbesserungen (Fokussierung des Elektronenstrahls, Steigerung von Leuchtfleckhelligkeit und -schärfe) ermöglichten den vielseitigen Einsatz der E. Neben ihrer bekanntesten Anwendung als Bildröhre beim Fernsehen ist sie in zahlreichen Sonderformen in Oszilloskopen, in der Radartechnik und in Datensichtgeräten verbreitet.

Elektronik: Obwohl »elektronische Bauelemente« schon um die Jahrhundertwende und

in den darauffolgenden Jahren bekannt waren (Röntgen- und Elektronenstrahlröhre ↑, Quecksilberdampfgleichrichter, Kristalldetektor), entstand der Begriff E. im modernen Sinne erst in den 20er Jahren. Wesentliche Impulse gingen dabei von der Massenfertigung und dem vielfältigen Einsatz von Elektronenröhren ↑ bes. in der Nachrichtentechnik aus. Zahlreiche ihrer Schaltungsprinzipien wurden auf die Meß-, dann auf die Steuer- und Regeltechnik übertragen und bildeten die Basis der industriellen E., der medizinischen E. und anderer Spezialzweige.

Etwa ab 1930 entwickelte sich auf der Grundlage der eigens für diesen Zweck geschaffenen Gasentladungsröhren die Leistungs-E., mit deren Hilfe Leistungen der in der Energietechnik üblichen Größenordnung verarbeitet und gesteuert werden konnten.

Die Halbleitertechnik ↑ leitete etwa ab 1950 eine weder abgeschlossene noch abschätzbare Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten der E. ein. Sie ist charakterisiert durch Nutzung von Prinzipien und Anwendungen der elektronischen Datenverarbeitung sowie etwa ab 1960 durch den sich rasch ausweitenden und an Bedeutung gewinnenden Einsatz von Mikroelektronik ↑.

Elektroöfen: Der erste Versuch einer Verwendung der elektrischen Stromwärme zu technischen Zwecken wurde 1843 von *Wall* gemacht, der das Frischen des Eisens auf elektrothermischem Wege in Vorschlag brachte. Diese Vorschläge bekamen jedoch erst mit der Erfindung der Dynamomaschine größere Bedeutung. Der erste brauchbare, allerdings noch nicht zur Stahlerzeugung geeignete Elektroofen wurde von *William Siemens* ↑ gebaut. 1893 erhielt *Bradley* Patente für die von ihm entwickelten Elektroöfen.

Der Induktionsofen wurde 1899 von *F. A. Kjellin* ↑ und der Lichtbogenofen 1900 von *P. L. T. Héroult* ↑ entwickelt. Zur gleichen Zeit kam auch der Widerstandsofen zur Anwendung. Die Entwicklung der Induktionsöfen begann mit den Niederfrequenzöfen und verlief über den Hochfrequenzofen bis zu den heute mehr und mehr verwendeten Mittelfrequenzöfen. Für die Herstellung großer Stahlmengen mit bes. hohem Reinheitsgrad (Edelstähle) kommen vor allem die Lichtbogen- und Induktionsöfen in Frage, während sich die Widerstandsheizung vorwiegend für kleinere Mengen, z. B. zur Umschmelzung, eignet. Vorteile der E. sind großer thermischer Wirkungsgrad, hohe erreichbare Temperaturen und die fehlende Beeinflussung durch Heizgase.

Elektroskop: Vorläufer des E., des ersten Instruments zum Nachweis und auch zur quantitativen Abschätzung elektrischer Ladungen, waren z. B. nebeneinanderhängende Leinenfäden, die an geladenen Körpern befestigt waren. Auch die Ablenkung leichter Körper, wie der noch später oft benutzten Holundermarkkügelchen, wurde zur Anzeige genutzt.

Das Goldblattelektroskop wurde 1787 von *A. Bennet* angegeben, von *A. Volta* ↑ durch Hinzufügen eines Kondensators verbessert und diente in zahlreichen Verbesserungen bis in das 20. Jh. als Laborinstrument.

Eloxalverfahren: geht auf Arbeiten von *Mott* (1904) zurück, in denen sich dieser mit Versuchen zur künstlichen Erzeugung von Oxidfilmen auf Metalloberflächen durch Galvanisieren beschäftigte. Der Name E. (Anfangsbuchstaben von *el*ektrisch *ox*ydiertes *Al*uminium) wurde 1934 geprägt, als es bereits über 100 Patente zu diesem Verfahren gab.

Emscherbrunnen: wurde als Teil einer Kläranlage 1906 von *K. Imhoff* ↑ erfunden und dient der mechanischen Reinigung von Abwasser. Der obere Teil des E. ist ein Absetzraum, der untere als Schlammfaulraum ausgebildet. Durch bes. Konstruktion wird die Strömung von Abwasser durch den Faulraum und damit eine Schlammaufwirbelung unterbunden. Damit wird die Frischhaltung (Geruchlosigkeit) des Abwassers ermöglicht.

Epoxidharze: chemisch zur Gruppe der Polyether gehörende härtbare Kunstharze. Die ersten E. wurden um 1938 in der Schweiz durch *Castan* im Laboratorium hergestellt. Die industrielle Produktion der E. begann erst nach 1948. Sie zeichnen sich durch vielseitige technische Einsatzmöglichkeiten als Klebe-, Gieß- und Laminierharze sowie als chemisch beständige Lacke aus. Trotz ihres relativ hohen Preises haben E. ständig wachsende Bedeutung erlangt.

Erdölgewinnung: Bereits Jahrtausende vor der industriemäßigen Erdölgewinnung verwendete man »Steinöl« (Erdöl) in China, Ägypten und Persien für Brenn- und Beleuchtungszwecke.

Im Mittelalter diente es außerdem als Wagenschmiere. Durch die Entwicklung des Verbrennungsmotors ↑ erhielt Erdöl seine heutige Bedeutung. Die grundlegenden Arbeiten zur Entwicklung der modernen Erdölgewinnung wurden im 19. Jh. in Rußland und den USA geleistet. Schon 1823 wurde von den Brüdern *Dubinin* in Rußland Erdöl in einer einfachen Fabrikationsanlage destilliert. Mit Verbesserungen der Fördertechnik nach 1850 wurden auch verbesserte Verarbeitungsanlagen entwickelt. Um 1860 gab es in Rußland und den USA bereits eine Anzahl Unternehmen, die Petroleum hauptsächlich für Beleuchtungszwecke herstellten. Der steigende Bedarf an Schmierölen für den Maschinenbau und das Verkehrswesen brachte neue Anforderungen. 1874 wurde von dem russischen Ingenieur *A. Tawrisow* eine der ersten Destillationsapparaturen zur weitgehenden Erdölzerlegung geschaffen. Eine kontinuierlich arbeitende Anlage konstruierte 1882 *D. I. Mendelejew* ↑. In der Erdölraffinerie von *R. Nobel* in Baku wurde 1883 die erste Destillationsbatterie errichtet, deren als Kaskade geschaltete Destillierblasen kontinuierlich nach dem Prinzip der Anlage von *Mendelejew* arbeiteten. In verbesserter Ausführung fand diese Batterie als »Nobelsche Destillationsbatterie« auch im Ausland vielfache Verbreitung. Dieser Entwicklungsarbeit von *R. Nobel* ist es mit zu verdanken, daß Baku, wo 1883 mit der E. begonnen wurde, sich zu einem wichtigen Erdölzentrum entwickeln konnte. Um 1900 hatte sich der kontinuierliche Destillationsbetrieb für Erdöl bereits allgemein durchgesetzt. Durch die Erfindung des Verbrennungsmotors wurde die Entwicklung geeigneter Verfahren zur Benzingewinnung das entscheidende Problem.

Grundlegend verbessert wurde die Technologie der Benzinherstellung aus Erdöl durch die Entwicklung des sog. Krackverfahrens, das nach 1916 zuerst in den USA industriell genutzt wurde, nachdem jahrzehntelange Entwicklungsarbeiten in Europa und Amerika die entscheidenden Grundlagen dazu gelegt hatten. Aber bereits 1876 führten die russischen Ingenieure *A. A. Letni, A. A. Kurbatow* und auch *K. F. Beilstein* ↑ das Kracken bestimmter Erdölfraktionen durch.

1887 bauten *K. M. Lissenko* und *P. P. Alexejew* in Baku eine Fabrikanlage zur E. durch Kracken, 1891 erhielten *W. G. Schuchow* und *S. Gawrilow* ein Patent über eine Industrieanlage zum thermischen Kracken von Erdöl. In den USA wurde 1859 durch *G. L. Drake* die erste Erdölbohrung niedergebracht. Beutete man anfänglich nur Ölquellen aus, die das Erdöl von allein abgaben, wurde um 1866 damit begonnen, Pumpwerke anzusetzen. In der Folgezeit wurde die Tiefbohrtechnik immer weiter verbessert (Tiefbohren ↑). Benutzte man am Anfang das Seilschlagbohren, womit in den USA um 1860 unter Anwendung von Bohrtürmen bereits Tiefen von über 1 000 m erreicht wurden, so wurde das 1901 zuerst in Texas eingesetzte Rotary-Verfahren (Drehbohren) lange Zeit zu einer der wichtigsten Tiefbohrmethoden. Durch die Erfindung des Turbinenbohrers (*M. A. Kapeljuschnikow* ↑, 1922) wurde die Bohrtechnik in der UdSSR, später auch in anderen Ländern, stark beeinflußt. In den USA wurden die ersten Turbinenbohrer nach 1930 eingesetzt. Mit dem 1938 von *A. P. Ostrowski* und *P. W. Alexandrow* konstruierten Elektrobohrer wurde ein weiteres für die E. bedeutsames Tiefbohrverfahren in der UdSSR entwickelt, das inzwischen soweit verbessert werden konnte, daß es die Vortriebsgeschwindigkeiten beim Turbinenbohren wesentlich übertrifft.

Zur besseren Nutzung bekannter Erdölfelder wurde 1944 erstmals in den USA das »horizontale Richtbohren« im industriellen Maßstab eingesetzt. Neben der Entwicklung der Bohrverfahren haben spezielle Methoden die Erträge der E. ständig verbessert. So wurde zur Intensivierung der geförderten Erdölmenge einer Bohrung das seit 1896 in den USA angewendete Verfahren der Säurebehandlung von Bohrungen etwa ab 1920 auch in der Sowjetunion genutzt. Hier konnte das Verfahren später weiter verbessert werden. Eine andere Methode zur Ertragssteigerung einer Erdölbohrung, das sog. Torpedieren, wurde zum ersten Mal 1894 in den USA versucht. In Rußland fanden 1914/1915 bei Baku Versuche damit statt. Seit 1930 wird diese Methode in verschiedenen Erdölgebieten der UdSSR eingesetzt, wobei die Verwendung hochwirksamer neuer Sprengstoffe (Jetperforatoren) den Ertrag einer Bohrung auf ein Mehrfaches erhöht. Mit dem 1949 in den USA erstmals erprobten

Verfahren des hydraulischen Aufbrechens einer erdölführenden Schicht ist inzwischen eines der wirksamsten Mittel zur Intensivierung der E., seit etwa dieser Zeit auch in der UdSSR, erfolgreich in Benutzung. Durch das in der UdSSR entwickelte Verfahren der E. mit Regelung des Lagerstättendrucks, erstmals 1948 im Revier von Tuimasa angewendet nach einer von *A. P. Krylow, W. A. Kalamkarow* und *M. F. Mirtschink* entwickelten Methode, läßt sich die Ausbeutungszeit von Erdöllagern wesentlich verkürzen bei gleichzeitig starker Senkung der Selbstkosten für die Ölförderung. Als wichtiges Sekundärverfahren wurden bereits 1928 auf den Erdölfeldern von Baku Versuche mit dem Einblasen von Druckluft in erschöpfte Felder durchgeführt. In den USA, wo Sekundärverfahren verbreitet sind, verwendet man als Verdrängungsmittel u. a. bestimmte Lösungsmittel (Lift-Verfahren).

Erdsatellit: E.en (künstliche E.en im engeren Sinn) sind Raumflugkörper, welche die Erde auf ellipsenartigen Bahnen umkreisen. Ihr Start erfolgt mit Hilfe mehrstufiger Trägerraketen (Rakete ↑). Erste Aufstiege von Forschungsraketen in die obere Atmosphäre nach dem 2. Weltkrieg bereiteten den Beginn des eigentlichen Raumfahrtzeitalters vor, das durch den Start des ersten E.en (»Sputnik 1«) am 4. 10. 1957 in der Sowjetunion markiert wird. In den USA folgte der Start des ersten E.en (Explorer 1) am 1. 2. 1958. Weitere bis 1959 von beiden Staaten gestartete E.en dienten der Erkundung der oberen Atmosphäre. Dabei wurden u. a. die Strahlungsgürtel und die Magnetosphäre entdeckt. Die entscheidenden Beiträge zur weiteren Entwicklung der Raumfahrt wurden in dieser Zeit und auch in den folgenden Jahren durch die Sowjetunion geleistet. Schon 1959 wurden hier auch die ersten Mondsonden (Raumsonden ↑) gestartet und 1960 mit Tierversuchen in der Erdumlaufbahn und der Erprobung der Rückführung von Raumschiffkapseln der bemannte Raumflug (Raumschiff ↑) systematisch vorbereitet. Auch die ersten Versuche zur Erkundung anderer Planeten mit Raumsonden (Venus 1961, Mars 1962) gingen von der Sowjetunion aus.

Mit der »Kosmos«-Satellitengruppe (erster Start 1962) wurde in der Sowjetunion der insgesamt zahlreichste Typ von E.en mit einem weitverzweigten wissenschaftlichen Aufgabengebiet zum Einsatz gebracht, mit dem eine neue Etappe der Erforschung des erdnahen Raumes begann. Aus den »Kosmos«-E.en entstanden ab 1965 Nachrichtensatelliten ↑ vom Typ »Molnija« u. a., sowie ab 1969 Wettersatelliten ↑ (z. B. »Meteor«) sowie weitere E.en für spezielle Forschungszwecke. In gleicher Weise entstanden, zeitlich etwas früher, in den USA E.en für entsprechende Aufgaben. Aus der Vielzahl der für wissenschaftliche Aufgaben eingesetzten E.en, z. B. vom Typ »Explorer«, wurden ab 1960 Wettersatelliten (z. B. »Tiros«) und ab 1962 Nachrichtensatelliten (z. B. »Telstar«) entwickelt und zum Einsatz gebracht. Bis Ende 1978 wurden auf der Welt etwa 2650 E.en gestartet, teilweise mehrere (bis zu 8) mit einer gemeinsamen Trägerrakete. Die Gesamtzahl künstlicher Objekte, die sich zu diesem Zeitpunkt auf einer Erdumlaufbahn bewegten (einschl. Raketenendstufen, abgetrennte Metallteile, Trümmerstücke) schätzt man auf über 4500. Nicht erfaßt sind darin die E.en für militärische Zwecke (Navigationshilfen, Beobachtungsaufgaben, Frühwarnung), deren Entwicklung, zuerst in den USA forciert, entsprechende Entwicklungen aus Sicherheitsgründen auch in der Sowjetunion auslöste. Außer der Sowjetunion und den USA gibt es insbesondere nach 1970 auch in anderen Staaten (z. B. Frankreich, Japan, China, Indien) zahlreiche Aktivitäten auf dem Gebiet der Entwicklung und des Einsatzes von E.en.

Erzaufbereitung: zählt zu den ältesten Verfahren der produktiven Tätigkeit des Menschen. Geschichtlich ist darüber nur wenig bekannt, da bei Griechen und Römern bergbauliche Arbeiten von Sklaven ausgeführt werden mußten. Sicher ist, daß Römer vor 2000 Jahren die bergbaulichen Verfahren der Kelten übernahmen. Neben der sog. Handklaubung wurde schon sehr zeitig fließendes Wasser zur Anreicherung benutzt. Die erste umfangreiche Beschreibung der E. gibt *G. Agricola* ↑ in seinem Werk »De re metallica«. Er beschreibt u. a. das Trocken- und Naßpochen, das Klauben und Scheiden, Sieben und die Aufbereitung durch fließendes Wasser. Im 18. Jh. erfolgte auf Grund der Erfindung von Kraftmaschinen der Einsatz von Walzenbrechern, Kolbensetzmaschinen u. a. 1858 erhielt *E. W.*

Blake den ersten Backenbrecher patentiert, mit dem große, harte Gesteinsstücke maschinell zerkleinert werden konnten. Aber auch die Fein- und Feinstzerkleinerung wurde im Laufe der Entwicklung nicht vernachlässigt. Ende des 19. Jh. tauchten die ersten Rostsiebmaschinen auf, durch die ein beachtlicher Fortschritt in der Klassiertechnik vollzogen wurde. In den ersten Jahrzehnten unseres Jh. wurde die mechanische Klassiertechnik im Zusammenhang mit der Anwendung der Flotation (Schwimmaufbereitung) in Buntmetall-Erzaufbereitungsanlagen erforderlich. 1917 wurde das Schwimm-Sink-Verfahren im sog. Chnace-Prozeß entwickelt. 1860 erwarb der Engländer *W. Haynes* ein Patent für Mineraltrennung auf Grund des unterschiedlichen Verhaltens von Sulfiden und der Gangart bei Benetzung mit Öl. Es kann als Vorläufer der Flotation angesehen werden. 1877 erhielten die Gebrüder *Bessel* ein erstes Patent für den Flotationsprozeß. Die Flotation wurde bereits 1898 im Almore-Prozeß für Kupfererze verwendet. 1912 wurde dieses Verfahren besonders auch erfolgreich auf Blei-Zink-Erze ausgedehnt.

Bei Oxiden und Silikaten begann die Flotation nach 1930. Ihr werden laufend neue Anwendungsgebiete erschlossen.

Erste mit Gleichstrom erregte Magnetabscheider entstanden um die Jahrhundertwende. Sie entwickelten sich bis zu Permanentabscheidern in den letzten Jahrzehnten weiter. In den letzten 15 Jahren erfolgte die Entwicklung der Schwachfeldabscheider und der Trockentrommelabscheider mit Wechselpolanordnung.

Chemische Verfahren haben ebenfalls Bedeutung für die Aufbereitung. Die Amalgamation wurde schon Mitte des vergangenen Jahrhunderts in der Golderzaufbereitung eingeführt, die Zyanlaugung 1890 erstmals in Transvaal.

Eßbesteck: Die Entwicklung des E. führte vom Messer über den Löffel zur Gabel. Das Messer ist eines der ältesten und wichtigsten Werkzeuge. Es diente in den verschiedenen Gesellschaftsformationen – aus verschiedenen Werkstoffen und in vielerlei Gestalt gefertigt – zunächst als Waffe und Jagdwerkzeug und entwickelte sich daraus zum Eßmesser. Bis ins 16. und 17. Jh. hinein zerteilte man zwar die Speisen mit dem Messer, benutzte aber zum Essen die Finger.

Das nächste E.teil war der Löffel aus Holz, Knochen, Horn oder Metall.

Der Gebrauch einer Eßgabel verbreitete sich in Mitteleuropa erst im 17. Jh. Die Eßgabel entwickelte sich aus der zweizinkigen Kochgabel mit 3 (noch um 1900) und dann 4 Zinken. Der Kaffee- oder Teelöffel wurde erst im Laufe des 19. Jh. eingeführt. Der zunehmenden Tafelkultur entsprechend entwikkelte man immer neue Besteckteile. Heute gehören mehr als 100 Besteckteile zum Lieferprogramm der Spezialbetriebe.

Explosivumformung: Die Verwendung von Sprengstoffen zum Bearbeiten von Metallen begann 1897, als dem Engländer *W. C. Hohnsin* ein Patent für eine Methode zum Erzeugen von Flüssigkeitsdruck für verschiedene Metallbearbeitungsvorgänge erteilt wurde.

1809 erhielt *I. N. Jones* ein Patent für sein Verfahren, Metallzylinder mittels Sprengstoff zu Fässern aufzuweiten. Ein breiterer Einsatz von Sprengstoffen in der Fertigungstechnik erfolgte nach 1930 mit der Einführung des sog. Sprengnietens im Flugzeugbau.

Nach 1945 setzten in allen Industriestaaten intensive Bemühungen ein, um die Energie von Sprengstoffen für die Verformung auszunutzen. Der Flugzeug- und Raketenbau sowie die Raumfahrtindustrie stehen dabei an der Spitze der Entwicklung, weil sich die in diesen Industriezweigen üblichen Metall-Legierungen durch E. wesentlich besser als auf konventionelle Weise verformen lassen.

F

Fahrrad: Vorläufer des F. gab es schon im alten China in Form mit Muskelkraft angetriebener Fahrgestelle für große Kultfiguren, die von im Inneren befindlichen Personen bewegt und in Festzügen mitgeführt wurden. Als geistiger Vater des modernen F. muß *Leonardo da Vinci* ↑ angesehen werden, wie eine Handskizze im Ende der 1970er Jahre restaurierten »Codex Atlanticus« beweist. Das darin dargestellte F. hat eine Tretkurbel mit Kettenantrieb für das Hinterrad. *Leonardos* F. wurde niemals gebaut und geriet in Vergessenheit.

Vorgänger des F. sind die Laufräder, zweirädrige Fahrgestelle, vorwärtsbewegt durch Abstoßen mit den Füßen vom rittlings auf ihnen sitzenden Fahrer. Das erste in Mitteleuropa bekanntgewordene Laufrad baute 1755 der Stellmacher *M. Kaßler* aus Braunsbedra bei Merseburg. In Österreich soll es 1794 ebenfalls eine solche »Laufmaschine« gegeben haben. Bekannter wurde das Laufrad des Freiherrn *v. Drais* ↑, das 1818 patentiert wurde (»Draisine«), trotz erwiesener Verwendbarkeit aber nur wenige Interessenten fand.

Das erste mit Tretkurbel angetriebene F. hatten bereits 1801 die Brüder *Artamanow* in Rußland gebaut. Das aus Eisen gefertigte zweirädrige Fahrgestell wurde durch eine Tretkurbel im Vorderrad angetrieben, der Körper mußte beim Fahren das Gleichgewicht halten. Mit ihrem F. legten die Erfinder den Weg aus ihrem Heimatdorf im Ural bis nach Moskau zurück. Dort führten sie ihr Fahrzeug dem Zaren vor, wurden dafür aus der Leibeigenschaft entlassen, ihre Erfindung aber wanderte als Kuriosum in ein Museum, ohne Nachfolger zu finden.

Nach 1840 baute der Schotte *McMillan* einen Tretantrieb für das Hinterrad seiner Draisine. Etwa um 1850 konstruierte der deutsche Instrumentenmacher *Ph. M. Fischer* ein mit Tretkurbeln am Vorderrad ausgerüstetes Zweirad, das er auf Geschäftsreisen benutzt haben soll. 1855 brachte auch der Franzose *P. Michaux* Tretkurbeln am Vorderrad einer Draisine an. 1860 erhielt er seine Erfindung patentiert. In der Folge wurden die Vorderräder zum Steigern der Fahrgeschwindigkeit immer größer gebaut, die Hinterräder immer kleiner. Es entstand das Hochrad (Veloziped), welches sich wegen seiner schlechten Fahreigenschaften aber nicht durchsetzen konnte.

Die heute übliche Form des Niederrades mit zwei im Durchmesser gleichen Rädern im Fahrgestell schuf 1869 der Stuttgarter Turnlehrer *Trefz*. Sein F. besaß erstmals Hinterradantrieb und benutzte das Vorderrad zum Lenken. Das 1884 von dem Engländer *J. K. Starley* konstruierte »Sicherheitszweirad« besaß erstmals Hinterradantrieb durch Kettenübersetzung. Sein Niederrad wurde zum Prototyp des modernen F. Schon 1867 hatte der Engländer *Madison* das erste F. mit Drahtspeichen konstruiert. 1871 wurden erstmals Gestell und Felgen aus Stahlrohren anstelle bisher üblicher massiver Eisen- bzw. Holzteile gefertigt. Um 1869 begann auch der Einsatz von Kugellagern im F.bau.

Mit Handbremsen ausgerüstete Fahrräder kamen 1890 zuerst in England auf den Markt. Um 1875 kam die Vollgummibereifung auf, nach 1880 kamen Hohlreifen, mit Luft oder stoßdämpfendem Material (Moosgummi, Kork u. a.) gefüllte starkwandige Gummischläuche, in Gebrauch, die sich wegen ihrer Robustheit auch nach Erfindung des Luftreifens ↑ durch *J. B. Dunlop* ↑ im Jahre 1888 noch lange behaupten konnten.

Erfinder des Freilaufs, mit dem eine entscheidende Verbesserung der Fahreigenschaften des F. erzielt wurde, ist der Mechaniker und damalige Radrennfahrer *E. Sachs,* dessen 1894 patentierte »Torpedo«-Freilauf-Nabe mit Rücktrittbremse, die erste kugelgelagerte Fahrradnabe der Welt, dem F. zum entscheidenden Durchbruch als Massenverkehrsmittel verhalf.

Die in der Folgezeit am F. vorgenommenen Verbesserungen und konstruktiven Veränderungen betrafen bestimmte Details. So kamen schon Ende des 19. Jh. die ersten Klapp-Fahrräder auf, danach Tandem- und mehrsitzige Fahrräder, letztere vor allem im ersten Jahrzehnt unseres Jh. bei Rennveranstaltungen von Bedeutung.

Gegenwärtig wird international verstärkt am Einsatz von Plastmaterialien im F.bau gearbeitet. So wurde 1979 in Schweden ein F. entwickelt, dessen Rahmen, Tretrad und Lenker aus glasfaserverstärktem Polyester, die Kette aus Elastmaterial bestehen. Die Reifen sind mit einem federnden Schaumstoff gefüllt. Eine neuartige Entwicklungsrichtung des F. stellen die seit Ende der 1970er Jahre in verschiedenen Ländern konstruierten Velomobile ↑ dar.

Fallschirm: Die Idee des F. findet sich schon in alten Überlieferungen (z. B. Sage von Ludwig dem Springer). Die erste Darstellung eines F. in Form eines pyramidenförmigen Zeltes stammt von *L. da Vinci* ↑ (1495).

1617 soll der Ungar *Fauste Verancio* den ersten Fallschirmsprung gewagt haben. Am 26. 11. 1783 sprang nach zeitgenössischen Berichten der Franzose *Lenormand* aus dem 1. Stock eines Gebäudes in Montpellier, in je-

der Hand 2 Regenschirme haltend. In weiteren Versuchen ermittelte er die zum gefahrlosen Hinabgleiten notwendige Schirmgröße. Erste Anwendung fanden diese Experimente nach 1790 bei Fluchtversuchen aus Gefangenschaft.

Als erster Ballonfahrer erprobte *F. Blanchard* ↑ F., um damit Tiere zur Erde hinabzulassen. Den ersten F.absprung eines Menschen aus einem Ballon führte der Franzose *J. Garnerin* ↑ am 22. 10.1797 über Paris aus. Dieser Absprung brachte als Erkenntnis eine entscheidende Verbesserung des F., nämlich die Abzugsöffnung in der Schirmkuppel, die für ein gleichmäßiges Hinabsinken erforderlich ist. In der Folgezeit wurden zahlreiche Sprünge aus Ballonen öffentlich vorgeführt, so auch von der Frau *Garnerins*, die damit zur ersten F.-springerin wurde.

Das grundlegende Konstruktionsprinzip des F. ist bis heute dasselbe geblieben. Lediglich die anfangs verwendete Gondel für den Springer wurde durch Haltegurte ersetzt.

Der zusammenlegbare F. wurde von *Käte Paulus* (1868 bis 1935), der Rücken-F. von *Kotelnikow* (1911) erfunden. Obwohl der F. sich schon in der Phase der Ballonfahrt bewährt hatte, erhielt er seine Bedeutung erst mit der Entwicklung der modernen Luftfahrt (1912 erster F.absprung aus einem Flugzeug).

Mit der Konstruktion von Überschallflugzeugen wurde der Brems-F. zu einem wichtigen Ausrüstungsteil. Ebenso ermöglichen die Lande-F. von Raumschiffen deren weiche Landung auf der Erde. Schließlich ist der F. in den letzten Jahrzehnten zu einem international anerkannten Sportgerät geworden.

Faltwerk: Die Entwicklung des F. (eines räumlichen Tragwerks, das aus zwei oder mehr ebenen Scheiben in Form eines Prismas oder eines schlanken Pyramidenstumpfes zusammengesetzt ist) für Bauwerke und -konstruktionen begann um 1925 etwa gleichzeitig mit der Entwicklung der Zylinderschalen durch *F. Dischinger* ↑ und *U. Finsterwalder* ↑, nachdem 1922 von *E. Freyssinet* ↑ bereits die ersten Faltenbögen gebaut worden waren.

Farbenfotografie: 1855 entdeckte *J. C. Maxwell* ↑ die Gesetzmäßigkeiten des Aufbaus der natürlichen Farben durch Mischen von drei Grundfarben. Sie bildeten letztlich die Grundlage der F., einer Weiterentwicklung der Fotografie ↑ in Schwarzweiß. *Maxwell* experimentierte auch mit durch verschiedene Filter aufgenommenen Fotografien. *L. Ducos du Hauron* ↑ reichte 1862 bei der französischen Akademie der Wissenschaften eine Arbeit ein, in der bereits der größte Teil aller die F. betreffenden Grundfragen abgehandelt ist. Er legte 1874 auch die erste echte F. vor. Die ersten Kornrasterplatten wurden 1902 von der Firma Lumière in Frankreich hergestellt. Die ersten Mehrschichtenfilme kamen aber erst 1935 (Kodachromfilm) und 1936 (Agfacolorfilm) in den Handel, obwohl die grundlegenden Vorstellungen über das Prinzip der farbbildenden Entwicklung bereits 1909 von *R. Fischer* ↑ ausgearbeitet worden waren. Das Technicolorverfahren kam zunächst (1920) als Zweifarbenverfahren auf den Markt, bevor man es 1932 auf das Dreifarbenprinzip umstellte.

Farbfernsehen: Das erste F.-Patent wurde 1904 erteilt, zu einer Zeit, da lediglich Vorversuche auf dem Gebiet des Fernsehens unternommen worden waren. 1925 arbeitete der sowjetische Ingenieur *I. A. Adamian* ein System des F. aus, das fast alle Grundzüge des heutigen F. aufweist.

1928 führte *J. L. Baird* ↑ Farbfernsehversuche durch; auch die Deutsche Reichspost arbeitete am F. (zunächst mit einem Zwei-Farben-System). 1937 konnte auf der Berliner Funkausstellung ein Empfänger für F. vorgeführt werden.

1953 wurde in den USA das F. nach einem System eingeführt, das anfänglich noch erhebliche Mängel aufwies.

Ab 1967 führten europäische Länder (UdSSR, Großbritannien, Frankreich, BRD) das F. ein.

In der DDR wurde der Farbfernsehbetrieb anläßlich ihres 20. Jahrestages aufgenommen. Gegenwärtig strahlen die meisten Fernsehstationen der Welt einen wachsenden Anteil ihrer Sendungen farbig aus.

Feile: eines der ältesten Werkzeuge. Schon in der Steinzeit benutzte man F. aus Feuerstein zum Herstellen glatter Flächen. Bronze-F. kamen vor etwa 3000 Jahren in Gebrauch; etwa zur gleichen Zeit kannte man bereits eiserne F., doch gibt es erst seit etwa 800 Jahren F. aus Stahl.

Bereits um 1500 beschäftigte sich

L. da Vinci ↑ mit dem Gedanken des Mechanisierens des F.nhauens. Er entwarf die erste F.nhaumaschine. 1873 kamen erste F.nhaumaschinen aus England nach Deutschland, wo in der Folgezeit zahlreiche F.nfabriken entstanden. Die früher ausschließlich manuelle Feilarbeit wird heute weitgehend von Feil- oder Schleifmaschinen durchgeführt.

Feldhäcksler: 1937 wurden Berichte über verschiedene Heuhäcksler in den USA Anlaß, auch in Europa F. zu entwickeln. *F. Segler* baute u. a. Trommelhäckselmaschinen und ließ sich 1938 bis 1944 wichtige Prinzipien für die F.entwicklung patentieren. 1944 wurden erste Ausführungen erprobt.

1951 entstand ein bald in großer Stückzahl produzierter F. mit Aufsammeltrommel.

Fernrohr: Als Erfinder des F., vielleicht angeregt durch andere (Z. Janszen?), gilt *J. Lippershey* ↑ (1608). 1609 konstruierte *G. Galilei* ↑ auf Grund ihm zugegangener Berichte ein F., das er sofort zu aufsehenerregenden astronomischen Beobachtungen nutzte. Im gleichen Jahr meldete *Lippershey* ein Doppel-F. zum Patent an, das jedoch wegen ähnlicher Vorschläge nicht erteilt wurde.

Das astronomische F. wurde 1611 durch *J. Kepler* ↑ angegeben, 1613 durch *Ch. Scheiner* ↑ ausgeführt. Von *Ch. Huygens* ↑, *G. Campani* ↑ und vielen anderen wurde das F. wesentlich verbessert. 1645 wurde ein F. mit aufrechtstehendem Bild von *A. M. Schryl* angegeben, bei astronomischen F. wurden Brennweiten von mehr als 40 m angewandt. 1757 konstruierte *J. P. G. Dollond* ↑ als erster achromatische F., die später, bes. durch *J. Fraunhofer* ↑, vervollkommnet wurden. 1850 wurde durch *I. Porro* das Prismenglas erfunden.

1671 konstruierte *I. Newton* ↑ das erste Spiegelteleskop, das in der Folgezeit u. a. von *F. W. Herschel* weiterentwickelt wurde.

Fernsehen: Wichtige Grundlagen und Prinzipien des F. wurden bereits im 19. Jh. entwikkelt; auch erste Versuche fanden statt. 1843 empfahl *A. Bain* ↑ die zeilenweise Bildabtastung. Um 1880 schlug der Franzose *Le Blanc* ein System von Spiegeln und Schlitzblenden vor, mit dem die Abtastung verwirklicht werden sollte. 1883 gab *P. Nipkow* ↑ mit der nach ihm benannten Spirallochscheibe eine technische Realisierungsmöglichkeit für dieses Abtastverfahren an. 1888 regte *A. G. Stoletow* ↑ an, den lichtelektrischen Effekt für das F. auszunutzen.

1906/07 versuchten *B. L. Rosing* ↑ und *M. Dieckmann* ↑, die Elektronenstrahlröhre ↑ für das F. einzusetzen. 1910 wurden Fernsehbilder (einfachste Darstellungen) auf der Pariser Weltausstellung gezeigt. Größere Erfolge blieben diesen Experimenten, vor allem wegen des Fehlens verstärkender Bauelemente, versagt. Nach dem ersten Weltkrieg wurden in größerem Umfange Fernsehversuche aufgenommen, wobei zunächst mit mechanischen Abtast- und Wiedergabeverfahren in Verbindung mit elektronischen Verstärkern gearbeitet wurde. 1919 übertrug *D. v. Mihaly* drahtlos einfache Schattenbilder, 1925 wurden Fernsehversuche in mehreren Ländern aufgenommen (*J. L. Baird* ↑ in England, *A. Karolus* ↑ u. a. in Deutschland, *Jenkins* in den USA).

1927 fanden in den USA Experimente mit der Übertragung von Fernsehbildern über Fernsprechleitungen statt. 1928 wurde das F. auf der Berliner Funkausstellung vorgeführt. Neben Nipkowschen Scheiben setzte man auch andere mechanische Methoden, wie das Spiegelrad und den Linsenkranzabtaster, ein. 1930 erhielt *F. Schröter* ↑ ein Patent auf das heute allgemein eingeführte Zeilensprungverfahren; die Deutsche Reichspost strahlte Versuchssendungen auf Lang- und Kurzwellen aus.

Im gleichen Jahr erfolgte der entscheidende Schritt zum modernen Fernsehen: *M. v. Ardenne* ↑ entwickelte ein vollelektronisches Fernsehverfahren mit Elektronenstrahlröhren; auf der Berliner Funkausstellung 1931 wurde es der Öffentlichkeit vorgestellt. Das Verfahren setzte sich zunächst auf der Empfängerseite durch, während bei den Sendern noch bis in die dreißiger Jahre mechanische Abtastverfahren gebräuchlich waren. Die Entwicklung von Bildaufnahmeröhren und elektronischen Fernsehkameras begann jedoch gleichfalls schon um 1930.

In der UdSSR fanden ab 1931 Fernsehübertragungen statt. 1932 wurde in Berlin der erste UKW-Sender für Fernsehversuche errichtet, der ab 1935 ein regelmäßiges Programm ausstrahlte. 1936 wurde anläßlich der Olympiade in Berlin die elektronische Fernsehkamera erstmals für Außenaufnahmen benutzt und im gleichen Jahr das Fernsehtelefon (Videotele-

fon) Leipzig–Berlin in Betrieb genommen.

Nach 1945 setzte in vielen Ländern eine rasche Entwicklung des F. ein. In der DDR wurden ab 15. 12. 52 regelmäßige Fernsehsendungen ausgestrahlt.

Außer für den Fernsehrundfunk gewannen Technik und Methoden des F. etwa ab 1950 Bedeutung für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen (»industrielles« oder »angewandtes« F.), z. B. bei Überwachung von Verkehrs- und Produktionsprozessen oder in der Raumfahrt. Gegenwärtig benutzt das F. mehrere Frequenzbänder im Höchstfrequenzbereich. Die Erschließung weiterer Bereiche ist Gegenstand der Erprobung. Das Kabelf., das u. a. eine erheblich erweiterte Programmauswahl ermöglicht, ist in zahlreichen Großstädten und Ballungsgebieten bereits in Betrieb (vgl. Farbfernsehen).

Fernsprecher: Bereits 1849 versuchte *Ch. Bourseuil* ↑, wenn auch ohne Erfolg, Sprache elektrisch zu übertragen. Nach mehrjährigen Experimenten gelang es 1859/60 *J. Ph. Reis* ↑, Töne und Wörter auf kurze Entfernungen zu übertragen. Seine Geräte wiesen wichtige Prinzipien der meisten F. auf: die Umwandlung von Schallschwingungen in elektrische Signale durch Änderung eines Kontaktwiderstandes (Prinzip des Mikrofons ↑), Rückwandlung der Signale in Schallschwingungen mit Hilfe des Elektromagnetismus. Obwohl *Reis* seinen F. mehrfach öffentlich vorführte und auch in geringer Stückzahl fertigte, erlangte dieser wegen technischer Mängel und fehlenden Interesses der Industrie keine Bedeutung.

Der erste für den praktischen Einsatz geeignete F. wurde von *A. G. Bell* ↑ entwickelt und 1876 patentiert. Seine Einführung wurde dadurch begünstigt, daß zum Senden und Empfangen die gleiche Vorrichtung benutzt wurde und keine zusätzliche Spannungsquelle erforderlich war.

1878 wurde in den USA das erste Fernsprechamt in Betrieb genommen; im gleichen Jahr konstruierte in Rußland *P. M. Golubitzki* F. In rascher Folge wurden nun Fernsprechnetze (Berlin z. B. 1881) zunächst in Großstädten eingerichtet.

Zahlreiche Verbesserungen (z. B. Einführung des Kohlemikrofons, der Lieferung des nun wieder erforderlichen zusätzlichen Betriebsstroms aus einer zentralen Batterie) erweiterten Einsatzmöglichkeiten und Reichweite des F.

Der Fernsprechwählverkehr geht vor allem auf Arbeiten von *A. Strowger* in den USA zurück, der 1889 das Patent für den auch heute noch nach dem gleichen Prinzip arbeitenden elektromagnetischen Wähler erhielt. 1892 wurde in den USA das erste Fernsprech-Wählamt eingerichtet (in Berlin 1900).

Während anfänglich durchweg Freileitungen zur Verbindung der F. angewendet wurden, setzten sich allmählich die weniger äußeren Einflüssen unterliegenden Kabel durch. Physikalisch bedingte Übertragungsmängel bei größeren Entfernungen wurden vor allem durch die Arbeiten von *M. Pupin* ↑ und *K. E. Krarup* ↑ vermindert. Die trotzdem vorhandene Reichweitenbegrenzung entfiel durch die Erfindung der Elektronenröhre. Sie ermöglichte z. B. schon 1915 Fernsprechverbindungen zwischen der Ost- und Westküste der USA (Entfernung 5400 km).

Das Bestreben, die teuren Leitungs- und Kabelwege besser zu nutzen, führte zur Entwicklung der Trägerfrequenztechnik, bei der die zu übertragenden Signale in ein hochfrequentes Frequenzband umgesetzt und als modulierte HF-Schwingungen längs der Leitungswege übertragen werden. Erste Versuche fanden bereits 1906 statt; 1919 gelang es, nach diesem Verfahren zwischen Berlin und Hannover 3 Gespräche gleichzeitig zu führen. Damit begann eine zügige Entwicklung der heute – auch auf drahtlosem Wege über Richtfunkstrecken ↑ – verbreiteten Trägerfrequenztelefonie, bei der bis zu 10000 Gespräche gleichzeitig übertragen werden. Auch transozeanische Fernsprechkabel (1956 erstes Kabel USA – Europa) und Verbindungen über Nachrichtensatelliten benutzen dieses Prinzip.

Versuche, die Wähler durch andere Schaltelemente zu ersetzen, fanden schon nach 1920 statt (1923 wurde in Schweden das erste Fernsprechamt mit Koordinatenschaltern in Betrieb genommen). Sie wurden systematisch fortgeführt und erlangen zunehmend Bedeutung. Durch die Mikroelektronik ↑ und die Übernahme von Prinzipien der elektronischen Datenverarbeitung bahnen sich die Ablösung elektromagnetischer Bauelemente und eine

fortschreitende Erweiterung der Nutzungsmöglichkeiten und des Gebrauchswertes des F. an.

Fertigteilbauweise: Als F. wird das Konstruieren und Bauen mit vorgefertigten und zusammenfügbaren Bauteilen bezeichnet, d. h. die Bauweise mit industriell vorgefertigten Beton- und Stahlbetonbauteilen. Vorläufer dieser F. sind z. B. ein Boot aus Stahlbeton von *J. Lambot* und Blumenkübel aus Stahlbeton von *J. Monier* ↑ (1867). *F. Coignet* wendete 1891 erstmals vorgefertigte Betonbalken an. Die ersten großformatigen vorgefertigten Dachelemente wurden 1900, erste Deckenkonstruktionen 1905 in den USA angewendet. 1906 wurden in Europa die ersten fachwerkartigen Balken und Pfähle aus Stahlbeton gefertigt. Der erste vorgefertigte Industriebau wurde 1907 in den USA, der erste vorgefertigte Geschoßbau 1912 in Deutschland errichtet.

Fettalkoholsulfate (Alkylsulfate): Obwohl der erste Fettalkoholester der Schwefelsäure bereits 1836 von *Dumas* und *Peligot* hergestellt worden war, wurde man erst 1926 in verschiedenen Chemiebetrieben Deutschlands auf die guten Wasch-, Emulgier- und Netzwirkungen der Natriumsalze dieser Verbindungsklasse aufmerksam und nahm die großtechnische Herstellung solcher Substanzen in Angriff. Das erste Waschmittel mit einem Alkylsulfat als Waschgrundstoff kam unter der Handelsbezeichnung »Fewa« auf den Markt.

Fetthärtung (Fetthydrierung): Die wissenschaftlichen Grundlagen für die F. (Umwandlung von Pflanzen- und Tierölen sowie Fischtranen in wertvollere feste Fette durch katalytische Hydrierung) schufen *P. Sabatier* und *J. P. Sendérens* 1901. Das Verfahren wurde 1920 von *Normann*, danach von *Bedford* u. a. auf Fette und Fettsäuren übertragen. Die auf diese Weise hergestellten Fette für Nahrungszwecke unterscheiden sich nicht von den entsprechenden Naturfetten in der ernährungsmäßigen Ausnutzung. Bedeutung hat die F. u. a. für die Herstellung von Margarine ↑.

Feuerlöscher: Als Vorläufer der F. können die von *Z. Greyl* in Augsburg 1715 und die von *J. F. Roth* 1725 in Ulm erfundenen »Feuerlöschbomben« angesehen werden. Das waren Fäßchen, die ins Feuer gerollt wurden, explodierten und Wasser versprühten. *Mauby* (England) entwickelte 1816 einen tragbaren F., der mit Druckluft und einer Wasser-Asche-Mischung gefüllt war. In Meißen füllte *H. G. Kühn* 1846 chemische Stoffe in eine Dose, die am Brandherd mittels einer Zündschnur gezündet wurde und durch Entwicklung nicht brennbarer Gase das Feuer löschte.

Als Urform des chemischen Handfeuerlöschers wird der 1864 von *F. Charlier* und *A. Vignon* in Paris entwickelte »Extincteur« betrachtet, in dem Kohlendioxid durch Einwirken von Weinsteinsäure auf Natriumhydrogencarbonat erzeugt wurde. *J. H. Johnson* (England) gilt als Erfinder (um 1877) des Löschmittels Schaum. *Raydt* aus Hannover erhielt 1880 ein Patent über die Verwendung flüssigen Kohlendioxids beim Verspritzen von Flüssigkeiten. Die Patentzeichnung ist das Urbild aller später konstruierten Gasspritzen.

Die 1902 von den Brüdern *W.* und *C. Graaff* gegründete Firma »Minimax Apparatebau AG« brachte 1903 den konischen Naßlöscher auf den Markt. Im gleichen Jahr erfand *E. Gates* die mechanische Schaumerzeugung als Löschmittel. *A. Laurent* entwickelte 1904 brauchbare Lösungen für einen Schaumlöschapparat. Sein deutsches Patent wurde 1907 in den Perkev-Schaumfeuerlöschern verwirklicht. Die Firma Minimax brachte 1912 den ersten Tetra-Löscher auf den Markt.

Feuermelder: Der erste elektrisch arbeitende Feuermelder wurde 1851 bei der Berliner Feuerwehr eingeführt.

Feuerspritze: Zu den ältesten Geräten, die bereits vor 850 v. u. Z. zum Feuerlöschen verwandt wurden, zählen große Löffel, mit denen man Wasser auf den Brandherd schüttete. *Aristoteles* erwähnte als erster um 350 v. u. Z. einen röhrenförmigen Lederschlauch. *Ktesibios* ↑ soll um 250 v. u. Z. eine zweizylindrige Kolbenpumpe mit Saug- und Druckventilen erfunden haben. Bei der Neuordnung der Feuerwehr in Rom durch Kaiser *Augustus* im Jahre 6 wird von Spritzleuten gesprochen. *Plinius der Jüngere*, Statthalter zu Nicomedia am Bospórus, erwähnte um 100 als Löschgeräte Spritze und Feuereimer. *Heron von Alexandria* ↑ beschrieb um 110 v. u. Z. als erster die »Siphone« als tragbares, zweizylindriges Kolbenpumpwerk mit Wasserkasten und einer Art Wendestrahlrohr. *Apollodorus von Damaskus* schlug um 120 vor, Löschwasser mit Hilfe von Ledersäcken durch Ochsendärme zu treiben. In Nürnberg exi-

stierte um 1500 eine leistungsfähige F.nmanufaktur. Die erste beurkundete Nachricht über eine große Spritze mit Wasserkasten, Rädern und Deichsel ist im Rechnungsbuch des Augsburger Stadtkämmerers von 1517 enthalten.

J. Besson ↑, Mathematiker und Ingenieur aus Orléans, beschrieb 1569 eine fahrbare Feuerspritze. In Nürnberg warb 1655 der Zirkelschmied und Mechaniker *H. Hautsch* für seine großen Feuerspritzen, die er als erster mit einem Windkessel versah. Der Amsterdamer Brandmeister *J. van der Heyden* entwikkelte 1673 die Schlauchspritzen, *J. Ericsson* ↑ baute 1828 in London die erste fahrbare Dampffeuerspritze.

Der englische Ingenieur *P. R. Hodge* konstruierte 1840/41 in den USA die erste selbstfahrende Dampffeuerspritze. *G. Daimler* ↑ erhielt 1888 das deutsche Patent auf eine Feuerspritze mit Motorbetrieb. Die Bremer Berufsfeuerwehr stellte 1889 die erste Gasfeuerspritze in Dienst. Hannover erhielt 1901 den ersten Automobil-Löschzug der Welt. Die Firma Magirus entwickelte 1924 ein selbstfahrendes Tanklöschfahrzeug. *Szilvag* ließ sich 1928 in Budapest ein Trockenlöschautomobil patentieren, *W. Friedrich* 1932 einen Luftschaumerzeuger zum Feuerlöschen schützen. Die englische Firma Sigmund und Rover entwickelte 1953 eine Tragkraftspritze mit Turbinenantrieb. Ab 1964 setzte sich das Hochexpansions-Schaumlöschverfahren in den USA und Europa durch.

Feuerzeug: Wahrscheinlich schon seit etwa 45 000 v. u. Z. wurde Feuer durch Reiben und Bohren von Holz auf Holz (Feuerpflug, Feuerbohrer, Strickbohrer, Bogenbohrer, Pumpenbohrer, Feuersäge usw.) bzw. durch Gegeneinanderschlagen von funkengebenden Steinen (Schlag-F.), später dann auch mittels des pneumatischen Prinzips (Feuerpumpe bzw. pneumatisches F.) entfacht.

Der Franzose *Du Montiers* schuf im Mittelalter ein verbessertes pneumatisches F. Vom 14. oder 15. bis zum Anfang des 19. Jh. waren Schlag-F. verbreitet (Stahl und Feuerstein). Ende des 17. Jh. kam das »Thüringische F.« mit Zunder und Schwefelfaden in Gebrauch. Außerdem gab es Lunten-F.

Brenngläser, seit dem 13. Jh. als F. verwandt, waren gegen Ende des 18. Jh. verbreitet. *J. W. Döbereiner* ↑ erfand 1823 das nach ihm benannte F. (Entzündung von Wasserstoff an Platinschwamm). Tunk- oder Tauch-F. wurden 1812 auf Grund der Entdekkung von *C. L. Berthollet* ↑ (1806) entwickelt und waren bis 1843 vorherrschend in Gebrauch. Versuche mit elektrischen F. erlangten damals nur geringe Bedeutung.

Nach 1900 wurden Taschen-F. entwickelt als Rädchen-F., auch als Streich-F. (z. B. Zangen-F. als Gasanzünder), wobei ab 1906 Cereisen-Feuersteine in Gebrauch kamen. Das Bestreben nach rußarmen F. führte nach 1950 zur Entwicklung der heute weit verbreiteten Gas-F. Neben Zündung durch Feuersteine wird Zündung auf der Grundlage des piezoelektrischen Effekts eingesetzt.

Filmtechnik: Versuche zur Vorführung »lebender« Bilder gehen auf den im 18. Jh. bekannten und untersuchten stroboskopischen Effekt zurück. 1829 gelang es im »Lebensrad« von *J. A. F. Plateau* ↑, später in der »Wundertrommel«, in einzelnen Phasen gezeichnete Bewegungsvorgänge als stetige Bewegung sichtbar zu machen. 1845 koppelte *F. v. Uchatius* die Laterna magica (Bildwerfer ↑) mit dem Lebensrad und erhielt so projizierbare lebende Bilder.

Die Entwicklung der Momentfotografie (Fotografie ↑) ermöglichte es nach 1850, im Lebensrad und anderen Einrichtungen Fotografien statt Zeichnungen zu verwenden. Zur Gewinnung der Reihenaufnahmen wurden zahlreiche Verfahren erprobt, so z. B. an einem endlosen Band befestigte, nacheinander belichtete Fotoplatten, revolverähnliche Plattenmagazine und in einer Reihe aufgestellte, durch den zu fotografierenden Gegenstand selbst ausgelöste Fotoapparate. 1887/91 entwickelte *O. Anschütz* ↑ in seinem »Schnellseher« (Elektrotachyskop) ein Gerät, das auch gut zur Aufnahme von Bewegungsstudien für wissenschaftliche Zwecke geeignet war.

Ein entscheidender Schritt in Richtung auf heutige Methoden der Filmaufnahme und -wiedergabe war die Erfindung des Zelluloidrollfilms (1889). 1890 wurden in England erste sehr kurze Filmstreifen von *W. Friese-Greene* vorgeführt. Etwa gleichzeitig begann *T. A. Edison* ↑ mit seinen Arbeiten zum Kinetoskop, das zunächst nicht als Projektor, sondern nur als Betrachtungsgerät gedacht war, aber wichtige technische Neuerungen enthielt: Antrieb

durch einen Elektromotor, Glühlampe als Lichtquelle, Festlegung der Maße des perforierten Normalfilms. Auch versuchte *Edison*, sein Kinetoskop durch Kombinieren mit dem Phonographen (Schallplatte ↑) zum Tonfilm ↑ zu erweitern.

M. Skladanowsky ↑ und sein Bruder *Emil* in Berlin, die Brüder *Lumière* ↑, *J. A. Timtschenko* in Rußland führten die Versuche weiter und »drehten« erste Kurzfilme (erste Vorführung in Deutschland am 1. 11. 1895). In der Folge kamen zahlreiche Verbesserungen (z. B. Einführung des Malteserkreuzes für den Filmtransport durch *O. Meßter* ↑) hinzu, die jedoch das Grundprinzip nicht mehr veränderten.

Versuche mit farbiger Bildwiedergabe (zunächst mit einfarbiger Tönung) fanden bereits vor 1910 statt. Um 1936 benutzte man für die farbige Wiedergabe Umkehrfilme, die jedoch Kopien ausschlossen. Das in Wolfen gegen Ende der 30er Jahre entwickelte Negativ-Positiv-Verfahren ↑ ermöglichte Kopien und damit die Verbreitung des farbigen Kinofilms. Zahlreiche weitere Farbfilmverfahren (z. B. das seit 1933 in den USA entwickelte Technicolor-Verfahren) hoher Farbqualität erlangten nach 1945 Bedeutung.

Vereinzelte Versuche mit stereoskopischer Wiedergabe reichen ebenfalls bis in die Anfangszeiten der F. zurück. Um 1935 wurden echte Stereofilme (Betrachter mußte Spezialbrille tragen) vorgeführt, erlangten jedoch kaum Bedeutung. Zahlreiche »Ersatzverfahren« (Pseudostereoskopie) mit breiter und gewölbter Projektionsfläche u. ä. kamen um 1955 und später auf den Markt.

Fischer-Tropsch-Verfahren: 1925 beobachteten *F. Fischer* ↑ und *H. Tropsch* ↑ die Bildung höhermolekularer Kohlenwasserstoffe, als sie ein Gemisch von Kohlenmonoxid und Wasserstoff über bestimmte Katalysatoren leiteten. Auf der Basis dieser Entdeckung wurden die verfahrenstechnischen Grundlagen entwikkelt, die ab 1935 zur Errichtung von Fabrikationsanlagen in Deutschland und im Ausland führten. Das F.-T.-V., ursprünglich vor allem zur Treibstoffsynthese konzipiert, hat heute als Methode zur Herstellung hochmolekularer Paraffine eine noch größere Bedeutung.

Fixiersalz (Natriumthiosulfat): wurde 1819 von *F. W. Herschel* entdeckt und um 1840 von *W. H. F. Talbot* ↑ benutzt, der damit erstmals stabile fotografische Abbildungen, zugleich Voraussetzung für die Herstellung von Kopien, erhielt.

Flachsspinnmaschine: Die erste F. baute 1760 der russische Mechaniker *R. Glinkow*. Die Maschine, zugleich eine Flachshechselmaschine, wurde durch ein Wasserrad angetrieben. Trotz der mit ihr zu erzielenden bedeutenden Steigerung der Leistung beim Flachsspinnen wurde die F. *Glinkows* nicht eingesetzt. In Westeuropa konstruierte und baute der Franzose *Ph. H. de Girard* ↑ zwischen 1811 und 1818 die erste F., nachdem die französische Regierung 1810 einen hohen Preis für die Erfindung einer solchen Maschine ausgesetzt hatte.

Fliesen: Schon vor unserer Zeitrechnung wurden von Assyrern, Persern, Babyloniern und Ägyptern Fußbodenplatten aus Ton gefertigt. Zeitlich belegt sind die von persischen Töpfern im 9. Jh. hergestellten Ton-F., die als Wand- und Fußbodenbelag verwendet wurden. Die Mauren brachten die F.technik nach Europa. Von Spanien aus gelangte sie über Italien (15. Jh.) im 16. Jh. nach Nordeuropa. Nahezu in ganz Europa wurden F. hergestellt; doch nahmen bis zum 17./18. Jh. die Niederlande (Delft) eine führende Stellung in der Erzeugung von Ton-F. ein.

Die F. dienten vor allem als Schmuck. Bedeutung für breitere Bevölkerungsschichten erreichten sie auf Grund ihrer handwerklichen Herstellungsweise nicht. Der Klassizismus verdrängte im allgemeinen den F.schmuck.

Aus den Ton-F. gingen die Steingut-F. oder -wandplatten hervor. Ihre Massenherstellung wurde erst seit der Wende vom 19. zum 20. Jh. durch eine nahezu vollkommene Mechanisierung ihrer Fertigung ermöglicht. Sie finden vor allem Verwendung als hygienischer Wandbelag. Fußboden-F. werden dagegen aus Steinzeug hergestellt und nicht glasiert.

Flugzeug: Vorstufe für die Entwicklung des F. waren über mehrere Jahrhunderte sich erstreckende vergebliche Flugversuche nach dem Vorbild des Vogelflugs. Grundlegende Studien dazu unternahm 1503/06 *L. da Vinci* ↑ in Florenz. Er sah in der Flughaut der Fledermaus das Vorbild seiner technischen Überlegungen. Spätere »Erfinder« waren entweder reine Empiriker wie der »Schneider von Ulm«, *L. A. Berblinger* (1811), oder gingen von fal-

schen Voraussetzungen aus (*J. Degen* ↑, 1810). Erst *O. Lilienthal* ↑ gelangte durch systematische, theoretische und praktische Untersuchungen über den Schwingen- und Segelflug zu Erkenntnissen, die für den späteren aerodynamischen Flug richtungweisend wurden. Aus der Einsicht, daß durch menschliche Muskelkraft bewegte Flügel das eigene Körpergewicht nicht in die Luft zu heben vermögen, beschränkte er weitere Versuche (nach 1880) auf den Gleitflug von Modellen und später auf Gleit-F. mit starren Flügeln (Schwebegleiter).

Vor *Lilienthal* hatte bereits (um 1809) der Engländer *G. Cayley* ↑ Modelle von Segel-F. konstruiert und erprobt. Mit dem größten seiner Modelle sollen Menschen kurze Gleitflüge gelungen sein. *Cayley* formulierte das allgemeine Prinzip des aerodynamischen Fluges, hielt die Luftschraube beim Motorflug für das geeignete Fortbewegungsmittel und schlug bereits Höhen- und Seitensteuer vor. Jedoch fehlte ihm, wie Erfindern nach ihm, ein geeigneter Motor zur Weiterführung seiner Versuche. Erst 1848 flog ein von einer Miniaturdampfmaschine angetriebenes, nach Cayleyschem Vorbild gebautes Modell der Engländer *J. Stringfellow* ↑ und *Henson* eine kurze Strecke.

Der Franzose *A. Pénaud* ↑ trieb seine Modelle um 1870 in Paris mit einem »Gummibandmotor« an, wie er heute noch in Spielzeugmodellen verwendet wird.

Die Dampfmaschine wird bei hoher Leistung zu schwer und erwies sich für F.projekte als ungeeignetes Antriebsmittel zur Realisierung des Menschenfluges. So hatte z. B. der Russe *A. F. Moshaiski* ↑ 1881 nach langjährigen Experimenten ein Patent auf ein mit 3 Propellern durch Federwerk angetriebenes F.modell erhalten. Das nach diesem Vorbild 1883 fertiggestellte Original-F., das *Moshaiski* mit einer Dampfmaschine ausrüstete, war nicht flugfähig. Noch um 1900 machte der Engländer *H. St. Maxim* ↑ mit seinem Riesen-F., einer Konstruktion, die mit mehreren übereinander gestaffelt angeordneten Tragflächen versehen war, die gleiche Erfahrung.

Die ersten als F.antrieb eingesetzten Verbrennungsmotoren waren ebenfalls noch zu schwer. Dies erfuhr z. B. *W. Kreß* ↑ 1901 beim Startversuch mit seinem als Wasser-F. gebauten Dreidecker, der während des Versuchs kenterte. Zahlreiche Erfinder in anderen Ländern scheiterten, weil sie die zu dieser Zeit bereits vorliegenden theoretischen Arbeiten entweder nicht kannten oder ihre Bedeutung unterschätzten. Solche grundlegenden Arbeiten führten die Brüder *Lilienthal* durch, die 1890 bei Berlin systematische Gleitflugversuche aufnahmen. In ihrem Verlauf gelang *O. Lilienthal* 1891 der erste kurze Gleitflug; später legte er mit seinem 1893 patentierten Eindekker von einem künstlichen Hügel aus Flugstrecken bis über 300 m zurück. Bevor *Lilienthal* Versuche mit einem selbstentworfenen Kohlendioxidmotor als Antriebsaggregat aufnehmen konnte, verunglückte er tödlich (1896).

Zur gleichen Zeit (1895) veröffentlichte *K. E. Ziolkowski* ↑ die Resultate seiner seit 1892 systematisch betriebenen Studien über die Theorie des aerodynamischen Fluges. Für seine Experimente mit Modellen hatte er sich den wahrscheinlich ersten Windkanal gebaut. Um 1900 wurden in Rußland auch von *N. J. Shukowski* ↑ die wichtigsten Probleme der theoretischen und experimentellen Aerodynamik bearbeitet.

Die Brüder *O.* und *W. Wright* ↑ führten zwischen 1900 und 1902 in den USA zahlreiche Gleitflüge durch. Mit Hilfe eines selbstkonstruierten Motors gelang ihnen am 17.12.1903 der erste bekanntgewordene Motorflug (bereits im Januar 1902 war in den USA *G. Whitehead* ein Motorflug gelungen, der jedoch in Vergessenheit geriet und erst 1937 in Archiven »wiederentdeckt« wurde). *O. Wright* konnte sich dabei etwa 12 Sekunden in der Luft halten. Vor den ersten Flügen der *Wrights* schlug bereits am 8. 12. 1903 ein anderer Motorflugversuch in den USA fehl. Von einem im Potomacfluß liegenden Katapult aus wollte *S. Langley* mit seinem F. starten. Durch einen technischen Fehler blockierte jedoch die Startvorrichtung, und das F. stürzte ins Wasser. *Langleys* Apparat erwies sich später als wirklich flugfähig.

Trotz des Erfolges der Gebrüder *Wright* blieb das öffentliche Interesse am Motorflug zunächst gering. Nach 1905 (in diesem Jahr hatten die *Wrights* ihr F. zur Betriebsreife weiterentwickelt) begann eine immer schnellere Entwicklung. 1908 flog *W. Wright* 99 km in weniger als 2 Stunden. Im gleichen Jahr fanden

auch durch *H. Grade* ↑ in Deutschland und durch *H. Farman* ↑ die ersten öffentlichen Motorflüge statt. 1909 überflog *L. Blériot* ↑ als erster Motorflieger den Kanal, 1910 stellte *H. Farman* ↑ mit 8 Stunden einen Rekord im Dauerflug auf. 1909 gründete *H. Grade* in Deutschland die erste Flugzeugfabrik, der bald weitere folgten. In der Folgezeit stiegen Zahl der F.typen und Leistungsvermögen der F. rasch an.

Bes. Erfolge wurden in Rußland bei der Entwicklung von Groß-F. erzielt. Seit 1912 befaßte sich *I. I. Sikorski* ↑ mit dem Bau solcher F. Der mit »Großer Russisch-Baltischer« bezeichnete 4motorige Doppeldecker führte 1913 seine ersten Flüge aus. Mit dem »Russischen Recken« wurde im gleichen Jahr mit 7 Passagieren der erste wichtige Weltrekord im Dauerflug (1 Stunde 54 Minuten) aufgestellt. Der »Ilja Muromez« schließlich stieg 1914 mit 10 Fluggästen auf 2000 m.

Bes. wichtige Etappen im F.bau waren in der Folgezeit die Einführung des aerodynamischen Tragflügelprofils und der Bau des ersten Ganzmetall-F. durch *H. Junkers* ↑ (1915), der Einsatz der ersten 2motorigen Schnellverkehrsflugzeuge – Tiefdecker mit Einziehfahrwerk (Erfinder *H. Tank* um 1930) und glatter Außenhaut, die 1932/34 in Dienst gestellt wurden –, der Bau des ersten Schweröl-F.motors (*Junkers* 1930), die Entwicklung der ersten einsatzfähigen Hubschrauber ↑ (1937) und der Einsatz der ersten 4motorigen Großflugzeuge um 1938.

Im gleichen Zeitraum gab es eine große Zahl von Pionierleistungen in der Luftfahrt mit Motor-F. Zu den wichtigsten gehören: 1919 erster Flug über den Nordatlantik von Neufundland nach Irland durch *Alcock* und *Brown*. 1926 erster Flug über den Nordpol durch *Byrd*. 1927 Direktflug New York – Paris durch *Lindbergh*, 1928 erste Überquerung des Nordatlantik in Ost-West-Richtung durch *Köhl, Fitzmaurice* und *v. Hünefeld*, 1937 Flug ohne Zwischenlandung über den Nordpol von Moskau nach Vancouver in einer ANT 25 durch *Tschkalow, Beljakow* und *Baidukow*. 1939 wurde mit 756 km/h in Deutschland der absolute Geschwindigkeitsrekord für Propellerflugzeuge aufgestellt.

Durch die Entwicklung des Stahltriebwerks ↑ Ende der 30er Jahre wurde ein F.antrieb geschaffen, der den modernen Hochleistungs-F. den Weg bereitete (Strahl-F. ↑).

In der Konstruktion wurden z. B. mit dem Ringflügler-F. ↑ neue Wege beschritten. Auch der alte Gedanke des Schwingenflugzeugs hat durch den zunächst als Modell existierenden Schwingenflügler auf neue Art in der Gegenwart eine Wiederkehr gefunden.

Fotografie: Gerätetechnische Voraussetzung der F. ist die Camera obscura ↑, die um 1550 durch Einbau einer bikonvexen Linse als Objektiv *(G. Cardano, G. della Porta* ↑) und um 1570 durch die erste Lochblende verbessert wurde. Diese Anordnung wurde bis zu Beginn des 19. Jh. als Zeichenkamera verwendet, in der »aufgefangene« Bilder nachgezogen wurden. Ausgangspunkt für das Festhalten der mit der Lochkamera erhaltenen Bilder war die zu Beginn des 18. Jh. gemachte Beobachtung, daß manche Substanzen bei Sonneneinwirkung ihre Farbe ändern.

Die Lichtempfindlichkeit der Silbersalze beschrieb erstmals 1727 der Hallenser Arzt *J. H. Schulze*. Er führte Kopierversuche mit in eine Schablone geschnittenen Schriftzeichen durch. Um 1790 machte in Paris *J. Charles* ähnliche Versuche mit Schattenrissen von Köpfen. Die englischen Chemiker *T. Wedgwood* und *H. Davy* ↑ benutzten 1802 mit Silbersalzen getränkten Karton und später präpariertes Papier für ähnliche Versuche, allerdings ohne die Bilder fixieren zu können. Das dazu noch heute ausschließlich verwendete Fixiersalz entdeckte 1819 der Engländer *F. W. Herschel*.

Seit 1811 befaßten sich unabhängig voneinander *J. N. Niepce* ↑ und der Kunstmaler *L. J. M. Daguerre* ↑ in Frankreich mit Versuchen zur Fixierung der »Lichtbilder«. *Niepce* gelangen 1826 (bei achtstündiger Belichtungszeit) erste Landschaftsaufnahmen. Er benutzte bereits Kameras mit Linsen, Irisblende und Lederbalgen. *Niepce* prägte auch (1816) den Begriff »Photographie«. Sein 1820 entwickeltes »Asphaltverfahren«, bei dem eine mit einer lichtempfindlich gemachten Asphaltschicht überzogene Metallplatte Verwendung fand, konnte jedoch von ihm nicht weiter verbessert werden. Deshalb entschloß er sich 1829 zur Zusammenarbeit mit *Daguerre*, der für seine Camera obscura eine Periskoplinse erfunden hatte. Nach *Niepces* Tod (1833) ent-

deckte *Daguerre* die Methode, durch Verwenden jodierter Silberplatten relativ dauerhafte Bilder nach Behandeln mit Quecksilberdämpfen und anschließendem Fixieren in Kochsalzlösung zu erhalten. Dieses Verfahren wurde 1839 publiziert und stellt das erste brauchbare fotografische Verfahren (Daguerreotypie) dar, weshalb *Daguerre* auch als Erfinder der F. gilt, obwohl im gleichen Jahr zwei andere Erfindergruppen, der Engländer *W. H. F. Talbot* ↑ und die Deutschen *K. A. v. Steinheil* ↑ und *R. Ritter v. Kobell*, ihre Verfahren veröffentlichten.

Die vorhandenen Mängel der Daguerreotypie-Erzeugung eines positiven Bildes (u. a. keine Kopien herstellbar) wurden in der Folgezeit überwunden. 1841 ließ sich *Talbot* sein Negativ-Positiv-Verfahren ↑ in England patentieren, mit dem erstmals die Herstellung von Kopien möglich wurde. *Talbot* benutzte auch als erster Fixiersalz, das dann von *Daguerre* übernommen wurde.

Mit der 1840 von *Voigtländer* nach Angaben von *J. Petzval* in Wien hergestellten Linse ließ sich die Belichtungszeit bis auf 15 Sekunden reduzieren. Im gleichen Jahr erfanden unabhängig voneinander *J. F. Goddard* in London und *F. Kratochwila* in Wien das sog. Jod-Brom-Verfahren, durch welches Daguerreotypie-Platten wesentlich lichtempfindlicher gemacht werden konnten. Der Wiener Arzt *J. A. Natterer* ↑ konnte schließlich durch kombiniertes Behandeln dieser Platten mit Jod und Chlor eine solche Lichtempfindlichkeit erzielen, daß Momentaufnahmen gelangen. Weitere wichtige Verbesserungen der F. sind die 1847 von *F. A. Niepce* eingeführte Glasplatte als Träger der Negativschicht mit Eiweiß als Bindemittel für das Jodsilber sowie das 1851 von dem Engländer *F. S. Archer* eingeführte sog. nasse Jodsilber-Kollodiumverfahren, das wegen seiner unerreichten Auflösung noch heute in der Reproduktionstechnik benutzt wird.

Arbeiteten alle bis dahin verwendeten Verfahren der F. mit feuchten Silbersalzschichten, so brachte die Erfindung der Trockenplatte durch den Engländer *R. L. Maddox* ↑ (1871) einen entscheidenden Fortschritt. Bereits um 1860 hatte sich der Engländer *M. A. Gaudih* vergeblich bemüht, Gelatine als Bindemittel für Silbersalze zu verwenden (Emulsion). 1884 erfand der Amerikaner *G. W. Eastman* den Papierfilm und 1887 sein Landsmann *H. Goodwin* den Zelluloidfilm. Damit war der Rollfilm geschaffen, der ab 1903 auch in Deutschland hergestellt wurde. Mit der 1873 von *H. W. Vogel* entdeckten Sensibilisierung fotografischer Schichten, die zur Entwicklung der orthochromatischen Platte führten, fand die Entwicklung der Schwarzweiß-F. einen ersten Abschluß. Neben der weiteren Vervollkommnung dieser Art der F. wurden gleichzeitig auch die Grundlagen der Farben-F. ↑ gelegt.

Fotozelle (-widerstand, -element): 1887 entdeckte *H. Hertz* ↑, daß Funkenentladungen zwischen Metallelektroden durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht erleichtert wurden. 1888 untersuchten *W. Hallwachs* ↑ und unabhängig von ihm *A. G. Stoletow* ↑ diesen »äußeren« lichtelektrischen Effekt. Er erwies sich nicht nur für die physikalische Forschung als sehr wichtig, sondern führte auch zur Entwicklung der F. Sie erhielt 1893 durch *J. Elster* ↑ und *H. Geitel* ↑ ihre technisch anwendbare Form.

Der »innere« lichtelektrische Effekt wurde 1873 durch *W. Smith* und *May* am Selen gefunden. 1875 entwickelte *Werner Siemens* ↑ erste »Selenzellen« und schlug vor, sie für fotometrische Messungen einzusetzen.

1876 wies *L. H. Adams* nach, daß beim Selen unter Lichteinwirkung nicht nur eine Widerstandsänderung, sondern unter bestimmten Voraussetzungen auch eine Urspannung auftritt. Damit war der »Sperrschichteffekt« entdeckt.

Der innere lichtelektrische Effekt wurde Grundlage der Fotowiderstände, der Sperrschichteffekt Grundlage der Fotoelemente, die – zusammen mit der F. – zahlreiche Anwendungen in der Steuerungs- und Regelungstechnik, der Informationselektronik und Meßtechnik erfuhren.

Bes. durch die Entwicklung der Halbleitertechnik wurden diese Bauelemente etwa ab 1950 so verbessert, daß sie für zahlreiche Sonderzwecke (z. B. Raumfahrt) zur Gewinnung von Elektroenergie genutzt werden können.

Frank-Caro-Verfahren: Die chemischen Grundlagen dieses der großtechnischen Herstellung von Kalkstickstoff ↑ dienenden Verfahrens schufen *A. Frank* ↑ und *N. Caro*. Bei Versuchen zur Cyanidherstellung erkannten sie 1895 die Fähigkeit der Erdalkalicarbide

zum Binden von Stickstoff bei hohen Temperaturen. *F. Rothe* stellte 1898 fest, daß sich durch die Umsetzung zwischen Calciumcarbid und Stickstoff Kalkstickstoff bildet, wenn man das Reaktionsgemisch langsam abkühlen läßt. Diese Entdeckung wurde von *Frank* und *Caro* bis 1905 zur industriellen Reife weiterentwickelt.

Fräsmaschine: Die erste F. wurde 1818 von *E. Whitney* ↑ gebaut. Der Antrieb erfolgte mittels Schnurscheibe, der Arbeitsvorgang war infolge fehlender, geeigneter Werkzeuge mehr einem Mahlen zu vergleichen. Wichtigstes neues Maschinenelement dieser ersten F. war die auch heute noch verwendete Fallschnecke für den selbsttätigen Tischvorschub. 1862 wurde von *I. R. Brown* in den USA die Universal-F. geschaffen, die für das Fräsen von Spiralbohrern sowie zur Herstellung von Zahnrädern mit genauer Passung vorgesehen war. Die Universal-F. *Browns* wurde zum Grundtyp aller späteren Konstruktionen. 1961 wurde in der UdSSR mit der Entwicklung der neuen Elektronenstrahlfräsen begonnen.

Funkempfänger: Der erste F. war der »Gewittermelder« von *A. S. Popow* ↑, der die von Blitzen ausgehenden elektromagnetischen Wellen registrierte. Die ersten F. lehnten sich an das Prinzip der Drahttelegrafie an und versuchten, die empfangenen Zeichen schriftlich festzuhalten. Bereits zu Beginn der Funktechnik zeigte sich jedoch, daß durch Hörempfang, durch Aufnahme der übertragenen Zeichen über Kopfhörer, bessere Ergebnisse zu erzielen waren.

Den F., die als wichtigstes Bauelement einen Kohärer ↑ enthielten, folgten nach 1900 Geräte, die mit dem Detektor ↑ ausgerüstet waren. Die Einführung des geschlossenen Schwingungskreises führte zur Konstruktion besserer F. Mit der Kombination Kristalldetektor/Schwingungskreis gelang es noch vor 1910, Entfernungen von Tausenden Kilometern zu überbrücken. Auch in der Anfangszeit des Rundfunks spielte diese Kombination als »Detektorempfänger« eine entscheidende Rolle.

Die Elektronenröhre ↑ revolutionierte die Technik der F. 1907 wurde *L. de Forest* ↑ das Audion patentiert, das durch die von *A. Meißner* ↑ erfundene Rückkopplungsschaltung so verbessert wurde, daß es bis weit in die zwanziger Jahre wichtigste Baustufe vieler F. war.

Die um 1915 angegebene Superhetsschaltung für F. erlangte zunächst für den kommerziellen Funkverkehr Bedeutung, setzte sich etwa ab 1930 auch für Rundfunkzwecke durch und ist seitdem das nahezu ausschließlich angewendete Prinzip für F.

Etwa ab 1950 wurden Elektronenröhren im F. schrittweise durch Halbleiterbauelemente abgelöst. Diese werden in F. heute nahezu ausschließlich eingesetzt. Dadurch erhöhte sich die Zuverlässigkeit der Geräte, während Abmessungen und Energiebedarf verringert werden konnten (wichtig u. a. für Betrieb von F. in Gebieten ohne Stromversorgung). Zahlreiche Möglichkeiten wurden erst durch Halbleitertechnik und (etwa ab 1970) integrierte Schaltkreise realisierbar (z. B. digitale Frequenzanzeige und -wahl, automatischer Sendersuchlauf, erhöhte Wiedergabequalität, gesteigerter Bedienkomfort).

Funkeninduktor: Nachdem *E. du Bois-Reymond* u. a. schon vor 1850 Induktionsapparate für hohe Spannungen gebaut hatten, konstruierte der Mechaniker *H. D. Ruhmkorff* ↑ 1851/52 in Paris den F., in dem durch periodisch unterbrochenen Gleichstrom in der Primärspule hochgespannte Gleichstromimpulse im Sekundärkreis erzeugt wurden. *A. Fizeau* ↑ verbesserte das Gerät durch Parallelschalten eines Kondensators zum Unterbrecher. Letzterer wurde vielfach verbessert. Der F. wurde im 19. Jh. als Hochspannungsquelle zur Erzeugung von Gasentladungen, Katodenstrahlen und elektrischen Schwingungen angewandt. Nach 1900 wurde er durch den Hochspannungstransformator mit Gleichrichter und andere Spannungserzeuger verdrängt.

Funkenkammer: Aus dem 1935 von *H. Greinacher* konstruierten Funkenzähler, bei dem Funkenüberschläge zwischen unter hoher Spannung stehenden Elektroden durch ionisierende Teilchen ausgelöst werden, wurde die F. entwickelt, in der sich durch mehrere parallele Metallplatten als Elektroden die Teilchenbahnen und die Teilchenzahl mittels der entstehenden Funken durch fotografische Aufnahmen bestimmen lassen.

G

Gabelstapler (Hubstapler): Die ersten G., Flurfördergeräte zum Stapeln, Heben und Befördern von Gütern aller Art im innerbetrieblichen Transportverkehr, kamen 1930 in Deutschland auf den Markt. Sie waren aus Elektro-Fahrerstandkarren entwickelt worden und hatten noch ein starres Hubgerüst, das durch einen bes. Hubmotor durch Seilzug in Bewegung gesetzt wurde. 1934 kamen die ersten Dornstapler mit hydraulischer Hubpresse, über doppelten Seilflaschenzug auf. Die Entwicklung des G. verlagerte sich in der Folgezeit mehr in die USA. Ab 1950 setzte auch in der DDR wieder eine rasche Entwicklung der G. ein.

Galalith: ein dem Naturhorn in seinen Eigenschaften ähnlicher, zur Gruppe der halbsynthetischen Plaste gehörender Werkstoff (Kunsthorn). Erfinder des G. ist der Fabrikant *W. Krische*, zeitweise unterstützt von dem Chemiker *Spitteler* (1897). Die großtechnische Herstellung des G. wurde in der Folgezeit vor allem durch die Arbeiten von *Maret* ermöglicht.

Galvanisches Element: Erstes g.E. war die von *A. Volta* ↑ um 1800 beschriebene und nach ihm benannte Voltasche Säule. Mit der Erforschung der »galvanischen«, d. h. der strömenden Elektrizität entstanden zahlreiche, oft wieder in Vergessenheit geratene Ausführungen von g.E., so z. B. 1836 das Daniell-Element *(J. F. Daniell)*, das Bunsenelement 1841 (*W. R. Bunsen* ↑), 1868 das heute als Trockenelement in zahlreichen Ausführungsformen verbreitete Leclanché-Element *(G. Leclanché)*. Der geringe Energiebedarf halbleiterbestückter und mikroelektronischer Geräte hat den ökonomischen Einsatz weiterer g.E., z. B. auf der Basis Quecksilberoxid-Zink oder Silberoxid-Zink ermöglicht; auch Lithiumzellen gewinnen an Bedeutung, ebenso die mit kontinuierlicher Zuführung eines Brennstoffs und eines Oxydationsmittels arbeitenden Brennstoffzellen.

Gasbeleuchtung: Wahrscheinlich wandte *J. J. Becher* ↑ als erster die Gasflamme für Beleuchtungszwecke an. Er destillierte um 1680 Steinkohle; das entweichende, brennbare Gas (»philosophisches Licht«) erlangte aber keine technische Bedeutung, ebensowenig wie um 1740 Versuche des Engländers *Clayton*.

Nach 1780 beleuchteten der Holländer *J. P. Minckelaer* und der Deutsche *Pickel* Laboratorien versuchsweise mit dem aus Steinkohle gewonnenen Gas; 1786 experimentierte der *Earl von Dundonald* in gleicher Richtung.

Die technischen Probleme der Gaserzeugung meisterten in England *W. Murdock* ↑ und *S. Clegg*. Nachdem *Murdock* 1799 Gas zur Beleuchtung von Fabrikräumen benutzte, führte *Clegg* die Gasreinigung mit Kalkmilch und andere Verbesserungen ein. Nach Versuchen zur Einführung einer öffentlichen G. durch *Murdock* und *J. Watt* ↑ (1803) wurde mit der 1805 von *Stone* gemachten Erfindung des Schlitzbrenners, den *J. B. Neilson* 1820 sehr verbessern konnte, ein wichtiger Schritt getan. Um 1818 wurden von *Winzer* aus Znaim Versuche zur Einführung der G. in London aufgenommen.

In Deutschland führten Versuche von *W. A. Lampadius* ↑ um 1810 zur Erfindung des »Thermolampenofens«, einer Anlage, die gleichzeitig Heiz- und Beleuchtungszwecken diente. Damit betrieb *Lampadius* 1811 in Freiberg die erste Gaslaterne und errichtete 1815 eine größere Gaserzeugungsanlage nach gleichem Muster auf der Halsbrücker Hütte. Der Bau des ersten Dresdner Gaswerkes wurde um 1830 von *R. S. Blochmann* ↑ ausgeführt. Er gilt als Begründer der Gasindustrie in Deutschland und baute mit seinen Schülern in der Folgezeit Gaswerke in vielen weiteren Städten.

Bereits 1860 gab es 350 Gaswerke in Deutschland. Da die Helligkeit der Gasflamme zu wünschen übrigließ, versuchte man immer wieder, andere Körper durch die Gasflamme zum Leuchten anzuregen. Das gelang 1826 im »Kalklicht« von *Th. Drummond* ↑, 1846 durch Erhitzen eines Platindrahtnetzes in der Gasflamme, nach 1860 durch Zirkoniumstifte und Magnesiumglühkörper. Eine entscheidende Verbesserung, die der G. trotz der Glühlampe auf Jahre hinaus weite Verbreitung sicherte, war die Erfindung des mit Oxiden seltener Erden bedeckten »Glühstrumpfes« (Gasglühlicht) durch *C. Auer von Welsbach* ↑. Der Glühstrumpf wurde 1892 erstmals in Deutschland vorgeführt (Straßenbeleuchtung ↑).

Gasbeton: Das erste Verfahren zur Herstellung poriger Zement- und Gipsmörtel unter Verwendung gasbildender Komponenten entwickelte 1889 *E. Hoffmann.* 1914 schlugen die Nordamerikaner *J. W. Aylsworth* und *F. A. Dyer* vor, als Treibmittel für zementgebundenen G. Aluminium-, Zink- oder andere metallische Pulver zu verwenden. Mit diesen Erfindungen legten sie den Grundstein für die Erzeugung von G. 1917 schlug *H. G. Monkhorst* vor, Hefepilze, 1922 schlugen *G. Adolf* und *T. Pohl* vor, Wasserstoffperoxid für das Aufblähen der Betonmischung zu verwenden. 1918 begann der Schwede *Eriksson*, Leichtbaustoffe zu fertigen, und entdeckte 1924 die Ölschieferasche als verwertbaren Zuschlag. Seit 1925 wandte er die Dampfdruckhärtung zur G.herstellung an. Von 1929 bis 1934 wurden vorwiegend in Schweden (*K. J. A. Eklund* und *L. Forsen*) verbesserte Bindemittelgemische und Herstellungstechnologien entwickelt. In der UdSSR wurden erste Untersuchungen 1928 von *Brjuschow, Gensler* und *Kaufman* angestellt und G. seit 1937 industriell produziert. In Polen wurde 1949 mit Entwicklungsarbeiten und 1953 mit der Produktion, in der ČSSR 1956, in der DDR um 1963 mit der Produktion begonnen.

Gaskoch- und -heizgeräte: Die Entwicklung von G. begann bald nach der Erfindung des Bunsenbrenners ↑. Nach 1880 kamen erste Ausführungen auf den Markt. Sie wurden – nachdem in den meisten Städten Gasnetze eingerichtet worden waren – bald in nahezu unübersehbarer Typenzahl produziert und standen um die Jahrhundertwende für unterschiedlichste Zwecke zur Verfügung.

Gasschmierung: Das Lagern zweier Gleitflächen auf einem Gaspolster (z. B. Luft) geht auf *G. Hirn* ↑ zurück, der bereits 1854 den Gedanken äußerte, Luft könnte als Schmiermittel geeignet sein. Als erster realisierte der Nordamerikaner *A. Kingsbury* diese Anregung. Er berichtete 1897 über Versuche mit einem luftgeschmierten Querlager. Obwohl der Engländer *W. J. Harrison* bereits 1913 eine Theorie der Schmierung mit Luft veröffentlichte, wurden solche Lager in der Technik in größtem Umfange erst gegen Ende des zweiten Weltkrieges eingesetzt. Man hatte erkannt, daß die G. mitunter wesentliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Lagerungen bietet, manchmal sogar die einzige Möglichkeit ist, Lagerprobleme zu lösen.

Auf zahlreichen Gebieten hat sich die G. mit Luft (Luftschmierung, Luftlagerung) bewährt. Nachdem die erste Ultrazentrifuge mit luftgeschmierten Lagern, aufbauend auf Erkenntnissen von *Henriot* und *Hugenard* von 1927, von dem Engländer *J. W. Beams* 1937 beschrieben wurde, sind die Lager hochtouriger Aggregate eines der wesentlichen Einsatzgebiete der G. (z. B. Lagerung von Kreiseln in Navigationsgeräten, Stabilisierungseinrichtungen, extrem schnell laufende Spindeln zur Herstellung feiner Bohrungen).

Grundlegende Entwicklungsarbeiten zur G. wurden in der UdSSR durchgeführt (z. B. von *S. A. Scheinberg* und *A. M. Karitonow* 1960). Auch in der DDR wurden nach 1960 luftgelagerte Schleifspindeln für spezielle Einsatzgebiete entwickelt. Neben der G. dynamisch arbeitender Lager werden in steigendem Umfang auch statisch arbeitende Luftlager eingesetzt. So lassen sich auf Luftkissentellern gelagerte Lasten bis zu mehreren Tonnen leicht von Hand verschieben. Auf gleiche Weise führten luftgelagerte Führungsschlitten an Werkzeugmaschinen zu erheblichen Arbeitserleichterungen und zur Steigerung der Arbeitssicherheit. Auch im Meßgerätebau hat die G. bereits viele Probleme lösen können.

Gasturbine: Die erste G. konstruierte, nach einem bereits 1791 dem Engländer *J. Barber* erteilten, nicht genutzten Patent, 1904 der Franzose *Armengaud*, um die Vorteile der Dampfturbine mit denen des Gasmotors zu verbinden. 1905 wurde in Deutschland bei der Firma Holzwarth eine 1000 PS-G. (etwa 740 kW) in Probebetrieb genommen. Weil die dabei auftauchenden Werkstoff- und Konstruktionsprobleme nicht zu meistern waren, erlosch das Interesse der kapitalistischen Unternehmen daran bald wieder. 1914 wurden die Versuche abgebrochen. In den 30er Jahren wurde von der Firma Holzwarth eine 2000-kW-Versuchsanlage aufgestellt, nach 1940 eine 5000-kW-Anlage erprobt.

1930/33 richtete *W. M. Makowski* in der UdSSR ein Forschungslaboratorium zur Entwicklung von G. ein, in dem an der Konstruktion einer stationären 1000-PS-G. (etwa 740 kW) gearbeitet wurde und grundlegende Erfahrungen für den Bau solcher Aggregate

zur Energieerzeugung gesammelt werden konnten. Heute existieren auch in der DDR G.kraftanlagen, die vor allem in Spitzenkraftwerken Verwendung finden.

Neben der Entwicklung für ortsfeste Anlagen erhielt die G. von den 30er Jahren an bes. Bedeutung als Flugzeugtriebwerk. Die Entwicklung der G.triebwerke hatte bereits 1909 im (damals allerdings nicht realisierbaren) Projekt des russischen Ingenieurs *N. Gerassimow* einen ersten Vorläufer. 1924 entwickelte *W. I. Bassarow* in der UdSSR das erste Verdichter-Turbinenstrahlwerk. 1929 veröffentlichte der sowjetische Wissenschaftler *B. S. Stetschkin* seine grundlegende Arbeit »Theorie des Luftstrahltriebwerks«. Das erste Patent auf eine Flugzeug-G. erhielt 1930 der Engländer *F. Whittle.* Danach wurde bes. in der UdSSR, in Deutschland, England und den USA an der Entwicklung des G.-Triebwerks (Turbinentriebwerk, Düsentriebwerk u. a. Bezeichnungen) gearbeitet. Daneben befaßte man sich vor allem in der UdSSR und Deutschland auch mit der Entwicklung von Staustrahl- und Raketentriebwerken.

Die G. fand zunächst als Laderantrieb in Form kleiner Hilfs-G. bei normalen Flugmotoren Anwendung. 1937 gingen die ersten als Flugzeugantrieb vorgesehenen G. in den Probelauf (zuerst *Whittle* in England und *E. H. Heinkel* in Deutschland). 1939 erfolgte in Deutschland der erste Flug eines Turbinenflugzeugs. Später wurden G. auch für den Schiffsantrieb eingesetzt. Das 1956 in Dienst gestellte nordamerikanische Frachtschiff »John Sergeant« wurde als erstes Schiff mit einer G.-anlage als Hauptmaschine ausgerüstet; weiter verbreitet sind auf Hochseeschiffen G. als Zusatzaggregate für Hochgeschwindigkeitsfahrten. Auch andere Verkehrsmittel wurden seit 1950 mit G.antrieben ausgerüstet. Während die G.lokomotive ↑ heute schon einen wichtigen Platz im motorisierten Schienenverkehr einnimmt, befindet sich der Einsatz von G. als Antriebsaggregat für Kraftfahrzeuge noch im Erprobungsstadium.

Gasturbinenlokomotive: Obwohl die Entwicklung der Gasturbine ↑ bis in das 19. Jh. zurückreicht, begann der Einsatz im Schienenverkehr erst nach 1940. Die erste G. – mit einer Leistung von 1600 kW – wurde 1941 in der Schweiz konstruiert. Nach 1950 wurden auch in anderen Ländern G. entwickelt. Eine in den USA fertiggestellte, aus 3 Sektionen bestehende G. entwickelt eine Leistung von 5900 kW und übertrifft damit eine Diesellok mit 3 Motoren für den Güterzugbetrieb um mehr als das Doppelte. Die erste G. der UdSSR wurde 1959 (2600 kW) gebaut.

Gebläse: wurden zum Befördern von Heu vor allem von 1924 bis 1931 entwickelt. Ab 1928 ging man zu Schleusengebläsen über.

Geleucht: Bis zum 19. Jh. waren im Bergbau nur G. mit offener Flamme in Benutzung (Fackeln, Kerzen, Öllampen usw.). Mit der Erfindung der Sicherheitslampe (Wetterlampe) durch *H. Davy* ↑ (1816) wurde ein G. geschaffen, das in schlagwettergefährdeten Kohlenbergwerken zu einem wichtigen Warninstrument wurde. 1884 wurde es zur Wolfschen Wetterlampe weiterentwickelt, mit der sich auch der Gehalt an Grubengas oder Methan in der Grubenluft abschätzen ließ. 1881 wurde von dem Franzosen *G. Trouvé* in Paris die erste tragbare elektrische Wetterlampe vorgestellt. Im gleichen Jahr begann man, in englischen Kohlengruben ortsfeste und schlagwettersichere elektrische Beleuchtungen zu installieren. 1896 kam in Nordamerika die elektrische Kopflampe auf, die wegen ihrer bequem zu tragenden und nachladbaren Stromquelle weite Verbreitung fand. Neben elektrischer Beleuchtung in verschiedener Ausführung wird in schlagwetterfreien Gruben wegen ihrer hohen Lichtausbeute auch heute noch die Acetylenlampe (Carbidlampe) als offenes G. benutzt.

Generator (Dynamomaschine): Erste Versuche, Elektroenergie aus mechanischer Arbeit zu gewinnen, setzten bald nach der Entdekkung der elektromagnetischen Induktion durch *M. Faraday* ↑ (1832) ein. Prinzip aller Versuche war, Spulen vor Dauermagneten oder umgekehrt rotieren zu lassen. Da die Leistungen sehr gering blieben, ersetzte man die Dauer- durch Elektromagneten, die von einer galvanischen Batterie oder einer kleineren, mit Dauermagneten ausgerüsteten Maschine gespeist wurden (Prinzip der Fremderregung). Diese G. wurden jedoch nur wenig eingesetzt (Betrieb von Bogenlampen, Elektrochemie).

Entscheidender Schritt in der Entwicklung leistungsfähiger G. und zugleich Ausgangspunkt der Elektroenergieerzeugung und -an-

wendung im großen war die Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips (Prinzip der Selbsterregung). Zwar wurde schon 1854 darauf ein erstes Patent erteilt (für einen teilweise selbsterregten G.), doch wurde das Prinzip erst von *Werner Siemens* ↑ klar erkannt, Anfang 1867 bekanntgegeben und konsequent angewendet.

Die nun rasch folgenden Entwicklungen wirkten sich sowohl auf die Verbesserung der G. als auch auf die Konstruktion von Elektromotoren ↑ aus. So wurden der von *Siemens* angegebene Doppel-T-Anker, der Ring- und Trommelanker (*Z. Th. Gramme* ↑, *A. Pacinotti* ↑, *F. v. Hefner-Alteneck* ↑) in G. und Motoren gleichermaßen verwendet, die bei Motoren nötige Kommutierung (Stromwendung) wurde, um Gleichstrom zu erhalten, auf Generatoren angewandt usw. Mit der Einführung der Wechselstromtechnik war es möglich, einfache G. mit günstigem Leistungs-Masse-Verhältnis zu konstruieren. Ihre Ausführung hing weitestgehend von der jeweiligen mechanischen Antriebsquelle ab: G. mit Polrädern wurden für die relativ langsam laufenden Wasserturbinen, G. mit walzenförmigem Läufer für die Verbindung mit schnellaufenden Dampfturbinen entworfen und ausgeführt. Während die Leistung der ersten Dynamomaschinen nur in den seltensten Fällen 1 kW erreichte, sind in der Energieversorgung gegenwärtig G. von 500 MW häufig anzutreffen (u. a. auch in der DDR). G. für Leistungen bis über 1500 MW sind bereits in Betrieb oder projektiert.

Germanium: von *D. I. Mendelejew* ↑ auf Grund des Periodensystems als »Eka-Silizium« postuliert, wurde 1886 von *C. Winkler* ↑ im Mineral Argyrodit entdeckt. 1920 fand man in Südwestafrika das Mineral Germanit, aus dem bis 1949 G. ausschließlich für wissenschaftliche Zwecke gewonnen wurde. Die Entwicklung der Halbleitertechnik begründete die industrielle Produktion von hochreinem G.

Seit 1955 werden die z. Z. größten Vorkommen der Erde in Zaire industriell genutzt.

Geschirr: Das erste Koch-G. bestand aus Ton, das älteste Koch-G. auf offenem Herd aus Gußeisen bzw. Kupfer. Email-G. kam Anfang des 18. Jh. auf. Es verdrängte G. aus Gußeisen, Schmiedeeisen und Kupfer erst um 1890. Um die gleiche Zeit kam auch die Verwendung von Aluminium für Koch-G. auf. Für längere Zeit waren verzinnte und Zinn-G. in Gebrauch. 1915 erschienen hitzebeständiges Glas und 1968 hitzebeständiges Porzellan auf dem Markt.

Gewächshaus: Um 1547 wurden im Botanischen Garten zu Pisa erstmals G. eingerichtet, die 1599 im Botanischen Garten zu Leyden nachgebaut wurden. 1560 soll in Augsburg erstmals Gemüse aus einem G. verkauft worden sein; 1656 besaß die Universität Nürnberg-Altdorf das erste heizbare G. in Deutschland.

Um 1700 wurde die Kanalheizung für G. allgemein angewendet, aber erst um 1721 baute *Boerhave* in Holland G. mit schräggestellten Fenstern; um 1769 wurden in einem holländischen Gartenbuch erstmals Lüftungsklappen beschrieben.

Der französische Physiker *Bonnemain* erfand 1792 die Dampfheizung, die ab 1815 allgemein für G. verwandt und 1835 durch die Warmwasserheizung abgelöst wurde. Ab 1808 wurden sogenannte holländische Ölpapierfenster und Strohmatten zum Schattieren und um die gleiche Zeit zur besseren Klimatisierung ein in die Erde versenktes G. empfohlen (1818). Die Bodenheizung wurde für Tropengewächse erstmals 1819 vorgeschlagen. Spätere Entwicklungen betreffen die automatische Klimaführung, größere Grundfläche und Ersatz herkömmlicher durch korrosionsbeständige Werkstoffe.

Gewinde: aus Holz waren bereits in Babylonien und Ägypten (etwa 2500 v. u. Z.) bekannt. Im 1. Jahrtausend v. u. Z. stellte man G. durch Auflöten eines Drahtes auf einen Metallbolzen her. Im Mittelalter begann man, mit Holzschraubenschneidern auf Rundhölzer G. zu schneiden. Auf Metallbolzen dagegen wurden G. noch mit der Hand gefeilt. Die ersten Support-Drehmaschinen ↑ waren ebenfalls für das G.schneiden gebaut worden. Um 1500 entwarf *L. da Vinci* ↑ die Skizze eines G.bohrers zur Herstellung von G. für Schraubenmuttern. Dieser setzte sich bereits aus Vor-, Mittel- und Fertigschneider zusammen, die sternförmig in einem Nippel befestigt waren. Seit dem 17. Jh. gibt es Schneideeisen mit mehreren Löchern und dazu passende G.bohrer. Die maschinelle Herstellung von Schrauben erhielt mit der Entwicklung der Leitspindeldrehmaschine

durch *H. Maudslay* ↑ entscheidenden Auftrieb, doch wurde eine Weiterentwicklung erst nach Einführung einheitlicher G.typen möglich. Das erste G. dieser Art wurde 1841 von *J. Whitworth* ↑ geschaffen und nach 1850 als Whitworth-G. im englischen Maschinenbau eingeführt. Es fand auch im Ausland schnell weite Verbreitung. Daneben wurde zwischen 1868 und 1872 in Deutschland das metrische G. vorgeschrieben. In der Feinmechanik fand ab 1892 das »Löwenherz-G.« Eingang. Schließlich wurde 1903 vom Verein Deutscher Gas- und Wasserfachleute das Rohr-G. empfohlen. Alle diese G.arten wurden später verbessert und schrittweise genormt. Heute wird in der DDR nur noch das metrische G. für Schrauben, Muttern und Paßteile verwendet.

Gewinnungsmethoden: Neben der Abbauarbeit von Hand mit eisernen Werkzeugen (Abbauwerkzeuge ↑) benutzte man für harte Gesteine im Altertum die Quellwirkung angefeuchteter Holzkeile, die man zuvor in trockenem Zustand in enge Spalten getrieben hatte. Eine Abwandlung fand das Verfahren seit dem Mittelalter durch das Eindrehen konischer Schrauben in Holzkeile, womit deren Wirkung verstärkt und der Arbeitsgang abgekürzt wurde.

Schon im Altertum war auch die Methode des Feuersetzens (Erhitzen und danach Abkühlen des Gesteins) in Gebrauch. Sie wurde bis zum 17. Jh. (teilweise noch später) in den europäischen Bergwerken angewendet.

Die Einführung der Sprengstoffe war von maßgeblicher Bedeutung für die weitere Entwicklung der G. Nachdem bereits 1627 erstmals Schießpulver ↑ durch *K. Windl* in einem slowakischen Bergwerk verwendet wurde, setzte der eigentliche Aufschwung der Schießtechnik nach den Erfindungen der Schießbaumwolle (1845), des Glyceroltrinitrats (Nitroglycerin) (1847) und bes. des Dynamits ↑ (1867) ein. Durch die Einführung der elektrischen Zündverfahren Ende des 19. Jh. (Zündschnur war um 1830 erstmals im Bergbau für Sprengarbeiten verwandt worden) erhöhte sich die Sicherheit bei Schießarbeiten wesentlich. Im 19. Jh. wurden auch die mechanischen Abbaugeräte entwickelt, die den Übergang von der überwiegenden Handarbeit zu maschinellen G. einleiteten (Bohrgerät ↑, Schrämmaschine ↑, Kohlenkombine ↑, Streckenvortriebsmaschine). In einigen Ländern wird heute nach dem in der Sowjetunion von *W. S. Mutschik* entwickelten hydrodynamischen Verfahren unter Tage Kohle gewonnen. Das Verfahren geht zurück auf eine Methode zum Abbau von Torf, die 1914 von dem russischen Ingenieur *R. E. Klasson* erstmals angewendet wurde. Nach versuchsweisem Betrieb in verschiedenen Kohlengruben nahm 1953 der erste Hydroschacht der Welt in der UdSSR den Betrieb auf. Später wurde das Verfahren auch von anderen Ländern übernommen. Zu den modernsten Verfahren, die in der Sowjetunion seit 1950 entwickelt werden, gehört die Gewinnung im »belegschaftsfreien Streb«. Hier wird entweder auf chemischen Wege (z. B. Kohlevergasung unter Tage) oder mechanisch (z. B. Auflösen von Salzen oder Untertagelaugung von Kupfer, Gold u. a. Metallen) die Stufe des bisherigen Abbauprozesses übersprungen.

Gezeitenkraftwerk: eine Sonderform des Wasserkraftwerks ↑, nutzt den Höhenunterschied zwischen Ebbe und Flut. Die im freien Ozean im Durchschnitt knapp 1 m betragende Höhendifferenz zwischen den Gezeiten erhöht sich, wo die Flutwelle die Küsten trifft, ganz bes., wenn sie in trichterförmige Flußmündungen hineinläuft, in einzelnen Fällen bis auf 10 m.

Die im Vergleich zu anderen Wasserkraftwerken geringe Höhendifferenz läßt sich nur mit Niederdruck-Kraftwerken ausnutzen, weshalb bisher die Fragen der Wirtschaftlichkeit den Bau fast aller G.-Projekte verhinderten. So besteht in England seit langem das Severn-Projekt (10 m Höhendifferenz), zwischen den USA und Kanada wird ein St.-Lorenz-Strom-Projekt erörtert (Höhendifferenz zwischen 4 und 9 m).

1966 wurde an der Mündung der Rance bei Saint Malo (Frankreich), wo eine Höhendifferenz von 13,5 m auftritt, das erste G. der Welt in Betrieb genommen. Das mit 24 Kaplanturbinen (Wasserturbine ↑) ausgerüstete Einbekken-G. hat ein Jahresarbeitsvermögen von etwa 544 GWh. In der UdSSR ist an der Barentssee in der Kisslaja-Bucht ein weiteres G. in Betrieb.

GfP-Element: GfP-E. sind flächige, (häufig dreidimensional geformte) selbsttragende,

weitestgehend unzerbrechliche, lichtdurchlässige, sturm- und hagelsichere Bauelemente aus glasfaserverstärkten Plasten (vorzugsweise glasfaserverstärkte ungesättigte Polyesterharze: GUP). Anwendungen u. a. im Behälter-, Rohrleitungs-, Karosserie-, Formen- und Fahrzeugbau.

Als erstes Bauwerk aus GfP-E. wurde 1973 von *C. F. Taylor* in England eine Schwimmbekkenüberdachung aus pyramidenförmigen GfP-E. ausgeführt. In der DDR werden etwa seit 1965 mehrfach GfP-E. im Bauwesen verwendet (z. B. Omnibusbahnhof in Karl-Marx-Stadt, Gewächshäuser, Förderbandabdeckungen usw.). Bekannteste Verwendungsform in gewellten flächigen Tafeln (z. T. eingefärbt) als Wand- und Dachbaumaterial.

Gitterkegel: Die Entwicklung der G., einer Abart der Gitterkuppel mit geringerer Steifigkeit, die meist nur zur Überdachung von Schüttgutlagern in sehr leichter Bauweise angewendet wird, begann um 1950.

Gitterkuppel: Die theoretischen Grundlagen über das Tragverhalten von G., Metallgitterkonstruktionen mit doppelt gekrümmter Oberfläche und statisch sehr günstiger Form zur Überdachung großer stützenfreier Räume, gehen bis zum Ende des 19. Jh. zurück. 1874 baute *J. Schwedler* in Wien eine G., die aus trapezförmigen Feldern mit einem Diagonalstab je Feld zusammengesetzt ist, mit 60 m Durchmesser (Schwedlerkuppel). 1889 veröffentlichte *Zimmermann* grundlegende theoretische Arbeiten über die Berechnung von Raumfachwerken und entwickelte eine G. aus rechteckigen und dreieckigen Feldern für den Sitzungssaal des Berliner Reichstagsgebäudes (Zimmermannkuppel). Vor 1914 wurden Zimmermannkuppeln sehr oft in Deutschland ausgeführt. Um 1900 entwickelte *A. Föppl* Netzwerkkuppeln, *W. Schlink* Anfang des 20. Jh. Scheibenkuppeln. Der Amerikaner *R. B. Fuller* ↑ entdeckte um 1950 die geodätischen Kuppeln, bei denen die Gitterstäbe auf Großkreisen der Kugel liegen. Erste Ausführungen von geodätischen Kuppeln gab es unter Verwendung von Stahl- oder Aluminiumprofilen oder -rohren und sehr leichter Eindeckung aus Plasten oder plastbeschichteten Geweben (USA). Neuerdings werden wieder häufig Schwedlerkuppeln verwendet.

Glas: Für die ältesten G.funde wird nach verschiedenen Quellen die Zeit von 5500 bis 3500 v. u. Z. angegeben. Man nimmt an, daß in Ägypten gefundene G.stücke von den Assyrern eingeführt wurden. Allgemein verbreitet war G. in Ägypten erst zwischen 1830 und 1350 v. u. Z. Um 1500 v. u. Z. entwickelten sich in Alexandria G.macherwerkstätten durch nach Ägypten eingewanderte assyrische G.macher. Die Bearbeitung der zähflüssigen G.masse erfolgte damals durch Gießen, Pressen und Kneten. Hohlgefäße formte man über einen Hohlkern aus Ton. In Babylon wurden bereits um 250 v. u. Z. große G.gefäße geblasen. Die Kunst der G.herstellung gelangte von Ägypten aus über Phönizien (um 800 v. u. Z.) und Griechenland im 1. Jh. v. u. Z. nach Rom. Aber erst im Jahre 14 u. Z. soll es zur Gründung von G.macherwerkstätten in Rom gekommen sein. Um 40 u. Z. sind Fensterscheiben aus G. bekannt. Im 10. Jh. entstanden in Deutschland viele G.hütten. Vom 9./13. bis 16./17. Jh. war das venezianische G. berühmt, im 13. Jh. auch das byzantinische. 1240 beschrieb *Vincent von Bauvais* die Herstellung bleibelegter Spiegel. Am Ende des 15. Jh. breitete sich die G.herstellung in Nordwesteuropa aus unter gleichzeitigem Übergang vom künstlerischen zum handwerksmäßigen Betrieb. 1589 beschrieb *G. della Porta* ↑ das Belegen von Spiegeln mit Quecksilber und Zinn. 1679 erfand *J. Kunckel* ↑ das Kupfer- und Goldrubinglas in der G.hütte auf der Pfaueninsel Potsdam wieder. Um 1680 wurde in England das Bleikristall erfunden.

Die mechanische Herstellung des G. begann Ende des 17. Jh. In dieser Zeit wurden das erste gegossene Tafelglas und die ersten gegossenen Spiegel von *Lucas de Nebon* in Frankreich hergestellt. *P. I. Guinaud* begann 1805 in Benediktbeuren die Zusammenarbeit mit *J. Utzschneider* und *J. Fraunhofer* ↑ zur Entwicklung optischen Glases für den Instrumentenbau, aber auch für Brillen, Lupen usw.

G. war bis in das 19. Jh. ein Luxuserzeugnis. Erst als Soda in größeren Mengen hergestellt werden konnte, wurde G. zu einem Massenprodukt. *Fr. Siemens* ↑ erfand 1867/68 den kontinuierlich arbeitenden G.schmelzwannenofen. 1880/81 begann die Zusammenarbeit von *F. O. Schott* ↑ und *E. Abbe* ↑ mit dem Ziel, die optischen Gläser zu verbessern. Dabei entstanden zahlreiche Gläser mit neuen Eigen-

schaften. Das Jenaer Glaswerk Schott & Gen. wurde 1884 gegründet.

J. Arnall regte 1886 *Ashley* zum Bau der ersten Flaschenblasmaschine an. *J. H. Lubbers* und *Chambers* begannen 1894 die Walzenziehmaschine für Tafelglas zu entwickeln. *Wood* erhielt 1905 das erste Patent auf Verbundsicherheitsglas. 1915 erschienen hitzebeständige Gerätegläser aus Jena und von den Corning Glass Works auf dem Markt.

Über die Herstellung von Schaumglas berichtete 1932 *I. I. Kitaigorodski.*

Glasmalerei: diente fast ausschließlich der Herstellung von Kirchenfenstern. Diese lassen sich bis ins 4. Jh. nachweisen. Die Auflösung der Mauerflächen in der gotischen Architektur führte zur größten Blüte der G. Frankreich war im 13. Jh., Deutschland im 14. und 15. Jh. führend. Nach der häufig weltlichen Kabinettmalerei des 16. Jh. hat die G. späterer Zeiten nichts Wesentliches mehr hervorgebracht.

Glasur: Die Anfänge des Glasierens und Verzierens von Töpfereierzeugnissen sind unbekannt. Im Neolithikum wurden die Gefäße mit Ornamenten (z. B. Schnurkeramik) verschönert. Aus der Hallstadt-Kultur (um 500 v. u. Z.) sind buntbemalte Tongefäße bekannt. Zur gleichen Zeit bemalten die Griechen ihre Erzeugnisse einfarbig. Im 2. Jh. v. u. Z. wird über eine hauchdünne, mattglänzende und harte G. bei römischen Töpferwaren berichtet. Nach dem 11. Jh. wurden vor allem die Steinzeuggefäße des Rheinlandes mit einer Salzglasur versehen.

Die Babylonier gelten als Erfinder einer weißen, undurchsichtigen Zinn-G. Über die Perser und Araber kam diese G.technik nach Spanien. Aus dem 9. Jh. sind bereits mehrfarbige glasierte Fliesen und reich verzierte Gefäße bekannt. Im 11. und 12. Jh. waren die Töpfereierzeugnisse der spanischen Insel Mallorca auf der Grundlage der Zinn-G. unter dem Namen Majolika-G. berühmt. Italiener entwickelten im 12. und 13. Jh. nach Rezepturen der Mauren diese G. weiter, später vor allem durch *Luca della Robia* (1400 bis 1481) in Florenz. Die Blütezeit dieser G.technik lag von der Mitte des 15. bis zur Mitte des 16. Jh. Diese Erzeugnisse wurden sowohl unter dem Namen Majolika als auch Fayence (nach der italienischen Stadt Faenza) bekannt. Der Nürnberger *A. Hirschvogel* brachte die Majolikatechnik nach Deutschland. Vor dem und im 17. Jh. wurden in Delft (Niederlande) Erzeugnisse auf der Grundlage dieser G.technik hergestellt.

Diese G.erzeugnisse wurden um 1800 durch das wohlfeiler gewordene Steingut und Porzellan verdrängt. Heute unterscheidet man eine Vielzahl von G.techniken.

Gleitschalung: Um 1910 wurde in den USA das Prinzip des G.verfahrens entwickelt; vor allem nach 1945 folgten technische Verbesserungen an der G. und am Hubmechanismus; Vertikalbewegung der G., zuerst mit Schraubenwinden von Hand, später mit Druckluft und gegenwärtig ausschließlich hydraulisch. Die G. besteht aus dem etwa 1,20 m hohen Holzschalungskörper, oft mit Beplankung der Schalhaut (Plaste, kunstharzüberzogene Spezialsperrholzplatten oder Stahlblech), bzw. Stahlschalung und Hubmechanismus (Druckölstation mit Ringleitung und hydraulischen Hebern, Kletterstangen).

Das G.verfahren wird vorrangig für turmartige Bauwerke des Industrie- und Landwirtschaftsbaus sowie für Versorgungskerne des Wohn- und Gesellschaftsbaus angewandt. Eine G. für veränderliche Querschnitte (Kühltürme) wurde in der DDR entwickelt.

Globus: Der Erdglobus ist vermutlich schon in der Antike bekannt gewesen (*Anaximander*, um 580 v. u. Z.). Himmelsgloben wurden im Altertum, später von den Arabern verfertigt und teilweise sehr künstlerisch ausgestaltet. Der bekannteste G. aus jüngerer Zeit ist der »Erdapfel«, den *M. Behaim* ↑ 1492 vorstellte.

Glühkatode: Die der G. zugrunde liegende thermische Elektronenemission wurde 1883 von *T. A. Edison* ↑ bei Versuchen mit Glühlampen entdeckt und vor allem von *O. W. Richardson* ↑ näher untersucht. Die G. wurde zunächst für die Konstruktion von Röntgenröhren und Gleichrichterröhren genutzt. Entscheidender Fortschritt war die Entdeckung, daß Oxide mancher Stoffe, z. B. Barium und Strontium, für die Konstruktion von G. bes. geeignet sind. Die Oxidkatode, die 1904 von *A. Wehnelt* ↑ erfunden wurde, wird gegenwärtig in den meisten Elektronenröhren verwendet.

Glühlampe: Versuche zur Entwicklung der G. setzten unmittelbar nach der Entdeckung der

Wärmewirkungen des elektrischen Stromes ein, z. B. 1821 durch *G. de la Rue*, 1840 durch *W. Grove* ↑. 1845 und 1852 wurden in England Patente auf G. mit Kohleglühkörper erteilt.

Die Urform der heutigen G. stammt von *H. Goebel* ↑ (1854). Technische Voraussetzungen für die Produktion in größerem Umfange waren allerdings noch nicht gegeben; vor allem fehlten leistungsfähige und wirtschaftliche Stromquellen.

In der ersten Hälfte der siebziger Jahre arbeiteten in Rußland mehrere Forscher *(A. N. Lodygin* ↑, *Khotinski, Florensoff, Konn)* an der Realisierung der G. Sie hatten Erfolge, jedoch blieben ihre Arbeiten in Rußland unbeachtet, obwohl *Lodygin* einen Preis der Akademie, *Konn* 1875 ein Patent für Glühlampen erhielt.

1879, nach Erfindung der Dynamomaschine, schuf *T. A. Edison* ↑ eine G., deren Brauchbarkeit er noch im gleichen Jahr durch die elektrische Beleuchtung eines Passagierschiffes bewies. 1881 tauchte die G. von *J. W. Swan* ↑ auf. 1898 erfand *C. Auer von Welsbach* ↑ die G. mit Osmiumfaden, die erste fabrikmäßig hergestellte G., 1905 die Tantal-G. Um die gleiche Zeit experimentierte *Lodygin* mit Wolframglühdrähten. 1913 wurde durch *I. Langmuir* ↑ die G. mit Gasfüllung entwickelt, 1926 kam die Doppelwendellampe auf den Markt.

GOELRO-Plan: Kurzbezeichnung für die »Staatliche Kommission zur Elektrifizierung Rußlands«. Der Staatliche Plan für die Elektrifizierung wurde auf Vorschlag *Lenins* ausgearbeitet und im Dezember 1920 auf dem VIII. Allrussischen Sowjetkongreß verabschiedet. Die Realisierung des G.-Plans stand unter dem Worte *Lenins*: »Kommunismus ist Sowjetmacht plus Elektrifizierung«. Er war in seinen wesentlichen Kennziffern 1931 erfüllt.

Gold: gehört mit Kupfer zu den ältesten von Menschen benutzten Metallen. In Mittel- und Nordeuropa wurden goldene Schmuckgegenstände aus der späteren Jungsteinzeit gefunden. G. wurde ursprünglich durch Waschen (2000 v. u. Z. in Ägypten) gewonnen, während ebenfalls bis 2000 v. u. Z. der G.bergbau in Siebenbürgen nachweisbar ist. Im 18. Jh. begann in Sibirien eine umfangreiche G.produktion, in der zweiten Hälfte des 19. Jh. die Ausbeutung der südafrikanischen G.minen (daneben in dieser Zeit auch bedeutende Goldfunde in Amerika und Australien).

Ältestes Verfahren zur Gewinnung von G. ist das Waschen aus Seifen und Flußsanden. Die Einführung der Cyanidlaugung (1889) ist eine der Hauptursachen zur Steigerung der Goldgewinnung in den 90er Jahren. Das hierbei gewonnene Rohgold wird nach den Verfahren der G.-Silber-Scheidung auf Feingold verarbeitet.

Grader: gehören zu den Flachbaggern; sie werden auch als Erd- oder Straßenhobel bezeichnet. 1870/80 wurde eine von Pferden gezogene, zwischen eisernen Rädern angeordnete Pflugschar für Kultivierungsarbeiten eingesetzt (USA). Die Entwicklung von Verbrennungsmotoren und Traktoren führte zum Anhänge-G. und ab 1930 zum selbstfahrenden G. (Motor-G.). Gegenwärtig sind fast ausschließlich Motor-G. eingesetzt.

Grubber: Bereits um 1845 wurden in der englischen Landwirtschaft zahlreiche G. verwendet, einfache Geräte mit meist feststehenden Messern, die den Boden lockerten, ohne ihn zu wenden. 1867 brachte *Comstock* den »rotary spader« (»rotierenden Spaten«) nach Europa. Die Konstruktion bestand aus 2 Scheiben als Rädern, die waagerechte Stäbe wie zu einer Walze verbanden. Auf den Stäben saßen kurze Stahlmesser. Bei der Vorwärtsbewegung führten die Stäbe zusätzlich zur allgemeinen rotierenden Bewegung eine eigene durch, wodurch die Erde sehr gut gekrümelt wurde.

1902/1904 rüstete man G. mit Federzinken aus, die zwar gut zur Bekämpfung der Quecken geeignet waren, jedoch den Nachteil hatten, daß sie feuchte Erde heraufbrachten.

Diesen Nachteil versuchte in Deutschland *J. G. Arns* (1878 bis 1959) zu beseitigen, indem er nur die obere Hälfte des Zinkens als Federblatt ausbildete und dieses mit einer Spiralfeder gegen den Rahmen abstützte. Unten setzte er ein Gänsefußschar an, das die Erde zur Seite teilte.

Grubenbahn: Als Vorläufer der heutigen G. können die im 16. Jh. in Gebrauch gekommenen »Spurbahnen« angesehen werden, längsliegende Holzbohlen für die Bewegung der Förderwagen (Hunte). Ab 1767 benutzte man für diese Bahnen gußeiserne Beläge auf Langhölzern, später, nach Erfindung des Puddel-

verfahrens, eiserne Schienen. 1786 schlug *R. L. Edgeworth* für die Streckenförderung den Einsatz ganzer Züge von Förderwagen vor. In der Folgezeit entstanden dafür Förderwagen, die sich nach 1800 allgemein im Bergbau durchsetzten. Wurden anfangs die Wagen von Hand bewegt, benutzte man bald Pferde dazu (Pferdebahn ↑). Noch zu Beginn des 20. Jh. war der Einsatz von Pferden im Bergbau vielerorts üblich. Mit den ersten Druckluftlokomotiven, 1881 in den USA gebaut, begann eine neue Phase der Mechanisierung der Streckenförderung. 1879 wurde in Berlin die erste für den Kohlenbergbau geeignete Elektrolokomotive vorgestellt; 1882 begann man, sie unter Tage einzusetzen.

Während die ersten Elektrolokomotiven in den Gruben an Fahrdrähten liefen, ging man etwa ab 1890 zum Betrieb mit Abrollkabeltrommeln über (USA). 1899 wurde die erste Akkumulatorenlokomotive für den Bergbau gebaut. In der Folgezeit befaßten sich auch in Europa verschiedene Konstrukteure mit der Entwicklung solcher Grubenlokomotiven. Die elektrische G., technisch inzwischen vielfach verbessert, gehört auch im modernen Grubenbetrieb zu den grundlegenden technischen Einrichtungen im Förderbetrieb.

Grubenbewetterung: Für die im Mittelalter wachsende Teufe der Schächte reichte die natürliche G. (z. B. Luftströme durch den Höhenunterschied zweier Schachteingänge) nicht mehr aus. Als erste Geräte zur künstlichen G. benutzte man von Wasserrädern angetriebene Blasebälge. Eine wesentliche Verbesserung der G. brachte jedoch erst der im 19. Jh. beginnende Einsatz von Wettermaschinen. Anfänglich wurden Kolbengebläse, angetrieben von Dampfmaschinen, eingesetzt. Zur Steigerung ihrer Leistung vergrößerte man die Zylinderdurchmesser bei einigen solcher Gebläse bis auf mehr als 5 m. Mitte des 19. Jh. waren Kolbengebläse im Bergbau weit verbreitet, und noch gegen Ende des Jahrhunderts wurden sie zur G. verwendet.

Mit dem Radialventilator (Schleuderradlüfter, Zentrifugalventilator) hatte sich jedoch bereits ein neues Gerät mit höherer Leistung in vielen Bergwerken bewährt. Den ersten einwandfrei arbeitenden Radialventilator hatte schon 1832 der russische Ingenieur *A. A. Sablukow* erfunden. 1835 kam das Aggregat in einem Erzbergwerk im Altai zum Einsatz. Bes. nach Einführung des elektrischen Antriebs Ende der 90er Jahre des 19. Jahrhundert verbreitete sich dieser Ventilatortyp rasch. Seit etwa 1930 ist mit dem Axiallüfter ein neuer Ventilatortyp aufgetaucht, der in immer stärkerem Maße statt des Schleuderradlüfters zur G. eingesetzt wird.

Grubenförderung: Zum Transport des unter Tage gewonnenen Materials benutzte man im Mittelalter Schubkarren, später vierrädrige Kastenwagen (Hunte), teilweise auf hölzernen Spurbahnen (Grubenbahn ↑), zuerst von Hand, später von Pferden gezogen. Um 1550 war der Einsatz von Pferden im Bergbau vor allem über Tage schon weit verbreitet (Pferdegöpel). Zur G. fanden Pferde wahrscheinlich erst nach 1700 weitgehende Verwendung. Noch zu Beginn des 19. Jh. benutzte man in vielen Erz- und Kohlenbergwerken im Stollen die sog. Seilförderung, ein endloses, um 2 drehbare Scheiben laufendes Seil, an dem die Hunte befestigt waren. Eine der beiden Scheiben wurde durch Pferdekraft, später Dampfkraft, angetrieben. Als Hilfsmittel zur G. dienten bis zu Beginn des 19. Jh. weiterhin einfache Schurren (Rinnen), zunächst aus Holz, später mit Blech verkleidet.

Mechanisch angetriebene Schüttelrutschen kamen 1906 zuerst im deutschen Bergbau, später in England zum Einsatz. Nachdem von dem russischen Ingenieur *A. Lopatin* bereits 1861 der erste Gurtbandförderer ↑ erfolgreich im Bergbau angewendet worden war, konstruierte der Engländer *Sutcliff* 1906 einen mechanischen Bandförderer zum Abbau von Flözen geringer Mächtigkeit. Den ersten Kratzförderer führte 1902 der Engländer *Blackett* im Kohlebergbau seines Landes ein. Wesentlichen Anteil an den Fortschritten der G. hat die Grubenbahn ↑.

Die moderne Entwicklung der Grubenfördertechnik ist gekennzeichnet von dem Bestreben nach Kopplung von Arbeitsgängen und deren Automatisierung.

Moderne Bandfördereinrichtungen verschiedener Konstruktion werden immer häufiger eingesetzt. Damit verbunden wird der Frage der Fernsteuerung solcher Förderstrekken, bes. etwa seit 1950, in der UdSSR und auch in anderen Staaten große Bedeutung beigemessen.

Gurtbandförderer: Vorläufer der G. ist ein manuelles Transportverfahren für frisch geformte Ziegel, das bereits etwa 2000 v. u. Z. von den Ägyptern benutzt wurde. Hierbei wurden die Rohlinge auf gewebten Bändern durch Ziehen über ebene Tische erschütterungsfrei zur Brennstelle transportiert. Jahrhundertelang blieb diese Methode die einzige Art der Bandförderung (noch im 19. Jh. in alten Kornmühlen zum Getreidetransport benutzt). Einen Fortschritt brachte erst das endlose Band, dessen maschineller Antrieb die Förderung großer Materialmengen über längere Strecken ermöglichte. Die 1861 von dem russischen Ingenieur *A. Lopatin* erfundene sog. »Sandfuhre« stellte den ersten G. dar. Weitere Verbreitung fanden G. erst mit dem Einsatz von Gummigurten in der 2. Hälfte des 19. Jh. Systematische Untersuchungen an solchen Bändern führte als einer der ersten *T. A. Edison* ↑ durch, der in den USA um 1890 schon Fördergurte von mehr als 300 m Länge einsetzte. Diese Bänder bestanden aus einer tragenden Gummischicht mit einer Gewebeeinlage darunter zur Aufnahme der Zugbeanspruchung. Die Muldenform des Bandes wurde zur Erhöhung der Förderleistung ebenfalls bald eingeführt. Als Antrieb diente anfangs eine Dampfmaschine, nach der Jahrhundertwende zunehmend der Elektromotor. Um 1900 baute *Th. Robinson* in seiner Fabrik in den USA fahrbare G. mit mechanischer Höhenverstellung, die eine Blechabdeckung zwischen oberem und unterem Trum besaßen. Um 1910 waren schon G. mit ausbalanciertem Gerüst, in dessen Mitte der Antrieb angeordnet war, auf 2 großen Laufrädern in Gebrauch. Dieser Typ des G. ist in seiner konstruktiven Gestaltung bis heute gleich geblieben. Für die speziellen Belange des Bergbaus kamen nach 1900 G. auf, die eine Weiterentwicklung des von *Lopatin* gebauten darstellten. So konstruierte der Engländer *Sutcliff* 1906 einen G. für den Abbau von Flözen geringer Mächtigkeit.

Bes. nach 1920 wurden neue Einsatzmöglichkeiten für G. gefunden. So laufen ein oder mehrere solcher Förderbänder in den Abraumförderbrücken ↑, und vor Ort unter Tage werden G. in Kombination mit Kohlenkombines ↑, Streckenvortriebsmaschinen u. a. Förderaggregaten eingesetzt. Die Bandförderung hat sich in den Tagebauen der UdSSR und vieler anderer Staaten seit 1945 durchgesetzt. Nachdem in den Kohletagebauen des Ural bereits vor 1945 mit der Anwendung der Fernsteuerung und zentralen Regelung der Bandanlagen begonnen worden war, legte das 1949 von *T. T. Kusmenko* konstruierte Fliehkraftrelais den Grundstein für die automatische Steuerung solcher G. Etwa ab 1950 werden in der UdSSR hochverschleißfeste Gurte aus synthetischem Fasermaterial hergestellt. 1954 wurde auch die Produktion von mit Stahlseilen verstärkten Gurten aufgenommen.

Gußeisen: Bereits 700 v. u. Z. ist die Eisengießerei in China nachweisbar. In Europa tauchten um 1400 erste Erzeugnisse aus G. auf (1372 Augsburg, Geschützkugeln). G., auch Eisen zweiter Schmelzung genannt, wurde in Europa in größerem Umfang erstmalig in Siegen 1450 und um 1500 in Italien hergestellt (1474 Ofenplatten aus G.). 1767 wurden in England erstmals Bahnschienen und 1799 schwere Schiffsgeschütze gegossen. Ab 1789 begann die Erzeugung im Kupolofen. Bereits Ende des 18. Jh. war G. zum vorherrschenden Werkstoff im Maschinenbau geworden. Heute ist G. mit hoher Festigkeit herstellbar.

H

Haber-Bosch-Verfahren: Die wissenschaftlichen Grundlagen des H.-B.-V., der großtechnischen Synthese von Ammoniak aus Luftstickstoff und Wasserstoff unter hohen Drükken und Temperaturen, wurden von *F. Haber* ↑ erarbeitet (1908). Die Überführung in die Großproduktion gelang einem Spezialistenkreis unter Leitung von *C. Bosch* ↑, wobei sich *H. Mittasch* ↑ bes. Verdienste erwarb. Er entwickelte einen wirksamen Katalysator, der wesentlich billiger als der von *Haber* im Laborversuch benutzte war. Bereits 1913 lief die Synthese in der ersten Großanlage (Oppau), im ersten Weltkrieg wurden als zweiter Großproduzent die Leuna-Werke (1916/17) errichtet, deren Produktion damals überwiegend der Sprengstoffherstellung diente. Das nach dem H.-B.-V. gewonnene Ammoniak (in der DDR vor allem in den nach 1945 in Volkseigentum überführten Leuna-Werken, heute VEB

Leuna-Werke »Walter Ulbricht«) ist wichtiger Ausgangsstoff für Stickstoffdüngemittel und wird u. a. in der Farben- und Textilindustrie sowie als Kältemittel verwendet.

Hackmaschine: *J. Tull* ↑ empfahl um 1750 in England, die Saat zu hacken, und beschrieb einen einreihigen Hackpflug, der zwischen den Reihen die Erde lockerte. Am Dreiecksrahmen befanden sich vorn ein zweiseitiges und an den beiden Seitenschienen zwei verstellbare einseitige Messer. Mit der Entwicklung der Drillmaschinen wurden auch mehrreihige H. gebaut, so als eine der ersten die von *Smith* mit 6 Fuß (etwa 1,85 m) Arbeitsbreite. Sie wurde 1856 in Deutschland eingeführt. Wesentliche Fortschritte waren die Spurverstellung, die bewegliche Anhängung des Hackrahmens am Fahrgestell, wodurch die Maschine relativ genau zu lenken war. Um 1840 schuf *R. Garrett* in England ebenfalls eine lenkbare H., bei der die Messer an beweglichen Hebeln saßen und sich den Unebenheiten des Bodens besser anpaßten. Das ermöglichten in vollkommener Weise die von *H. Laaß* 1912 erfundenen Parallelogrammhebel für Hackschare (1923 als federbelastetes Hackparallelogramm v. *Th. Hey* verbessert).

Ursprünglich wurden die Hackmesser »aus dem Stück« geschmiedet. Das häufige Nachschmieden wurde durch Verwendung von Stahlblech überflüssig und von *L. Ehrhardt* (1874 bis 1945) um 1920 eingeführt. Um die Hackmesser dicht an die Pflanzenreihen heranzuführen, verwendete *W. Siedersleben* ↑ um 1860 rotierende Scheiben, vorteilhafter waren allerdings Doppelschützrollen, um 1900 erfunden und als Hohlschutzscheiben 1931 weiter vervollkommnet.

Halbleitertechnik: Spezifische Eigenschaften halbleitender Substanzen wurden in der zweiten Hälfte des 19. Jh. gefunden und teilweise genutzt (z. B. Selenzellen für optische Messungen ab 1875, Entdeckung des Fotoelemente ↑ ermöglichenden Sperrschichteffekts 1876).

1901 folgte als erste Halbleiterdiode der Kristalldetektor (Detektor ↑) für die drahtlose Nachrichtentechnik. Nach 1920 kamen Halbleitergleichrichter für vorerst geringe Leistungen, temperaturabhängige Halbleiterwiderstände (»Thermistoren«) u. a. auf den Markt.

Erst während dieses Zeitraums wurden die Leitungsmechanismen in Halbleitern systematisch erforscht und aufgeklärt und damit physikalische Grundlagen der H. gelegt.

Nachdem nach 1940 Halbleiterdioden für den Höchstfrequenzbereich entwickelt wurden, kann als entscheidender Meilenstein für die H. die Erfindung des Transistors ↑ (1948) angesehen werden. Seine rasch entwickelte Technologie war nicht nur Ursache für die Ablösung der Elektronenröhre auf vielen Gebieten, sondern auch die Grundlage für die von der Mikroelektronik ↑ benutzten Technologien.

In der Leistungselektronik hat die H. durch steuerbare und für höchste Leistungen einsetzbare Gleichrichter ebenfalls einen grundsätzlichen Wandel herbeigeführt.

Bekannte Effekte, mit konventionellen Mitteln kaum nutzbar, erhielten durch die H. technische Bedeutung. Hierzu zählen u. a. Umwandlung von Thermo- oder Strahlungsenergie in Elektroenergie und umgekehrt, Halbleiterkühlung, Nutzung elektrooptischer und elektroakustischer Effekte.

Hammerwerk: Zu Beginn des 15. Jh. wurde in Mitteleuropa die Nutzung der Wasserkraft von den Mühlen auf das H. ausgedehnt. Im H. treibt Wasser über Wasserräder den Hammer an, mit dem Eisen zu Halbzeug verarbeitet wird. Als Vorläufer der Walzwerke haben H. heute nur noch historische Bedeutung.

Handzerstäuber: Der Klempner *Hoffacker* in Lauffen/Neckar baute 1872 erste Zerstäuber mit Ventilatoren. Um 1880 kamen Spritzgeräte von *Vermorel* aus Villefranche (Frankreich) auf den Markt, 1866 stellte *N. Pastor* aus Bernkastel erste Kolbenspritzen her.

Die ersten Pflanzenschutzspritzen wurden von *C. Platz* nach 1880 konstruiert. 1887 schuf *Platz* – nach mehrjähriger Reparatur französischer Weinbergspritzen – die »Deidesheimer Weinbergspritze«. 1897/98 brachte *Ch. F. Holder* die erste selbsttätige Rückenspritze mit eingebauter Luftpumpe heraus. Während bei jeder Füllung der restliche Druck abgelassen werden mußte, verhinderte dies eine Schwimmkugel in *Holders* »selbsttätiger Hochdruckspritze«, die 1914 patentiert wurde. 1925 stellte *Wolf* erstmals Motorzerstäuber her, die auch von Flugzeugen im Forstschutz eingesetzt wurden.

Heber: Von *Philon von Byzanz* ↑ und *Heron von Alexandria* ↑ (um 100 v. u. Z.) existieren Beschreibungen verschiedenartiger H., die aber schon den alten Ägyptern bekannt waren. 1601 machte *G. della Porta* ↑ den Vorschlag, H. zur Überleitung des Wassers über Gebirge zu benutzen.

Hebezeuge: Während Methoden zum Transport schwerer Lasten in der Ebene schon in der Urzeit entwickelt wurden (Rad ↑, Wagen ↑), stellte der Bau von Vorrichtungen zum Heben schwerer Gegenstände höhere Anforderungen an das menschliche Kombinationsvermögen. Wahrscheinlich war das Seil, über einen Ast geführt, Vorläufer der H. Beim Bau der Pyramiden in Ägypten (um 2500 v. u. Z.) fanden, wie Steinzeichnungen erkennen lassen, verschiedenartige Transport- und Hebeeinrichtungen wie Kippschlitten, Rollen, Hebel und Wippen Verwendung. Noch heute sind in orientalischen Ländern als »Schaduf« bezeichnete Wippvorrichtungen zum Wasserheben vielerorts in Gebrauch. Von *Aristoteles* stammt die erste Beschreibung eines Flaschenzuges, doch wurde das Flaschenzugprinzip schon früher angewendet (vor 450 v. u. Z.), so von den Eskimos zum Bergen erlegter Walrosse. Zur Zeit der Römer (etwa ab 2. Jh. v. u. Z.) hatte die Entwicklung der H. bereits einen beachtlichen Stand erreicht. Rollen und Flaschenzüge wurden in einfachen Galgengerüsten oder bockartigen Gestellen zum Heben von Lasten eingesetzt (Kran ↑). Der Antrieb erfolgte über Winden oder bei großen Geräten durch Göpel bzw. Treträder. In seinen Werken »Mechanica« und »Varylkon« befaßte sich *Heron von Alexandria* ↑ auch mit Hebemaschinen. Umfangreiche Auszüge beider im Original verlorengegangenen Schriften finden sich in den Werken des alexandrinischen Mathematikers *Pappus* (um 300). *Pappus* beschrieb und berechnete u. a. das Heben einer bestimmten Last mit einer durch Handkurbel angetriebenen Zahnradwinde, die ein dem heutigen Schneckengetriebe ähnliches Vorgelege besaß. Auch *L. da Vinci* ↑ befaßte sich mit H. Unter seinen Skizzen finden sich Entwürfe von Ketten, Lasthaken, Greiferzangen und Sperrwerken, des weiteren von einem Rollenzug mit 60 losen und 60 festen Rollen sowie von Drehkranen. Etwa zur gleichen Zeit beschäftigte sich in Deutschland *G. Agricola* ↑ mit der Technik des Berg- und Hüttenwesens. In seinem Werk »De re metallica« beschrieb er auch zahlreiche H. (Schachtförderung ↑).

Dampfmaschine und später Elektromotor erwiesen sich bes. für die Entwicklung der Groß-H., bes. der Krane, als förderlich. Auch bei den Klein-H. kamen zahlreiche Weiterentwicklungen oder Neukonstruktionen hinzu. So entstanden nach dem Prinzip der hydraulischen Presse ↑ die ersten hydraulischen Heber. Der einfache Faktorenflaschenzug wurde 1859 durch den Engländer *Weston* zum Differentialflaschenzug weiterentwickelt. Um 1870 baute *Becker* in Deutschland die ersten Schraubenflaschenzüge, denen wenig später der im Wirkungsgrad noch günstigere Stirnradzug folgte. Durch Einbau eines Elektromotors weiterentwickelte Schrauben- und Stirnradzüge sind heute weit verbreitet.

Heißluftmotor: Die Erfindung eines mit erhitzter Luft als Antriebsenergie arbeitenden Motors wird dem aus Schweden stammenden Ingenieur *J. Ericsson* ↑ zugeschrieben (1833), obwohl der Engländer *J. Stirling* bereits 1827 eine Luftexpansionsmaschine fertiggestellt hatte und probeweise laufen ließ. Beide Maschinen genügten den praktischen Ansprüchen nicht, doch arbeitete *Ericsson* jahrelang an der Verbesserung seines H. 1848 lief der erste nach verbessertem System gebaute H. mit 5 PS (etwa 3,7 kW), 1851 wurde der erste H. öffentlich vorgeführt.

Ericssons Idee, den H. als Schiffsantrieb zu verwenden, wurde 1853 realisiert, als die »Ericsson«, das erste mit H. betriebene Schaufelradschiff, seine Probefahrt über den Atlantik erfolgreich hinter sich brachte. Infolge noch vorhandener Unzulänglichkeiten wurde das Schiff allerdings wieder auf Dampfantrieb umgestellt. Der H. wurde in der Folgezeit ständig verbessert. Sein Wirkungsgrad liegt heute etwas über dem eines Dieselmotors, doch begrenzen vorerst noch hohes Masse-Leistungs-Verhältnis, erheblicher Bauaufwand und niedriger Drehzahlbereich seine Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen Antriebsmaschinen.

Heizung *offene Feuerstellen* (Herd, Kamin): vor vielen Jahrtausenden nutzte der Mensch das Feuer. Es brannte auf dem Erdboden oder in einem aus Stein und Lehm errichteten Herd (Kastenofen). Illyrische Stämme verwen-

deten um 2000 v. u. Z. Kohlebecken aus Ton. Kurz nach Beginn unserer Zeitrechnung schuf man im Dachgebälk sogenannte Rauchlöcher. Um 200 gab es Herde aus Feldsteinen, die durch Balkenwerk zusammengehalten und mit einem Rauchabzug versehen wurden.

Napfartige Kacheln baute man um 800 in die Kastenöfen. In Süd- und Mitteleuropa entwickelte sich im 9. Jh. aus den teilweise umgebauten Feuerstellen der Kamin. Der Übergang von der offenen Feuerstelle zur geschlossenen dürfte sich im 11. und 12. Jh. vollzogen haben. Der Schornstein entstand um 1200 mit den aufkommenden Steinöfen.

Ofen, Herd: Die älteste Form des Ofens wird im Lehmofen gesehen, der sich bis ins Altertum nachweisen läßt. Erst aus dem 9. Jh. sind sichere Angaben erhalten geblieben, daß solche Öfen nicht nur zum Brennen von Töpferwaren und zur Speisenbereitung, sondern auch zur Raumheizung verwendet wurden. Eine Trennung dieser Aufgaben des Ofens setzte im Mittelalter ein. In Süddeutschland kam um 1200 der Lehmofen auf. Im 13. Jh. begann man mit dem Bau von Kachelöfen, die den Lehmofen ablösten bzw. sich aus dem Kamin ableiteten. Nach anderen Quellen ging der Kachelofen aus dem Ziegelofen hervor, der im 9. Jh. in der Schweiz nachgewiesen wurde und sich bis zum 13. Jh. nach Norddeutschland verbreitete.

Im 14. Jh., nach anderen Angaben um die Mitte des 15. Jh., entwickelte sich der eiserne Ofen aus dem Küchenofen. Gußeiserne Ofenplatten sind etwa seit 1325 nachweisbar. Urkundlich wurde 1474 erstmalig der Siegerländer Ofenguß erwähnt, aus dem man eiserne Öfen in Kastenform herstellte. Der eiserne Ofen entwickelte sich weiter zum regulierbaren Ofen. Aus dem Kachel- und dem eisernen Ofen leiten sich transportable keramische und emaillierte Stahlblechöfen und -herde ab, die in der Regulierung und im Dauerbrand höchsten Anforderungen gerecht werden.

Zentralheizung: In China wurden Zentral-H. bereits im 3. Jh. v. u. Z. mit Rauchgasen betrieben. Das Rauchgas zog durch in den Wänden und unter den Fußböden angeordnete Kanäle. Bei den Römern war die »Hypokausten-H.« mit Warmluft um 100 v. u. Z. von *C. S. Crata* erfunden bzw. wiedererfunden, um 140 u. Z. verbreitet. Die Luftheizung wurde um 1350 im Marburger Schloß eingeführt. *H. Platt* gab 1652 in England eine Anleitung zum Bau von Dampfheizungen heraus; *J. Watt* ↑ führte 1784 Dampf-H. aus.

Man vermutet, daß die Römer nahe Mainz und in Britannien zum Teil auch warmes Wasser zum Beheizen der Fußböden verwendet haben. Die Wasserburg Trakei bei Wilnjus besaß im 13. Jh. eine Heißwasser-H. Aus dem Jahre 1777 liegt ein Bericht vor, nach dem *Bonnemain* vor Vertretern der Akademie der Wissenschaften in Paris eine Warmwasser-H. vorgeführt haben soll.

Die erste bekannt gewordene Fern-H. beheizte 1818 eine Gärtnerei in England. Fern-H. wurden zunächst mit Dampf betrieben. Die erste, die ein größeres Ausmaß besaß, bestand 1878 in Lockport (USA). *Pfützner* baute 1900/02 in Dresden die erste deutsche Fern-H. für 11 Gebäude. Später errichtete man Fernheizwerke, die für Heißwasser als Wärmeübertrager ausgelegt waren.

Gasheizung: Schon um 400 v. u. Z. soll in Kleinasien mit Erdgas geheizt worden sein. Stadtgas wird seit etwa 1830 in größerem Umfange zum Heizen verwendet. Andere Quellen geben dafür 1855 an, die Zeit der Erfindung des Bunsenbrenners ↑.

Elektrische Heizung: Eine elektrische Heizeinrichtung wurde erstmals in einer US-Patentschrift um 1859 erwähnt. In Paris unternahm man 1885 erste Versuche zur elektrischen H. von Eisenbahnwagen. *Werner Siemens* ↑ stellte 1892 elektrische Öfen im kaiserlichen Schloß auf. Heute wird die elektrische H. eingesetzt z. B. als Infrarotstrahlungs-H., durch Luftumwälzung – der Luftstrom wird über Widerstandsregister geführt – oder als Decken- bzw. Fußboden-H. mit eingelegten Heizdrähten.

Ölheizung: In Byzanz benutzte man um 1400 Erdöl-H. in Badezimmern.

Seit etwa 1950 setzte sich die Ölheizung, auch in Wohngebäuden, stärker durch.

Heronsball: wird *Heron von Alexandria* ↑ zugeschrieben. Sein Prinzip kehrt in vielen technischen Geräten wieder, z. B. im Windkessel von Flüssigkeitspumpen, im Getränkesiphon und anderen.

Heurechen: Von Pferden gezogene Rechen dienten als »Hungerharke« oder auch »Sausterbe« dazu, nicht nur Heu, sondern auch

Getreidereste einzusammeln. Die älteste deutsche Beschreibung einer solchen Harke ist die von *J. G. Günther*(1799). Der Rechen bestand aus Holz von 9 Ellen Länge (6,21 m) und trug zwei Reihen Zinken. Zur sicheren Führung war der Rechen an einem zweirädrigen Vorderkarren angehängt. Beim Transport wurde das eine Ende des Rechens auf der Vorderseite befestigt und so in Längsrichtung abgeschleppt.

Bereits um 1862 entstand der Pferderechen in seiner heutigen Gestalt; die langen Zinken waren an einer Welle parallel zur Achse befestigt. Damals erfolgte das Hochkippen der Zinken zum Entleeren des Rechens durch das Einknicken der Verbindung zur Deichsel. Nach 1870 wurde das Ausheben durch Sperrklinken besorgt, die in entsprechende Zahnkränze der Radnaben eingriffen.

Ein Rechen mit seitlicher Ablage des Heus war das um die Jahrhundertwende entstandene Gerät von *J. G. Fahr.* Eine aus 3 Rechen bestehende Haspel wurde im Winkel von 45° zur Fahrtrichtung hinter der Achse über ein Zahnradwinkelgetriebe entgegengesetzt zur Drehrichtung der Fahrräder angetrieben. Später war durch einfache Umstellung der Drehrichtung und Anschwenken parallel zur Achse auch das Wenden des Heus mit dieser Maschine möglich.

Heuwender: *Schulze* in Salzburg schuf um 1804 den ersten H. Sein charakteristisches Kennzeichen waren Räder, die ein kurzes Zusammenrechen und beim Heben des Gerätes ein Ablegen und teilweises Wenden des Grünfutters bewirkten.

Der Schotte *Salmon* ließ sich 1816 einen Trommel-H. patentieren, auf dessen Prinzip heute noch die meisten Konstruktionen zurückgehen. Ein bedeutsamer Fortschritt bestand darin, daß sich die Drehrichtung der Trommel verändern ließ, um leicht oder intensiver (bei Drehrichtung entgegen der Fahrtrichtung) zu wenden. Um 1860 baute eine englische Firma solche Trommel-H., deren Zinken elastisch aufgehängt und deren Trommeln in der Höhe verstellbar waren. *Perry* schuf in den USA eine leichtere Konstruktion, bei der eine Haspel zwei Zinkenreihen trug. Um 1908 brachte das Eisenwerk Roßleben die erste Konstruktion eines Gabel-H. heraus. Vier zweizinkige Gabeln waren an Wellen befestigt, die wiederum, durch Gliederketten geführt, umliefen. Diese aufwendige Konstruktion wurde durch eine Kurbelwelle ersetzt, von der die Gabeln bewegt werden (USA). Diese Konstruktion hat sich wegen ihrer leichten Bauart bis heute neben dem vielfach verbesserten Trommel-H. behauptet.

Hobelmaschine: Die erste H. wurde 1817 von dem englischen Techniker *R. Roberts* ↑ gebaut. Bei ihr wurde das Werkstück noch durch Kettenzug unter dem Schneidstahl hin- und herbewegt. Mit der H. war zum ersten Mal die Bearbeitung ebener Flächen möglich. In der Folgezeit wurde die H. von *Roberts* weiterentwickelt. Später nahm eine H. mit Handbetrieb und Schwungrad (*Heinemann*, 1890) eine Sonderstellung ein.

Moderne H. arbeiten weitgehend automatisch und sind je nach Maschinentyp mit verschieden vielen Meißeln ausgerüstet.

Hochfrequenzerwärmung: Die Möglichkeit, metallische und nichtmetallische Stoffe im hochfrequenten Wechselfeld eines Senders zu erwärmen, war bereits in den ersten Jahren der Hochfrequenztechnik bekannt, wurde aber nicht genutzt. Erst um die Mitte der 30er Jahre wurden die technologischen Möglichkeiten der H. untersucht und zunehmend eingesetzt. Hierbei leisteten bes. *V. P. Wologdin* ↑ und *B. N. Romaschow* Pionierarbeit.

Hochfrequenzmaschine: Die ersten H. zur Erzeugung ungedämpfter elektromagnetischer Wellen entstanden noch im 19. Jh. (1889 *H. v. Fessenden*). Sie wurden nach 1900 verbessert (z. B. von *G. v. Arco* ↑, *V. P. Wologdin* ↑, *E. F. Alexanderson*), für Leistungen bis zu mehreren Hunderten Kilowatt ausgeführt und bis nach 1920 in zahlreichen Funkstationen eingesetzt. Durch die Entwicklung leistungsfähiger Röhrensender verloren sie ihre Bedeutung.

Hochofen: zur Erzeugung flüssigen Roheisens, im Gegensatz zum Stückofen, wo eine teigige Masse erzeugt wurde, entstand zu Beginn des 14. Jh. und hatte anfangs eine Höhe von 3 bis 5 m. Er wurde ursprünglich mit Holzkohle beschickt. Erst zu Beginn des 18. Jh. wurde diese in England durch Koks ersetzt.

Heute sind H. bis 130 m hohe Schachtöfen, in denen Eisenerz und eisenhaltige Verbindungen verarbeitet werden. Sie bestehen aus feuerfesten Steinen und einer Stahlblechpan-

zerung. Ein moderner H. ist etwa 10 bis 15 Jahre kontinuierlich in Betrieb. Große H. erzeugen 5000 bis 6000 t Roheisen in 24 Stunden.

Hofius-Verfahren: Verfahren zur Milchkonservierung ↑ sowie zur Haltbarmachung von Milchprodukten (*Eberlein*, 1939). Die Methode besteht in der Aufbewahrung von pasteurisierter Milch unter Sauerstoff bei erhöhtem Druck und unter gleichzeitiger Tiefkühlung. Mit dem H.-V. läßt sich Milch etwa drei Wochen frisch halten, was für spezielle Verbrauchssituationen (Seeschiffe, Expeditionen usw.) von Bedeutung ist.

Holländer: Mahlwalze zum Quetschen, Zerkleinern und Mischen von Faserstoffaufschwemmungen für die Papierbereitung, wurde 1671 in Holland erfunden. Er wird heute infolge seiner diskontinuierlichen Betriebsweise immer mehr von kontinuierlich arbeitenden Stoffmühlen verdrängt.

Holzschliff: durch mechanische Zerkleinerung von Holzmaterial gewonnener, zur Herstellung von Papier ↑ geeigneter Faserbrei, der 1843 von *F. G. Keller* ↑ erfunden wurde und schnell eine dominierende Stellung unter den bis dahin für die Papierherstellung benutzten Ausgangsmaterialien (Lumpen, Hanf und andere pflanzliche Faserstoffe) erlangte. Nachteil beim Herstellungsprozeß von H. ist die Schädigung der Faserstruktur der Holzsubstanz, welche zu verminderter Festigkeit der daraus erzeugten Papiere führt und durch Zusätze von anderen Halbstoffen ausgeglichen werden muß. Dieser Nachteil wird durch eine Erfindung von *M. Behrend* und *O. Meyh* vermieden. Der nach ihrem Verfahren hergestellte H. (Braunschliff) entsteht aus Hölzern, die vor dem Schleifprozeß einer Behandlung mit Wasserdampf unter Druck unterzogen wurden, wodurch ein gewisser Aufschluß im Ausgangsmaterial und damit zugleich eine Verbesserung in der Faserstruktur erreicht wird. Beim H. läßt sich gegenüber der Zellstoffherstellung (Zellstoff ↑) etwa die doppelte Substanzausbeute für die Papierherstellung erzielen.

Holzschnitt: Die Holzschneidekunst (Xylographie), heute vorwiegend in der künstlerischen Reproduktionstechnik verwendet, war bereits um 660 in China in Gebrauch. Nach 1400 kam der H. in Deutschland und den Niederlanden auf. Der älteste H. stammt aus dem Jahre 1423 und wurde in einem Kloster bei Memmingen entdeckt. Die Blütezeit erlebte der H. im 15./16. Jh. durch *A. Dürer, L. Cranach, H. Holbein* u. a.

Holzschutzmittel: In Deutschland wird seit 1849 die Volltränkung des Holzes mit Steinkohlenteer im Druckkessel durchgeführt. Seit 1902 ist durch *M. Rüping* die Spartränkung bekannt. Dabei wird Luft in den Poren des Holzes durch hohen Druck komprimiert und anschließend unter noch höherem Druck heißes Teeröl eingepreßt. Unter Vakuum drückt die sich entspannende Luft das überschüssige Teeröl wieder aus den Zellen des Holzes. Andere Verfahren sind das von dem Engländer *Kyan* entwickelte Eintauchverfahren sowie das von dem Franzosen *Boucherie* entwickelte Saftverdrängungsverfahren.

Holzverzuckerung: Zur großtechnischen Durchführung der H., der Herstellung von Traubenzucker, Alkohol, Nährhefe u. a. Produkten aus Cellulose, gelangten die Verfahren nach *Bergius-Rheinau* (1913) sowie *Scholler-Tornesch* (1933). Die H. besaß in Deutschland bis 1945 große Bedeutung und spielt heute bes. in Ländern mit großen Zellulosevorräten eine Rolle.

Schon 1819 erhielt *Braconot* durch Säurebehandlung von Sägemehl wasserlöslichen Zukker. Diese Entdeckung fand damals keine bes. Beachtung. Erst nach 1850 wurden zunehmend Patente zur H. angemeldet, doch erlangten nur die beiden genannten Verfahren Bedeutung.

Hörrundfunk: Der Beginn des H. ist nicht eindeutig festlegbar. Bereits vor 1910 wurden verschiedentlich mit Lichtbogensendern Schallplatten- und Musikübertragungen versucht, so u. a. von *A. Slaby* ↑ und von *L. de Forest* ↑. Dabei wurden versuchsweise Empfänger in Wohnungen installiert. Sinnvoll wurden solche Versuche erst nach der Erfindung der Elektronenröhre ↑. So experimentierten *A. Meißner* ↑ und *H. Bredow* ↑ 1916 mit Röhrensendern, wobei Schallplatten übertragen und von Funkern abgehört wurden. Ähnliche Versuche wurden 1919 von der Industrie unternommen.

Auf kommerzieller Basis entstanden H.-Sender 1920 in den USA, 1921 in England und Frankreich. Ganz besonders wurde der H.

in der Sowjetunion gefördert. Bereits 1919 wurden H.versuche durchgeführt, im Mai 1922 als einer der ersten Großsender der Sender »Komintern« in Betrieb genommen.

In Deutschland unternahmen 1920 Angehörige der Funkstation Königs Wusterhausen H.-experimente. 1921 übertrug man eine Oper. Ähnliche Experimente fanden auch von Eberswalde aus statt.

Am 23. 10. 1923 wurde der deutsche Unterhaltungsrundfunk offiziell gegründet. In zahlreichen Städten wurden in der Folge Sender aufgebaut, deren Leistung und Zahl ständig erhöht wurden. In anderen Staaten entstanden ähnliche H.sendernetze.

Der Kurzwellen-H. nahm seinen Betrieb, zunächst für die störungsreichen tropischen Gebiete, gegen Ende der 20er Jahre auf.

Nach 1930 begannen, nicht zuletzt wegen der zunehmenden Überfüllung des Mittelwellenbereichs, vorbereitende Untersuchungen über die Möglichkeiten des Ultrakurzwellen-H. Sie wurden durch militärische Belange zunehmend gehemmt. Der UKW-H. wurde daher erst 1949/50, zunächst in Mitteleuropa, eingeführt, wo sich der Mangel an Sendekanälen bes. bemerkbar gemacht hatte. Die hervorragende Qualität der UKW-Übertragungen ließ es sinnvoll erscheinen, die stereofone Wiedergabe auch beim H. einzuführen. Seit 1960 werden von H.stationen zahlreicher Staaten Stereosendungen ausgestrahlt.

Hubschrauber: Die Idee zum Bau eines H. äußerte bereits *L. da Vinci* ↑. Er schlug eine eingängige Schraube von mehreren Metern Durchmesser mit einem Schraubengang aus versteifter Leinwand vor.

Im 19. Jh. veranlaßte der Gedanke des H. zahlreiche Erfinder zu Modellversuchen. So baute *J. Degen* ↑ ein funktionsfähiges Modell mit Uhrwerkantrieb. *A. Pénaud* ↑ konstruierte ein H.-modell, für das er einen »Gummibandmotor« als Antriebsquelle vorsah (1870). *E. Forlanini* ↑ baute ein H.modell mit Dampfantrieb, das sich 1877 bei Versuchen einige Meter in die Luft erhob. *H. Ganswindt* ↑ konstruierte ein H.modell, dessen Flugfähigkeit ebenfalls unbefriedigend blieb. 1907 gelang schließlich *L. Bréguet* ↑, sich mit einem selbstgebauten H. für kurze Zeit etwa 1,5 m über den Boden zu erheben.

1918 führten die Österreicher *Petroczy* und *Th. v. Karman* Versuche mit einem während des Fluges zur Stabilisierung an Seile gefesselten H. durch. 1930 gelang in der UdSSR *Tschmuchin* der senkrechte Aufstieg in einem H. bis auf 605 m Höhe. Ein Waagerechtflug war damals mit dem H. noch nicht möglich. Diesen führte erstmals 1936 *L. Bréguet* vor, dessen H. in 158 m Höhe eine Geschwindigkeit von 110 km/h erreichte.

Der erste einsatzfähige H. war der 1937 von *H. Focke* gebaute FW 61 mit etwa 140 km/h Höchstgeschwindigkeit und einer Gipfelhöhe von 3400 m. Ab 1943 wurde die Serienproduktion von H. aufgenommen.

Nach 1945 gewann der H. wegen seiner vielseitigen Einsetzbarkeit wachsende Verbreitung. Auf dem Gebiet der H.entwicklung konnten seitdem bes. in der UdSSR zahlreiche richtungweisende Erfolge erzielt werden. So wurde ein 1956 in den USA aufgestellter Weltrekord im Lastflug (mit 6 t Zuladung 2000 m Steighöhe erreicht) schon 1957 von dem Mi-6 (UdSSR), einem mit 2 Turboproptriebwerken ausgerüsteten Groß-H., wesentlich überboten (12 t Zuladung, 2432 m Steighöhe).

Hydraulische Presse: wurde 1795 von *J. Bramah* ↑ unter Mitarbeit von *H. Maudslay* ↑ entwickelt und 1796 patentiert.

Hygrometer: Nachdem *N. de Cusa* 1440 und *L. da Vinci* ↑ um 1490 die Luftfeuchtigkeit durch die Gewichtszunahme einer hygroskopischen Substanz zu bestimmen suchten, benutzte *G. Amontons* ↑ 1688 u. a. die Quellfähigkeit feuchten Holzes zur Herstellung von H. *W. Molyneux* verwendete 1676 als erster die Längenänderung bzw. die Torsion von Seilen, *Deluc* 1774 die Ausdehnung von Elfenbein für das H., 1783 erfand *H. B. de Saussure* das Haar-H. als erstes brauchbares Gerät für quantitative Messungen.

1880 verbesserte und vereinfachte der Mechaniker *W. Lambrecht* das H. Das Taupunkt-H. entwickelte 1820 *J. F. Daniell*, das *J. W. Döbereiner* ↑ (1822), *H. V. Regnault* ↑ (1845) und *Lambrecht* verbesserten. Das Psychrometer wurde 1825 von *E. F. August* entwickelt, 1887 von *R. Aßmann* verbessert.

I

Indanthrenfarbstoffe: wichtige Gruppe von Teerfarbstoffen ↑. Sie zählen zu den Küpenfarbstoffen ↑, gehören chemisch zu den Anthrachinonfarbstoffen und zeichnen sich durch extrem gute Echtheit und Beständigkeit aus.

Den ersten I., das Indanthrenblau RS, stellte 1901 *Bohn* beim vergeblichen Versuch her, einen »Anthrachinonindigo« zu synthetisieren. Indanthrenblau RS hat auch heute noch große Bedeutung in der Baumwollfärberei.

Indigofarbstoffe: wichtige Gruppe von Teerfarbstoffen ↑, zu den Küpenfarbstoffen gehörig, deren Entwicklung auf die 1865 von *A. v. Baeyer* ↑ begonnenen Arbeiten zur Synthese der Stammverbindungen zurückgeht. Nachdem *Baeyer* 1879 die erste Indigosynthese gelungen war, ergaben sich erst durch die Arbeiten von *K. Heumann* technisch realisierbare Wege (Heumannsche Synthesen 1890). Die Großproduktion begann 1897. Durch Einführung der sog. Indigosole (1924) konnte die Färbetechnologie wesentlich vereinfacht werden. I. werden wegen ihrer guten Farbstoffeigenschaften und günstigen Herstellungskosten auch heute noch in großem Maß verwendet.

Intestinalsender: extrem verkleinertes, verschluckbares elektronisches Gerät zur drahtlosen Übermittlung medizinischer wichtiger Daten aus dem Verdauungstrakt, wurde um 1957 entwickelt. Dabei erwarb in der DDR bes. *M. v. Ardenne* ↑ Verdienste.

Invar: Nickel-Eisen-Legierung, deren Längenänderungen unter wechselnder Temperatur sehr gering bleiben, wurde von *Ch. E. Guillaume* ↑ 1897 erfunden. Es findet Anwendung bei der Anfertigung feinmechanischer Präzisionsinstrumente.

Ionenaustauscher (Austauscher): chemisch aktive Austauschadsorbentien, die in technischem Maßstab etwa ab 1920 verwendet werden. Die zuerst eingesetzten natürlichen Aluminium-Silikate wurden später durch die sog. Permutite, aus Quarz, Tonerde und Soda hergestellte anorganische Substanzen, abgelöst. Technisches Haupteinsatzgebiet dieser Materialien war die Wasserreinigung. Der große Aufschwung im Einsatz von I. begann mit der Entdeckung organischer I. auf Kunstharzbasis. Die ersten I. dieses Typs wurden 1935 von *B. A. Adams* und *E. L. Holmes* dargestellt. In Deutschland begann die Entwicklung solcher Substanzen 1936, wobei bes. die Arbeiten von *P. R. A. Grießbach* zur Entwicklung technisch wichtiger I.typen führten (1940), zu denen z. B. »Wofatite« zählen.

Ionisationskammer: Wegen der ionisierenden Wirkung der Röntgen- und radioaktiven Strahlen diente die I. schon 1898 dem Ehepaar *P.* und *M. Curie* ↑zum Messen der radioaktiven Strahlung. Die Theorie der I. wurde von *J. J. Thomson* ↑ und *E. Rutherford* ↑ ausgearbeitet. Später wurde die I. mit einer Spannungsquelle versehen und der Ionisationsstrom bzw. -impulse gemessen sowie die I. für verschiedene Anwendungsbereiche spezialisiert.

J

Jacquard-Maschine: wurde nach langen Vorarbeiten um 1805 von *J. M. Jacquard* ↑ in Lyon entwickelt. Mit dieser Webmaschine wurde zum ersten Mal die Herstellung gemusterter Stoffe auf rein mechanischem Wege möglich. *Jacquard* hatte dies durch Lochkarten erreicht, die – mechanisch abgetastet – die Maschine steuerten.

Jakobsstab (Kreuzstab): zur Bestimmung von Winkeln und Sternhöhen; war schon zu Lebzeiten von *Archimedes* ↑ bekannt. Da er auch zur Feststellung der geographischen Breiten benutzt werden konnte, stellte er bis zur Erfindung des Sextanten eines der wichtigsten nautischen Instrumente dar.

K

Kacheln: wurden bereits im 10. Jh. hergestellt und zunächst aus freigedrehten Schüsseln geformt, die man speziell hierfür anfertigte. Die Herstellung erfolgte ausschließlich in kleinen, handwerklich betriebenen Werkstätten. Erst mit dem Einsetzen der Industrialisierung entstanden größere Werke für die Massenfabrikation von K.

Kadmium: 1817 von *K. S. L. Hermann* in einem Zinkoxid entdeckt und von *F. Stromeyer*, der es im gelben Galmei fand und das Metall als erster isolierte, danach benannt (lateinisch Cadmia). Technisch wurde es zuerst von *Mentzel* (1827) hergestellt. Da es keine eigentlichen K.-erze gibt, kommen für die technische Gewinnung nur Zwischenprodukte von Zink-, Kupfer- und Bleihütten in Betracht. Verwendet wird K. bes. als Überzugsmetall für den Korrosionsschutz auf Eisen, ferner in Legierungen als Lagermetall, als Lot sowie als Elektrodenwerkstoff in Akkumulatoren und in jüngster Zeit in der Halbleitertechnik.

Kalisalze: sind wertvolle Pflanzendünger. Die größten Lagerstätten der Welt befinden sich auf dem Gebiet der DDR. Nachdem bereits seit Jahrhunderten in Staßfurt Salinenbetrieb bestand, begann man 1837 zur Erhöhung der Erträge mit Tiefbohrungen, die 1843 fündig wurden. Zwischen 1851 und 1856 wurden die ersten Schächte niedergetrieben, wobei zunächst nur Steinsalz Interesse fand, die reichlich vorhandenen Fremdsalze dagegen als unerwünschte Abraumsalze verworfen wurden. Bald erkannte man jedoch die Bedeutung dieser Salze für die Landwirtschaft wegen ihres hohen Gehalts an K. 1861 wurden die ersten Chlorkaliumfabriken von *Grüneberg* und *A. Frank* in Staßfurt errichtet. Bis 1918 war ihre Zahl im mitteldeutschen Raum auf 210 gestiegen. Auch in anderen Ländern wurden in der Folgezeit Kalisalz-Industrien gegründet, so 1904 im Elsaß und 1931 in der UdSSR, im gleichen Zeitraum auch in den USA.

Kalk: Es wird zwischen an der Luft erhärtendem (Weißk., Grauk., Carbidk.) und unter Wasser erhärtendem K. (Wasserk., hydraulischer und hochhydraulischer K., Romank.) unterschieden. Weiß- und Grauk. sind seit Jahrhunderten bekannt; Carbidk. ist ein Abfallprodukt der chemischen Industrie. Bereits die Römer benutzten hydraulische K. (Romank. oder Luftk. mit hydraulischen Zugaben wie z. B. Puzzolanerde) für die Betonherstellung. Nachdem die Kenntnis über die Wirkung hydraulischer Zusätze in Vergessenheit geriet, wurde in Deutschland Traß (vulkanische Tuffe aus der Eifel) erst wieder seit dem späten Mittelalter als hydraulischer Zusatz verwendet. 1756 entdeckte der Engländer *Smeaton* den Wasserk. 1796 stieß der Engländer *J. P. Parker* auf die hydraulischen Eigenschaften von tonhaltigem K. und nannte ihn, da die hydraulischen Mörtel der Römer bekannt waren, Römischen Zement oder Romanzement.

Kalkstickstoff: Die chemisch wirksame Substanz des K., das Calciumcyanamid, wurde zuerst 1877 von *Drechsel* beschrieben. 1898 fand *F. Rothe* die Herstellungsmethode aus Calciumcarbid und Stickstoff, die zum Frank-Caro-Verfahren ↑ führte. Als zweite industrielle Methode der K.herstellung hat das Polzenius-Krauß-Verfahren ↑ nach dem Frank-Caro-Verfahren ↑ technische Bedeutung erlangt. Jenes basiert auf der 1901 von *Polzenius* gemachten Entdeckung, daß Zusätze von Calciumchlorid die Reaktionstemperatur so stark senken, daß die technische Durchführung der Azotierung schon in einem Kanalofen von etwa 60 m Länge möglich ist. Beim F.-C.-Verfahren benutzt man zum selben Zweck Zusätze von Calciumfluorid. Die Wirksamkeit des K. als Düngemittel wurde 1901 von *A. Frank* und *H. Freudenberg* festgestellt. Neben seiner Bedeutung als Düngemittel wird K. heute u. a. als Ausgangsstoff zur Produktion von Aminoplasten verwendet.

Kälteerzeugung: Die Temperaturerniedrigung von Wasser beim Auflösen bestimmter Salze war wahrscheinlich schon im Altertum bekannt. So soll dies für Salpeter von durstgequälten Galeerensklaven entdeckt worden sein. Kältemischungen aus Natureis und Salz waren gegen Ende des 18. Jh. allgemein bekannt. Seit Beginn des 19. Jh. wurden Versuche durchgeführt, Verdunstungskälte zum Bau von Kühlmaschinen, vordringlich zur Herstellung von künstlichem Eis, zu nutzen. Die ersten dieser Aggregate waren Vakuum-Kältemaschinen mit Wasser als Kältemittel und Schwefelsäure als Absorptionsmittel. Der Schotte *J. Leslie* gilt als erster Konstrukteur solcher Anlagen (1810), die zunächst nur für Laborzwecke gedacht waren. Diese Kältemaschinen, bei denen auch andere Flüssigkeitssysteme, z. B. Ether und Wasser, Verwendung fanden, konnten 1850 wesentlich verbessert werden, als *F. Carré* durch Einbau einer Pumpe den Verdunstungseffekt wesentlich wirksamer gestalten konnte. Durch die Erfindung der Ammoniakkältemaschine durch *C. v. Linde* ↑ wurde ein Aggregat mit wesent-

lich höherem Wirkungsgrad eingeführt. *Lindes* Arbeiten auf dem Gebiet der K. führten zu wichtigen technischen Anwendungen, z. B. Luftverflüssigung ↑ (Tieftemperaturphysik ↑), Kältekonservierung usw.

Seit Mitte der 50er Jahre des 20. Jh. wird zur K. auch der Peltier-Effekt auf Halbleiterbasis für Sonderzwecke genutzt.

Kaltstreckbarkeit: Ein 1932 von *W. H. Carothers* ↑ und *Hill* entdecktes Phänomen, das bei synthetischen Hochpolymeren zu beobachten ist. Diese erhalten erst nach Strecken auf ein Vielfaches ihrer Ursprungslänge ihre speziellen Eigenschaften, so z. B. vollsynthetische Chemiefasern ihre maximale Reißfestigkeit.

Kamera: Vorläufer aller K. ist die Camera obscura ↑. Zur Scharfeinstellung wurden bereits die ersten K. (um 1830) ausziehbar gestaltet (Fernrohrtubus oder Balgen). Lichtstarke, verzeichnungsarme Objektive (z. B. Porträt-Objektiv von *J. Petzval*, 1840, Doppelobjektiv von *C. A. Steinheil* ↑, 1865) ermöglichten hochwertige Aufnahmen bei kurzen Belichtungszeiten und trugen dadurch wesentlich zur Verbreitung der Fotografie bei.

Um 1860 wurde die Balgen-K. zur Klapp-K. weiterentwickelt, die für Jahrzehnte zur beherrschenden K.form wurde. Auch ein Patent auf eine Spiegelreflexkamera wurde 1860 erteilt. Zentral- und Schlitzverschluß wurden im letzten Drittel des 19. Jh. entwickelt, ebenso weitere hochwertige Objektive (um 1890 Anastigmat von *P. Rudolph*).

Die erste Rollfilmkamera kam 1888 auf den Markt. Die erste Kleinbildkamera wurde 1913 von *O. Barnack* vorgestellt, aber erst ab 1924 serienmäßig produziert (Leica).

Die erste K. mit eingebautem elektrischem Belichtungsmesser wurde 1935, die erste Kleinstkamera (Minox) 1938 hergestellt.

In der Folgezeit wurden Gebrauchswert und Bedienkomfort der K. ständig erhöht (z. B. durch Wechselobjektive, Blendenvorwahl, Vorrichtungen zum Erleichtern des Filmeinlegens und -wechsels und durch zahlreiche Zusatzgeräte). Die jüngste Entwicklung ist gekennzeichnet durch Einführung elektronischer und bes. mikroelektronischer Elemente bzw. Baugruppen in die K.-Technik, wodurch eine nahezu vollständige Automatisierung aller für die Aufnahme notwendigen Vorgänge ermöglicht wurde.

Kämmaschine: zum mechanischen Ausscheiden von kurzen Fasern und Verunreinigungen aus dem dublierten und verstreckten Krempelband; wurde 1792 von *E. Cartwright* ↑ erfunden. Eine K. für Wolle und langstapelige Baumwolle wurde 1843 von *J. Heilmann* ↑ konstruiert und erlangte weite Verbreitung.

Kanalstrahlen: positive Ionen, die in einer Entladungsröhre durch Bohrungen in der Katode fliegen und »hinter« der Katode untersucht werden können, wurden 1886 von *E. Goldstein* ↑ entdeckt. Sie erwiesen sich als äußerst wichtig für die Erforschung der Materie und bilden u. a. die Grundlage der Massenspektroskopie

Kardanische Aufhängung, Kardanisches Gelenk: bereits 1546 bekannt. Ihr Name geht auf den italienischen Mathematiker, Philosophen und Arzt *Geronimo Cardano* (1501 bis 1576) zurück, der jedoch höchstwahrscheinlich nicht als eigentlicher Erfinder anzusehen ist.

Kardier-(Krempel-)Maschine: 1748 erhielt *L. Paul* ↑ ein Patent auf die von ihm entwikkelte Baumwoll-K., mit deren Hilfe ein wichtiger Teil der Vorbereitungsarbeit des Faserguts vor dem eigentlichen Spinnprozeß mit der Wyattschen Spinnmaschine ↑ mechanisiert wurde. *Pauls* K. konnte sich jedoch nicht durchsetzen. 1775 erhielt *R. Arkwright* ↑ ein Patent auf Vorrichtungen, mit denen sich fast alle Vorbereitungsprozesse in der Baumwollspinnerei mechanisieren ließen. Zu den wichtigsten gehörte hierbei auch die K. Nicht zuletzt dieses Patent brachte *Arkwright* seinen späteren Ruf als Begründer der fabrikmäßigen Baumwollindustrie in England ein.

Kartoffellegemaschine: Auf der Wiener Weltausstellung 1873 war erstmals eine K., von *Coultas* hergestellt, zu sehen, die zwar in den folgenden Jahren von *Garrett*verbessert wurde, aber den Anforderungen der Praxis nicht entsprach. Die Kartoffeln wurden mit Hilfe einer Becherkette aus dem Vorratskasten zur Pflanzröhre befördert. Das zuverlässige Verlegen der verschieden großen und unterschiedlich geformten Knollen nach vorgegebenem Abstand bereitete ernsthafte konstruktive Schwierigkeiten. Verstellbare Schöpfräume wandte erstmalig *Graf Münster* an. *True, Kohser* u. a. benutzten für den Transport der Saatkartoffeln waagerechte Scheiben, in denen Löcher die Kartoffeln aufnahmen.

A. Aspinwall in den USA ließ sich 1874 eine K. patentieren, bei der die Saatkartoffeln in eine Mulde rollten, von einem mit Spitzen versehenen Scheibenrad aufgespießt und über der Saatfurche abgestreift wurden. Um Fehlstellen weitgehend zu vermeiden, schuf *E. Töpffer* in Teltow 1909 die Greiferradlegemaschine, die im wesentlichen noch heute gebaut wird. Später wurden separate Fehlstellausgleiche geschaffen.

Kartoffelroder: Der eiserne Häufelpflug mit durchbrochenen, zu Stäben geformten Streichbrettern wurde um 1860 in Europa bekannt und laufend verbessert. Die Idee, den vom Schar gehobenen Kartoffeldamm seitlich zu zerstreuen, hatte der Schotte *Hanson,* der um 1850 einen bekannten Konstrukteur, *R. Coleman,* mit dem Bau beauftragte. Die Maschine war an einem Vorderwagen befestigt. Von den Haupträdern wurde über ein Getriebe ein Schleuderstern angetrieben, der den Damm zur Seite streute. Ein Netz sollte weiterfliegende Kartoffeln auffangen.

E. v. Kobylinski schuf bereits 1842 einen Kartoffelroder, bei dem durch eine Stabgliederkette der vom Schar gehobene Damm über die Achse der Maschine gefördert, dabei ausgesiebt und abgelegt bzw. in eine angehängte Kastenkarre abgelegt wurde.

Graf Münster verbesserte den Schleuderradroder durch bessere Gestaltung und höhere Anzahl der Gabeln und senkte die Masse der Maschine. *Harder* führte um 1900 statt des Schleudersterns geführte Gabeln ein.

H. Sack baute nach Ideen der Brüder *Mörker* und von *C. H. Denckers* 1938 den ersten Schwingsiebroder.

Der Siebkettenroder wurde 1908 von *C. F. Richter* gebaut, bald jedoch wegen hohen Verschleißes und Zugkraftbedarfs aufgegeben. Der Landwirt *E. Burgwedel* baute eine Siebkette auf einen Traktor, die durch Schüttelsterne bewegt wurde. 1941 entwickelte er daraus einen Sammelroder. Andere Firmen erweiterten ihre Siebketten- bzw. Schwingsiebroder zu Sammelrodern.

Aus Erfahrungen im Obstbau und Kohlenbergbau entstanden die ersten Trenneinrichtungen. Steintrenneinrichtungen mit Bürsten ließ sich *Lange* 1918 patentieren. Klutenwalzen waren bereits um die Jahrhundertwende bekannt (*Torle,*1896).

Kartoffelsortierer: 1898 stellte eine Leipziger Firma einen K. vor, der mit flachen, großmaschigen Sieben ausgestattet war. Einen K. mit Flachsieben fertigte etwa gleichzeitig ein Betrieb in Halle/S.

Katadyn-Verfahren: Die Entwicklung des K. geht auf die 1893 durch *v. Naegeli* entdeckte oligodynamische Wirkung von Silberionen zurück. Es ist ihre Fähigkeit, noch in sehr großer Verdünnung bakterientötend zu wirken. Anwendung findet das K. vor allem zur Entseuchung von Wasser. Daneben wird die oligodynamische Wirkung von Silberionen auch in der Medizin gegen Magen- und Darminfektionen eingesetzt.

Katodenstrahlen: 1858 von *J. Plücker* ↑ mit Hilfe der Geißlerschen Röhren (ab 1855 von *H. Geißler* ↑ gefertigt) entdeckt und von ihm, dann von *J. W. Hittorf* ↑, *J. J. Thomson* ↑, *Ph. Lenard* ↑, *W. Wien* ↑ u. a. untersucht. Die Resultate waren von größter Bedeutung für die Atomphysik und die Elektrizitätslehre und bildeten später u. a. die Grundlage für die Entwicklung von Elektronen- und Gasentladungsröhren.

Kautschuk: Europäer erfuhren vom K. durch die Entdeckungsreisen des Kolumbus, in deren Verlauf wahrscheinlich K.proben nach Europa gelangten. Die chemische Untersuchung des K. erfolgte jedoch erst um 1765, danach, um 1770, Verwendung des K. als Radiergummi. Um 1790 wurde K. im chemischen Labor für die Herstellung von Röhrchen, Dichtungen und Verschlüssen eingesetzt.

Im 19. Jh. wurde mit zahlreichen Versuchen begonnen, die Klebrigkeit des K. zu beseitigen. 1839 erfand *C. Goodyear* ↑ die Heißvulkanisation des K. Von da ab konnte K. für technische Zwecke in größerem Umfange verwendet werden.

1823 wurden die wasserdichten K.gewebe von *Mac Intosh* entwickelt, 1843 der Hartgummi *(Th. Hancock).* Auch die Eignung des K. für Isolierzwecke wurde entdeckt und vor allem von *Werner Siemens* ↑ genutzt.

Das Verbot der brasilianischen Regierung, K.-samen oder -pflanzen auszuführen, wurde 1876 durchbrochen. Daraufhin entstanden K.-plantagen vor allem in Südostasien. Die K.gewinnung stieg rasch an, bes. nach der Erfindung des Luftreifens ↑. Bald nach der Jahr-

hundertwende begannen Versuche zur Gewinnung von synthetischem K.

Keramik: Tongefäße wurden anfangs nur an der Luft getrocknet. Als man Ton zu brennen lernte, wurden die Gefäße gehärtet und vor dem Aufweichen geschützt. Gebrannte Tongefäße, bereits in der mittleren Steinzeit (6000 bis 5000 v. u. Z.) nachweisbar, wurden zunächst von den Assyrern, Persern, Babyloniern und Ägyptern sowie vor allem von den Völkern Mittelamerikas hergestellt. Die Griechen entwickelten die Töpferei zu einer vollendeten Kunst (8. bis 1. Jh. v. u. Z.). Von 1800 v. u. Z. bis 200 gab es in Mittel- und Osteuropa eine gut entwickelte Töpferkunst (Tiefstich-Bandkeramik). Im 9. Jh. brachten die Mauren eine auf hoher Stufe stehende Töpferkunst nach Spanien.

Vom 17. Jh. an erfuhr die Töpferei durch Gründung von Fabrikunternehmen, meist Manufakturen im Besitz des jeweiligen Landesherrn, einen industriellen Aufschwung.

Heute umfaßt der Begriff K. nicht nur Erzeugnisse aus Ton, sondern auch Produkte aus Steingut, Steinzeug und Porzellan.

Kernkraftwerk: Das erste K. zur Elektroenergiegewinnung für das öffentliche Stromversorgungsnetz wurde im Juni 1954 in Obninsk/UdSSR mit einer Leistung von 5 MW in Betrieb genommen; das erste K. in der DDR mit 70 MW Leistung nahm seinen Betrieb 1966 bei Rheinsberg auf.

Bis Ende 1981 wurden in etwa 20 Staaten K. errichtet. Typen mit Druck- bzw. Siedewasserreaktoren, teilweise bereits in Serie gefertigt (UdSSR), überwiegen gegenwärtig (z. B. Nowo Woronesh/UdSSR 2455 MW und Lubmin/DDR 3520 MW mit Druckwasserreaktoren, Leningrad/UdSSR 4000 MW mit Siedewasserreaktoren).

Große Anstrengungen gelten vor allem der Entwicklung schneller Brutreaktoren und der dadurch möglichen besseren Nutzung der Uranvorräte.

1973 ging der Prototyp eines derartigen K. (350 MW) bei Schewtschenko/UdSSR in Betrieb, in den Jahren danach folgten entspr. Anlagen in Frankreich und England. Ein 600-MW-K. mit schnellen Brutreaktoren arbeitet seit 1979 in Belojarsk/UdSSR.

Ende 1981 betrug der Anteil der K. an der Welt-Elektroenergieerzeugung etwa 10%.

Kernspaltung: Ausgehend von *E. Fermis* ↑ Versuchen mit neutroneninduzierten Kernreaktionen zur Erzeugung von Transuranen konnten *O. Hahn* ↑, *F. Straßmann* ↑ und *L. Meitner* ↑ bei Uran-Neutron-Reaktionen drei Zerfallsreihen von Transuranen aufstellen, während *I. Joliot-Curie* ↑ mit ihrer Arbeitsgruppe bei gleichen Versuchen ein dem Lanthan ähnliches Element fand, das also eine viel kleinere Ordnungszahl als die Transurane haben mußte. Auf diesen Impuls hin entdeckten *Hahn* und *Straßmann* im Dezember 1938 Barium, Lanthan u. a. Elemente als Spaltprodukte des Urans. *O. Frisch* und *L. Meitner* ↑ deuteten diesen Prozeß als Kernspaltung. 1939 konnten *F. Joliot-Curie* ↑ und Mitarbeiter und unabhängig von ihnen auch *Flerow* und Mitarbeiter nachweisen, daß bei jeder Kernspaltung freie Neutronen entstehen, woraus die Möglichkeit einer Kettenreaktion gefolgert werden konnte.

Kerze: Talg- und Wachskerzen, hervorgegangen aus mit Brennstoff getränkten Schnüren, Bändern usw. waren schon gegen Ende des 2. Jh. bekannt, erhielten aber erst seit etwa 800 größere Bedeutung. Ihre Verwendung blieb wegen des hohen Preises vor allem auf die Fürstenhöfe und für kirchliche Zwecke beschränkt.

Im 15. Jh. breiteten sich Talglichte aus, die oft im eigenen Haushalt gezogen wurden. Erst im 17. Jh. kam das Kerzengießen auf. Der Beginn des 19. Jh. brachte die Entwicklung der Stearinkerze. Ihre Fabrikation in großen Stückzahlen setzte etwa 1830 ein; wenig später wurde der geflochtene Docht eingeführt. Er bog sich in der Flamme zur Seite, geriet in heiße Flammenbereiche und verbrannte, während seine Vorläufer im »kalten« Flammeninneren nur verkohlten und in regelmäßigen Abständen abgeschnitten werden mußten.

Klimaanlage: Im Mittelalter gab es vereinzelte Versuche zur Lüftung bzw. Klimatisierung von Räumen. Der nordamerikanische Arzt *J. Gorrie* entwickelte 1845 eine Kaltluftmaschine. Ebenfalls um die Mitte des 19. Jh. befaßten sich der Schotte *C. P. Smith* und der Franzose *F. Carré* mit der Konstruktion von Kaltluftmaschinen. Erste brauchbare Befeuchtungsgeräte wurden seit 1872 hergestellt. Im Herbst 1892 wurde im Berliner Reichstagsgebäude eine K. installiert. Als Begründer der

modernen Klimatechnik wird *W. H. Carrier* (1876 bis 1950) angesehen. Er entwickelte 1902 eine Luftaufbereitungsanlage mit Temperatur- und Luftfeuchteregelung in Brooklyn. Seit 1930 werden von der Industrie Klimageräte angeboten, die alle zur Luftkonditionierung erforderlichen Aggregate in einem geschlossenen Gehäuse enthalten.

Kohärer: erstes bei Funkverbindungen eingesetztes Bauelement zum Nachweis elektromagnetischer Wellen ↑, wurde gegen Ende des 19. Jh. von *E. Branly* angegeben und später von *A. S. Popow* ↑ und anderen verbessert, verlor jedoch durch die Erfindung und Einführung des Detektors ↑rasch wieder an Bedeutung.

Kohlenkombine: Durch die K., eine Kombination von Schrämmaschine ↑, Zerkleinerungsaggregat und Fördereinrichtung, wurde im Kohlebergbau eine entscheidende Steigerung der Arbeitsproduktivität erreicht. Grundlegende Arbeiten dazu wurden in der UdSSR geleistet, wo bereits 1931 durch *A. I. Bachmutski* u. a. Vorschläge für die Vollmechanisierung der Kohlegewinnung unterbreitet wurden. 1939 führte *N. A. Tschichatschow* im Donbass-Revier die erste praktische Erprobung mit seiner K. durch, 1939 wurde die K. PK-1 zur Erprobung im Moskauer Kohlenbecken eingesetzt. 1956 arbeiteten hier schon 127 solcher oder weiterentwickelter Aggregate. Mit der K. »Donbass« war 1948 das Problem des industriellen Einsatzes von K. im Kohlebergbau der UdSSR gelöst. Der Trend zur Vollmechanisierung führte 1960 zum Probebetrieb des ersten komplex mechanisierten Förderaggregats (A-3) im Moskauer Becken, mit dem eine weitere Entwicklungsstufe in der modernen Technologie des Kohlebergbaus erreicht wurde.

Kokserzeugung (Verkokung): Koks zum Stahlschmelzen stellte erstmals um 1620 *D. Dudley* ↑ durch Verschwelen von Steinkohle in einem Meiler her. Die Erfindung geriet in Vergessenheit und wurde von *A. Darby* ↑um 1735 ein zweites Mal gemacht. In Deutschland wurde Koks aus Steinkohle zuerst 1778 von *Kohlhaas* in Oberschlesien benutzt. 1816 begann auch im Ruhrgebiet die Kokserzeugung.

Meileröfen zur K. wurden in der Folgezeit durch die sog. Bienenkorböfen abgelöst. Um 1860 erfand *Rexroth* die später von *Coppée* verbesserte Horizontalverkokungskammer mit senkrechten Heizzügen (Koksofen). Horizontalöfen sind heute, vielfach abgewandelt und zu Batterien zusammengefaßt, in Kokereien in Betrieb. Einen wichtigen Fortschritt brachten gegen Ende des 19. Jh. Koksöfen, bei denen auch die anderen Produkte der Kohle (Gas, Teer, Ammoniak) gewonnen werden konnten (*Carves, Otto, Brunck* u. a.). Schließlich regte *G. Hoffmann* 1882 die Siemenssche Regenerativfeuerung für Koksöfen an. Der daraus entwickelte Otto-Hoffmann-Ofen stellt die wirtschaftlichste Art der K. dar. In neuester Zeit ist die Herstellung eines für die Metallurgie brauchbaren Kokses auch aus Braunkohle gelungen (Bilkenroth-Rammler-Verfahren ↑).

Kompaß: Der Magnet-K. ist vermutlich in China erfunden worden. Wahrscheinlich war dort bereits um 1100v. u. Z. die Eigenschaft eines Magnetstabes bekannt, sich in Nord-Süd-Richtung einzustellen. Sie wurde z. B. in Form einer drehbaren angebrachten Figur, die mit dem Arm nach Süden zeigte, zur Orientierung bei Karawanenzügen ausgenutzt. In einem 121 in China verfaßten Buch wird u. a. über die Magnetisierung von Nadeln durch Magneteisenstein berichtet. Die Benutzung schwimmender Magnete als See-K. wird erstmals 265 aus China berichtet, dort kamen im 3. Jh. auch an Seidenfäden aufgehängte Magnetnadeln in Gebrauch. Mit Hilfe der See-K. führten chinesische und indische Seefahrer wahrscheinlich schon im 4. Jh. ausgedehnte Fahrten durch.

Auch die Wikinger, die im 11. Jh. von Nordeuropa aus bis nach Nordamerika gelangten, waren im Besitz von See-K.

Die erste Beschreibung von See-K. soll in Europa 1115, nach anderen Quellen in Frankreich 1190 durch *G. de Provins* gegeben worden sein. Danach bestanden diese aus einem mit Wasser gefüllten Gefäß, in welchem auf Holz befestigt eine Magnetnadel schwamm (bei den Wikingern ein Stück Magneteisenstein, als »Leitstein« bezeichnet). Die Benutzung der Magnetnadel im Bergbau wurde zuerst in Italien um 1200 erwähnt.

Die K.rose (Windrose) stammt wahrscheinlich von dem Italiener *F. Gioja* (1302), die sog. kardanische Aufhängung des Nadelgehäuses

beim späteren See-K. soll zuerst von den Niederländern verwendet worden sein (15. Jh.). Um die gleiche Zeit entwickelte sich auch die noch heute gebräuchliche Lagerung der Magnetnadel auf einer Spitze. Im 16. Jh. kam die mit 32 Unterteilungen versehene Windrose auf.

Neben dem Magnet-K. wurde in der Hochseeschiffahrt der nach 1900 von *H. Anschütz-Kaempfe* (1872 bis 1931) entwickelte Kreisel-K. zum wichtigsten Navigationsinstrument. Er wird heute überwiegend in Form des 2-Kreisel-Kugel-K. verwendet. Verbesserungen des Kreisel-K. (z. B. Ausschalten des Schlingerfehlers) erfolgten vor allem durch den Ingenieur *E. A. Sperry* (1880 bis 1930).

Kondensator (Elektrizitätslehre): Erster K. war die 1745 nahezu gleichzeitig von *G. E. v. Kleist* ↑, *P. v. Musschenbroek* ↑ sowie dessen Assistent *Cunaeus* erfundene Leidener Flasche. Sie wurde anfänglich nur für Demonstrationen und im Laboratorium benutzt (1782 Verbindung von K. und Elektroskop durch *A. Volta* ↑). Erste technische Anwendung fanden K. nach 1850 in Funkeninduktoren und in der Kabeltelegrafie.

Bes. Bedeutung erlangte der K. etwa ab 1900 durch die Entwicklung der Funktechnik und später der Elektronik. Dreh-K., K. veränderbarer Kapazität, waren 1895 bekannt und wurden 1901 in die Funktechnik eingeführt. Die seitdem entstandenen zahlreichen K.arten entsprangen den vielfältigen Bedürfnissen der Anwender.

Kongorot: Mit der Entdeckung des K. durch *Böttger* (1884) wurde eine der bedeutendsten Erfindungen auf dem Gebiet der Azofarbstoffe ↑ gemacht. Die Kongofarbstoffe haben vor allem als Baumwollfarbstoffe große Bedeutung erlangt.

Kontaktverfahren: wichtigste Methode zur Herstellung von Schwefelsäure. Die direkte Oxydation des Schwefeldioxids auf Trioxid mit Luftsauerstoff ließ sich zuerst 1831 der Engländer *P. Phillips* patentieren. Er benutzte feinverteiltes Platin als Kontaktsubstanz. 1876 verwendete *C. Winkler* Platinasbest für den gleichen Zweck. Die Ausbeute war jedoch unbefriedigend. Erst die ab 1890 von *R. J. Th. Knietsch* ↑ und seinen Mitarbeitern durchgeführten Untersuchungen führten 1895 zu einem ökonomischen Verfahren, bei dem das Schwefeldioxid aus Röstgasen mittels Platinasbest nahezu vollständig in Schwefeltrioxid umgesetzt wurde.

Das K. war zunächst für die Synthese von Indigo, bei der große Mengen von Schwefeldioxid anfallen, von Bedeutung, bald wurde das K. aber auch zur Herstellung von Schwefelsäure für andere Zwecke eingesetzt. Als man 1920 den sehr anfälligen Platinkontakt durch die billigeren Vanadium-Katalysatoren ersetzte, trat das K. schnell in ernsthaften Wettbewerb zum Bleikammerverfahren ↑, durch dessen Weiterentwicklung zum Turmverfahren sich das Nitroseverfahren jedoch auch heute noch behaupten kann.

Korund (künstlicher): seiner Entstehung nach geschmolzene Tonerde, der in der Natur als »edler K.« bekannte Edelsteine (Rubin, Saphir u. a.) bildet oder in weniger reiner Form (»gemeiner K.«), z. B. als Schmirgel, auftritt, wird heute in großem Umfang technisch hergestellt. Die erste Herstellung synthetischen K. in verwendbaren Kristallen gelang 1891 *Fremy* und *Verneuil*. Die Herstellung synthetischer Edelsteine wird seit 1900 im Verneuil-Ofen, einem Schamotteofen mit Gebläseflamme als Heizquelle, durchgeführt. Wichtige technische Anwendung finden synthetische Edelsteine als Lagermaterialien in Präzisionsinstrumenten. Zur großtechnischen Herstellung von K. benutzt man Elektroöfen. Der hier erzeugte K. dient u. a. der Gewinnung von Schmirgel- und Poliermitteln, zur Herstellung feuerfester Steine und neuerdings zu bestimmten Einsatzzwecken in der Sinterkeramik.

Kraftfahrzeug: Nachdem der Dampfwagen ↑ als erstes K. bereits 1770 erfunden war, hatte zuerst der Schweizer *Isaac de Rivaz* die Idee, einen Verbrennungsmotor ↑ als Antrieb für einen Wagen zu verwenden (Patent 1807). Sein 1807 gebautes Modellfahrzeug erwies sich jedoch im Betrieb als derart unvollkommen, daß er die Versuche aufgab. Der Erfinder des ersten brauchbaren Gasmotors, *E. Lenoir* ↑, hatte ebenfalls Pläne für ein Motorfahrzeug. In einer mit seinem Motor als Antrieb ausgerüsteten Kutsche fuhr er Anfang der 60er Jahre des 19. Jahrhunderts Strecken bis zu 15 km, erkannte dabei die Untauglichkeit des Motors für diesen Zweck und gab weitere Versuche auf.

In Wien fuhr 1876 *S. Marcus* ↑ mit dem er-

sten K. mit Benzinmotor, doch wurden ihm weitere Fahrten wegen des Motorlärms untersagt. Seine Erfindung blieb unbeachtet. 1880 fuhr *L. Tuchscherer* aus Schönheide (Erzgebirge) mit einer von einem selbstkonstruierten Zweitaktmotor angetriebenen Kutsche. Er mußte seine Versuche aus Geldmangel aufgeben.

Schöpfer des technisch brauchbaren K. wurden dann fast gleichzeitig und voneinander unabhängig *G. Daimler* ↑ und *W. Maybach* ↑ in Stuttgart sowie *C. F. Benz* ↑ in Mannheim. Im November 1885 fand die erste Probefahrt eines Motorrades ↑, gebaut in der Werkstatt *Daimlers*, statt (die Bezeichnung Motorrad wurde 1894 *Hildebrandt* und *Wolfmüller* geschützt). Ihm folgte im nächsten Jahr die erste Fahrt einer von einem Daimlermotor angetriebenen Kutsche. *Daimler* und *Maybach* fanden bald immer neue Verwendungsmöglichkeiten für ihren Einzylindermotor, den sie nicht nur in kutschenähnlichen Fahrzeugen, sondern auch in Booten (Motorboot ↑) und in Schienenfahrzeugen erfolgreich einsetzten.

1886 fuhr auch das erste K. von *Benz* ↑, ein dreirädriger Motorwagen (29. 1. 1886 Patent auf »Fahrzeug mit Gasmotorenantrieb«). Im ersten internationalen Automobilrennen (Paris – Rouen, 1884), an dem auch Dampfwagen und andere mechanisch betriebene Fahrzeuge teilnahmen, errangen Daimlerwagen den Sieg. Sie erreichten dabei eine Höchstgeschwindigkeit von etwa 20 km/h. Der Geschwindigkeitsrekord kletterte in den nächsten Jahren schnell (1899: 110 km/h, 1904: 148,5 km/h, 1911: 228 km/h, 1938: 432,7 km/h, 1947: 666 km/h).

Nachdem *Daimler* bereits 1887 ein Viergang-Zahnradgetriebe benutzt und 1891 den ersten LKW gebaut hatte, entwickelten sich bald auch andere K.typen. So wurden 1901 die ersten Traktoren in den USA hergestellt. Die seit 1895 allgemein im K.bau verwendete Luftbereifung unterstützte die schnelle Verbreitung des K. entscheidend. Die Einführung der Kardanwelle statt der bis dahin üblichen Kettenübertragung (1899 konstruierte *A. Dion* ↑ das wahrscheinlich erste damit ausgerüstete K.) bedeutete einen wichtigen technischen Fortschritt, ebenso die 1910 von *Ch. Kettering* gemachte Erfindung des elektrischen Starters (1912 in Serienfahrzeuge eingebaut). Insgesamt näherte sich durch solche und andere Erfindungen (z. B. Spritzdüsenvergaser von *Maybach*, 1893) und Verbesserungen, nicht zuletzt am Motor, das K. in seinen konstruktiven Grundlagen schon um diese Zeit dem modernen K. Die zu Beginn der 30er Jahre aufgekommene Reibungskupplung wird seit etwa 1950 in immer stärkerem Ausmaß durch hydraulische Kupplungen abgelöst. Aus dem noch nach 1940 mechanisch geschalteten Getriebe wurden inzwischen in vielen Ländern automatische mit elektrischer ober bes. häufig hydraulischer Übertragung arbeitende Getriebe entwickelt. 1912 führte *H. Ford* ↑ in seinem Betrieb die Fließbandfertigung ein, wodurch das K. schnell zu einem Massenartikel wurde. Die Entwicklung des K. in den letzten beiden Jahrzehnten ist u. a. gekennzeichnet durch die Entwicklung neuer Motortypen bzw. Antriebssysteme.

Der Dieselmotor wurde 1936 erstmals in die Serienproduktion für PKW aufgenommen. Seit 1950 wird daran gearbeitet, PKWs mit einer Gasturbine auszurüsten. Die Erfindung des Wankelmotors ↑ (1954) brachte eine neue Entwicklungsrichtung bei den Kolbenmotoren. 1963 wurden die ersten so ausgerüsteten PKW serienmäßig hergestellt. Der Freikolbenmotor befindet sich gegenwärtig ebenso wie die Gasturbine noch im Erprobungsstadium als K.motor. Seit etwa 1955 wird auch am Einsatz vergaserloser Motoren für K. u. a. in der UdSSR und den USA gearbeitet. Schließlich deutet sich eine völlig neue Entwicklung im Antriebssystem eines K. durch den 1955 von *H. Ferguson* in England erstmals vorgestellten Kraftwagen mit hydraulischem Antrieb an.

Kraftwerk: Voraussetzung für den Bau von K. und damit die Entwicklung der Elektroenergietechnik waren vor allem die Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips (*Werner Siemens* ↑ 1866/67), die direkte Kupplung von Dampfmaschine und Generator (1881) und die Schaffung leistungsfähiger Dampfturbinen ↑ und Wasserturbinen ↑ gegen Ende des 19. Jh.

1882 wurde von *Th. A. Edison* ↑ in New York die erste Kraftstation eingerichtet. Sie lieferte Gleichstrom für 300 Glühlampen. 1885 folgte eine ähnliche Anlage in Berlin. Da sich zunächst nur Gleichstrom geringer Spannung erzeugen ließ, der lediglich über kurze

Strecken fortgeleitet werden konnte, wurden »Blockstationen« für die Versorgung kleiner Stadtviertel eingerichtet.

Die Entwicklung der Wechselstromtechnik ↑ und der durch diese möglichen Elektroenergieübertragung ↑ auf große Entfernungen leitete den Bau von K. ein, deren Leistung und Wirkungsgrad systematisch erhöht wurden (1890 erstes Wechselstrom-K. in Deutschland, 1891 Baubeginn des Niagara-K., 1899 K.Oberspree/Berlin, 1925 Walchensee-K.)

Bes. rasch erfolgte die Entwicklung von Groß-K. in der UdSSR (GOELRO-Plan ↑).

Allgemein ging die Tendenz zu K. immer größerer Leistung und immer leistungsfähigerer Generatoreinheiten.

Wärme-K. auf der Basis fossiler Brennstoffe sind gegenwärtig für Leistungen bis zu mehreren 1000 MW ausgelegt (z. B. Berjosowskaja/UdSSR 6400 MW, Boxberg/DDR 3520 MW).

Vgl. Gezeitenkraftwerk, Kernkraftwerk, Pumpspeicherkraftwerk, Wasserkraftwerk

Kran: Die ältesten dokumentarisch belegten K. stammen aus der Römerzeit. Der im 1. Jh. v. u. Z. lebende römische Ingenieur und Baumeister *Vitruvius* ↑ behandelte in seinem Werk »De architectura« auch Vorrichtungen zum Heben schwerer Steinblöcke beim Bau von öffentlichen Gebäuden und Tempeln. Er beschrieb u. a. eingehend einen damals verbreiteten Bock-K. Dieser bestand aus zwei schräg gegeneinander gestellten und durch Seile gehaltenen Balken als Traggerüst, an dessen Spitze sich eine Rolle oder ein Flaschenzug befanden. Der Antrieb erfolgte über eine zwischen den gespreizten Balken angebrachte Seiltrommel ohne Zwischenschaltung von Zahnrädern durch eine Handkurbel. Bei schweren Bock-K. traten Göpel oder Tretrad an ihre Stelle. *Vitruvius* berichtete von K. mit galgenförmigen Auslegern, die auf einer waagerechten Scheibe nach allen Richtungen gedreht werden konnten. Der Antrieb erfolgte von Hand, über Göpel oder durch Tretrad. Der technische Entwicklungsstand der Römerzeit blieb bis zum Mittelalter in Europa bestimmend. Von *L. da Vinci* ↑ stammen Skizzen von zwei Dreh-K., gedacht zur Arbeitserleichterung bei Ausschachtungsarbeiten an einem Kanalbett, die jedoch niemals gebaut wurden.

Die Entwicklung großer drehbarer K. (»Kranhäuser«) begann in Europa im 14. Jh. zuerst in Hafenstädten. Berühmt wurde der 1330 in Lüneburg gebaute K., dessen Einzelteile vollständig aus Holz bestanden, lediglich verbunden durch eiserne Keile. Jahrhundertelang bewältigte dieser im Inneren von zwei mächtigen Treträdern angetriebene K. den Güterumschlag zwischen Schiff und Land. Im Bauwesen waren in Europa um 1500 drehbare K. mit galgenförmigen Auslegern und Tretrad oder Handkurbelantrieb in Benutzung. Bei größeren K. dieser Art wurden auch durch Pferde angetriebene Göpel verwendet.

G. Agricola ↑ beschrieb auch einen im Hüttenwesen zum Anheben der Herddeckel verwendeten Dreh-K. (»Kranich«). Seine Hubkette wurde über ein Zahnradvorgelege mittels Handkurbel bewegt, der Ausleger war drehbar an einer Wandfläche angebracht. Gegen Ende des 16. Jh. baute der Italiener *Zonca* einen Dreh-K. mit feststehender Säule und dem wahrscheinlich ersten verstellbaren Ausleger. Der Antrieb erfolgte wieder über ein Tretrad. Um diese Zeit gab es, wie eine Darstellung aus dem Jahre 1630 zeigte, auch drehbare Winden-K., bei denen das Hubseil durch eine senkrecht stehende Schneckensäule bewegt wurde.

Um 1835 wurde der erste gußeiserne K. in England gebaut, ein ortsfester Handdreh-K., dem bald weitere folgten. Zur selben Zeit kamen auch die ersten Stahlseile ↑ für K. in Gebrauch. 1846 erfand *W. Armstrong* ↑ einen K. mit hydraulischem Antrieb, und 1850 konstruierte der Engländer *W. Fairbairn* den ersten handgetriebenen Dreh-K. aus Stahlblech.

Mit dem Einsatz der Dampfmaschine und später des Elektromotors begann die moderne Entwicklung im K.bau. Der erste K. mit Dampfantrieb wurde 1851 in Anlehnung an ein Patent von 1827 in Dover gebaut. Er war ein Drehkran mit angebautem Dampfzylinder, dem der Dampf aus einem feststehenden Kessel zugeführt wurde. Dadurch ergaben sich für den Betrieb Nachteile, weshalb bei späteren Konstruktionen, so auch dem ersten fahrbaren Dampf-K. (1870), der Dampfkessel seinen Platz mit auf dem Hebezeug erhielt. In der Folge entstanden eine große Zahl K.typen wachsender Leistungsfähigkeit.

Charakteristisch ist die Entwicklung der

Dreh- und Ausleger-K., welche zu einer großen Vielfalt von K.typen führte, bes. nachdem ab etwa 1890 elektrisch betriebene Dreh-K. aufkamen (1891 die beiden ersten elektrischen K. der Welt im Hamburger Hafen).

Bes. Bedeutung für den Güterumschlag erhielt der um 1920 entwickelte Wipp-Dreh-K., dessen Auslegerkonstruktion nach dem Doppellenker-Wippsystem in der Folgezeit weite Verbreitung fand. Bei den Schwerlast-K., die überwiegend für den Hafenumschlags- und Werftbetrieb konstruiert wurden, begann die Entwicklung mit dem 1881 gebauten Masten- oder Scheren-K. (75 t Tragfähigkeit), der wegen seiner begrenzten Beweglichkeit 1887 durch einen der ersten Drehscheiben-K. (150 t Tragfähigkeit), angetrieben mit Dampfkraft, abgelöst wurde. Ihm folgte ein schwenkbarer Derrick-K.; doch befriedigte erst die um 1900 entwickelte Konstruktion eines elektrisch betriebenen Hammer-Dreh-K. (ebenfalls 150 t Tragfähigkeit). Einen Höhepunkt in der Entwicklung ortsfester Schwerlast-K. bildete der 1913 gebaute Hammer-Wipp-Dreh-K. (250 t Tragfähigkeit). Durch einen auf seinem Ausleger befindlichen fahrbaren Dreh-K. kleinerer Tragfähigkeit wurde ein Optimum an Einsatzbreite und Wirtschaftlichkeit in dieser K.-typenreihe erreicht.

Ebenfalls vorwiegend für den Hafenbetrieb entstanden parallel zu den ortsfesten Schwerlast-K. die Schwimm-K., Vorläufer sind die bereits im Mittelalter verschiedentlich gebauten flachgehenden K.schiffe. Dem 1886 von *Stuckenholz* gebauten Scheren-K. folgte 1904 der Einzieh-K. von *Bechem* und *Ketmann.* 1907 wurde der erste drehbare Schwimm-K. mit Wippausleger gebaut. Ab 1908 wurden die Schwimm-K. mit Eigenantrieb versehen, 1915 folgte der dieselelektrische Antrieb. 1936 wurden die ersten Schwerlast-Schwimm-K. nach dem Doppellenker-Wippsystem gebaut. Eine Spitzenleistung bei den Schwerlast-K. war ein 1939 gebauter Schwimm-K. mit 350 t Tragfähigkeit. Die moderne Entwicklung bei den Dreh-K. in Hafen- und Werftbetrieb führte nach dem zweiten Weltkrieg zur Entwicklung von Wippdreh-K., die – in Schalenbauweise ausgeführt – auf Drei- oder Vierbeinfahrgestellen laufen oder Kombinationen z. B. mit einem Portal u. a. darstellen. Im Bauwesen wurde nach 1945 die Weiterentwicklung des Turmdreh-K. bes. gefördert. Statt der bis dahin im Hochbau benutzten Turm-K. mit Portal ging man zur Konstruktion leichter K. über. Es entstanden vier Arten, solche mit feststehendem Turm und an der Turmspitze drehbarem Gerüst bzw. in den Turm eingeführtem Drehgerüst (schwere Turm-K.), Kletter-Turm-K. sowie als häufigster Typ der Turmdreh-K. mit drehbarem Turm und angelenktem Ausleger, beides oft in Rohrkonstruktion ausgeführt.

Parallel zu den Dreh-K. entwickelte sich von den 90er Jahren des 19. Jahrhunderts an auch der Brücken-K.(Lauf-K.). Der erste elektrisch angetriebene Lauf-K. wurde 1887 in Deutschland gebaut. Mit dem nach 1900 aufkommenden Portal-K., wurde schließlich ein Hebezeug geschaffen, das vielfältige konstruktive Kombinationen, z. B. mit Dreh-K., zuläßt, so die Verladebrücke mit fahrbarem Dreh-K. oder der Dreibein-Portal-Wippdreh-K. im Güterumschlagbetrieb. Eine zusätzliche Einsatzbreite wurde bei vielen K.typen durch entsprechende Auslegerkonstruktionen geschaffen, welche den Einsatz des Geräts z. B. als Hebezeug wie als Bagger ↑ möglich macht.

Kugelschreiber: Das erste Patent auf ein ohne Feder arbeitendes, dem K. ähnliches Schreibgerät erhielt im Jahre 1888 *J. J. Loud.* Seine Erfindung kam jedoch niemals auf den Markt. Den ersten wirklich brauchbaren K. entwickelten die aus Ungarn stammenden Brüder *Laszlo* und *Georg Biró* zwischen 1920 und 1938. Nach dem ihnen 1941 erteilten Patent wurden in der Folgezeit K. zuerst in den USA in Serie produziert. Heute ist der K. ein vielfältig verwendetes Schreibgerät, das den Einsatz des Füllhalters überflügelt hat.

Kunstseide (moderne Bez. Chemieseide): Fasermaterial von naturseidenähnlicher Beschaffenheit (praktisch endlose Fäden), gehört zum Gesamtgebiet der Chemiefaserstoffe. Bezeichnung Reyon für K. ab 1950 eingeführt für alle auf Cellulosebasis hergestellten Fäden (Kupfer-K., Viskose-K., Acetat-K.) zur Abgrenzung von den anderen Chemiefaserstoffen.

Erste Gedanken, Naturseide durch künstlich erzeugte Fasern zu ersetzen, äußerten bereits *R. Hooke* (1665) und *R.-F. Réaumur* ↑ (1734). Als erste suchten *G. Audemars* (1855 erstes K.-Patent überhaupt), *Hughes* (1857) und *Ozanam* (1862) dafür Lösungswege. Später

griffen *Crookes* (1881), *Western* (1883) und *Swan* das Problem erneut auf. *Swan* ist als Erfinder der K. anzusehen (1883). Er erhielt K.-Fäden aus Lösungen von Nitratcellulose ↑, die er durch Düsen in ein Fällbad leitete und dort unter gleichzeitigem Ausziehen koagulieren ließ. Die Übertragung des Verfahrens in die Produktion gelang aber erst *H. Chardonnet* ↑, der unabhängig von *Swan* etwa zur selben Zeit das Verspinnen von Nitratcellulose-Lösungen bearbeitete (zwischen 1878 und 1884) und 1889 in Besançon die erste K.-Fabrik bauen ließ, in der 1892 die Produktion aufgenommen wurde. Die nach ihrem Erfinder *Chardonnet* benannte K. (Nitratseide, Collodium-K.) war die erste industriell hergestellte K. Sie hat allerdings gegenwärtig nur noch historische Bedeutung.

Die Entwicklung der Kupfer-K. (Kupfer-Reyon) beruht auf der von *E. Schweizer* 1857 gemachten Beobachtung, daß sich Cellulose in ammoniakalischer Kupfersulfatlösung in Gegenwart von Natronlauge auflöst. Von dieser Entdeckung ausgehend, entwickelten *Frémery, Urban* und *Bronnert* ab 1890 die Grundlage für ein Verfahren zur Herstellung von Kupfer-K., das durch *Pauly* (1897) eine bestimmte technische Reife erhielt, und mit dem 1899 die ersten Fasern dieses Materials in kleinem Umfang hergestellt werden konnten. Für die mit dem in den folgenden Jahren weiter verbesserten Verfahren hergestellte sog. Glanzstoffseide besteht heute nur noch historisches Interesse.

Eine andere Entwicklung nahm das Kupfer-K.-Verfahren bei *I. P. Bemberg* in Barmen. Hier wurde auf Erfindungen von *E. Thiele* (1901) und anderen aufbauend das sog. Streckspinnverfahren entwickelt, das die Voraussetzungen für eine Großproduktion schuf. Nach dem ersten Weltkrieg kam diese K. als »Bemberg-Seide« in großem Umfang auf den Markt. Ausgangspunkt für die Entwicklung der Viskose-K. (Viskose-Reyon) ist das von den Engländern *Cross, Beyan* und *Beadle* 1892 entdeckte Natrium-Celluloseexanthogenat, eine Verbindung der Cellulose, die sich in Wasser zu einer zähen Flüssigkeit (Viskose) auflöst und aus der sich die Cellulose durch bestimmte Fällbäder wieder ausscheiden läßt. Für die Umsetzung der Erfindung bis zur Produktionsreife waren die Arbeiten der Engländer *Ch. F. Topham* und *C. H. Stearn* maßgebend (Stearn-Patente 1898).

Die Acetat-K. (Acetat-Reyon) beruht auf der Entdeckung der Acetylcellulose durch *F. Schützenberger* (1865). Grundlegende Arbeiten zur technischen Herstellung dieser K. wurden um 1901 von *A. Eichengrün* und Mitarbeiter durchgeführt. 1905 gelang ihnen die erste großtechnische Herstellung eines für die K.-Herstellung wirklich geeigneten Celluloseacetats. Das von *Eichengrün* im gleichen Zeitraum entwickelte sog. Trockenspinnverfahren erlangte erst seine volle Bedeutung, nachdem es *Clavel* 1920 gelungen war, spezielle Acetatfarbstoffe zu entwickeln, mit denen die bis dahin aufgetretenen Probleme beim Anfärben dieser K.-Art überwunden werden konnten.

Kunststein: Die ersten K., aus Beton hergestellte Steine mit oder ohne Bewehrung, wurden um 1830 in Form von Quadern und Platten produziert. Durch das Einlegen von Bewehrung wurde später beliebige Formgebung möglich.

Küpenfarbstoffe: Die Küpenfärberei wird seit dem Mittelalter mit Indigo durchgeführt. Wichtige Vertreter der K. sind die Indigofarbstoffe ↑ und die Indanthrenfarbstoffe ↑. Durch Einführung der Indigosole (1924) wurde die Arbeitsmethodik beim Färben mit Indigofarbstoffen wesentlich vereinfacht. Durch chemische Umwandlung fand man einen Weg, die K. in lösliche Derivate überzuführen, die durch einfache Säurebehandlung auf der Faser wieder in unlösbare K. zurückverwandelt werden können.

Kupfer: erstes Gebrauchsmetall zur Herstellung von Geräten und Waffen. Gegenstände aus Reinkupfer wurden bereits 8000 v. u. Z. bearbeitet. Im 6. Jahrtausend v. u. Z. wurden die Schmelzbarkeit und die Reduktion von K.erzen entdeckt. Die Verwendung von K. in Vorderasien für Beile, Lanzenspitzen und Pfeile ist bis in das 4. Jahrtausend v. u. Z. nachweisbar.

Auch in Mitteleuropa und Spanien geht die K.gewinnung weit zurück, K.bergbau wurde in Tirol bereits 1500 v. u. Z. betrieben.

Die Gewinnung erfolgt heute in verschiedenen Stufen: Rösten zum Entfernen des Schwefels, Verschmelzen auf K.stein in Flamm- oder Schachtöfen, Verblasen im Konverter zu Schwarzkupfer, Raffination entweder in Herd-

flammöfen oder durch Elektrolyse. K. wird in der Elektroindustrie, im Maschinenbau, für Münzen sowie im graphischen Gewerbe und für Legierungen verwendet.

Kupolofen: Von großer Bedeutung für die Eisengießerei wurde die Einführung des Umschmelzbetriebes durch die Erfindung des K. 1770/80 von *J. Wilkinson* ↑. Der K., ein schachtförmiger, zum Erschmelzen des Gußeisens in Gießereien verwendeter Umschmelzofen, wird auch heute noch in Eisengießereien am meisten verwendet. Die Bezeichnung K. beruht auf einer Namensverwechslung mit dem englischen »Cupola-Ofen«, einem Flammenofen mit überwölbtem Herd.

Kurssteuerung: Die erste selbsttätige Kurssteuerung setzte *R. Whitehead* ↑ 1866 bei Torpedos ein, wofür *Howell* 1884 die Kreiselstabilisierung vorschlug und *Obry* den nach ihm benannten Geradlaufapparat verwirklichte. Eine stetig arbeitende Kursregelung für Schiffe wurde *Schuler* 1918 patentiert. Das erste für Flugzeuge geeignete Gerät entwickelte *G. A. Sperry* 1926.

Während die K. für Jahrzehnte im wesentlichen auf der Kopplung Kurskreisel – Steuerapparat beruhte, werden nunmehr häufig auch über Rechner die von Funknavigationssystemen, Trägheitsnavigationseinrichtungen und anderen Navigationsmitteln erhaltenen Werte in die K. einbezogen.

L

Lader: wurden zum Aufladen der zusammengerafften Heuschwaden, als mit dem Schlepper eine ausreichende Zugkraft zur Verfügung stand, in zunehmendem Maße eingesetzt. Eine Greifertrommel erfaßte das Erntegut und legte es auf ein schräg nach oben laufendes Förderband. Bis 1939 wurden L. nur von wenigen Firmen in Serie hergestellt. Mit der Bereitung von Welkheu, das sehr schlecht zu gabeln ist, wuchs das Interesse an L. Ab 1961 erschienen auch seitlich angehängte L. als sog. Einmannmaschinen. Nach 1960 entwickelte *E. Weichsel* eine sinnvolle Verbindung von L. und Wagen im sog. Ladewagen.

Laser: Nach Voraussagen von *Ch. H. Townes, A. L. Schawlow* (1958) und ausgehend vom Maser ↑ wurden Anfang der 60er Jahre von *N. G. Basow* ↑ und *A. M. Prochorow* ↑ in der UdSSR sowie von *Th. H. Maiman* (Rubinlaser) und *A. Javan* (Glaslaser) in den USA die ersten L. gebaut. Die Wirkungsweise des L. beruht auf der 1917 von *A. Einstein* ↑ theoretisch vorausgesagten induzierten Emission.

L. wurden innerhalb weniger Jahre zur Einsatzreife für die Lösung wissenschaftlicher und technischer Aufgaben gebracht und sind gegenwärtig als Gas-, Festkörper-, Halbleiter- und Flüssigkeits-L. verfügbar. Ihr Anwendungsbereich erweitert sich rasch und umfaßt eine große Zahl neuer oder verbesserter Geräte und Verfahren. Dazu zählen gegenwärtig u. a.:

Präzisionsbohren, -schweißen und -schneiden, Vermessungen und Messungen höchster Genauigkeit, Nachrichtenübertragung hoher Kanalzahl, Holographie, Experimente zur Kernverschmelzung, Anwendungen auf medizinischem Gebiet.

LD-Verfahren (Linz-Donawitz-V.): Das Verfahren, dessen Bezeichnung auf Firmennamen zurückgeht, ist seit 1954 großtechnisch in Anwendung. In einem birnenförmigen Tiegel wird Sauerstoff durch eine wassergekühlte Düse auf das Roheisenbad geblasen. Ziel ist, die Entphosphorung im Gegensatz zum Thomasverfahren vor die Entkohlung zu legen. Da eine Rührwirkung durch Stickstoff bei diesem Verfahren fehlt, ist nur eine langsame Entkohlung möglich. Je niedriger der Abstand der Blasdüse vom Metallbad, um so mehr entkohlt der Stahl; je größer der Abstand der Düse, um so mehr kann die Entkohlung verzögert und die Entphosphorisierung beschleunigt werden.

Lebedew-Verfahren: Die bereits 1915 von *Ostromislenski* entwickelte Methode zur Herstellung von Butadien aus einem Alkohol-Acetaldehyd-Gemisch durch katalytische Einwirkung von Aluminiumoxid wurde 1925 durch *S. W. Lebedew* ↑ in ein großtechnisches Verfahren umgewandelt. Es ist die einzige Methode, um Butadien in ausreichender Ausbeute technisch aus Ethanol herzustellen. Das L. spielte vor allem in der Zeit bis zum zweiten Weltkrieg in der UdSSR eine wichtige Rolle.

Lehmstampfbau: Zwischen beiderseitigem Schalungsgerüst aus erdfeuchter Lehmmasse

in entspr. Wandstärke ausgeführt und nach durchgängiger und bleibender Trocknung belastbar, ist in allen Lehmbaugebieten des Orients nachweisbar, jedoch nicht so häufig wie Ziegelbauten. Später wurde der L. in Europa in allen Gebieten mit geeigneten Materialvorkommen entwickelt. Um den Beginn u. Z. wurden mit Hilfe von Naturzementen als Bindemittel und Sand bzw. Kies als Zuschlagstoffen von den Römern erste Betonmauern errichtet. Teilweise erfolgte später Materialzusatz in Form von Stroh oder Reisig, um Wandstärken zu reduzieren.

Lehmziegelbau: In den ersten Hochkulturen (Indus-Tal, Mesopotamien, Ägypten) wurde der L. bereits im 3. Jahrtausend v. u. Z. zu gültiger Form entwickelt. Diese Bauweise, mit dem getrockneten Lehmformstein als Grundelement, ist heute noch im Orient weit verbreitet.

Leichtbeton: Beton mit einer Dichte von 1400 bis 1800 kg/m^3 wird für tragende Konstruktionen, auch mit schlaffer Bewehrung (Stahl-L.) oder Spannbewehrung (Spann-L.) angewendet. 1918 wurde als erste L.konstruktion ein Betonschiff in Birmingham gebaut. Seit 1930 wird L. in Europa hergestellt. In der UdSSR hat L. nach 1945 große Bedeutung erlangt, vor allem in Gebieten mit natürlichen L.vorkommen (Tuffe und Lavagesteine in der Armenischen SSR) und in Gebieten ohne geeignete Schwerzuschlagstoffvorkommen (L. mit Blähton als Zuschlagstoff heißt Keramsitbeton).

Leonard-Schaltung: zur stufenlosen Drehzahlregelung von Gleichstrommotoren; wurde 1892 von dem Techniker *H. W. Leonard* angegeben.

Lettern, bewegliche: Die Erfindung der L. löste den Blockdruck ab und war Voraussetzung für den Buchdruck ↑. Die Erfindung der L. geht auf den chinesischen Schmied *Bi-Schen* zurück (nach anderen Quellen ein Kunsthandwerker namens *Pi-Sheng*), der 1041 als erster mit Einzel-L. aus gebranntem Ton oder Holz gedruckt haben soll. *Marco Polo* berichtete 1298 darüber. Die L. wurden in einen Wachsblock gesetzt, dieser eingeschwärzt und auf Papier gepreßt. Um 1300 wurden in China dazu Holzblöcke benutzt. In Korea soll etwa im gleichen Zeitraum schon mit L. aus Metall gedruckt worden sein. Als europäischer Erfinder der L. gilt *J. Gutenberg* ↑.

Lichtbogen: *W. W. Petrow* (1802) und unabhängig von ihm *H. Davy* ↑ (1812) erzeugten als erste den Lichtbogen mit Kohleelektroden und erkannten dessen hohe Temperatur bei Schmelzversuchen. *Davy* beobachtete 1821 dessen magnetische Ablenkbarkeit. *J. B. L. Foucault* ↑ konstruierte 1848 die erste Bogenlampe mit Regeleinrichtung, *P. N. Jablotschkow* ↑ 1876 die nach ihm benannte »Kerze« für Bogenlicht, *F. v. Hefner-Alteneck* ↑ 1878 die Differentialbogenlampe, die für die Beleuchtung von Straßen und Leuchttürmen benutzt wurde. *Francesco Rossetti* maß 1879 die Temperatur des Lichtbogens mit einer Thermosäule. *Lec Arons* (1896) und *P. Cooper-Hewitt* ↑ (1902) entwickelten die Quecksilberdampflampe, die *F. O. Schott* ↑ mit Quarzglas auch für ultraviolette Strahlen durchlässig machte. 1883 führte *William Siemens* ↑ den Lichtbogenschmelzofen ein, der um 1900 für die Erzeugung hochwertigen Edelstahls umgestaltet wurde. *N. N. Benardos* erfand 1887 das Lichtbogenschweißverfahren, das *N. G. Slawjanow* ↑ durch Verwendung von Metallelektroden verbesserte.

Linoleum: um 1860 von *F. Walton* erfunden. Nach der von ihm angegebenen Methode erhitzt man Leinölfirnis mit Kolophonium und Kopalharzen und trägt in die Mischung außerdem bestimmte Füllstoffe (Holzmehl, Pigmente) ein. Die erhaltene plastische Masse wird auf eine Gewebeunterlage kalandriert und mehrere Wochen bei bestimmter Temperatur einer Reifelagerung unterzogen.

Lochkartentechnik: ab 1805 von *J. M. Jacquard* ↑ entwickelt und zur Steuerung von Musterwebstühlen angewendet. Dabei wurden zum Abfühlen der auf einem Band angeordneten Lochkarten und zur Steuerung der Maschine mechanische Bauelemente benutzt. Auch die von *Ch. Babbage* ↑ um die Mitte des 19. Jh. entwickelte programmgesteuerte Rechenanlage benutzte Lochkarten.

Um 1890 schuf *H. Hollerith* ↑ zur automatischen Auswertung statistischer Angaben anläßlich einer Volkszählung Lochkartenmaschinen, die seitdem – mit elektrischen und mechanischen Bauelementen – weite Verbreitung in der Verwaltungs- und Organisationstechnik fanden.

1931 erschien die erste alphanumerische Lochkartenmaschine. Mit der Entwicklung der

Digitalrechner (vor allem nach 1950) waren auch die Grundlagen der heutigen EDV gegeben. Dabei haben der bereits seit den frühesten Maschinensteuerungen bekannte Lochstreifen und Magnetbänder die ursprüngliche Lochkarte abgelöst.

Lokomotive: Die erste L. konstruierte 1803/04 *R. Trevithick* ↑ unter Verwendung seiner beim Bau von Dampfwagen ↑ gesammelten Erfahrungen. Bei der Probefahrt bewies der »Tram Waggon« seine Leistungsfähigkeit. Trotz weiterer erfolgreicher Versuche mit L. mußte *Travithick* jedoch seine Entwicklungsarbeiten aufgeben. Vor allem die hohe Bruchanfälligkeit der damals benutzten gußeisernen Schienen ließ es den Grubenbesitzern wirtschaftlicher erscheinen, weiterhin Pferde als Zugkräfte zu benutzen und bereits vorhandene L. als ortsfeste Antriebsmaschinen zu verwenden. Trotzdem wurde von verschiedenen Erfindern weiter am Bau von L. gearbeitet. Von den bis 1814 entwickelten L. erlangte nur die von *W. Hedley* (»Puffing Billy«, 1813) Bedeutung. Sie diente viele Jahre zum Kohletransport und gilt als erste verwendungsfähige Dampf-L.

Zum eigentlichen Begründer des dampfbetriebenen Eisenbahnverkehrs wurde *G. Stephenson* ↑. Die von ihm 1812/14 gebaute erste L. (»Blücher«) sowie ihre Nachfolger dienten dem Kohletransport auf der Grube von Killingworth, wo *Stephenson* als Ingenieur tätig war. Seine L. erwiesen sich im Betrieb als zuverlässig und billiger als die bisher verwendeten Pferde. Daneben befaßte sich *Stephenson* auch mit der Verbesserung der Schienenform und gemeinsam mit seinem Sohn *Robert Stephenson* ↑ mit dem Bau weiterer Eisenbahnstrecken. Auf der von ihnen zwischen Stockton und Darlington für den Kohletransport gebauten Strecke fand am 27.9.1825 die erste öffentliche Personenfahrt statt. Die von *Stephenson* 1824 für den Betrieb auf dieser Strecke fertiggestellte »Locomotion« – ihr abgewandelter Name wurde bald zur allgemeinen Bezeichnung dieser Schienentriebfahrzeuge – besaß als erste L. auf jeder Seite eine Kuppelstange als kraftübertragende Verbindung zwischen Vorder- und Hinterrad. Bes. Berühmtheit erlangte *Stephensons* »Rocket« (Rakete), 1829 für die in Bau befindliche Bahnstrecke Manchester – Liverpool fertiggestellt. In ihr waren alle konstruktiven Erfahrungen der bisherigen Entwicklung im L.bau vereinigt. Bes. besaß sie den ersten Heizröhrenkessel, von *Stephenson* nach dem Vorschlag von *H. Booth*, Sekretär der neuen Bahngesellschaft, konstruiert. Die »Rakete« gewann überlegen den weltberühmt gewordenen Wettkampf der L. zu Rainhill, den die Bahngesellschaft ausgeschrieben hatte, um die beste L. für die neue Bahnstrecke zu finden, und erreichte bei ihrer Ehrenrunde die damals sensationelle Geschwindigkeit von 56 km/h.

Die erste russische Lokomotive bauten 1834 *J.* und *M. Tscherepanow* (Vater und Sohn). Die erste deutsche Eisenbahnstrecke (Nürnberg – Fürth, 1835) wurde mit einer L. von *Stephenson* (»Adler«) eröffnet. Die erste L. wurde in Deutschland 1816 fertiggestellt und in Berlin vorgeführt. Sie sollte im Grubenbetrieb eingesetzt werden, jedoch paßte die Spurweite nicht zu den Gleisen. Die erste deutsche Vollspurl. (Saxonia) wurde unter Leitung von *A. Schubert* ↑ in der Schiffswerft Übigau bei Dresden gebaut und führte am 8.4.1839 auf der neuen Eisenbahnstrecke Leipzig – Dresden ihre erste Fahrt durch.

In der Folge wurde in vielen Industrieländern an der Weiterentwicklung der L. gearbeitet. 1850 wurde der Plan einer Verbund-L. von dem Lokführer *J. Nicholson* vorgeschlagen. Schon 1855 fanden erfolgreiche Probefahrten mit solchen L. statt, doch setzte sich dieser L.typ erst durch, nachdem von dem Ingenieur *A. Mallet* ↑ 1876 eine wesentlich leistungsfähigere Verbund-L. entwickelt worden war. Nach 1878 begann man in vielen Ländern mit Entwicklung von Verbund-L. verschiedener Systeme. Bes. Bedeutung erlangten sog. Gelenk-L., wobei *Mallet* eine der leistungsfähigsten entwickelte. Ein weiterer wichtiger Schritt zur Verbesserung des Wirkungsgrades der L. war der Einsatz von überhitztem Dampf. Die ersten betriebsfähigen Dampfüberhitzer entwikkelte *W. Schmidt* ↑ in den Jahren 1897/1900.

Die weitere Entwicklung der Dampf-L. ist vor allem gekennzeichnet durch Bestrebungen, Leistung und Zugkraft zu steigern, wobei gleichzeitig die Masse der L. größer und der Betriebsdampfdruck erhöht wurde. Nach 1920 führten u. a. bei der Deutschen Reichsbahn Bestrebungen nach erhöhter Rentabilität zur Aufstellung eines Typenplans für Einheits-L. (1923). Ähnliche Entwicklungen vollzogen

sich auch in anderen Ländern. Insgesamt gesehen befand sich die Entwicklung der L. bereits zu dieser Zeit auf ihrem Höhepunkt. 1928 wurde die erste Hochdruckdampf-L. in Deutschland in Dienst gestellt.

Der Suche nach Wegen zur weiteren Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Dampf-L. dienten bereits 1928 von der Deutschen Reichsbahn durchgeführte Versuche mit Steinkohlenstaub als Feuerungsmaterial. Nach 1945 befaßte sich in der DDR *Wendler* mit Versuchen, Braunkohlenstaub zum gleichen Zweck zu verwenden. Seitdem wurden zahlreiche Güterzug- und schwere Schnellzug-L. auf diese Feuerungsart umgestellt.

Die moderne Entwicklung auf dem Gebiet der Antriebssysteme im Eisenbahnwesen geht eindeutig zum Diesel- bzw. Elektroantrieb. Infolge der Traktionsumstellung im Eisenbahnwesen der DDR fahren gegenwärtig nur noch wenige Dampf-L. Neben der Diesel-L. (motorisierter Schienenverkehr ↑) und der Elektro-L. (elektrischer Schienenverkehr ↑) erlangen in jüngster Zeit Gasturbinen-L. ↑ wachsende Bedeutung.

Luftkissenfahrzeug (Bodeneffektgerät): Der Gedanke zum Bau eines L. soll auf den Ingenieur *Girard* zurückgehen, der in den 80er Jahren des 19. Jh. eine »gleitende Eisenbahn« vorschlug, bei der hydraulische Gleitvorrichtungen die Räder ersetzen sollten. Auch *K. E. Ziolkowski* ↑ hat sich mit dem L. beschäftigt. Versuchsmodelle von Landfahrzeugen auf Luftkissen wurden um 1953 *(G. Turkin)* auch in der UdSSR erprobt.

1959 überquerte das englische L. »Hovercraft SR.N 1« den Kanal. In der Folgezeit begann man in vielen Ländern an der Entwicklung von L. zu arbeiten. Neben dem Bau von reinen Land- oder Wasserfahrzeugen (Luftkissenboote) bzw. Amphibienfahrzeugen hat auch die Entwicklung von schienengebundenen L. (Luftkissenzügen) schon zu Fortschritten geführt.

Luftreifen: Den ersten L. benutzte *R. W. Thomson* ↑. Er polsterte die hölzernen Radreifen einer Kutsche mit passend gefertigten Ringen aus in Leder eingenähten luftgefüllten Därmen, später Gummischläuchen. Das 1845 erteilte Patent blieb wegen der noch vorhandenen Mängel der Erfindung ohne breitere Anwendung. Durch *J. B. Dunlop* wurde in der ersten Hälfte der 1880er Jahre der L. zum zweitenmal erfunden und 1888 zum Patent angemeldet. Die zunächst nur für das Fahrrad gedachte Erfindung, in der Folgezeit in eigener Fabrik weiterentwickelt (Mantel und Schlauch, Wulst, Felge, Reifenprofil), erlangte bald auch für den Kraftwagen schnell wachsende Bedeutung, nachdem der englische Student *W. Hume* 1889 mit einem luftbereiften Fahrrad in einem Radrennen seiner Universität einen spektakulären Sieg erringen konnte. Um 1898 hatte sich der L. auch beim Kraftwagen gegenüber dem Vollgummireifen endgültig durchgesetzt. Die Störanfälligkeit des L. durch den empfindlichen Luftschlauch im Inneren wurde nach 1950 in England durch die Erfindung des »schlauchlosen« Reifens erfolgreich beseitigt. Wege zur Verringerung von Reifenschäden durch Ersatz der Luft durch andere elastische Medien führten in der Vergangenheit nicht zum Erfolg. Günstiger dagegen erscheinen die Aussichten für die gegenwärtig in vielen Ländern laufenden Arbeiten zum Ersatz der Kautschukgrundlage der Reifenteile durch Plastmaterialien zur Entwicklung von L. mit verbesserten Eigenschaften.

Luftschiff: Die Entwicklung des L. begann nach technisch unrealisierbaren Projekten in der 2. Hälfte des 19. Jh. und vollzog sich parallel zur Entwicklung des Motorenbaues, da das Antriebsproblem in dieser Phase eine zentrale Frage für den L.bau war. Gelöst wurde es nach 1890 vor allem durch die Arbeiten von *G. Daimler* ↑ und *W. Maybach* ↑. Bis dahin führten Versuche mit der Dampfmaschine (*H. J. Giffard* ↑, 1852), dem Gasmotor (*P. Haenlein*, 1872) sowie dem Elektromotor (*Ch. Renard* ↑, 1884) als Antriebsaggregate der Luftschrauben nur zu L. mit unbefriedigenden Flug- und Steuerungseigenschaften. Auch von Handkurbeln angetriebene Luftschrauben wurden in kleinen L. erprobt, zuerst 1872 von dem Franzosen *St. Dupuy de Lome*, 1879 von dem sächsischen Oberförster *C. Baumgarten*. Der Leipziger Buchhändler Dr. *Wölfert* finanzierte *Baumgartens* weitere Entwicklungsarbeiten und führte diese nach dessen Tod (1884) weiter. In Zusammenarbeit mit *G. Daimler* ↑ startete 1888 ein Wölfert-Baumgarten-L., ausgerüstet mit einem kleinen Daimler-Motor, in Cannstatt. Mit einem größeren L. dieser Art folgten 1896 Schauflüge *Wölferts* in Berlin.

Dabei verunglückte er 1897 mit seinem Mechaniker *Knabe* tödlich.

Alle bis dahin entwickelten L. gehören zur Gruppe der Prall-L. Das letzte und zugleich bekannteste ist das von *A. v. Parseval* ↑ 1901/03 gebaute und nach ihm benannte L. Es fand wegen bestimmter Vorzüge (u. a. geringer Platzbedarf wegen der zusammenlegbaren Hülle) einige Zeit im Militärwesen verschiedener Länder Beachtung. Zur gleichen Zeit startete in Berlin ein vollständig aus Aluminiumteilen gebautes L. Sein Konstrukteur, der Österreicher *D. Schwarz*, hatte das erste L. dieser Art (Starr-L.) bereits 1894 in Petersburg gebaut, wo schon früher eingereichte Pläne von *K. E. Ziolkowski* ↑ für den Bau eines Ganzmetall-L. unbeachtet geblieben waren. Beide L. von *Schwarz* wurden nach dem ersten Start am Boden vom Wind erfaßt und zerstört. Nach diesen Rückschlägen wurde das Starr-L. in der Folgezeit durch *F. v. Zeppelin* ↑ zu einem betriebsfähigen Luftfahrzeug entwikkelt. *Zeppelin,* 1891 als Offizier aus dem Militärdienst geschieden, sah im L. ein wichtiges Kriegsgerät der Zukunft. Er erwarb die Schwarzschen Patente, gründete 1898 mit reichen Geldgebern eine Gesellschaft und begann mit der Realisierung seiner Pläne. Am 2. 7. 1900 startete LZ 1, der erste »Zeppelin«, zu seiner ersten Fahrt. In der Folgezeit erlitt *Zeppelin* zahlreiche Rückschläge, die ihn mehrfach an den Rand des wirtschaftlichen Ruins führten, bis nach 1908 durch Regierungsunterstützung in Friedrichshafen ein Konzern für den L.bau entstand, der vorwiegend Rüstungszwecken diente. Für militärische Einsätze bewährte sich das L. jedoch nicht und zeigte sich schon frühzeitig dem Flugzeug auf diesem Gebiet unterlegen.

Nach dem ersten Weltkrieg spielten Zeppeline längere Zeit als Transport- und Verkehrsmittel über große Entfernungen eine Rolle. Die Arbeit *Zeppelins* wurde nach seinem Tod (1917) von *H. Eckener* fortgesetzt. Nach dem ersten erfolgreichen Flug über den Atlantik ohne Zwischenlandung durch ZR III (1924) überquerte später LZ 127, das 1929 auch einen Flug um die Erde durchführte, bei seinen Fahrten mehr als hundertmal den Ozean.

Mit der Explosionskatastrophe von Lakehurst 1937, bei der LZ 129 vernichtet wurde, endete die Zeit der L. als Verkehrsmittel, zumal inzwischen im Flugzeugbau ein Entwicklungsstand erreicht war, der das L. auf diesem Gebiet entbehrlich machte. Pläne, die in jüngster Zeit vor allem in der UdSSR erörtert werden, lassen das L. – unter modernen Gesichtspunkten und der inzwischen besseren Technologie konstruiert – z. B. für Transport- und Montagezwecke in abgelegenen Gegenden, aber auch für Kreuzfahrten wieder aussichtsreich erscheinen.

Luftverflüssigung (Lindeverfahren): von *C. v. Linde* ↑ 1895 erstmals technisch durchgeführt. Das Verfahren geht auf Untersuchungen von *Th. Andrews* (1869) über das Wesen des kritischen Punktes zurück. Darauf fußend gelang es 1877 fast gleichzeitig *L. P. Cailletet* ↑ und *R. Pictet*, die früher als »permanent« bezeichneten Gase, zu denen auch Stickstoff gezählt wurde, zu kondensieren. Zur technischen Durchführung der L. nutzte *Linde* den Joule-Thomson-Effekt, den er durch Verwendung von Gegenstrom-Wärmeaustauschern in seiner Apparatur wirksam werden ließ.

M

Magdeburger Halbkugeln: Entgegen der aristotelisch-scholastischen Auffassung von der Unmöglichkeit eines Vakuums wies *O. v. Guericke* ↑ durch seine Luftdruckversuche die physikalische Realität des Vakuums nach und belegte damit die kopernikanische Lehre eines unendlichen, im allgemeinen leeren Weltalls, durch das sich die Himmelskörper frei bewegen. Ebenso stützte er damit die von *P. Gassendi* (1592 bis 1655) wiederbelebten Atomtheorien der Antike (Mikrovakua zwischen den Atomen) und zeigte die Arbeitsfähigkeit des Luftdrucks. Nach der Konstruktion einer Luftpumpe und verschiedenen Evakuationsversuchen erregten die 1654 erstmals mit Pferden ausgeführten Versuche mit den M. H. großes Aufsehen.

Magnesium: 1808 gelang es *H. Davy* ↑, durch Elektrolyse von feuchtem M.hydroxid an einer Quecksilberkatode M. abzuscheiden. Es entstand M.amalgam, aus dem M. durch Abdestillieren gewonnen wurde. *A. Bussy* erhielt 1828 M. durch Reduktion von M.chlorid mit Kalium. *R. Bunsen* ↑ befaßte sich mit der Elek-

trolyse von geschmolzenem M.chlorid, aus dem er 1852 das Metall abschied. Seine Methode bildet die Grundlage des heute noch im Großbetrieb angewandten Verfahrens zur M.gewinnung durch Schmelzflußelektrolyse.

Die Reinigung des M. erfolgte erstmals 1857 durch *H. E. Sainte-Claire Deville* und *H. Claron.* Gegen Ende des 19. Jh. begann die industrielle Gewinnung des M. durch Elektrolyse von geschmolzenem Carnallit. Als metallischer Leichtbauwerkstoff findet M. bes. im Flugzeugbau Verwendung. Zugleich ist es Grundmetall für wichtige Knet- und Gußeisenlegierungen.

Magnete: Bereits in der Antike und im alten China (im 1. Jh. unserer Zeitrechnung) waren die Anziehungskraft von Magneten und der induzierte Magnetismus bekannt; auch Magnetnadeln für Kompasse ↑ wurden hergestellt. *Petrus Peregrinus* fand 1269 die Konzentration der magnetischen Kraft an Polen, die Abstoßung gleichnamiger Pole und die Entstehung von Teilmagneten beim Zerbrechen von Magnetnadeln. *G. della Porta* ↑ beschrieb 1564 richtig die Methode, Stahlnadeln durch Streichen mit Magnetsteinen magnetisch zu machen, die aber schon vorher bekannt war. *W. Gilbert* ↑ demonstrierte 1600 das magnetische Erdfeld an einem kugelförmigen Modellmagneten (Terella), näherte sich der Vorstellung des magnetischen Feldes und der Feldlinien, erkannte die Magnetisierung von eisernen Gegenständen im magnetischen Erdfeld und justierte durch Polschuhe verstärkte Magnete. Um 1750 führte der Mechaniker *J. Dierich* den Hufeisenmagneten mit größerer Tragkraft ein. Nach der Entdeckung des Elektromagnetismus durch *H. Ch. Oersted* ↑ 1820 fand *D. F. J. Arago* ↑ im selben Jahr die Magnetisierung von Stahlnadeln in einer stromdurchflossenen Spule, und 1825 baute *W. Sturgeon* die ersten Stab- und Hufeisen-Elektromagnete, die bald in der elektrischen Telegrafie sowie bei elektrischen Meßgeräten und Generatoren benutzt wurden. Das richtige Gesetz für die Tragkraft von Elektromagneten gab erst *J. C. Maxwell* ↑ 1873 an. *A. C. Becquerel* ↑ (1827) machte erste Beobachtungen über den Diamagnetismus, einen Begriff, den 1845 *M. Faraday* ↑ prägte und der wie auch *W. Weber* ↑ den Effekt weiter erforschte. An der Untersuchung des remanenten Magnetismus (Begriff von *M. H. Jacobi* ↑, 1835) beteiligten sich *Ritchie, Faraday* ↑, *Poggendorf* ↑ u. a.

Ab 1831 führte *Faraday* den Begriff des magnetischen Feldes und der Feldlinien ein, die zusammen mit den Begriffen des elektrischen Feldes zur Grundlage der Maxwellschen Feldtheorie wurden. Eisenkerne aus Bündeln isolierter Drähte zur Vermeidung von Eisenverlusten bei Generatoren benutzte als erster *W. Sturgeon* (1837), ihre Ursache (Wirbelströme) klärte 1842 *H. W. Dove.* Kerne aus voneinander isolierten Eisenblechen wurden ab 1870, bes. von *A. Pellerin* eingeführt. Ab 1880 wurden die Probleme des magnetischen Flusses in Eisen für den Maschinenbau, bes. durch *J. Hopkinson* ↑ und *K. Steinmetz,* ↑ wissenschaftlich untersucht.

Magnetische Aufzeichnung: Das Prinzip der m. A. wurde bereits 1888 von *O. Smith* angegeben. Die erste Realisierung 1898 durch *V. Poulsen* ↑ (»Telegraphon«) auf der Grundlage eines im Tonfrequenzrhythmus magnetisierten Stahldrahtes genügte, obschon funktionsfähig, den Ansprüchen des praktischen Einsatzes nicht. Um 1930 wurden in geringer Stückzahl Diktiergeräte produziert, die ein Stahlband verwendeten. Ihre Laufzeit erreichte 30 Minuten.

Entscheidende Fortschritte brachten erst die Einführung beschichteter Papier-, bald Folienbänder (1932, erstes Patent 1904) und die Wechselstrom- (1927) bzw. Hochfrequenzvormagnetisierung (1940).

1935 wurden Geräte zur m. A. auf der Berliner Funkausstellung vorgeführt, 1939 begann ihr Einsatz in Rundfunkstudios.

Nach 1945 kamen Heimgeräte für m. A. auf den Markt (»Tonbandgeräte«), außerdem wurden sie zunehmend in Technik und Wissenschaft eingesetzt, vor allem als unentbehrliches Speicherhilfsmittel für die elektronische Datenverarbeitung.

In den fünfziger Jahren vollzog sich der Übergang zur Halb- und Viertelspurtechnik sowie zur m. A. von Videosignalen. Neben Magnetbändern wurden Platten (»Bildplatte«), rechteckige Folien u. a. eingesetzt. Die Aufnahmematerialien wurden verbessert, rauschmindernde Aufnahme- und Wiedergabeverfahren entwickelt.

Bereits 1950 wurde in der DDR für Reportagezwecke ein Kassettengerät entwickelt. Nach 1960 erreichte diese Variante m. A. weite Verbreitung für Aufnahme und Wiedergabe von Ton- und Bildsignalen sowie für die Datenspeicherung

Mähbinder: Bei der Entwicklung von M. gingen *Manning* und *O. Hussey* von der bei *Ogle* angegebenen Plattform zum Sammeln des abgeschnittenen Getreides aus. *McCormick* ließ das gesammelte Getreide seitlich auf das Feld harken, so daß es bei der folgenden Rundfahrt nicht störte. Erste Versuche zu einer selbsttätigen Ablegevorrichtung machte die englische Firma Burgeß & Key.

Man entsann sich des von *Salomon* erfundenen hin- und hergehenden Rechens. *McCormick* verband 1862 die kreisende Harke mit der rotierenden Haspel. Die Harke kreiste in zwei Ebenen und vollführte auch eine Drehung um die eigene Achse. *Th. Robinson* ließ vier Rechen kreisen. Durch *Johnson* und *Burdick* wurde die Ablage vervollkommnet. Jeder Rechen war pendelartig angelenkt und beschrieb eine solche Kurvenbahn, daß er das stehende Getreide gegen das Mähwerk drückte, die Garbe abharkte und dann eine völlig aufrechte Stellung einnahm. Nun konnte der Fahrer dieser Maschine am Hauptrad einen sehr günstigen Platz einnehmen.

Mähdrescher: 1836 wurde der erste M. patentiert, der das Getreide reinigte und in Säcke füllte. Schwerfällige M. waren bis Mitte des 19. Jh. Einzelerscheinungen. Mit dem »kleinen Verbrennungsmotor« wurden die M. leichter (Masse 3 t) und industriell von mehreren Firmen gefertigt.

W. G. Brenner schuf 1932/34 eine frontschneidende , selbstfahrende Anordnung, um einen Schlepper gebaut, den Querfluß-M., der ab 1932 auch in Deutschland gebaut wurde. 1930 entstand der erste sowjetische M., System Borodin, als Anbau- und auch als Anhänge-M. Die Trommel war mit 700 beweglichen Schlägern besetzt, der Dreschkorb bestand aus 12 Stachelwalzen. Mit dieser originellen Konstruktion sollte Energie gespart werden.

Eine industrielle Serienfertigung des Querfluß-M., der von *Brenner* weiterentwickelt wurde, erfolgte 1937 bei *Claas* ↑.

Mähmaschine: Mechanische Mähwerke beschrieben bereits *Gajus Plinius Secundus* ↑ sowie *Palladius* (4. Jh.). Mähwagen wurden in Gallien von Zugtieren ins Feld geschoben (Frontmäher), wobei scharfkantige Zähne (Finger) die Ähren vom Stroh schnitten. 1780 wurde in England ein Preis für die Erfindung einer M. ausgeschrieben, aber mangels brauchbarer Lösungen nicht vergeben. *Boyce* erhielt 1799 das erste Patent auf eine M. An einem waagerecht rotierenden Rad sollten 6 Sicheln das Getreide schneiden. Doch erst die von *R. Meares* erfundene Mähschere stellte ein brauchbares mechanisches Schneidgerät dar. *Salmon* schuf auf dieser Basis 1807 die erste – noch handbetriebene – M. mit Selbstablage. *J. Smith* ↑ experimentierte von 1807 bis 1812 mit verbesserten Geräten mit rotierenden Kreismessern. Der Lehrer *Ogle* entwikkelte 1822 eine M., die erstmalig eine Haspel und auch eine breite Plattform aufwies. 1826 konstruierte der Pfarrer *P. Bell* eine M., die alle Ergebnisse auf diesem Gebiet sinnvoll vereinte.

Als Erfinder des noch heute verwendeten Mähwerks gilt *W. A. Wood,* der 1859 die noch z. Z. gebräuchliche Form des Fingerbalkens schuf.

Makadambauweise: Bezeichnung für eine Art der Straßenbefestigung, bei der eine Splittschicht auf eine Schotterschicht verlegt, fest eingewalzt und die Oberfläche mit schwachbindigem Sand geschlossen wird (sandgeschlämmte Schotterdecke). Die Bauweise wurde nach dem schottischen Baumeister *MacAdam* (1757 bis 1836) benannt, jedoch hauptsächlich von dem Franzosen *Tresaguet* eingeführt.

Mit zunehmendem Kraftfahrzeugverkehr stieg die Staubbelästigung auf den Straßen. 1901 gründete der Schweizer Arzt *E. Goglieminetti* die »Liga gegen den Staub« und schlug die Behandlung der Straßenoberfläche mit Teer vor. Damit begann die Entwicklung des bituminösen Straßenbaus. Die Bezeichnung M. ist auf bitumengebundene Schotterstraßen übertragen worden.

Mali-Technologie: eine von *H. Mauersberger* ↑ von 1949 an entwickelte neuartige Textiltechnologie (Näh-Wirk-Technologie), mit der eine wesentliche Steigerung der Arbeitsproduktivität erzielt werden konnte. Mit »Mali«, zusammengesetzt aus den Anfangsbuchstaben des

Erfindernamens und dem Wohnort (Limbach), wird eine Technologie bezeichnet, bei der man den Schützen in der Webmaschine ↑ durch ein System nebeneinander angeordneter Nähnadeln ersetzt hat. Die erste seit 1954 in großen Mengen nach der M. hergestellte Stoffqualität war Molton. »Malimo«, Kombination der Technologiebezeichnung mit den beiden Anfangsbuchstaben dieser Stoffqualität, wurde schnell zu einem weltweit anerkannten Begriff.

Auf einer vom Erfinder 1954 gebauten »Hand-Malimo« arbeitete dieser etwa 600 verschiedene Textil-Technologien aus. Mit den dazu entwickelten Maschinensystemen, insbesondere Maliwatt, Malipol, Malikustik und Malivlies wird die Herstellung von feinsten Chiffons ebenso ermöglicht wie die von flauschigen Pelzen. Im Näh-Wirk-Verfahren lassen sich heute Textilien der verschiedensten Verwendungszwecke, von Haushaltwäsche, Oberbekleidungs- und Futterstoffen über Dekostoffe und Auslegware bis hin zu Beschichtungsmaterialien für Kunstleder, Verpackungen und Traglufthallen herstellen. Malimo-Anlagen werden in über 30 Länder exportiert. Das fast geräuschlose Arbeiten der Malimo-Automaten stellt einen zusätzlichen Vorteil der M. dar.

Mangan: Zum Entfärben von Glas wurde im Altertum Braunstein, eine M.verbindung, benutzt. Er wurde nach dem damals größten Fundort in der kleinasiatischen Landschaft Magnesia »Magnesia nigra«, schwarze Magnesia, genannt. Daraus entstand der Name des Elements, das *C. W. Scheele* ↑ 1774 erstmals nachwies. In freiem Zustand wurde es im gleichen Jahr von *I. G. Gahn* hergestellt. Zunehmende Bedeutung erlangte M. um 1900 als wichtiges Stahlveredlungsmetall. Größte Bedeutung hat es ferner als Desoxydations- und Entschwefelungsmittel bei der Stahl- und Gußeisenerzeugung sowie in Form von M.legierungen.

Manometer: 1661 benutzte *Ch. Huygens* ↑ das offene Flüssigkeits-M., 1684 konstruierte *E. Mariotte* ↑ das Kompressions-M. (geschlossenes Flüssigkeits-M.), 1827 *A. Galy-Cazalat* ein Kolben-M. und 1849 *E. Bourdon* ↑ das Metall-M. (Bourdonröhre) und ein Feder-M., das 1862 von *Schäffer* und *Budenberg* verbessert wurde. 1872 entwickelte *Desgoffe* ein Quecksilber-M. für hohe Drücke nach dem Prinzip der hydraulischen Presse, während beim Regnaultschen M. (1871) ein kleiner Raum, der mit einem Quecksilber-M. verbunden ist, vom eigentlichen Gasraum vor der Messung abgeschlossen wird. Für geringe Druckunterschiede erfand *K. R. König* um 1872 das Differential-M., das aus einer U-förmigen Röhre besteht, die mit zwei nicht mischbaren Flüssigkeiten gefüllt ist. 1874 konstruierte *H. Mac Leod* das nach ihm benannte M. für geringste Drücke.

Margarine (Kunstbutter): 1869 stellte in Frankreich *Mége-Mouriès* auf Veranlassung *Napoleons III.* zum ersten Mal eine »künstliche Butter« her. Er benutzte dazu die leicht schmelzenden Bestandteile des Rindertalgs (Oleomargarine), welche mit Kuhmilch verbuttert wurden. Das Produkt wurde als M. zu einem wichtigen Nahrungsmittel. Das Verfahren der Fetthärtung ↑ wirkte sich auch auf die Entwicklung der Margarineproduktion günstig aus.

Mariottesches Gefäß: von *E. Mariotte* ↑ entwickelt und 1686 beschrieben. Es ist eine Einrichtung, die den Ausfluß einer konstanten Flüssigkeitsmenge aus einem Behälter unabhängig von der Höhe der Flüssigkeitssäule über der Ausflußöffnung ermöglicht.

Maschinensteuerung: Die ersten M. bauten um 1725 *B. Bouchon* bei der Garnherstellung und *Falcon* für Webstühle mittels gelochter Papierstreifen. Es folgten 1741 die von *J. de Vaucanson* ↑ und 1801 die von *J. M. Jacquard* ↑ konstruierten M. Eine spezielle Verwendung fand der Lochstreifen dann Anfang des 19. Jh. für mechanische Klaviere und Musikautomaten. Der Gedanke wurde nach 1950 für die numerische Steuerung von Werkzeugmaschinen wieder aufgegriffen und weitergeführt, wodurch bei hoher Flexibilität zahlreiche Be- und Verarbeitungsprozesse effektiver gestaltet werden können. Bes. der Einsatz von Rechnern bzw. Mikrorechnern (etwa ab 1970) zur Informationsverarbeitung bei der M. eröffnet neue und weitreichende Möglichkeiten zur Steuerung von Maschinen und Maschinensystemen.

Maser: Molekularverstärker für den Mikrowellenbereich, wurde 1952 von *J. Weber* in den USA und *V. A. Fabrikant* in der UdSSR beschrieben; der erste Ammoniak-M. wurde

1953 von *Ch. H. Townes, Gordon* und ihren Mitarbeitern gebaut. *N. Bloembergen* stellte 1956 die Theorie des Festkörper-M. auf, nach der die ersten Festkörper-M. gebaut wurden.

M. werden in höchstempfindlichen Empfangsverstärkern der Radioastronomie, in Anlagen zur Signalübertragung von Raumsonden, künstlichen Satelliten usw. eingesetzt.

Merzerisieren: Ein von *J. Mercer* 1844 gefundenes und 1895 von *Lowe* weiterentwickeltes Verfahren der kurzzeitigen Behandlung von Baumwollgarnen und -geweben mit konzentrierter kalter Natronlauge unter gleichzeitiger Streckung des Materials. Das M. bewirkt erhöhten Glanz, bessere Farbstoffaufnahme und größere Festigkeit der Baumwollfasern.

Messing: Gegenstände aus M. waren bereits im Altertum in Gebrauch. Seit der spätrömischen Zeit und bes. im Mittelalter waren Gelbguß und Treiblinge aus M. aus den Rhein- und Maasgebieten sehr geschätzt (14. Jh.). Angefertigt wurden kirchliche Gegenstände, Leuchter, Mörser, Grabplatten u. a.

Aus dem gut verformbaren und korrosionsbeständigen M. werden heute vor allem Armaturen und Schiffsbauteile sowie Beschläge hergestellt.

Meßschieber: mit Nonius wurde er erstmals 1631 von *P. Vernier* ↑ beschrieben.

Metalle: waren und sind für die Menschheit so bedeutungsvoll, daß ganze geschichtliche Epochen nach den für Werkzeuge nutzbaren Metallen benannt wurden (Kupfer-, Bronze-, Eisenzeit).

Gold kennt man seit der Jungsteinzeit. Es war seit dem 5. Jahrtausend, Silber seit dem 4. Jahrtausend v. u. Z. in Ägypten bekannt. Kupfer und Blei wurden ebenfalls in Ägypten rein gefunden. Seit dem 4. Jahrtausend wurden diese beiden M. aber auch aus Erzen gewonnen.

Bronze wurde kurz vor 3000 v. u. Z. aus Zinnstein und Kupfererzen hergestellt. Im 2. Jahrtausend v. u. Z. wurde Zinn entdeckt. Durch die Legierung mit Kupfer wurde der Bronzeguß schlagartig weiterentwickelt.

Eisen war zwar seit dem 3. Jahrtausend v. u. Z. bekannt (Meteoreisen), jedoch kaum zu bearbeiten. Erst gegen Ende des 2. Jahrtausends v. u. Z. gelang die Massenerzeugung eiserner Waffen und Geräte. Im 3. Jh. v. u. Z. begann der Eisenguß in China. Die Eisenverarbeitung erreichte bereits im Altertum einen relativ hohen Stand (Pflugschare).

Seit dem 12. Jh. gibt es wasserbetriebene Walz- und Hammerwerke. Im 14. Jh. kam die Eisengießerei auf. Erst im 18. Jh. gelang die Herstellung von Zink, Cobalt, Nickel und Platin. Aluminium wurde 1827 erstmals rein erzeugt. Die Aluminiumgewinnung nahm erst größeren Aufschwung, als billige Elektroenergie zur Verfügung stand.

Metallguß: ist Jahrhunderte früher als in Europa schon in China beherrscht worden. Mit Bronze als Gebrauchsmetall verbreitete sich auch die M.technik als grundlegende Verarbeitungstechnologie vom Vorderen Orient her (Bronzezeit) Anfang des 3. Jahrtausends v. u. Z. In Mitteleuropa war der Bronzeguß um 1000 v. u. Z.

Die ältesten Metallfunde stammen aus Mesopotamien, dem Gebiet zwischen Euphrat und Tigris. Von dort verbreitete sich der M. über den gesamten Orient. In Ägypten fand man z. B. eine 1,6 kg schwere, aus Kupfer gegossene Axt, die mit Hilfe einer einfachen Gußform vor rund 3400 Jahren v. u. Z. hergestellt worden war. Neben Hausgeräten und Waffen wurden in der Folgezeit auch größere Objekte im M. hergestellt, wie die Darstellung des Vergießens von Bronze zu einem Torflügel im Grab des ägyptischen Pharaonen Rechmire (1470 v. u. Z.) zeigt. Das bedeutendste Denkmal der M.-kunst im Altertum ist der »Koloß von Rhodos«, eine 35 m hohe und über 200 t schwere Statue des Sonnengottes Helios, die 227 v. u. Z. durch ein Erdbeben zerstört wurde, nachdem sie 60 Jahre hindurch eines der damaligen Weltwunder darstellte.

Aus der Römerzeit (nach 350 v. u. Z.) sind zweiteilige Gußformen aus Sandstein erhalten, Vorläufer der heutigen Dauerformen. Um 100 v. u. Z. waren Bronzerohre in Griechenland ein allgemein verwendetes Konstruktionselement. In Europa begann der Eisenguß im 14./15. Jh., nachdem die Entwicklung der Schmelzöfen einen entsprechenden Stand erreicht hatte. Zu den ersten Eisengießern gehörte hier *M. Gast* aus Frankfurt (M.), der sich gegen Ende des 14. Jh. als Gießer von Geschützrohren empfahl. Die M.technik wurde

während der Manufakturperiode in Europa zu hoher Vollkommenheit entwickelt, wie zahlreiche künstlerische Arbeiten (z. B. *P. Vischer,* Vater und Sohn um 1500 in Nürnberg) beweisen. Ein Meisterwerk ist auch die 1735 von den russischen Gießern *J.* und *M. F. Motorin* angefertigte bronzene Riesenglocke »Zar Kolokol«, die sich heute im Kreml befindet. 1768 stellte der Engländer *J. Smeaton* ↑ das erste gußeiserne Zylindergebläse für den Hochofenbetrieb her. Er leitete damit die Anwendung von Gußeisen im Maschinenbau ein. Der für verschleißfeste Gußteile bes. geeignete Hartguß wurde in England hergestellt. Als wahrscheinlich erste Werkstücke nach dieser Gießtechnologie wurden bereits um 1700 Walzenkörper angefertigt. Später gelangte das Verfahren nach Europa und Amerika. 1822 wurde in Berlin die erste Hartgußwalze gegossen; um 1845 besaßen neben solchen Walzen auch Eisenbahnräder aus Hartguß große Bedeutung. 1855 nahm *H. J. Gruson* ↑ die Großfertigung von Hartgußteilen auf. Zur Herstellung von Stahl ↑ gründete *F. Krupp* 1811 in Essen eine Fabrik, die sich, 1826 von *A. Krupp* übernommen, in der Folgezeit zum kapitalistischen Stahlunternehmen entwickelte.

Um 1850 begann mit der Herstellung der ersten Teile aus Stahlguß durch *P. J. Mayer* in Bochum eine neue Phase der Stahlverarbeitung. Neben der Weiterentwicklung der M.technologie und dafür geeigneter Materialien wurde bereits um 1835 durch *J. Withworth* ↑ der sogenannte Hohlguß im Werkzeugmaschinenbau eingeführt. Dieses materialsparende Gießprinzip, nach dem ohne Stabilitätseinbuße viele bis dahin in Massivguß gefertigte Maschinenbauteile jetzt als Hohlkörper gegossen wurden, fand schnell allgemeine Verbreitung. Während sich in der Stahlindustrie eine ständige Verbesserung der Fertigungstechnologie vollzog, hielt sich im Gießereiwesen lange Zeit eine primitive Technik. Nur relativ langsam fanden moderne technische Methoden zur Erleichterung der körperlich schweren Arbeitsgänge Anwendung. Dazu gehört u. a. das Thermit-Gießverfahren (Schweißverfahren), nach welchem 1904 die ersten Reparaturen an Maschinenteilen vorgenommen wurden. Auch die 1910 in Deutschland entwickelte Sandverdichtungsmaschine, ein nach dem Rüttelprinzip arbeitendes Aggregat zum Verdichten des Formstoffs, brachte wesentliche Arbeitserleichterung. Formmaschinen sind heute wichtiger technischer Bestandteil jeder modernen Gießerei. Für die Herstellung von Rohren und zylindrischen Gußteilen fand 1920 der Schleuderguß erstmals Anwendung. Später wurde das Verfahren, technisch abgewandelt, ein wichtiges Verarbeitungsprinzip für Plastwerkstoffe. Die Mechanisierung im Gießereiwesen ist insbesondere nach 1945 in den führenden Industriestaaten systematisch betrieben worden. Ein wichtiger Schritt dazu erfolgte 1949, als in die Fließstraße eines vollautomatischen Werkes in der UdSSR eine Druckgußmaschine eingebaut wurde. 1955 wurden in England automatische Formmaschinen entwickelt, im gleichen Jahr entstand in den USA eine automatische Form-Gieß-Ausleer-Anlage. Eine Technologie mit großen Perspektiven, die bereits 1935 in der UdSSR und den USA erprobt wurde, stellt der sog. Strangguß dar. 1960 wurde in der UdSSR die erste nach dem Stahl-Strangguß-Verfahren arbeitende Industrieanlage in Betrieb genommen. Auch in anderen Ländern wird an der Weiterverarbeitung dieser Technologie gearbeitet.

Metalleichtbau: Als Teilgebiet des Bauwesens entwickelte sich der M. aus Stahl, Aluminium und weiteren Leichtbaustoffen (Leichtbeton, Plaste, Elaste, Schaum- und Dämmstoffe, dreidimensional verformter und versteifter Bleche), eine Bauweise mit hohem Grad industrieller Vorfertigung, mit zunehmender Beherrschung des dauerhaften Korrosionsschutzes dünnwandiger Stahlprofile aus dem Stahlleichtbau nach 1945. Wesentliche Impulse erhielt der Leichtbau insgesamt durch die Entwicklung der Luftfahrt.

Metallspritzen: Als Erfinder des M. wird *M. U. Schoop* angesehen, dem es 1912 in Zusammenarbeit mit *Herkenrath* gelang, die ersten haftenden Metallschichten herzustellen. Die Arbeiten *Schoops* stellen eine Weiterentwicklung des bereits 1892 in einem Patent formulierten Prinzips des M. dar. Im gleichen Jahr wurde ein Injektorspritzapparat für Metallschmelzen patentiert, der jedoch nur zur Herstellung von Akkumulatorpatten vorgesehen war.

Schoops 1912 entwickelte und 1916 verbes-

serte Spritzpistole ermöglichte die Verwendung beliebiger Metalle. 1917 wurde die erste Lichtbogen-Drahtspritzpistole fertiggestellt. Das Verspritzen von Metallpulvern griff *Schoop* um 1920 auf. Er entwickelte hierbei das Verfahren aus der ersten patentierten Pulverspritzapparatur weiter. Das dort kalt gespritzte Metallpulver wurde durch die von *Schoop* entwickelte Pulverspritzpistole (1921) mittels Gebläseflamme beim Ausströmen erhitzt. Bedingt durch fehlende Kenntnisse über die Anwendungsgrenzen und daraus resultierende Mißerfolge des M. fand das Verfahren zunächst kaum Eingang in die Industrie. Erste Anwendung waren »Verschönerungsüberzüge«, es folgten Rostschutzüberzüge. So wurden 1920 in Frankreich größere Stahlbauten spritzverzinkt. Die ersten Wellenaufspritzungen erfolgten 1936, das Aufspritzen von Büchsen und Gleitlagern mit Lagermetall begann 1941. Ermöglicht durch grundlegende Arbeiten über das M., setzte nach 1950 in vielen Ländern eine rasche Entwicklung dieses Verfahrens ein. Die Entwicklung geht heute immer stärker von der einfachen Gebläseflamme zum Einsatz von Lichtbogen-Spritzpistolen über, wobei in der UdSSR die derzeit größten Erfahrungen vorliegen.

Als modernste Methode ist das seit 1950 entwickelte Plasmabrennerspritzen anzusehen, mit dem das Auftragen hochschmelzender Werkstoffe (Keramikpulver usw.) möglich wurde.

Methanolsynthese: Die wissenschaftlichen Grundlagen der M., eines Verfahrens zur Hydrierung von Kohlenmonoxid, bei dem mit Hilfe eines spezifischen Katalysators unter Hochdruck als Hauptprodukt fast reines Methanol erhalten wird, wurden 1913 von *A. Mittasch* ↑ und *Schneider* mit einer ersten Synthese gelegt, bei der aber ein Gemisch verschiedener Alkohole und anderer Verbindungen anfiel. Großtechnische Reife erreichte das Verfahren erst 1923 durch grundlegende Entwicklungsarbeiten, welche neben *Mittasch* vor allem *M. Pier* ↑ und *Winkler* leisteten und die zur Inbetriebnahme der ersten Großanlage führten.

Methylkautschuk: Nachdem *Kondakow* bereits um 1900 die große Polymerisationsfähigkeit des Dimethylbutadiens festgestellt hatte, geht die technische Herstellung des M. durch Polymerisation auf Arbeiten von *F. C. A. Hofmann* ↑ (1910) zurück. Trotz vieler Mängel des Polymerisats wurde das Verfahren im ersten Weltkrieg auf Regierungsanweisung bis zur ersten Kautschuksynthese weiterentwickelt, da Deutschland keine Reserven an Naturkautschuk besaß.

Metronom: Der am meisten verbreitete M. (Taktmesser) wurde dem Mechaniker *J. N. Mälzel* ↑ patentiert.

Mikroelektronik: Die systematische Miniaturisierung elektronischer Geräte und damit Vorstufen der M. setzten nach 1945 ein, bedingt vor allem durch die immer drängendere Forderung nach geringen Abmessungen, hoher Zuverlässigkeit und ökonomischer, nach Möglichkeit automatisierter Fertigung sowie geringem Leistungsbedarf elektronischer Baugruppen.

Die etwa ab 1950 aufkommenden »gedruckten« Schaltungen (Vorläufer mit gestanzten Blechstreifenschablonen als »Verdrahtung« bereits in den 20er Jahren) wurden durch die Modultechnik ergänzt, bei der häufig wiederkehrende Bauelementekombinationen in großen Stückzahlen produziert und in Form kleiner Plättchen übereinandergesetzt und zur fertigen Schaltung verbunden wurden. Der Einsatz von Halbleiterbauelementen in Moduln führte wenig später zur Mikromodultechnik. Auch sie stellte, wie die Modultechnik, im wesentlichen eine Übergangslösung dar.

Bes. der Halbleitertechnik ↑ entlehnte Verfahren, wie Planar- und Epitaxietechnik, Siebdruck- und Bedampfungstechnologie, vor allem Fotolithografie, förderten die sich ab 1960 rasch entwickelnde und ausbreitende M. mit integrierten Schaltkreisen als beherrschende Elemente.

Begünstigt wurde die Entwicklung durch den enorm wachsenden Einsatz von Schaltungen zur Verarbeitung digitaler Signale und deren Aufbau aus relativ wenigen unterschiedlichen, sich vielfältig wiederholenden Baugruppen in der Datenverarbeitungs-, Steuer-, Regel- und Meßtechnik. Seit 1970 gewinnen Schaltkreise der M. zunehmend Bedeutung für die Verarbeitung analoger Signale.

Die in Fluß befindliche Entwicklung der M. ist gekennzeichnet durch den Trend zur technologischen Beherrschung immer umfangreicherer und vielseitiger einsetzbarer Schalt-

kreise (Groß- und Größtschaltkreise mit bis zu 10^6 Bauelementefunktionen und darüber), durch Verbesserung der Fertigungstechnologien und durch Anwendung neuartiger physikalischer Effekte und neuer Technologien (z. B. Optoelektronik, Akustoelektronik, Akustooptik). Dabei erlangen seit Mitte der 70er Jahre die als Mikroprozessoren bezeichneten und durch vielfältige Ergänzungsmöglichkeiten und Kombinationen nahezu universell einsetzbaren Schaltkreise größte Bedeutung.

Die M. stellt, obwohl ihre Möglichkeiten noch längst nicht ausgeschöpft oder auch nur erkannt sind, in sozialistischen Staaten eines der entscheidenden Werkzeuge für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt dar.

Mikrofon: Schon um 1850 arbeitete *Ch. Bourseuil* ↑ an der Verwirklichung eines Fernsprechers, für den er eine mikrofonähnliche Einrichtung verwenden wollte. Ausgangspunkt der später beim Fernsprechen eingeführten Kohle-M. waren Beobachtungen *Th. du Moncels* ↑ über den druckabhängigen Widerstand zwischen Kohlekontakten. Auf dieser Grundlage wurden nach der Erfindung des Fernsprechers zahlreiche M. konstruiert, von denen die von *E. Hughes* ↑, *T. A. Edison* ↑ und *E. Berliner* ↑ bes. bekannt wurden. Vor allem die Rundfunk-, Schallplatten- und Tonfilmtechnik führte mit ihren hohen Qualitätsanforderungen an M. zur Ausnutzung anderer physikalischer Effekte, die im piezoelektrischen M., im dynamischen M-, im Kondensator-M. u. a. ihren Niederschlag fanden.

Mikroskop: Wahrscheinlich wurde das M. 1590 von den Brillenschleifern *J.* und *Z. Janszen* erfunden. Zahlreiche M., mit denen für die damalige Zeit erstaunliche Beobachtungen gelangen, wurden durch *A. v. Leeuwenhoek* ↑ angefertigt. Am Beginn des 18. Jh. wurden einfache Beleuchtungseinrichtungen wie der schwenkbare Spiegel eingeführt. 1827 entwickelte *G. B. Amici* ↑ die Immersionslinse.

Die wissenschaftlichen Grundlagen des M. wurden vor allem durch *E. Abbe* ↑ ausgearbeitet, der seit 1866 mit *C. Zeiß* ↑ zusammenarbeitete. 1869 erfand *Abbe* den nach ihm benannten Beleuchtungsapparat, 1873 veröffentlichte er seine »Theorie der mikroskopischen Abbildung«. Von da ab setzte die systematische Verbesserung des M. ein sowie die Entwicklung von M. für Spezialaufgaben.

Das Auflösungsvermögen des M. konnte am Beginn des 20. Jh. durch das Ultramikroskop von *H. F. E. Siedentopf* und *R. A. Zsigmondy* gesteigert werden, eine weitere Verbesserung stellte später die Einführung der Phasenkontrastmethode durch *F. Zernike* dar.

Milchkonservierung: Das bekannteste Verfahren der M. ist das Pasteurisieren ↑. Eine Spezialmethode stellt das Hofius-Verfahren ↑ dar. Neuerdings wird in steigendem Maß auch von der UV-Bestrahlung als erfolgreicher Methode der M. Gebrauch gemacht (*W. Fritz*, 1943).

Milchverarbeitung: Milch und M.-Erzeugnisse sind wahrscheinlich älter als die Bereitung von Brot ↑. Ausgrabungen in Ur belegten, daß bereits 5000 v. u. Z. im Stromgebiet des Euphrat und Tigris von Priestern behütete Meiereien bestanden. Es ergab sich weiter, daß schon die Sumerer Stallhaltung von Kühen betrieben und sie in einem gut durchdachten Prozeß nutzten. Ein Tempelfries von Al-Ubaid zeigt, daß die Sumerer bereits die Butter- und Käsebereitung kannten. Die Erfahrung, daß sich durch Schlag, Stoß und Wirbel das Fett der Milch als Butter gewinnen läßt, ist demnach schon viel früher gemacht worden. Das Quirlbutterfaß war ein aus Ton gebranntes Gefäß. Der Quirl im Faß wurde durch Hanftaue mit einem Balken oder Baum verbunden. Zur entgegengesetzten Seite war um den Schaft des Quirls mehrfach ein zweites Hanftau geschlungen, das zwei Endgriffe hatte und mit ihnen gleichförmig bewegt wurde. Durch abwechselndes Ziehen an den Griffen wurde der Quirl in schnelle Drehbewegung versetzt und die Schleuderwirkung ausgelöst.

Griechen und Römer nutzten Butter nur als technisches Schmiermittel. Der Grieche *Hippokrates* wandte Butter zur Heilung von Haut- und Brandwunden an. Obwohl weder Griechen noch Römer die Butter zur Nahrung benutzten, stellten sie schon verschiedene Käsearten her. Sie betrieben die Herstellung in gewerblichen Käsereien. Die alten Verfahren des Butterns blieben bis zum Beginn des industriellen Zeitalters üblich. An die Stelle des Tonfasses trat lediglich im Mittelalter das Quirl-Butterfaß aus Holz, das Prinzip der Quirlbewegung aber wurde ohne Veränderungen übernommen. Das alte »Aufrahmverfahren«, Stehenlassen der Milch in kühlen Räu-

men in flachen Gefäßen, wobei der Rahm langsam nach oben steigt, wurde mit Beginn des technischen Zeitalters durch das Milchschleuderverfahren abgelöst. Durch Schleudertrommeln konnte jetzt die Scheidung der Milch in Rahm und Magermilch wesentlich verbessert werden. Im Zuge dieser Entwicklung wurde die Butter seit dem 17./18. Jh. immer mehr zum wichtigsten Speisefett der gemäßigten Klimagebiete, während in Südeuropa Olivenöl diese Stellung behielt. Mit der Milchzentrifuge ↑ wurde die technische M. möglich. Die Mechanisierung der M. führte mit dem Aufkommen von Sammelmolkereien im 19. Jh. zur Massenproduktion bei der M. durch Verfahren der Milchkonservierung ↑ wurde die M. entscheidend verbessert.

Milchzentrifuge: Erste M. wurden um 1860 von *Anton* und *Alexander Prandtl* entwickelt, zunächst mit an einer Achse geschleuderten Gefäßen. Es folgten abflußlose Trommeln, bis etwa ab 1870 M. mit Abfluß und damit kontinuierlicher Arbeitsweise entwickelt wurden.

Durch die Entwicklung der Tellerzentrifuge (erstes Patent 1888) wurde die Trennung der Milchbestandteile wesentlich verbessert. Der Alpha-Laval-Separator, eine M. dieser Bauart, wurde in seiner Leistung in den Folgejahren systematisch verbessert. Mit dem 1933 entwickelten hermetischen Separator (Typ Alpha-Laval) wurde erstmals das Problem der schaumlosen und luftfreien Milchverarbeitung ↑ gelöst. Von bes. Vorteil ist bei diesem Typ der M., daß durch die geschlossenen Zu- und Abläufe jede Gefahr einer Neuinfektion beim verarbeiteten Gut ausgeschlossen wird. M. dieses Typs haben sich überall in der Milchverarbeitung durchgesetzt.

Mineral-Düngerstreuer: Die ältesten Düngerstreuer wurden mit Löffelwalzen ausgerüstet, wie sie der Pfarrer *J. Cooke* um 1785 (England) für Drillmaschinen verwendete. Später wurden Saatgut und Dünger (meist Asche, Knochenmehl, Guano, Kalk Chilesalpeter) in einem Arbeitsgang mit der Drillmaschine ausgebracht.

Um 1870 brachten deutsche Firmen die auch heute noch verbreiteten Schlitz- und Walzenstreuer heraus. Alle wesentlichen Arbeitsvorgänge waren bereits enthalten, z. B. Streuwelle mit schräg aufgesetzten Streuscheiben (Taumelscheiben), Rührwerk, Windschutzkästen bzw. -tücher. Um 1870 ließ sich *Schloer* eine Konstruktion patentieren, bei der der Kasten mit dem Streugut der Streuwalze zugeführt wird. Bleibende Bedeutung erlangte der Kettenstreuer von *Kuxmann* (1891), bei dem eine im Kastenboden umlaufende Kette das Ausstreuen des Düngers bewirkt.

Der Tellerstreuer, bei dem waagerecht rotierende Streuteller den Dünger ausbringen, ist eine dänische Erfindung und Ende der 20er Jahre unseres Jh. entstanden.

Einen völlig anderen Weg beschritten Konstrukteure vorwiegend in Kanada, die Zentrifugal-Sä- und Düngerstreumaschinen bereits im vorigen Jh. schufen. In Deutschland wurde eine solche 1885 patentiert, nach zahlreichen Fehlschlägen erfolgte der serienmäßige Bau aber erst nach 1950.

Mistbeet: Um das Jahr 30 wird erstmals ein Mistbeet erwähnt, das im Römischen Reich der Melonenkultur diente. In Deutschland wurden erstmalig 1776 im Dresdner Ratsarchiv Treib- und Mistbeete erwähnt.

Molybdän: M.glanz wurde im Altertum zusammen mit Graphit und Bleiglanz, die alle auf Stein und Papier einen schwarzgrauen Strich ergaben, als molybdos (Blei) bezeichnet. *C. W. Scheele* ↑ wies 1778 den Unterschied dieser Mineralien nach und nannte das beim Behandeln mit Salpetersäure erhaltene weiße Produkt M.säure. 1782 isolierte *P. J. Hjelm* daraus das Metall in Pulverform. 1893 gelang *H. Moissan* ↑ die Herstellung eines 92- bis 96%igen Metalls im Elektroofen. M.haltige Stähle wurden erstmals 1913 hergestellt. Nur etwa 10% des gewonnenen M. finden Verwendung als reines Metall. 90% dagegen in Form von Legierungen in der Eisen- und Stahlindustrie. Weitere Anwendungsgebiete sind Elektronenröhren und Glühlampen, Heißleiter und Heizelektroden, Kontaktwerkstoffe, Katalysatoren und Thermoelemente.

Montanwachs: Die Bezeichnung M. für das aus Braunkohle durch Extrahieren mit bestimmten organischen Lösungsmitteln zu gewinnende Bitumen wurde von *Boyen* geprägt, der 1897 die fabrikmäßige Herstellung als erster durchführte. M. wird heute nur noch in geringem Umfang produziert.

Mörtelmauerwerk: In dieser entwickelten Form gelangte der Steinbau (Grundelement

unbearbeiteter Naturstein, in Kalk- oder Zementmörtel verlegt) über die römische Kolonisierung, später durch Klostergründungen nach Mitteleuropa. Im Mittelmeerraum erlangte er bereits v. u. Z. seine höchste Blüte (Beherrschung der Wölbung als horizonale Überdekkung von Räumen).

Motorboot: Obwohl bereits 1838 in Petersburg *M. H. Jacobi* ↑ den von ihm kurz zuvor entwickelten Elektromotor als Antriebsquelle für ein Boot benutzte und damit Probefahrten auf der Newa unternahm, wird die Erfindung des M. *G. Daimler* ↑ zugeschrieben, der den von ihm entwickelten Fahrzeugmotor (Kraftfahrzeug ↑)1886 in ein Boot einbaute, um so das polizeiliche Fahrverbot in den Straßen Cannstatts zu umgehen. Das erste M. bewährte sich und fand schnell zahlreiche Nachfolger. In der Folgezeit wurde die Bootsform verschiedenen Veränderungen unterworfen (z. B. Tragflügelboot), doch das Grundprinzip – Antrieb eines Bootes durch eine mittels Verbrennungsmotors angetriebene Schiffsschraube – ist mit Ausnahme einiger Spezialfahrzeuge bis heute gleich geblieben. So fuhr bereits 1894 das erste durch einen Luftpropeller angetriebene Boot, gebaut von *F. v. Zeppelin* ↑, auf dem Bodensee und erreichte eine Geschwindigkeit von über 25 km/h; doch fand diese Antriebsart damals keine weitere Verbreitung. Ein moderner Nachfolger ist das mit Strahlantrieb versehene Boot des Engländers *Campbell,* der damit 1958 mit 347,8 km/h einen Geschwindigkeitsrekord aufstellte.

Motorrad: Das erste M. der Welt, konstruiert von *G. Daimler* ↑ und *W. Maybach* ↑, wurde 1885 als »Petroleum-Reitwagen« patentiert. Das zur Aufrechterhaltung an den Trittbrettern mit pendelartig federnden Balancierrollen versehene Fahrzeug hatte einen Viertakt-Einzylinder-Motor von 264 cm^3 Hubraum mit 0,5 PS (0,37 kW), der ihm eine Höchstgeschwindigkeit von 18 km/h verlieh. Ein 1894 von *Wolfmüller* und *Hildebrand* in München gebautes M. erreichte bereits 50 km/h und wurde den Konstrukteuren unter dem Namen M. patentiert. M. wurde seitdem zum generellen Namen für diesen Fahrzeugtyp (Kraftfahrzeug ↑). Erste größere Serien von Motorrädern wurden 1899 aufgelegt, Motorroller tauchten erstmals 1921/22 auf.

Motorschiff: Nachdem motorgetriebene Boote schon vor 1900 aufkamen (Motorboot ↑) und im Bereich der Fluß- und Küstenschiffahrt sich der Verbrennungsmotor ↑ in der Folgezeit als Antrieb kleinerer Einheiten, teilweise auch, wie bei Schwimmkranen mit Eigenantrieb, in Spezialwasserfahrzeugen einführte, setzte nach 1910 ein immer stärkerer Aufschwung ein. 1912 wurde in Dänemark mit der »Selandia« das erste dieselgetriebene Hochseeschiff in Dienst gestellt, das bald zahlreiche Nachfolger unter den großen Fracht- und später auch Fahrgastschiffen fand. Das M. wurde zum häufigsten Typ der kleineren und mittleren Schiffsklassen. Ebenso hat der Dieselantrieb in den Fischereiflotten aller Länder die dominierende Stellung. 1980 waren über 90% der Welthandelsflotte M.

Mulemaschine (Wagenspinner, Selfaktor): Die erste M. wurde in den Jahren zwischen 1774 und 1779 von *S. Crompton* ↑ konstruiert und zwischen 1825 und 1830 von *R. Roberts* ↑ zur automatischen M. weiterentwickelt. Die M. ist eine Spinnmaschine mit Streckwerk, bei der ein die Spindeln tragender Wagen ausfährt, den Faden verstreckt, Drehung erteilt und bei Rücklauf diesen aufwickelt.

Müller-Kühne-Verfahren: Von *Müller* und *Kühne* 1914/18 gefundene Methode zur Herstellung von Schwefelsäure ↑ aus Gips (Gipsschwefelsäure), bei der gleichzeitig durch geeignete Zusätze aus dem Reaktionsrückstand Portlandzement erhalten wird.

N

Nachrichtensatellit: Der erste N., der als Ballon mit reflektierender Oberfläche ausgeführte N. »Echo 1 A«, wurde im August 1960 auf die Umlaufbahn gebracht (Nachfolger 1964). Die Reihe der aktiven N. wurde durch »Courier 1 B« (Oktober 1960, USA-N. für militärische Zwecke) eröffnet und durch die zur Erprobung ziviler Nachrichtenübertragungen vorgesehenen N. »Telstar« (1962/63) fortgesetzt. 1963 wurde erstmals ein N. auf eine Synchronbahn gebracht (Syncom); mit N. der Typen »Early Bird« (synchrone Bahn) und »Molnija« (langgestreckte Ellipsenbahn) begann die Nutzung der N. für nationale und in-

ternationale Nachrichtenfernverbindungen (1965). Ab 1967 wurde als erstes N.-System das vor allem regionalen Aufgaben dienende System »Orbita« in der Sowjetunion ausgebaut. Weitere regionale Netze folgten (z. B. 1972 Kanada, 1975 Algerien, 1976 Indonesien); gegenwärtig wird etwa ein Dutzend regionaler N.-Systeme betrieben.

Als N.-Systeme für den internationalen Fernmeldeverkehr, Rundfunkprogrammaustausch usw. entstanden ab 1970 die Systeme »Intersputnik« (Gründung 1971, Dienstaufnahme 1974) und »Intelsat« mit zahlreichen Erdefunkstellen in allen Kontinenten.

Als erster Rundfunksatellit für die direkte Übertragung von Rundfunkprogrammen nahm 1976 der sowjetische N. »Ekran« den Betrieb auf. Die Internationale Funkverwaltungskonferenz 1977 traf wichtige und zukunftsweisende Festlegungen organisatorisch/technischer Art für künftige Rundfunksatelliten.

Nähmaschine: 1790 nahm der Engländer *Th. Saint* ein Patent auf eine Maschine zum Sohlennähen. Als deutscher Erfinder der einfädigen Kettenstich-N. gilt *B. Krems* (zwischen 1790 und 1800). Der französische Schneider *B. Thimonnier* entwickelte 1829/30 eine brauchbare Kettenstich-N., *Ch. W. Hunt* ↑ fertigte 1832/34 in New York eine Doppelstich-N. mit Schiffchen.

Der Schneidermeister *J. Madersperger* ↑ benutzte 1839 als erster die Doppelstich-N. mit zwei Fäden, konnte seine Erfindung jedoch aus finanziellen Gründen nicht auswerten.

Die erste brauchbare N. entwickelte *E. Howe* ↑ in Anlehnung an *Hunt* 1845/46. In dieser N. wurde ein 1843/45 entwickeltes Langschiffchen (Weberschiffchen) verwendet. Sein Landsmann *I. M. Singer* ↑ verbesserte 1851 den Stoffvorschub. Die N.produktion entwickelte sich rasch, zahlreiche Sonderformen entstanden.

N. wurden teilweise auch durch Wasser- und Dampfkraft über Transmissionen angetrieben. Versuche, Haushalts-N. mit Gas- oder Heißluftmotoren anzutreiben, brachten keinen Erfolg. 1883 begannen Versuche, N. mit Elektromotoren anzutreiben. Nachdem sich die elektrisch angetriebene N. in der ersten Hälfte des 20. Jh. durchgesetzt hatte, gewinnen seit etwa 1975 durch mikroelektronische Schaltkreise nach vielfältigen Programmen steuerbare N. an Bedeutung.

Naturbauweise: Die Erstellung von Bauwerken aus Holz, Naturstein, Lehm oder gebrannten Ziegeln zur Zeit eines verhältnismäßig geringen Entwicklungsstandes der Produktionsmittel werden i. allg. als Anfänge des Bauens bezeichnet. Auf Grund ihres elementaren Charakters (Bauen ohne bes. technische Hilfsmittel) konnten diese Bauweisen unter gleichartigen Bedingungen unabhängig voneinander in den verschiedensten Gebieten entstehen. Sie können auch noch heute in Analogiesituationen, wenn auch nur begrenzt, immer wieder Bedeutung erlangen.

Aus der Verbindung von Holz und Naturstein sind vielfältige Kombinationsformen möglich. Diese haben sich in frühgeschichtlicher Zeit bes. in den Kontaktzonen mediterranen Massivbaus und mitteleuropäischer Holzbauweise mit den Grundelementen stehendes bzw. liegendes Holz und Mauerwerk entwikkelt.

Nebelkammer: *C. T. R. Wilson* ↑ entwickelte ab 1895 die Expansions-N. und veröffentlichte 1911 die ersten Fotos von Teilchenbahnen in der N., die von vielen Forschern weiter durchgebildet wurde. Mit der N. wurden u. a. das Positron, die Paarerzeugung und das μ-Meson entdeckt. Ab 1936 führte *A. Langsdorf* die Diffusions-N. ein, die eine kontinuierliche Beobachtung ermöglichte.

Negativ-Positiv-Verfahren: von *W. H. F. Talbot* ↑ um 1840 erfundenes fotografisches Verfahren (Fotografie ↑), ermöglichte erstmals die Herstellung beliebig vieler Kopien eines Lichtbildes. *Talbot* verwendete im Gegensatz zur Daguerreotypie mit Silberbromid getränktes Papier, auf dem er die durch Belichten entstandene Abbildung nach einem Bad in Kochsalzlösung als erster mit Natriumthiosulfat (Fixiersalz ↑) dauerhaft fixierte. Zum Kopieren legte er die mit Wachs durchscheinend gemachte Fotografie auf noch unbelichtetes Fotopapier und setzte beide der Sonnenbestrahlung aus.

Neopren (Polychloropren): Die Entwicklung des N., eines der ersten verwendbaren Synthesekautschuke, geht auf Untersuchungen *Niewlands* zurück. Er begann sie 1906 mit Acetylenverbindungen und konnte 1923 eine kautschukähnliche Substanz herstellen. Die

ab 1925 von *W. H. Carothers* ↑ und Mitarbeitern fortgesetzten Arbeiten führten zur Isolierung des Chloroprens, dessen große Polymerisationsneigung den Anstoß für die Entwicklung eines großtechnischen Verfahrens gab. 1932 erschien Polychloropren auf dem Markt.

Nickel: 1751 wurde metallisches N. von *A. F. Cronstedt* ↑ entdeckt. Man vermutet, daß N. in China schon viel früher bekannt war, da bereits im 18. Jh. eine nickelhaltige Legierung (»Packfong«) von dort nach Europa gebracht wurde. Seit 1824 wird N. für eine ähnliche Legierung in Europa verwendet (Neusilber bzw. Alpaka). 1832 wurde in England die Möglichkeit der galvanischen Vernickelung entdeckt, und 1870 wurden von *A. Parkes* in Birmingham die stahlveredelnden Eigenschaften des N. gefunden.

Die Gewinnung von Rein-N. ist recht kompliziert, so daß heute ein großer Teil als in der Stahlindustrie verhüttete Eisen-N.-Legierungen verwendet wird. Durch Verschmelzen im Lichtbogenofen läßt sich Ferro-N. mit etwa 90% N. herstellen. Nickelarme Erze werden nach dem Krupp-Rennverfahren zu Luppen verarbeitet, die im Konverter zu Ferro-N. weiter verblasen werden.

Der größte Teil des N. findet Verwendung für die Stahlveredlung. Aus N. und nickelreichen Legierungen werden Münzen, Heizdrähte und Akkumulatoren (N.-Cadmium-Akkumulatoren) hergestellt.

Niederschachtofen: in der ersten Hälfte des 20. Jh. entwickelt, um zur Verhüttung Braunkohlenkoks einsetzen zu können. Der N. ist ein in der Eisenmetallurgie zum Erzeugen von Roheisen, Sonderroheisen und Ferrolegierungen eingesetzter Schachtofen mit einer Beschickungshöhe von 3 bis 6 m. Im N. lassen sich auch feinkörnige eisenarme Erze verhütten. Das erste N.werk der Welt entstand 1950 in Calbe/Saale mit 10 N.

Niob: 1801 von *V. Hatchett* entdeckt und zunächst Columbium genannt. Der Name N. wurde 1844 vorgeschlagen und ist seit 1949 allgemeingültig. Man gewinnt N. aus Erzen, die stets auch Tantal enthalten.

Verwendung findet N. zur Plattierung säurefester Gefäße, als Elektrodenwerkstoff für Elektronenröhren und als Baustoff für Kernreaktoren. Legierungen mit mehr als 50% N. werden bevorzugt als hochwarmfeste Legierungen, z. B. im Reaktorbau, eingesetzt.

Nitratcellulose *(Cellulosenitrat):* fälschlich als Nitrocellulose bezeichnet, eine Verbindung der Cellulose, die durch Nitrieren von Baumwolle, Zellstoff ↑ u. a. mit Nitriersäure (Salpetersäure/Schwefelsäure/Wasser) hergestellt wird. Je nach den Nitrierbedingungen erhält man Schießbaumwolle (hochnitrierte Cellulose) oder Collodiumwolle (niedriger nitrierte Cellulose). Die Schießbaumwolle, 1846 von *C. F. Schönbein* ↑ entdeckt, wurde bald in großem Umfang statt Schießpulver ↑ als Sprengmittel und zur Herstellung von Treibladungen für Geschosse (rauchschwaches Pulver) eingesetzt. Obwohl die industrielle Herstellung bereits sehr bald nach der Entdeckung begann, wurde erst während des ersten Weltkrieges eine größere Produktion möglich, weil erst zu dieser Zeit die Ursache für wiederholt auftretende unerwartete Explosionen gefunden wurde (Säurespuren aus dem Herstellungsprozeß). Für die Entwicklung der Plastindustrie hat N. einen entscheidenden Anstoß gegeben, denn sie war Ausgangsstoff der ersten Kunststoffe (Celluloid ↑, Kunstseide ↑).

Nonius (verschiebbarer Hilfsmeßstab auf Längenmeßgeräten): wurde von *P. Vernier* ↑ 1631 erstmals beschrieben. Der Name erinnert an den portugiesischen Mathematiker *Pedro Nuñez,* latinisiert Petrus Nonius (1492 bis 1577).

O

Oberwindfrischverfahren: In einem birnenförmigen Tiegel wird mit einer wassergekühlten Lanze (in den Tiegel ragendes Rohr) in oder auf das Roheisenbad geblasen. Bekanntestes Verfahren ist das nach 1945 entwickelte Sauerstoff-Aufblasverfahren oder LD-Verfahren ↑.

Öllampe: mit tierischen und pflanzlichen Ölen und Fetten, wahrscheinlich schon in vorgeschichtlicher Zeit in Gebrauch, durch Jahrtausende kaum verändert. Ein Ölgefäß enthielt einen Ansatz, durch den der geflochtene oder gedrehte Docht geführt wurde. Diese Ö. lieferten ein sehr mangelhaftes Licht, außerdem mußten die verkohlten Dochtteile in kurzen Abständen entfernt werden.

Zahlreiche Techniker und Erfinder versuchten, eine bessere Luftzufuhr zur Flamme und ein stetiges, ausreichendes Nachströmen von Brennstoff zu erreichen.

So schlug *L. da Vinci* ↑ vor, den Zug durch einen blechernen Lampenzylinder zu verstärken. Dieser wurde nach 1860 durch den gläsernen Zylinder ersetzt, der zunächst aber die Flamme nicht umgab, sondern oberhalb davon angeordnet war. Später schob *A. Argand* ↑ den Zylinder weiter nach unten.

Zur gleichmäßigen Brennstoffzufuhr wurden verschiedene Möglichkeiten vorgeschlagen und angewandt. *G. Cardano* brachte das Ölgefäß höher als die Lampe an und sorgte so für Brennstoffnachfluß (um 1550). *Argand* ersetzte den flachen Docht durch einen aus einem Band zusammengebogenen flachen und hohlen Runddocht, der eine wesentliche Verbesserung der Luftzufuhr und damit eine Erhöhung der Leuchtkraft brachte. Gegen Ende des 18. Jh. kam die Uhrwerkslampe des Franzosen *Carcel* in Gebrauch, bei der die Brennstofförderung durch einen mit Hilfe eines Uhrwerks getriebenen Kolben erfolgte, während 1836 von *Franchot* die »Moderateurlampe« erfunden wurde, deren Kolben durch den Druck einer Feder bewegt wurde, während ein sich selbsttätig verstellendes Nadelventil für gleichmäßige Ölzufuhr sorgte.

Die Verwendung von Mineralölen seit der Mitte des 19. Jh. machte zahlreiche dieser aufwendigen und oft unzuverlässigen Konstruktionen überflüssig, da Mineralöle dünnflüssig waren und leicht vergasten.

Die Petroleumlampe, deren erste brauchbare Konstruktion wahrscheinlich von dem Nordamerikaner *Silliman* (1855) stammt, setzte sich daher rasch durch. Mit dem von *Argand* angegebenen Runddochtbrenner ausgerüstet, war sie jahrzehntelang über die ganze Welt verbreitet.

Oxydationsgraben: Für die vollbiologische Abwasserreinigung von kleinen Ortschaften wurde nach 1950 von *A. Pasveer* eine Sonderform des schon früher bekannten O. entwikkelt. Er stellt eine schwachbelastete Umlaufbelebungsanlage mit weitgehender Schlammmineralisierung dar und ist wegen des hohen Belebtschlammgehaltes sehr betriebssicher.

P

Papier: Heute allgemein durch Verfilzen, Verkleben und Verpressen von Fasern gebildeter Werkstoff, wurde zuerst aus Hanf, später (um 100 v. u. Z.) aus Seiden- und Leinenlumpen in China durch Handschöpfen hergestellt. Die Kunst der P.macherei gelangte später über die Araber nach Spanien und Italien (794 Bagdad, 1144 Spanien, 1276 Italien). 1389 wurde bei Nürnberg die erste P.mühle in Deutschland eingerichtet. Mit der Erfindung der P.-Schüttelmaschine (P.maschine) 1798 durch *N. L. Robert* ↑ gemeinsam mit *Didot-Léger* und die Verbesserung durch die Gebrüder *Fourdrinier* wurde eine völlige Umwälzung in der P.herstellung ausgelöst. Der bis dahin schwierigste und aufwendigste Arbeitsgang, das Schöpfen der Bogen mit geschütteltem Drahtsieb (Handschöpfen), wurde mit der Langsiebmaschine (die erste wurde zu Beginn des 19. Jh. aufgestellt) hinfällig. Die damit geschaffene Möglichkeit, P. in langen Bahnen zu erzeugen (Rollenpapierherstellung), brachte eine deutliche Steigerung der Arbeitsproduktivität und führte bald zur Verknappung der bis dahin benutzten Rohstoffe (Hadern, Lumpen und andere pflanzliche Faserstoffe). Die Erfindungen des Holzschliffs ↑ und der Zellstoffgewinnung (Zellstoff ↑) schufen die rohstoffseitigen Voraussetzungen für die weitere Entwicklung der P.-Industrie.

Papinscher Topf (Schnellkochtopf): ein von *D. Papin* ↑ erfundener Dampfdruckkochtopf mit Sicherheitsventil. In diesem mit einem luftdicht abgeschlossenen Deckel versehenen Gefäß lassen sich Flüssigkeiten bei normalem äußerem Luftdruck weit über ihren Siedepunkt erhitzen.

Pasteurisieren: geht auf *L. Pasteur* ↑ zurück, der es 1867 anregte. Das Verfahren dient zur Konservierung von Lebensmitteln, bes. von Getränken, bei der diese für eine bestimmte Zeit einer schonenden Erhitzung unter 100 °C ausgesetzt werden. Bes. große Bedeutung kommt dem P. für die Milchkonservierung zu. Mit dieser Methode läßt sich die Haltbarkeit frischer Milch bei gleichzeitiger Tiefkühlung um etwa 72 Stunden verlängern.

PCU-Fasern (PC-Fasern): waren die ersten vollsynthetischen Chemiefasern, die in den

Handel kamen. Sie wurden durch die Arbeiten von *Hubert, Pabst* u. a. entwickelt und 1934 zum ersten Mal technisch hergestellt. In der Folgezeit wurden die Fasern weiterentwickelt; sie dienen heute nicht nur als wichtiges Filtermaterial, sondern nach anderer Technologie verarbeitet u. a. zur Herstellung von »Rheumawäsche«.

Pendel: Den Isochronismus gleich langer P. mit verschiedenen Massen als Pendelkörper erkannte *G. Galilei* ↑ um 1600. Das Pendelgesetz für mathematische und physische P. stellte *Ch. Huygens* ↑ 1673 auf, der auch zeigte, daß bei Zykloiden-P. die Periodendauer unabhängig vom Ausschlag ist (Tautochrone). Nach Vorarbeiten *Galileis* führte *Huygens* u. a. das Pendel als Zeitnormal in die Uhr ein. Das 1811 von *J. G. F. Bohnenberger* ↑ angegebene Reversions-P. wurde von dem englischen Kapitän *H. Kater* ↑ 1818 ausgeführt und benutzt. *F. W. Bessel* ↑ lieferte um 1826 eine alle Störungen (Einfluß der Aufhängung, Bestimmung der P.länge, Dämpfung) beachtende Behandlung des Sekunden-P. Das für Erdbebenbeobachtungen benutzte Horizontal-P. (Seismometer) wurde 1832 von *L. Hengler* entwikkelt, von *K. F. Zöllner* um 1871 eingeführt und von *E. Mach* verbessert.

Pergament: im Altertum, etwa seit 1400 v. u. Z., neben Papyrus in Ägypten als Schreibmaterial in Gebrauch. Es wurde aus bes. präparierten Tierhäuten (tierisches P.) hergestellt. Das heute produzierte P.papier (vegetabilisches P.) wird durch Behandeln von ungeleimtem Papier mit Schwefelsäure gewonnen und ist in seinen Eigenschaften dem tierischen P. ähnlich. Sog. Butterbrotpapier ist P.ersatz und wird aus scharf gemahlenem Zellstoff hergestellt.

Pferdebahn: Während von Pferden gezogene und auf Schienen fahrende Transportwagen im Bergbau wahrscheinlich schon im 17. Jh. verwendet wurden, nahm die erste P. auf gußeisernen Schienen für den öffentlichen Verkehr 1795 in England ihren Betrieb auf. Auf der 40 km langen Strecke zog jeweils ein Pferd einen aus drei Wagen bestehenden Zug. In der Folge wurden auch in anderen Ländern P. eröffnet, so zu Beginn des 19. Jh. in Rußland, wo sich u. a. *P. K. Frolow* mit ihrer technischen Gestaltung befaßte. Durch die Entwicklung der Lokomotive ↑ verlor die P. schnell ihre Bedeutung als »Fernverkehrsmittel«. Im Ortsverkehr, als Straßenbahn, spielte sie dagegen in der 2. Hälfte des 19. Jh. in vielen Großstädten längere Zeit eine wichtige Rolle. Erst mit der Entwicklung des elektrischen Schienenverkehrs ↑ wurde die P. auch hier verdrängt.

Pflanzenschutzmaschine: Nach vergeblichen Versuchen von *A. Ingermann,* 1877 eine mechanische Jätemaschine zu schaffen, entstanden um 1900 in Deutschland die ersten »Hedrichspritzen«.

Das technische Problem der feinen Verteilung der Spritzbrühe wurde mit Hilfe sogenannter Streudüsen gelöst, wie sie z. B. zum Befeuchten der Luft bekannt waren. Mußte anfangs der Bedienungsmann pumpen, so ging *Ch. F. Holder* dazu über, die Pumpe von den Fahrrädern antreiben zu lassen. 1913 ließ er sich die erste selbstfahrende Motorspritze patentieren; doch erst 1928 war eine leistungsfähige serienreife Maschine fertiggestellt.

Pflug: bereits im 3. Jahrtausend v. u. Z. bekannt, bestand anfänglich wahrscheinlich aus einer Astgabel, die »Luxusausführung« aus einem Stück Geweih. In Ostfriesland wurde der älteste bekanntgewordene Pflug ausgegraben und auf 1500 v. u. Z. datiert. Der P. der Urzeit hatte keine Räder und mußte von Hand in der richtigen Höhe und unter dem richtigen Winkel gehalten werden.

Der Anstoß zu neueren Pflügen ging von niederländischen Landwirten aus, fand jedoch in der englischen Grafschaft Yorkshire zu Beginn des 18. Jh. seine höchste Vollkommenheit. Der Ungar *Vidats* schuf 1838 Pflüge nach Vorbildern in Südwestdeutschland (sog. Hohenheimer Modell). Die Firma Eckert in Berlin baute nach Anregungen aus Böhmen steilwendende Schwingpflüge mit Stahlgrindel und Sterzen (Ruchlados).

In den ersten Jahrzehnten des 19. Jh. wurden Pflüge aus gußeisernen Teilen angefertigt, bald auch mit Stahlspeichenrädern versehen. Um 1852 waren die Eagle-Pflüge weit verbreitet. Sie waren von schwerer Konstruktion und mit einem kleinen Stellrad ausgerüstet.

Auf den deutschen P.bau waren die amerikanischen Steilwender von Einfluß. Die Gebrüder *Eberhardt* nahmen 1879 den P.bau auf, *R. Sack* ↑ 1863.

Pfostenbau: Diese Art des Bauens reicht in

Mitteleuropa bis zum Beginn des Bauens überhaupt zurück (Jungsteinzeit, Beginn der Seßhaftigkeit). Grundelement ist der in den Boden eingelassene Stamm (Pfosten), Analogie zum Baum. Horizontale Kräfte werden durch Einspannung (Palisadenzäune, Pfosten als First und Wandschwellträger) aufgenommen.

Wiederaufnahme des Konstruktionsprinzips des P. in der DDR mit der Mastenbauweise.

Phenoplaste: auch Phenolharze oder Bakelite genannte Plaste, härtbare Polykondensate aus Phenol bzw. Kresol, Xylenol oder Resorcin mit Formaldehyd. Die Harzbildung zwischen Phenol und Formaldehyd hatte zuerst *A. v. Baeyer* ↑ beobachtet (1872), doch gelang es erst *L. H. Baekeland* ↑, daraus ein technisches Herstellungsverfahren zu entwickeln. Er erwarb 1907 die ersten Patente. 1910 begann *Baekeland* in Erkner in einem von ihm gegründeten Betrieb die Produktion von Preßpulvern, Gießharzen u. a. aus P., die nach ihrem Entdecker als Bakelite bezeichnet wurden. Bakelit war damit der erste vollsynthetische Kunststoff, der in technischem Maßstab produziert wurde. Besondere Bedeutung erlangten später spezielle Kondensate auf P.-Basis, die zuerst in Großbritannien durch *B. A. Adams* und *E. L. Holmes* (1935) entwickelt wurden, in Deutschland unter dem Namen »Wofatite« bekannt, die als Ionenaustauscher Verwendung finden.

Photometer: 1760 erfand *J. H. Lambert* ↑ mit *Pierre Bouguer* das Schatten-Ph., das *Rumford* ↑ 1794 verbesserte, *A. E. Becquerel* ↑ konstruierte 1839 ein elektrochemisches Ph., *W. R. Bunsen* ↑ 1843 das Fettfleck-Ph., *H. Wild* 1863 das Polarisations-Ph., *Ch. Pickering* 1879 das Meridian-Ph. und *Pritchard* 1885 das Keil-Ph. für die Astronomie, *Zöllner* 1879 ein Skalen-Ph. nach dem Radiometerprinzip und *Werner Siemens* ↑ ein Selen-Ph. Für Präzisionsmessungen in der Optik entwickelten *O. Lummer* und *E. Brodhun* 1889 den nach ihnen benannten Ph.würfel sowie *Lummer* und *E. Gehrcke* 1902 das Interferenz-Ph.

Pilzdecke: Deckensystem, das seine Lasten ohne Haupt- und Nebenunterzüge direkt in Stahlbetonstützen leitet (der Stützenkopf ist zum besseren Kräftefluß pilzkopfähnlich ausgebildet). Erste Untersuchungen über die Berechnung, die konstruktive Ausbildung und die Herstellung wurden um 1913 von *Talbot* und *Slater* und 1917 von *Smulski* durchgeführt.

Planimeter: Das erste praktisch verwendbare P. (Linear-P.) stammt von dem Landmesser *Hermann* (1785 bis 1841) und wurde ab 1814 eingesetzt. Um die Entwicklung des Polar-P. machte sich vor allem *J. Amsler-Laffon* ↑ verdient, der es 1854 konstruierte und in einer eigenen Werkstätte produzierte.

Platin: bereits um 1550 in Südamerika als hartes, silberähnliches und weißes Metall bekannt. Aber erst nach 1800 wurde es als chemisches Element erkannt. Der P.gehalt der Erze, aus denen es gewonnen wird, liegt bei 4 bis 16 g/t.

P. wird in der chirurgischen Plastik, zu Schmuck und in der Chemie für widerstandsfähige Tiegel sowie als Katalysator- und Elektrodenwerkstoff verwendet.

Plattenbalken: im Stahlbetonbau wichtiges Konstruktionselement, bei dem eine innige Verbindung zwischen einer Platte und einem Träger hergestellt wird, wurde 1892 von *F. Hennebique* ↑ erfunden. Ihm gelang es damit, raumabschließende Konstruktionen vollkommen monolithisch herzustellen und die Feuersicherheit der Bauwerke wesentlich zu erhöhen. Heute werden P. monolithisch als Bauwerksteil (Decken, Fundamente, Stützwände usw.) oder als Einzelbauteil in der Fertigteilbauweise angewendet.

Polyacrylnitril: Ursprünglich nur als Komponente der Mischpolymerisation mit Butadien (Buna N) sowie Vinylchlorid benutzt, wurde P. durch die Arbeiten von *H. Rein* (1941) zum wichtigen Faserrohstoff. *Rein* fand ein Lösungsmittel für P., das die Herstellung von Fasern nach dem Lösungs- bzw. Trockenspinnverfahren ermöglichte. In der DDR führen Synthesefasern aus P. die Bezeichnung Wolpryla.

Polyamide: aus linearen Molekülketten aufgebaute thermoplastische Polykondensationsprodukte. Die grundlegenden Arbeiten zur Herstellung von P. aus Dikarbonsäuren und Diaminen begann *W. H. Carothers* ↑ etwa Mitte der 20er Jahre. Auf seinen Arbeitsergebnissen aufbauend (1931), wurde ein industrielles Verfahren entwickelt, nach welchem 1937 die großtechnische Herstellung von P. begann (Nylon).

In Deutschland führten die Arbeiten von *P. Schlack* (1936) zur Herstellung eines P. auf der Basis von Kaprolaktam, das sich weitaus besser polykondensieren läßt als die entsprechende kettenförmige Aminohexansäure. Das daraus entwickelte Handelsprodukt (früher Perlon L) ist in der DDR unter der Bezeichnung DEDERON als Synthesefaser und für Spritzgußteile unter der Bezeichnung Miramid im Handel.

Polybutadien: Die ersten technisch verwendbaren P. waren die Zahlenbuna-Typen (1926, Buna ↑), die heute keine technische Bedeutung als Synthesekautschuk ↑ mehr haben. Durch die Butadien-Kopolymerisate (Buna S, Buna N) trat P. lange in den Hintergrund. Trotz zahlreicher Untersuchungen, so die durch *Scott* 1936 gefundene Fähigkeit von Alkalimetallen, in Form bestimmter Komplexe gegenüber Butadien u. a. Vinylverbindungen polymerisationsaktiv zu wirken, wurde P. erst nach 1950 zu einem technisch wichtigen Synthesekautschuk, bes. durch die stereospezifische Polymerisation mit Ziegler-Katalysatoren ↑. Die großtechnische Produktion des stereospezifischen P. begann ab 1956.

Polycarbonate: zur Gruppe der Polyester gehörende Polykondensationsprodukte mit thermoplastischen Eigenschaften. Die Substanzen wurden zwischen 1953 und 1956 entwickelt (*Bottenbruch, Fritz* u. a.). Sie zeichnen sich durch hervorragende mechanische und elektrische Eigenschaften aus und konnten sich wegen der leichten Verarbeitbarkeit auf vielen Gebieten (z. B. Elektrotechnik) einführen. P. haben bereits weitgehend das Celluloid als Filmmaterial verdrängt.

Polyester (Polyesterharze): Polykondensationsprodukte aus mehrwertigen Carbonsäuren und ebensolchen Alkoholkomponenten erlangen ständig waschsende Bedeutung. Bereits *J. J. Berzelius* ↑ und ebenso *Smith* beobachteten Harzbildung bei Reaktionen zwischen Glycerol und Dicarbonsäure. Auch *F. C. A. Hofmann* ↑ befaßte sich um 1917 mit der Bildung linearer P. Systematische Untersuchungen führte etwa seit 1925 *W. H. Carothers* ↑ über Reaktionen zwischen aliphatischen Dicarbonsäuren und Diolen durch, ohne allerdings zu technisch brauchbaren Produkten zu gelangen. Später erst konnten diese Arbeiten erfolgreich weitergeführt werden. Durch *H. Staudinger* ↑ und *Heuer* wurden 1934 in grundlegenden Untersuchungen die Möglichkeiten zur Härtung solcher Polykondensate durch Vernetzung ausgearbeitet. Die Produktion von P. begann um 1939 zunächst nur mit der Herstellung der als Lackrohstoffe wichtigen ersten Alkydharze, die wie Polyglycolterephthalat ↑ chemisch zu den gesättigten P. zählen. Die zahlenmäßig größte Gruppe, die ungesättigten P., erlangten erst nach 1950 wachsende Bedeutung, vor allem als glasfaserverstärkte Werkstoffe. Zu den P. gehören auch die Polycarbonate ↑, die etwa zur gleichen Zeit entwickelt wurden.

Polyethylen: Die Polymerisation von Ethenen führt je nach den Reaktionsbedingungen zu P. verschiedener Eigenschaften. Bereits um 1930 war die Herstellung synthetischer Schmieröle technisch entwickelt. Die Herstellung von festem P. gelang erstmals *Fawcett* und *Gibson.* Sie erfanden das sog. Hochdruckverfahren, nach dem ab 1936 großtechnisch P. hergestellt wurde. Durch die 1953 von *K. Ziegler* ↑ und Mitarbeitern gefundenen Katalysatoren ↑ (Ziegler-Katalysatoren ↑) wurde es möglich, festes P. auch drucklos herzustellen (Niederdruck-P.). Mit seiner großtechnischen Herstellung wurde 1956 begonnen.

Polyglycolterephthalat: ein Polykondensat aus Terephthalsäure und Glycol, wurde von *Whinfield* und *Dickson* 1941 entwickelt. Beide setzten damit Arbeiten von *W. H. Carothers* ↑ aus den 20er Jahren, die damals bei Verwendung aliphatischer Dicarbonsäuren nur zu wirtschaftlich uninteressanten Produkten geführt hatten, erfolgreich fort. P. gehört chemisch zu den Polyestern ↑ und stellt ein Material dar, das zu wertvollen Synthesefasern verarbeitet wird. Ab 1949 wurde die Großproduktion aufgenommen. Die Faser wird unter der Handelsbezeichnung »Grisuten« auch in der DDR produziert.

Polymethacrylsäuremethylester: glasklarer, thermoplastischer Kunststoff, der zur Herstellung von Kunstglas (Plexiglas) verwendet wird. Erste Untersuchungen über die Polymerisation von P. wurden bereits 1901 von *Röhm* durchgeführt. Die Großproduktion konnte jedoch erst 1930 nach langjährigen Vorarbeiten erfolgen. P. war das erste einsetzbare organische Glas.

Polystyren: gehört zu den bereits im 19. Jh.

bekannten thermoplastischen Polymerisationsprodukten. Von *H. Staudinger* ↑ wurde der Polymerisationsvorgang um 1930 eingehend untersucht. Seine Arbeiten wurden zur Grundlage für die 1936 in Deutschland aufgenommene Großproduktion.

Polyurethane: Durch Polyaddition mit Isocyanaten um 1940 von *O. Bayer* entwickeltes vielseitig abwandelbares Verfahren, mit dem man ebenso Plastwerkstoffe (Linear-P.) herstellen kann wie P.kautschuk, der sich durch bes. große Abriebfestigkeit auszeichnet. Die Herstellung von P.-Schaumstoffen ist ein weiteres wichtiges Anwendungsgebiet für diesen Plastwerkstoff.

Polyvinylchlorid: Bereits 1835 beobachtete *H. V. Regnault* die Fähigkeit des Vinylchlorids (Monochlorethen), feste Substanzen zu bilden. Durch *Klatte* wurden 1912 die ersten grundlegenden Untersuchungen über den dabei ablaufenden Polymerisationsvorgang durchgeführt. Die Großproduktion des P. wurde nach 1930 in Deutschland aufgenommen. P. hat sich heute zu einem wichtigen Massenplast für unterschiedlichste Anwendungszwecke entwickelt.

Polzenius-Krauß-Verfahren: ist neben dem Frank-Caro-Verfahren ↑ das Hauptverfahren zur Herstellung von Kalkstickstoff ↑. Bei diesem wird die 1901 von *Polzenius* gemachte Entdeckung genutzt, daß Zusätze von Calciumchlorid die Reaktionstemperatur während der Azotierung wesentlich senken. Beim Frank-Caro-Verfahren benutzt man zum gleichen Zweck Calciumfluorid. Außer durch die Art des Zusatzes unterscheiden sich beide Verfahren vor allem durch die unterschiedliche Technologie bei der Azotierung.

Porzellan: Als Ursprungsland des P. gilt China. P. wurde dort wie später in Europa aus dem Steinzeug entwickelt. Die Zeitangaben sind sehr unterschiedlich. So soll P. nach einigen Quellen um 2600 v. u. Z., nach anderen in der Zeit von 185 v. u. Z., bis 88 erfunden worden sein. Bekannt soll P. erstmals in der Zeit von 581 bis 618 geworden sein. Um 1000 wurde P. in China schon fabrikmäßig hergestellt. Erste Nachricht über das chinesische P. brachte *Marco Polo* 1295 nach Europa. Seit Beginn des 16. Jh. importierten portugiesische Kaufleute chinesisches und japanisches P. nach Europa. Seitdem versuchte man in verschiedenen europäischen Ländern, das chinesische P. nachzuahmen.

1709 gelang *J. F. Böttger* ↑ nach langen, teilweise gemeinsamen Experimenten mit *E. W. Tschirnhaus* ↑ die Erfindung des Hartporzellans. 1710 wurde unter *Böttgers* Leitung in Meißen die erste P.manufaktur Europas gegründet. 1880/81 entwickelte *H. A. Seger* ↑ das nach ihm benannte P. Es ist ein Weichporzellan und gestattet infolge der geringeren Brenntemperatur die Verwendung einer reicheren Auswahl farbiger Glasuren als Hartporzellan. Mitarbeiter der staatlichen Porzellanmanufaktur in Sèvres (Frankreich) und *W. Funk* in Meißen verbesserten das Weichporzellan, so daß es dem südostasiatischen P. nahekommt. Die meisten europäischen P. sind Hartporzellane, die meisten südostasiatischen Weichporzellane.

Puddelstahlverfahren: Das Puddeln oder Flammofenfrischen wurde 1784 von *H. Cort* ↑ und *Parnell* eingeführt und stellte einen wesentlichen Fortschritt in der Stahlgewinnung dar. Es beruht auf der Entkohlung des im Herd eines Flammofens eingeschmolzenen Roheisens durch die atmosphärische Luft, deren Zutritt zum Eisen durch ständiges Umrühren (engl.: to puddle) erfolgt.

Pulvermetallurgie: Bereits im Mittelalter wurde Goldstaub durch Verschmieden zu Schmuck und Gefäßen verarbeitet. Die Anwendung der P. im heutigen Sinne setzte erst 1809 mit der Verarbeitung des Platins ein, weil Platin wegen seines hohen Schmelzpunktes damals schmelzmetallurgisch nicht zu verarbeiten war. Durch *Ch. M. Knight* wurde erstmals schmiedbares Platin aus Platinpulver gewonnen. Das Pulver wurde zunächst gepreßt und dann verschmiedet.

Die P. erhielt eine wesentliche Förderung durch Einsatz von Wolfram für Glühlampen-Leuchtdrähte. Seit 1908 ist das nach seinem Erfinder benannte Coolidge-Verfahren in Anwendung, das darin besteht, Wolframpulver zu verdichten, vorzusintern und in direktem Stromdurchgang bei Temperaturen nahe dem Schmelzpunkt in einer Schutzgasatmosphäre fertigzusintern. 1922 gelang *K. Schröter* die Herstellung gesinterter Hartmetalle (Schneidplättchen für die Zerspanungstechnik). Um 1935 wurden Kontaktwerkstoffe auf pulvermetallurgischer Grundlage entwickelt, außerdem Gleitlager, vor allem aus Gußeisen. Nach

1945 folgte die Entwicklung des Sinteraluminiums, genannt SAP, durch *Zeerleder* und *Irmann.*

Pumpe: In der Antike wurden zum Wasserheben verschiedenartige Schöpfvorrichtungen sowie die archimedische Schraube ↑ benutzt; doch erwähnt bereits *Heron von Alexandria* ↑ Pumpen und ihren Einsatz u. a. in Feuerspritzen.

Vom 15. Jh. ab werden Saug- und Druckpumpen im Bergbau eingesetzt. Sie werden u. a. von *G. Agricola* ↑ – auch in stufenförmiger Anordnung zur Erreichung größerer Förderhöhen – beschrieben.

Die Erfindung der Kolbenluftpumpe geht auf *O. v. Guericke* ↑ zurück, Verbesserungen stammen u. a. von *R. Boyle* ↑ und *J. Leupold* ↑. Das Prinzip der Kreisel-P. war bereits *L. da Vinci* ↑ und *D. Papin* ↑ bekannt. Betriebsfähige Ausführungen stammen vor allem von *A. A. Sablukow* (um 1835), doch erlangte die Kreisel-P. erst durch Kopplung mit schnellaufenden Elektromotoren weite Verbreitung.

Die Wasserstrahl-P. wurde 1870 von *R. W. Bunsen* ↑ angegeben, während Diffusions- und Dampfstrahl-P. vor allem auf Arbeiten von *W. Gaede* ↑ und *I. Langmuir* ↑ zurückgehen.

Pumpspeicherkraftwerk: Sonderform des Wasserkraftwerks ↑, entwickelte sich aus dem Bestreben, elektrische Überschußenergie nach Bedarf und im allgemeinen kurzfristig zu speichern. Die Vorzüge der Pumpspeicherung (Verlustlosigkeit beim Stillstand, sehr rasche Einsatzbereitschaft, große Ausweitbarkeit des Speichervermögens) haben sie in den letzten Jahrzehnten zu einem bewährten Mittel für das Abdecken von Belastungsspitzen werden lassen.

Das P. entwickelte sich zunächst als Kombination mit einem der üblichen Wasserkraftwerke (P. mit Zusatzspeicherung), für die das P. an der Bleilochtalsperre (Betriebsaufnahme 1932) eines der ersten Beispiele darstellt. Das P. von Wendefurth (Betriebsaufnahme 1968) an der Rappbodetalsperre ist eines der gegenwärtig jüngsten Beispiele in der DDR.

In der Folge wurden auch in anderen Ländern solche Anlagen gebaut, doch erwies sich die Standortgebundenheit, aus der sich meist eine große Entfernung von den Verbrauchsschwerpunkten ergab, als Nachteil.

Diesen vermeidet das reine P., das völlig losgelöst von Naturspeichern arbeitet. Das erste P. dieser Art, zugleich das erste in der Welt, ist das 1930 in Betrieb genommene P. Niederwartha bei Dresden. Die reine Pumpspeicherung findet immer weitere Verbreitung. Eines der gegenwärtig größten P. ist das von Vianden in Luxemburg, das größte der DDR Markersbach (1 050 MW).

R

Rad: Vorläufer des R. war der rollende Baumstamm, der als Fortbewegungsmittel für schwere Lasten schon in sehr früher Zeit neben den Schlitten getreten sein muß. Man nimmt an, daß zur konstruktiven Gestaltung des R. die an Vorrichtungen mit kreisenden Bewegungen – Feuerbohrer, Türen in Zapfenlagern (ab 4500 v. u. Z. nachweisbar) und Töpferscheibe – in langen Zeiträumen gemachten Beobachtungen entscheidende Erfahrungen vermittelten.

Als Holzscheibe auf einer hölzernen Achse tauchte das R. bereits um 4000 v. u. Z. im Mittelmeerraum vermutlich an vielen Orten etwa gleichzeitig auf.

Die Entwicklung des Speichenrades begann etwa im 3. Jahrtausend v. u. Z. damit, daß man die Löcher in den R.scheiben anbrachte, um die inneren Schmierstellen an den Achsen besser erreichen zu können. Die Speichenform, die sich daraus allmählich entwickelte, führte bald zu betont künstlerischen Gestaltungen des R. Zum Schutz des R.kranzes wurden schon frühzeitig Reifen benutzt, in Babylonien und Assyrien zuerst aus Leder, später aus Kupferbändern. Der Beschlag mit breitköpfigen eisernen Nägeln ging der Entwicklung des eisernen Reifens, zunächst aus eisernen Bändern gefertigt, voraus (etwa 2. Jahrtausend v. u. Z.). Bis zur Entwicklung des modernen Verkehrswesens blieb Holz das Hauptmaterial zur R.herstellung, die sich ab 1630 bereits in kooperierender Arbeitsteilung vollzog. Die beiden Grundformen, das Scheiben- und das Speichen-R., sind bis heute erhalten geblieben.

Radar: bereits *A. S. Popow* ↑ beobachtete, daß Schiffe elektromagnetische Wellen reflektierten, 1900 schlug *N. Tesla* ↑ vor, diese Erschei-

nung zur Konstruktion eines Rückstrahlortungsgerätes auszunutzen. 1904 ließ sich *H. Hülsmeyer* ↑ ein erstes Gerät dieser Art patentieren. Es wurde erfolgreich vorgeführt. Mangelnde technische Voraussetzungen und fehlendes Interesse seitens der Industrie verhinderten die Weiterführung der Arbeiten *Hülsmeyers*. Dem Österreicher *H. Loewy*, der auf gleichem Gebiet arbeitete, erging es ebenso. In den 20er Jahren wurden Vorarbeiten für das R. hauptsächlich durch die Echoversuche zur Höhenbestimmung der Ionosphäre geleistet.

Die eigentliche Entwicklung des R. setzte, ausschließlich für militärische Zwecke, 1934/35 ein. 1935 wurden erstmals Flugzeuge auf größere Entfernung (90 km) geortet. Im zweiten Weltkrieg wurden R.geräte von allen beteiligten Staaten verwendet. Die Entwicklung verlief, nicht zuletzt durch die Verbesserung des Magnetrons, zu immer höheren Frequenzen und ermöglichte (ab 1941) das Rundsichtgerät.

Für zivile Zwecke wurde R. erst nach 1945 nutzbar. Es wird als Navigationshilfe und Kollisionsschutzgerät weltweit in der Schiffahrt und im Luftverkehr eingesetzt. Daneben findet es in zahlreichen Spezialausführungen Anwendung in der Meteorologie, Raumfahrt und Astronomie.

Radiergummi: Die Fähigkeit des Naturkautschuks, Bleistiftstriche auszulöschen, wurde von *J. Priestley* ↑ 1770 entdeckt und blieb bis etwa 1790 die einzige praktische Verwendung dieses Materials in Europa.

Radioaktive Altersbestimmung der Erde: Nach einer Idee *E. Rutherfords* ↑ entwickelte *Strutt* ab 1905 die Heliummethode, bei der das Helium-Uran-Verhältnis in Mineralien zur geologischen Altersbestimmung benutzt wurde. Die Bleimethode und Benutzung des Blei-Uran-Verhältnisses in Mineralien geht auf *B. Boltwood* und *Rutherford* ↑ (ab 1907) zurück. Die Entstehung der pleochroistischen Höfe wurde durch *O. Mügge* (1907) auf radioaktive Prozesse in Mineralien zurückgeführt. Diese Methode wurde 1913 von *Rutherford* für die Altersbestimmung von Gesteinen genutzt. Ab 1930 wurde mit Hilfe der Massenspektroskopie die Bleiisotopenmethode entwickelt. Ab 1940 wurden, ausgehend von Erkenntnissen über die künstliche Radioaktivität, die C-14-Methode, Xenonmethode, die Tritiummethode u. a. ausgearbeitet.

Radioaktivität: Nachdem *H. Becquere* ↑ 1896 nachgewiesen hatte, daß die von Uranmineralien ausgehenden Strahlen Fotoplatten schwärzen, Stoffe durchdringen und Luft ionisieren, isolierten *P.* und *M. Curie* ↑ 1898 die bisher unbekannten stark radioaktiven Elemente Polonium und Radium. Ausgehend von der Entdeckung der Emanationen (*E. Rutherford* ↑, *E. Dorn*) und weiterer radioaktiver Substanzen, folgerten *Rutherford* und *F. Soddy* ↑ 1903, daß die R. auf einem Zerfall bzw. Umwandlung des Atoms beruhe. *Rutherford* unterschied 1899 nach dem Absorptionsverhalten die Alpha- und Betastrahlen. Letztere wurden um 1900 durch Ablenkung im magnetischen und elektrischen Feld von vielen Forschern gleichzeitig als Katodenstrahlen (bewegte Elektronen) identifiziert. *W. Kaufmann* beobachtete 1902 die relativistische Geschwindigkeitsabhängigkeit der Elektronenmasse. Die Alphastrahlen wurden endgültig von *Rutherford* und *Th. Royds* als Heliumkerne erkannt. Neben der Ionisationskammer, dem Szintillations- (*W. Crookes* ↑ 1903) und dem Geigerzähler (Vorform 1908) diente die unterschiedliche Reichweite der Alphastrahlen, von *H. Bragg* ↑ 1904 festgestellt, zur physikalischen Identifizierung radioaktiver Stoffe. Die unablenkbare Gammastrahlung entdeckte 1900 *P. Villard* ↑. Die Verschiebungssätze der radioaktiven Zerfallsreihen stellten 1913 *F. Soddy* ↑ und *K. Fajans* auf. *Soddy* führte 1913 den Begriff der Isotopie ein, der aber erst 1932 nach der Entdeckung des Neutrons durch *J. Chadwick* ↑ vollständig erklärt werden konnte. 1919 gelang *E. Rutherford* ↑ die erste künstliche Kernumwandlung. Die künstliche R. entdeckten 1934 *F.* und *I. Joliot-Curie* ↑.

Radiosonde: für selbsttätige meteorologische Messungen in höheren Luftschichten und drahtlose Übermittlung der Meßwerte seit Beginn der 30er Jahre im Einsatz. Um ihre Entwicklung machte sich neben vielen anderen vor allem der sowjetische Wissenschaftler *P. A. Moltschanow* verdient. 1934 begann der Aufbau des heute nahezu die ganze Erde umspannenden R.ndienstes.

Rakete: wahrscheinlich in China erfunden. Seit 1040 dort mit Sicherheit bekannt, gelangte die Kenntnis dieser Erfindung im

13. Jh. durch die Araber nach Europa. Obwohl schon zu Beginn ihrer Entwicklung in China als Waffe verwendet, befaßten sich in Europa als erste die Engländer im 18. Jh. mit der R.nentwicklung, nachdem sie die Wirkung indischer Brand-R. kennengelernt hatten. Durch *W. Congreve* ↑ wurden ab 1804 mit Sprengsatz versehene R. konstruiert, die 1820 etwa 3 km weit flogen. Schon an der Völkerschlacht bei Leipzig war ein englisches R.nkorps beteiligt, später wurde R.nartillerie auch in anderen Armeen verwendet. Bes. Förderung fand diese durch *K. I. Konstantinow* in der russischen Armee.

In der zweiten Hälfte des 19. Jh. befaßte sich auch *A. Nobel* ↑ in Schweden mit R.nversuchen, bei denen es ihm gelang, hochexplosive Sprengsätze über etwa 8 km zu befördern. Seine Idee, mit der Konstruktion entsprechend großer R. mit verheerender Sprengwirkung eine »Anti-Kriegswaffe« zu schaffen, mußte sich unter den damaligen gesellschaftlichen Bedingungen als Utopie erweisen.

Mit der Einführung gezogener Läufe bei der Artillerie gegen Ende des 19. Jh. verlor die R. ihre Bedeutung als Waffe und wurde nur noch für Spezialzwecke (Signal-R., Schiffsrettungs-R., Harpunen-R. u. a.) benutzt. Zur selben Zeit begann in Rußland *K. E. Ziolkowski* ↑ mit seinen Arbeiten, die ihn zum Begründer der modernen R.ntechnik und der Raumfahrt machen sollten. Er hatte 1898 die später nach ihm benannte Gleichung für den R.nflug formuliert und gab 1903 in seiner ersten umfassenden wissenschaftlichen Veröffentlichung eine grundlegende Darstellung der R. für die Raumfahrt unter Anwendung des Stufenprinzips. In den folgenden Jahren entwickelte *Ziolkowski* seine Gedanken weiter, doch fand er erst nach der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution die seinen Plänen gebührende Unterstützung.

Seit 1910 experimentierte in den USA *R. H. Goddard* ↑ mit R., 1926 gelang ihm der erste Start einer Flüssigkeits-R. 1924 veröffentlichte *H. Oberth* ↑ eine Schrift mit den exakten Berechnungen der Weltraum-R. Ab 1927 liefen in Deutschland Versuche, die R. als Beförderungs- und Antriebsmittel zu verwenden (*M. Valier* ↑, *J. Winkler, F. W. Saner* u. a.; Strahltriebwerk ↑).

1931 erreichte *R. Tilling* in der Nähe von Osnabrück mit Feststoff-R. Höhen bis zu 3 km. Im gleichen Jahr startete *J. Winkler* die erste Flüssigkeits-R. in Deutschland. Etwa 1930 wurden bereits in der UdSSR die ersten Flüssigkeitstriebwerke entwickelt (Strahltriebwerk ↑).

Nach 1933 wurden in Deutschland alle Versuchsprogramme der faschistischen Kriegsführung untergeordnet. 1934 stieg eine Flüssigkeits-R. auf 2 300 m. 1936 wurde die faschistische Versuchsanstalt in Peenemünde eingerichtet. Hier wurde die Groß-R. (A4) für Vernichtungszwecke entwickelt. 1942 flog das A4-Aggregat mit 85 km Gipfelhöhe, das von den Faschisten als Terrorwaffe (V2) gegen Großbritannien eingesetzt wurde. 1957 wurde in der UdSSR für friedliche Zwecke die erste interkontinentale ballistische R. gestartet. Sie flog bei 1 200 km Gipfelhöhe etwa 10 000 km weit. Im gleichen Jahr wurde von der UdSSR mit einer Mehrstufen-R. der erste künstliche Erdsatellit (Sputnik 1) auf eine Umlaufbahn gebracht und damit die moderne Raumfahrt eröffnet.

Neben den für die Raumfahrt benutzten R. großer Dimensionen finden kleinere R. außer im militärischen Bereich vielseitige Anwendung für Forschungszwecke (Wetter-R., Meß-R. usw.).

Im Tiefbau wurden seit Mitte der 70er Jahre zuerst in der UdSSR und der BRD druckluftbetriebene Erdraketen als Vortriebsgeräte eingesetzt, welche Löcher für Grundleitungen, Kanalisationsrohre usw. verschiedener Durchmesser mit großer Zielgenauigkeit in die verschiedensten Arten von Erde, Gestein oder Mauerwerk hineintreiben und die zum Verlegen vorgesehenen Rohre oder Kabel dabei hinter sich herziehen.

Ranneybrunnen: 1934 erfand der Nordamerikaner *L. Ranney* ein Bohrverfahren und damit den R. Von einem Schacht werden sternförmig Filterrohre horizontal in tieferliegende Erdschichten geringerer Mächtigkeit vorgetrieben. Die Feinbestandteile des Erdreichs werden ausgespült, wodurch sich um das Filterrohr ein Stützfilter bildet. R. wurden zur Erschließung von Öl und Wasser gebaut.

Rasiergeräte: Das Rasiermesser läßt sich bis mehrere Jahrtausende v. u. Z. durch Funde nachweisen. Es bestand zunächst aus Kupfer oder Bronze, später aus Eisen und wurde seit

dem Mittelalter ein- oder zweischneidig aus Stahl gefertigt.

Der Franzose *Lethien* entwickelte 1786 den Rasierhobel, bei dem eine verkleinerte Rasiermesserklinge in eine Haltevorrichtung gespannt wurde.

Ende des 19. Jh. wurde der noch heute übliche Rasierapparat von *C. Gillette* entwickelt.

Seit etwa 1935 gibt es den elektrischen Trockenrasierapparat. Seit Ende der 60er Jahre des 20. Jh. wird bei Rasierapparaten die Rasierklinge häufig durch ein Metallband ersetzt.

Raumfahrt: Erste Gedanken einer künftigen R. durch raketengetriebene Raumfahrzeuge (Rakete ↑) scheint in Europa *C. de Bergerac* ausgesprochen zu haben (1649). Nach alten Quellen wollte der chinesische Mandarin *Wan-Hü* bereits um 1500 eine R. mit einem durch Raketen angetriebenen Kastendrachen unternehmen. Er kam beim Startversuch ums Leben. Ernsthafte wissenschaftliche Überlegungen über das Problem der R. begannen Ende des 19. Jh. *H. Ganswindt* ↑ entwarf in Berlin 1891 ein Raumschiff mit Raketenantrieb, 1903 beschrieb *K. E. Ziolkowski* ↑ den Raketenflug in den Weltraum unter Anwendung des Stufenprinzips. 1924 veröffentlichte *H. Oberth* ↑ eine Schrift mit exakten Berechnungen der Weltraumrakete. In der Folge begannen in verschiedenen Ländern Raketenversuche. Nach 1945 wurde in der UdSSR und in den USA die R. vorbereitet und begonnen. Sie hat mit den bisher gestarteten Erdsatelliten, Raumsonden, Raumstationen und bemannten Raumschiffen bereits zu großen wissenschaftlichen Erfolgen geführt, an denen die UdSSR entscheidenden Anteil hat (Vgl. Erdsatellit ↑, Raumsonde ↑, Raumstation ↑, Raumschiff ↑, Raumtransporter ↑).

Raumschiff: Raumflugkörper für den Flug von Menschen in den Weltraum. R. sind mit vakuumdichten Kabinen, Klimaanlagen und weiteren Versorgungseinrichtungen versehen. Die Kabine (Landeteil) ist mit Vorrichtungen zum sicheren Landen (Bremsraketen, Fallschirme) ausgerüstet.

Der erste bemannte Raumflug fand am 12. 4. 1961 durch den sowjetischen Kosmonauten *J. Gagarin* ↑ mit dem R. »Wostok 1« statt. Der erste amerikanische Orbitalflug erfolgte am 20. 2. 1962 durch *J. H. Glenn* ↑ mit »Mercury 6«. Unter den in den folgenden Jahren durchgeführten bemannten Raumflügen sind als bes. Höhepunkte zu nennen der erste Gruppenflug (»Wostok 3« und »Wostok 4«) im August 1962, der Raumflug der ersten Frau (*W. Tereschkowa* ↑) mit »Wostok 6« während des zweiten Gruppenfluges mit »Wostok 5« im Juni 1963, der Start des ersten mehrsitzigen R. (»Woßchod 1«) in der Sowjetunion 1964, der erstmalige Ausstieg eines Kosmonauten in den Weltraum während des Fluges von »Woßchod 2« (1965), der Start des ersten manövrierfähigen R. (»Gemini 6« und »Gemini 7«) durch die USA 1965, der erste Mondflug durch das Raumschiff der USA »Apollo 8« in Vorbereitung der ersten Mondlandung im Rahmen des Apolloprogramms der USA, die erste Kopplung von zwei R. mit Umstieg von Kosmonauten 1969 beim Gruppenflug von »Sojus 4« und »Sojus 5« sowie die am 21. 7. 1969 während des Fluges von »Apollo 11« erfolgte erste Landung von Menschen (*N. Armstrong* und *E. Aldrin*) auf dem Mond.

Mit »Appollo 17« ging 1972 das bisher größte und teuerste Weltraumunternehmen zu Ende, das zwar großen wissenschaftlichen Gewinn brachte, das aber auch von großem Prestigestreben in den USA gekennzeichnet war. Durch die Sowjetunion wurden in der Zwischenzeit unbemannte Raumflugkörper eingesetzt, die im Rahmen der Mondforschung ebenfalls wertvolle Resultate erzielen konnten (Raumsonde ↑). Etwa zur gleichen Zeit mit den Apollo-R. wurde in der Sowjetunion eine neue R.-Generation unter der Bezeichnung »Sojus« entwickelt, deren Flüge 1967 begannen und u. a. mit dem ersten Dreifachflug mit Rendezvousmanöver (»Sojus 6«, »Sojus 7« und »Sojus 8«) wichtige neue Erkenntnisse brachten. Als wichtiger Beitrag im Rahmen internationaler Zusammenarbeit zwischen der UdSSR und den USA ist die im Rahmen des Apollo-Sojus-Testprojektes 1975 erfolgte Kopplung eines Sojus-R. mit einem Apollo-R. mit nachfolgenden gemeinsamen Experimenten beider Besatzungen zu werten. Das in den 1970er Jahren zunehmende Bestreben, die Raumfahrttechnik für ökonomisch wichtige Aufgaben zu nutzen, führte dazu, daß neben Erdsatelliten ↑ auch langfristig arbeitende Raumstationen ↑ verstärkt in Aufgaben der

Erderkundung zur Rohstoffsuche, Ernährungssicherung, Bekämpfung von Umweltverschmutzung u. a. durch entsprechende Aufgabenstellungen eingeschaltet werden. Die Sojus-R. wurden hier zu wichtigen Verbindungsgliedern zwischen Erde und Salut-Raumstationen. Ab 1981 wurde der neue R.-Typ Sojus T eingesetzt. Er wird die bisher verwendeten Sojus-R. ablösen. Die weitere Entwicklung steht im Zeichen der mindestens teilweisen Ablösung der Trägerraketen durch Raumtransporter ↑.

Raumsonde: Raumflugkörper für wissenschaftliche Messungen im interplanetaren Raum (interplanetare R.) sowie auf der Oberfläche anderer Himmelskörper (Planetensonde) einschließlich des Mondes (Mondsonde). Der Start von R. erfolgt mit mehrstufigen Raketen ↑, welche die R. teilweise über eine Parkbahn auf ihre eigentliche Flugbahn befördern.

Die ersten R. waren zur Erkundung des Mondes bestimmt und wurden von der Sowjetunion 1959 gestartet (»Lunik 1«, »Lunik 2« und »Lunik 3«). Im Rahmen dieser Flüge wurden neben ersten Nahaufnahmen der Mondoberfläche auch die ersten Aufnahmen von der bis dahin unbekannten Rückseite des Mondes erhalten.

Zwischen 1964 und 1967 erlebte die Mondforschung durch Raumsonden einen bes. großen Aufschwung. Die wichtigsten Ziele waren dabei die »weiche« Landung von Raumflugkörpern auf der Mondoberfläche zur Untersuchung des Mondbodens und die Schaffung künstlicher Mondsatelliten für globale Erforschung der Mondoberfläche. Beide Ziele wurden 1966 durch sowjetische Luna-Sonden kurz vor den amerikanischen Surveyor- bzw. Lunar-Orbiter-Sonden erreicht. Der Sowjetunion gelangen auch mit R. zwischen 1968 und 1970 mehrfach Rückführungen von Kapseln aus einer Mondumlaufbahn. Höhepunkte im Rahmen der Mondforschung waren die automatische Rückführung von Mondgesteinsproben im Rahmen der Flüge von »Luna 16« (1970), »Luna 20« (1972) und »Luna 24« (1976). Ebenso erfolgreich waren die auf dem Mond durch die R. »Luna 17« (1970) und »Luna 21« (1973) abgesetzten mobilen, ferngesteuerten Meßstationen vom Typ Lunochod. Während ihrer aktiven Lebenszeit von 10 Monaten (»Lunochod 1«) bzw. 5 Monaten (»Lunochod 2«) übermittelten diese Stationen von ihrer Fahrstrecke aus umfangreiche Meßdaten zur Erde. Insgesamt lieferten die Flüge dieser sowjetischen R. den Beweis, daß im Vergleich zu den Apollo-Raumflügen (Raumschiff ↑) auch mit wesentlich geringerem Aufwand sehr beachtliche Ergebnisse erzielt werden können.

Schon zu Beginn der 1960er Jahre wurde auch die Forschung anderer Planeten in der Sowjetunion und den USA in Angriff genommen. Die erste R. für einen interplanetaren Flug wurde 1961 in der Sowjetunion zur Venus gestartet (»Venus 1«). Erste Messungen lieferten die amerikanischen R. »Mariner 2« und »Mariner 5« (1962 bzw. 1967) beim Vorbeiflug, während 1967 erstmals die Atmosphäre der Venus durch die Landekapsel von »Venera 4« (UdSSR) direkt sondiert wurde. 1970 gelang die erste Landung einer Raumsonde (»Venera 7«) auf der Venus. Nachdem 1974 durch »Mariner 10« (USA) die ersten UV-Fernsehbilder von der Venus übermittelt wurden, gelangen die ersten Fernseh-Nahaufnahmen von der Venusoberfläche durch die Landekapseln der R. »Venera 9« und »Venera 10«. Die R. zur Venus »Venera 13« und »Venera 14« erreichten im März 1982 ihr Ziel.

Die Erforschung des Mars, die bereits 1962 mit der R. »Mars 1« (UdSSR) begann und 1968 durch die ersten Fernsehaufnahmen beim Vorbeiflug einer amerikanischen R. (»Mariner 4«) fortgesetzt wurde, 1969 durch Fernsehaufnahmen von »Mariner 6« und »Mariner 7« erweitert, wurde 1971 durch das Absetzen der ersten Landekapsel (»Mars 3«, UdSSR) und die vollständige Fotoerkundung der Oberfläche durch »Mariner 9« (USA) wesentlich vorangetrieben. Weitere wichtige Forschungsergebnisse lieferten die amerikanischen Raumsonden »Viking 1« und »Viking 2«, die 1976 auf dem Mars landeten, Fernsehaufnahmen übermittelten und im Boden nach Lebensspuren suchten. Auch die Planeten Merkur (1974) und Jupiter (1973, 1974, 1979) wurden von R. der USA untersucht. Mit dem 1977 erfolgten Start der beiden R. »Voyager 1« und »Voyager 2« wurde das bisher umfangreichste und zeitlich ausgedehnteste wissenschaftliche Programm für R. in

den USA begonnen. Beide R. sollen die äußeren Planeten des Sonnensystems erkunden und im Vorbeiflug Meßdaten und Fernsehbilder übermitteln, 1980 dann auch im Vorbeiflug Bilder und Daten vom Saturn, die u. a. völlig neue Kenntnisse von der Struktur des Ringsystems brachten und die Entdeckung 3 weiterer Monde dieses Planeten. Der nächste von den R. angeflogene Planet, Uranus, soll 1986 erreicht werden; für 1989 ist dann noch eine Annäherung an den Neptun vorgesehen, bevor 1990 beide das Sonnensystem für immer verlassen werden. Insgesamt wurden durch die seit 1961 durchgeführten Flüge von R. umfangreiche, neue und auch überraschende Erkenntnisse über Struktur und Beschaffenheit der Planeten gewonnen. 1979 gab es z. B. sehr aufschlußreiche Meßwerte und Fernsehbilder vom Jupiter und seinen Monden.

Raumstation: Raumflugkörper in einer Erdumlaufbahn, in dem sich Kosmonauten längere Zeit aufhalten und arbeiten können. Die Besatzungen der R. können ausgewechselt werden. Hauptaufgaben von R. sind umfassende Erkundung und Beobachtung der Erdoberfläche, meßtechnische Aufgaben sowie technologische Experimente und biologische Untersuchungen. R. werden unbemannt gestartet. Der Zu- und Abtransport der Besatzungen bzw. ihr Austausch erfolgt durch Raumschiffe ↑ oder künftig durch Raumtransporter ↑.

Die erste R. (»Salut 1«) wurde 1971 von der UdSSR gestartet. Von den USA wurde 1973 die erste R. (»Skylab«) auf eine Umlaufbahn gebracht.

Eine weitere wichtige Etappe auf dem Weg zu einer permanenten R. war der Start von »Salut 6« am 29. 9. 1977 in der UdSSR. Die fast 19 Tonnen schwere R. diente 4 Jahre nacheinander 5 Stamm- und 11 Zusatzbesatzungen als Arbeitsstätte. Insgesamt arbeiteten hier 28 Kosmonauten aus 10 sozialistischen Ländern, darunter Fliegerkosmonaut *S. Jähn* aus der DDR (1978). »Salut 6« ist im Gegensatz zu seinem Vorgänger (»Salut 5«) mit zwei Kopplungsstutzen ausgerüstet und damit besser für den Aufbau großräumiger Orbitalkomplexe geeignet. Die erste »kosmische Troika« entstand 1978 durch das Ankoppeln der Raumschiffe »Sojus 26« und »Sojus 27«. Zugleich wurde mit der zweifachen Kopplungsmöglichkeit an dieser R. eine wesentliche Verbesserung in der Versorgung der Besatzungen erreicht. Insgesamt legten 12 unbemannte Frachtschiffe vom Typ »Progress« an »Salut 6« an und überbrachten insgesamt 24 t Frachtgut. Mit »Salut 6« sind zwei Langzeitflüge von Kosmonauten durchgeführt worden, bei denen sich die Aufenthaltsdauer im Weltraum auf etwa 6 Monate ausdehnte (1979). Im Rahmen der zahlreichen (insgesamt 1 600) wissenschaftlichen Experimente an Bord von »Salut 6« wurden wiederholt auch fotografische Aufnahmen von der Erdoberfläche mit der in der DDR entwickelten Multispektralkamera MKF 6 gemacht. Nach Abflug der letzten Besatzung wurde mit der erfolgreichen automatischen Kopplung eines Erdsatelliten ↑ (»Kosmos 1267«) an »Salut 6« ein weiteres bedeutsames Experiment zum Aufbau großer Orbitalkomplexe durchgeführt. Künftige R. (»Weltraumlabors«) werden mehr als zwei Kopplungsstutzen haben und damit den systematischen Aufbau einer neuen Generation von R. ermöglichen, in denen Freizeitbereiche und Fabrikationsräume für die in ihrer Zahl wesentlich größeren Besatzungen vorhanden sein werden. Die Schaffung großer Orbitalkomplexe als »Hauptweg in den Kosmos« wird in der Sowjetunion systematisch weitergeführt.

Raumtransporter: Neuartige Generation von Transportsystemen für Raumflugkörper, welche die bisher erforderlichen Trägerraketen ersetzen sollen. R. können mehrmals verwendet werden und sind wesentlich ökonomischer und rationeller als die bisher benutzten Trägerraketen. Der in den USA entwickelte R. (Space Shuttle) ist zweistufig ausgelegt, wobei die Startstufe nach dem Ausbrennen durch Fallschirme geborgen werden kann. Die bemannte Oberstufe ist als Raumgleiter konstruiert, bringt die Nutzlast in eine Umlaufbahn und kann nach Kopplung und Übergabe der Last an die Raumstation wie ein Flugzeug zur Erde zurückkehren. Eine zusätzliche Oberstufe soll in bestimmten Fällen als Raumschlepper dienen und Nutzlasten auf höhere Bahnen transportieren. Der amerikanische R. absolvierte ab 1977 Testflüge und startete 1981/82 zu ersten erfolgreichen Raumflügen. In der UdSSR wird auch an der Entwicklung eines R. (»Kosmoljot«) gearbeitet.

Reaktionsschiff: Bereits 1661 soll der Engländer *Th. Togood* ein Patent auf die Idee des R., eines nach dem Rückstoßprinzip sich bewegenden Wasserfahrzeugs, erhalten haben (um die gleiche Zeit schlug *I. Newton* ↑ den Rückstoßantrieb für Fahrzeuge vor). Die Idee dieses Reaktionsprinzips muß jedoch *D. Bernoulli* ↑ zugesprochen werden. In der Folge wurden von verschiedenen Erfindern zahlreiche ergebnislose Versuche unternommen. Auch der Engländer *J. Allan* konnte sein 1772 vorgeschlagenes R. nicht realisieren. Die 1775 von dem Nordamerikaner *J. Rumsey* begonnenen Entwicklungsarbeiten an einem R. führten schließlich in England zu ersten Erfolgen. Sein 1793 auf der Themse erprobtes Boot besaß eine einfache Saug- und Druckpumpe zum Erzeugen des Rückstoßes. Das Fahrzeug war manövrierfähig, aber zu langsam. Wesentlich verbessert wurde das Antriebssystem später durch den englischen Ingenieur *R. W. Ruthven* in Edinburgh (1851). Nach dem Vorbild dieses R. baute 1856 der deutsche Ingenieur *A. Seydell* den Reaktionsdampfer »Albert«, der lange Jahre auf der Oder in Betrieb war. Auch in anderen Ländern baute man in der Folge R., doch trat dieser Schiffstyp durch die Vervollkommnung der anderen Antriebssysteme und den damit verbundenen Aufschwung der Dampf- und später Motorschifffahrt in den Hintergrund. In jüngster Zeit hat die Idee des R. neue Impulse erhalten durch das Projekt der »Wasserrakete«, eines Hochseeschiffs nach dem Prinzip des R.

Reaktivfarbstoffe: gehören zu den neueren und technisch bes. wichtigen Entwicklungen auf dem Farbstoffgebiet. Sie wurden nach 1950 zuerst in England auf den Markt gebracht (Procionfarbstoffe). Der Farbstoff wird durch chemische Bindung auf der Cellulose- oder Proteinfaser festgehalten, wodurch eine bes. große Echtheit der Färbung erzielt wird. Die Gruppe der R. befindet sich in schneller Weiterentwicklung

Rechenstab: in seiner ersten praktisch brauchbaren Ausführung 1624 von *E. Gunter* ↑ beschrieben und konstruiert. Vorläufer waren die »Rechenstäbchen« des schottischen Mathematikers *J. Napier.* Sie wurden u. a. von *C. Schott* verbessert. Frühere Bezeichnung auch Rechenschieber.

Regelungstechnik: Als erster Regler wird der Schwimmerregler in den Wasseruhren des *Ktesibios* ↑ angesehen. Auch von *Heron* ↑ sind Schwimmerregler bekannt. Zu den ersten Reglern der Neuzeit zählen der von *A. Ramelli* 1588 beschriebene Mühlenregler (Härte der Körner bestimmt selbsttätig die dem Mahlwerk zugeführte Körnermenge) sowie ein Temperaturregler von *C. Drebbel* ↑. 1745 wurde *Lee* eine Windrosette für Windmühlen patentiert, die neben einer Geschwindigkeitsregelung auch das erste Beispiel für eine Folgeregelung brachte. Dann erschienen wieder Schwimmerregler bei *Saloon* (1746), *J. Brindley* ↑ (1758) und *I. I. Polsunow* ↑ (1765). 1788 wurde von *J. Watt* ↑ der Fliehkraftregler entwickelt, wobei die Grundidee des Fliehkraftpendels *Mead* 1787 patentiert worden war. 1799 erhielten *Delap* und *Murray* Patente auf Druckregler. Das erste Patent für Servosteuerungen erhielt *Sickel* 1853. 1876 veröffentlichte *I. A. Wischnegradsky* die wohl bedeutendste regelungstheoretische Arbeit jener Zeit. Nach 1920 begann dann die noch andauernde Etappe, die durch eine in immer rascherem Tempo ablaufende und sich ständig ausweitende Entwicklung gekennzeichnet ist. Sie beruht gegenwärtig vor allem auf der Anwendung der Elektronik auf die R., wobei die durch die Mikroelektronik eröffneten Möglichkeiten, z. B. Einsatz von Mikroprozessoren und -rechnern, bes. weitreichende und noch nicht voll ausgeschöpfte Perspektiven eröffnet.

Regner: 1907/12 entstanden erste brauchbare Regenanlagen, meist wegen der großen Masse der aus Gußeisen, Schmiedeeisen oder Stahl bestehenden Rohre auf Rädern. Eine wesentliche Verbesserung war die 1919 von *W. Krause* erfundene Schnellkupplung. Weitere Fortschritte ergaben sich aus neuartigen Düsen und leichteren, feuerverzinkten Rohren etwa um 1925.

Unter den zahlreichen neuartigen Kupplungen bewährten sich bes. jene, die ein Abwinkeln der Rohre bis zu 12...15° zuließen. Etwa zur gleichen Zeit schufen *J. Michaelis, J. M. Lanninger* und *Laux* die noch heute verwandten Drehstrahlregner.

Ein sehr weit gefaßter Patentanspruch von *Krause* aus dem Jahre 1916 zwang die Erfinder, weitwerfende Drehstrahlregner zu konzipieren. Dabei wurde die kinetische Energie

des fließenden Wassers zum Drehen des schräg auf der Leitung aufsitzenden Düsenarmes genutzt, meist durch Auftreffen auf eine Prallschaufel (*Lanninger*).

Reißverschluß: 1912 von dem Schweden *G. Sundback* erfunden.

Rennverfahren: Dieses älteste Verfahren zur Eisengewinnung wird heute allenfalls noch bei vereinzelten Naturvölkern angewendet. Als Rohstoff für die Eisengewinnung diente leicht reduzierbares Eisenerz, als Reduktionsmittel Holzkohle. »Rennen« bedeutet zum Rinnen bringen. Hierzu dienten ursprünglich Gruben im Boden. Später baute man Schachtöfen aus Lehm und Steinen und verstärkte in der Folgezeit den natürlichen Luftzug durch Blasebälge (um 1500 v. u. Z.). Es entstanden schlakkendurchsetzte, gut schmiedbare Eisenstücke, sog. Luppen. Durch wiederholtes Ausschmieden und Zusammenschweißen wurden sie zu Werkzeugen, Draht, Waffen (z. B. Damaszener Klingen) verarbeitet. Nachweisbar ist die Verwendung der Eisenwerkstoffe bis 500 v. u. Z.

Richtfunkstrecke: Die Entwicklung von R. begann nach 1940, nachdem in den 30er Jahren unseres Jh. die nötigen technischen Vorleistungen zur Erschließung des Höchstfrequenzbereichs erbracht waren. Erste Richtfunknetze dienten vorwiegend militärischen Zwecken. Nach 1945 wurden R. zunehmend als Zubringer für Rundfunk- und Fernsehprogramme, später auch statt Trägerfrequenzkabel eingesetzt.

Die Entwicklung ist durch Anwendung immer höherer Frequenzen gekennzeichnet, die anfangs im Meterwellenbereich lagen, heute den Zentimeter- und bereits den Millimeterwellenbereich erfassen, sowie durch steigende Zahl der gleichzeitig benutzten Informationskanäle, die z. B. beim Fernsprechen bis >10000 erreichen. An die Stelle der Elektronenröhren sind dabei in den vergangenen zwei Jahrzehnten ablösend Halbleiterbauelemente getreten, wodurch die Zuverlässigkeit vervielfacht, der Energiebedarf entscheidend gesenkt werden konnte. Moderne Modulationsverfahren, wie die Puls-Code-Modulation, werden schrittweise eingeführt.

Ringflügelflugzeug (Coleopter): Das erste R., ein senkrecht startendes Luftfahrzeug mit einem ringförmigen Tragflügel, wurde von *H. v. Zborowski* unter der Bezeichnung Coleopter entwickelt und 1958 gebaut. Das R. hat gegenüber dem konventionellen Starrflügelflugzeug Vorteile durch geringere Baumasse und kleineren Kraftstoffverbrauch. Wegen der bes. Flugeigenschaften sind R. bisher nicht für zivile Zwecke geeignet.

Ringofen: zur Herstellung von Mauerziegeln, wurde um 1850 von *F. E. Hoffmann* erfunden. Er ist eine Weiterentwicklung des Feldbrandofens, des »Deutschen Ofens« und des »Kasseler Flammenofens«. Er ist wesentlich wirtschaftlicher als frühere Brennöfen, da er ununterbrochen in Betrieb bleibt. Die Heizung erfolgt fortschreitend in dem ringförmigen Brennkanal. An der dem Feuer diametral gegenüberliegenden Stelle des Brennkanals wird dieser entleert und wieder mit Rohlingen gefüllt.

Roboter: Der Begriff R., geprägt und verbreitet vor allem zu Beginn der zwanziger Jahre, bezeichnete meist äußerlich dem Menschen nachgebildete maschinelle Einrichtungen (»Maschinenmenschen«). Sie konnten sich (oft schreitend) vorwärtsbewegen, führten z. B. einfache Kommandos auf Zuruf aus, gaben typisierte Auskünfte und verrichteten einfachste Handgriffe. Ihre Funktion wurde durch mechanische, elektrische, später auch elektronische Baugruppen erreicht. Diese R. dienten ausschließlich Demonstrations- und Werbezwecken (Ausstellungen, Warenhäuser usw.).

Nach 1945 wandelte sich der Begriff R. Ihre Zielstellung war nunmehr – bei Aufgabe der »Menschenähnlichkeit« –, schwere, gesundheitsschädigende und monotone, bisher von Menschen manuell ausgeführte Handhabungs- und Verarbeitungsvorgänge zu übernehmen (z. B. Beschickung und Montage, Lackieren, Schweißen, Entgraten, Arbeiten im Bereich radioaktiver Strahlung usw.). Während die in mehreren Achsen beweglichen Greifer dieser ersten Industrie-R. z. B. von Loch- oder Magnetbändern gesteuert wurden und nicht auf Umwelteinflüsse und -veränderungen reagierten, konnten R. der 2. Generation, mit einem Rechner gekoppelt, Informationen aus der Umwelt aufnehmen, verarbeiten und bei ihrer Tätigkeit berücksichtigen. Die weitere Entwicklung, insbesondere die Einbeziehung von Mikrorechnern, führte zu frei programmierbaren R., die mittels geeigne-

ter Sensoren u. a. Objekte erkennen und teilweise logische Entscheidungen treffen können. Sie gewinnen in vielen Bereichen der Produktion rasch an Bedeutung und Verbreitung.

Rohrkonstruktionen: Das günstige Tragverhalten von Rohren wurde bereits 1883 bei der Firth-of-Forth-Brücke ausgenutzt. Jedoch konnte das Stahlrohr erst mit der Entwicklung der Schweißtechnik als Bauelement im Stahlleichtbau größere Bedeutung erlangen. Konstruktive Erleichterungen ergaben sich weiter mit der Entwicklung und Herstellung viereckiger Rohrprofile.

Rohrpost: Die ersten R.einrichtungen zur Beförderung von Brief- und Paketsendungen wurden ab 1853 installiert *(L. Clarke)*. In Berlin wurden 1865 einige kurze Linien für den nichtöffentlichen Verkehr eingerichtet. Ab 1875 wurde das öffentliche R.netz aufgebaut.

Röntgenstrahlen: Nachdem bereits *W. Crookes* ↑ 1879 und andere Forscher Wirkungen der Röntgenstrahlen beobachteten, entdeckte *W. C. Röntgen* ↑ 1895 bei Katodenstrahlversuchen die nach ihm benannten Strahlen und beschrieb ihre Wirkung fast vollständig. Erst 1912 konnten *M. v. Laue* ↑, *W. Friedrich* ↑ und *P. Knipping* durch Interferenzen an Kristallen die R. als kürzeste elektromagnetische Wellen identifizieren. Daraus entwickelte sich die Röntgenspektroskopie zur Aufklärung von Kristallstrukturen durch Vater und Sohn *Bragg* ↑. *Röntgen* regte u. a. den Einsatz von R. in der Medizin und zur Werkstoffprüfung durch Röntgenaufnahmen einer menschlichen Hand und eines Jagdgewehrs an.

1897 wies *E. Thomson* erstmals auf Röntgenstrahlverbrennungen hin. Bereits 1896 begann die Röntgendiagnostik, ab 1900 die Röntgentherapie.

W. Kossel ↑ erklärte 1914 die Entstehung der charakteristischen Röntgenstrahlung mit dem Bohrschen Atommodell (Elektronenübergänge zur K-Schale). Die Ionenröntgenröhre wurde ab 1914 von der von *D. W. Coolidge* entwickelten Glühkatodenhochvakuumröhre verdrängt.

Rübenköpfschlitten: 1896 erprobte *L. Frennet-Wauthier* ein Köpfgerät; auch *P. Behrens* in Magdeburg schuf 1895 eine Rübenerntemaschine, die erst köpfte und dann rodete.

Erste Patente, die auch auf das Köpfen der Rüben ausgedehnt sind, wurden 1913/14 *J. Böcker* und *Th. Wassenberg* erteilt. Von entscheidendem Einfluß waren dann die schrittweise erfolgten Verbesserungen, vor allem selbsttätige Führung der Messer durch *L. Erhardt.*

Rübenroder: 1861 schuf *W. Siedersleben* ↑ einen zweireihigen Rübenheber. Die Rodezinken saßen aushebbar auf einem vierrädrigen Wagen, der lenkbar war. *R. Sack* ↑ befestigte an seinem Universalpflug einen Rodekörper, der auch zur Untergrundlockerung verwandt wurde.

Diese Art des Rodens, die Rüben an ihrer tiefsten Stelle zu unterfahren, war mit hohem Zugkraftaufwand verbunden. Der Franzose *P. O. Leog* schuf 1878 neue Rodekörper, die aus zwei geneigten Spitzen bestehen und die Rübe etwa in der Mitte erfassen und ausheben.

Mit schräg gestellten Scheiben oder mit Zangen auf einem Rad sollten die Rüben aus der Erde gezogen werden. Dieses »Raufprinzip« kehrt in den Rübenkombinen der UdSSR wieder. Das senkrechte Herausziehen ist von verschiedenen Konstrukteuren, z. B. *F. Kransfeld, O. Hügel,* versucht worden.

Die verschiedenen möglichen Kombinationen von Köpfen, Roden, Blattablage und Rübenablage führten zu einer Vielzahl von Konstruktionen.

S

Saatgutbereiter: *J. Meikle* brachte 1710 bereits von Holland den »Duivel« (Teufel), eine handgetriebene Putzmühle, mit. Ihr Ursprung ist in China und Japan zu suchen. Um 1670 war eine in Estland gebaute Dreschmaschine mit einem Balggebläse ausgerüstet. In Schottland und England dienten nach einem Patent von 1861 schräg eingehängte Siebe in Verbindung mit dem schräg aufwärts gerichteten Luftstrom der Saatgutaufbereitung. Die Zylindersiebe sind amerikanischen oder französischen Ursprungs, während eine englische Firma wohl erstmals eine Drahtspirale dafür verwandte, deren Abstände verstellbar waren.

Auf der Pariser Weltausstellung 1867 wurden erstmals Trieure (Zellenradausleser) gezeigt.

1903 stellten deutsche Firmen eine Windfege vor, bei der alle Körner vor dem Eintritt in den Luftstrom gerichtet waren. Durch senkrecht stehende und verstellbare Bretter wurden die Körner nach der Schwere aufgefangen und den darunterliegenden Sieben zugeführt.

Der sog. Schneckentrieur, von *Zalewski* 1896 in Polen erfunden, ordnete das Trieurblech schraubenförmig an. Weitere Verbesserungen nahm bes. *Röber* in Deutschland ab 1907 vor.

Salpetersäure: Die Herstellung von S. durch Erhitzen von Salpeter mit einer Mischung aus Alaun und Kupfervitriol war Alchimisten bereits um 1300 bekannt. Noch bis 1914 wurde S. technisch durch Erhitzen von Chilesalpeter und Schwefelsäure ↑ hergestellt. Die beiden modernen Verfahren zur S.herstellung (aus Luft und durch Verbrennung von Ammoniak) befanden sich zu dieser Zeit noch im Entwicklungsstadium.

Grundlage zur Herstellung von S. aus Luft ist die Beobachtung *H. Cavendishs* ↑ (1781), daß sich in Luft beim Durchschlagen elektrischer Funken kleine Mengen salpetriger Gase bilden. Durch die Norweger *K. O. B. Birkeland* und *Eyde* wurde 1903 ein technisches Verfahren entwickelt, bei dem im elektrischen Lichtbogen aus Luft erzeugte Stickoxide in S. umgewandelt wurden. Durch *Schönherr* wurde das Verfahren 1905 verbessert (»stehender« Lichtbogen). *W. H. Nernst* ↑ untersuchte 1906 die theoretischen Grundlagen der Reaktion. Infolge des hohen Energiebedarfs ist das Verfahren der Luftverbrennung heute wirtschaftlich überholt. Neuerdings hat das Verfahren von *Schönherr* wieder Bedeutung erlangt, da sich niedere Kohlenwasserstoffe (Methan) im Lichtbogen zu Acetylen (Acetylenchemie ↑) umsetzen lassen.

Die Herstellung von S. durch Ammoniakverbrennung geht auf Untersuchungen von *Kuhlmann* zurück (1838). Er konnte zeigen, daß aus einem Gemisch von Ammoniak und Luft über erhitztem Platinschwamm Stickoxide gebildet werden. *W. Ostwald* ↑ nahm 1901 Untersuchungen zur Ammoniakoxydation auf und konnte in Zusammenarbeit mit *Brauer* 1908 in einer ersten kleintechnischen Anlage aus Kokerei-Ammoniak S. herstellen. Das Verfahren wurde etwa ab 1915 von der chemischen Industrie übernommen und zur Großproduktion von S. aus Haber-Bosch-Ammoniak (Haber-Bosch-Verfahren ↑) ausgebaut.

Salzsäure: zuerst von *J. R. Glauber* ↑ um 1640 aus Kochsalz und Schwefelsäure dargestellt. Große Mengen davon entwichen beim Leblanc-Prozeß (Soda ↑) in die Atmosphäre, weshalb ab 1863 in England ein Gesetz die Fabrikanten zwang, den anfallenden Chlorwasserstoff in Wasser zu absorbieren.

Chlorwasserstoff wird nach 1945 vor allem durch Verbrennen der bei der Chlor-Alkali-Elektrolyse anfallenden Gase Chlor und Wasserstoff mit Hilfe von Quarzbrennern hergestellt. Das Chlorwasserstoffgas wird unmittelbar danach in speziellen Absorptionsanlagen (z. B. Korobon-Kühlern) mit Wasser zu S. umgesetzt oder direkt weiterverwendet.

Sammelpresse: Heu- und Strohpressen entstanden in Gegenden mit Überproduktion an Heu und Stroh in den USA zur Erleichterung des Transports in die großen Städte. Die Pressen waren aus Holz; ein Stempel drückte in einem Preßkasten das Heu zusammen. Später entstanden auch wechselseitige Pressen mit zwei Preßkästen für einen Stempel.

Eine Pariser Firma schuf etwa um 1850 eine kontinuierlich arbeitende Presse. Ab 1870 wurden durch die Erfindungen von *P. K. Dederick* die Ballen hintereinander in einem rechteckigen Preßkanal gepreßt; das Heu konnte von oben eingeworfen werden.

Eine deutsche Firma schuf 1896 die erste Breitstrohpresse, die später auch mit Faden band.

1902 wurden Knüpfer eingebaut, um auch das Binden zu mechanisieren. *Welger* und *Schulz* sahen ihre Langstrohpressen für Draht-Garnbindung vor.

Ein weiterer Fortschritt war die Anwendung des um eine Kreisbahn geführten Schwingkolbens statt des bisher geradlinig vor- und zurückbewegten Kolbens. *H. Raussendorf* baute 1910 erstmals solche Pressen, die sich mit der etwa ab 1925 üblichen Leichtbauweise (Verwendung von gestanzten Blechprofilen) allgemein durchsetzten.

Samt: eine schon im 13. Jh. bekannt gewesene Gewebeart, bei der auf der Oberseite des Ma-

terials senkrecht emporstehende feine Fasern sichtbar sind. Die Herstellung von S. erfolgt auf bes. Webstühlen (Ritenwebstühlen).

Saugzugsinterverfahren: wird seit etwa 1930 in der Stahlindustrie zur Sinterung von Eisenerz verwendet. Seit 1949 wird das S. zur Herstellung von Blähton und -schiefer verwendet.

Schachtförderung: Zur Sch. dienten im frühen Mittelalter, etwa bis zum 13. Jh., überwiegend von Hand betriebene einfache Haspeln. Mit steigender Schachtteufe wurden die technischen Einrichtungen zur Sch., bes. wegen der Notwendigkeit einer wirksamen Wasserhaltung ↑, vielseitiger und leistungsfähiger. Um 1550 finden sich im Bergbau Mittel- und Westeuropas Hebewerke, die entweder von Menschen (Handkurbel, Tretgöpel), durch Tierkraft (Pferdegöpel) oder durch Wasserräder angetrieben wurden. Bes. mit dem Kehrrad ließ sich eine bedeutende Leistungssteigerung bei der Sch. erzielen. Etwa gleichzeitig begann sich auch die Einfahrt der Bergleute am Förderseil einzubürgern. Vorher erfolgte diese zumeist über Leitern. Örtlich spielte auch die Einfahrt über Rutschen eine Zeitlang eine gewisse Rolle.

Ein bes. umfangreiches System von Wasserkraftanlagen für die Sch. baute zwischen 1783 und 1789 in Rußland *K. D. Frolow* ↑ mit seinen Gehilfen im Altaigebirge auf.

Etwa um 1820 begann die Dampfmaschine das bis dahin im Bergbau als Antrieb vorherrschende Wasserrad zu verdrängen. Obwohl die erste elektrisch angetriebene Schachtfördermaschine 1901 von *C. Köttgen* entwickelt wurde, hat sich die Dampfmaschine noch bis in die Mitte des 20. Jh. in verschiedenen europäischen Bergwerken als Fördermaschinenantrieb gehalten. Mit der Einführung des Stahlseils ↑ durch *W. A. J. Albert* ↑wurde die Entwicklung der Fördertechnik gleichfalls wesentlich unterstützt. Mit zunehmender Tiefe der Schächte wuchsen die Anforderungen an die Tragfähigkeit der Fördereinrichtungen, weshalb statt der bis dahin verwendeten Trommelfördermaschinen in vielen Fällen Treibscheibenfördermaschinen zum Einsatz kamen und man gleichzeitig zur Mehrseilförderung (im allg. 3-Seil-Förderung) überging. Die Mehrseilförderung mit Treibscheiben (Koepe-Scheiben) hat inzwischen auch im Erzbergbau Anwendung gefunden.

Schäferplatte: wurde *E. Schäfer* 1931 patentiert. Es sind leichte wärmedämmende, weitgespannte Platten für Spannbetondecken und -dächer. Sie werden im Spannbett in Längen bis 200 m hergestellt und in Stücke zerschnitten.

Schalenbauweise: Schalen sind flächenhafte Tragwerke, deren Mittelfläche merklich gewölbt ist. Nach der geometrischen Form wird unterschieden in Rotations-, Translations-, Shed-, Buckel-, Konoid-, Bogen- und Hyperboloidschalen.

Die ältesten Schalenformen sind die Rotationsschalen. 1910 wurde für die Diamantenbörse in Amsterdam die erste Rotationsschale gebaut. Den grundlegenden Arbeiten von *F. Dischinger* ↑ und *U. Finsterwalder* ↑ ist es zu verdanken, daß sich die Zylinderschalen seit 1927 sehr rasch verbreiteten und bis etwa 1950 eine dominierende Rolle im Schalenbau spielten. Gleichzeitig wurde der Kuppelbau durch diese Arbeiten gefördert (1928/29 *Dischinger:* Großmarkthalle in Leipzig mit 75 m Stützweite und 9 cm Schalendicke). 1932 wurde in der Zementfabrik in Boecien (Ungarn) die erste Translationsschale (Kugelschale über einem rechteckigen Grundriß von 12 m × 26 m, 5 cm Schalendicke), 1932 in Argentinien die erste Shedschale gebaut. Erste Konoidschalen wurden 1925 und erste Hyperboloidschalen 1932 in Frankreich errichtet. Aus dem sehr alten Gewölbebau haben sich um 1920 die Schalen- und Faltenbögen entwickelt, wodurch große Stützweiten bei kleinen Bauwerksdicken überdeckt werden können. *E. Freyssinet* ↑ baute 1922 die ersten Faltenbögen für eine Luftschiffhalle in Orly (Frankreich) mit 90 m Stützweite, 57 m Raumhöhe und 10 cm Schalendicke. Als Baustoffe für die S. finden vorzugsweise Stahlbeton, Beton, Armozement und vereinzelt auch dünne Spezialziegel Verwendung. Wegen des formbedingten hohen Schalungsaufwandes wurden erfolgreiche Versuche unternommen und Entwicklungen betrieben, die statischen Vorteile der S. mit den Vorteilen industrieller Fertigung durch Verwendung von aus Einzelteilen zusammengesetzten Schalenkonstruktionen zu verknüpfen.

Schallplatte: Ausgangspunkt für die Entwicklung der Sch. war nach Vorversuchen von *W. Weber* ↑ (1830) der 1877 von *T. A. Edison* ↑

erfundene Phonograph. Seine Zylinderwalze ersetzte *E. Berliner* ↑ 1887 durch die scheibenförmige, mit Spiralrinnen versehene Sch. Sie verbreitete sich rasch, da sie einfacher zu handhaben und dauerhafter war als Phonographenwalzen. Aufnahme und Wiedergabe erfolgten zunächst ausschließlich mechanisch.

Seit 1924 wurden elektroakustische Aufnahmeverfahren eingeführt. Die Sch.nwiedergabe über Tonabnehmer und Verstärker bzw. Rundfunkempfänger folgte wenige Jahre später. Durch bes. Ausführungen der Sch.rillen gelang es 1948, die Drehzahl der Sch. erheblich herabzusetzen und damit die Spieldauer je Plattenseite erheblich zu verlängern (Langspielplatte).

Stereosch., bei denen zur Übertragung beide Rillenflanken genutzt werden, sind seit 1958 im Handel. Quadrofoniesch. nach unterschiedlichen Aufzeichnungsmethoden sind Gegenstand der Diskussion und Erprobung.

Schalung: Die Aufgabe der Sch. ist es, dem frischen Beton ↑ die gewünschte Form zu geben, die er dann nach dem Erhärten und Ausschalen beibehält. Die ersten Sch. (um 1830) für die Herstellung von Kunststeinen, Beton- und Stahlbetonteilen waren aus Holz. Der hohe Arbeitsaufwand im Sch.sbau führte zu speziellen Schalverfahren (um 1910 Entwicklung der Gleit-Sch., Kletter-Sch., fahrbare Sch.). Infolge des hohen Arbeitsaufwandes und Verschnitts bei aus einzelnen Brettern und Kanthölzern hergestellter Sch., der geringen Wiederverwendungsmöglichkeit, der verhältnismäßig großen Maßtoleranzen und des Holzmangels in einigen Ländern erfolgte die Herstellung und Verwendung sog. S.-tafeln und seit 1940 der Ersatz der Holz-Sch. durch vielfach wiederverwendbare und maßgenauere Stahl-, Leichtmetall-, Kunststoff-Sch. und kunststoff- bzw. kunstharzbeschichtete Holz-Sch. Für die Herstellung von Betonfertigteilen kommen auch Stahlbetonplatten oder -formen zur Anwendung. Für großformatige, stark gegliederte bzw. strukturierte Elemente geringer Stückzahl werden auch vereinzelt Erdmatrizen als Sch. verwendet.

In bestimmten Fällen werden Formteile aus Plasten (auch Plastschäume) und geformten Blechen als »verlorene« Sch. (ständig im Bauwerk verbleibende Sch.) eingesetzt.

Schaumbeton: feinkörniger Zementmörtel, der durch gemeinsames Schlagen eines Schaumbildners (Pflanzenleim, Gelatine, Formaldehyd, Harzseifen u. a.) mit der Mörtelmasse zu porigem Beton verarbeitet wird. Die ersten Versuche zur Herstellung von Sch. führte 1923 der Däne *E. Ch. Bayer* durch. In der Folgezeit wurden zahlreiche Patente, bes. über die Art und Zusammensetzung des Schaumbildners, erteilt. In Deutschland wurde um 1929 Sch. für Dämmschichten auf Decken, für Bausteine und Platten verarbeitet. Anfang der 30er Jahre wurden Iporitbetonbausteine für den Bau größerer Siedlungen im Raum Dessau–Wolfen verwendet.

Seit 1928 wurden in der UdSSR Versuche zur Herstellung autoklavgehärteter Sch. durchgeführt *(I. T. Kudrjaschew)*. 1938 wurden die ersten bewehrten, autoklavgehärteten Sch.bauteile in Tscheljabinsk und Nowosibirsk produziert.

Schere: gehört, wie viele Funde aus der Vorzeit beweisen, zu den ältesten Werkzeugen. Die ersten Sch. bestanden aus einem Stück entsprechend gebogenem Metallband. Die ältesten Verzeichnisse des Eisenwarenhandels aus dem 15. Jh. nennen schon ein reichhaltiges Sortiment von Sch. Vom 17. bis 19. Jh. waren Sch. häufig mit Ornamenten verziert.

Schiene: Bereits im Altertum gab es auf Straßen der Ägypter und Griechen Sch.nwege in Form von zwei parallel laufenden geglätteten Rinnen zum leichteren Abrollen der Wagenräder. Vorläufer der modernen Sch.nbahn sind die Spurbahnen in den Bergwerken des Mittelalters (Grubenbahn ↑). Die Holz-Sch. beschlug man später auf der Oberseite mit Gußeisenstücken oder verkleidete sie mit Eisenblech. Die ersten durchgehenden Beläge aus Gußeisen und Langhölzern kamen 1767 in englischen Bergwerken und seit 1796 im Ruhrbergbau zum Einsatz. Sie konnten sich jedoch wegen ihrer Bruchanfälligkeit nicht behaupten. Nach 1784 (Erfindung des Puddelverfahrens) kam als erste eiserne Sch. die sog. Flach-Sch. (von *Reynolds*) in Gebrauch. 1797 folgte die sog. Fischbauch-Sch. und 1800 die freitragende Winkel-Sch. (von *Curr*). Nachdem 1803 Sch. aus Schmiedeeisen verwendet wurden (von *C. Nixon*), entwickelte man in der Folgezeit die Herstellung gewalzter Sch. 1820

kam die so hergestellte Pilzprofil-Sch. von *W. Jessop* zum Einsatz. *G. Stephenson* ↑ walzte 1825 die ersten Stuhl-Sch., 1835 entstanden und verbreiteten sich die Doppelkopf- und 1836 die Breitfuß-Sch.

Die Herstellung gewalzter Eisenbahn-Sch. begann nach 1830 auch auf dem europäischen Festland. Neben der Entwicklung weiterer Sch.typen stand in der Folgezeit vor allem die Qualitätsverbesserung im Vordergrund. Von der Vielzahl gegenwärtig verwendeter Eisenbahn-Sch. ist die von der Deutschen Reichsbahn als Einheitsform entwickelte Sch. »S 49« von Bedeutung. Für die Straßenbahn wurde die Rillen-Sch. »Ph 37« entwickelt.

Schienenverkehr, elektrischer: Versuche, elektrisch angetriebene Fahrzeuge für den Sch. zu verwenden, gehen auf die Engländer *R. Davidson* und *Little* (1842 bzw. 1844) und den Nordamerikaner *Ch. Page* (1851) zurück, die mit galvanischen Batterien angetriebene elektrische Lokomotiven bauten. Keines dieser Elektrofahrzeuge erlangte jedoch Bedeutung.

Erst nach Erfindung der Dynamomaschine und der damit eröffneten Möglichkeit, Elektroenergie wirtschaftlich zu gewinnen, wurde es sinnvoll, Elektrolokomotiven zu entwikkeln. 1879 wurde auf der Berliner Gewerbeausstellung die erste elektrische Schmalspurbahn vorgeführt, 1881 in Berlin die erste elektrische Straßenbahnlinie eröffnet. 1882 folgte die Grubenbahn des Steinkohlenwerkes in Zeuckerode, 1884 eine 4,5 km lange Bahnstrecke bei Wien.

Nachdem in den USA 1884 die erste elektrisch betriebene Vollbahnstrecke eingerichtet worden war, wies das elektrifizierte Schienennetz dort bereits 1895 eine Länge von etwa 20000 km auf. Nach 1890 wurden in Europa verschiedene Kurzstrecken elektrifiziert und bes. der Ausbau des elektrisch betriebenen Straßenbahnnetzes in Großstädten fortgesetzt (1890 in Budapest, 1899 in Moskau). Im gleichen Jahr erreichte das Netz elektrischer Straßenbahnen in Europa bereits eine Gesamtlänge von über 7000 km.

Richtungweisend war der 1896 begonnene Bau der Berliner Hochbahn (S-Bahn). Durch den erfolgreichen Betrieb elektrisch gespeister Straßen- und Stadtbahnen hatten die anderen Beförderungsmittel (bes. Pferde- und Dampfstraßenbahn) schon um 1895 viel an Bedeutung eingebüßt.

Die Entwicklung des elektrischen Fernbahnverkehrs verlief, bedingt durch territoriale und energietechnische Besonderheiten, in den europäischen Ländern unterschiedlich schnell. Dort, wo neben der Verfügbarkeit billiger Stromquellen ein objektives Erfordernis vorlag, wurde die Elektrifizierung der Bahnlinien zuerst vorangetrieben, z. B. in der Schweiz, wo viele Gebirgsstrecken auch von leistungsfähigsten Dampflokomotiven nicht mehr bewältigt werden konnten, ebenso in Norditalien.

In Deutschland wurde die erste elektrisch betriebene Fernbahnstrecke (Dessau–Bitterfeld) 1911 eröffnet. 1938 waren hier erst 5% des Gesamtschienennetzes elektrifiziert. Bei der Elektrifizierung, die bes. nach 1920 in vielen Ländern aufgenommen wurde, fanden verschiedene Stromsysteme Anwendung, Einphasenwechselstrom von beispielsweise meistens $16\frac{2}{3}$ Hz, Gleichstrom hoher Spannung und Drehstrom. Heute wird allgemein dem Wechselstrombetrieb der Vorzug gegeben. Einphasenwechselstrom mit der Industriefrequenz 50 Hz wurde bereits 1934 für den Fernbahnbetrieb in Ungarn eingeführt. Etwa seit 1950 geht man in vielen Staaten auf dieses Stromsystem über. 1955 wurde der Wechselstrombetrieb in der UdSSR auf der Versuchsstrecke Moskau–Osherel aufgenommen.

In den USA war 1914 eine elektrische Lokomotive entwickelt worden, die mit einem Quecksilberdampf-Gleichrichter ausgerüstet war und aus dem Wechselstromnetz gespeist wurde. Damit wurde versucht, die Vorteile hochgespannten Wechselstroms mit denen von Gleichstrom-Bahnmotoren zu verbinden. 1938 wurde in der UdSSR das Versuchsmuster einer elektrischen Lokomotive für Einphasenwechselstrom/Gleichstrom gebaut, die mit einem speziellen Quecksilberdampf-Gleichrichter ausgerüstet war. 1954/55 wurden Elektrolokomotiven für Leistungen von mehr als 3000 PS (etwa 2200 kW) gebaut.

1958 wurde in Frankreich der Probebetrieb mit Lokomotiven aufgenommen, die mit Ignitron-Gleichrichtern ausgerüstet waren und Einphasenwechselstrom von Industriefrequenz und einer Spannung von 25 kV verwendeten. 1959 wurde in der UdSSR die Serienproduktion von Wechselstromlokomotiven

einer Leistung von 5300 PS (etwa 3900 kW) aufgenommen, der Bau von 7600-PS-Lokomotiven (etwa 5600 kW) ist vorgesehen.

Seit 1950 werden in steigendem Umfang Halbleiter-Gleichrichter verwendet. Sie ermöglichen, den Wirkungsgrad des elektrischen Fahrbetriebes zu steigern. Unter den modernen E-Loks sind heute vielfach Mehrsystem-Triebfahrzeuge im Einsatz, bei denen die Umschaltung auf das jeweilige Stromsystem automatisch erfolgt.

Bereits 1903 fanden auf der S-Bahn-Strecke Marienfelde–Zossen mit zwei elektrisch betriebenen Versuchswagen Schnellfahrversuche statt, bei denen 210 km/h erreicht wurden. In Frankreich wurden 1954/55 Schnellfahrversuche mit E-Loks unternommen. Dabei gelang es 1955, 331 km/h zu erzielen.

Die gegenwärtig schnellste und modernste Bahn der Welt ist die 1964 in Japan eröffnete Schnellbahn von Tokio nach Osaka. Der Personenverkehr auf dieser 560 km langen Strecke erfolgt in Gliederzügen mit Spitzengeschwindigkeiten von 240 km/h bei weitgehender Ausnutzung der Möglichkeiten automatischer Steuerungstechnik.

Die erste vollautomatische ferngesteuerte Fahrt mit einer E-Lok fand 1955 in Frankreich statt. Der ohne Bedienungspersonal mit 120 km/h fahrende Zug markiert eine neue Etappe im Schienenverkehr.

Schienenverkehr, motorisierter: Der erste Motortriebwagen wurde in Deutschland 1887 von der »Königlich Württembergischen Staatsbahn« in Auftrag gegeben. Der zweiachsige Wagen war mit einem 30-PS-Daimlermotor (etwa 22 kW) mit Riemenantrieb ausgerüstet. Der erste Dieseltriebwagen wurde 1898 in Nürnberg entwickelt. 1909 wurde der erste »benzolelektrische« Triebwagen von den »Preußisch-Hessischen Staatsbahnen« in Betrieb genommen, 1914 setzte die »Königlich Sächsische Staatsbahn« den ersten Dieseltriebwagen ein.

Nach 1918 wurde der Bau von Triebwagen für Nebenstrecken mit Verbrennungsmotoren höherer Leistung verstärkt fortgesetzt. Es entstanden zweiachsige Fahrzeuge mit Motoren bis 150 PS (etwa 110 kW), die Höchstgeschwindigkeiten zwischen 50 und 70 km/h entwickelten. Der Standardtyp des 150-PS-Wagens wurde 1933 entwickelt.

Ein wichtiger Fortschritt zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit solcher Fahrzeuge war der Übergang auf Hydronalium als Konstruktionsmaterial für den Oberbau des Wagens. Seit 1952 werden Dieseltriebwagenzüge als Fernschnelltriebwagen, ausgerüstet mit allem Komfort für längere Reisen, in vielen Ländern eingesetzt.

Während die Entwicklung von Triebwagen seit Beginn der Motorisierung im Schienenverkehr systematisch weitergeführt wurde, begann die Entwicklung von Diesellokomotiven erst später. Nachdem *A. Klose* 1906 die erste Diesellokomotive entwickelt hatte, wurde 1912 die erste Diesellokomotive größerer Leistung (1000 PS – etwa 735 kW) als Vollbahn-Lokomotive gebaut. 1924 wurde in der UdSSR die erste große Linien-Diesellokomotive mit dieselelektrischem Antrieb von *J. M. Gackel* in Leningrad entwickelt. Die Serienproduktion begann dort 1932. Etwa um die gleiche Zeit wurden auch in Deutschland dieselelektrische Schnelltriebwagen entwickelt und eingesetzt (z.B. »Fliegender Hamburger«). Während Diesellokomotiven auch in der Folgezeit meist als Rangierlokomotiven auf Bahnhöfen eingesetzt waren, wurde die weitere Entwicklung durch die nach 1945 im Fernverkehr auftauchende Diesellokomotive mit hydraulischer Kraftübertragung bestimmt.

Schießpulver: Die Erfindung des S., einer Mischung aus Holzkohle, Schwefel und Kalisalpeter, wurde früher in Europa dem Franziskanermönch *Berthold* (eigentlich *Konstantin Anklitzen*), der in Freiburg im Breisgau gelebt haben soll (nach anderen Angaben in Augsburg), zugeschrieben (um 1340). Der Name *»Schwarz«* wurde erst später hinzugesetzt, offenbar als Hinweis auf seine Beschäftigung mit der »Schwarzen Kunst«, worauf auch die Bezeichnung »Schwarzpulver« zielt. Dieser entdeckte jedoch lediglich die treibende Kraft des schon lange vorher als Zündmittel bekannten Gemischs und löste in der Folge die Anwendung für Schußwaffen in Europa aus. Dem S. ähnliche Mischungen sind beispielsweise in Form des »Griechischen Feuers« des byzantinischen »Ingenieurs« *Kallinikos* (um 678) bekannt geworden, ein schwimmender Brandsatz, der sich durch Feuchtigkeit von selbst entzündete und gegen feindliche Schiffe eingesetzt wurde. Explosive Mischun-

gen waren auch in China und im Orient Jahrhunderte vor Erfindung der Feuerwaffen schon bekannt. Sie wurden bei kultischen Zeremonien oder Festlichkeiten zu bes. Effekten, möglicherweise schon als eine Art Vorläufer der späteren Feuerwerke, eingesetzt. Bei der Belagerung von Syracus (212 v.u.Z) sollen von den Verteidigern der Stadt große Steine mit Hilfe explodierender Gemische gegen die Angreifer geschleudert worden sein. Die erste genaue Beschreibung der S.-mischung findet sich im »Feuerbuch« des *Marcus Graecus* (zwischen 8. und 12. Jh.). Dieselben Stoffe werden auch von *Albertus Magnus* und *Roger Bacon* als Bestandteile des S. angegeben. Mit Gemischen dieser oder ähnlicher Zusammensetzung haben offensichtlich die Sarazenen Brandpfeile hergestellt und u. a. gegen die Kreuzritterheere eingesetzt, etwa nach dem Muster der aus China stammenden »Lanze des ungestümen Feuers« (1255). *B. Schwarz* hat sehr wahrscheinlich Berichte darüber gekannt und eigene Versuche angestellt. 1331 traten erstmals Feuergeschütze in Europa auf, und die Schlacht bei Cracy (1346) zwischen englischen und französischen Heeren wurde als erste in der Geschichte durch Feuerwaffen entschieden. In dieser Zeit wurden an vielen Orten Europas erste S.-fabriken errichtet (Augsburg 1340, Spandau 1344, Liegnitz 1348). Eine Verbesserung der Transport- und Lagereigenschaften des S. wurde durch die Erfindung des gekörnten S. erreicht. Das Abfüllen in gesonderte Patronen zur Erhöhung der Durchschlagskraft soll Mitte des 17. Jh. aufgekommen sein, angeblich angeregt durch den Schwedenkönig *Gustav Adolf*.

Im Bergbau wurde S. erstmals 1627 als Sprengmittel eingesetzt.

Schiff: Die Verwendung von Flößen, Einbäumen und Flachbooten ist schon gegen Ende der Altsteinzeit (etwa 30000 v. u. Z.) in bestimmten Gebieten nachweisbar. Später entstanden, gleichfalls noch in der Steinzeit, seetüchtige Sch., mit denen die Besiedlung landferner Inseln möglich wurde. Der Mittelmeerraum wurde bereits in früher Zeit zu einem Zentrum der Sch.fahrt. Hier und im Roten Meer gab es in der Bronzezeit einen regen Sch.-verkehr mit kurzen, bauchigen Sch., die gerudert wurden und einen Mast mit Rahsegel sowie ein Steuerruder hatten.

Die ägyptischen Sch. im 5. Jahrtausend v.u.Z. waren lang und schmal und führten neben Rudern ein breites Rahsegel. Beide Enden dieser Sch. trugen später hüttenartige Aufbauten. Solche Sch. hatten bis zu 50 Ruderer an Bord. Etwa um 2000 v. u. Z. kam auf diesen Sch. das aus festem Leinen gewebte bauschige Segel in Gebrauch, das sich bald überall einbürgerte. Die Phönizier führten schon um 1500 v. u. Z. weite Fahrten im Mittelmeer durch, gelangten nach 1000 v. u. Z. mit ihren seetüchtigen Sch. bis zu den Kanarischen Inseln und dehnten ihren Handel später bis nach Britannien und nach Indien aus; sie umsegelten nach *Herodot* um 595 v. u. Z. den afrikanischen Kontinent.

Von den Griechen, bei denen sich der Sch.bau ebenso wie bei den Römern und Chinesen etwa seit 2000 v. u. Z. belegen läßt, wurde vor allem der Ruderantrieb bei den seetüchtigen Sch. immer weiter entwickelt. Es entstanden Kriegs-Sch. von zum Teil beachtlicher Größe. Ein solches Sch. aus dem 3. Jh. v. u. Z. ist auf Grund der Beschreibung auf eine Wasserverdrängung von 4000 t geschätzt worden. Um die Geschwindigkeit zu steigern, wurde in diesen Sch. eine immer größere Zahl Ruderer untergebracht. Sie saßen in mehreren Etagen übereinander, woraus sich auch die Bezeichnungen ableiteten. Die Triere (3 Rudereretagen) war um 300 v.u.Z. ein allgemein benutzter Typ des großen Kriegs.-Sch. Die Tetrere (4 Rudereretagen) hatte bei einer Länge von etwa 35 m eine Besatzung von insgesamt 150 bis 200 Mann, die sich in Ruderer (Sklaven), Seeleute und Krieger unterteilten. Bei späteren Sch.sbauten wurden bis zu 8 Rudereretagen übereinandergesetzt. Alle diese Sch. besaßen nur eine Segelausrüstung geringer Leistungsfähigkeit.

Von den Römern wurde in der Folge vor allem die Segelfähigkeit der seetüchtigen Sch. verbessert. In Nordeuropa waren zu Beginn u. Z. Ruder-Sch. in Gebrauch, die an beiden Enden den gleichen Aufbau zeigten. Aus diesen Sch.typen entwickelten sich die Wikinger-Sch. mit einem zusätzlichen Rahsegel, mit denen im 10. Jh. Fahrten bis nach Nordamerika gelangen.

Vom 11. Jh. an entstand die Kogge, der für den Seeverkehr in der Nord- und Ostsee damals bestimmende Sch.typ, aus dem später

die sog. Hulks (14./15. Jh.) entstanden. Beide Arten waren Segel-Sch. mit kastellartigen Aufbauten auf dem Vorder- und Hinterschiff. In Spanien und Portugal baute man die ähnlich aussehenden Karavellen. Zu ihnen gehörte z. B. die »Santa Maria« des *Kolumbus* (23 m Länge, 90 Mann Besatzung), die als Flaggschiff an der berühmten Überfahrt nach Amerika (1492) teilnahm. Die Ladefähigkeit dieser Sch.stypen erreichte bis zu 610 t.

Als seetüchtiges Ruder-Sch. wurde die Galeere vor allem zwischen dem 13. und 16. Jh. gebaut, doch fuhren sie noch bis in das 19. Jh.

Nach dem 15. Jh. setzte allgemein im Sch.bau eine Entwicklung zu großen und wendigen Sch. ein. Bereits um 1500 baute man in Flandern große Viermast-Sch. Bekannte Segel-Sch.stypen der Folgezeit waren die Nave, später Fleute (17. Jh.). sowie das Pinaß-Sch. und der Ostindienfahrer (17. Jh.).

Obwohl die ersten Versuche mit Dampfantrieb auf Wasserfahrzeugen schon gegen Ende des 18. Jh. erfolgten (Dampfschiff ↑), blieb das Segel-Sch. bis gegen Ende des 19. Jh. der vorherrschende Sch.styp im Hochseeverkehr. Auch die um diese Zeit immer zahlreicher gebauten Dampf-Sch. hatten im allgemeinen noch eine Segelausrüstung. Der Segel-Sch.bau erlebte um 1890 und teilweise noch später mit den britischen Klippern und den deutschen Fünfmast-Voll-Sch. seine höchste Blüte. Hochseesegel-Sch. finden heute vorwiegend als Schulschiffe Verwendung. Nach 1900 wurde das Dampfschiff vorherrschend. Etwa um die gleiche Zeit begann auch bereits die Entwicklung des Turbinenschiffs ↑. Später hatte das Dampf-Sch. im Motorschiff ↑ eine ernsthafte Konkurrenz. Gegenwärtig noch in der Entwicklung befindet sich der Kernenergieantrieb, der dem Turbinenschiff neue Perspektiven eröffnet.

Schiffsmühle: wurde vermutlich 536 vom oströmischen Feldherrn *Belisar* erfunden. Er setzte Mahlgänge auf Schiffe und verankerte diese im Tiber. In den Strom gehängte Wasserräder trieben die Mahlgänge an. Gegen Ende des 19. Jh. verloren die Sch. ihre Bedeutung, auch mußten sie der Flußschiffahrt weichen. In ähnlicher Form werden heute in manchen Gebieten Turbinen an Seilen in Flüsse gehängt, um Elektroenergie zu gewinnen.

Schiffsschraube: Von historischem Interesse ist der 1731 von dem Franzosen *Du Quet* gemachte Vorschlag. Er wollte auf einem Boot eine durch ein Wasserrad betriebene Spindel zum Aufspulen eines stromaufwärts am Ufer befestigten Seils benutzen und dadurch das Boot in diese Richtung ziehen lassen. 1752 reichte *D. Bernoulli* ↑ bei der französischen Akademie der Wissenschaften den Vorschlag ein, Schiffe durch unterhalb der Wasserlinie befestigte windmühlenartige Propeller, die von einer Kraftquelle im Boot in Umdrehung versetzt werden sollten, anzutreiben. *Bernoulli* hatte damit als erster das Prinzip der Sch. formuliert. Sein Vorschlag fand jedoch keine Anwendung. Dem Franzosen *A.-J. P. Paucton*, der 1768 in einer Schrift gleiche Gedanken entwickelte, erging es ebenso.

Obwohl sich in der Folge *J. Watts* ↑ Dampfmaschine als technisch brauchbare Antriebskraft anbot und bereits 1770 von *J. Watt* und 1785 von *J. Bramah* ↑ vorgeschlagen wurde, einen der Schraube ähnlichen »Treiber« zu benutzen, um Schiffe vor- und rückwärts zu bewegen, wurde ein entsprechender Vorschlag erst 1823 von dem französischen Kapitän *Delisle* eingereicht. Er fand jedoch kein Interesse.

Bereits 1812 soll in Wien *J. Ressel* ↑ erfolgreiche Versuche mit einer dampfbetriebenen Schraube durchgeführt haben, doch kam er erst 1826 zu abschließenden Ergebnissen. 1827 nahm *Ressel* auf seine Sch. ein Patent und führte 1829 im Hafen von Triest mit dem Schraubendampfer »Civetta« erfolgreiche Versuche durch. Trotz aller positiven Ergebnisse fand *Ressels* Arbeit zu seinen Lebzeiten weder Anerkennung noch Unterstützung.

Weitere Versuche, u. a. von *J. Ericsson* ↑ und *F. Sauvage* ↑, folgten, blieben aber ebenfalls nahezu unbeachtet. Erst dem Engländer *F. P. Shmith* ↑ gelang es, gestützt auf ein 1835 erteiltes Patent, durch die erfolgreichen Probefahrten seines 1838 gebauten Schraubenschiffes »Archimedes« die Vorbehalte und das Mißtrauen der Marinebehörden zu überwinden und der Sch. zur allgemeinen Anerkennung zu verhelfen (Dampfschiff ↑). Die Form der Sch. war bei der »Archimedes« die eines breitflächigen vollen Schraubenganges. Durch einen Zufall – das Schiff verlor durch Grundberührung die Hälfte des Schraubenganges

und fuhr danach schneller als vorher – erhielt die Suche nach den wirksamen Formen der Sch. einen wichtigen Hinweis, der schließlich zur Entwicklung der heute gebräuchlichen Propellerform führte. 1843 lief der erste Ozeandampfer mit Sch. von Stapel; seit 1860 wurden Schiffe mit mehreren Sch. (in Rußland bis zu 6) gebaut.

Die Ende der 20er Jahre des 20. Jahrhunderts von dem österreichischen Ingenieur *E. Schneider* entwickelte und ab 1930 von der Firma Voith gebaute Sch. stellt ein zugleich der Fortbewegung und Steuerung dienendes Aggregat dar, welches in Spezialwasserfahrzeugen der Binnenschiffahrt oder auch für hoch manövrierfähige Schlepper im Hafenbetrieb Verwendung findet (Voith-Schneider-Propeller).

Schleifmaschine: Die erste Sch. (sie diente zum Schleifen von Nähnadeln) wurde um 1500 von *L. da Vinci* ↑ konstruiert. Sie besaß bereits eine Rollvorrichtung, die einen einwandfreien Spitzenschliff ermöglichte, und wurde auch für neuere Konstruktionen richtungweisend. Die erste moderne Sch. (Rund-Sch.), konstruiert von *I. R. Brown* 1865, wurde zugleich Grundlage für den Sch.nbau überhaupt. Um 1900 folgten weitere Sch.ntypen (von *Landis* und *Norton*). Auch die 1935 verbesserte Rund-Sch. vom Typ »Fortuna« wurde zunächst nach dem Vorbild der Brownschen Sch. konstruiert.

Mit der Entwicklung der elektroerosiven Metallbearbeitung (Elektroerodieren ↑) gewinnt in jüngster Zeit ein neuartiges Verfahren zur Oberflächenbearbeitung wachsende Bedeutung, mit dem die herkömmlichen Schleifmethoden sinnvoll ergänzt werden können. Dasselbe trifft für die ebenfalls noch in der Entwicklung befindliche Ultraschallbearbeitung ↑zu.

Schloß: Einfachste Sch.arten auf der Grundlage hölzerner Riegel und Krampen waren u. a. in Babylonien und Ägypten bekannt. Metallene Schloßteile (Kupfer, Bronze, später auch Eisen) wurden in griechischen und römischen Ausgrabungsstätten gefunden. In Mitteleuropa wurden ab 11. Jh. Schlösser zunächst teilweise, später völlig aus Metall gefertigt. Es entstanden zahlreiche, oft künstlerisch gestaltete Sch.arten. Gegen Ende des 17. Jh. begann man verstärkten Wert auf die Sicherheit der Schlösser zu legen. (*J. Bramah* ↑, 1784). Es wurden zahlreiche Sicherheitsschlösser, später auch mit elektromagnetischen Sperren verbunden, entwickelt.

Schmelzspinnverfahren: Von *W. H. Carothers* ↑ und *Hill* um 1930 entwickeltes Spinnverfahren zur Herstellung von Fasern aus solchen synthetischen Hochpolymeren, die sich ohne Zersetzung schmelzen lassen. Das Sch. wurde zuerst zur Herstellung von Polyamidfasern verwendet.

Schmierung: Mit der Erfindung von Rolle und Rad ↑ tauchte das Problem der Sch. auf. Die ersten Mittel zum Vermindern der Reibung zwischen Gleitflächen waren tierische und pflanzliche Fette und Öle. In der Mitte des 19. Jh. kamen die billigeren und chemisch beständigeren mineralischen Öle und Fette als Schmiermittel in Gebrauch. Doch wurden daneben noch lange Zeit Hammeltalg, Schweineschmalz, Fischöl und pflanzliche Öle verwendet.

Theoretisch wurden die Vorgänge im Schmierfilm zwischen zwei Gleitflächen zuerst von dem russischen Ingenieur *N. Petrow* behandelt, der seine Untersuchungen 1883 veröffentlichte. Im gleichen Jahr berichtete der Engländer *B. Towler* über Untersuchungen an ölgeschmierten Lagern. Er zeigte, daß sich zwischen zwei Gleitflächen, die sich an keiner Stelle berühren, ein tragfähiger Schmierfilm erzeugen läßt (Schwimmreibung). *O. Reynolds* ↑ veröffentlichte 1886 ebenfalls Untersuchungen über die Vorgänge im Schmierfilm eines Lagers. 1904 folgten weitere Beiträge zum Problem der Sch. von *A. Sommerfeld* ↑. Der Australier *A. Michell* untersuchte 1905 theoretisch die Sch. ebener Gleitflächen, z. B. an Längslagern. Seit 1945 gewinnt neben der Sch. mit den bekannten Substanzen die Gasschmierung ↑ immer mehr an Bedeutung.

Schnelldrehstahl: Die Entwicklung des ersten Sch. gelang Ende der 90er Jahre des 19. Jahrhunderts *F. W. Taylor* (USA). Die 1900 in Europa vorgestellte Legierung leitete eine neue Epoche der spanenden Formung ein. Bis dahin war Kohlenstoffstahl, der lediglich durch die Entwicklung der Härtungsverfahren verbessert worden war, der überwiegend benutzte Schneidenwerkstoff gewesen. Als direkter Vorläufer des Sch. ist wahrscheinlich der von *R. Mushet* 1857 erstmals hergestellte

Werkzeugstahl mit Wolfram- und Chromzusätzen anzusehen.

Schon 1907 erschien unter der Bezeichnung »Stellit«, entwickelt von *E. Haynes* in den USA, eine noch leistungsfähigere Legierung auf dem Markt. In den folgenden Jahren ist eine Vielzahl weiterer solcher Sch. entwickelt worden. Mit den nach 1920 aufgekommenen Schneiden aus Hartmetall und nach 1950 solchen aus Sinteroxiden (Schneidkeramik) konnte eine weitere Verbesserung der Leistungsfähigkeit von Sch. erreicht werden. Die Entwicklung ist noch in vollem Gange.

Schokolade: ein hochwertiges Nahrungsmittel, hergestellt aus einer Mischung von Kakao, Zucker, Gewürzen, Milch und oft unter Zusatz von Früchten. Die Herstellung wurde um 1520 zuerst in Mexiko betrieben, die Kenntnis der Fertigung gelangte von dort 1606 zuerst nach Spanien und später nach Italien. Die erste deutsche Sch.-Fabrik wurde 1756 in Steinhude errichtet.

Schrämmaschine: Erste Versuche zur Mechanisierung der Abbauarbeiten an Kohleflözen unter Tage, die noch um 1850 hauptsächlich von Hand mittels Keilhaue und Schrämeisen, nur zuweilen durch Bohr- und Schießarbeit, durchgeführt wurden, unternahmen im 18. Jh. die Engländer *M. Menzies* und später *Firth*. Das von *Menzies* 1761 gebaute Aggregat bestand aus einer auf einem Gestell beweglich angebrachten Keilhaue, die ständige Schläge durch Hebelbewegung auf das Flöz ausüben konnte. Bei der Maschine von *Firth* wurde eine Keilhaue von einem Kolben mit Zylinder bewegt. Eine andere Konstruktion einer Sch. benutzte das Prinzip des Schlagbohrhammers. Auch das Prinzip des Drehbohrens wurde in der Folgezeit ausprobiert. Erfolgreich waren jedoch erst Sch., die nach dem Prinzip der Kreissäge arbeiteten. Die erste Scheiben-Sch. konstruierte 1852 der englische Ingenieur *Walker*. Die mit Zähnen besetzte waagerecht arbeitende Schrämscheibe wurde über ein Hebelgetriebe von Hand bewegt. 1770 kam eine Maschine mit Druckluftantrieb, konstruiert von dem Engländer *Winstanley*, zum Einsatz.

1900 wurde der elektrische Antrieb für Scheiben-Sch. eingeführt. Obwohl sich gegen Ende des 19. Jh. Scheiben-Sch. im Kohlebergbau weit verbreitet hatten, wurden sie wegen technischer Nachteile von Stangen- und Ketten-Sch. verdrängt. Die Stangen-Sch. wurde um 1850 in England gebaut, jedoch nach verschiedenen Verbesserungen erst ab 1880 im größeren Umfange eingesetzt. 1887 kamen Stangen-Sch. mit elektrischem Antrieb auf. Der Nachteil dieses Sch.ntyps, schneller Verschleiß der Schrämzähne wie bei der Scheiben-Sch., bewirkte, daß sich in der Folgezeit die Ketten-Sch. durchsetzte. Die erste Maschine, nach Plänen von *Peace* 1853 in England gebaut, fand zunächst wenig Beachtung (häufige Kettenbrüche). 1877 konstruierte *Jeffrey* und etwas später *Lechner* in den USA ebenfalls Ketten-Sch. Die erste betriebsreife Konstruktion schuf *Jeffrey* schließlich 1893 (breastmachine), die sich schnell im amerikanischen und später europäischen Kohlebergbau einführte. 1888 hatte *Jeffrey* bei seinen Sch. den elektrischen Antrieb eingeführt. Die Ketten-Sch. wurde in der Folgezeit vielfach weiterentwickelt, wobei die Kohlenkombine ↑ bes. Bedeutung erlangte. Unter den modernen Entwicklungen der Sch. zeigt der Bohrschrämlader, der nach 1950 zuerst zum Einsatz kam und ohne Bedienungspersonal vor Ort arbeitet, den Trend zur weitgehenden Automatisierung unter Tage.

Schraubenpresse: Die erste Beschreibung einer Sch. stammt aus dem Jahre 60, doch war die Sch. schon lange vorher bekannt und im Gebrauch.

Schraubstock: Erste Berichte über (zunächst aus Holz gefertigte) Schraubstöcke sind gegen Ende des 15./Anfang des 16. Jh. aus Nürnberg überliefert.

Schreibmaschine: Die ersten Sch. waren für Blinde gedacht und hatten erhabene Schrift. Die erste Sch. dieser Art, von *H. Mill* erfunden, wurde 1714 in England patentiert. 1832 konstruierte *K. v. Drais* ↑ einen »Apparat zur mechanischen Wiedergabe von Buchstaben«, der jedoch keine praktische Verwendung fand. Auch der Däne *R. M. Hansen*und der Engländer *Ch. Turber* (1843) konstruierten versuchsweise Sch.

Das Modell der ersten Sch. im heutigen Sinne stammt von dem Italiener *G. Ravizza* (1855). Als eigentlicher Erfinder der Sch. gilt jedoch *P. Mitterhofer* ↑, der 1864 in Wien eine Sch. aus Holz baute, deren Buchstaben von einer Art Klaviatur in Tätigkeit gesetzt wur-

den. Der amerikanische Techniker *Ch. Glidden* griff *Mitterhofers* Idee auf und ließ 1876 ein Modell in verbesserter Form bauen. Bereits einige Jahre zuvor hatten *L. Sholes* und *Schwalbacher* nach dem Modell von *G. Ravizza* eine Sch. konstruiert, die 1873 von *Ph. Remington* ↑ erworben und als erste betriebsfähige Sch. in den Handel gebracht worden war.

Die Grundlage für die heutige Sch. mit sichtbarer Schrift wurde 1888 durch *F. X. Wagner* (USA) mit der segmentartigen Anordnung der Typenhebel gelegt. Daraufhin arbeitete man in vielen Ländern an der Konstruktion von Sch., so daß es bald nahezu 100 z. T. sehr verschiedenartige Systeme gab. Von diesen setzte sich das heute noch gebräuchliche Prinzip der Typentastmaschine durch.

1888 fand in Toronto (Kanada) der erste Maschinenschreiberkongreß statt; auf ihm wurde die heute noch gültige Universaltastatur festgelegt. 1898 wurden in Berlin auf einer internationalen Sch.nausstellung zahlreiche Sch. vorgestellt.

Die Entwicklung der elektrischen Sch. (1923) durch *J. Smathers* und später des »Autotypisten«, der vollautomatischen Sch., zeigt den Trend der modernen Bürotechnik zum weitgehend automatisierten Betrieb.

Schrift: Aus der viele Jahrtausende üblichen Bilder-Sch. entwickelte sich die Sch. im heutigen Sinne. Die früheste nachgewiesene Sch. stammt von den Sumerern (um 3500 v. u. Z.). Schreibunterlage waren Tontafeln, die mit Symbolen, Zahlzeichen und Bildern beschrieben waren. Neben dieser »sumerischen« Sch. behielten andere orientalische Völker die reine Bilder-Sch. noch lange bei. Um 3000 v. u. Z. entwickelte sich bei mehreren Völkern die Keil-Sch.; sie verdrängte die Bilder-Sch. allmählich vollständig. Um 1700 v. u. Z. entstand auf Kreta eine verbesserte Sch., bei der man statt in starren keilförmigen Zeichen in fließenden Kurven zu schreiben begann.

Bes. historische Bedeutung kommt der 1822 von *Champollion* entzifferten Hieroglyphen-Sch. zu, einer etwa aus dem Jahre 400 v. u. Z. stammenden Symbol-Sch., die verschiedenartig abgewandelt zur Entwicklung einer Buchstaben-Sch. führte. Zum Ursprung aller modernen europäischen Sch.systeme wurde die Erfindung des Alphabets ↑ in Phönizien.

Die erste Notenschrift kam 700 bis 650 v. u. Z. in Griechenland auf.

Schwebeschmelzen: von *A. Lange* und *J. Barthel* nach 1950 labormäßig entwickelt. Es handelt sich um ein Verfahren zur Verflüchtigung und Anreicherung von Zink, Blei, Cadmium, Zinn und Germanium aus »armen« Erzen, Laugenrückständen, Schlacken und Flugstäuben mit hoher Leistung bei relativ geringem Brennstoffaufwand.

Schwefelfarbstoffe: Gruppe von Teerfarbstoffen ↑, die wegen ihrer ökonomisch günstigen Herstellungsweise und guten Farbstoffeigenschaften auch heute noch in beträchtlichem Umfange produziert werden. Den ersten Sch. stellte *Vidal* 1893 her (Vidalschwarz). Schwefelschwarz, eine Weiterentwicklung, ist heute neben Indigo (Indigofarbstoffe ↑) noch einer der am meisten verwendeten Teerfarbstoffe ↑.

Schwefelsäure: wurde etwa um das 8. Jh. bekannt. Zur Darstellung kannte man viele Jahrhunderte hindurch nur das Glühen natürlicher Sulfate und Auffangen der gebildeten Gase in Steinzeuggefäßen mit Wasser oder verdünnter Säure. Um 1600 kam die Methode auf, Schwefel mit Salpeter zu verbrennen. Die Verbrennungsgase fing man später in Bleibehältern auf. Nach diesem Prinzip arbeitete auch die erste Sch.fabrik, die um 1750 in Birmingham (England) gebaut wurde. Mit der 1795 von *Clément* und *Ch. B. Desormes* entdeckten Bedeutung der Sauerstoffzufuhr begann die moderne Phase der Sch.produktion, die zuerst zum Bleikammerverfahren ↑ und später zur Entwicklung des Kontaktverfahrens ↑ führte.

Schweißverfahren: Die Entwicklung der Sch. fällt in ihren Anfängen mit dem Schmieden zusammen. Das Hammerschweißen (Feuerschweißen, Preßschweißen) – Zusammenfügen zweier Metallteile durch Hammerschläge in glühendem Zustand – war, wie Funde belegen, das erste Sch. Nach alten Quellen soll der griechische Erzgießer *Glaukos* aus Chios um 690 v. u. Z. das Schweißen von Eisen (oder Löten?) erfunden haben. Allerdings zeigten Funde, daß bereits um 780 v. u. Z. im Hallstadt-Kulturkreis Lanzenspitzen, Radnaben u. a. Gegenstände durch Hammerschweißen hergestellt wurden. In Pompeji, das 79 v. u. Z. durch einen Vesuvausbruch vernichtet worden

war, fand man eine durch Feuerschweißung hergestellte Rohrleitung.

Die berühmte Kutub-Säule in Delhi wurde zwischen 330 und 380 aus einzelnen Luppen durch Feuerschweißen gefertigt. Ein aus dem 5. Jh. stammender eiserner Spieß, auf gleiche Weise aus 4 Einzelteilen hergestellt, befindet sich im Paulus-Museum in Worms. Erste feuergeschweißte Schwertklingen aus Japan stammen aus der Zeit zwischen 573 und 621. Um 1500 fertigte *L. da Vinci* ↑ Rohre durch Feuerschweißen. Ebenfalls durch Feuerschweißen ließ *J. von Braunschweig* zwischen 1568 und 1589 »Riesengeschütze« herstellen. Noch 1811 empfahl der Engländer *H. Cook* die Herstellung schmiedeeiserner Rohre aus entsprechend vorgebogenen Flacheisen durch Überlapptschweißen mittels Handhammers (Stahlrohrherstellung ↑). Während das Feuerschweißen bis nach 1830 das einzig technisch verwendete Sch. blieb, berichtete bereits 1642 *Ph. Harsdörffer* über ein von ihm »Theophrasie« genanntes Verfahren, mit dem sich durch Abbrennen einer Mischung aus Salpeter-, Schwefel- und Weinsteinpulver dazwischenliegende Metallteile schmelzen ließen, was vom Prinzip her das spätere aluminothermische Schweißen (Ende des 19. Jh.) vorwegnimmt. Die erste Schweißung mit Hilfe des elektrischen Stroms führte 1782 *G. Ch. Lichtenberg* ↑ durch, doch begann die Entwicklung der zahlreichen heute bekannten Elektro-Sch. ebenfalls erst ab Mitte des 19. Jh. Bis nach 1830 blieb das Feuerschweißen mit Hand- oder Maschinenhammer das einzige in der Industrie verwendete Sch.

Dann begann eine schnelle Entwicklung auf diesem Gebiet: 1840 stellte der Franzose *E. Desbassayns de Richemont* mittels einer Luft-Wasserstoffflamme ohne weitere Zusätze durch Schmelzen des Werkstoffs (Blei) eine Schweißverbindung her. Der Erfinder nannte sein Verfahren »soudure autogène« (Autogenschweißen). 1848 erwarb der Engländer *W. E. Staite* ein Patent auf seine Methode des Metallschweißens mit elektrischem Lichtbogen. 1867 wurde von dem Nordamerikaner *E. Thomson* das elektrische Widerstandsschweißen entwickelt. 1881 führten *A. Knaudt* und *E. Blass* in Deutschland das Schweißen mit Wassergas ein. 1885 wurde die erste Stumpfschweißmaschine in den USA gebaut. 1886 führte *E. Thomson* die ersten Preßstumpfschweißungen durch. Im gleichen Jahr erfand der russische Techniker *N. N. Benardos* das Sch. mit Kohlelichtbogen, 1887 das Punktschweißen mittels Kohleelektroden.

1890 schlug der Russe *N. G. Slawjanow* ↑ das Schweißen mit Metall-Lichtbögen vor, aus dem u. a. das vielseitig einsetzbare Elektrodenhandschweißen entstand. 1894 erfand *H. Goldschmidt* ↑ das Thermit, mit dem er bis 1910 die aluminothermische Schweißtechnik entwickelte. Um 1900 wies als erster *N. N. Benardos* auf die große Bedeutung einer Schutzgasatmosphäre um den Lichtbogen hin. Im Jahre 1901 entwickelte dann *E. Wies* das Verfahren der Wasserstoff-Sauerstoff-Schweißung. Im gleichen Jahr schufen in Frankreich *Fouché* und *Piccard* den ersten Hochdruckbrenner für Acetylen-Sauerstoff mit innerer Gasmischung und verwendeten erstmals unter Druck in Aceton gelöstes Acetylen aus Stahlflaschen. 1903 erhielt *Fouché* das Patent für seine Methode, Acetylen als Brenngas mit einem speziellen Brenner (Fouché-Brenner) zum Schweißen zu verwenden. 1904 wurden nach dem Thermitverfahren die ersten Reparaturen an Maschinenteilen vorgenommen. Im selben Jahr baute *E. Wies* den ersten Schneidbrenner mit Ringdüse, Vorläufer der heutigen Brennschneidgeräte. 1905 führte er den heute noch verwendeten Wechselbrenner ein. Im gleichen Jahr erfolgte die Einführung der Acetylenschweißung nach *Fouché* auch in Deutschland. Ebenfalls 1905 wurde die erste umhüllte Schweißelektrode von *O. Kjellberg* entwickelt. 1908 erfolgte die erste Schweißung eines Schiffsstevens in Deutschland. 1909 wurde das erste Patent für Autogen-Unterwasserschneiden in Deutschland erteilt. 1919 fanden erste Versuche zur Schutzgasschweißung durch *M. H. Roberts* und *van Nuys* in den USA statt. 1923 wurde in der Schweiz der erste Dampfkessel elektrisch geschweißt und 1924/25 in Nürnberg die erste automatisch arbeitende Lichtbogen-Schweißmaschine gebaut. 1925 entwickelte *I. Langmuir* ↑ das Arcatom-Verfahren, das ab 1927 auch für legierte Stähle und Feinbleche Verwendung finden konnte. Um 1925 erschienen die ersten Schweißkonstruktionen im Stahlbau.

1929 erhielt *D. A. Dultschewski* in der UdSSR ein Patent für sein Verfahren des

Lichtbogenschweißens unter einer Pulverschicht. 1930 lief in den USA das erste vollständig durch Lichtbogenschweißung seiner einzelnen Bauteile gefertigte Schiff von Stapel. 1932 wurde durch *Michailow* in der UdSSR die bereits von *W. F. Mitkewitsch* angeregte automatische Dreiphasen-Lichtbogenschweißung erstmals realisiert. 1933 wurde ebenfalls in der UdSSR durch *A. A. Alexejew* und *F. A. Kotschgerin* die automatische Wechselstromschweißung durchgeführt. Im gleichen Jahr gelang in den USA die Unterwasser-Lichtbogenschweißung und 1937 das Argonarc-Verfahren. Im gleichen Jahr wurde das Ellira-Verfahren in Deutschland eingeführt. 1938 folgte das UP-Schweißen. Im gleichen Jahr wurde in der UdSSR von *K. K. Chrenew, S. T. Nasarow* und *A. I. Tschistjakow* das automatische Lichtbogenschweißen mit granuliertem Pulver erarbeitet, das dann von *J. O. Paton* auf seinen heutigen Stand weiterentwickelt wurde.

1939 berichtete *Hafergut* erstmals über die als Elin-Hafergut-Verfahren bekanntgewordene Schweißmethode. 1940 erschien der erste wissenschaftliche Bericht über das Schweißen thermoplastischer Kunststoffe in Deutschland. 1940/41 erfolgte nach der von *J. O. Paton* weiterentwickelten Technologie die Einführung des UP-Schweißens in der sowjetischen Industrie. 1947/48 wurde durch *W. P. Wologdin* ↑ in der UdSSR die Methode des elektrischen Preßschweißens mit HF-Strömen ausgearbeitet. 1948 wurde das Sigmaschweißen in den USA eingeführt. 1951 wurde in der UdSSR erstmals die Methode des Elektro-Schlacke-Schweißens eingesetzt.

1952 erfolgte die Gründung des »Zentralinstituts für Schweißtechnik in der DDR« in Halle/Saale als zentrale Forschungsstelle auf diesem Gebiet. 1956 wurde das als Tschudikow-Verfahren in der UdSSR entwickelte Reibungsschweißen auch in der DDR bekannt. Im gleichen Jahr erschien die erste Veröffentlichung über das Ultraschallschweißen. Ebenfalls noch in der Entwicklung befindet sich das Schweißen mit Laserstrahlen, das nach 1960 bekannt wurde. Die Methode des Elektronenstrahlschweißens fand u. a. im Raketenbau ein wichtiges Einsatzgebiet. Das Verfahren des Plasmaschweißens befindet sich noch in der Entwicklung, während die für spezielle Anwendungsgebiete entwickelte Methode des Explosivschweißens seit den 60er Jahren weiterentwickelt wird.

Zur Koordinierung der Arbeiten auf dem Gebiet der Sch. im RGW wurde unter der Kurzbezeichnung »RAKOZ« ein Arbeitsstab gebildet, der seine Tätigkeit 1972 aufgenommen hat.

Schwellenbau: Im mitteleuropäischen Hausbau fand der Sch. wahrscheinlich erst im 14./15. Jh. Eingang. Aus anderen Kulturbereichen (z. B. Mittelmeerraum) ist seine Anwendung schon zu sehr früher Zeit bekannt. Er erfolgte weniger im Hausbau als bei größeren beweglichen Objekten (Belagerungsmaschinen, Schiffe, Wagen usw.). Grundelement ist der auf eine Holzschwelle gesetzte Ständer, Verselbständigung der Wand als starre Scheibe (abgebundene Fachwerkwand).

Schwingkreis: Der geschlossene Sch. wurde *K. F. Braun* ↑ 1898 patentiert und um die Jahrhundertwende in die drahtlose Nachrichtentechnik eingeführt. Seit 1901 wird er mit dem seither verbreiteten Drehkondensator abgestimmt.

Segelwagen: ein vom Wind angetriebenes Landfahrzeug, war im 16. Jh. in Holland gebräuchlich. Betakelt wie ein kleiner Kutter, diente er der Personenbeförderung. Wahrscheinlich eine wesentlich frühere Entwicklungsstufe stellen die noch heute an manchen Orten in China benutzten Segelkarren, eine Art Schubkarre mit einem großen Dreiecksegel, dar.

S. sind zu verschiedenen Zeiten neu erfunden worden und dienten speziellen, kurzzeitigen Verwendungszwecken. Heute werden luftbereifte, dreirädrige S. als Sportgeräte verwendet.

Segerkegel: zur Kontrolle des Brennvorgangs keramischer Erzeugnisse; sie wurden 1885 von *H. A. Seger* ↑ erfunden und werden im Temperaturbereich zwischen 600 und 2000 °C eingesetzt.

Früher wurde die Beendigung des Brandes an der Schwindung der keramischen Massen beurteilt. Mit zunehmendem Einsatz von Tunnelöfen in der keramischen Industrie verlieren die S. an Bedeutung.

Segnersches Wasserrad: wurde 1750 von *J. H. Segner* ↑ beschrieben. Es stellt eine Vorstufe der Wasserturbine ↑ dar. Im Gegensatz zu

Mühlrädern, bis dahin die einzige Wasserkraftnutzung, wird das S. durch den Rückstoß des austretenden Wassers angetrieben. Ein Großversuch scheiterte 1753 an der Schwerfälligkeit des Rades. Es bleibt das Verdienst *Segners, L. Euler* ↑ zur Entwicklung der Theorie der hydraulischen Maschinen veranlaßt zu haben. Heute wird das S. z. B. noch bei der Berieselung von Tropfkörpern und in selbsttätig rotierenden Rasensprengern verwendet.

Seife: (Sammelbezeichnung für Metallsalze organischer Säuren, im engeren Sinn für Waschzwecke geeignete, in Wasser lösliche Natrium-, Kalium- und Ammoniumverbindungen): ist das älteste Textilhilfsmittel überhaupt, das schon bei Germanen und Galliern in Gebrauch war und von ihnen aus Fetten (Talg) und Aschelaugen hergestellt wurde. Demgegenüber kannten weder Ägypter noch Griechen und Römer die Seife. Erst Germanen und Gallier brachten sie nach Rom. Eine zunächst bescheidene S.nindustrie entwikkelte sich im Mittelalter, als Palm- und Kokosöl in größeren Mengen nach Europa gelangte, zuerst in den Küstenstädten Frankreichs und Italiens, in Deutschland zu Beginn des 17. Jh. Nach 1820 begann mit dem Aufschwung der Sodaindustrie (Soda ↑) auch eine starke Entwicklung der S.nproduktion in Mitteleuropa.

Durch die Entwicklung synthetischer Waschmittel beschränkt sich die Bedeutung der S. heute vorwiegend nur noch auf das Gebiet der Körperpflege.

Seiltragwerk: Erste S. waren Hängebrücken (1876 East-River-Brücke in New York). Später wurden S. zur Überdachung großer stützenfreier Räume angewandt (1896 erstes Seildach von *N. Suchow* in Rußland gebaut). Erst 1952 wurde die Wirtschaftlichkeit der S. für stützenfreie Überdachungen mittlerer und großer Räume erkannt. Seitdem sind in der ganzen Welt eine große Anzahl von S. mit verschiedenen Formen und Stützweiten bis 130 m errichtet worden.

Selbstfahrer: Entwürfe für S., durch menschliche Muskelkraft mit Hilfe von Übersetzungsgetrieben bewegte Fahrzeuge, stammen bereits aus dem 13. Jh. (*R. Bacon* ↑). Praktische Versuche mit S. wurden im 18. Jh. durchgeführt, so 1727 in Paris und 1733 in Berlin. 1741 meldete in Rußland *L. Schamschurenkow* die Erfindung eines S. an, der, von 2 Personen bewegt, zahlreiche Passagiere befördern konnte. Das Gefährt, 1752 erfolgreich erprobt, wurde jedoch niemals praktisch genutzt. Die S. blieben zur Zeit der Kutsche Kuriosa. In abgewandelter Konstruktion haben S. heute außer als Fahrrad u. a. spezielle Bedeutung als Rollstühle für Körperbehinderte. Daneben gibt es S. als Kinderspielzeuge sowie als Geräte zur sportlichen Freizeitgestaltung.

Sender: Die ersten S. waren mit einer Antenne und der Erde leitend verbundene Funkeninduktoren (*G. Marconi* ↑, *A. S. Popow* ↑). Die große Dämpfung, die zu unwirtschaftlichem Arbeiten der S. und einem relativ breiten ausgestrahlten Frequenzspektrum führte, war Anlaß, den Antennen- und den schwingungserzeugenden Kreis zu trennen. Im Braunschen Sender wurden Antennen- und Induktorkreis durch einen Hochfrequenztransformator getrennt. Der 1905 von *M. Wien* ↑ entwickelte Löschfunken-S. erhöhte nicht nur den Wirkungsgrad, sondern ergab beim Telegrafieempfang Töne, die sich gut vom Störungshintergrund abhoben.

Die Erzeugung ungedämpfter Hochfrequenzschwingungen, die u. a. für die Funktelefonie unentbehrlich sind, vollzog sich zunächst mit Lichtbogen-S. (*V. Poulsen* ↑, 1902), später mit Hilfe von Hochfrequenzmaschinen ↑. Wichtigster Fortschritt der S.technik war die Rückkopplungsschaltung von *A. Meißner* ↑ (1913). Sie leitete die Epoche der Röhren-S. ein, die alle anderen S.arten innerhalb kurzer Zeit verdrängten und gegenwärtig ausschließlich angewendet werden (bei kleinen S.leistungen auch Einsatz von Halbleiterbauelementen in Rückkopplungsschaltung).

Setzmaschine: Die ersten S. wurden in England von *B. Fester* (1815) und *W. Church* gebaut, doch kam erst *O. Mergenthaler* ↑ zu einer technisch brauchbaren Lösung. Seine 1884 konstruierte S. (Linotype), 1890 verbessert, ist in den wesentlichen Grundzügen auch heute noch in Gebrauch. Die S. *Mergenthalers* ist eine Zeilenguß-S., ebenso wie der 1890 von *J. F. Rogers* konstruierte und nach 1894 weiterentwickelte Typograph. Im Gegensatz zu diesen beiden S. ist die 1885 von *T. Lanston* erfundene Setz- und Gießapparatur ein Vorläufer der heute benutzten Einzelbuchstaben-S. (Monotype).

Die Entwicklung der S. wird heute gekennzeichnet durch den Übergang zum Fotosatz. Der Gedanke, Schriftzeichen als Druckelemente auf fotografischem Wege herzustellen, tauchte bereits um 1860 auf (bleiloser Satz), doch gelang die technische Realisierung erst im 20 Jh. 1930 wurde von *E. Uher* die erste betriebsreife Fotosetzmaschine entwickelt. Sie gewann etwa ab 1940 zunehmend an Bedeutung.

Sextant (Spiegel-S.): auch heute eines der wichtigsten Instrumente zur astronomischen Navigation, wurde 1699 von *Newton* ↑ vorgeschlagen und um 1730 von *J. Hadley* erstmals ausgeführt.

Siemens-Martin-Verfahren: In der 2. Hälfte des 19. Jh. wurde neben dem Unterwindfrischverfahren ↑ ein zweites wichtiges Verfahren der Stahlgewinnung entwickelt, das Frischen im Herdofen. Gedanke und die entsprechende Ofenkonstruktion stammen von den Franzosen *Martin* ↑ (Vater und Sohn). Das Verfahren wurde realisierbar, als es gelang, die erforderlichen hohen Temperaturen mit Hilfe der von den Gebrüdern *Siemens* ↑ entwickelten Regenerativfeuerung zu erzeugen. Ihr Prinzip ist, die heißen Verbrennungsgase zum Aufheizen eines Mauergitterwerks zu verwenden, durch das anschließend die Verbrennungsluft und die Heizgase geleitet und so bis auf 1000 °C vorgewärmt werden. Der Siemens-Martin-Ofen wurde 1864 erstmals zur Stahlerzeugung verwendet.

Silber: kommt in der Natur rein vor und ist daher seit langem bekannt. Die ältesten Funde stammen aus dem 4. und 3. Jahrtausend v.u.Z. (Indien). S. wurde zur Herstellung von Schmuck, Geräten und Gefäßen verwendet, später auch als Münzmetall. Hethiter, Iberer und Griechen gewannen S. bereits durch Verhütten.

986 begann der S.bergbau im Harz und 1168 bei Freiberg. Die früher angewandte direkte Gewinnung durch Amalgamierung wurde 1833 abgelöst durch das Pattinson- bzw. Parkes-Verfahren. Jenes ist ein Kristallisationsprozeß, der durch die Unlöslichkeit der S. im festen Blei bedingt ist, dieses beruht darauf, daß Zink und Blei in festem Zustand nur sehr wenig ineinander löslich sind und sich S. nur im Blei anreichert, von wo es durch einen sog. Treibprozeß zu Rohsilber verarbeitet und anschließend noch mit Säuren gereinigt wird. Verwendung außer für Schmuck und Münzen für medizinische und chemische Geräte, Bestecke und als Kontaktwerkstoff.

Silicium: ist in Form von Quarz und Silikaten das häufigste Element auf der Erde. Es wurde erstmals 1810 von *J. J. Berzelius* ↑ dargestellt.

Metallisches S. wird durch Reduktion mit Kohle im Elektroofen gewonnen. S. ist ein wichtiger Bestandteil des grauen Gußeisens und in Form von Ferro-S. zur Entschwefelung und Desoxydation in Stahlwerken in Anwendung. Es wird verwendet für Speziallegierungen und in der Elektroindustrie für Dynamo- und Transformatorenbleche. Besondere Bedeutung erlangte das S. als Ausgangsmaterial für Halbleitertechnik und Mikroelektronik.

Silikone: Siliciumorganische Verbindungen wurden zuerst von *Friedel* und *Crafts* (um 1873), später von *Ladenburg* untersucht. Wesentlichen Auftrieb erhielt das Gebiet durch die Entdeckung der Grignard-Reaktion als einer auch heute noch wichtigen präparativen Herstellungsmethode für bestimmte organische Siliciumverbindungen (*Kipping*, 1904).

Die industrielle Entwicklung der S. setzte in Deutschland nach 1935 *(R. Müller)* ein. S. lassen sich in Form von Harzen, Kautschuk, Fetten und Ölen herstellen und haben u.a. wegen ihrer guten Temperaturbeständigkeit und chemischen Resistenz große technische Bedeutung.

Soda: ist die Handelsbezeichnung für das neutrale Natriumsalz der Kohlensäure. Durch die schnelle Entwicklung der Textil- und Eisenindustrie in England und Frankreich im 18. Jh. trat eine starke Nachfrage nach dieser bisher nur aus natürlichen Vorkommen erhaltenen Substanz ein. Die französische Akademie der Wissenschaften schrieb daher 1775 für eine technisch verwertbare Sodasynthese auf der Basis des Natriumchlorids einen Preis aus. Der Arzt *N. Leblanc* ↑ erhielt diesen für sein Verfahren, für das im Jahre 1791 ein Patent erteilt wurde.

Der Aufschwung der Sodaindustrie vollzog sich vor allem in England und hielt bis etwa 1880 an. Dann erwies das bereits 1861 von *E. Solvay* ↑ entwickelte Verfahren (Ammoniak-Soda-Verfahren) immer stärker seine Überlegenheit. Das Solvay-Verfahren benötigt außer

Kochsalz nur noch Kalk und geringe Mengen Ammoniak als Hilfsstoffe. Es ist wesentlich preiswerter und einfacher in der Prozeßführung. Bis zur Jahrhundertwende war die beim Leblanc-Verfahren als Nebenprodukt anfallende Salzsäure noch von Bedeutung. Mit der Entwicklung der Chlor-Alkali-Elektrolyse ↑ verlor das erste Sodaverfahren seine wirtschaftliche Bedeutung. Die letzte Leblanc-Fabrikation wurde 1945 stillgelegt.

Sonderabteufverfahren: Zur Abteufung von Schächten in schwimmendem Gebirge oder in lockerem bzw. klüftigem Gestein wurden S. entwickelt. Nachdem man seit Beginn des 18. Jh. in solchen Fällen zur Getriebebezimmerung überging, kam 1861 im Ruhrgebiet der Ausbau der Schächte mit Ringen aus Gußeisen (Gußringausbau, Tübbingausbau) in Anwendung. 1839 wurde von dem französischen Ingenieur *Triger* das Senkkastenabteufverfahren (Caissonverfahren) für den Schachtausbau vorgeschlagen und 1841 erstmals in Frankreich mit Erfolg beim Abteufen eines Schachtes für eine Kohlengrube mit stark wasserführendem Grund eingesetzt. Das heute gebräuchliche Senkschachtverfahren arbeitet nach einem ähnlichen Grundprinzip wie das Caissonverfahren. In den 50er Jahren des 19. Jahrhunderts kam für das Abteufen in wasserführenden weichen Gesteinsschichten das Gestängeschlagbohren in Senkausbau in Benutzung. Das von einer Dampfmaschine angetriebene Gestänge trug am vorderen Ende ein Spezialwerkzeug mit Bohrer, mit dem in einem Arbeitsgang Schächte bis zu 4,5 m Durchmesser ausgebohrt werden konnten, ohne zuvor das Wasser aus der Gesteinsschicht abzupumpen. Das Verfahren wurde bis nach 1870 weiterentwickelt. Mit dem 1880 von dem deutschen Ingenieur *F. H. Poetsch* entwickelten und 1883 erstmals praktisch erprobten Gefrierverfahren, das eine spezielle Anwendung der von *C. v. Linde* ↑ erfundenen Kältemaschine darstellt, kam ein bis heute erfolgreich eingesetztes S. für Schachtabteufungen in wasserführenden Gebirgen zur Verwendung. In entsprechend angelegten Bohrungen wird hierbei durch ein System von Gefrierrohren der Boden um den abzuteufenden Schacht derart eingefroren, daß die eigentliche Teufarbeit ohne Wassereinbruch vonstatten gehen kann. Erstmals 1864 wurde in Frankreich von *Loiter* das sog. Versteinerungsverfahren (Zementierverfahren), ebenfalls ein in klüftigem Gebirge einsetzbares S., angewendet, bei dem Zementmilch in die wie beim Gefrierverfahren angelegten Bohrlöcher gepreßt wird. Die flüssige Mischung dringt in die Poren des Gesteins und erstarrt zu einem festen Schutzmantel um den abzuteufenden Schacht. Das Zementierverfahren wurde Ende des 19. Jh. durch *A. Francois* verbessert. Analog zu diesem Verfahren arbeiten die sogenannten Abdichtungsverfahren mit chemischen Lösungen, Bitumen oder Ton. Der Ausbau geschieht in allen Fällen mit Tübbings.

Große Verdienste erwarben sich sowjetische Ingenieure um moderne Formen der Abteuftechnik durch die Entwicklung von Bohrverfahren, mit denen Grubenschächte mit vollem Durchmesser in einem Satz gebohrt werden können. Erstmals wurde ein Verfahren zum Bohren von Grubenschächten von *K. N. Stschepotjew* und *W. P. Iwanow* um 1930 ausgearbeitet, nach dem u. a. 1940 ein Wetterschacht von 1,8 m Durchmesser und 74 m Tiefe niedergebracht wurde. Ein Verfahren zum Bohren von Schächten mit Durchmessern bis zu 6 m nach der Methode von *G. I. Mankowski* wurde 1944 erstmals durchgeführt. 1958 wurde die Kernbohranlage »UKB-3« aus der UdSSR auf der Brüsseler Weltausstellung stark beachtet. Mit dieser Anlage können Abteuf- und Ausbauarbeiten nach dem Prinzip des Kernbohrens, von der Oberfläche aus gesteuert, durchgeführt werden.

Spannbeton (vorgespannter Beton): Der Gedanke der Vorspannung ist sehr alt und wurde bereits im Altertum angewendet, wenn eine Konstruktion rissefrei oder wasserdicht sein sollte. Die Ägypter spannten bereits um 2700 v. u. Z. ihre Seeschiffe aus Holz in Längsrichtung vor. Im Mittelalter erhielten Faßdauben durch das Antreiben der Faßreifen eine radiale Druckvorspannung; Holzräder wurden durch das Aufschrumpfen von Eisenreifen vorgespannt.

Der Vorschlag, das Vorspannen auf Beton anzuwenden, geht auf den Amerikaner *P. H. Jackson* (1886) zurück, der als Spannglied angespannte Zuganker mit Schraub- oder Keilverankerung vorsah. 1888 meldete *W. Döhring* in Berlin ein Patent zur Herstellung von Platten, Latten und Balken für den Hochbau

durch Einbetonieren gespannter Drähte zur Verminderung der Rissebildung im Beton an. Es war der erste Vorschlag, vorgefertigte Betonteile mit einer gespannten Bewehrung zu versehen. 1896 hatte *J. Mandl* (Wien) den Gedanken, Spannungen aus der Belastung durch eine Vorspannung entgegenzuwirken. 1905 bis 1911 unterbreitete *J. G. E. Lund* (Norweger) mehrere Vorschläge zur Vorspannung von Betonplatten. 1906 machte *M. Koenen* (Berlin) erste Versuche an Spannbetonteilen, die aber infolge der Unkenntnis der Schwind- und Kriecheigenschaften des Betons mißlangen.

1908 schlugen der Amerikaner *C. R. Steiner*, 1916 der Engländer *F. Wilson* die Anwendung gekrümmter Spannglieder vor. 1923/25 wollte *R. H. Dill* (USA) Betonbalken ohne jede Zugspannung durch Spannen hochfester Drähte nach dem Erhärten des Betons herstellen. Der Verbund zwischen Spannstahl und Beton sollte durch einen Anstrich auf dem Stahl verhindert werden. 1927 unterbreitete der deutsche Ingenieur *Richard Färber* den Vorschlag, den Anstrich durch einen Paraffinüberzug oder durch Papp- oder Blechhülsen zu ersetzen. 1928 meldete *E. Freyssinet* ↑ eine Anzahl Patente an. *Freyssinet* studierte seit 1911 systematisch die Kriecherscheinungen des Betons und zog als erster die Folgerung, daß brauchbare S.elemente nur bei hoher Stahlvorspannung und großer Betonfestigkeit erzielt werden können. Er hat dem S.bau die entscheidenden Impulse zur breiten Anwendung gegeben.

Spannbetonbretter: Seit 1919 stellte *Wettstein* (Tschechoslowakei) S. her, die er sich 1921 patentieren ließ. Die S. bestehen aus Klaviersaitendrähten, die vorgespannt, z.T. in einer, z.T. in zwei Richtungen angeordnet und im Beton eingebettet sind. *Wettstein* spannte die Drähte zunächst nur, um sie im Beton festzulegen, erkannte aber noch nicht die Wirkung der Vorspannung auf den Beton. S. können auf jede beliebige Länge zersägt werden.

Speiseeis: war bereits im Altertum bekannt. Die römischen Aristokraten ließen sich Eis aus dem Norden nach Italien kommen, um es zur S.bereitung benutzen zu können. S. war demzufolge eine der teuersten Delikatessen. Erst nach der Einführung rentabler Verfahren zur künstlichen Kälteerzeugung ↑ wurde S. zum verbreiteten Genußmittel. Die Zubereitung von S. erfolgt heute noch nach dem gleichen Prinzip wie im Altertum.

Spektroskop/Spektrometer: Erste Spektralbeobachtungen wurden ohne feste Apparatur ausgeführt, bis *M. Meyerstein* (1808 bis 1882) 1856 ein Spektroskop, bestehend aus Kollimator-, Beobachtungsrohr und Prisma, angab, dem *G. Kirchhoff* ↑ und *R. W. Bunsen* ↑ 1861 noch das Skalenrohr hinzufügten (Spektrometer). Um stärkere Dispersion zu erreichen, benutzten *L. M. Rutherford* (1816 bis 1892) u. a. um 1865 Schwefelkohlenstoffprismen und *Kirchhoff* vier hintereinandergeschaltete Flintglasprismen. Das von *G. B. Amici* ↑ 1860 erdachte Geradsichtprisma aus Kron- und Flintglasprismen wurde von dem Pariser Optiker *J. G. Hofmann* 1863 für astronomische und Taschenspektroskope genutzt. Mit dem von *Zöllner* 1869 mit zwei »Amicis« ausgerüsteten Reversionsspektroskop konnte erstmals der optische Dopplereffekt (Rotverschiebung) gemessen werden. Brauchbare Beugungsgitter, statt Prismen in Spektroskope eingesetzt, wurden zuerst von *A. Rowland* ↑ 1883 hergestellt. *H. Rubens* baute aus Steinsalzprismen (später Quarzlinsen) mit einem Bolometer als Indikator, 1892 erste Infrarotspektroskope. Ein Röntgenspektroskop nach der Drehkristallmethode erfand 1915 *W. L. Bragg* ↑.

Spezialgründungen: *Druckluftgründung* als Spezialfall der Senkkastengründung wurde zuerst von *J. Smeaton* ↑ 1779 bei Arbeiten im Hafen von Ramsgate (England) in Form von gußeisernen Taucherglocken angewendet. Das Verfahren wurde 1841 durch die Erfindung der Luftschleuse durch *Trieger* verbessert.

Schwimmkastengründung kam im 18. Jh. auf, zunächst mit Holz als Baumaterial; 1811 wandte der Engländer *S. Bentham* erstmals Schwimmkästen mit gemauerten Umschließungswänden an. Gegen Ende des 19. Jh. wurde das Mauerwerk durch Stahlbeton ersetzt.

Senkkastengründung (bei kreisförmigem Querschnitt des Gründungskörpers wird von Brunnengründung gesprochen) wurde vermutlich erst im 18. Jh. entwickelt. Nachgewiesen ist die Anwendung der Senkkastengründung bei der Themsebrücke in London (1865); dagegen ist die Brunnengründung bereits mehrere Jahrtausende alt.

Die *Ramme* hat in primitiver Form schon in

der Pfahlbauzeit existiert. Erwähnt wird sie erstmals bei *Vitruvius* ↑ (24 v. u. Z.)

Die ersten *Rammpfähle* wurden sicherlich noch vor der Pfahlbauzeit (Jungstein- bzw. Bronzezeit in Europa, 4500 v. u. Z.) bzw. vor dem antiken Brückenbau genutzt.

Der *Pfahlrost* wurde vermutlich noch vor der Pfahlbauzeit in Holz verwendet.

Spiegel: waren bereits in der Antike bekannt; ihr Ursprung ist nicht feststellbar. Im alten Ägypten wurden S. aus poliertem Kupfer, bei den Römern aus Bronze und mit Silber- bzw. Goldauflage benutzt.

Neben bes. als »S.-Metall« bekannten Legierungen waren in der Antike glasähnliche Massen als Grundlage der S.herstellung bekannt.

Im 12./13. Jh. kamen in Europa S. mit Metallhinterlegung, im 14. Jh. mit Blei- und Zinnamalgamhinterlegung in Gebrauch. Erst 1843 wurde vorgeschlagen, S.glas auf der Rückseite zu versilbern. Ab 1855 wurde dieser Vorschlag fabrikmäßig genutzt.

Spinnmaschine: Erfinder der S. ist *J. Wyatt* ↑. Er konstruierte 1733 das funktionsfähige Modell einer S., auf die 1738 *L. Paul* ↑ ein Patent nahm. Die Maschine, ebenso die von beiden verbesserte Ausführung (1758 patentiert), konnte sich jedoch nicht durchsetzen. Steigender Garnbedarf der Webereien veranlaßte später andere Erfinder, sich mit Verbesserungen auf dem Gebiet der Spinnerei zu befassen. Der Weber *J.Hargreaves* ↑ erfand 1764 eine Wagen-S. (»Jenny«), die 1770 patentiert wurde und sich in der Arbeitsweise grundsätzlich von den Maschinen *Wyatts* und *Pauls* unterschied. Sie wurde von Hand angetrieben und fand wegen ihrer einfachen Konstruktion und billigen Herstellung schnell weite Verbreitung. Durch den englischen Mechaniker *Th. Wood* wurde 1792 die »Jenny« weiter verbessert (»Billy«).

Währenddessen hatte *R. Arkwright* ↑ das erste Patent auf eine Flügel-S. erhalten(1769), deren Prinzip, eine sinnvolle Kombination von Elementen der Wyatt-Paulschen S. und des gewöhnlichen Flügelspinnrades, allerdings von dem Mechaniker *Th. Highs* stammte.

Die Arkwrightsche S., durch ein Wasserrad angetrieben (Wassermaschine), setzte sich schnell durch. Das Jahr 1771, in dem *Arkwright* die fabrikmäßige Produktion seiner S. begann, wird häufig als Beginn des »Maschinenzeitalters« angesehen. Eine weitere wichtige Verbesserung der S. stellt die zwischen 1774 und 1779 von dem Weber *S. Crompton* ↑ konstruierte S. (»Mulemaschine« ↑) dar. Hier waren Grundelemente der »Billy« mit solchen der Wyattschen und Paulschen S. verbunden. Mit der »Mule« ließ sich erstmals äußerst feines und zugleich reißfestes Garn herstellen. Durch *R. Roberts* ↑ wurde schließlich die Entwicklung der Wagen-S. durch den sogenannten Selfaktor (Selbstspinner), die selbsttätige Mule-Maschine, zum prinzipiellen Abschluß gebracht. *Roberts* entwickelte die Maschine zwischen 1825 und 1835, zugleich wurden weitere Verbesserungen auch von anderen Erfindern, bes. durch *J. Smith* (1843), vorgenommen.

Spinnrad: Das Verspinnen von Schafwolle und Flachs wurde z. B. in Mitteleuropa schon vor der Steinzeit betrieben. Zur Herstellung des Fadens verwendete man damals Spulen und Spinnwirtel aus Ton. Das S. selbst erscheint erstmals 1480 als Abbildung im sog. »Hausbuch der Familie Waldburg«. 1530 erfand der Bildschnitzer *J. Jürgen* das Flügelspinnrad mit Fußantrieb, das zum Vorläufer der Flügelspinnmaschine (Spinnmaschine ↑) wurde.

Sprengöl: ist die Bezeichnung für Glyceroltrinitrat und Nitroglycol. Beide Substanzen sind äußerst schlagempfindlich und werden überwiegend zur Herstellung von Dynamit ↑ verwendet. Das 1847 von *A. Sobrero* entdeckte Glyceroltrinitrat verursachte zahlreiche Unfälle, bis es durch die Erfindung des Dynamits (*A. Nobel* ↑) gelang, die Substanz in eine gefahrlos zu handhabende Form zu bringen. Statt des Glyceroltrinitrats wird heute fast ausschließlich das billigere und in seiner Sprengkraft stärkere Nitroglycol zur Herstellung von Dynamit benutzt.

Spritzgußmaschine: Als Vorläufer der S., mit der sich bestimmte thermoplastische Werkstoffe zu Formkörpern verarbeiten lassen, kann die 1872 patentierte vertikale Stopfmaschine von *J. Hyatt* angesehen werden. Sie wurde zum Verspritzen von Mischungen aus Nitratcellulose ↑ und Kampfer (Celluloid ↑) benutzt, doch kam die Entwicklung infolge der leichten Brennbarkeit des Werkstoffs bald wieder zum Stillstand. Erst mit der 1919 von

A. Eichengrün für Acetylcellulose (Kunstseide ↑) entwickelten S. setzte ein neuer Aufschwung dieser Technologie ein. Die breitere Einführung der Spritzgußtechnologie wurde allerdings erst mit dem der Firma Eckert und Ziegler in Nürnberg erteilten Patent einer horizontal angeordneten Maschine für Handbetrieb vorbereitet. Der eigentliche Aufschwung setzte dann 1930 mit den von der Firma F. Braun in Zerbst entwickelten automatischen S. ein. Wurden bis dahin ausschließlich Cellulosederivate im Spritzguß verarbeitet, begann mit der Entwicklung des Polystyrens ↑ nach 1930 die eigentlich moderne Phase der Plastspritzgußtechnik. Nach 1945 fand die große Typenpalette neuer Thermoplaste Eingang in die Spritzgußtechnologie, die bald zu einem der Schwerpunkte der Plastverarbeitung wurde.

Spule (Elektrotechnik): wurde 1820 erstmals von *M. A. Ampère* ↑ zur Untersuchung elektromagnetischer Erscheinungen angewandt. Im gleichen Jahr benutzte sie *J. S. Ch. Schweigger* ↑, um die magnetischen Wirkungen eines stromdurchflossenen Drahtes zu steigern.

Stabnetzwerktonne: Die Entwicklung von S., tonnenförmigen, leichten Metallgitterkonstruktionen, begann nach 1945. Bedeutende Entwicklungsarbeit leisteten *E. Torroja* ↑, *St. du Chateau* und *Biscop* (Frankreich), *W. R. Orr* (England), die seit Mitte der 50er Jahre einige Bauwerke entworfen und ausgeführt haben. In der DDR werden S. etwa seit 1965 angewendet.

Stabrost: Als erster baute der Nordamerikaner *A. G. Bell* um 1900 mit stabrostähnlichen Metallgittern aus galvanisierten Stahlrohren Flugdrachen und einen Aussichtsturm. Um 1950 entwickelte *K. Wachsmann* (BRD) Knotenverbindungen für S. mit maximal 20 Stabanschlüssen. Danach wurden in vielen Ländern Verbindungselemente erfunden, die größere Variationsmöglichkeiten der S.konstruktionen ermöglichen. Der Japaner *Suzuki* entwickelte S. mit 65 m × 65m Spannweite, die Spanier *Bueno* und *Calvera* errichteten S.konstruktionen bis zu 70 m Spannweite. In den letzten Jahren haben bes. *I. Friedmann* und *P. Maymont* (Frankreich) die S. weiterentwickelt.

Stadtentwässerung: auch als Kanalisation bezeichnete, fast ausnahmslos unterirdisch angelegte Ableitung (durch Rohrsysteme mit Sinkkästen oder Gullys o. ä. Zubehör bzw. Wasserläufe mit Einsteigschächten) des Schmutz- und Regenwassers aus Siedlungen und gewerblichen Betrieben, des von den Straßen abfließenden Niederschlagswassers sowie der schwemmbaren Abfallstoffe usw. (s. a. Abwasserbehandlung). S. ist schon aus der Antike bekannt (z. B. Rom, Athen, Babylon, Bagdad, Kreta usw.), wo vorwiegend Tempelbezirke und Paläste angeschlossen waren (mitunter auch Aborte einzelner Villen). Da im Mittelalter Städte mit einem Ausmaß wie in der Antike nicht existierten, gerieten diese Fertigkeiten und Kenntnisse in Vergessenheit. Man warf die Abfallstoffe auf die Straße oder legte sie in der Nähe der Häuser ab (dadurch wurden Seuchen und Epidemien begünstigt).

Erste Anfänge der S. finden sich wieder im 16. Jh. mit offenen, später überdeckten und ausgemauerten Gerinnen und Abzugsgräben. Bunzlau schuf wahrscheinlich als erste mitteleuropäische Stadt von 1531 bis 1539 eine S. für die unterirdische Ableitung von Brauch- und Regenwasser.

Die wissenschaftliche Durchdringung und großtechnische Inangriffnahme der S. setzte erst gegen Ende des 19. Jh. ein (funktionstüchtige lokale S.systeme bereits Anfang des 19. Jh.). Abwässer aus S. wurden früher unbehandelt in den Vorfluter eingeleitet. Wirksame Abwasserbehandlungsverfahren werden erst ab Ende des 19./Anfang des 20. Jh. angewendet.

Stahl: Während S. in früheren Jahrhunderten und Jahrtausenden nur durch Schweißen in Weißglut im teigigen Zustand unterhalb der Schmelztemperatur erzeugt werden konnte (Schweiß-S.), wird S. heute fast ausschließlich im Schmelzfluß gewonnen (Fluß-S.). Wichtige Entwicklungsstufen bei der S.erzeugung waren die Erfindung des Tiegelgusses durch *B. Huntsman* ↑ 1372 und das Flammofenfrischen mit Steinkohle (Puddelverfahren ↑) 1784. 1851 wurde durch *P. J. Mayer* der S.formguß erfunden. *H. Bessemer* ↑ entwickelte 1855 sein Unterwindfrischen, das durch *S. G. Thomas* ↑ weitgehend verbessert werden konnte. Das Herdfrischverfahren wurde durch *W. Siemens* ↑ (Regenerativfeuerung) und *P. Martin* ↑ entwickelt. Erstmalig 1864 erzeugten sie flüssigen S. in einem Flammofen. Mit

Beginn des 20. Jh. entwickelte sich auch die Erzeugung von S. im Elektroofen. Heute sind Elektro-Lichtbogenöfen, -Induktionsöfen und -Widerstandsöfen im Einsatz, während der Elektronenstrahlofen noch am Anfang des großtechnischen Einsatzes steht. Nach 1945 erlangte das Oberwindfrischverfahren ↑ bei der S.herstellung wachsende Bedeutung (Sauerstoff-Aufblasverfahren).

Stahlbeton: Als Erfinder des S. wird der Gärtner *J. Monier* ↑ angesehen, dem am 16. 7. 1867 ein Patent für die Herstellung von mit Eisen bewehrten Blumenkübeln erteilt wurde. Zusatzpatente folgten 1868 für Röhren und Behälter, 1869 für ebene Platten, 1873 für Brükken, 1875 für Treppen, 1878 für Eisenbahnschwellen aus S. Die Stahlbewehrung diente *Monier* hauptsächlich zur Formgebung. Von der festigkeitserhöhenden Wirkung der Stahlbewehrung hatte *Monier* noch keine richtige Vorstellung.

Bereits 1855 baute *J. Lambot* ein Boot aus S., *F. Coignet* hatte 1861 allgemeine Erkenntnisse über die Verbund- und S.bauweise. 1865 führte der Baumeister *Wilkinson* in Newcastle ein Haus in S. aus.

Der Nordamerikaner *J. Hyatt* hatte 1877 Vorstellungen über die Wirkungsweise der S. und entwickelte S.balken. Am 14. 8. 1878 wurde *Monier* das wichtigste Zusatzpatent erteilt, in dem erstmals allgemein von Eisenbetonkonstruktionen gesprochen wurde. Die *Monier* erteilten Auslandspatente ermöglichten die Verbreitung der S.bauweise in ganz Europa und in Übersee. In Rußland, Deutschland, Österreich und der Schweiz wurde die S.bauweise etwa 1885 eingeführt. Verdienste um die Einführung und Entwicklung des S. erwarben sich in Deutschland und Österreich *G. A. Wayss, C. Freytag* ↑, *M. Koenen,* in Rußland *N. A. Beleljubski.*

Die theoretischen Grundlagen des S. sind im n-Verfahren verankert, zu dessen Entwicklung in den ersten Jahren *Koenen, Neumann* und *F. Hennebique* ↑ sowie ab 1900 *E. Mörsch* ↑ beitrugen.

Stahlbetonbalken: Die ersten S. wurden zur Überdeckung von Fenster- und Türöffnungen 1877 von *J. Hyatt* verwendet.

Stahlbetongelenk (gepanzert): S. wurden 1936/38 von *Burkhardt* entwickelt. Sie werden als gepanzerte Wälzgelenke oder als Stahlbetonpanzerpendel im Brückenbau angewendet. Bei den S. sind die Berührungsflächen, an denen die größten Drücke auftreten, durch gebogene Stahlbleche geschützt.

Stahlbrückenbau: Brücken aus Glockenmetall zu gießen schlug *Verantius* 1617 vor. Die erste Gußeisenbrücke der Welt (1776/79) war die Bogenbrücke über den Severn bei Coalbrookdale in England; die erste des europäischen Festlandes folgte 1796 in Niederschlesien. Die erste deutsche versteifte Kettenbrücke entstand 1823 in Nürnberg. 1824 stellte *Schnirch* eine Kettenbrücke in Mähren auf. Kleine Schweißstahlbrücken wurden 1825/30 für die Liverpool-Manchester-Eisenbahn gebaut. Die erste weitgespannte Balkenbrücke war die Britanniabrücke für die Menai-Meerenge, die *R. Stephenson* ↑ 1844/49 als vollwandige Tunnelbrücke (geschlossener Kastenquerschnitt) errichtete.

In Mitteleuropa wurden weitgespannte Balkenbrücken mit engmaschigen Gitterträgern erbaut, z. B. die große Weichselbrücke bei Dirschau 1844/57. Flußstahlbrücken wurden etwa ab 1850 gebaut, und zwar die erste Brücke aus Bessemerstahl 1862 in Holland, die erste Brücke aus Siemens-Martin-Stahl 1880 in Königsberg und die erste Brücke aus Thomas-Stahl 1885 in Sumatra.

Das Strebenfachwerk wurde von *Néville* 1846 für eine Stahlbrücke gewählt. Für eine Eisenbahnbrücke bei Günzburg benutzte *Pauli* das Ständerfachwerk, und für die Isarbrücke bei Großhesselche entwarf er 1857 einen linsenförmigen Fachwerkträger (Pauli-Träger). Ähnlich der Form des Pauli-Trägers ist der Schwedler-Träger (Weserbrücke bei Höxter 1864) und der Lohse-Träger (Norderelbebrücke bei Hamburg 1868). Die Quebec-Brücke (Kanada) wurde als weitgespannter Gerber-Gelenkträger 1917 erbaut. Der Dreigelenkbogen, ein System, das *Köpcke* 1857 vorschlug, wurde 1864 für eine Brücke in Wien gewählt. Den Stabbogen mit Versteifungsträger untersuchte 1862 *Langer* (Langersche Balken). Mit diesem System wurde 1881 in Graz eine Brücke errichtet. Als Zweigelenkfachwerkbogen mit Zugband wurde 1892 die Nordostseekanalbrücke bei Grünenthal gebaut.

Um 1900 setzte der verstärkte Bau von Hängebrücken mit Versteifungsträgern ein. 1903 wurde die Elisabethbrücke über die Donau in

Budapest mit Flachstabketten als Tragband gebaut. In Breslau wurde 1910 die »Kaiserbrücke« mit Drahtseil als Tragband erstellt. Brücken mit großen Stützweiten: 1910 Manhattanbrücke mit 448 m Stützweite, 1926 Delawarebrücke mit 533 m Stützweite; 1932 George-Washington-Brücke über den Hudson mit 1067 m Stützweite und 1937 Golden-Gate-Brücke in San Franzisco mit 1280 m Stützweite. Die erste eiserne Schrägseilbrücke wurde 1817 in England errichtet. 1821 schlug *Poyet* vor, einen Holzbalken durch strahlenförmig an der Spitze von Masten verankerte Eisenstäbe aufzuhängen. 1840 entwickelte *Hartley* die sogenannte Harfen-Lösung, bei der die Abspannungen parallel zueinander verlaufen. Schrägseilbrücken haben nach 1945 an Bedeutung gewonnen.

Stahlleichtbau: Anfänge des S., einer stahlsparenden Bauweise, erreicht durch Materialdickenreduzierung, Verwendung hochfester Stähle, funktionsgerechte Querschnittsformgebung mittels Kaltverformung dünner Bleche, Ausnutzung der räumlichen Tragwirkung, verbesserte Traglastermittlungen gab es bereits um 1900. Verstärkter Einsatz erfolgte erst nach 1918.

Stahlrohrherstellung: Während die Herstellung gegossener Eisenrohre bereits in der Anfangsphase der Entwicklung der Eisengießtechnik begann (Metallguß ↑), kamen schmiedeeiserne Rohre erst Anfang des 19. Jh. in Gebrauch, obwohl um 1500 bereits *L. da Vinci* ↑ feuergeschweißte Rohre herstellte. 1811 empfahl der Engländer *H. Cook,* zur Herstellung solcher Rohre entsprechend vorgebogene Flacheisen durch Handhammer in der Schmiedehitze überlappt zu verschweißen und danach die Rohlinge im Zieheisen oder durch Walzen zu verstrecken. 1825 wurde dieses Verfahren durch *C. Whitehouse* verbessert. Die begrenzte Druckbelastbarkeit solcher Rohre löste die Entwicklung der nahtlosen Stahlrohre aus. Vorläufer des heute verwendeten Warmwalzverfahrens für nahtlose Stahlrohre ist ein Röhrenwalzwerk aus dem Jahre 1728, mit dem die Herstellung von Bleirohren durch Kaliberwalzen erfolgte, eine Technologie, die in verbesserter Form auch heute noch in einzelnen Fällen benutzt wird. Die industrielle Fertigung nahtloser Stahlrohre leitete das den Gebrüdern *Mannesmann* ↑ patentierte, bis 1890 weiterentwickelte Schrägwalzverfahren ein. Nahezu gleichzeitig wurden solche Verfahren zur S. auch in den USA *(Stiefel, Diescher)* entwickelt. Durch Kombination des Mannesmann-Schrägwalzwerkes mit dem von *Stiefel* entwickelten sog. Lochapparat ließ sich später eine wesentliche Verbesserung der Rohrqualität erreichen (Stiefel-Walzstraße). 1935 kamen mit dem Assel-Walzwerk, das nach dem Prinzip des Schrägwalzens über Dornstangen arbeitet, und nach 1950 mit dem Calmes-Walzwerk zwei wichtige Weiterentwicklungen der Warmwalztechnologie zur S. in Anwendung. Die Fertigung nahtloser Rohre erhielt durch das 1930 bekannt gewordene Kaltwalzen auf »Kaltpilgermaschinen« (ebenso die Verfahren des Kaltziehens) eine wichtige Ergänzung. Das Ziehen, seit Ende des 18. Jh. bereits für Rohre kleineren Durchmessers verwendet, wird heute soweit wie möglich mit dem Kaltpilgern kombiniert. Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung nahtloser Rohre, das indirekte Pressen, begann um 1890 mit der Entwicklung der sogenannten Lochpresse. Durch die 1924 patentierte Kurbelpresse von *Singer* wurde das Strangpressen von Rohren begonnen, das sich heute immer stärker durchsetzt, nachdem geeignete Werkzeuge entwickelt werden konnten. Das Herstellen von Nahtrohren durch Gasschweißen wurde zuerst 1910 mit der Rohrschweißmaschine durchgeführt. Heute werden dazu elektrische Verfahren benutzt. Eines der modernen Verfahren ist das 1931 bekanntgewordene sog. Fretz-Moon-Verfahren, das inzwischen weiter verbessert wurde. Die größten Fließstraßen Europas zur Herstellung nahtgeschweißter Rohre befinden sich heute in der UdSSR. Durch Weiterentwicklung der verschiedenen Verfahren zur S. hat der Unterschied zwischen nahtlosen Rohren und Nahtrohren für viele Einsatzzwecke heute keine Bedeutung mehr.

Stahlsaitenbeton: wurde erstmals 1938 von *E. Hoyer* in Hamburg auf 100 m langen Spannbahnen gefertigt und nach dem Erhärten des Betons in die gewünschten Längen geschnitten. S. stellt eine Weiterentwicklung der Spannbetonbretter dar und hat die Erforschung der Drahtverankerung durch Verbund gefördert. Wichtige Anwendungsgebiete sind z. B. die Herstellung von Eisenbahnschwellen

und von Deckenelementen für den Wohnungsbau.

Stahlschreibfedern: Die Benutzung metallener Schreibfedern ist, wie bereits Funde bronzener Schreibfedern beweisen, bis in die Römerzeit zurückzuverfolgen (damals Schreibrohr aus Schilf allgemein üblich). Die erstmals im 5. Jh. feststellbare Verwendung des Gänsekiels herrschte bis in das 19. Jh. vor, obwohl des öfteren Versuche mit anderen Materialien wie Horn, Schildpatt und auch Glas gemacht wurden. In einer 1544 veröffentlichten Schrift erwähnte der Nürnberger Schreib- und Rechenmeister *J. Neudorf* u. a. Schreibfedern aus Eisen, Kupfer und Messing. Der Aachener Stadtschreiber *J. Janssen,* der sich in einer Chronik als Erfinder der S. bezeichnete, fand 1748 für seine S. bei den zum Friedensschluß im österreichischen Erbfolgekrieg in der Stadt weilenden Gesandten zwar guten Absatz, doch geriet seine Erfindung bald wieder in Vergessenheit. Der in Königsberg lebende Schreiblehrer *Bürger* trat 1808 erneut mit einer S. an die Öffentlichkeit, doch hatte inzwischen in England die Großproduktion von S. begonnen.

Hersteller der ersten S. in England war (1780) der Fabrikant *Harrison* aus Birmingham, der gemeinsam mit *J. Mason* damals die führende Rolle Englands in diesem Produktionszweig begründete.

1849 ließ sich der Engländer *R. W. Thomson* einen der ersten gebrauchsfähigen Füllfederhalter patentieren (Versuche mit Horn- und Metallröhren seit 1780) und eröffnete damit der S. ihr heute wichtigstes Einsatzgebiet.

Stahlseil: Die Entwicklung der Herstellung von S. steht in engem Zusammenhang mit der Verbesserung der Drahtziehtechnik (Drahtziehen ↑). Die Einführung der S. war für die Entwicklung der Fördertechnik im Bergbau von entscheidender Bedeutung. Die ersten Stahlförderseile führte ab 1831 der deutsche Bergingenieur *W. A. J. Albert* ↑ in Clausthal (Harz) ein. Sie setzten sich schnell gegenüber den bis dahin im Bergbau verwendeten Ketten und Hanfseilen durch.

Stahlsteindecke (frühere Bezeichnung: Steineisendecke): wurde 1892 von dem Essener Baumeister und Architekten *J. F. Kleine* erfunden und erstmals angewendet. Es sind Steindecken mit Stahleinlagen in den durchlaufenden Längsfugen. Die Steine werden auf einer Holzschalung hochkant im Verband vermauert.

Stalldungstreuer: 1880 ließen sich *Pamphilon* und *Peyton* Neuerungen an S. schützen, 1889 erfand *Lössner* die Zuführung des Stalldungs mit Hilfe einer umlaufenden Förderkette, die er auf der Oberfläche der Ladung anordnete. Beim Abfräsen fiel der Dung auf eine rotierende Scheibe, die ihn in breitem Wurf verteilte. 1911 wurde der S. mit Rollboden und aufrechtstehenden Streuwalzen entwickelt. Die Massenproduktion setzte jedoch erst nach 1945 ein.

Ständerbau: In Mitteleuropa datieren früheste Funde aus dem letzten Jh. v. u. Z. Die Entwicklung verläuft bis ins Mittelalter bzw. sogar bis in die Neuzeit.

Grundelement ist der auf Fundamentsteine gesetzte Stamm (Ständer, keine Zerstörung des Holzes durch Bodenfeuchtigkeit, Aufnahme der Horizontalkräfte durch zweiseitige Aussteifung im oberen Teil der Konstruktion).

Staubsauger: Der erste S., ein durch Elektromotor angetriebenes riesiges Sauggebläse, wurde 1901 von dem englischen Techniker *H. C. Booth* konstruiert. Das von zwei Pferden gezogene Gerät arbeitete mit einem etwa 250 m langen Saugschlauch und derart großer Lautstärke, daß sein Einsatz begrenzt blieb. Das erste tragbare Modell wurde 1905 entwickelt, doch machten erst spätere technische Verbesserungen durch englische und deutsche Firmen den S. (etwa ab 1920) zum verbreiteten Haushaltgerät.

Steingut: wurde zuerst in England nach 1750 hergestellt. *Ashbury,* Sohn eines Töpfers, entwickelte aus der Töpfermasse das S. mit einem nahezu weißen Scherben. Daraufhin gründete er Fabriken, in denen S. produziert wurde. *J. Wedgwood* ↑ entwickelte das S. weiter und wurde zum eigentlichen Begründer der S.industrie. Anfang des 19. Jh. wurde das Herstellungsverfahren auch auf dem europäischen Festland genutzt. Auf Grund der vorhandenen Rohstoffe nahm vor allem Deutschland einen führenden Platz ein. Einen nochmaligen Aufschwung erlebte die S.industrie, als man Ende des 19. Jh. neben der eigentlichen Geschirrware sanitäre Ware und Wandplatten herzustellen begann.

Steinzeug: scheint bereits zwischen 1050 und 200 v. u. Z. bekannt gewesen zu sein. In Südostasien (China, Korea, Japan), vor allem in China, wurde zuerst künstlerisch geformtes S. mit dichten farbigen Scherben hergestellt. In der Zeit zwischen dem 11. und 14. Jh. wurde S. auch in Mitteleuropa gefertigt, vor allem im Rheinland und Westerwald, der daher auch das »Kannebäckerland« genannt wurde. Blütezeit des europäischen S. ist das 15. bis 17. Jh. In Form und Ausführung entsprach das S. dem »Altdeutschen Geschirr«, dem Gebrauchsgeschirr des deutschen Bürgers der Reformationszeit. Eine Abart stellte das von *J. F. Böttger* ↑ 1706/07 erfundene rotbraune, nach ihm benannte S. dar.

Seit der Mitte des 19. Jh. hat sich die Produktion von S. zu einem wichtigen Zweig der keramischen Industrie entwickelt. Seine Bedeutung liegt heute in der Verwendung in der Industrie, wobei man Fein- und Grob-S. unterscheidet. Für den Haushalt wird das meist graue, mit blauer Malerei reich verzierte S. heute noch in kleinen Industriebetrieben hergestellt.

Stenographie: Vorläufer der S. waren bereits im Altertum bekannt (Rom, Griechenland). *Xenophon* (um 430 bis 354 v. u. Z.) schrieb mit einem eigenen System von Kurzzeichen die Reden seines Lehrers *Sokrates* wortgetreu nieder. Um 76 v. u. Z. entwickelte *Tiro* in Rom eine Wortsigelschrift, die 63 v. u. Z. im römischen Senat eingeführt und später zur Silbenschrift weiterentwickelt wurde (Tironische Noten). Diese Schriftart diente noch im 16. Jh. bei der Entwicklung der ersten S.systeme als Vorbild. Das erste brauchbare System veröffentlichte *T. Bright* 1588. Seine Wortschrift wurde durch die Buchstabenschrift von *J. Willies* (1602) verbessert. 1678 gab *K. A. Ramsay* das erste deutsche S.lehrbuch heraus. In Anlehnung daran entwickelten *T. Mosengeil* (1796) und *K. G. Horstig* (1797) deutsche (geometrische) Systeme.

Das erste deutsche kursive System erfand *F. X. Gabelsberger* ↑, dessen 1834 erschienenes Lehrbuch der S. auch im Ausland große Verbreitung fand. An die Arbeiten *Gabelsbergers* knüpfte *W. Stolze* (1841) bei seinem S.system an, das 1887 von *F. Schrey* weiterentwickelt wurde. 1897 wurden beide Systeme zur Schriftform Stolze-Schrey vereinigt, die 1924 auch Basis der »Deutschen Einheitskurzschrift« wurde. Dieses 1936 verbesserte System ist seit 1946 verbindlich für die Fachausbildung auf dem Gebiet der S.

Stereofonie: Schon 1881 wurde auf der Internationalen Elektronischen Ausstellung in Paris eine stereofone Übertragung mit Kopfhörer gezeigt.

Versuche mit stereofoner Schallplattenwiedergabe begannen um 1930, wobei bereits das heute übliche Prinzip der Stereo-Schallplattenaufzeichnung benutzt wurde. Wegen zahlreicher technischer Schwierigkeiten erlangten diese Versuche nur wenig-Bedeutung. Sie wurden ab 1949 fortgeführt. Seit 1958 sind Stereoschallplatten im Handel. Etwa um die gleiche Zeit begann die stereofone magnetische Aufzeichnung und Wiedergabe auf Bändern und Filmen.

Versuche zur drahtlosen stereofonen Übertragung wurden ab 1934 durchgeführt, führten aber erst zum Erfolg, nachdem das Problem der Kompatibilität, d. h. der Möglichkeit, stereofon ausgestrahlte Sendungen monofon mit älteren Empfängern bzw. monofone Sendungen mit Stereogeräten aufzunehmen, zufriedenstellend gelöst war. Dies gelang mit dem Pilottonverfahren, das ab 1961 eingeführt wurde. Weitere Verfahren zur Verbesserung der Wiedergabe, z. B. die aus der S. hervorgegangene Quadrofonie, befinden sich in der Entwicklung und Erprobung.

Stickmaschine: Die erste S. konstruierte *J. Heilmann* ↑ 1829. Die S. ist gegenwärtig in verschiedener Konstruktion ein in der Textilindustrie verwendetes Gerät zum mechanischen Verzieren von Geweben durch auf- oder eingenähte Muster. S. arbeiten heute z. T. mit automatischer Steuerung.

Storchschnabel (Pantograph): Zeichengerät zum Übertragen, Vergrößern oder Verkleinern einer Vorlage, besteht aus einem Gelenkparallelogramm. S. wurde wahrscheinlich von *Ch. Schreiner* ↑ 1603 erfunden.

Stoßheber (hydraulischer Widder): wurde 1746 von *J. Montgolfier* ↑ erfunden. Er stellt eine automatisch und ohne Fremdenergie arbeitende Pumpanlage (Wasserhebemaschine) dar, bei welcher man die Bewegungsenergie des fließenden Wassers dazu benutzt, einen Teil desselben über das Niveau des Zulaufreservoirs (natürliche Gewässer, künstliche Be-

hälter) hinaus zu heben. S. werden noch heute für Bewässerungszwecke verwendet.

Stoßmaschine: Die erste S. wurde 1804/1818 von *G. v. Reichenbach* ↑ konstruiert. Die Weiterentwicklung erfolgte vor allem in England, wo *J. Nasmyth* ↑ um 1840 die erste Waagerecht-S. (Shaping-Maschine, Schnellhobelmaschine) baute. Sie wurde Vorbild der weiteren Entwicklung auf diesem Gebiet.

Strahlflugzeug: Im August 1939 flog in Deutschland das erste mit Gasturbinenantrieb versehene Flugzeug (He-178). Im gleichen Jahr begannen auch in der UdSSR Flugversuche mit dem von *J. A. Merkulow* konstruierten Staustrahltriebwerk. In England flog 1941 das erste mit einer Gasturbine ausgerüstete Versuchsflugzeug und erreichte etwa 500 km/h Spitzengeschwindigkeit. Im gleichen Jahr wurde in Deutschland das erste Flugzeug mit Raketenantrieb (Me 163) erprobt, wobei *H. Dittmar* eine Geschwindigkeit von 1004 km/h erreichte. Der erste Flug eines raketengetriebenen Flugzeugs in der UdSSR erfolgte, verzögert durch die Kriegsereignisse, 1942. Im gleichen Jahr begann in Deutschland die Flugerprobung des ersten für die Serienfertigung bestimmten und mit Gasturbinen angetriebenen Jagdflugzeugs (Me 262). In England wurde 1943 mit der Erprobung des ersten turbinengetriebenen Serienflugzeugs (F 49 – Meteor) begonnen. Auch in den USA wurde eine solche Maschine entwickelt. Trotz aller Verbesserungen erreichten die bis 1945 gebauten S. nicht die nötige Zuverlässigkeit. Nach 1945 nahm der Bau solcher Flugzeuge beträchtlich an Umfang zu. Nicht zuletzt durch die bei der Entwicklung ortsfester Gasturbinenanlagen in der UdSSR gesammelten Erfahrungen gelang es, richtungweisende Fortschritte zu erzielen. Eine Spitzengeschwindigkeit von 1020 km/h erreichte das 1947 erstmals geflogene turbinengetriebene Jagdflugzeug MIG 15. Im gleichen Jahr überschritt das raketengetriebene Versuchsflugzeug Bell X-1 (USA) die Schallgeschwindigkeit. Mit weiterentwickelten Versuchskonstruktionen wurden hier in der Folge immer höhere Geschwindigkeiten erzielt. So erreichte *B. White* 1961 mit dem Raketenflugzeug X-15 eine Spitzengeschwindigkeit von 6548 km/h, womit die Grenze zur Raumfahrt sich allmählich zu verwischen beginnt.

Währenddessen wurde in der UdSSR der Entwicklung leistungsfähiger, turbinengetriebener Flugzeuge große Aufmerksamkeit geschenkt. Beweis für die erfolgreiche Konstruktionstätigkeit ist eine Reihe von Geschwindigkeitsrekorden, die mit solchen Flugzeugen erzielt wurden: 1961 erreichte *A. Fedotow* mit einer E-166 eine Geschwindigkeit von 2401 km/h, 1965 in einer E-266 und mit 2 t Zuladung 2319 km/h. Mit einer verbesserten Maschine gleichen Typs erzielte *Fedotow* 1972 eine Geschwindigkeit von 2600 km/h.

Neben der Entwicklung von S. für militärische Zwecke wurde seit 1945 vor allem in der UdSSR an der Entwicklung turbinengetriebener Verkehrsflugzeuge gearbeitet. Seit 1956 befindet sich mit der »TU 104« des bekannten Konstrukteurs *A. N. Tupolew* ↑ das erste serienmäßig hergestellte Verkehrsflugzeug mit Strahlantrieb im nationalen und internationalen Liniendienst der »Aeroflot«. Seitdem wurden eine Reihe weiterer Flugzeuge mit Strahlantrieb konstruiert und eingesetzt. Eine neue Etappe im Flugverkehr wurde durch die TU 144, das erste Überschallflugzeug, eröffnet. Die Maschine absolvierte Ende 1968 ihren ersten Flug und befindet sich seit 1970 im Linienverkehr.

Strahltriebwerk: Die Entwicklung der verschiedenen Arten von S. (ungenaue Bezeichnung »Düsentriebwerk«) – Gasturbine, Strahlrohr und Raketentriebwerk – als Antriebsaggregate für Fahrzeuge begann nach 1920. Während über die Gasturbine als ortsfeste Kraftmaschine schon Erfahrungen vorlagen, konnte man beim Strahlrohr und dem im Konstruktionsprinzip gleichen Raketentriebwerk auf den Arbeiten der Raketenpioniere aufbauen. Bei den ab 1927 in Deutschland durchgeführten Versuchen wurden Raketen in verschiedenen Fahrzeugen als Antrieb erprobt (*M. Valier* ↑, *J. Winkler, F. W. Saner* u. a.). 1928 erreichte ein Raketen-Rennwagen der Firma Opel 280 km/h. 1929 flog *F. v. Opel* in einem von einer Rakete angetriebenen Segelflugzeug. Zur gleichen Zeit konstruierte *M. Valier* neben Raketenautos auch Raketenschlitten für Versuchszwecke.

In der Folge konzentrierten sich die Versuche auf die Entwicklung strahlgetriebener Flugkörper. Für diesen Zweck konstruierte auch *P. Schmidt* 1930 das nach ihm benannte

Strahlrohr (Schmidt-Rohr), das weiterentwikkelt im zweiten Weltkrieg von den Faschisten als Antrieb des als Terrorwaffe dienenden Flugkörpers V 1 verwendet wurde.

In der UdSSR entwickelte *F. A. Zander* ↑ zwischen 1930/33 die ersten Flüssigkeitsraketentriebwerke. Nach 1935 konstruierte *J. A. Merkulow* ein Staustrahltriebwerk, das 1939 erstmals erfolgreich erprobt werden konnte. 1940 wurden in der UdSSR die ersten Erfolge bei der Erprobung von Raketentriebwerken erzielt. In der Folge wurden in vielen Ländern Strahlflugzeuge konstruiert und erprobt. Dabei konnte sich hier nach 1945 bes. die Gasturbine als Antriebsaggregat durchsetzen, während das Raketentriebwerk die Phase der Raumfahrt einleitete.

Stranggießen: Als S. bezeichnet man diejenigen Verfahren, bei denen der eingegossene Werkstoff schon während des Gießens als erstarrter Strang aus der Gießform tritt und der Strang länger ist als die Gießform. Er kann als Barren, Rohr, Band oder Stange geformt sein. Die ältesten Verfahren beziehen sich auf Stahl und Weichmetalle. Erste Versuche gehen auf *H. Bessemer* ↑ zurück. Er vergoß erstmalig ein Eisenblech zwischen zwei Walzen. 1879 entwickelte *S. P. M. Tasker* eine Vorrichtung mit Durchlaufkokillen zur Herstellung von Stahlrohren. 1915 stellte die Superior Pouring Metals Company erstmals das Gießen von Stahlbarren beliebigen Querschnitts und beliebiger Länge vor. Das Verfahren fand seine erste großindustrielle Anwendung auf dem Gebiet der Messingverarbeitung durch *S. Junghans,* allgemein setzte es sich nach 1930 in den Aluminiumgießereien durch. *S. Junghans* bewies 1936/37, daß dieses Verfahren auch für Magnesiumlegierungen anwendbar ist. Durch Einbringen eines scheibenförmigen Schwimmers auf die Oberfläche des Metalls im Gießbehälter (zur Vermeidung übermäßiger Oxydation) konnte das Verfahren Ende der dreißiger Jahre auf Kupfer und Magnesium ausgedehnt werden. Während des zweiten Weltkrieges wurden auch größere Zinkmengen im Strang vergossen.

Strangpresse: wurde von *C. Schlickeysen* ↑ im 19. Jh. erfunden. Sie dient zur Herstellung von Mauerziegeln. S. werden als Schnecken- und Walzenpressen gebaut.

Straßenbeleuchtung: Bereits in der Antike wurden in manchen Städten wichtige Straßen und Plätze beleuchtet. In Paris ordnete man 1558 an, nachts an den Enden und in der Mitte der Straße Pech- oder Kienpfannen leuchten zu lassen. Vorher mußten die Hausbewohner Lichter in die Fenster der Häuser stellen. Die Bewohner Londons mußten seit 1662 nachts eine Laterne vor das Haustor hängen.

In manchen Pariser Straßen brannten seit 1667 Öllampen. Sie werden als der eigentliche Beginn der Errichtung ortsfester S. angesehen. Hamburg folgte 1675 als erste deutsche Stadt. In Philadelphia (USA) wurde 1803 ein Teilgebiet der Stadt mit Gas beleuchtet. Durch *Winzer* aus Znaim wurde 1807 eine Seite der »Pall-Mall« als erste Straße Englands in London mit Gas beleuchet. Unter Mitarbeit von *S. Clegg* (1781 bis 1861, Schüler und Mitarbeiter von *W. Murdock* ↑) rüstete *Winzer* 1814 den Londoner Stadtteil St. Margarethe mit Gasbeleuchtung aus. In Deutschland beleuchtete *W. A. Lampadius* ↑ 1811 die Fischergasse in Freiberg/Sa. von seiner Wohnung aus.

Auf industrieller Basis wurde 1823 bzw. 1826 die Gasbeleuchtung in Berlin eingeführt, 1833 bzw. 1835 folgten Wien und Petersburg.

A. N. Lodygin ↑ benutzte 1873 in Petersburg als erster die Elektrizität zur Beleuchtung einer Straße.

Stützstoffbauweise: Bei der S. gibt eine stützende Kernschicht den beidseitigen Deckschichten aus Metall, Hartfaserplatten, Plasten, Asbestzement u. a. die notwendige Festigkeit. Entwickelt wurde die S. hauptsächlich aus dem bei der Luftfahrt erforderlichen Leichtbau, wo es bei geringstem Gewicht auf hohe Festigkeit ankam. Im Bauwesen werden Stützstoffelemente hauptsächlich als leichte Trennwände, als selbsttragende Dachplatten und als raumabschließende Elemente bei Metallgitterkonstruktionen verwendet. Die Entwicklung begann etwa 1960. Erste Ergebnisse wurden von *Volmir* (UdSSR) 1963, von *Hintersdorf* und *Duda* (DDR) 1965 veröffentlicht.

Supraleitfähigkeit: 1911 erzielte *H. Kamerlingh Onnes* ↑ zuerst die S. an reinstem Quecksilber bei 4 K, 1913 auch an anderen Metallen. 1933 entdeckte *W. Meißner* den nach ihm und *Ochsenfeld* benannten Effekt, für den *M. v. Laue* ↑ und *F. London* eine phänomenolo-

gische elektrodynamische Theorie aufstellten, die *L. D. Landau* ↑ weiterentwickelte. *H. Casimir* u. a. in Leiden entwickelten eine thermodynamische, *J. Bardeen* ↑ u. a. eine atomistische Theorie der S. Ergebnisse letzterer werden auch durch *Bogoljubows* Theorie bestätigt. Ab 1933 wurden durch die Großforschung Metallegierungen für Spulendrähte entwickelt, die auch bei hohen Stromstärken supraleitend blieben. Gegenwärtig sind Materialien bekannt, deren Sprungtemperatur (Temperatur des schwindenden Widerstandes) bei 20 K liegt. Die S. eröffnet damit wichtige Anwendungen: Überstarke supraleitende Magneten für Beschleuniger und MHD-Generatoren werden betrieben, kurze supraleitende Kabel erprobt. Motoren und Generatoren sehr hoher Leistung (um 10 MW bzw. um 3000 MW) mit supraleitenden Wicklungen werden entwickelt. Als Bauelement für die Datenverarbeitung erscheint das auf S. beruhende Kryotron aussichtsreich.

Synthesekautschuk: Bekannte Chemiker wie *J. v. Liebig* ↑ und *J. Dalton* ↑ haben sich bereits vor 1840 ohne wesentlichen Erfolg mit Naturkautschuk (NK) beschäftigt. Ziel war, Wege zur Kopie des NK im Labor zu finden. Die Entdeckung des Isoprens im NK gelang um 1860 *G. Williams.* Er stellte auch als erster Zusammenhänge zwischen Isopren und NK fest, so die Bildung elastischer Rückstände in Isoprenproben bei langer Lagerung. *Bouchardat* erhielt 1879 aus Isopren nach längerer Säurebehandlung ebenfalls elastische Produkte. Die erste Isoprensynthese gelang 1884 *Tilden.* Auch er entdeckte in einer jahrelang gelagerten Probe seines Isoprens kautschukähnliche Rückstände (1892). 1902 bewies *Harries* mit der von ihm entwickelten Methode der Ozonidspaltung, daß sich NK aus Isoprenmolekülen aufbaut.

Als erste konnten 1909 *F. C. A. Hofmann* ↑ und *K. Coutelle* aus p-Kresol hergestelltes Isopren in ein kautschukartiges, elastisches und vulkanisierbares Material umwandeln (Isoprenkautschuk). Fast gleichzeitig entdeckten *Harries* und *Matthews* und *Strange* 1910 die beschleunigende Wirkung von metallischem Natrium auf die Isoprenpolymerisation. Trotzdem gab *Hofmann* seine Arbeiten am Isoprenkautschuk im selben Jahr auf und wandte sich dem leichter herstellbaren Methylisopren zu. Auch Untersuchungen über die Butadienpolymerisation wurden von seiner Arbeitsgruppe aufgenommen. *Hofmanns* Arbeiten über Methylisopren führten zu Methylkautschuk ↑.

Die moderne Phase der Entwicklung des S. begann mit der Entdeckung der Zahlenbunatypen (Polybutadien ↑) nach 1925. Im gleichen Zeitraum wurde auch in der UdSSR das Problem der großtechnischen Natriumpolymerisation gelöst. Ende der 20er Jahre wurden in Deutschland die Arbeiten an der Butadienpolymerisation auf das Emulsionsverfahren gelenkt, weil sich die Zahlenbunatypen nur für Hartgummiqualitäten wirklich eigneten. Die Emulsionspolymerisation des Butadiens, bereits 1912 von *Gottlob* entdeckt, führte über die Kopolymerisation mit Styren (Buna S, *Tschunkur* und *Bock*) sowie Acrylnitril (Buna N, *Konrad* und *Kleiner*) um 1930 zu technisch brauchbaren Produkten, deren Großproduktion 1937 in Schkopau begann. Buna S, der am meisten produzierte Typ, wurde im zweiten Weltkrieg auch in den USA in größtem Umfang hergestellt. Durch die um 1940 in Deutschland entwickelte Tieftemperatur-Polymerisation, die nach 1945 in den USA großtechnisch eingeführt wurde, konnten die Eigenschaften der Buna-S-Typen wesentlich verbessert werden. Mit der Einführung von Ziegler-Natta-Katalysatoren ab 1954 eröffneten sich neue Möglichkeiten für die Polymerisation des Butadiens und Isoprens. So wurde auch der Weg frei für eine Synthese des NK, wozu das erste Patent aus dem Jahre 1954 *(Goodrich)* stammt. Dieser »synthetische Naturkautschuk« wird jedoch keine bes. Bedeutung erlangen, weil inzwischen viele S. entwikkelt wurden, die neben einem guten Gesamteigenschaftsbild dem NK in speziellen Bereichen deutlich überlegen sind.

Szintillationszähler: Aus dem 1903 von *W. Crookes* ↑ erfundenen Spinthariskop, bei dem in einem Leuchtschirm (z. B. Zinksulfid) Lichtblitze durch auftreffende Alphateilchen erzeugt wurden, entwickelten *H. Geiger* ↑, *E. Marsden* u. a. den S., der vielfach verbessert wurde. Beim S. wirken die in einem Kristall (z. B. Natriumjodid) ausgelösten Lichtblitze auf eine Fotokatode, die Elektronen emittiert. Diese erzeugen in einem Sekundärelektronenvervielfacher eine Elektronenlawine, die einen registrierbaren Spannungsimpuls liefert.

T

Tagebau, Technik im: Der T. hat seit Beginn des 20. Jh. durch die Entwicklung der Braunkohlengewinnung in Mitteleuropa wachsende Bedeutung erlangt. Erreicht wurde dies durch vollständige Mechanisierung von Abraumbetrieb und Kohlegewinnung. Zur Abraumbewegung war bis nach 1920 fast ausschließlich die Kombination Bagger-Zugförderung-Verkippung üblich. Als Bagger kamen neben dem Eimerkettenbagger und anderen Baggertypen etwa seit 1930 zunehmend Schaufelradbagger verschiedener Konstruktion in Gebrauch. Seit dem erfolgreichen Einsatz der ersten Abraumförderbrücke ↑ (1924) sind zahlreiche dieser Anlagen vor allem in T. mitteleuropäischer Braunkohlenreviere in Betrieb genommen worden. Sie arbeiten z. B. in Verbindung mit Eimerketten- und Schaufelradbaggern als geschlossener Maschinenkomplex. Seit den 50er Jahren erlangt der Einsatz von Bandanlagen (Gurtbandförderer ↑) in T. der DDR und BRD immer größere Bedeutung dort, wo die Verhältnisse den Einsatz von Förderbrücken ausschließen. In Braunkohlen-T. der USA ist der Abraum- und Förderungsbetrieb auf Bagger und Spezialkipper orientiert. Hier wurde dafür bes. der Löffelbagger weiterentwickelt.

In den T. der UdSSR werden wegen der unterschiedlichen Arten von Lagerstätten verschiedene Technologien eingesetzt. Hier hat sich neben dem Förderbrückenbetrieb seit 1945 die Verwendung von Bandförderern bewährt, bes. durch die Kombination mit Großraumbaggern. In der UdSSR wird außerdem die Hydromechanisierung (Gewinnungsmethoden ↑) nicht nur für die Kohlegewinnung, sondern auch beim Abbau anderer Bodenschätze im T.betrieb eingesetzt.

Tantal: wurde 1802 von dem Schweden *A. G. Ekeberg* entdeckt und von ihm nach der griechischen Sagengestalt Tantalus benannt. Es kommt in der Natur stets mit Niob ↑ zusammen vor. Erst 1903 gelang *W. v. Bolton* in Berlin die Trennung der beiden Elemente durch Vakuumlichtbogenschmelzen. T. läßt sich zu feinsten Drähten (z. B. für Glühwendeln) verarbeiten und wird weiter verwendet für chirurgische Instrumente, in der Medizin für Fehlstellen im Gewebe von Gesicht und Schädel, wegen seiner großen chemischen Beständigkeit im Apparatebau sowie für Spinndüsen und Sonderstähle.

Tapete: Die ersten T. waren Leder-T. und im Orient in Gebrauch. Im 11. Jh. wurden sie durch die Mauren in Spanien bekannt. In Deutschland verbreiteten sich T. im 17. und 18. Jh. Leder-T. wurden im 18. Jh. allmählich durch billigere, leichtere und hellere Werkstoffe, wie Leinen, Baumwolle und Wachstuch, verdrängt, bis auch sie den Papier-T. (ab Ende des 17. Jh.) weichen mußten.

Taxi (Taxe): Bezeichnung für Kraftfahrzeuge, früher auch für Pferdedroschken mit Taxameter (eingebautes Gerät, das den Benutzungspreis für die zurückgelegte Strecke und auch für Wartezeit anzeigt). Heute werden zum Transport von Stückgut auch Gütertaxen eingesetzt.

1896 wurden in Paris die ersten Personenkraftfahrzeuge mit Taxametern ausgerüstet.

Teerfarbstoffe: Synthetische organische Farbstoffe werden wegen der Herkunft ihrer Ausgangsstoffe allgemein auch als T. bezeichnet. Den ersten T. fand *F. F. Runge* ↑ (Rosolsäure) 1834 bei Untersuchungen, in deren Verlauf ihm als erstem die Isolierung von Anilin ↑ und Phenol aus Steinkohlenteer gelang. *Runges* Entdeckung fand keine weitere Beachtung. Erst die umfangreichen Arbeiten von *A. W. Hofmann* ↑ schufen die Voraussetzung für die spätere industrielle Nutzung der Produkte des Steinkohlenteers. Nachdem *Hofmann* bereits 1843 einen roten Farbstoff aus Anilin beobachtet hatte, entdeckte sein Schüler *W. H. Perkin* ↑ 1856 den ersten T., der industrielle Bedeutung erlangte (Mauvein). Wenig später fand *Verguin* das Fuchsin, und *Girard* und *de Laire* entdeckten 1860 das Anilinblau, dessen Struktur *Hofmann* 1863 aufklärte. Der Arbeitskreis um *Hofmann* leistete bei der Erforschung der T. wichtige grundlegende Arbeiten, doch wurden erst durch die von *F. A. Kekulé* ↑ 1865 postulierte Struktur des Benzenmoleküls die für eine systematische Erforschung des Gesamtgebietes notwendigen theoretischen Vorstellungen ermöglicht.

Zu den T. gehören eine Vielzahl wichtiger Verbindungsklassen, z. B. Azo- ↑, Anthrachinon-, Indigo- ↑, Schwefel- ↑ und Triphenylmethanfarbstoffe ↑. Bes. die Azofarbstoffe befinden sich durch wichtige neue Entwicklungen

(Metallkomplexfarbstoffe, Reaktivfarbstoffe ↑) in ständiger Weiterentwicklung. Andere zu den T. gehörende Verbindungen unterschiedlicher chemischer Struktur haben z. T. auf speziellen Einsatzgebieten Bedeutung. So wurden die Methinfarbstoffe lange hauptsächlich als Sensibilisatoren in der Fotografie verwendet, bis man neuerdings ihre Eignung zum Färben von Polyakrylnitril ↑-Fasern entdeckte (nach 1950). Von den Akridinfarbstoffen wird eine Anzahl Verbindungen wegen ihrer stark antiseptischen Wirkung in der Medizin verwendet. Die Thiazolfarbstoffe finden in der Reproduktionstechnik verbreitete Anwendung. Die Verbindungsklasse der Phtalocyanine ist erst um 1930 entdeckt worden und befindet sich seitdem in ständiger Entwicklung. *Linstead* klärte die Struktur dieser Farbstoffe 1932 auf und stellte die erste Verbindung dieser Gruppe, Heliogenblau B, her. Die ursprünglich nur als Pigmentfarbstoff verwendbaren Substanzen konnten in der Folgezeit auch für die Textilfärbung angewandt werden. In jüngster Zeit gelang die Entwicklung von Gemischen, aus denen sich der Farbstoff auf dem Textilgut erst nach spezieller Behandlung des Materials ausbildet.

Telegraf, optischer: Optische Hilfsmittel (Rauch-, Fackelzeichen u. ä.) zur Übermittlung bestimmter Signale waren schon im Altertum bekannt. O. T., mit denen sich nach vereinbartem Code beliebige Nachrichten übermitteln ließen, wurden u. a. von *R. Hooke* ↑ vorgeschlagen. 1767 wurde von *K. L. Edgeworth* eine optische Telegrafenlinie zwischen London und New Market (etwa 90 km) eingerichtet. Weite Verbreitung erlangten T., die eine Nachrichtenübermittlung durch verschiedene Stellungen beweglicher Signalarme ermöglichten. Sie werden bereits um 400 v. u. Z. in einer Schrift erwähnt und wurden nahezu gleichzeitig von den Gebrüdern *Chappe* ↑ und von *I. P. Kulibin* ↑ erneut erfunden und ausgeführt. Zahlreiche Linien wurden eingerichtet und waren teilweise noch nach Einführung der elektrischen Telegrafie in Betrieb (Stillegung der letzten deutschen Linie 1853).

In der 2. Hälfte des 19. Jh. kamen, bes. für Schiffahrt und militärische Zwecke, o. T. auf, die mit reflektiertem Sonnenlicht oder mit künstlichen Lichtquellen arbeiteten und das Morsealphabet benutzten (z. B. 1883 Verbindung Mauritius – Réunion über 215 km mittels 1 m^2 großer Spiegel). Sie konnten sich, z. B. in der Schiffahrt, trotz moderner Nachrichtenmittel bis in die Gegenwart erhalten.

Telegrafie, elektrische: Schon 1736 soll der schottische Mönch *A. Gordon* eine elektrische Signalanlage gebaut haben, bei der er die Abstoßung leichter, elektrisch geladener Körper ausnutzte. 1753 schlug der Schotte *E. Marshal* eine e. T. vor, bei der durch 24 jeweils einem Buchstaben zugeordnete Drähte Holundermarkkügelchen angezogen werden sollten. Es folgte der Vorschlag, mit nur 2 Drähten und vereinbarten Zeichenkombinationen zu arbeiten und die Holundermarkkügelchen durch elektrische Funkenüberschläge zu ersetzen.

Als einer der ersten ernsthaften Versuche zur Verwirklichung der e. T. kann der elektrochemische Telegraf (1809) *S. T. Sömmerings* ↑ angesehen werden (Anzeige durch aufsteigende Gasbläschen bei elektrolytischer Wasserzersetzung). Er war jedoch, obwohl bei Demonstrationen 3 km überbrückt wurden, für einen praktischen Einsatz (je Zeichen 1 Draht!) nicht geeignet.

Die Entwicklung der e. T. auf der Grundlage elektromagnetischer Erscheinungen setzte bald nach den Entdeckungen *H. Ch. Oersteds* ↑ ein. 1833 schuf *P. v. Schilling* ↑ einen Telegrafen, bei dem die Zeichengebung durch Auslenkung von 5 bzw. 6 Magnetnadeln nach einem vereinbarten Code erfolgte. Im gleichen Jahr benutzten *C. F. Gauß* ↑ und *W. E. Weber* ↑ einen Nadeltelegrafen, der mit einer je nach Stromrichtung nach verschiedenen Seiten ausgelenkten Magnetnadeln auskam.

Den ersten Telegrafen, der die Zeichen dauerhaft niederschrieb, entwickelte um 1835 *C. A. Steinheil* ↑. Dabei fand er, daß eine Leitung durch das Erdreich ersetzt werden konnte. Bes. Verbreitung fand der Telegraf von *S. F. B. Morse* ↑ (1837), für den 1840 das Patent erteilt wurde. Doch verstrichen mehrere Jahre, ehe die ersten Telegrafenlinien mit »Morseapparaten« ausgerüstet wurden.

Telegrafen, die ohne Code auskamen und daher von Laien bedient werden konnten, waren die sogenannten Zeigertelegrafen, z. B. der Zeigertelegraf von *Ch. Wheatstone* ↑ (1840) und der verbesserte Zeigertelegraf von *Werner Siemens* ↑.

In der 2. Hälfte des 19. Jh. waren die Bestrebungen vor allem auf schnellere Übertragung und bessere Ausnutzung der Leitungswege gerichtet. *E. Baudot* ↑ entwickelte 1873/74 ein Zeitmultiplexverfahren, das es ermöglichte, über eine Leitung gleichzeitig mehrere voneinander unabhängige Nachrichten zu übertragen. *Wheatstone* benutzte zur Erhöhung der Telegrafiergeschwindigkeit einen Lochstreifen auf der Senderseite und einen trägheitsarm arbeitenden Empfänger, während *D. E. Hughes* ↑ im Drucktelegrafen (1855) einen Vorläufer des späteren Fernschreibers schuf. 1877 stellte *Baudot* einen Drucktelegrafen vor.

1915/20 wurden Tastenschnelltelegrafen nach dem Springschreiberprinzip entwickelt, aus denen sich die modernen Fernschreibmaschinen ableiten. Nach 1930 wurde in mehreren Ländern mit dem Ausbau von Fernschreibnetzen begonnen, um 1932 das TELEX-System mit Selbstwählbetrieb entwickelt (erste öffentliche TELEX-Linie 1933 zwischen Berlin und Hamburg in Betrieb genommen).

Für die e. T. wurden anfänglich Freileitungen benutzt. Die unterirdische Verlegung (Versuche, Gewässer zu unterqueren, ab 1840) konnte sich erst durchsetzen, nachdem das Problem der Isolation gelöst war. Hierbei leisteten *W. Siemens* und *G. Halske* ↑ durch die Erfindung der Guttaperchapresse (1846) einen wichtigen Beitrag.

Das erste bedeutende Unterseekabel war das Kabel Dover–Calais (1850). Versuche mit Transatlantikkabeln begannen 1857, führten aber erst 1866 zu dauerndem Erfolg. 1869 wurde der Bau der längsten Telegrafenlinie (London–Kalkutta, 18000 km) beendet, 1900 das Kabel Emden–Azoren–New York in Betrieb genommen.

Teppich: Älteste Zeugnisse für T. sind ägyptische Funde aus dem 2. Jahrtausend v. u. Z. Andere Quellen vermuten, daß T. von den Nomaden Zentralasiens noch früher benutzt wurden. T. dienten zunächst als Wandbekleidung, als Verschluß von Tür- und Fensteröffnungen oder zum Bedecken der Lagerstatt u. ä. Erst in neuer Zeit finden T. als Fußbodenbelag Verwendung. Im 15. bis 18. Jh. stand die T.kunst des Vorderen Orients durch Ausfuhr nach Europa in Blüte. Seit in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts T. maschinell gefertigt wurden, verbreitete sich die T.weberei über Europa.

Thermoelement: Nach der Entdeckung des thermoelektrischen Effekts durch *T. J. Seebeck* ↑ 1821 benutzte *G. S. Ohm* ↑ als erster 1826 ein Thermoelement als Spannungsquelle. *L. Nobili* schuf 1833 die thermoelektrische Batterie und benutzte sie zur Temperaturmessung, während *M. Melloni* ↑ als erster damit die Wärmestrahlung untersuchte und *H. L. Le Chatelier* das Thermoelement ab 1887 als Pyrometer verwandte. Das Halbleiter-T. wurde bes. durch *A. F. Ioffe* ↑ und seine Schüler ab 1929 entwickelt und sein Wirkungsgrad ständig verbessert.

Thermometer: Bereits *Philon* ↑und *Heron* ↑ gaben um 200 bis 100 v. u. Z. Thermoskope an, deren Wirkungsweise auf der Ausdehnung bzw. Zusammenziehung der Luft bei Temperaturänderungen beruhte. Diese verbesserten *C. v. Drebbel* ↑ (1608), *G. Galilei* ↑ (um 1610) und *O. v. Guericke* ↑ (um 1650). Die ersten Alkohol- und Quecksilber-T. mit willkürlichen Skalen wurden um 1660 von der »Academia del Cimento« in Italien gebaut, die Erfinder blieben anonym. Von allgemeinen Forderungen nach Vergleichbarkeit der Temperaturen angeregt, benutzte 1720 *G. D. Fahrenheit* ↑ die Temperatur einer Kältemischung, die Schmelztemperatur des Eises und die Bluttemperatur als Fixpunkte, während *R. A. F. Réaumur* ↑ 1730 dafür die Schmelztemperatur des Eises und die Siedetemperatur des Wassers verwandte.

1742 führte *A. Celsius* ↑ die hundertteilige Skale mit den gleichen Fixpunkten ein. Erste Hinweise auf die Existenz eines absoluten Nullpunktes kamen von *G. Amontons* ↑. 1854 wurde, ausgehend von *Gay-Lussacs* Gesetz, von *W. Thomson* ↑ die absolute Temperaturskale in die Physik eingeführt und die thermodynamische Festlegung der Temperatur vorgeschlagen, die sich aber erst am Anfang des 20. Jh. durchsetzte.

Auf die ungleichmäßige Ausdehnung der Thermometerflüssigkeit, bes. des Alkohols, wies als erster *Amontons* hin. Er konstruierte 1703 ein Luftthermometer, das *L.-J. Gay-Lussac* ↑ 1833 u. a. verbesserte und das *P. v. Jolly* ↑ 1874 in die heute gebräuchliche Form brachte. Das Maximum-Minimum-T. erfand 1782 *J. Six, D. Rutherford* verbesserte es 1794.

Die Kapillare bei Fieber-T. führte 1864 *H. Geißler* ↑ ein. Pyrometer zur Bestimmung von Flammen- bzw. Ofentemperaturen gaben u. a. *J. Wedgwood* ↑ (1782) und *H. Seger* ↑ an. Schon *T. J. Seebeck* ↑ erkannte 1821, daß Thermoelemente zur Temperaturmessung (Bolometer ↑) benutzt werden können.

Das Widerstands-T. für Fernmessungen erfand 1860 *William Siemens* ↑, der es für hohe Temperaturen (Pyrometer) 1869 mit einem Platindraht als Meßfühler ausstattete.

Thermosgefäß: wurde 1881 von *Weinhold* erfunden und 1890 von dem Chemiker *J. Dewar* ↑ (1842 bis 1923) durch Einführung der Innenverspiegelung verbessert.

Thyristor: Der T. wurde ab 1960 als steuerbares Stromrichterelement aus Halbleiter-Leistungsdioden entwickelt. Er erlangte wegen seiner Vorzüge (u. a. geringe Abmessungen, geringe Steuer- und Verlustleistung) schnell Bedeutung und hat mit Schaltleistungen bis in den MW-Bereich die bisher üblichen Stromrichterelemente (z. B. Gasentladungsröhren) weitgehend abgelöst.

Tiefbohren: entwickelte sich als Hauptverfahren zur Erkundung nutzbarer Mineralien seit dem 18. Jh. Zuerst kamen die verschiedenen Arten des Stoßbohrens auf, um 1750 als erstes dieser Verfahren das Gestängeschlagbohren, mit dem Bohrtiefen bis 100 m, in Ausnahmefällen bis zu 200 m, erreichbar waren. Nachteile, die sich vor allem aus der starken Belastung des Gestänges ergaben, versuchten zahlreiche Verbesserungen zu beheben, so die 1834 von dem deutschen Bergingenieur *K. v. Oeynhausen* ↑ entwickelte sogenannte Rutschschere, mit der eine Entlastung des oberhalb der Schwerstange befindlichen Gestänges erreicht wurde. In den Jahren nach 1840 kamen verschiedene Arten von Freifallgestängen auf, so 1844 in England der Freifallbohrer von *M. Kind* und 1848 der Bohrer von *Fabian.* Mit diesen Bohrgeräten erreichte man damals Tiefen bis zu 200 m; die maximal durch Stoßbohren erreichbare Tiefe liegt bei 700 m. Zur Entfernung des Bohrschmandes benutzte man schon bei diesen Verfahren das 1815 zuerst in Europa angewendete Bohrlochspülverfahren mittels Wasserstrahls, das für die Wirksamkeit der später entwickelten Drehbohrverfahren eine grundlegende Voraussetzung darstellt. Parallel zu den genannten Stoßbohrverfahren gewann bes. in der 2. Hälfte des 19. Jh. das Seilbohren wachsende Bedeutung. Dieses erst 1827 in Europa bekannt gewordene Bohrverfahren wurde in China bereits v. u. Z. entwickelt. Trotz der einfachen Apparatur gelangen in der Zeit vom 14. bis 17. Jh. Tiefbohrungen bis 1000 m auf Wasser und Sohle. Ein Bohrloch dieser Tiefe hatte am oberen Rand einen Durchmesser von etwa 25 cm und an seiner tiefsten Stelle einen solchen von etwa 12 cm. Die Bohrzeit für diese Tiefe lag zwischen 2 und 5 Jahren.

Das Seilbohren wurde bes. in den USA weiterentwickelt und wird mit Schwengelantrieb noch heute verwendet (Pennsylvanisches Bohren). Es ermöglicht die Herstellung annähernd lotrechter Bohrungen und eignet sich für Bohrtiefen bis 1200 m. Ein Nachteil des Seilbohrens, das schwierige Umsetzen des Bohrers, war ein Anlaß zur Entwicklung der zweiten Gruppe von Verfahren zum T., den mit rotierendem Bohrer arbeitenden Verfahren (Drehbohrverfahren). Bereits 1864 hatte der Franzose *G. Leschot* die Idee zur Konstruktion eines mit Diamantkrone versehenen Hohlbohrers für hartes Gestein. Eine damit ausgerüstete Drehbohrmaschine zum Bohren waagerechter Sprenglöcher, konstruiert von *de la Roche Tolay,* wurde 1867 erstmals in Paris vorgeführt. Eine nach dem gleichen Prinzip arbeitende Maschine zum T. unter gleichzeitiger Wasserspülung des Bohrlochgrundes wurde dann von *Wirth* gebaut. Im Zuge der Entwicklung des Drehbohrens entstanden schon nach 1860 in den USA die ersten Bohrtürme, mit denen es in der Folge möglich wurde, Tiefbohrungen bis zu 1000 m durchzuführen. Die Entwicklung der Kernbohrmaschine begann in den USA. Nach anfangs nur sehr unvollkommenen Maschinen konnten später z. B. mit der von dem Schweden *Craelius* erfundenen Kernbohrmaschine Tiefen bis zu 600 m erreicht werden. Das wegen seiner vielseitigen Verwendbarkeit auch zum Kernbohren bes. wichtige Rotary-Verfahren wurde gegen Ende des 19. Jh. zu hoher technischer Vollkommenheit entwickelt. Es wurde 1901 erstmals in Texas zum Niederbringen einer Erdölbohrung verwendet und setzte sich schnell auch in anderen Ländern für diesen Zweck oder für Schürfbohrungen großer Tiefe durch. Mit dem Rotary-Verfahren lassen sich

Bohrungen auch auf einer Bohrinsel im Wasser durchführen. Bohrungen bis 6000 m Tiefe sind möglich.

Von größter Bedeutung für das moderne T. wurde die Erfindung des Turbinenbohrers durch *M. A. Kapeljuschnikow* ↑ (1922). Das Turbinenbohren bewies beim Schürf- und Gewinnungsbohren gleichermaßen seine Leistungsfähigkeit. Noch vor 1939 begannen auch die USA, in ihrer Erdölindustrie solche Bohrer einzusetzen. Durch die Entwicklung eines Mehrstufenbohrers 1939 in der UdSSR (*P. P. Schumilow* u. a.) wurde eine weitere Verbesserung dieses Aggregats erzielt. Das Turbinenbohren stellt allerdings nur eine Übergangslösung dar und wird immer mehr durch das Elektrobohren abgelöst. Den ersten Elektrobohrer konstruierten 1938 in der UdSSR *A. P. Ostrowski* und *P. W. Alexandrow.* Das Elektrobohren ist eine moderne Form des Schlagbohrens. Dabei stößt ein Bohrhammer entsprechend der Frequenz des zugeführten Stroms und wird dabei gleichzeitig gedreht. Der Elektrobohrer wird inzwischen in mehreren Ländern, z. B. in Venezuela, verwendet. In der UdSSR hat sich das Elektrobohren beim Bohren nach Erdöl bereits weitgehend gegenüber dem Turbinenbohren durchgesetzt.

Tieftemperaturphysik: Bis zum Anfang des 19. Jh. wurde durch die Entdeckung der Gasgesetze und erste Gasverflüssigungen mit tiefen Temperaturen (*L. Clouet* und *G. Monge* ↑, 1780) die Grundlage für die Entwicklung der T. gegeben. Ab 1870 bildete sich unter dem Einfluß *C. v. Lindes* ↑ die wissenschaftlich fundierte Kältetechnik aus (u. a. Nutzung des 1853 entdeckten Joule-Thomson-Effekts), deren Erfolge in der labormäßigen Verflüssigung aller Gase (*L. P. Cailletet* ↑ 1877, *S. Worblewski* und *K. Oszewski* 1883, *J. Dewar* ↑ 1898, *H. Kamerlingh-Onnes* ↑ 1908) und im industriellen Bau von Kaltdampfmaschinen und Luftverflüssigungsanlagen (*Linde* und *W. Hampson* ab 1895) sowie in der industriellen Gewinnung von Sauerstoff und Stickstoff durch *Linde* ab 1902, ferner in der Einführung des Linde-Frank-Caro-Verfahrens für die Zerlegung von Wassergas ab 1910 zur Wasserstoffgewinnung bestehen. Ab 1920 wurden die durch die Tieftemperaturzerlegung gewonnenen Gase zunehmend in der Produktion verwandt. Die von *Kamerlingh-Onnes* 1908 erzielte Heliumverflüssigung, die Entdeckung der Supraleitfähigkeit ↑, das von *P. J. Debye* ↑ 1926 angegebene Verfahren der adiabatischen Entmagnetisierung und der 1933 gefundene Meißner-Ochsenfeld-Effekt sind weitere Erfolge der T.

1933 wurden Temperaturen unterhalb 0,05 K erreicht, 1951 bis 0,0014 K, 1959 durch adiabatische Kernentmagnetisierung $1 \cdot 10^{-6}$ K. 1938 prägte *P. L. Kapiza* ↑ an Hand von Viskositätsexperimenten den Begriff der Suprafluidität. Die Theorie der Suprafluidität wurde 1935 durch *W. H. Keesom,* 1941 durch *L. D. Landau* ↑ und 1949 durch *Onsager* weiterentwickelt. 1955 wurden *Landaus* Theorien experimentell bestätigt. Ab 1946 nahm durch die Serienproduktion eines billigen Heliumverflüssigers die Zahl der Tieftemperaturforschungen sprunghaft zu. Ab 1958 wurde der Peltier-Effekt in Kleinkälteanlagen eingesetzt.

Tiegelstahlverfahren: Nach 1740 gelang *B. Huntsman* ↑ eine entscheidende Verbesserung der mangelhaften Stahlqualität durch Umschmelzen von Roh- und Schmiedeeisen in abgeschlossenen Tontiegeln zum sog. Tiegelstahlguß. Das Produkt wurde hauptsächlich für hochwertige Instrumente und Werkzeuge verwendet. Durch zunehmende Beherrschung der metallurgischen Prozesse ist das T. heute nur noch in Anwendung, wo bes. hochwertiger Stahl verlangt wird (Meßzeuge, medizinische Instrumente).

Tinte: Als T. verwendete man im Altertum eine Mischung von Ruß oder anderen Körperfarben in Gummilösung oder einem anderen Bindemittel (in China und Ägypten um 3500 v. u. Z.). Schon Jahrhunderte v. u. Z wurde mit der Erfindung der Eisengallustinte ein wesentlicher Fortschritt auf dem Gebiet der T.nherstellung erzielt.

Durch die Entwicklung der Alizarintinten (*Leonhardi,*1855) konnte die bis dahin trübe Gallus-T. als klare Flüssigkeit hergestellt werden. Sie gehört als Urkundentinte zu den beständigsten T.narten.

Tischrechenmaschine: Der Abakus, in einigen Gebieten auch heute noch benutztes Rechenhilfsmittel, war bereits um 1000 v. u. Z. bekannt. Er und das Rechenbrett blieben bis um 1600 die einzigen mechanischen Rechenhilfsmittel. Die ersten T., zunächst Addiermaschinen, wurden 1623 von *W. Schickardt* ↑ und

1645 von *B. Pascal* ↑ gebaut. 1674 gelang *G. W. v. Leibniz* ↑ die Erweiterung zur 4-Spezies-Maschine durch Einführen des verschiebbaren Zählwerkschlittens und der Staffelwalze. Das Sprossenrad wurde 1709 von *Poleni* erfunden. Die ersten wirklich gebrauchsfähigen Geräte wurden 1726 von *Braun* und ab 1770 von *Ph. M. Hahn* gebaut. Ab 1818 fertigte *Thomas* ein Arithmometer in Serienproduktion. Verbreitung erlangte später die Sprossenradmaschine von *W. T. Odhner* (1874 vorgeführt, ab 1886 in hohen Stückzahlen produziert). Ablaufautomatisiert wurde die Multiplikation von *P. L. Tschebyschow* ↑ und 1905 durch *Haman,* die Divison 1908 nach einem von *Rechnitzer* 1902 angegebenen Prinzip. Auf dieser Grundlage beruhen zahlreiche in der ersten Hälfte des 20. Jh. entstandene mechanische und elektromechanische T.

Nach 1950 setzten sich zunehmend elektronische Bauelemente und Baugruppen auch bei T. durch. Diese elektronischen T. haben wegen ihrer bedeutend erweiterten Anwendungsmöglichkeiten mechanische und elektromechanische T. nahezu völlig verdrängt. Seit Anfang der 70er Jahre stehen elektronische Taschenrechner zur Verfügung, die Aufgaben der T. übernehmen können.

Titan: 1789 entdeckten *W. Gregor* und *M. H. Klaproth* ↑ unabhängig voneinander das T. *J. J. Berzelius* ↑ stellte es erstmalig als Metall dar (1825). Die Gewinnung erfolgt durch Reduktion von T.chlorid mit Magnesium im Lichtbogen unter Vakuum oder Schutzgas. Das Verfahren beruht auf einer 1910 von *A. Hunter* angegebenen Methode, die 1937/39 von *W. Kroll* weiterentwickelt und im zweiten Weltkrieg in den USA zur Betriebsreife geführt wurde. Daneben entwickelten *A. E. van Arkel* und *J. H. de Boer* 1927 ein Verfahren, das auf der Zerlegung des T.jodids bei hohen Temperaturen beruht und sehr reines T. liefert.

T. und seine Legierungen haben technische Bedeutung gewonnen, nachdem man die wertvollen Eigenschaften als hochschmelzendes Metall niedriger Dichte und guter Festigkeitswerte erkannt hatte. Es wird in der Raumfahrt, der Flugzeugindustrie und für Kernreaktoren meist in Form von Legierungen angewendet.

Tonfilm: Erste Versuche zum T. wurden noch im 19. Jh. unternommen, u. a. durch *T. A. Edison* ↑, der mehrere Phonographen zum Abspielen des Begleittons hinter der Projektionsfläche aufstellte. Dieses Prinzip wurde durch *O. Meßter* ↑ unter Benutzung von Schallplatten weitergeführt. 1903 zeigte *Meßter* erste Kurztonfilme, doch erlangte seine Methode wegen der zu geringen erreichbaren Lautstärken nur geringe Bedeutung. Im gleichen Jahr erhielt *I. L. Poljakow* in Rußland ein (ebenfalls nicht realisierbares) T.patent.

Nach Entwicklung der Elektronenröhre und der Verstärker erlangte der Nadel-T. mit Schallplatten und Wiedergabe über Lautsprecher vorübergehend Verbreitung.

Ein bei allen derartigen Versuchen nicht befriedigend zu lösendes Problem war das des Synchronismus zwischen Bild und Ton. Bereits um die Jahrhundertwende versuchte man daher, Bild *und* Ton auf dem Filmstreifen unterzubringen und so eine Zwangssynchronisierung zu erreichen. Von zahlreichen Vorschlägen behaupteten sich nur zwei: das Lichttonverfahren (Beleuchtung eines lichtelektrischen Wandlers im Rhythmus der Schallschwingungen durch eine Tonspur am Rande des Filmstreifens) und das Magnettonverfahren (eine oder mehrere magnetisierte Tonspuren am Bildrand). Beide Verfahren wurden damals ebenfalls untersucht, konnten aber erst nach Entwicklung der Verstärkertechnik Bedeutung erlangen.

Bes. Bedeutung erlangte (u. a. nach Versuchen von *E. Ruhmer* und *E. A. Lauste*) das von *J. Masolle, Jo Engl* und *H. Vogt* ↑ entwickelte Triergonverfahren (ab 1919). 1921/22 zeigte das Kollektiv erstmals längere Tonfilmstreifen nach dem Lichttonverfahren, fand aber keine finanzielle Unterstützung und mußte seine Rechte einer Schweizer Firma verkaufen, die sie wiederum an eine amerikanische Firma veräußerte. Neben »tönenden« Wochenschauen kamen bald erste Tonfilme auf den Markt. In Europa fand der Tonfilm um 1929 Eingang (»Der blaue Engel«).

Nach 1945 erlangten die Magnettonverfahren zunehmend Verbreitung. Sie ermöglichten auch die Anwendung mehrerer Kanäle für besondere Ton- und Klangeffekte sowie für stereofone Wiedergabe.

Tonröhre (zur Dränage): Herstellung und Verwendung von T. waren schon den Römern

bekannt, gerieten jedoch wieder in Vergessenheit. *Smith* aus Deanston (England) verwendete als erster wieder Tonröhren zur Dränage statt unterirdischer Kanäle oder Faschinen. Die ersten Strangpressen zur Herstellung von T. entwickelten *Ainslie* in Redheugh und *Parker* 1843.

In wenigen Jahren, bes. nach der Weltausstellung 1851 in London, verbreitete sich die T.ndränage über ganz Europa.

Torkretbeton (Spritzbeton): wird mit einer Betonspritzmaschine durch Druckluft an die Verwendungsstelle befördert und durch eine Düse gegen die Schalung oder gegen schon bestehende Bauteile gespritzt. T. ist ein hochverdichteter Beton mit sehr dichtem Gefüge, der bes. druck- und zugfest, wasserdicht und widerstandsfähig gegen aggressive Wässer ist. Mit der Einführung massiver Schalenkonstruktionen (Schalen, Faltwerke, Kuppeln usw.) um 1920 kam der T. erstmals zur Anwendung.

Traglastverfahren: Die ersten Vorschläge für die Berechnung von Stahlbetonkonstruktionen nach dem T. gehen in die 20er Jahre zurück und wurden von *F. Stüssi* (Schweiz), *A. F. Loleit* (UdSSR), *M. Mayer* (Deutschland), *R. Saliger* (Österreich) u. a. unterbreitet. Als erstes Land führte 1938 die UdSSR das T. ein. Es folgten Österreich 1953, die USA 1956. In der DDR wurde das T. gleichberechtigt neben dem n-Verfahren eingeführt und ist seit 1962 verbindlich.

Traktor: Die Ursprünge gehen auf mobile Dampfmaschinen zurück. Eine frühe Entwicklung des Gleiskettenantriebs in Rußland, wo *L. A. Sagrashski* 1837 das erste Patent erteilt wurde, führte zum selbstfahrenden T. *F. A. Blinows* 1880. Nachdem einsatzfähige Verbrennungsmotoren zur Verfügung standen, wurden sie vorzugsweise in sogenannte Motortragpflüge (z. B. der von *R. Stock,* 1909 in Berlin) und bei der Motorfräse, die in diesem Fall mit einem aufgebauten Motor verbunden war, eingesetzt; die Kombination Motor/Fräse bewährte sich jedoch nicht.

Die Herausbildung eines variabel einsetzbaren T. mit Verbrennungsmotor begann in Rußland mit dem 1911 von *J. W. Mamin* einzeln hergestellten 25-PS-Dieselt. (18,4 kW). Bahnbrechend wurde die von *H. Ford* ↑ 1917 in den USA geschaffene Selbsttragebauweise des »Fordson«, während bei zahlreichen Konstruktionen auf einem Rahmen alle Bauelemente nebeneinander aufgebaut waren, z. B. beim »Waterloo Boy«, einem Zwei-Zylinder-Motor ohne Verkleidung von *J. Deere* ↑ 1918. USA-Traktoren wurden meistens mit Kerosin betrieben. 1909 entwickelte eine Motorenfabrik bei München die ersten Vorläufer deutscher Dieselt. *Huber* schuf 1921 im ersten Lanz-Bulldog (12-PS-Einzylinder-Zweitakter mit Glühkopfzündung, 8,8 kW) den Prototyp des robusten und billigen Rohöl-Ackerschleppers.

Mit weiteren Bauteilen, wie dem Riemenscheibenantrieb (1920), der Zapfwelle zur besseren Kraftübertragung auf die gezogenen Geräte (1925), dem Anbaumähwerk (1927) wurde der T. universell einsetzbar. Ein großer Schritt in diese Richtung wurde mit dem Übergang zur Luftbereifung nach 1930 vollzogen; 1936 führte *H. Ferguson* in den USA die Dreipunkt-Aufhängung der Anbaugeräte in Verbindung mit dem hydraulischen Kraftheber ein; das war der entscheidende Schritt zur Einmannbedienung von T. und Gerät.

Frühzeitig wurde an einer automatischen Lenkung gearbeitet; 1934 erprobte der Australier *M. Knight* mechanische, elektrische und elektro-hydraulische Verstärker, um die Kopiereinrichtung zu verstärken. In Lettland (UdSSR) ließ 1956 *A. F. Garanin* zwei T. elektropneumatisch von einer Person lenken.

Um 1950 entwickelte sich als neue Konstruktion der Bau von leichten Geräteträgern; einige Länder, wie UdSSR und Schweden, auch die DDR, schufen schwere Maschinenträger, auf die verschiedene Erntemaschinen aufgebaut werden sollten.

Neben dem Rad-T. behauptete sich der Gleisketten-Schlepper wegen des geringeren Bodendrucks; vielfach, wie z. B. in Minsk, wurden die Gleisketten konstruktiv verbessert als sogenannte Luftkissen-Raupen (um 1966).

Weitere Versuche und Verbesserungen galten alternativen Antrieben und Betriebsstoffen, wie Holzgas 1936 (Lanz), Flüssigstickstoff in Australien, USA und Schweiz 1971, elektrischer Antrieb in Schweden und in der UdSSR nach 1920, Elektroantrieb über Brennstoffzellen in den USA (1964).

Transformator: Vorstufen des T. wurden als voneinander getrennte Spulen auf einem

Eisenring bereits von *M. Faraday* ↑ für Induktionsversuche benutzt. Auch in Funkeninduktoren wurde das T.prinzip angewandt.

Die ersten T. für die Energieverteilung wurden von *Goulard* und *Gibbs* 1884 beschrieben und 1885 in die Praxis eingeführt. Mit der Entwicklung der Wechselstromtechnik ↑ gewann der T. rasch an Bedeutung und wurde noch im 19. Jh. als Öl-T. ausgeführt.

Transistor: Bereits 1924 versuchte *O. W. Lossew* ↑, den Kristalldetektor für die Schwingungserzeugung und für die Verstärkung zu nutzen. Jedoch erlangten seine sowie die Arbeiten anderer zunächst keine Bedeutung.

Der T. ging aus Arbeiten zur Entwicklung von Höchstfrequenzgleichrichtern auf Halbleiterbasis hervor, die vor allem nach 1940 durchgeführt wurden. Der T. wurde, zunächst als Spitzen-T., 1948 von *J. Bardeen* ↑, *W. H. Brattain* ↑ und *W. Shockley* ↑ erfunden. Noch im gleichen Jahr wurde der erste mit T. bestückte Funkempfänger vorgeführt.

Der Spitzen-T. wurde bald vom Flächen-T. abgelöst, der heute ausschließlich angewendet wird. Das Streben zu größerer Leistung und höheren Grenzfrequenzen führte zur Entwicklung mehrerer Bauformen, von denen sich etwa ab 1960 Planar- und Epitaxial-T. bes. bewährten. An die Seite dieser Bipolar-T. trat etwa seit 1965 der Unipolar-T. (Feldeffekt-T.), dessen Vorläufer bereits 1928 patentiert worden waren, aber noch nicht ausgeführt werden konnten.

Transportbeton: Anfänge für die Verwendung von T. liegen um 1922; nach 1945 wurde T. verstärkt eingesetzt. Die Gründe sind die Vorzüge stationär hergestellten Betons: hohe und gleichmäßige Güte einschließlich labormäßiger Überwachung, Einsparung von Mischanlagen sowie Lager- und Umschlagkapazitäten auf der Baustelle, Herstellung von Warmbeton und Automatisierung einer T.anlage.

Aufbereitung des T. in programmgesteuerten (mehrere Betongüten möglich) T.werken als werkgemischter T. (Mischanlage nach meist vertikalem Prinzip – Mischturm, Transport mit Spezialfahrzeugen mit Trommel-, Muldenaufbau und Rührwerk-Agitatoren) oder fahrzeuggemischter T. (Dosieranlage, Transport der trockenen Betonkomponenten, Mischen nach Wasserzugabe auf Fahrt oder Baustelle in Fahrmischern).

Trinkwasseraufbereitung: Die einfachste Form der T. als Auswahl zwischen mehreren Wasserarten ist seit der Steinzeit bekannt (in Fels gehauene Gänge zur Quellwasserfassung bzw. Niederschlagssammlung in künstlichen oder natürlichen Zisternen). Mit steigendem Wasserbedarf setzt die Verwendung ungeklärten Fluß- oder Brunnenwassers bei teilweise erstaunlicher Wasserversorgungstechnik (Wasserleitungen der Antike über mehr als 100 km Entfernung mit Höhenunterschieden bis zu 200 m, Pumpensysteme als »Wasserkünste« um 1400) ein.

Anfänge der echten T. erfolgten erst nach Einführung der zentralen Wasserversorgung (Anfang bis Mitte des 19. Jh.). Moderne T. hat sich schrittweise Ende des 19./Anfang des 20. Jh. parallel zur technischen und wissenschaftlichen Entwicklung durchgesetzt.

Die moderne T. umfaßt je nach Qualität des Rohwassers u. a. folgende Einzelprozesse: Entsäuerung, Enteisenung, Entmanganung, Entsalzung, Enthärtung, Schönung (Beseitigung ungefährlicher, aber störender Trüb- und Geruchsstoffe), Flocken, Klären, Entkeimung, Fluoridisierung, Entgasung, Entkieselung. Die Verfahren der T. sind soweit entwikkelt, daß heute Trinkwasser aus Abwasser technisch herstellbar ist (z. Z. jedoch noch unwirtschaftlich).

Die T. aus Meerwasser wird in einigen Ländern (z. B. UdSSR, USA) bereits durchgeführt. Auch auf modernen Seeschiffen ist die T. aus Meerwasser verbreitet.

Triphenylmethanfarbstoffe: Diese Verbindungsklasse innerhalb der Teerfarbstoffe ↑ begann ihre Entwicklung mit dem 1858 von *Verguin* entdeckten Fuchsin. Bekannte Farbstoffe wie das Anilinblau, Kristallviolett oder Malachitgrün gehören in diese Farbstoffgruppe.

Die 1874 von *A. v. Baeyer* ↑ entdeckten Phthaleine, deren wichtigster Vertreter das Phenolphthalein ist, haben keine Bedeutung als Färbemittel im Gegensatz zu den wertvollen Rhodaminen, Phthaleinderivaten mit leuchtend fluoreszierendem Farbton. Ebenfalls zur Gruppe der T. gehören die Xanthenfarbstoffe, die z. T. in der Fotografie zur Sensibilisierung fotografischer Schichten Bedeutung erlangt haben.

Trockenmauerwerk: Feldsteinmauerwerk aus aufgeschichteten unbearbeiteten Steinen (Le-

sesteine, Findlinge) mit Ausgleich durch Erde oder Lehm und seine frühesten Anwendungen für Umfriedungen (Wall), Befestigungsanlagen, Sockelzonen für Hütten und Häuser. Heute wird es nur noch in der Landschafts- und Gartengestaltung angewendet.

Bruchsteinmauerwerk aus wenig bis stark bearbeiteten, plattig oder polygonal angeordneten Natursteinen war eine Frühform des entwickelten Steinbaus und später als Primitivform im Gebiet antiker Mittelmeerkulturen (z. B. Mykene, 2. Jahrtausend v. u. Z.) verbreitet.

Tscherenkowzähler: 1934 entdeckten *P. A. Tscherenkow* ↑ und *S. I. Wawilow* ↑ den nach ihnen benannten Effekt. *I. M. Frank* ↑ und *I. J. Tamm* ↑ bewiesen 1937, daß die beobachtete elektromagnetische Strahlung durch geladene Teilchen hervorgerufen wird, die sich in durchsichtigen Körpern mit einer Phasengeschwindigkeit größer als die des Lichts bewegen. Damit konnte auch die Beobachtung *Tscherenkows* erklärt werden, daß die Strahlung in einem Kegel um die Achse der Teilchenbahn ausgestrahlt wird. Ab 1940 wurde daraus der T. entwickelt, mit dem Geschwindigkeit und Energie schnell bewegter Teilchen bestimmt werden.

Turbinenschiff: Als neuartiger Schiffsantrieb wurde nach 1890 die Dampfturbine ↑ interessant. Einer ihrer Erfinder, der Engländer *Ch. Parsons* ↑, war maßgeblich am Bau des ersten T., der »Turbinia«, beteiligt. Sie wurde 1897 in Dienst gestellt und erreichte mit 34,5 Knoten eine für damalige Verhältnisse beachtliche Geschwindigkeit. Der Turbinenantrieb setzte sich in der Folgezeit vor allem bei großen Hochseeschiffen durch, wobei einer der Vorteile dieser Antriebsart, ihr geräuscharmer Lauf, sie bes. für Fahrgastschiffe empfahl. Bei dem 1956 in Dienst gestellten amerikanischen Frachtschiff »John Sergeant« wurde erstmals eine Gasturbinenanlage als Hauptmaschine verwendet (Gasturbine ↑). Der Gasturbinenantrieb konnte sich bisher noch stärker durchsetzen und fungiert vor allem als Zusatzaggregat für Hochgeschwindigkeitsfahrt. Durch die Verwendung von Kernreaktoren als Energiequelle (Atomantrieb) in Schiffen scheint sich eine neue Entwicklungsphase des T. anzubahnen, bei der auch die Dampfturbine als Antriebsaggregat zu neuer Bedeutung gelangen könnte. 1955 wurde das amerikanische Atom-U-Boot »Nautilus« in Dienst gestellt, 1959 folgte als erstes Großschiff der sowjetische Atomeisbrecher »Lenin« und bald darauf der Erzfrachter »Otto Hahn« der BRD. Der Kernenergieantrieb hat sich in der Handelsschiffahrt bisher noch nicht im erwarteten Maß durchsetzen können. Trotzdem werden seine Zukunftsaussichten heute allgemein als günstig eingeschätzt.

Turmtropfkörper: wurde von *Schulz* nach 1950 entwickelt. Er stellt einen hochbelasteten Tropfkörper mit hoher Oberflächenbeschikkung dar und weist ein Verhältnis von Höhe zu Durchmesser von 6:1 auf. Vorteilhaft ist die lange Kontaktzeit des Abwassers mit dem Füllmaterial, nachteilig die Reinigung des T. und der hohe Energieverbrauch.

U

Uhr: In der Ur- und Sklavenhaltergesellschaft diente anfangs ein schattenwerfender vertikal in die Erde gesteckter Stab (Gnomon) zur Tageseinteilung, später die Sonnenuhr. Sie ist seit nahezu 5000 Jahren in Gebrauch (China, Vorderer Orient), fand in Ägypten ihre Vollendung (um 1450 v. u. Z.) und wurde später auch als »Taschen-U.«, mitunter kombiniert mit einem Kompaß, gefertigt. Daneben existierten Auslaufwasseruhren (Klepsydra genannt, schon um 650 v. u. Z. bekannt) und Einlaufwasseruhren, von denen die des Alexandriners *Ktesibios* ↑ (um 250 v. u. Z.) schon mit einer Stundeneinteilung versehen war. Ab 15. Jh. wurden Sanduhren benutzt. *Gerbert von Aurillac* gilt als Erfinder der Räder-U. (um 950). Die erste Räder-U. in Deutschland (Erfurt) wurde 1304 nachgewiesen.

Pendel-U. wurden unabhängig voneinander von *Galileis* Sohn *Vincenzo, Ch. Huygens* ↑ und *J. Bürgi* um 1660 ausgeführt. U. mit Triebfedern stellte *P. Henlein* ↑ u. a. um 1510 her; um 1670 ersetzten *Huygens* ↑ und *R. Hooke* ↑ die Borstenfeder als Unruhe durch eine stählerne Spiralfeder.

Erste elektrische U. verschiedener Konstruktion gaben um 1840 *Ch. Wheatstone* ↑, *C. A. Steinheil* ↑, *A. Bain* ↑ u. a. an. 1934 bauten *A. Scheibe* und *U. Adelsberger* die erste

brauchbare Quarzuhr, *Cleeton* und *Williams* die Ammoniakmolekühluhr. *I. I. Rabi* wies 1945 auf die Verwendung von Atomschwingungen als Zeitnormale hin.

Quarzuhren für den täglichen Gebrauch wurden durch die Mikroelektronik (»Uhrenschaltkreise«) ermöglicht. Sie kamen etwa 1970 auf den Markt, stehen mit analoger oder digitaler Anzeige als Wohnraum-, Weck-, Armband-U. usw. zur Verfügung und gewinnen gegenüber mechanischen U. rasch an Verbreitung.

Ultraschallbearbeitung: Nach den bereits lange bekannten Verwendungsmöglichkeiten des Ultraschalles zur Unterwasserortung, zur Fehlersuche in Werkstoffen und in der Meßtechnik (z. B. *S. J. Sokolow* 1928/29 Methode der Fehlersuche) begann die Entwicklung von Methoden der U. erst nach 1945 in größerem Umfang. So kamen nach 1950 Geräte zum Löten und Verzinnen von Aluminium und Aluminiumlegierungen auf, außerdem Verfahren zur Reinigung und zum Schleifen von Werkstücken in Schleifmittelsuspensionen unter Einwirkung von Ultraschall (Schleifmaschine ↑). Verfahren zum Schneiden, Schweißen und Bohren mit Ultraschall wurden im gleichen Zeitraum entwickelt (Schweißverfahren ↑).

Umschnürte Säule: eine runde oder vielekkige Stahlbetonsäule, die außer der Längsbewehrung statt der Bügelbewehrung eine die Belastbarkeit erhöhende Bewehrungsspirale hat, wurde 1905 von *A. Considère* erfunden.

Unterwindfrischverfahren: Mit der Entwicklung des U. erfuhr die Eisenindustrie seit 1856 durch die Erfindung *H. Bessemers* ↑ eine entscheidende Umwälzung. *Bessemer* verwendete erstmals zum Frischen von flüssigem siliciumhaltigem Roheisen einen Konverter, den er mit einer sauren Futterauskleidung versah. Die wichtigste Nutzbarmachung des phosphorhaltigen Roheisens gestattete erst das 1879 zur Betriebsreife entwickelte und auf der Basis des Bessemer-Verfahrens beruhende Verfahren von *S. G. Thomas* ↑. Dabei wird in einem Konverter gefrischt, der eine basische Futterauskleidung hat.

Uran: 1789 erhielt *M. H. Klaproth* ↑ bei Untersuchung von Pechblende aus Joachimsthal ein schwarzes metallisches Pulver, das er als neues Element ansah und Uran nannte. Erst 1840 konnte der Franzose *Peligot* durch Reduktion wasserfreien Urantetrachlorids das Element rein darstellen. 1896 beobachtete *H. Becquerel* ↑ die Radioaktivität der Uranpechblende, womit das Interesse am U. stark anstieg. 1938 gelang *O. Hahn* ↑ und *F. Straßmann* ↑ die U.kernspaltung mit Hilfe langsamer Neutronen.

U. wird für Kernreaktionen, als radioaktives Isotop und in Form von U.salzen zum Färben in der keramischen Industrie verwendet.

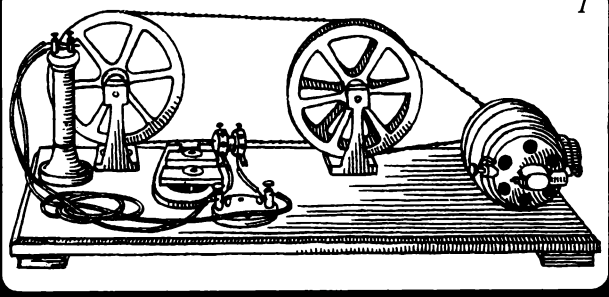
V

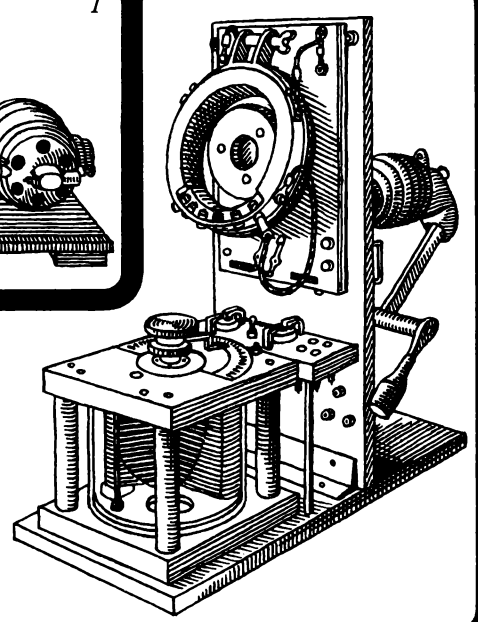
Vanadium: wurde zweimal entdeckt. *M. del Rio* fand 1801 in Mexiko in Bleierz ein neues Element, dem er den Namen Erytronium gab. 1830 fand der Schwede *Sefström* das neue Element abermals und nannte es Vanadium. *F. Wöhler* ↑ bewies, daß beide identisch waren. 1831 erschienen über V. erste ausführliche Untersuchungen von *J. J. Berzelius* ↑.

Zur Gewinnung wurde 1900 die Schmelzflußelektrolyse vorgeschlagen, die sich jedoch nicht durchsetzte. So wurden die Reduktion im Lichtbogenofen von *H. Moissan* ↑ 1894 und das aluminothermische Verfahren ↑ (*H. Goldschmidt* ↑) weiterentwickelt und auf industrielle Anwendungen übertragen. V. wird in der Kerntechnik, als Legierungselement für Stahl, als Katalysatorwerkstoff und zur Emailherstellung angewendet.

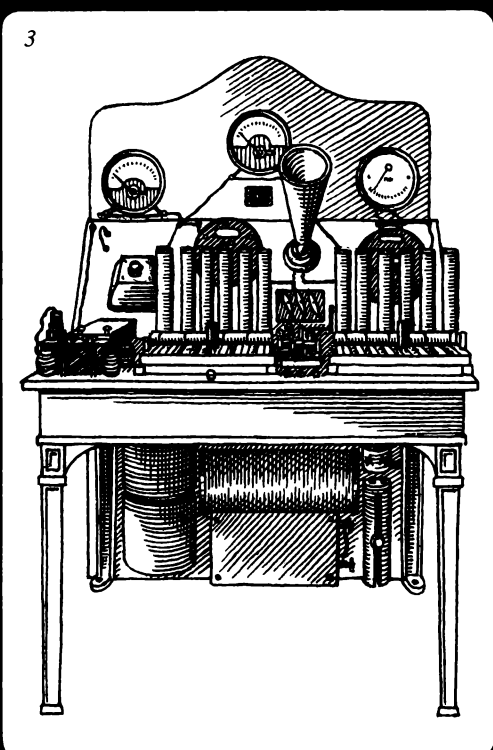
Velomobil: Ein von Muskelkraft angetriebenes Fahrzeug, im Unterschied zum klassischen Fahrrad ↑ meist zweispurig konstruiert und aerodynamisch verkleidet. V. werden als künftige individuelle Verkehrsmittel angesehen, die auf den Asphalt- und Betonstraßen der Städte dem Fahrrad an Geschwindigkeit (Weltrekord 1980: 79,5 km/h), Bequemlichkeit und Wetterunabhängigkeit deutlich überlegen sind. Gegenwärtig wird bes. in den USA und der UdSSR *(J. Dovydenas)* an der Entwicklung des V. gearbeitet.

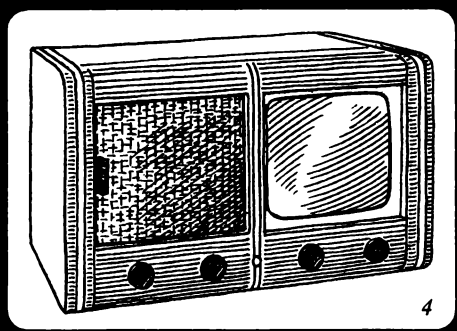
Verbrennungsmotor: Die grundlegende Entwicklung des V. zu einem technisch brauchbaren Antriebsaggregat vollzog sich im 19. Jh. Als Vorläufer dieser Arbeiten muß die »Schießpulvermaschine« (1673) von *Ch. Huygens* ↑ angesehen werden, bei der ein in

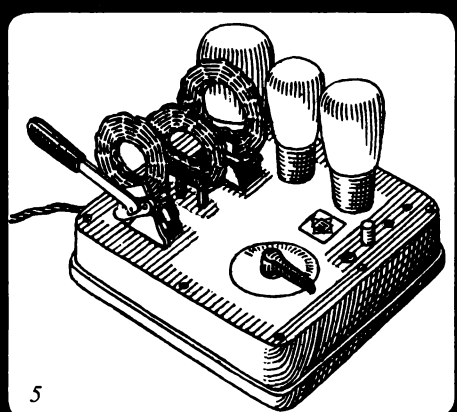


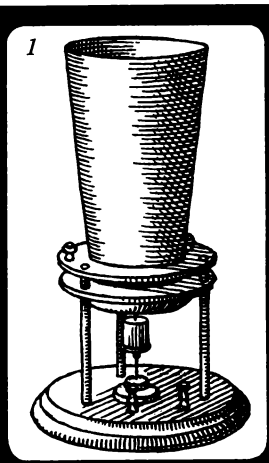


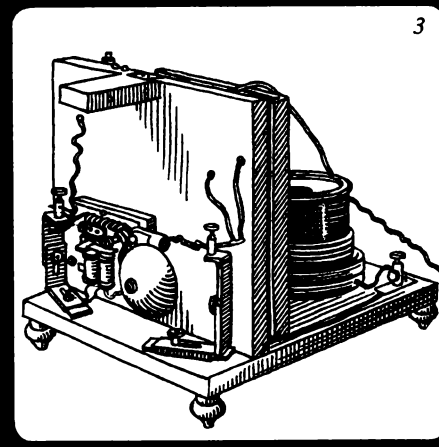
((Kommunikation 1))
1 „Telegraphon" von Poulsen – Vorläufer des Magnetbandgeräts
2 Schiffs-(Detektor)-Empfänger (1910)
3 Lichtbogen-Telefoniesender (1910)
4 Einer der ersten deutschen Fernsehempfänger (1939)
5 3-Röhren-Empfänger für Batteriebetrieb (1926)

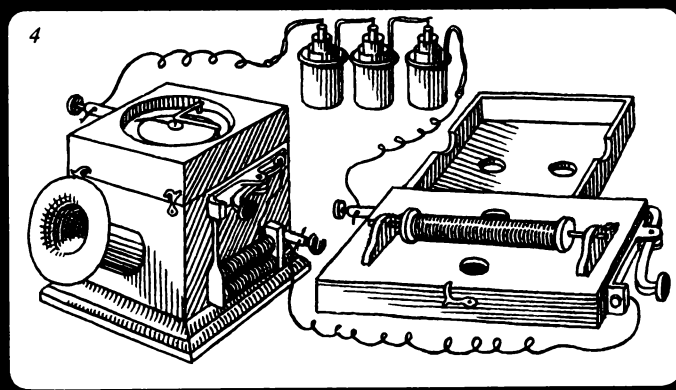




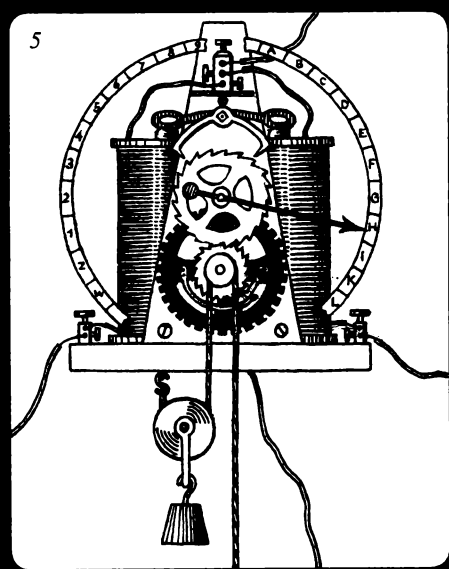


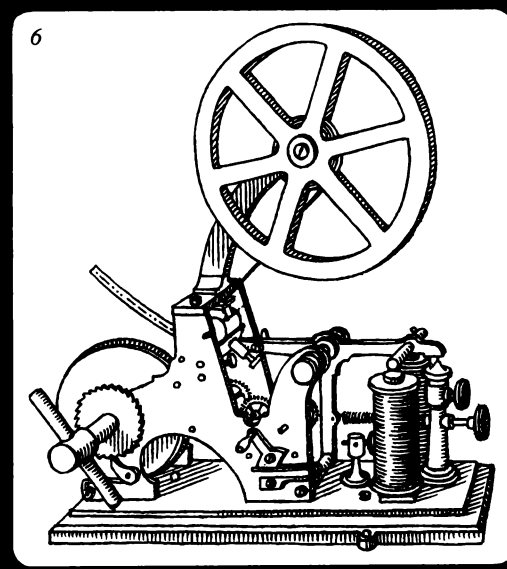


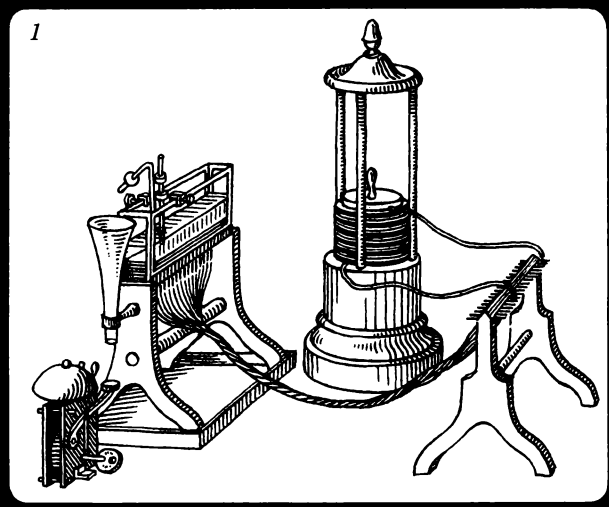


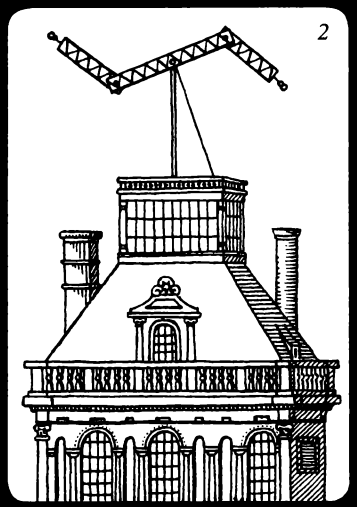


1 und 2 Telefone von Bell
3 Empfänger Popows
4 Telefon von Reis
5 Zeigertelegraf (um 1850)
6 Morsetelegraf

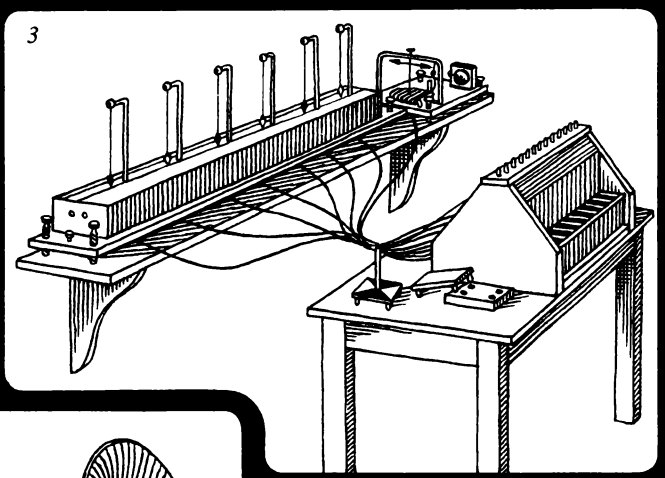


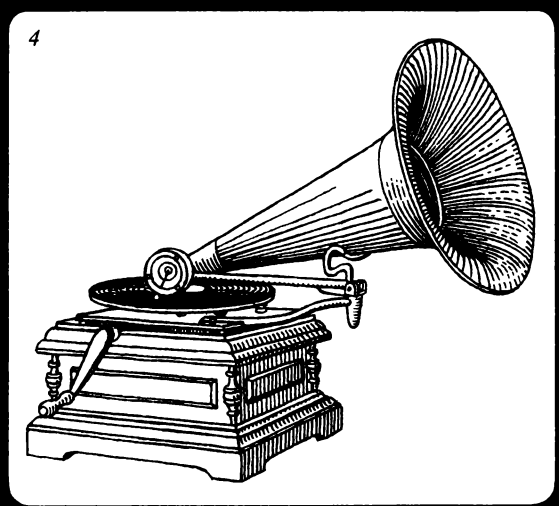


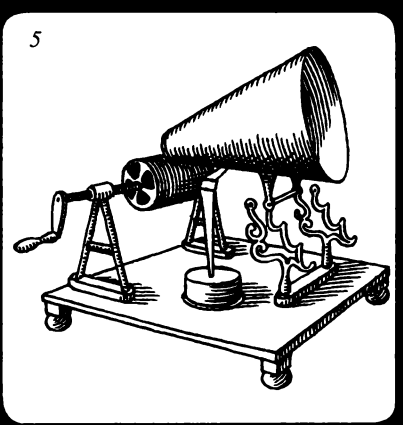


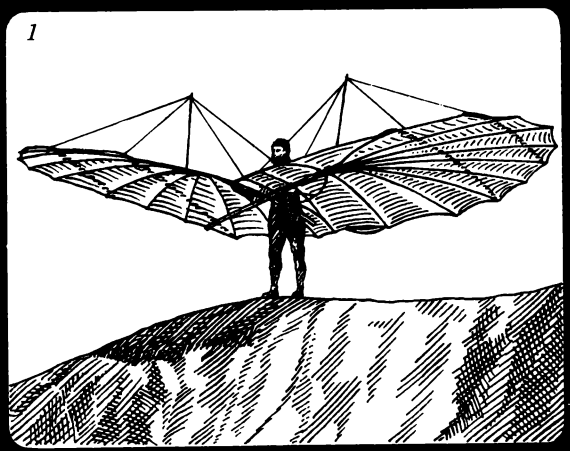


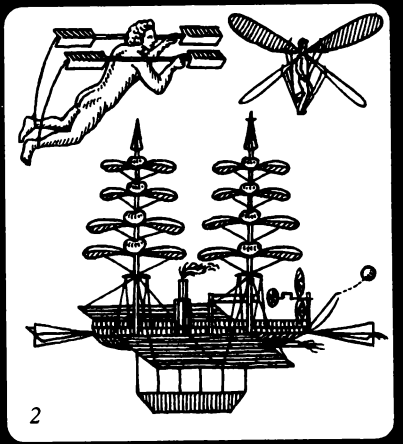
1 *Telegraf von Sömmering*
2 *Optischer Telegraf der Gebrüder Chappe*
3 *Telegraf von P. v. Schilling*
4 *Berliners Grammophon*
5 *Edisons Phonograph*



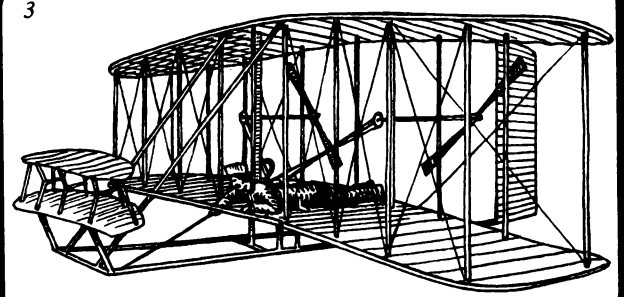


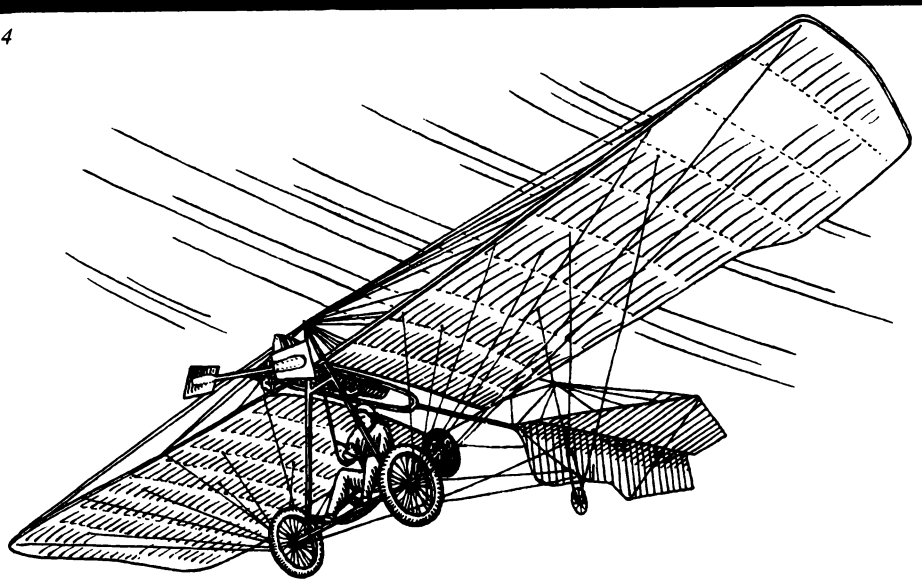


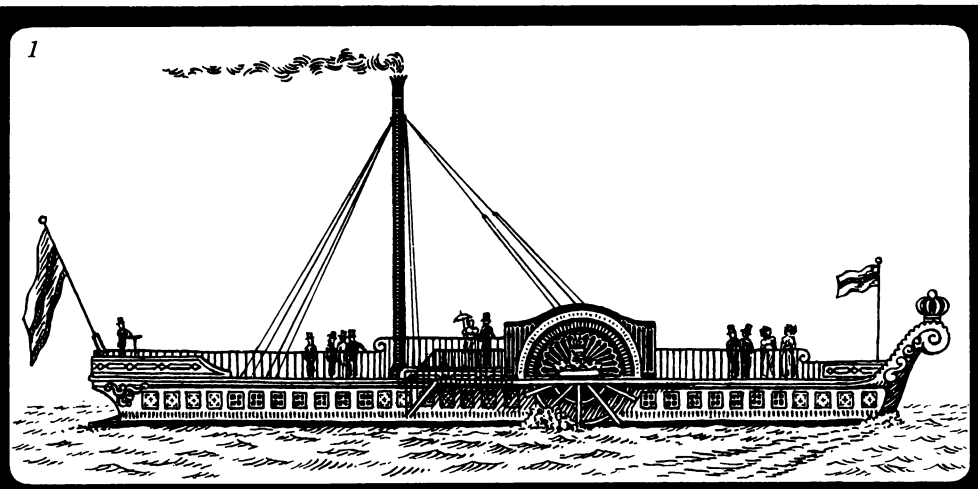




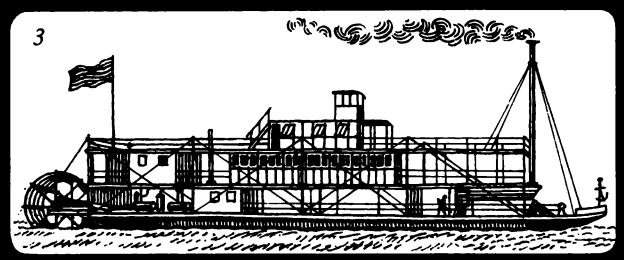
1 *Lilienthals Gleiter*
2 *„Flugmaschinen"-Projekte*
3 *Motorflugzeug der Wrights*
4 *Flugzeug Grades (1909)*

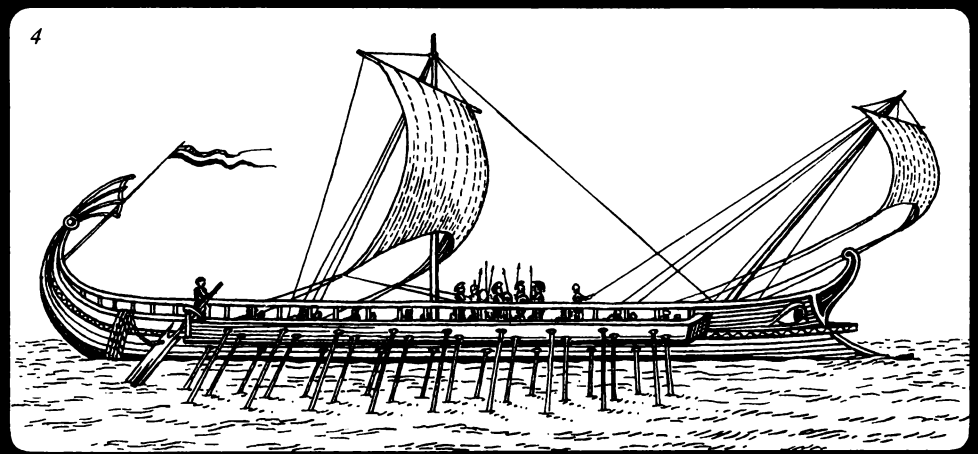


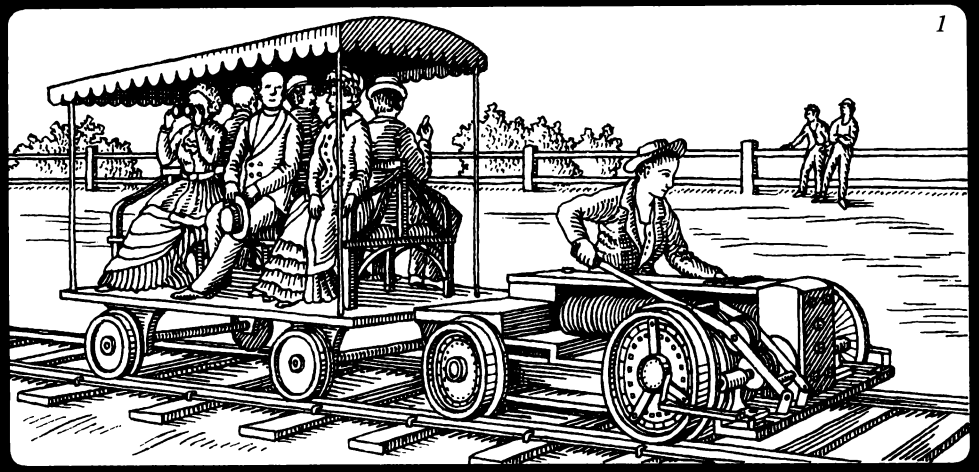




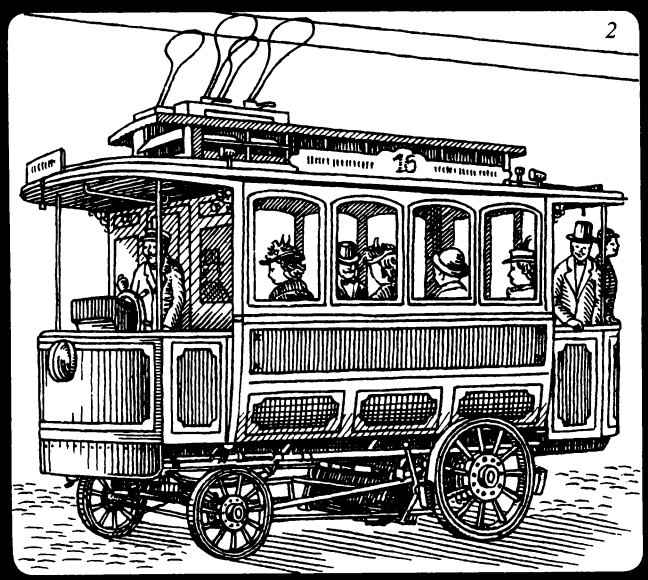
1 „Königin Maria", erstes Personen-Dampfschiff auf der Oberelbe (1837)
2 Caravelle (15. Jh.)
3 Dampfschiff aus den USA (um 1860)
4 Griechische Triere

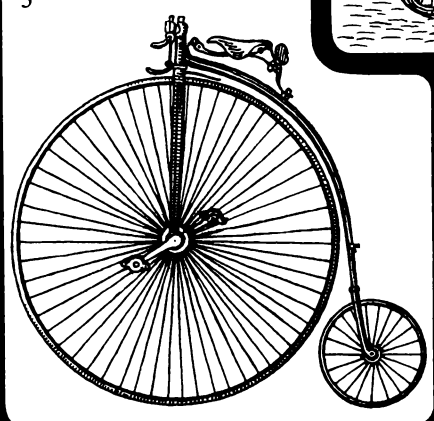


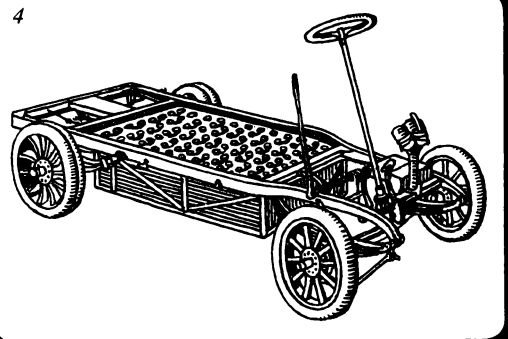


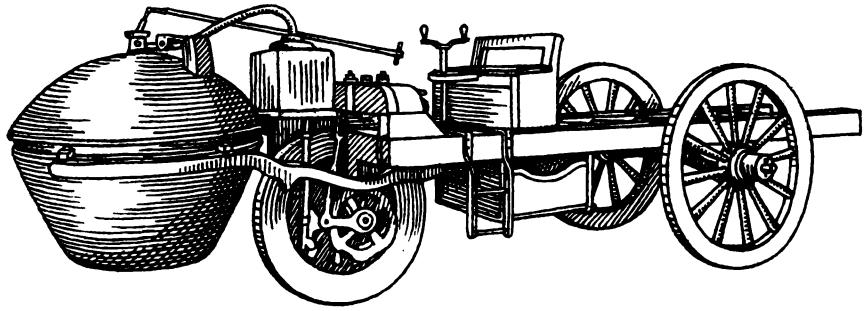


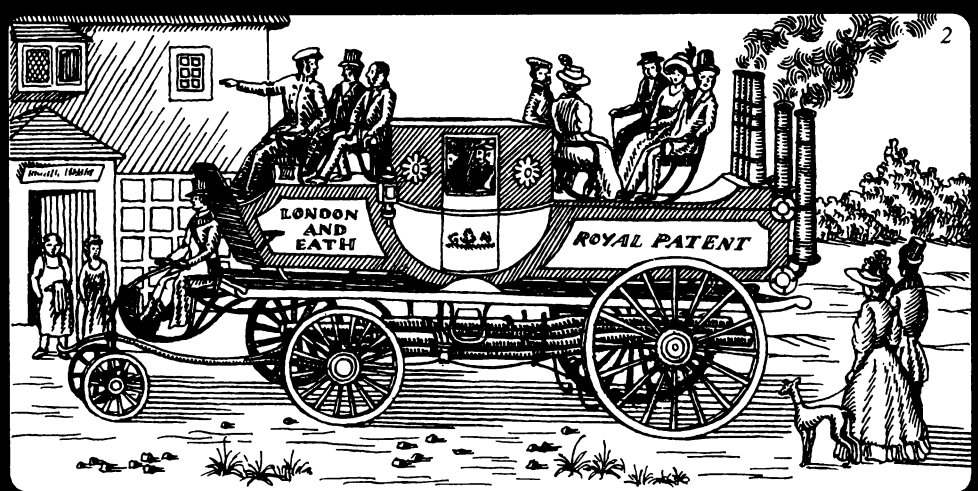
1 Elektrobahn Edisons in Menlopark
2 Obus
3 Hochrad
4 Chassis eines der ersten Elektro-Automobile mit Batteriewanne



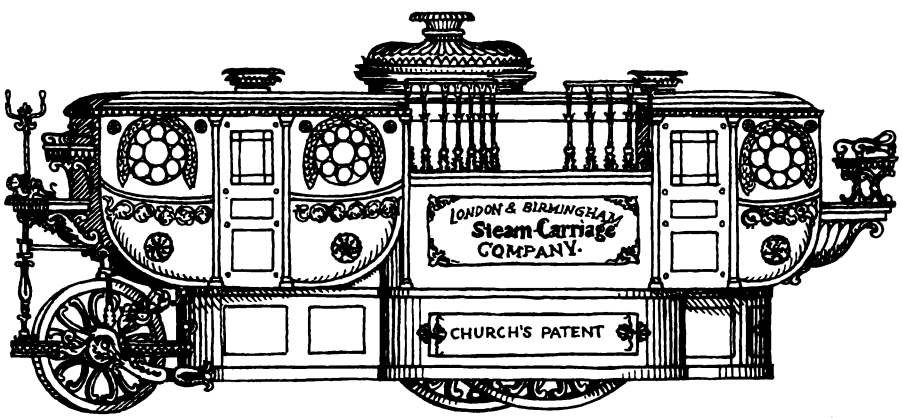


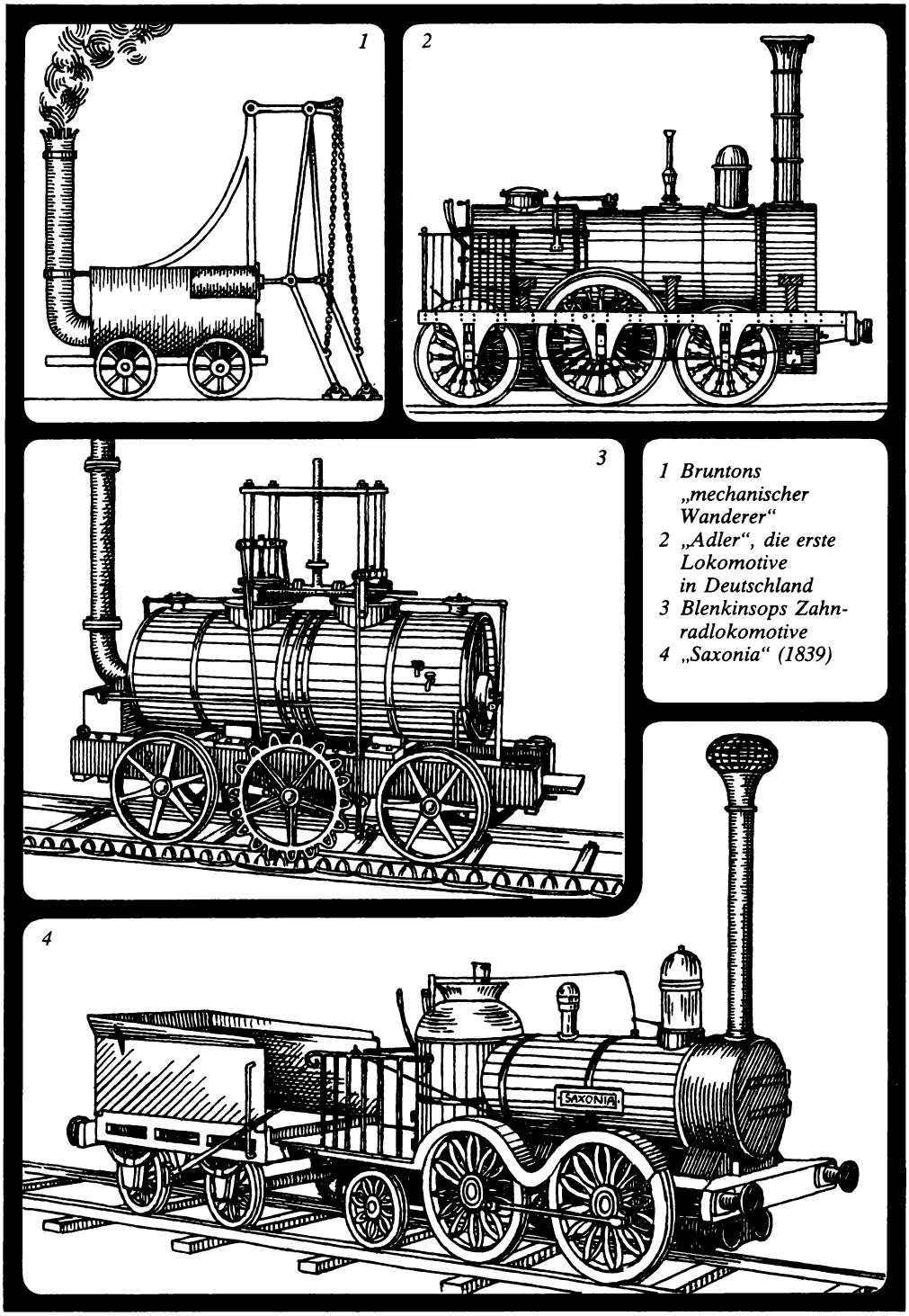




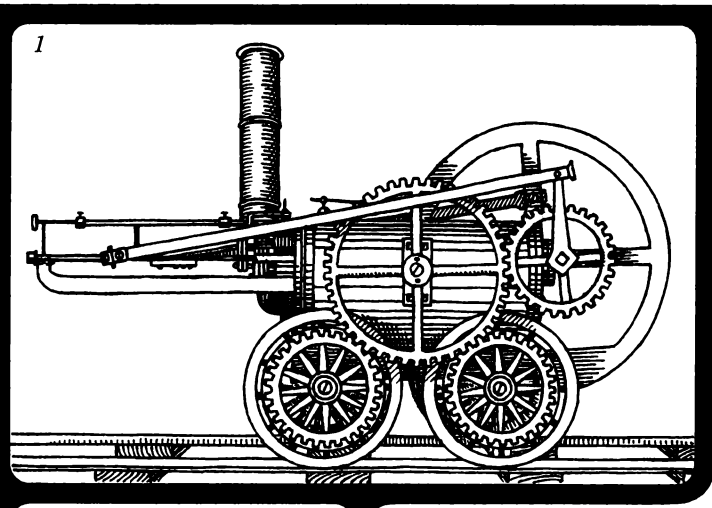


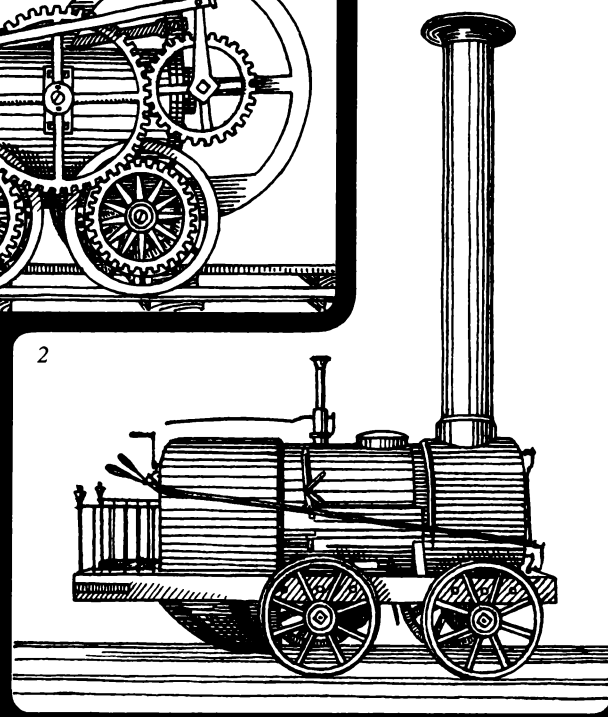
1 Dampfwagen Cugnots
2 Dampfwagen (Anfang 19. Jh.)
3 Churchs Dampfomnibus für 56 Reisende



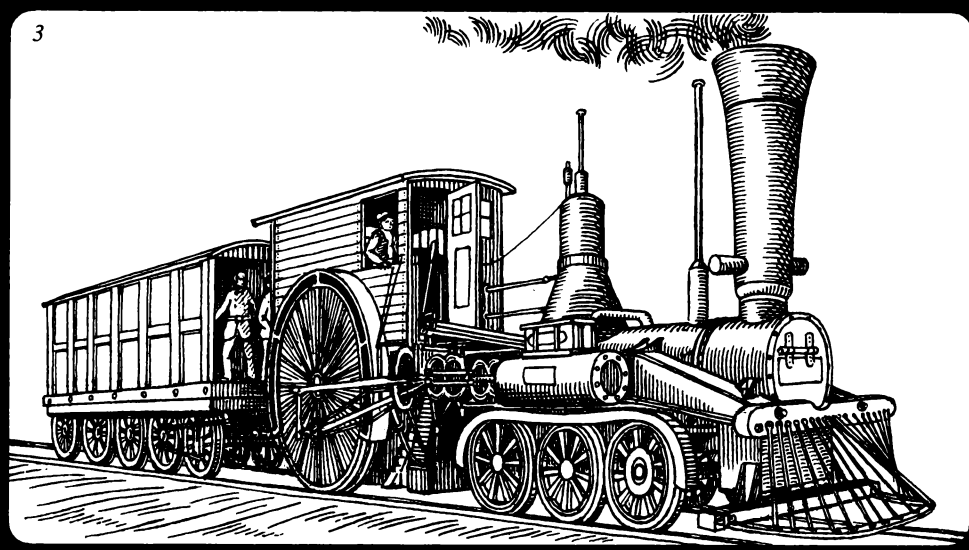


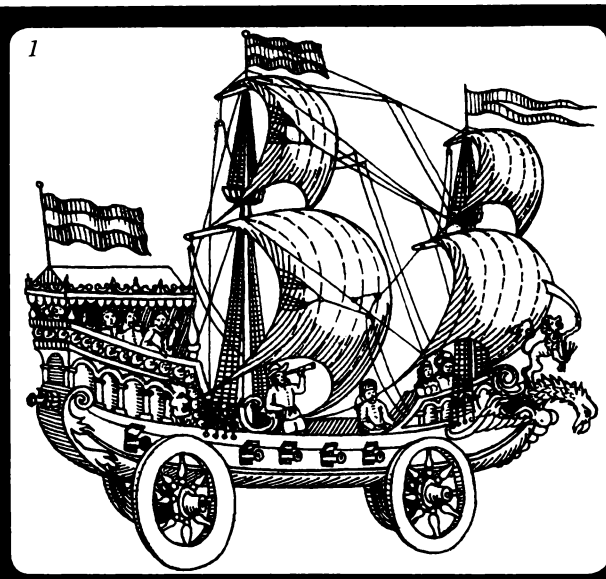
1 Bruntons „mechanischer Wanderer“
2 „Adler“, die erste Lokomotive in Deutschland
3 Blenkinsops Zahnradlokomotive
4 „Saxonia“ (1839)

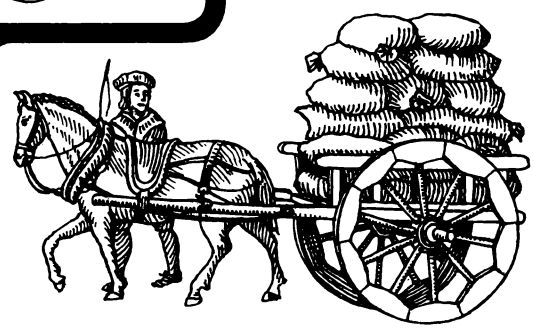




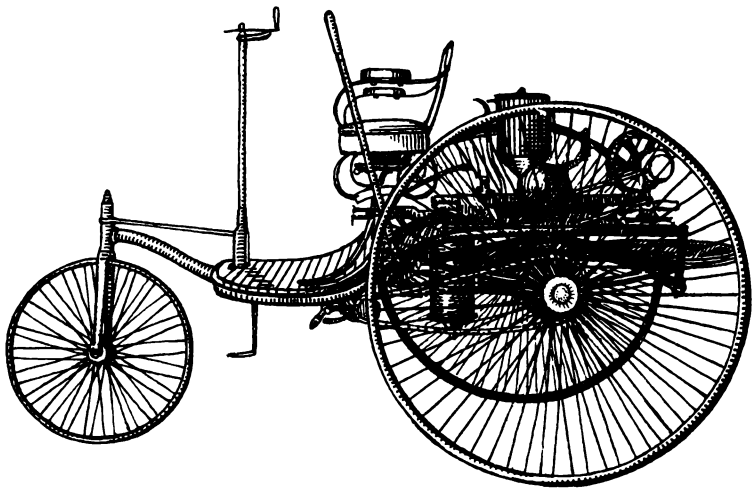
1 Lokomotive von Trevithick
2 Lokomotive von Tscherepanow
3 Schnellzuglokomotive (um 1850)

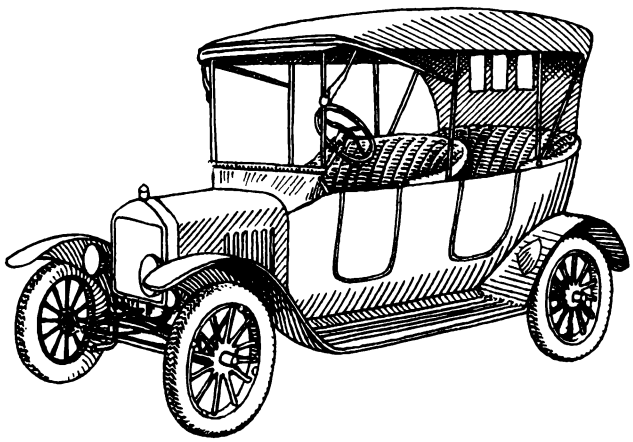




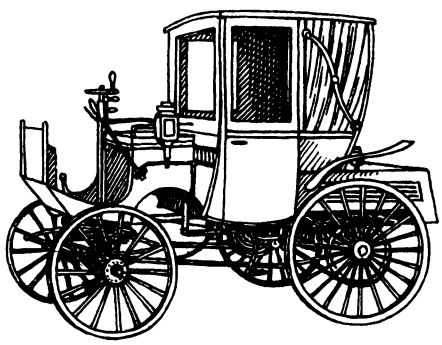


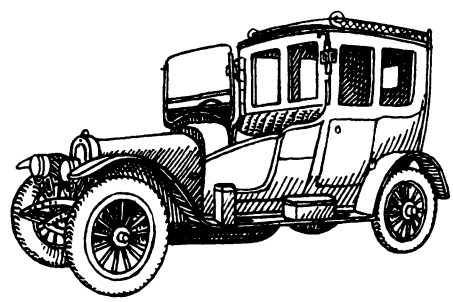
1 Segelwagen (um 1600)
2 Römischer Reisewagen
3 Zweirädrige Karre aus dem 16. Jh.
4 „Kraftwagen"-Entwurf von Dürer (1526)

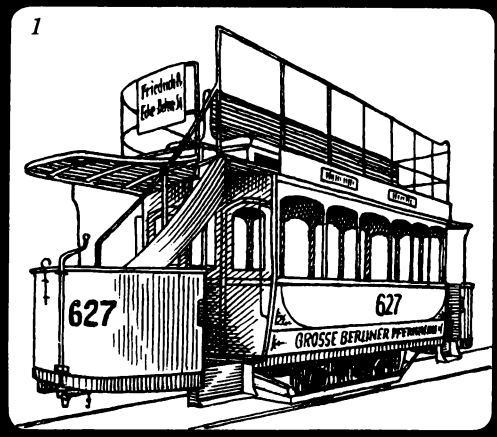


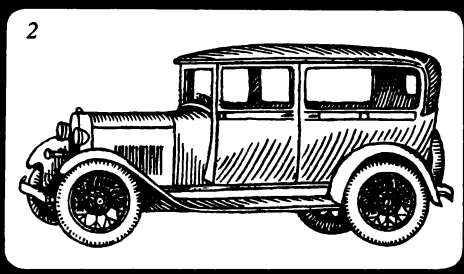


1 Benz-Dreirad
2 Ford „Modell T“ (1914)
3 Personenkraftwagen (1898)
4 Personenkraftwagen (1908)

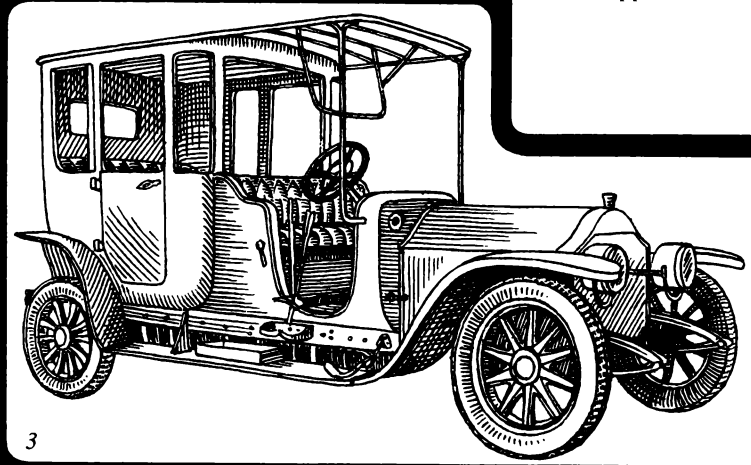


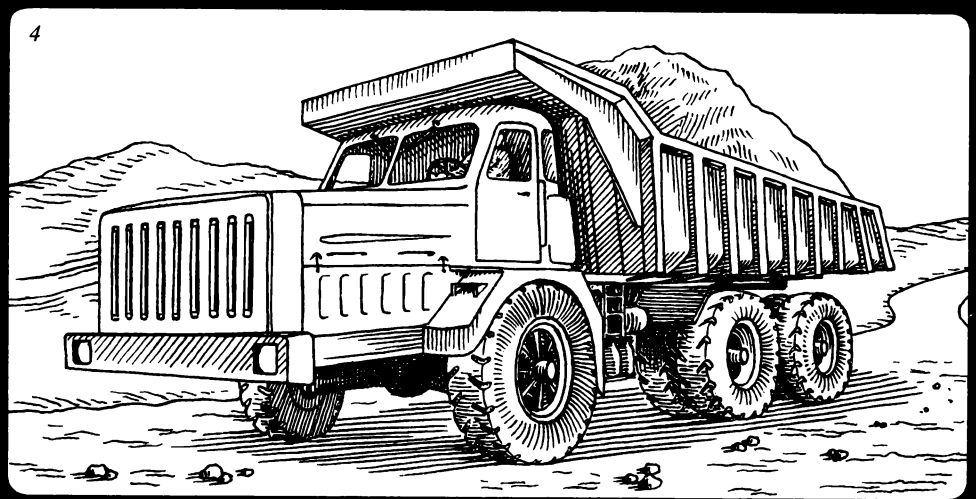


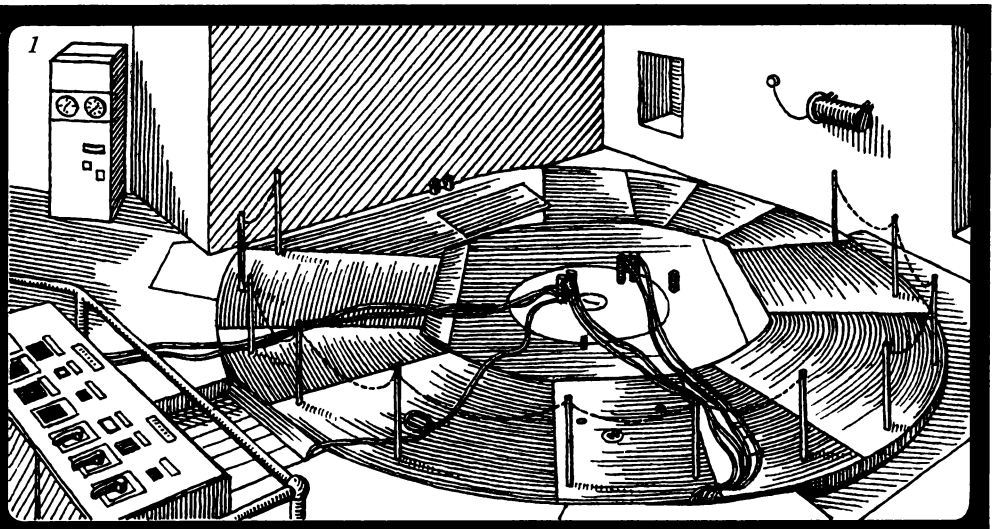


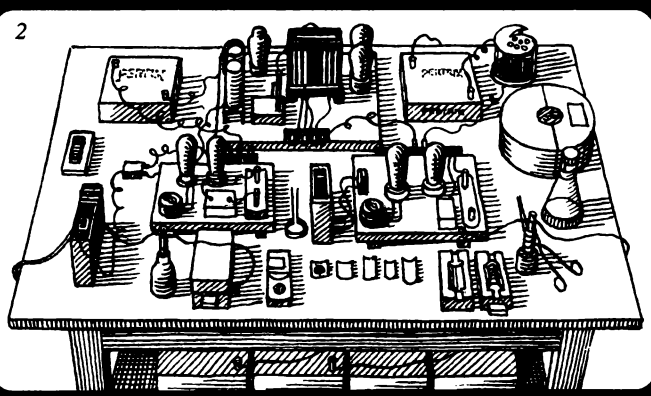


1 Decksitzerwagen der „Großen Berliner Pferde-Eisenbahn“ (1889)
2 Personenkraftwagen (1928)
3 Mercedes-Knight-Limousine (1911)
4 40-t-Kipper

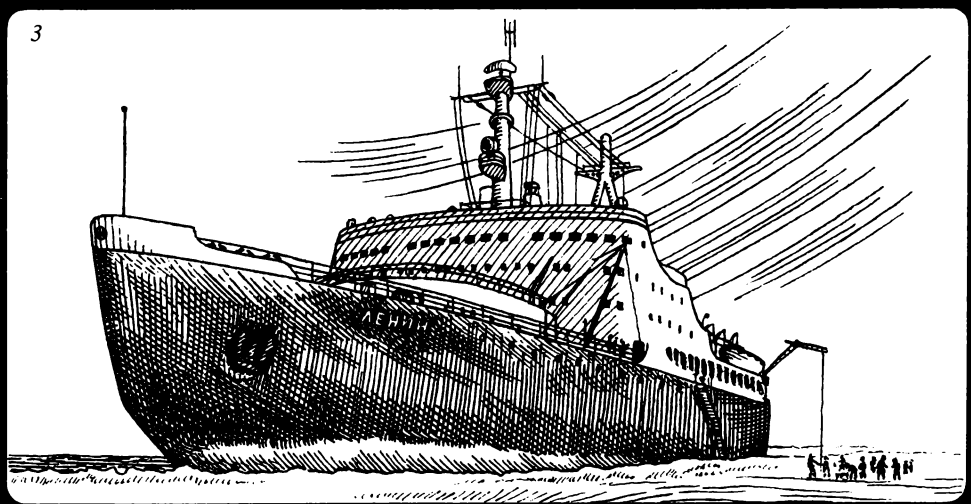


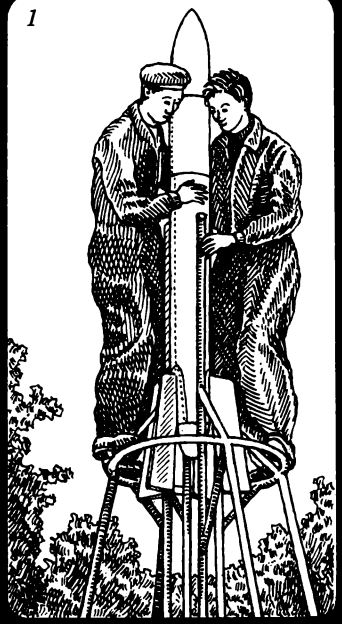


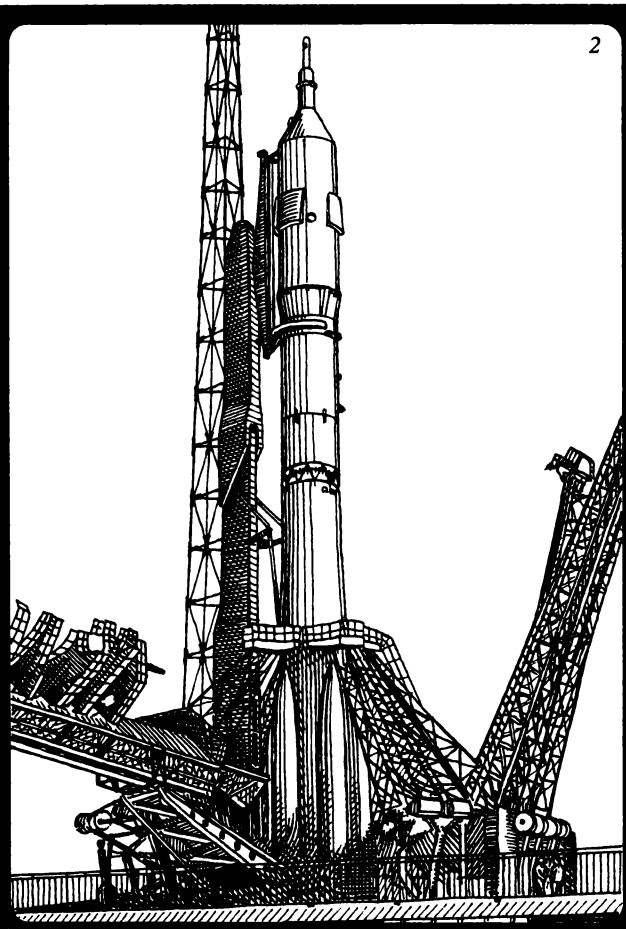


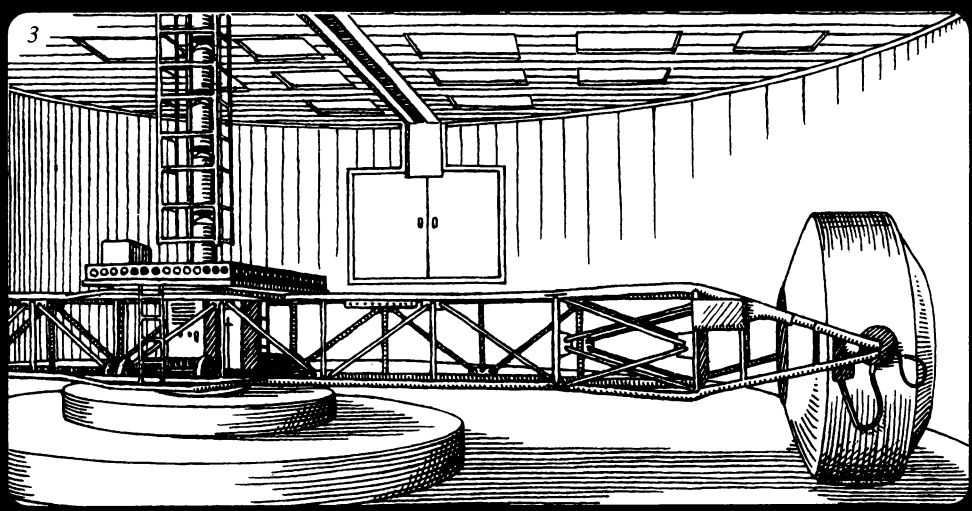


1 Reaktor im ersten für Elektroenergiegewinnung eingesetzten Kernkraftwerk der Welt (UdSSR, 1954)
2 Arbeitstisch Otto Hahns
3 Atomeisbrecher „Lenin" (1960)

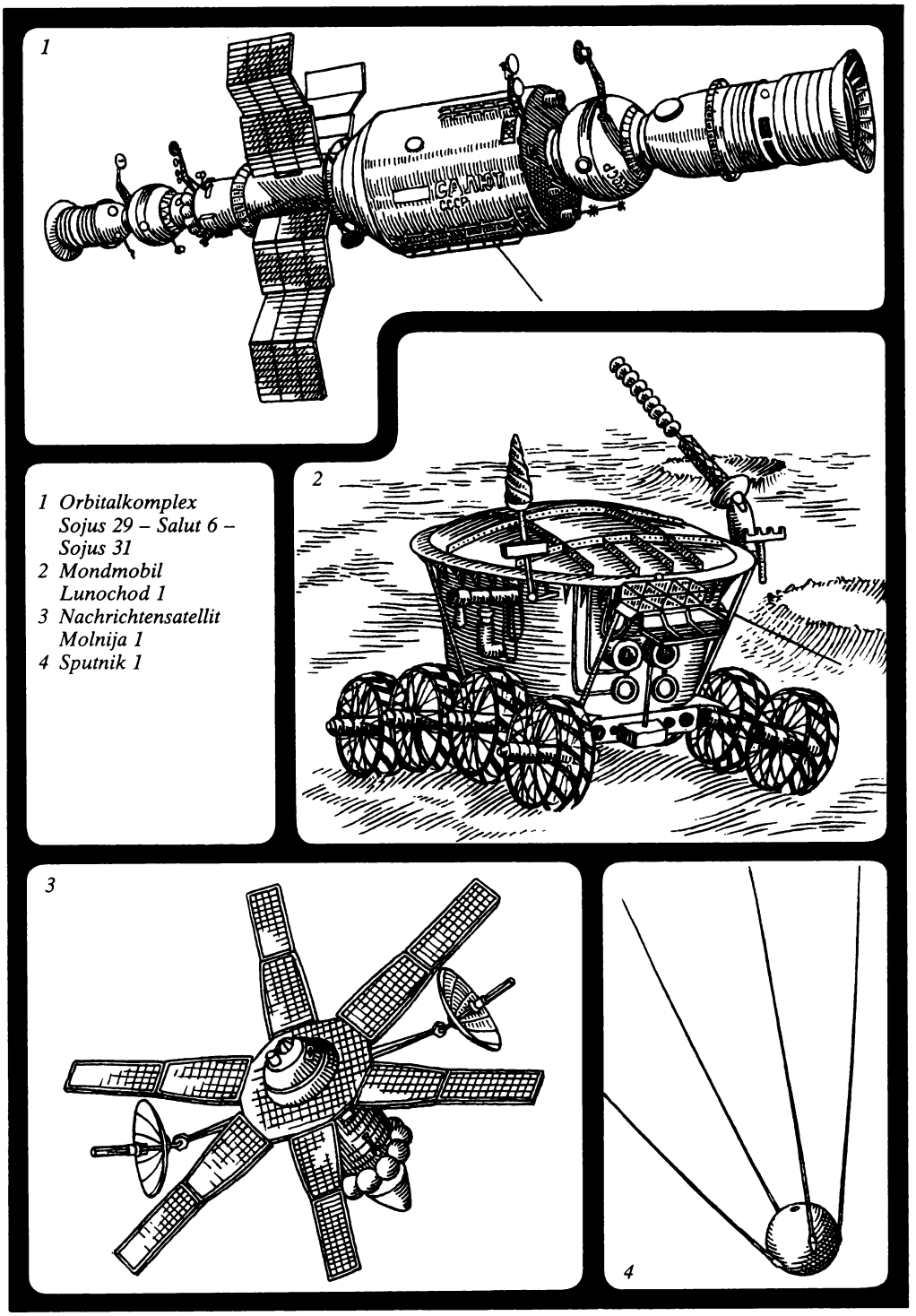




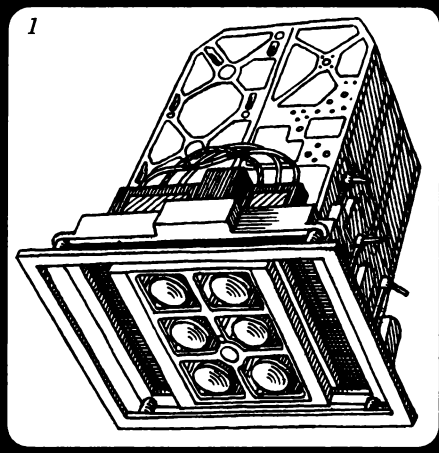


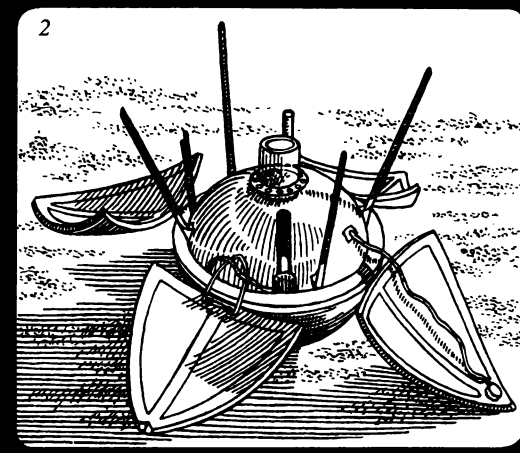


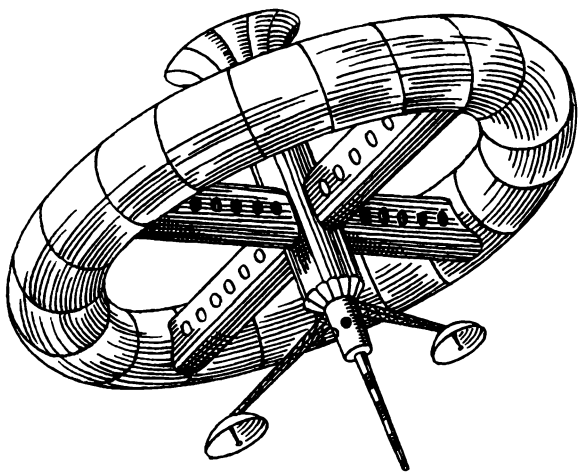
1 Erste Flüssigkeitsrakete GIRD-09 (UdSSR) wird in ihr Startgerüst eingesetzt (1933)
2 Sojus-Trägerrakete auf der Startplattform des Kosmodroms Baikonur
3 Zentrifuge eines Kosmonauten-Ausbildungszentrums



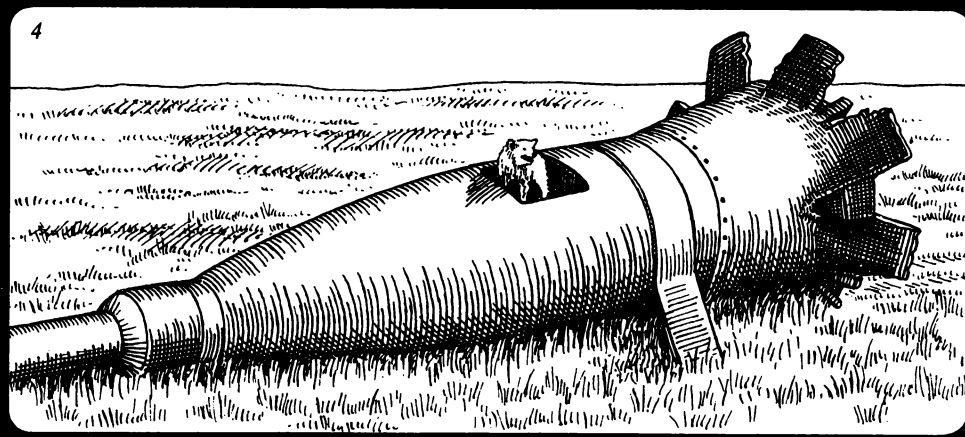
1 Orbitalkomplex Sojus 29 – Salut 6 – Sojus 31
2 Mondmobil Lunochod 1
3 Nachrichtensatellit Molnija 1
4 Sputnik 1







1 Multispektralkamera MKF 6 M
2 Luna 9 (UdSSR) – erste weiche Landung eines Gerätekomplexes auf dem Mond (1966)
3 Modellvorstellung einer künftigen Orbitalstation
4 Meßkopf einer sowjetischen Höhenrakete der fünfziger Jahre mit einem Versuchstier nach der Landung



einem stehenden Zylinder durch kleine Explosionen periodisch nach oben beförderter Kolben beim Zurücksinken die Arbeit verrichten sollte.

Die ersten technisch brauchbaren V. wurden mit Leuchtgas gespeist. Das erste Patent auf einen solchen Motor erhielt der Franzose *Ph. Lebon d' Humbersin* 1801. Er konnte seine Idee jedoch nicht durchsetzen. Ebenso erging es in der Folgezeit zahlreichen anderen Erfindern. Auch die Italiener *E. Barsanti* und *F. Matteucci* kamen mit ihrer 1853 erbauten Maschine, einem atmosphärischen Gasmotor mit Flugkolben, nicht über Anfangsschwierigkeiten hinweg. Erfolg hatte als erster der Franzose *J. J. E. Lenoir* ↑ (1860). Sein nach dem 2-Takt-Prinzip arbeitender Gasmotor fand trotz vorhandener Mängel auch im Ausland schnelle Verbreitung.

Entscheidend verbessert wurde der V. durch die Arbeiten von *N. Otto* ↑ und *E. Langen* ↑, die seit 1864 in einer gemeinsam betriebenen Firma an diesem Problem arbeiteten und für ihren verbesserten Gasmotor 1867 auf der Pariser Weltausstellung eine Goldmedaille erhielten. Der entscheidende Schritt zu einem V. höherer Leistung und Betriebssicherheit gelang später der gleichen Firma mit der Konstruktion eines 4-Takt-Gasmotors. Den Gedanken des 4-Takt-Prinzips hatte *N. Otto* bereits 1861 gefunden, doch gelang die technische Realisierung erst in gemeinsamer Entwicklungsarbeit mit *E. Langen* und den später dazugekommenen Ingenieuren *G. Daimler* ↑ und *W. Maybach* ↑.

1862 hatte auch *A. E. Beau de Rochas* ↑ schon einen 4-Takt-V. vorgeschlagen, ohne allerdings seine Pläne verwirklichen zu können. *Otto* erhielt 1877 das Patent auf den neuen Gasmotor. Nach seinem Vorbild konstruierten zwischen 1881 und 1883 *Daimler* und *Maybach* den ersten mit Benzin betriebenen 4-Takt-Ottomotor, der die Entwicklung des Kraftfahrzeugs begründete, wofür *Daimler* den Motor vorgesehen hatte. *Maybach* hatte dabei wesentlichen Anteil an der Entwicklung des Vergasers, der bereits um 1870, wahrscheinlich mehrfach, erfunden worden war. Durch die Mitarbeit von *R. Bosch* ↑ wurde die Zündung des Motors in der Folgezeit wesentlich verbessert. *Bosch* stellte nach 1880 den ersten Zündmagneten für die damals gebräuchliche Abreißzündung her. 1901 gelang *Bosch* ein wichtiger Fortschritt mit der Erfindung der Hochspannungszündung. Schon vor und etwa gleichzeitig mit *Daimler* und *Maybach* waren Benzinmotoren als Fahrzeugantriebe auch von anderen Erfindern gebaut worden. So von dem Franzosen *P. Ravel*, der bereits 1868 ein Patent auf seinen mit Petroleum betriebenen V. erhalten hatte. Der Benzinmotor des 1875 erprobten Kraftwagens von *S. Marcus* ↑ hatte bereits eine elektrische Zündung. Technisch brauchbare V. als Fahrzeugantrieb entwickelte unabhängig von *Daimler* etwa zur selben Zeit *C. Benz* ↑ in Mannheim (Kraftfahrzeug ↑). Sein 2-Takt-Benzinmotor arbeitete mit elektrischer Induktionszündung und hatte eine selbsttätige Wasserumlaufkühlung. Der 1885 von dem Franzosen *F. Forest* ↑ konstruierte 2-Zylinder-Motor hatte ebenfalls Magnetzündung und Vergaser eigener Konstruktion. *Forest* befaßte sich um 1890 auch bereits mit der Entwicklung von Schwerölmotoren.

Die Entwicklung dieses in seiner Arbeitsweise anderen V. wurde vor allem durch die Arbeiten von *R. Diesel* ↑ vorangetrieben. Das ihm 1892 auf seinen V. erteilte Patent ließ sich erst in langwieriger Entwicklungsarbeit zu einem betriebsfähigen Motor gestalten. Der 1898 der Öffentlichkeit vorgeführte Motor hatte bereits das wesentliche technische Zubehör, mit dem auch heute ein Dieselmotor ausgerüstet ist (z. B. Nadelventil, Luftpumpe, Einspritzpumpe, Anlaßvorrichtung). 1923 wurde auch ein Kraftwagen-Dieselmotor entwickelt. Bis heute sind der Otto- und der Dieselmotor unter den Kolbenmotoren die beiden grundlegenden Typen. Der 1954 erfundene Wankelmotor ↑ befindet sich noch immer im Entwicklungsstadium, ebenso der Freikolbenmotor als Fahrzeugantrieb und der seit Mitte der 1950er Jahre erprobte vergaserlose Motor (Kraftfahrzeug ↑).

Vulkanisation: Durch die V. erhält Kautschuk seine »gummiartigen« Eigenschaften. Bereits den Indianern Südamerikas war die Methode der Schwefelung von Latex geläufig, mit der sie Kautschuk in seinen Eigenschaften verbessern konnten. Die Entdeckung von *Lüdersdorf* und *Hayward* (1832), daß Schwefel dem Naturkautschuk die Klebrigkeit nimmt, griff somit nur eine lange bekannte Tatsache wieder auf. Die technische Methode der V. wurde 1839

von *Ch. Goodyear* ↑ gefunden, aber erst 1844 patentiert.

W

Waage: Bildliche Darstellungen und aufgefundene Wägestücke machen es wahrscheinlich, daß die Nutzung einfacher Balkenwaagen in Babylonien und Ägypten bis in das 7. Jahrtausend v. u. Z. zurückreicht, wobei ägyptische W. später bereits mit einer Zunge zur Anzeige der Nullstellung versehen wurden.

W. mit ungleichen Armen und einer Laufmasse veränderbaren Abstandes vom Drehpunkt waren zu Beginn unserer Zeitrechnung weit verbreitet (römische Schnellwaage) und wurden in verbesserter Form u. a. von arabischen Gelehrten (um 1100) zu Dichtemessungen an Flüssigkeiten benutzt.

An der Entwicklung der Dezimalwaage war bes. *J. B. Schwilgué* ↑ beteiligt (1821).

Wabenträger: ein aus I-Walzstahlprofilen – durch »zahnstangenartiges« Auftrennen des Steges in Längsrichtung, entsprechendes Versetzen in Längsrichtung und Wiederzusammenschweißen der Teile an den sich berührenden höheren Stellen des Steges – entstandenes I-Trägerprofil mit sechseckigen Durchbrüchen (Waben) wurde erstmalig 1928 angewendet. W. sind ein typisches Element des Leichtbaues und werden teilweise noch durch zwischengeschweißte Stegbleche weiter erhöht. Vorteilhaft ist der extrem geringe manuelle Aufwand für die Herstellung derartiger W.

Wagen: stellt die erste Anwendung des Rades ↑ dar und ist wie dieses um 4000 v. u. Z. entstanden. Die ersten W. waren 2rädrig und fanden vor allem als Kriegs-W. Verwendung, da ihre Konstruktion den Transport großer Lasten noch nicht gestattete. Von den Sumerern sind solche Kriegs-W. schon aus der Zeit um 3000 v. u. Z. überliefert. Sie hatten noch scheibenförmige Holzräder. Um 2000 v. u. Z. waren bei den Ägyptern 2- und 4rädrige Fuhrwerke in Gebrauch. Um 600 v. u. Z. erreichte der W., gezogen von Mensch oder Tier, bereits weiteste Verbreitung als Verkehrs- und Transportmittel. Die inzwischen verbesserten Kenntnisse in der Metallverarbeitung hatten die Entwicklung des W. zu einem zuverlässigen und stabilen Gefährt ermöglicht. Die Bedeutung des W. für militärische Zwecke ging in der Folgezeit zugunsten bewaffneter Einzelreiter zurück.

Bedingt durch die Wegeverhältnisse blieb das Reiten bis in das 16. Jh. die Hauptbeförderungsart für Personen. Die ersten Luxusfahrzeuge zur Personenbeförderung tauchten im 15. Jh. in Deutschland auf. Mit der Entwicklung der Kutschen, bei denen der Fahrgast in einer an Gurten über dem Radgestell aufgehängten und mit Fenstern versehenen Kabine saß (ab 16. Jh.), und bes. nach Einführung der Stahlfedern im 17. Jh. wurde die Kutsche immer mehr zum universellen Beförderungsmittel für Personen und Stückgüter. Ihre Form lebte noch in der Konstruktion der ersten Eisenbahnwagen weiter, und selbst *G. Daimler* ↑ baute eine Prachtkutsche zu seinem ersten Motorwagen um (1886). Eine wichtige Verbesserung stellte die 1816 von *G. Landsberger* erfundene Achsschenkellenkung dar (vgl. Kraftfahrzeug ↑, Ackerwagen ↑).

Walzen: Schon vor 1500 existierten zur Kaltbearbeitung von weichen und elastischen Materialien Einrichtungen zum W. Aus dem Jahre 1495 stammt die Darstellung eines über Zahnradvorgelege von Hand betriebenen kleinen Walzwerks (konstruiert von *L. da Vinci* ↑), mit dem Zinnrohlinge zu Platten ausgewalzt werden konnten. Um 1600 gab es zur Herstellung profilierter Bleistangen für Fenstereinfassungen ein ebenfalls handbetriebenes kleines Walzaggregat. Aus dem Jahre 1728 stammt ein Walzwerk zur Herstellung von Bleiröhren mittels Kaliberwalzen (Stahlrohrherstellung ↑). Walzwerke für Eisen sind erst ab 18. Jh. belegt. 1728 führte der Engländer *J. Hanbury* in seinem Lande das W. von Eisen ein. Aus dem Jahre 1734 stammt die Abbildung eines Walzwerkes bei Lüttich. Hier trieben 2 große Wasserräder ein Walzenpaar an. Um 1758 war in Schweden eines der wahrscheinlich ersten Profilwalzwerke für eiserne Halbzeuge in Betrieb. Große Wasserräder trieben über ein System von Zahnrädern und Wellen Profilwalzenpaare und normale Walzenpaare. Der Betrieb lieferte Stab-, Bandeisen und Bleche, die an der Wende vom 17.

zum 18. Jh. in Schweden dringend benötigt wurden.

Während seiner Arbeiten am Puddelverfahren entwickelte *H. Cort* ↑ auch das erste Blockwalzwerk. Sein Verfahren zur Herstellung von Formstahl wurde ihm 1783 patentiert. Die ersten gewalzten Eisenbahnschienen wurden 1812 in England hergestellt (Schiene ↑). Gleichzeitig nahm hier auch die Walztechnik zur Herstellung feuergeschweißter Eisenrohre ihren Ausgang. Das erste Walzwerk zur Herstellung von Bandagenflachstahl für Wagenräder aus Blöcken wurde in Deutschland 1854 gebaut. 1857 folgte ein Walzwerk für große Träger und in den USA ein leistungsfähiges Triowalzwerk speziell für die Herstellung von Schienen. Um 1870 war das W. von Schienen weit verbreitet. Bis 1900 hatte sich eine starke Differenzierung der einzelnen Walzwerke herausgebildet. So wurde es möglich, Bleche von 0,5 mm Dicke ebenso durch W. zu fertigen wie dicke Panzerplatten.

Das erste einsatzfähige Universalwalzwerk hatte *R. M. Daelen* ↑ bereits 1848 konstruiert. Verbesserungen der Konstruktion wurden in der Folge ständig vorgenommen. 1892 wurde nach einem Vorschlag der Brüder *L.* und *J. York* ein Breitflanschträgerwalzwerk mit einem senkrecht und einem waagerecht arbeitenden Walzenpaar gebaut. Die Weiterentwicklung dieses Universal-Walzwerkes führte in den USA zu Beginn des 20. Jh. zur Konstruktion der ersten Block- und Brammenwalzwerke. Erfolgte der Antrieb bis gegen Ende des 19. Jh. durch Dampfmaschinen, wurde 1897 der erste Elektromotor in Deutschland eingesetzt. 1906 folgte auf der Grundlage einer von *K. Ilgner* in Deutschland gemachten Erfindung das erste Walzwerk mit reversiblem Elektromotor (Umkehrwalzwerk). In der Folge setzte sich der elektrische Antrieb allgemein durch.

Neben wachsendem Automatisierungsgrad geht die Entwicklung seit etwa 1950 u. a. zu Walzverfahren, die unmittelbar Stufen der Technologie des Maschinenbaus darstellen. So wurden in der UdSSR schon vor 1960 in solchen Walzwerken u. a. Achsen, Spindeln und Wellen wirtschaftlich günstiger als mit den bekannten Herstellungsmethoden gefertigt.

Wankelmotor: Der bisher erfolgreichste Rotationskolbenmotor ist der 1954 von *F. Wankel* entwickelte und nach ihm benannte spezielle Kreiskolbenmotor. Der W. nimmt eine Sonderstellung zwischen dem konventionellen Hubkolbenmotor (Verbrennungsmotor ↑) und den Gasturbinen ein. Bes. Vorteile der Kreiskolbenmotoren sind hohe Leistung bei kleinen Abmessungen und geringer Masse sowie das Fehlen von Kühlungsproblemen.

Der W. wurde erstmals im Januar 1960 öffentlich vorgeführt. 1963 wurden die ersten mit W. ausgerüsteten Kraftwagen gebaut.

Wasserhaltung: Das Problem der W. ist eng verbunden mit der Entwicklung des Tiefbaus. In der Sklavenhaltergesellschaft kannte man neben W.sstollen nur begrenzt wirksame mechanische Hilfsmittel. Die sogenannte Archimedische Schraube ↑ wird von dem Römer *Vitruvius* ↑ zu Beginn unserer Zeitrechnung als Mittel zur W. erwähnt, daneben gab es für den gleichen Zweck Wasserschöpfräder. Im frühen Mittelalter bürgerten sich Seilaufzüge aus Lederbeuteln ein, die zu Becherelevatoren weiterentwickelt wurden und zu den Anfang des 16. Jh. bes. verbreiteten Paternoster-Kettenwerken mit Lederbechern, angetrieben durch Pferde- oder Wasserkraft (Hubhöhe etwa 70 bis 80 m). In dieser Zeit wurden auch einfache und komplizierte Kolbenpumpen zur W. eingesetzt, jedoch führte ihre Verwendung erst in Form der um 1550 aufkommenden »Stangenkünste« zu einer entscheidenden Verbesserung. Durch in mehreren Etagen übereinander angeordnete Pumpen, deren Kolben gemeinsam über ein durch Wasserrad angetriebenes Gestänge bewegt wurden, erzielte man Förderhöhen bis 400 m. Eine bes. Konstruktion stellte die 1749 von dem slowakischen Techniker *J. Höll* erfundene Wassersäulenmaschine dar, bei der das Prinzip der hydraulischen Presse vorweggenommen ist. Die Maschine wurde in der Folgezeit vielfach verbessert.

Durch den Einsatz der Dampfmaschine als Antrieb für Pumpen wurden alle bisherigen Maschinen zur W. allmählich verdrängt. Mit der Entwicklung der Kreiselpumpe (Mitte des 19. Jh.) entstand schließlich das moderne Aggregat zur W. Es setzte sich gegen Ende des 19. Jh. durch, nachdem mit dem Elektromotor eine geeignete Antriebsmaschine genügend hoher Drehzahl zur Verfügung stand. Die erste W.sanlage mit Zentrifugalpumpen wurde

1903 in einem spanischen Bergwerk installiert.

Wasserkraftwerk: Die ältesten Staumauern in Europa wurden in den Pyrenäen und den italienischen Hochalpen aus Erde, Bruchstein oder Felsen mit Lehm und Ton als Bindemittel errichtet und dienten der Wasserspeicherung für den Betrieb von Mühlen, Sägewerken, Hammerwerken u. a. (Wasserrad ↑). Der Italiener *A. Bacci* erwähnt in einem 1576 erschienenen Buch als erster Talsperren zur Regulierung von Wildbächen. Sie waren jedoch den Anforderungen noch nicht gewachsen, was zu zahlreichen Katastrophen führte. In Spanien z. B. wurde 1791 in Puentes eine Talsperre mit einer 50 m hohen Staumauer fertiggestellt. Die mit Pfahlrostgründung ausgeführte Staumauer brach 1802 und forderte 680 Menschenleben.

Nachdem noch um 1850 die Dampfmaschine die bes. in Mitteleuropa relativ gut genutzte Wasserkraft zu verdrängen und damit auch dem Bau von Talsperren seine Bedeutung auf diesem Gebiet zu nehmen schien, trat Ende des 19. Jh. ein entscheidender Umschwung ein. Ursachen waren die Konstruktionen einer brauchbaren Radialturbine (Wasserturbine ↑) 1849, die Erfindung des Dynamos 1867, die Vorführung eines kleinen W. in München 1882 und der experimentelle Nachweis, daß sich elektrische Energie auf weite Entfernungen übertragen läßt (1891). Etwa um die gleiche Zeit hatte sich auch mit dem Übergang zur Errichtung gemauerter und betonierter Talsperren für große Stauhöhen ein grundlegender Wandel vollzogen, für den in Deutschland der Wasserbauingenieur *O. Intze* (1843 bis 1904) zum Wegbereiter wurde. Er befaßte sich als einer der ersten mit Plänen zur rationellen Nutzung der Wasserkraft, wobei er die Ideen von *O. v. Miller* ↑ weiterentwickelte. Eine Hochwasserkatastrophe Ende der 90er Jahre des 19. Jahrhunderts veranlaßte ihn, den Bau von Talsperren vorzuschlagen und in Angriff zu nehmen. Im Interesse der Anlieger verband *Intze* diesen Plan mit der energietechnischen Nutzung der gestauten Wasserkraft. 1904 begann unter seiner Leitung der Bau der Urft-Talsperre in der Eifel, bei welcher erstmals die Überlandstromversorgung in den Vordergrund gestellt wurde. Diese Anlage blieb lange Zeit das größte Objekt in Europa und zugleich die erste brauchbare Kraftanlage für den vorgesehenen Zweck.

Die Nutzung von Wasserkräften beschränkte sich in dieser Zeit auf geographisch begrenzte Stellen mit größeren Höhendifferenzen, wofür die Niagarafälle ein klassisches Beispiel sind. Hier wurden 1894 die ersten Wasserturbinen in Betrieb genommen. Das bereits 1922 fertiggestellte Walchenseekraftwerk ist eines der wenigen Hochdruckkraftwerke mit natürlichem Wasserreservoir.

Zur neuesten und zugleich entscheidenden Erfindung auf dem Gebiet der Nutzung von Wasserkraft wurde 1912 die Kaplan-Turbine, weil sie die Möglichkeit schuf, auch geringere Gefälleunterschiede zur Energieversorgung zu nutzen. Jetzt wurde es möglich, auch die Wasserläufe im Flachland zur Energieerzeugung zu nutzen. So entstand neben dem bisher üblichen Speicherkraftwerk der Typ des Lauf-W., bei dem der Mehrzweckcharakter der meisten hydroelektrischen Projekte in der Welt (Energieerzeugung, Nutzwasserversorgung, Hochwasserschutz) deutlich zum Ausdruck kommt. Im Bau und Einsatz von W.en steht heute die UdSSR an der Weltspitze. Hier begann nach dem auf Vorschlag *Lenins* ausgearbeiteten GOELRO-Plan ↑ 1922 unter schwierigsten Bedingungen am Wolchow der Bau des ersten W. der UdSSR. 1932 wurde am Dnepr das 2. W. fertiggestellt. Neben weiteren Plänen für die meisten großen Flüsse im europäischen Teil der UdSSR sind im Rahmen der langfristigen Planung zur Nutzung der sibirischen Ströme große Teilvorhaben fertiggestellt, so die W. von Bratsk (1962 in Betrieb genommen) und Ust-Ulim, die zu den größten Anlagen dieser Art in der Welt gehören, ebenso wie das 1971 in Betrieb genommene W. von Krasnojarsk (6000 MW). Große Bedeutung für die klimatischen und geologischen Verhältnisse hat der Plan »Große Wolga«, nach dem die sibirischen Flüsse Petschora und Wytschegda in die Kama umgeleitet werden und somit das Wasserreservoir des Kaspischen Meeres in Zukunft erhalten helfen.

In den USA führte das zwischen 1933 und 1943 realisierte Tennessee-Projekt zunächst zu günstiger wirtschaftlicher Entwicklung des vorher rückständigsten Gebietes der USA, dient aber heute vorwiegend der US-Rüstungsindustrie.

Ebenfalls von entscheidender Bedeutung für die landwirtschaftliche Entwicklung sind die Arbeiten zur Regulierung des Nil. Hier führte der vollendete Bau des Staudamms von Assuan (Sadd-al-Ali), 1971 in Betrieb genommen, zu einem Höhepunkt internationaler Zusammenarbeit: der Rettung der wertvollen Bau- und Kulturdenkmäler der altägyptischen und nubischen Kunst, die im Stauseebereich lagen. Sie gelang unter der koordinierenden Leitung der UNESCO, wobei die Umsetzung der Felsentempel von Abu Simbel eine technische Spitzenleistung darstellt.

Der Fortschritt in der Nutzung vorhandener Wasserkräfte hält unvermindert an. Unter den Wasserkraftanlagen in der DDR ist die Kriebsteintalsperre die derzeit größte. Die Rappbodetalsperre zählt zu den modernsten Anlagen auf diesem Gebiet.

Wasserleitung: Als die Wasserversorgung aus den nahen Quellen und Flüssen sowie aus Zisternen, Brunnen und Stauanlagen nicht mehr ausreichte, leitete man das Wasser aus der weiteren Umgebung zu den Städten. In Mesopotamien ließ König *Urukagina* um 2500 v. u. Z. Kanäle bauen und in Siedlungen Tonleitungen verlegen. Zur Versorgung Jerusalems mit Wasser gab es unter König *Salomon* (1015 bis 975 v. u. Z.) unterirdische Kanäle mit Belüftungseinrichtungen. Diese W., die teilweise eine Druckleitung gewesen sein soll, geht nach Berichten auf phönizischen Einfluß zurück.

Offene Kanäle und einen Aquädukt ließ König *Sanherib* (705 bis 681 v. u. Z.) zur Wasserversorgung der assyrischen Hauptstadt Ninive bauen. Der hellenische Ingenieur *Eupalinos von Megara* baute auf der Insel Samos zur Zeit des Tyrannen *Polykrates* (537 bis 522 v. u. Z.) eine Gefälleleitung z. T. als Tunnel durch einen Berg und verlegte Rohre in Gräben. Um 200 v. u. Z. erbaute ein griechischer Ingenieur eine Druck-W. auf die Akropolis von Pergamon. *Herodes*(37 bis 4 v. u. Z.) errichtete in seiner W., die er unter Ausnutzung des Wasserdrucks über einen Berg legte, zwischen dem Quellgebiet und der Stadtleitung Wasserschlösser (auch Wasserkastelle genannt), in denen das Wasser gesammelt und dann in die Häuser oder in Teiche weitergeleitet wurde.

Die große Epoche des Aquäduktenbaus begann 312 v. u. Z. im römischen Reich unter *Appius Claudius Caecus.* Er ließ den von *Gaius Plautius* begonnenen Kanal vollenden (Aqua Appia). In römischen Häusern gab es oftmals mehrere Wasserentnahmestellen. Mit dem Untergang des römischen Reiches wurden diese Anlagen zerstört und verfielen. Im Mittelalter wurde in Europa das Wasser mit Eimern und Kannen aus den Flüssen und Brunnen entnommen. Das erste Pumpwerk in Deutschland errichtete man 1294 in Lübeck. Im 14. und 15. Jh. begann man erneut mit dem Verlegen von Rohrleitungen. Auch errichtete man Wasserwerke und Wassertürme zur besseren Wasserversorgung, aber nur zur Verteilung in die Stadtbrunnen. Hausleitungen gab es nicht. Gdansk erhielt 1570 ein W.snetz, das durch Kolbenpumpen gespeist wurde. Im 19. Jh. boten die Flüsse noch gutes Trinkwasser, so daß Fernwasserleitungen selten waren. Mit Ausgang des 19. Jh. nahm die Verschmutzung des Flußwassers zu, und demzufolge ging man zunehmend dazu über, Fernwasser-Verbundleitungen zu bauen.

Wasserrad: In Form der Schöpfräder, die etwa ab 3000 v. u. Z. vor allem bei Völkern in wasserarmen Gebieten Afrikas und Asiens aufkamen, fand das W. seine erste Anwendung. Die später entwickelten Wassermühlen waren nur vereinzelt im antiken Griechenland und später in Rom in Gebrauch. So entstand eine große römische Anlage um das Jahr 200 bei Arles. Hier trieben 16 terrassenförmig angeordnete W. 32 Mahlwerke mit einer Gesamttagesleistung von etwa 28 t Mehl an. Zur wichtigsten Kraftmaschine in Europa wurde das W. nach dem 12. Jh. mit der Entwicklung der Manufaktur. Außer bei Gedreidemühlen wurde das W. auch als Antrieb der verschiedenartigsten Arbeitsmaschinen verwendet, so u. a. seit dem 14. Jh. bei Hammerwerken (z. B. Frohnauer Hammer, erbaut um 1400),Sägewerken, Pochwerken, Walkmühlen und später Webstühlen. Nach den örtlichen Bedingungen wurde das W. dabei ober-, mittel- oder unterschlächtig betrieben. Die im Mittelalter sehr verbreiteten Schiffsmühlen ↑ (sie waren durch die Römer wahrscheinlich zu Beginn unserer Zeitrechnung nach Mitteleuropa gelangt) wurden durchweg von unterschlächtigen W. angetrieben. Mit der 1769 patentierten, mit einem W. angetriebenen Spinnmaschine von

R. Arkwright ↑ begann die moderne Industrie.

Große Bedeutung erlangte das W. im Mittelalter auch für die Wasserhaltung ↑ im Bergbau. Die größte Wasserkraftanlage des 17. Jh. schuf 1681/85 *R. Sualem* ↑ bei Marly. Sie diente der Wasserversorgung der Fontänen in den königlichen Parks von Versailles. Die von 14 Wasserrädern mit je 12 m Durchmesser betriebene Anlage arbeitete 132 Jahre ohne Störungen, leistete jedoch nur etwa 130 PS (etwa 95 kW). Mit der Erfindung der Dampfmaschine wurde das W. allmählich zurückgedrängt, doch wird es für bestimmte Zwecke wegen seiner geringen Betriebskosten vereinzelt auch noch heute genutzt.

Wasserturbine: Das Prinzip der W. geht bis auf *Philon von Byzanz* ↑ zurück. Es fand eine erste technische Realisierung in dem 1750 beschriebenen Wasserrad von *J. A. Segner* ↑. Die theoretischen Grundlagen erarbeitete um 1730 *D. Bernoulli* ↑. *L. Euler* ↑ führte 1751/54 Versuche durch, bei denen das Wasser dem Laufrad durch gekrümmte Kanäle zugeführt wurde. *Euler* muß demnach als Erfinder des Leitapparates bezeichnet werden. Das Segnersche Wasserrad nutzte die Rückstoßwirkung tangential aus dem Radkranz tretender Wasserstrahlen und diente zum Antrieb einer Papiermaschine. Aus *Segners* Erfindung entstand die heute meistgebaute Art der W., die Reaktionsturbine (Überdruckturbine). Die Bezeichnung Turbine soll als erster *C. Burdin* ↑ (1824) für seine Konstruktion eines Vorläufers der W. benutzt haben. Die erste als eigentliche W. anzusprechende Wasserkraftmaschine konstruierte 1827 *B. Fourneyron* ↑. In Rußland baute 1837 der Deichmeister *I. J. Safanow* im Ural die erste W., der weitere folgten. Der russische Bergbauingenieur *W. J. Roschkow* setzte *Safanows* Arbeiten fort und konstruierte 1856 eine nach ihm bezeichnete W., über die jedoch keine genaueren Angaben mehr existieren.

1837 meldeten die Mechaniker *K. A. Henschel* ↑ und Sohn in Kassel eine axiale Überdruckturbine zum Patent an. Diese mit einem Saugrohr ausgestattete und dadurch hoch über dem Unterwasser aufstellbare W. ermöglichte eine bessere Ausnutzung der Fallhöhe. Sie wurde von dem Werkmeister *Jonval* in Mühlhausen erheblich in ihrer Konstruktion verbessert. 1838 wurde auch dem Amerikaner *S. B. Howd* die Konstruktion einer Überdruckturbine patentiert. Neben anderen bekannten Technikern und Konstrukteuren des W.nbaus hat der Nordamerikaner *J. B. Francis* ↑ maßgeblich zur Vervollkommnung der Überdruckturbine beigetragen. Er konstruierte 1849 als erster eine solche Turbine mit radialer Beaufschlagung und Saugrohr. Sie wurde in der Folgezeit vielfach verbessert, so 1859 durch die von *Funk* entwickelte Drehschaufelregulierung, mit der auch bei vermindertem Wasserangebot günstige Wirkungsgrade erreichbar wurden. Sie ist noch heute als Überdruck-Radialturbine eine der am häufigsten gebauten W.ntypen. Eine moderne Weiterentwicklung, die 1952 von *Dériaz* geschaffene W., eignet sich infolge reversibler Einsatzmöglichkeiten als Turbine oder Pumpe bes. für Pumpspeicherwerke ↑.

1912 erfand *V. Kaplan* ↑ einen zweiten Grundtyp der Überdruckturbine, die ein Laufrad in Form einer Schiffsschraube ↑ hat, das vom Wasser axial durchströmt wird. Die Kaplanturbine, von *Kaplan* selbst wesentlich weiterentwickelt, ist die schnellläufigste aller W.ntypen. Mit ihr wurde es möglich, auch niedrige Fallhöhen und schwankende Wasserangebote, wie sie bei Flachlandströmen auftreten, zu nutzen. Aus diesem Grunde empfiehlt sich die Kaplanturbine auch für den Einsatz in Gezeiten-Kraftwerken ↑. Speziell für diesen Zweck konstruierte 1934 *A. Fischer* eine Abwandlung der Kaplanturbine, die als Rohrturbine bekannt wurde und bes. bei sehr geringem Wassergefälle günstig arbeitet.

Neben den verschiedenen Arten von Überdruckturbinen kamen im 19. Jh. auch verschiedene Arten von Freistrahlturbinen zum Einsatz. Vorläufer sind das nach dem Schweizer Erfinder benannte Zuppinger-Rad (1841) und die W. des sächsischen Kunstmeisters *Schwammkrug* (1850). Beide Arten wurden dann in der Folgezeit durch die gegenwärtig gebräuchliche Form der Freistrahlturbine, die Pelton-Turbine, abgelöst. Diese wurde 1890 von *L. A. Pelton* ↑ erfunden, wobei dieser das Prinzip des bereits 1846 erfundenen Löffelrads weiterentwickelte. Die Pelton-Turbine bewährt sich bes. bei kleinen Wassermengen und großen Fallhöhen. Andere W., die eine Kombination zwischen Wasserrad ↑ und Frei-

strahlturbine darstellen, werden als Durchströmturbinen bezeichnet. Als erster baute der Ungar *Banki* 1921 eine solche W. Später wurde diese Bauart in verschiedenen Typen variiert. Überall dort, wo langsame und schwerfällige Wasserräder gegen leichte und schnellaufende W.nkonstruktionen ausgetauscht werden sollen, ist die Durchströmturbine ein vorteilhafter Substituent.

Wasserwaage: war schon um 500 v. u. Z. bekannt und wurde allgemein benutzt.

Wasserzersetzung, elektrolytische: Die Zersetzung des Wassers durch elektrischen Strom wurde 1800 von *A. Carlisle* ↑ und *W. Nicholsons* ↑ entdeckt und untersucht. Nahezu gleichzeitig erforschte auch *J. W. Ritter* ↑ diese Vorgänge.

Webmaschine: Die ersten bekannt gewordenen Versuche zur Mechanisierung des Webvorgangs unternahm der Franzose *M. de Gennes,* der 1678 den ersten Webstuhl mit hydraulischem Antrieb erfand. Auch *J. Vaucanson* ↑ konstruierte 1745 einen mit Wasserkraft arbeitenden Webstuhl, doch stammt der erste wirklich brauchbare mechanische Webstuhl von *E. Cartwright* ↑ (1784), den dieser 1786/88 weiter verbesserte. Die endgültige technische Lösung fand *R. Roberts* ↑ 1822 in Manchester, wo bereits 1806 die erste mechanische Weberei ihren Betrieb aufgenommen hatte.

Wichtige neue Erfindungen auf dem Gebiet der W. sind 1889 der Webautomat mit automatischem Schützenwechsel *(J. H. Northrop),* der 1907 von *D. M. Smeaton* konstruierte Greiferwebstuhl, der 1926 *(Gabler)* und 1928 *(Rossmann)* Weiterentwicklungen erfuhr.

1949 erfand *E. Neumann* die Greiferschützenwebmaschine »System Neumann«, 1950 folgte die Erfindung der mit Luftstrahl arbeitenden Düsenwebmaschine von *V. Scatý,* welche 1953 durch die mit Flüssigkeitsstrahl arbeitende Düsenwebmaschine *(Scatý, J. Mobelniký, S. Zahradnik)* weiterentwickelt wurde.

Webstuhl: Aus Funden läßt sich mit Sicherheit folgern, daß schon in der jüngeren Steinzeit primitive Webstühle existierten. Bereits in der Bronzezeit verstand man, Gewebe aus Wolle mit reichem Ornamentenschmuck anzufertigen. Der um 1300 entwickelte Trittwebstuhl besaß als wichtige Neuerung ein Holzschiffchen, in dem sich die Spule mit dem Schußgarn befand. Er wurde weiter verbessert, bes. durch die Erfindung des Schnellschützen (1733) und der Wechsellade durch *J. Kay* ↑ (1760). Die um diese Zeit einsetzenden Versuche zur Mechanisierung des Webens leiteten eine neue Entwicklungsetappe ein (Webmaschine ↑).

Wechselstromtechnik: entstand aus dem mit Gleichstrom nicht zu befriedigenden Bedürfnis, hohe elektrische Leistungen verlustarm in die Ferne zu übertragen. Begünstigt wurde ihre Einführung vor allem durch die einfache Konstruktion von Wechselstromgeneratoren und durch die Möglichkeit, mit Transformatoren Wechselspannungen bzw. -ströme bei hohem Wirkungsgrad herauf- oder herabzusetzen.

Bereits nach 1880 entstanden erste Wechselstromanlagen, z. B. in England und in Odessa. Der Einführung der W. hinderlich war anfänglich das Fehlen geeigneter Wechselstrommotoren. Ihre Entwicklung verlief parallel zur Erschließung der Technik der Mehrphasenströme, um die sich bes. *N. Tesla* ↑ und *G. Ferraris* ↑ Verdienste erwarben.

Die erste Übertragungsanlage mit Dreiphasenwechselstrom führte *F. A. Haselwander* ↑ 1887 aus; nach ihrem Prinzip arbeiten heute nahezu sämtliche Energieübertragungseinrichtungen. *Haselwanders* Patente wurden jedoch durch Machenschaften großer Elektrofirmen, bes. der AEG, die eine ernsthafte Konkurrenz der von ihnen produzierten Gleichstromanlagen fürchteten, zu Fall gebracht.

Zum Durchbruch gelangte die W. erst nach der Einführung des vor allem von *M. O. Doliwo-Dobrowolski* ↑ entwickelten Käfigläufermotors. Doch vollzog sich die Einführung der W. in stetem Kampf gegen die vorhandenen und profitbringenden Gleichstromnetze unverhältnismäßig langsam. Teilweise blieben diese bis nach 1945 erhalten.

Weidezaun, elektrischer: Schon vor 1945 wurden zahlreiche e.W. eingesetzt. In Deutschland wurde 1940 erstmals ein e.W. erprobt. Es handelte sich um kompakte Batteriegeräte mit eingebautem (meist mechanischem) Unterbrecher. Nach 1945 wurden Netzanschlußgeräte als Ersatz für Batterien und Akkumulatoren eingeführt.

Wettersatellit: Ab 1960 wurden W. (z. B. Se-

rie »Tiros« der USA) auf meistens polare Umlaufbahnen gebracht. Die von Wolkenbildungen bzw. von der Erdoberfläche erhaltenen Aufnahmen wurden entweder auf Abruf oder (erstmals bei »Tiros 8«, Dezember 1963) fortlaufend automatisch zu Bodenstationen übertragen. In der Folgezeit wurden die W. rasch technisch verbessert (z. B. Serie »Nimbus«/USA). Beginnend mit dem W. »Kosmos 122« baute die Sowjetunion ihr W.-System »Meteor« auf.

Seit 1977 sind als W. auch Synchronsatelliten im Einsatz (z. B. »Meteosat«).

Wheatstonesche Brücke: ein unentbehrliches Hilfsmittel für elektrische Messungen sowie für die Steuerungs- und Regelungstechnik, wurde 1843 von *Ch. Wheatstone* ↑ angegeben.

Winderhitzer: Die Erhitzung der Gebläseluft für Schmelz- und bes. Hochöfen wurde erstmals 1828 von *I. B. Neilson* empfohlen. Dazu baute man aus feuerfesten Steinen 16 bis 18 m hohe und 6 bis 8 m dicke Zylinder mit einem Mantel aus Kesselblech, die nach dem Siemensschen Regenerativsystem arbeiteten. Der nach *E. A. Cowper* ↑ benannte und noch heute verwendete Cowperapparat hat zusätzlich noch einen Verbrennungsschacht. Der übrige Raum ist durch zahlreiche aus dünnen Steinen erbaute Wände in viele Kanäle geteilt. In den Verbrennungsschacht werden die Verbrennungsgase und die zur Verbrennung erforderliche Luft geleitet. Sie erwärmen die Kanäle. Nach Umschalten auf einen zweiten Cowperapparat gelangt Gebläseluft in die Kanäle und erhitzt sich, bevor sie den Hochofen erreicht.

Windkraftmaschinen: Die ersten Windräder, mit Segeln an Speichen versehene Räder auf vertikalen Achsen, trieben bereits um 1200 v. u. Z. im Orient Mühlen und Bewässerungsanlagen an. Die erste Windmühle in Europa wird im 9. Jh. in England erwähnt, später in Frankreich (1105). In Deutschland soll die erste Windmühle 1222 in Köln gebaut worden sein, während die erste Darstellung einer deutschen Bockwindmühle aus dem Jahre 1430 stammt. Steinerne Turmwindmühlen mit drehbarer Haube kamen hier erst im 17. Jh. auf. Alle Windmühlen in Europa dienten zum Kornmahlen und besaßen vertikale Flügelräder. Eine Bauart mit horizontalem Flügelrad, 1641 auf einem Stich dargestellt, konnte sich nicht durchsetzen.

Eine spezielle Art der Ausnutzung der Windkraft stellt die 1394 zum ersten Mal bekannt gewordene Wind-Wasserpumpe dar. Sie spielte zur Bewässerung im Flachland an der Ost- und Nordsee bis in das 17. Jh. eine gewisse Rolle. Die Windmühle hat heute nur noch historische Bedeutung.

Mit dem vielflügeligen Windrad (Windmotor), das zuerst zum Antrieb von Wasserpumpen in entlegenen Gebieten der USA Verwendung fand, entstand um 1850 eine neue Form der W. Die theoretische Bearbeitung der Verwertungsmöglichkeiten von Windenergie begann erst 1891. Dabei zeigte sich, daß mit 2 oder 3 aerodynamisch profilierten Flügeln versehene Windräder die besten Leistungsausbeuten ergeben. Entsprechende Versuchsanlagen wurden nach 1920 bei Göttingen und Berlin von *K. Bilau* gebaut, doch waren sie nicht für Dauerbetrieb verwendbar. Praktische Anwendung fanden solche Windräder in größeren Windkraftwerken vor allem in der UdSSR und den USA. 1931 wurde auf der Krim eine 100-kW-Anlage in Betrieb gesetzt, die mit einem 30-m-Windrad arbeitete. Eine Anlage gleicher Leistung entstand nach 1950 in England. Sie stellt die Kombination zwischen einem Windrad und einer Windturbine dar. Das bisher größte Windkraftwerk (10 MW) wurde 1937 auf der Krim errichtet. Eine 1940 in den USA errichtete Großanlage auf dem Gipfel des 600 m hohen Grandpas Knob mit einem 53-m-Windrad wurde nach erfolgreichem Probelauf wegen Sturmschäden abgerissen. Windräder haben sich in kleineren Anlagen (bis um 100 kW) unter geeigneten Bedingungen durchaus bewährt, Großanlagen sind nach heutigen Erkenntnissen in ihrer Rentabilität den Wasser- und Wärmekraftwerken unterlegen.

Winkler-Generator: Anlage zum kontinuierlichen Vergasen feinkörniger Brennstoffe im Schwebeverfahren. Das Vergasungsmittel (Sauerstoff und Wasserdampf) wird dabei mit derart hoher Geschwindigkeit durch den Rost in die Brennstoffschicht geblasen, daß letztere in schwebender Bewegung gehalten wird (Wirbelschichtverfahren). Das Prinzip des Verfahrens wurde 1921 von *F. Winkler* entdeckt und ist inzwischen auf die verschiedensten Berei-

che der chemischen Technologie erfolgreich übertragen worden.

Wirkerei (Strickerei): Die Kunst des Strickens und Wirkens wurde zuerst im 5. und 6. Jh. historisch nachgewiesen. Der Strumpf war lange Zeit ein kostbares Kleidungsstück und gehörte bis in das 14. Jh. zum Ornat der Könige, Fürsten und anderer Vertreter der herrschenden Klasse. Erst vom 16. Jh. an lassen sich genaue Daten auf dem Gebiet der W. nachweisen. So erfand *W. Lee*, ein englischer Geistlicher, 1589 den ersten Wirkstuhl zur Strumpfherstellung (Strickmaschine). 1755 wurde die erste Rändermaschine (Fangmaschine) gebaut und um 1780 der Handkettenstuhl erfunden. Der erste französische Rundstuhl wurde 1798 konstruiert, die erste Rundstrickmaschine 1860. 1861 führte *Paget* den mechanischen Betrieb am Flachkulierstuhl ein, 1866 baute *Lamb* die erste Flachstrickmaschine. 1868 erfand schließlich *W. Cotton* ↑ die nach ihm benannte Maschine.

Wolfram: 1758 entdeckte *A. F. Cromwell* das Mineral Scheelit, aus dem *C. v. Scheele* ↑ 1781 W.oxid isolierte. 1783 gelang den Spaniern *José* und *Fausto* d'*Elhuyar* daraus die W.herstellung. Sie erfolgt heute durch Aufarbeitung des Erzkonzentrats über Natriumwolframat zu WO_3, das durch Wasserstoff bei hoher Temperatur zu W.pulver reduziert wird. W. findet Verwendung für Leuchtdrähte in Lampen, in Schnellarbeitsstählen und bei der Herstellung von Hartmetallen.

Woltmannflügel: wurde 1790 durch den deutschen Wasserbauingenieur *R. Woltmann* erfunden. Er dient der Messung der Strömungsgeschwindigkeit in fließenden Gewässern. *Woltmann* erfand auch den nach ihm benannten Wassermesser zur Feststellung der durch eine Leitung geflossenen Wassermenge.

Z

Zahnradbahn: zur Überwindung großer Steigungen wurde *N. Riggenbach* ↑ 1863 patentiert.

Zeitzeichen, drahtlose: Die Ausstrahlung von d.Z. wurde in den ersten Jahren des 20. Jh. vorgeschlagen. 1906 regte der französische Physiker *Bigourdan* die Aufstellung eines sehr leistungsfähigen Zeitzeichensenders an, der möglichst auf der ganzen Welt zu empfangen sein sollte, eilte damit jedoch den bestehenden technischen Möglichkeiten voraus. Ab 1910 wurden dann von Groß- und Küstenfunkstationen, später auch von Rundfunk- und speziellen Z.-sendern, d. Z. ausgestrahlt.

Zellstoff: Aus faserhaltigen Pflanzen, bes. Nadelhölzern, durch chemischen Aufschluß gewonnener Faserstoff, bis zum ersten Weltkrieg überwiegend nur zur Herstellung von Papier ↑ verwendet, später in zunehmendem Umfang als Ausgangsmaterial auch für Chemiefaserstoffe (Kunstseide ↑), Plaste (Celluloid ↑); u. a. Versuche zur Gewinnung von Z. durch Abtrennen der Z.-Fasern von den anhaftenden Begleitstoffen im Pflanzenmaterial gibt es seit 1826. Als erster soll 1854 *Mellier* Z. aus Stroh und ähnlichem Pflanzenmaterial durch Behandlung mit verdünnter Natronlauge unter Druck und Erhitzen hergestellt haben. Etwa zur gleichen Zeit (1853) erfanden die Engländer *C. Watt* und *H. Burgess* in den USA ein Verfahren zum alkalischen Aufschluß von Holzspänen. Bekannter wurde das Verfahren von *Arnouli* und *Houghton*, die mit Ätznatron und Schwefelsäure arbeiteten und deren Methode als Houghtonsches Ätznatronverfahren zum ersten in größerem Umfange eingesetzten Aufschlußverfahren wurde. Auf der Suche nach anderen Aufschlußmedien wurde zuerst in Schweden durch *Ekman* Calciumbisulfit benutzt. 1863 meldete der Schwede *Tilghman* auf der gleichen Basis ein Verfahren an, das zugleich die Nutzung der beim Prozeß anfallenden Gase sowie die Nutzbarmachung der Ablauge einschloß. Erst durch die Arbeiten von *A. Mitscherlich* ↑, der um 1870 die Arbeit von *Tilghman* weiterführte und damit zum Begründer der Sulfit-Z. Industrie in Deutschland wurde, erhielt das Verfahren (Sulfitverfahren) seine industrielle Bedeutung neben dem Ätznatronverfahren. Während *Mitscherlich* nach dem indirekten Kochverfahren arbeitete, wurde 1872 in Österreich durch *Ritter* und *Kellner* die direkte Kochung eingeführt (Ritter-Kellner-Verfahren). Zur gleichen Zeit wurde das Ätznatronverfahren von *Houghton* in Deutschland bereits in großem Umfang betrieben. *Dresel* und *Dahl* konnten 1884 durch Mitverwendung von Sulfat und Schwefelalkalien eine bedeutsame Weiterentwicklung er-

zielen, die als Sulfatverfahren schnell große technische Bedeutung erlangte, weil mit dieser Aufschlußmethode auch harzreiche Hölzer in guter Ausbeute umgesetzt werden können. Die Sulfat-Z.-Industrie bildet heute in der Welt neben den nach dem Sulfitverfahren arbeitenden Betrieben die wesentliche Quelle für die technische Z.-Gewinnung.

Zellwolle: aus Viskosefaser hergestellter, der Baumwolle in seiner chemischen Natur ähnlicher halbsynthetischer Chemiefaserstoff. Nach der Entdeckung der Viskose durch *Cross* und *Bevan* (1892) und ihrer Fällbarkeit durch Säure (Kunstseide ↑) wurden 1895 in England die ersten Viskosefäden hergestellt. 1905 begann die Produktion auch in Deutschland. In der Folgezeit wurde das Verfahren durch zahlreiche Verbesserungen in der UdSSR, den USA und Deutschland weiterentwickelt. Nach 1930 trat ein großer Aufschwung in der Z.produktion ein (Ersatz für Baumwolle und teilweise auch Wolle).

Zeltdach: Grundlage für die Entwicklung der Z. sind Zirkuszelte und Segelflächen von Schiffen. Z. werden seit etwa 1960 gebaut, vor allem für Ausstellungshallen, da sie sehr leicht und schnell montierbar sind. So wurde ein Faltenseildach für die Landwirtschaftsausstellung Markkleeberg bei Leipzig von *I. Bauer* und *H. Rühle* errichtet.

Zement: Die Herstellung hydraulischer Bindemittel geht auf Forschungen des Deutschen *J. F. John*, des Franzosen *L. J. Vicat* und der Engländer *Smeaton* und *J. Parker* um 1750 bis etwa 1800 zurück. *Smeaton* stellte durch Brennen von Kalkmergel 1756 das erste hydraulische Bindemittel her. *Parker* erhielt 1786 ein Patent für Roman-Z. Als Erfinder des Portland-Z. wird gewöhnlich der englische Bauunternehmer *J. Aspdin* ↑ genannt, der 1824 ein Patent für die Herstellung von Z. erhielt und erstmals den Namen Portland-Z. verwendete. Sein Z. war jedoch immer noch ein Roman-Z. *Aspdin* wollte mit dem Namen lediglich die Ähnlichkeit des Bindemittels mit dem in England als Portlandstone bezeichneten Baumaterial andeuten. Den ersten Portland-Z. im heutigen Sinne stellte 1844 der Engländer *I. B. Johnson* her. In Deutschland nahm *E. Bleibtreu* bei Pasewalk das erste Portlandzementwerk in Betrieb. Um 1830 wurde in Süddeutschland mit der Produktion von Natur-Z. begonnen. 1862 entdeckte *E. Langen* das latent hydraulische Erhärtungsvermögen von Hochofenschlacken. Um 1876 begannen *W. Michaelis* und *G. Prüssing*, dem Portland-Z. gemahlene Hochofenschlacke beizumischen. Seit 1892 werden Hütten-Z. (Eisenportland-Z., Hochofen-Z.) – erstmals in Wetzlar – hergestellt und ab 1901 unter dem Namen Eisenportland-Z. gehandelt. Der erste Hochofen-Z. wurde industriell 1907 in Unterwellenborn produziert.

1908 entdeckte *H. Kühl* den Sulfathütten-Z., der durch gemeinsames Vermahlen von tonerdereichen Hochofenschlacken mit 10 bis 15 % Gips hergestellt wird. Ab 1920 wird Sulfathütten-Z. in Frankreich, Belgien und Italien in Großproduktion hergestellt. In Deutschland wird Sulfathütten-Z. seit 1944 produziert. Zu Beginn dieses Jahrhunderts entwickelte der Franzose *J. Bied* den Tonerde-Z. (Tonerde des Portland-Z. wird durch Bauxit ersetzt und mit Kalkstein gemeinsam vermahlen).

1921 wurde ein Patent zur Herstellung von Quell-Z., der zur selbsttätigen Vorspannung von Betonbauteilen verwendet werden soll, erteilt. In den folgenden Jahren führte der Franzose *H. Lossier* umfangreiche Erforschungen der Quell-Z. durch.

Zeugdruck: Die 1785 von dem Engländer *H. Bell* erfundene Walzen-Druckmaschine (Rouleaux-Druckmaschine) war bahnbrechend für die Entwicklung des Gewebedrucks seit dieser Zeit. Die noch heute gebräuchlichen Walzen- und Perrotine-Druckverfahren stammen sämtlich aus dem letzten Viertel des 19. Jh. Daneben hat sich der Handdruck mit Holzformen (Modeln) erhalten. Eine moderne Form des Z., der sogenannte Filmdruck (Schablonendruck, Siebdruck), hat seine Anfänge in den einige Jahrhunderte alten japanischen Yunzendrucken. Er wurde in der ersten Hälfte unseres Jh. weiter vervollkommnet.

Ziegelmauerwerk: Luftgetrocknete Ziegel aus Nilschlamm wurden schon 4000 v. u. Z. zum Hausbau verwendet. Z. mit gebrannten Ziegeln als Grundelement war im Orient bzw. im Mittelmeerraum seit dem 2. Jahrtausend v. u. Z. bekannt. Anfänglich wurde es sehr begrenzt angewendet, später in Rom zur höchsten Blüte gebracht. Von dort gelangte es, wie der Steinbau, nach Mitteleuropa.

Ziegler-Katalysatoren: sind hochspezifische

Katalysatorsysteme, mit denen es möglich ist, hochpolymere Substanzen (Plaste und Elaste) mit weitgehend regelmäßiger Struktur herzustellen. Die ersten Z.-K. wurden 1954 von einem Arbeitskreis um *K. Ziegler* entdeckt und haben in kurzer Zeit große Erfolge in der Chemie und Technologie hochpolymerer Werkstoffe eingeleitet. Wegen der grundlegenden Entwicklungsarbeiten, welche *G. Natta* mit Z.-K. auf dem Gebiet der Olefinpolymerisation nach 1955 geleistet hat, werden Katalysatoren vom Ziegler-Typ auch als Ziegler-Natta-Katalysatoren bezeichnet.

Zimmermannshobel: wurde wahrscheinlich schon um 100 v. u. Z. benutzt.

Zink: Metallisches Z. wurde schon im 6. Jh. in Persien und später in Indien und China hergestellt. Erst im 16. Jh. gelangte es aus dem Orient nach Europa, 1746 wurde es von *A. S. Marggraf*↑ aus Z.verbindungen hergestellt.

Die Entwicklung der Z.industrie beginnt um 1800. Z. wird durch Reduktion mit Kohle oder elektrolytisch aus Z.oxid gewonnen. Die Reduktion erfolgt diskontinuierlich in liegenden oder kontinuierlich in stehenden Muffeln und neuerdings in Schachtöfen, aus denen das Z. in sog. Vorlagen abdestilliert. Weitere Reinigung durch Elektrolyse.

Z. fand Verwendung für Behälter (Wannen, Eimer usw.). Es dient heute als Gußmetall und als Überzugsmetall für Eisen- und Stahlbleche zum Zwecke des Korrosionsschutzes.

Zinn: Bereits in der Bronzezeit wurde Z. zum Legieren von Kupfer verwendet. Über die erste Darstellung des elementaren Z. besteht noch keine Gewißheit. Vermutlich war Z. bereits 1800 v. u. Z. in China bekannt. Auch in Indien, Japan, Peru, Mexiko und England wurde es sehr frühzeitig aus Z.stein gewonnen, der bis in 13. Jh. vor allem aus Cornwall kam. Weitere Fundorte waren Spanien, Frankreich, Böhmen und Sachsen. In Mitteleuropa entstanden die ersten Z.gruben im 12. Jh. Z. wurde aus Z.stein früher im Schachtofen und heute im Flammofen aus Rohstein reduziert und anschließend raffiniert. Aus Z. wurde früher Geschirr hergestellt. Heute wird Z. hauptsächlich als Überzugsmetall für Eisen (Weißblech) und für Lote verwendet.

Zonenschmelzen: wurde 1952 zur Gewinnung von Halbleitermaterial höchster Reinheit von *Pfann* entwickelt. Hierzu wurde 1956 eine halbindustrielle Methode ausgearbeitet, die darin besteht, daß man mehrere schmale Schmelzzonen erzeugt und langsam durch das zu reinigende Material wandern läßt. Die Verunreinigungen werden mit der Restschmelze zum Ende des stabförmigen Materials mitgeführt und dann entfernt.

Zucker: Seit mehr als 2000 Jahren sind süß schmeckende Früchte und andere Pflanzenteile sowie Honig bekannt. Durch Eindicken bestimmter Pflanzensäfte gewann man jahrhundertelang sirupartige Konzentrate, die als Süßmittel Verwendung fanden. Die Herstellung von kristallinem Z. aus Z.rohr wird zum ersten Mal um 300 in Indien erwähnt. Die Methode verbreitete sich langsam in andere Länder. Um 1300 wurde bes. in Ägypten Rohr-Z. gewonnen. Im 14. Jh. kam Z. über Venedig nach Deutschland. Die ersten Z.raffinerien, in denen man lediglich Rohr-Z. aus Mittel- und Südamerika umarbeitete, wurden in Deutschland im 16. Jh. errichtet. Die Gewinnung von Z. aus Rüben hat ihren Ausgangspunkt in dem 1747 von *A. S. Marggraf*↑ erbrachten Nachweis, daß in der Runkelrübe Rohrzucker enthalten ist. *Marggrafs* Schüler *F. K. Achard*↑ begann ab 1784 systematische Untersuchungen zur technischen Gewinnung von Z. aus einheimischen Pflanzen. Nachdem er 1799 die erste Z.probe gewinnen konnte, wurde 1801 in Kunern die erste Rübenzuckerfabrik in Betrieb genommen.

Um 1800 wurden in Rußland u. a. von *Jossipow* Z.-Versuche aus Rüben gemacht.

Der eigentliche Aufschwung der Rübenzukkerindustrie begann in Europa erst nach 1840.

Zündhölzer: Die ältesten Z. (Anfang des 19. Jh.) konnten sich gegenüber den herkömmlichen Feuerzeugen noch nicht durchsetzen, weil die Verbrennung ihrer Zündköpfe explosionsartig ablief. Mit den 1833 von *J. F. Kammerer* erfundenen Phosphorhölzern (Schwefelhölzer) kamen die ersten wirklich brauchbaren Z. auf den Markt. Sie wurden 1907 wegen des Gehalts an giftigem weißem Phosphor in der Zündmasse verboten. An ihre Stelle traten die bereits seit 1870 in Deutschland gehandelten Sicherheits-Z., die 1848 von *R. C. Böttger* erfunden worden waren. Sie wurden zuerst in Schweden hergestellt (»schwedische« Z.).

Die Übersichtstafeln

auf den Seiten 302 bis 391 zeigen den zeitlichen Zusammenhang von naturwissenschaftlichen und technischen Entdeckungen und Erfindungen, geographischen Entdeckungen und geschichtlichen Ereignissen.
Auf diese Weise wird das Einordnen der einzelnen Fakten in den geschichtlichen Rahmen, in die jeweilige Epoche, ermöglicht.

Teil IV

Entscheidende Entdeckungen und Erfindungen in Naturwissenschaft und Technik im Vergleich zu historischen Ereignissen und geographischen Entdeckungen

Zeit	Technik		Naturwissenschaften		Geschichte geographische Entdeckungen	
v. u. Z.			←	→		
5000 bis 2001	um 4000:	Ziegel in Ägypten				
	um 4000:	Rad im Mittelmeerraum				
	um 3000:	Papyrus als Schreibmaterial, Keilschrift				
	um 3000:	Sonnenuhr in China, Indien, Ägypten				
	ab 3000:	Werkzeuge und Waffen aus Bronze				
	ab 3000:	Bau von Pyramiden in Ägypten				
	um 2400:	Verwendung erschmolzenen Eisens in China				
2000 bis 1001	ab 2000:	Kupfer, Zinn, Blei, Eisen werden gewonnen und verarbeitet	um 1700:	Entstehung des »Moskauer Papyrus« und des »Papyrus Rhind«, der ältesten bekannten mathematischen Aufgabensammlung	um 1800:	Babylonien erringt beherrschende Stellung in Vorderasien
	ab 2000:	Segelschiffe auf dem Nil				
	um 1800:	Speichenrad setzt sich durch			um 1600:	Alphabet in Phönizien
	um 1500:	»Nadeln der Kleopatra« (Ägypten) als Zeitmesser			um 1600:	Entstehung eines großen Hethiterreichs
	um 1500:	Drechselbank mit Schnurzug und Fiedelbogen			um 1500:	Die ägyptische Herrscherin Hatschepsut rüstet Schiffsexpedition nach Ostafrika aus
	um 1500:	Glasmacherwerkstätten in Ägypten				
	um 1500:	Gebläse für Metallschmelzen in Ägypten			1194–1184:	sagenhafter Trojanischer Krieg
	um 1400:	Pergament als Schreibmaterial in Ägypten				
	um 1200:	Kanal zwischen Nil und Timsahsee und zum Roten Meer				
	um 1100:	magnetische Richtungsweiser in China				

1000 bis 601	um 1000:	Kupferbergbau bei Salzburg				um 945:	König Salomo schickt Expedition nach dem »Goldland« (vermutlich in Ostafrika)
	um 970:	Wasserleitung in Jerusalem					
	um 900:	Mauerbrecher und Sturmböcke der Assyrer, eiserne Pfeilspitzen				um 800:	Entstehung des athenischen Sklavenhalterstaates und des mazedonischen Staates
	um 700:	Eisenverarbeitung wird nördlich der Alpen bekannt					
	um 700:	Rolle wird angewendet				um 800:	Phönizier entdecken Kanarische Inseln
	um 650:	Metallanker für Schiffe					
	um 650:	Wasseruhren in Assyrien				753:	sagenhafte Gründung Roms
						um 700:	Notenschrift in Griechenland
						nach 700:	Griechen besiedeln Schwarzmeerküste
600 bis 401	um 600:	Schiffsschleifbahn über die Landenge von Korinth	um 550:	Thales untersucht elektrische Eigenschaften des Bernsteins		um 600:	Phönizier umfahren vom Roten Meer aus Afrika
	um 550:	Bronzeguß in Griechenland				um 520:	Karthager befahren Westküste Afrikas bis auf die Breite von Kamerun
	um 500:	Hebelpresse	um 550:	Pythagoräer lehren Kugelgestalt der Erde			
	um 500:	Töpferscheibe wird nördlich der Alpen bekannt	um 545:	Anaximenes unterscheidet Fixsterne und Planeten		492–449:	Perserkriege
	um 500:	Wasserwaage				431–404:	Peloponnesischer Krieg zwischen Athen und Sparta
	um 450:	Flaschenzug	um 450:	Empedokles (Stoff unzerstörbar)			
	um 425:	Fackeltelegrafie in Griechenland	um 440:	Atombegriff (Leukipp, Demokrit)			
400 bis 301	um 400:	Torsionsgeschütz	um 375:	Lehre von den Proportionen, Exhaustionsmethode (Eudoxus von Knidos)		336–323:	Alexander von Mazedonien unterwirft Persien, zieht nach Indien
	um 350:	Stenographie in Athen					
	um 350:	Beschreibung des Flaschenzuges				um 325:	Pytheas von Massilia stößt bis in die Breiten der Mitternachtssonne vor
	305:	erste Wasserleitung Roms					

Zeit	Technik		Naturwissenschaften		Geschichte geographische Entdeckungen	
					305:	Einrichtung einer Sternwarte und einer großen Bibliothek in Alexandria
300 bis 201	um 300:	Schreibtafeln aus Wachs und Blei	um 300:	Arbeiten des Euklid	264–201:	1. und 2. Punischer Krieg
	um 300:	Seide kommt nach Europa	um 240:	Arbeiten des Archimedes (Hebel, schiefe Ebene, Auftrieb, Anwendung der Mathematik auf die Mechanik)		
	nach 300:	Bau der Via Appia				
	nach 300:	Wasseruhr, Wasserorgel, Druckluftgeschütz des Ktesibios	um 230:	Eratosthenes von Kyrene bestimmt durch Gradmessung den Erdumfang		
	um 280:	Bau des Leuchtturms von Alexandria				
	um 250:	Archimedische Schraube				
	um 220:	Treträder zum Wasserpumpen				
	um 220:	Bau der Großen Chinesischen Mauer				
200 bis 101	um 200:	pneumatische Maschinen und Wurfgeschütze (Philon von Byzanz)	um 200:	Apollonius von Perge stellt Epizyklentheorie der Planetenbewegung auf und arbeitet über Kegelschnitte	149–146:	3. Punischer Krieg, Zerstörung Karthagos
	um 180:	Druckwasserleitung in Pergamon	nach 200:	Sternkatalog des griechischen Astronomen Hipparch	138–132:	1. Sklavenaufstand in Sizilien
	um 145:	90 km lange Wasserleitung für die Versorgung Roms			um 125:	Chinesische Schiffe erreichen Indien
	um 110:	Erfindung des Papiers in China	Ende des	Jh.: Arbeiten des Heron von Alexandria (Heronsball, Äolipile, Flächenberechnungen, mechanische Arbeiten und Konstruktionen)	104–101:	2. Sklavenaufstand in Sizilien

100 bis 1	um 100:	Zimmermannshobel			74–71:	Spartakus-Aufstand
	nach 100:	Warmluftheizung in Rom			59:	J. Cäsar wird Konsul
	um 90:	Vitruvius beschreibt Wassermühlen			58–50:	J. Cäsar erobert Gallien
					49:	J. Cäsar wird Diktator
	um 65:	Stenographiesystem bei den Römern			30:	Ägypten wird römische Provinz
	um 30:	Wasserdichter Mörtel in Rom				
	um 25:	Ladebäume mit Rolle und Flaschenzug				
u. Z.	←					→
bis 100	1. Jh.:	geheftete Bücher (Pergament)			9:	Schlacht im Teutoburger Wald
	1. Jh.:	Sprechrohrleitungen in Pompeji			um 60:	Römische Expedition erreicht in Afrika Bahr el-Ghasal
	um 60:	Schraubenpresse wird beschrieben				
	um 60:	Fensterscheiben aus Glas			79:	Untergang Pompejis
bis 200	um 200:	Talg- und Wachskerzen	nach 110:	Arbeiten des Ptolemäus zur Optik und zur Astronomie (geoz. Weltbild)		
			um 130:	In China wird ein Seismograph benutzt		
			um 180:	erste alchimistische Schriften		
bis 300	um 250:	Schiffskompaß in China	um 250:	Diophantos (Arbeiten zur Gleichungslehre)		
	um 300:	Steinbrücke über den Rhein bei Köln				
bis 400	um 350:	Eisensäule von Kutub (Indien)			um 375:	Beginn der germanischen Völkerwanderung
					375:	Einfall der Hunnen in Europa

Zeit	Technik		Naturwissenschaften		Geschichte geographische Entdeckungen	
					395:	Teilung des römischen Reichs in einen westlichen und einen östlichen Teil
bis 500					409:	Westgoten unter Alarich nehmen Rom ein
					420:	Spanien wird von den Wandalen erobert
					429:	Wandalen stoßen unter Geiserich nach Nordafrika vor
					451:	Schlacht auf den Katalaunischen Feldern
					476:	Ende des Weströmischen Reiches
					481–511:	Regierungszeit Chlodwigs, Entstehung des fränkischen Staates
bis 600						
bis 700	nach 600:	Blockdruck mit Holztafeln in China			661:	Kalifat von Damaskus entsteht
	nach 600:	Porzellan wird in China bekannt				
	nach 600:	Rennfeuer in Europa				
	624:	Gänsekiel als Schreibfeder				
	678:	byzantinisches Feuer				
bis 800	um 800:	Kielboot der Normannen mit Ruder und Segel	nach 700:	Inder führen die Null ein	732:	Sieg des Frankenheeres über Araber bei Tours und Poitiers
			um 750:	wahrscheinlich Arbeiten Gebers		

	Ende des	Jh.: Dreifelderwirtschaft dringt über den Rhein ostwärts vor	um 800:	Araber übernehmen die Null und das Stellenwertsystem	750:	Kalifat von Bagdad entsteht
					800:	Kaiserkrönung Karls des Großen
bis 900	um 820:	älteste deutsche Sonnenuhr in Fulda	825:	Mohammed ibn-Musa al-Hwarizimi veröffentlicht seine »Algebra«	841–842:	Aufstand der Stellinga
	um 900:	Druck mit Kupferplatten in China	827:	Messung eines Meridianbogens durch Araber	843:	Teilung des Karolingischen Reiches, Vertrag zu Verdun
	um 900:	Hufeisen, Steigbügel, moderner Sattel			861:	Wikinger entdecken Island
					878:	Arabische Seefahrer erreichen China
					um 880:	Wikinger dringen ins Weiße Meer vor
bis 1000	im 10. Jh.: Windmühlen in Europa				919:	Wahl Heinrichs I. zum deutschen König
	im 10. Jh.: Beginn des Silber- und Kupferbergbaus im Harz				955:	Schlacht auf dem Lechfeld
					962:	Kaiserkrönung Ottos I.
					981 (982):	Erik Rauda entdeckt Westküste Grönlands
					um 1000:	Normannen erreichen Labrador (Leif Eriksson)
bis 1010	nach 1000: Steinzeug in Mitteleuropa					
bis 1020						
bis 1030			um 1026:	»Kanon der Heilkunde« von Avicenna		
bis 1040	Raketen in China bekannt		um 1035:	Alhazen benutzt Camera obscura zur Sonnenbeobachtung		

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
bis 1050	Beschreibung der Herstellung von Tafelglas Alkohol wird aus Wein destilliert wahrscheinlich Einzellettern aus Ton oder Holz in China		
bis 1060			
bis 1070			Eroberung Englands durch die Normannen
bis 1080			
bis 1090			
bis 1100	Steinkohle wird in Europa verwendet Silberbergbau im Erzgebirge Hecksteuerruder in der Schiffahrt		1096–1099: 1. Kreuzzug
bis 1110	Schlösser aus Metall kommen auf Schwefel- und Salpetersäure werden genutzt		
bis 1120			
bis 1130		1121: Dichte von Flüssigkeiten wird mit Hilfe der Schnellwaage bestimmt (Alkhazini)	1122: Wormser Konkordat
bis 1150	1146: Steinbrücke über die Donau (Regensburg) 1147: Holzschnitte für Großbuchstaben		1147–1149: 2. Kreuzzug

	Ziegelbauweise in Europa erste europäische Papiermühle in Spanien		
bis 1160	Magnetnadel als Navigationshilfe der Wikinger erweiterter Koggenbau		1155: Friedrich von Hohenstaufen wird deutscher Kaiser 1157: Kölner Kaufleute gründen »Gildehalle« in London
bis 1170	1168: Beginn des Silberbergbaus bei Freiberg		
bis 1190			1189–1192: 3. Kreuzzug
bis 1200	Erzbergbau bei Mansfeld		
bis 1210	nach 1200: Schleusen in Holland und Deutschland nach 1200: Wahrscheinlich Luftheizung des Lüneburger Rathauses nach 1200: Kachelofen	nach 1200: Leonardo von Pisa fördert Einführung der indisch-arabischen Zahlenschreibweise in Europa	1202–1204: 4. Kreuzzug 1206–1207: Gründung des ersten mongolischen Staates, Beginn der Eroberungszüge Tschinggis-Chans
bis 1220	Spiegel mit Metallhinterlegung	1215: einheitliches Maß- und Gewichtssystem für England	1212: Kinderkreuzzug 1218–1221: 5. Kreuzzug
bis 1230			1228–1229: 6. Kreuzzug
bis 1240	1232: in China wahrscheinlich Geschosse mit Sprengladungen erste mechanische Uhren	1235: Perpetuum mobile erstmals erwähnt	
bis 1250	Schubkarren Räderpflug mit Streichbrett	R. Bacon führt Gewicht auf Anziehungskraft zum Erdmittelpunkt zurück	1241: Mongolen schlagen deutsch-polnisches Heer bei Legnica

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
			1242: Schlacht auf dem Eise des Peipussees 1246–1254: Carpini und Rubruk gelangen bis in die Mongolei 1248–1254: 7. Kreuzzug
bis 1260			1260–1266: N. und M. Polo reisen durch Asien bis nach Peking
bis 1270	Papierfabrikation in Italien	P. de Maricourt untersucht den Magnetismus R. Bacon gibt Lage des Brennpunktes bei Hohlspiegeln an	
bis 1280	Seidenzwirnmaschine mit Wasserantrieb		1271–1295: M. Polos Reisen und Aufenthalt in China 1273: Otto von Habsburg wird zum Kaiser gewählt
bis 1290		1283: In Italien werden Brillen mit geschliffenen Gläsern erwähnt	
bis 1300	wassergetriebene Gebläse Trittwebstuhl wahrscheinlich Metallettern in Korea		1300–1301: Türken unterwerfen den größten Teil Kleinasiens
bis 1310	1304: mechanische Turmuhr in Erfurt Wasserantrieb für Schleifsteine		

bis 1320	oberschlächtige Wasserräder Wasserantrieb für Schmiedehammer		
bis 1330	erste Hochöfen		1323–1352: Ibn Battuta bereist Vorderasien, Südrußland, Persien, Indien, China, die Sundainseln, Ostafrika und gelangt u.a. auch nach Timbuktu
bis 1340		Konrad v. Megenberg: »Das Buch der Natur«, erste Naturgeschichte in deutscher Sprache	1337–1453: Hundertjähriger Krieg zwischen England und Frankreich
bis 1350	Holzkohle-Hochöfen in Europa Tuchwarenmanufakturen in England Wasserkraft zum Drahtziehen Steinkohlenbergbau bei Zwickau erste eiserne Öfen		um 1350: Gründung der Hanse
bis 1360		N.v.Oresme leistet wichtige Vorarbeiten zum Begriff der Funktion und zur graphischen Darstellung	1356: Goldene Bulle
bis 1370			Vertreibung der Mongolen aus China
bis 1380			1380: Schlacht auf dem Kulikowo-Pole Befreiung Rußlands von den Mongolen beginnt
bis 1390	1389: Papiermühle bei Nürnberg	1386: Gründung der Universität Heidelberg, der ältesten deutschen Universität	

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
bis 1400	1398: Elbe-Trave-Kanal vollendet Eisenguß in Frankreich und im westlichen Deutschland		
bis 1410	Drehbänke mit Wippe und Handkurbel	1409: Gründung der Universität Leipzig	1410: Schlacht bei Grunwald
bis 1420		1419: Gründung der Universität Rostock	ab 1417: N.Conti bereist Indien 1419–1434: Hussitenbewegung
bis 1430	einfachste Walzwerke 1427: wahrscheinlich erstmals Uhrfeder statt Gewicht		
bis 1440	um 1435: J.Gutenberg beginnt mit Arbeiten zur Verbesserung der Drucktechnik	Sternwarte in Samarkand (Ulug Beg)	1431–1432: Die Azoren werden entdeckt 1439: 1. Bundschuhbewegung in Südwestdeutschland
bis 1450			1444: Portugiesische Seefahrer erreichen den Senegal
bis 1460	1451: zusammenklappbare Sonnenuhr mit Zifferblatt und Kompaß 1455: Druck der Gutenberg-Bibel beendet	1456: Gründung der Universität Greifswald	1453: Konstantinopel fällt in die Hand der Türken 1455–1485: Rosenkriege (England)
bis 1470			
bis 1480	Flügelspinnrad mit Handantrieb Pferdegöpel im Bergbau	1471: erste deutsche Sternwarte in Nürnberg	

bis 1490	Blechzylinder für Öllampen 1483: Brillenmacher in Nürnberg		1486–1487: B. Diaz umfährt Südspitze Afrikas und erreicht den Großen Fischfluß 1488: Gründung des Schwäbischen Bundes
bis 1500	Jakobsstab wird in Europa bekannt Kolbenpumpen für die Wasserversorgung Schraubstock	1492: Erdglobus von M. Behaim	1492: Kolumbus erreicht Guanahani, Kuba und Haiti 1494: Vertrag von Tordesillas 1494–1496: C. Kolumbus erreicht Puerto Rico und Jamaica, bis 1500 Trinidad und die Orinocomündung 1497: J. Cabot entdeckt Labrador 1498: V. da Gama erreicht Indien auf dem Seeweg 1499–1502: A. Vespucci erkundet Küste Südamerikas 1500: P. A. Cabral entdeckt Brasilien
bis 1505	Drehbank mit Fußantrieb, Schwungrad und Kurbel L. da Vinci entwirft Feilenhaumaschine, Schleifmaschine und Gewindebohrer		1502–1504: C. Kolumbus entdeckt Küste von Honduras und Golf von Dairen
bis 1510	um 1510: Federuhren von P. Henlein		
bis 1515			1513: N. de Balboa erreicht den Stillen Ozean
bis 1520	Entwicklung des Radschlosses		Cortés erobert Mexiko 1516: Th. Morus: »Utopia«

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
			1517: Portugiesen erreichen auf dem Seeweg China 1517: S. Cabot entdeckt die Hudsonstraße 1517: Thesenanschlag M. Luthers, Beginn der Reformation 1519–1522: erste Weltumseglung (F. Magalhães, Elcano)
bis 1525			1521: M. Luther beginnt Bibelübersetzung 1524–1526: Großer Deutscher Bauernkrieg
bis 1530	Flügelspinnrad mit Fußantrieb		
bis 1535			Eroberung des Inkareichs durch F. Pizarro
bis 1540		Ether aus Alkohol und Schwefelsäure »Pirotechnica« von Biringuccio	
bis 1545	Schreibfeder aus Metall wird erwähnt	1543: N. Kopernikus: »De revolutionibus orbium coelestium« M. Stifel: »Arithmetica integra« (Gleichungslehre, Vorwegnahme der Logarithmen) Entdeckung der magnetischen Inklination S. Münster: »Mysterium Cosmographicum«	Orrelana überquert die Anden und befährt den Amazonas Die ersten Europäer landen in Japan

bis 1550	Schienenbahnen aus Holz in Bergwerken Kardanisches Gelenk Vorschlag für eine Windturbine mit vertikaler Achse Spindeldrehbank »holländische« Windmühlen mit drehbarer Dachhaube hölzerne Blasebälge in Deutschland	Rhaeticus: Trigonometrische Tafeln Beschreibung der Camera obscura durch G. della Porta	1546–1547: Schmalkaldischer Krieg
bis 1555	»Stangenkünste« für die mechanische Kraftübertragung im Bergbau		Augsburger Religionsfriede
bis 1560	Silbergewinnung durch Amalgamieren	1556: »De re metallica libri XII« von Agricola 1556: Erster Bericht über Schwärzung von Chlorsilber durch Sonnenlicht	
bis 1565	1561: Drehbank mit Support (H. Spaichel)		
bis 1570	Paternoster-Hebewerke erste Wasserwerke mit Kolbenpumpen	G. Mercator: Weltkarte in neuartiger Projektion	1566: erster Zeitungsdruck in Strasbourg
bis 1575		imaginäre Zahlen zur Lösung kubischer Gleichungen (Bombelli)	
bis 1580	Log zur Messung der Schiffsgeschwindigkeit Drehbank mit Gewichtsantrieb		F. Drake erforscht Nordwestküste Nordamerikas Der Kosak Jermak überschreitet den Ural und beginnt die Eroberung Sibiriens Forschungsreise Frobishers, Entdekkung der nach ihm benannten Bai auf Baffinland

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
bis 1585		S. Stevin begründet die Unmöglichkeit des Perpetuum mobile	Jermak erobert Westsibirien
bis 1590	1589: Wirkstuhl von W. Lee	G. Galilei: Fallversuche I. und Z. Janszen: Mikroskop	
bis 1595		F. Viète führt das Buchstabenrechnen ein	bis 1597: Holländer entdecken Bäreninsel und Spitzbergen, erste Überwinterung im Polareis
bis 1600		1596: Erster veränderlicher Stern entdeckt F. Bacon mißt Schallgeschwindigkeit in Luft W. Gilbert: »De magnete...«	Verbrennung G. Brunos (1600) Gründung der Ostindischen Kompanie Kartoffel kommt nach Europa
bis 1605		C. Scheiner: Storchschnabel (erst 1630 beschrieben)	De Torres entdeckt die nach ihm benannte Meeresstraße
bis 1610		H. Lippershey erhält ein Patent auf binokulare Brille und erfindet (wahrscheinlich) das Fernrohr G. Galilei benutzt das Fernrohr zu astronomischen Beobachtungen 1609: »Astronomia nova« von J. Kepler	Landung der ersten englischen Kolonisten in Nordamerika De Quiros entdeckt Tahiti und die Neuen Hebriden
bis 1615		1611: J. Kepler: »Dioptrik«, astronomisches Fernrohr Andromedanebel als erster Spiralnebel entdeckt C. Scheiner beobachtet Sonnenrota-	

		tion an Hand von Sonnenflecken J. Neper, J. Bürgi: Logarithmentafel	
bis 1620	1619: Versuche D. Dudleys, Steinkohle statt Holzkohle zum Verhütten von Eisen zu verwenden (1. Patent)	H. Briggs: dekadische Logarithmen W. Snell: Brechungsgesetz	1618 bis 1648: Dreißigjähriger Krieg 1616: Baffin durchfährt Baffinbai, erreicht Smithsund und entdeckt Lancasterstraße 1616: Lemaire und Schouten umsegeln Kap Hoorn 1619: Beginn der Versklavung der Neger in Nordamerika
bis 1625	1621: Bandwebstuhl 1621: Tauchversuche von C. van Drebbel Vorschläge zur Nutzung der Sonnenenergie für den Antrieb von Springbrunnen	ab 1621: systematische Nordlichtbeobachtungen J. Kepler beschäftigt sich mit der Konstruktion von Rechenmaschinen »Rechenuhr« von W. Schickardt E. Gunter entwickelt Vorläufer des Rechenstabs	1620: Schlacht am Weißen Berge
bis 1630	G. Branca: Vorschlag einer Dampfturbine Schießpulver im deutschen Bergbau erstes Dampfmaschinenpatent in England	1627: »Tabulae Rudolphinae« von J. Kepler	
bis 1635	erste europäische Sämaschine (J. Locatelli)	1631: P. Vernier beschreibt Nonius und Meßschieber 1632: »Dialoge« von G. Galilei	1632: Schlacht bei Lützen 1634: Kosaken erreichen das Ochotskische Meer
bis 1640	Erfindung des »Holländers« für die Papierfabrikation		
bis 1645		E. Torricelli untersucht mit V. Viviani das Vakuum und erfindet das Quecksilberbarometer	1642: Tasman entdeckt Inselnatur Australiens, Neuseeland, Tonga- und Fidschi-Inseln

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
		B. Pascal: Versuche zur Konstruktion von Rechenmaschinen J. Jungius: Chemische Elemente sind nicht weiter zerlegbar	1642: Englische bürgerliche Revolution beginnt
bis 1650	Prunkwagen mit Uhrwerksantrieb (H. Hautzsch)	A. Kircher: »Laterna magica« beschrieben J. Hevel: erste Mondkarte B. Pascal: erste barometrische Höhenmessungen Otto v. Guericke: Kolbenluftpumpe Flüssigkeitsthermometer	1648: Westfälischer Frieden bis 1654 Deshnew durchwandert Tschuktschen-Halbinsel, segelt zum Kap Deshnew und durchfährt die Beringstraße
bis 1655	Feuerspritze mit Windkessel kommt auf	B. Pascal: Arbeiten zur Hydrostatik 1654: O. v. Guerickes Demonstrationen auf dem Reichstag zu Regensburg G. Borelli: Untersuchungen zur Kapillarität	1651: Navigationsakte
bis 1660	1657: Ch. Huygens erhält Patent auf Pendeluhr Unruhfeder patentiert	J. Glauber: Experimente mit künstlicher Düngung Hookesches Gesetz (1678 veröffentlicht) erste Alkohol- und Quecksilberthermometer	erste Tageszeitung in Leipzig
bis 1665	1663: E. Somerset erhält Patent auf dampfbetriebene Wasserhebemaschine 1663: I. Newton schlägt Dampfwagen mit Rückstoßantrieb vor Graphitstifte in England	R. Boyle untersucht das Verhalten der Gase O. v. Guericke: Elektrisiermaschine, Barometer zur Wettervorhersage F. Grimaldi arbeitet über Beugung des Lichts	

bis 1670	F. de Lana schlägt Luftschiff vor Uhren erhalten Minutenzeiger	ab 1666: Entwicklung der Infinitesimalrechnung durch I. Newton und G. W. Leibniz R. Hooke: Libelle, Farben dünner Blättchen I. Newton: Spiegelteleskop, Korpuskulartheorie des Lichts J. Picard: Gradmessung zur Bestimmung der Erdgröße G. Mouton: Vorschlag, Gradminute als Längeneinheit zu benutzen	
bis 1675	1674: Dampfkochtopf mit Sicherheitsventil (D. Papin) 1674: R. Hooke konstruiert Kreisteilmaschine Ch. Huygens schlägt Pulvermaschine vor	1672: »Experimenta nova...« von O. v. Guericke Rechenmaschine von G. W. Leibniz A. v. Leeuwenhoek entdeckt rote Blutkörperchen und Infusorien Gründung des Observatoriums Greenwich	
bis 1680	J. v. Kunkel erfindet das Goldrubinglas Pendeluhr mit Ankerhemmung Bleistift-Manufakturen (z. B. in Nürnberg)	1676: O. Römer bestimmt Lichtgeschwindigkeit, konstruiert ein Planetarium Ch. Huygens: Wellentheorie des Lichts Gesetze des elastischen Stoßes, Pendelgesetz E. Mariotte untersucht das Verhalten von Gasen	
bis 1685	D. Papin: Dampfmaschinenversuche J. Becher erwähnt Verkokung von Steinkohle zur Gasgewinnung Pumpwerke von Marly	I. Newton: Gravitationsgesetz	1683–1698: Großer Türkenkrieg

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
bis 1690	1689: Zentrifugalpumpe von D. Papin 1690: D. Papin beschreibt atmosphärische Dampfmaschine	1687: »Philosophiae naturalis principia mathematica« von I. Newton G. Amontons: Hygrometer	
bis 1695			
bis 1700	1698: Th. Savery erhält Patent auf kolbenlose Dampfmaschine erste sibirische Eisengießerei	1699: erste regelmäßige meteorologische Messungen in Paris J. u. J. Bernoulli arbeiten über unendliche Reihen, Wahrscheinlichkeits- und Variationsrechnung	bis 1721: Nordischer Krieg, Rußland gewinnt Zugang zur Ostsee Akademie der Wissenschaften in Berlin gegründet
1701	Patent auf Verwendung von Rubinen als Lagersteine für Uhren		bis 1714: spanischer Erbfolgekrieg
1702		E. Stahl: Phlogistonhypothese	
1703			
1704		I. Newton: »Optics...«	
1705		F. Hawksbee: Versuche zur Schallausbreitung	
1706	verbesserte Wagenfederung		
1707			
1708			
1709	R. Böttger: Entwicklung des Porzellans in Deutschland		

1710	Gründung der Meißner Porzellanmanufaktur		
1711	Th. Newcomen: atmosphärische Dampfmaschine Ventilator in Bergwerken		
1712	A. K. Nartow: Drehmaschine mit mechanischem Support in Rußland		
1713			Frieden zu Utrecht
1714	erstes Patent auf eine Schreibmaschine (H. Mill)		
1715	Rostpendel für Uhren	G. Fahrenheit: Quecksilberthermometer	
1716			
1717			
1718	A. K. Nartow experimentiert mit Nachformdrehmaschinen Selbststeuerung der Newcomenmaschine		
1719	Versuche zum Mehrfarbendruck (J. F. Blond)		
1720	verbesserter Zylindergang für Taschenuhren	Temperaturskale von G. Fahrenheit	Brasilien wird selbständiges Vizekönigreich
1721			
1722			

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
1723			
1724		J. Leupold: »Theatrum machinarum«	
1725			Gründung der Petersburger Akademie
1726	J. Harrison: Kompensationspendel		
1727		J. H. Schulze entdeckt lichtempfindliches Verhalten von Silbersalzen	
1728	Blechwalzen in England Röhrenwalzwerk für Bleirohre	J. Bradley entdeckt Aberration des Fixsternlichts	
1729	In England beginnen Vorversuche zur Stereotypie	St. Gray unterscheidet Leiter und Nichtleiter	
1730	Uhren mit Sekundenzeiger Schwarzwälder Kuckucksuhren Drillmaschine von J. Tull	Temperaturskale von R. A. Réaumur Ch. Dufay unterscheidet Glas- und Harzelektrizität	
1731			
1732		J. Désaguliers mißt Reibungsverluste an Rollen	
1733	Schnellschützen am Webstuhl (J. Kay) erstes Modell einer Spinnmaschine (J. Wyatt)		
1734	Dreschmaschinenversuche von Z. Menzies		bis 1743: Große Nordische Expedition (V. Bering), Alaska und

		Aleuten entdeckt, nördlichstes Kap Asiens umfahren
1735	erster Kokshochofen in England (Darby)	K.v.Linné: »Systema naturae«
1736	Chronometer von J.Harrison fehlgeschlagene Versuche, Newcomens Dampfmaschine für den Schiffsantrieb einzusetzen (A.Hull)	
1737		Gründung der Universität Göttingen
1738	Spinnmaschinenversuche von J.Wyatt und L.Paul	D.Bernoulli: »Hydrodynamica«
1739	Versuche zur Gewinnung von Gas aus Steinkohle (J.Clayton)	
1740	Tiegelgußstahl in England (B.Huntsman) erste Schwefelsäurefabrik in England Stoffdruck mit Holzplatten, in die Muster geschnitten wurden	
1741		
1742		A.Celsius: Hundertteilige Temperaturskale B.Franklin: Versuche zur Luftelektrizität
1743		Reibzeug an der Elektrisiermaschine Prinzip der kleinsten Wirkung (P.-L.Maupertuis)

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
1744			
1745	mechanischer Webstuhl von J. Vaucanson	Leidener Flasche (G.E. v. Kleist, P. von Musschenbroek)	
1746	Stoßheber (hydraulischer Widder) (J. Montgolfier)	J.H. Winkler leitet Elektrizität durch Drähte fort Mehrere Leidener Flaschen werden zu einer Batterie zusammengeschaltet	
1747	Alkohol wird aus Kartoffeln gewonnen	A. Marggraf entdeckt Zuckergehalt der Rübe Versuche, die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Elektrizität zu bestimmen	
1748	Stahlschreibfeder Baumwoll-Kardiermaschine von L. Paul	M. Lomonossow formuliert Gesetz von der Erhaltung der Masse J. Nollet entdeckt die Osmose	
1749	Wassersäulenmaschine von J. Hull	Schwefelsäure nach dem Bleikammerverfahren (J. Roebuck)	
1750	erste größere Luftheizungsanlage in Petersburg Wasserrad von J.H. Segner Herstellung von Steingut in England	Hufeisenmagnet wird eingeführt (J. Dietrich)	
1751	Versuche mit Profileisenwalzwerken		»Vossische Zeitung« erscheint in Berlin
1752		B. Franklin, P. Diwitsch: Blitzableiter	
1753			

1754			
1755		I. Kant: »Allgemeine Naturgeschichte...« Gründung der Moskauer Universität	
1756	Glaszylinder für Öllampen Erste deutsche Schokoladenfabrik in Steinhude	Farbfehlerfreie Linsen, achromatisches Fernrohr (J. P. und G. Dollond) F. Aepinus: Entdeckung der Pyroelektrizität	
1757			Indien wird Kolonie
1758	Patent auf vervollkommnete Spinnmaschine von J. Wyatt und L. Paul	F. Aepinus: Entdeckung der elektrischen Influenz	
1759		F. Aepinus: »Versuche zur Theorie der Elektrizität und des Magnetismus«	
1760	Wechsellade am Webstuhl (J. Kay) Flachsspinnmaschine mit Wasserantrieb (R. Glinkow) Rollschuhe (J. Merlin) »Schreibender Knabe« von J. Droz Taschenuhren mit Selbstaufzug	J. Black: Unterscheidung zwischen Temperatur und Wärmemenge J. H. Lambert: Grundlagen der Photometrie	
1761	Versuche mit einer Schrämmaschine in England		
1762	Krempelmaschine von Peels I. Polsunow schlägt Zylindergebläse für Bergbau vor		
1763	Dampfwagenprojekt von N. Cugnot I. Polsunow schlägt atmosphärische Dampfmaschine vor		

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
1764	verbesserte Chronometer (J.Harrison) »Spinning Jenny« (J.Hargreaves)		
1765	J.Watt nimmt Arbeiten zur Verbesserung der Dampfmaschine auf Muskelkraftwagen von I.Kulibin Versuche mit Papier aus Zellstoff (J.C. Schäffer)	Gründung der Bergakademie Freiberg	
1766	atmosphärische Dampfmaschine von I.Polsunow	H.Cavendish entdeckt Wasserstoff und Kohlendioxid	
1767	optische Telegrafenlinie zwischen London und New Market (K.L. Edgeworth)		
1768	ab 1768: Gußeisen Werkstoff für den Maschinenbau ab 1768: Steingut von J.Wedgwood	Aräometer von A.Baumé	bis 1771: J.Cooks 1. Erdumseglung, Entdeckung der Gesellschafts-Inseln, der Zweiteilung Neuseelands, der Ostküste Australiens
1769	Dampfwagenmodell von N.Cugnot R.Arkwright erhält Patent auf Spinnmaschine 1. Dampfmaschinenpatent von J.Watt Zylindergebläse für Hochöfen (J.Smeaton)		
1770	Spiralbohrer wird erfunden Eisenschienen in englischen Gruben Dampfwagen von N.Cugnot	J.Priestley: chemische Untersuchung des Kautschuks (Verwendung zunächst als Radiergummi)	

1771	Entwicklung des Kupolofens (J. Wilkinson)	C. W. Scheele: Entdeckung der Flußsäure	
1772		Entdeckung des Stickstoffs (O. Rutherford)	1. Teilung Polens (unter Preußen, Österreich, Rußland) bis 1775: J. Cooks 2. Erdumseglung, Umseglung des antarktischen Kontinents
1773	erste Dampfmaschine bei Boulton & Watt hergestellt		
1774	S. Crompton beginnt mit der Konstruktion der Mulemaschine Patent auf Zylinderbohrmaschine (J. Wilkinson) Versuche, Telegrafen auf elektrostatischer Basis zu konstruieren	Sauerstoff von C. W. Scheele und J. Priestley entdeckt C. W. Scheele entdeckt Chlor und Mangan	
1775	Spinnmaschine mit Wasserkraft angetrieben (R. Arkwright) Krempel (R. Arkwright) 1. Patent auf Abort mit Wasserspülung (A. Cumming) »Warp-Maschine« zur Fabrikation von Spitzen	Elektrophor von A. Volta Pariser Akademie der Wissenschaften beschließt, Vorschläge für Perpetuum mobile nicht mehr zu prüfen	
1776	1. Wattsche Dampfmaschine wird in einem Hüttenwerk aufgestellt Puddelofen (H. Cort) Unterseeboot von D. Bushnel	A. L. Lavoisier untersucht Verbrennung und widerlegt Phlogistonhypothese Begründung der Technologie als Wissenschaft (J. Beckmann)	Unabhängigkeitserklärung der USA, bis 1783 Amerikanischer Unabhängigkeitskrieg J. Cook segelt durch Beringstraße ins Polarmeer, bis 1780 Erdumseglung, Hawaii entdeckt

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
1777	erste Gußeisenbrücke der Welt in England in Bau	C.W. Scheele: Entdeckung der Wärmestrahlung	
1778		G.Ch. Lichtenberg führt die Bezeichnung »positive« und »negative« Elektrizität ein	
1779	Mulemaschine mit 48 Spindeln von S.Crompton fertiggestellt		
1780	O.Evans nimmt Arbeiten zur Hochdruckdampfmaschine auf Dampfschiffversuche von C.Jouffroy d'Abbans	Beginn der Versuche von L.Galvani über »tierische« Elektrizität	
1781	J.Hornblower: Verbunddampfmaschine	H.Cavendish weist nach, daß Wasserstoff und Sauerstoff sich zu Wasser verbinden C.W. Scheele entdeckt Wolfram	
1782	Doppeltwirkende Dampfmaschine mit rotierender Bewegung von J.Watt Gebläsemaschinen in Hüttenbetrieben	Rechenmaschine von J.H. Müller Schreibthermometer (J.Six)	
1783	H.Cort erhält Patent auf Formstahl- und Walzverfahren A.Argand: verbesserte Brenner für Öllampen erste Vorführungen des Heißluftballons (Gebr. Montgolfier) und des Wasserstoffballons (J.A. Charles), erster Ballonflug mit Passagieren	H.de Saussure veröffentlicht seine Arbeiten über das Haarhygrometer	

	Versuche zur Gewinnung von Steinkohlengas (J.P. Minckelaer)		
1784	Drillmaschine von J.Wunderlich H.Cort: Patent auf Puddelverfahren erste in Deutschland gebaute Dampfmaschine wird in Hettstedt aufgestellt Sicherheitsschloß von J.Bramah Luftschiffpatent von J.B. Meusnier J.Watt: Patent auf doppeltwirkende Dampfmaschine	F.K. Achard: Untersuchungen zur Zuckergewinnung aus einheimischen Stoffen	
1785	Mechanischer Webstuhl von E.Cartwright patentiert Sämaschine von J.Cooke F.Blanchard überfliegt mit Jeffries den Kanal im Ballon Dampfwagenmodelle von W.Murdock	C.Berthollet entdeckt bleichende Wirkung des Chlors Ch.Coulomb: Seismometer, Drehwaage, Messung der Kräfte zwischen elektrischen Ladungen	
1786	P.Miller experimentiert mit Wasserfahrzeugen aus mehreren Rümpfen Dreschmaschine von A.Meikle einsatzreif		
1787	Wattsche Dampfmaschine in Baumwollspinnereien Dampfschiffversuche von J.Fitch	Aräometer von W.Nicholsons Goldblattelektroskop von A.Bennet	bis 1804: A.v.Humboldt bereist Süd- und Mittelamerika
1788	Raddampfer von W.Symington		Die ersten Sträflinge werden in Australien angesiedelt
1789	Erzeugung von Gußeisen im Kupolofen		bis 1794: französische bürgerliche Revolution, (14.7. Erstürmung der Bastille, 26.8. Erklärung der Menschen- und Bürgerrechte)

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
1790	Kettenstichmaschine (Th. Saint)		
1791	Sodaverfahren von N. Leblanc patentiert J. Barber erhält das erste Gasturbinenpatent		
1792	Wollkämmaschine (E. Cartwright) Gasbeleuchtung mit Steinkohlengas (W. Murdock)	Schwefeldioxid wird als erstes Gas verflüssigt bis 1802: J. B. Richter veröffentlicht »Stöchiometrie oder Meßkunst chemischer Elemente«	
1793	Erfindung der Bauwollentkörnungsmaschine (E. Whitney)		Frankreich: Annahme der bürgerlich-demokratischen Verfassung 2. Teilung Polens durch Preußen und Rußland
1794	optische Telegrafen in Frankreich (Gebr. Chappe) und Rußland (I. Kulibin) Kreuzsupport für Werkzeugmaschinen (H. Maudslay) Musterwebstuhl von J. M. Jacquard		polnischer Volksaufstand unter T. Kosziusko
1795	automatische Getreidemühle (O. Evans) hydraulische Presse (J. Bramah) Bleistiftminen aus Graphit-Ton-Mischung Pferdebahn für öffentlichen Verkehr in England		3. Teilung Polens zwischen Rußland, Österreich und Preußen Gründung der École Polytechnique in Paris
1796	A. Senefelder: Steindruck Dampfwagenmodelle von R. Trevithick erste Kettenhängebrücke in den USA	E. Jenner: Pockenschutzimpfung	

1797	Leit- und Zugspindelbank von H. Maudslay erster Fallschirmabsprung aus einem Ballon (J. Garnerin)		
1798	Papiermaschine von N. L. Robert patentiert Dampfboot von J. Stevens Häckselschneidemaschine	experimentelle Untersuchung der Gravitation durch H. Cavendish Rumford untersucht Zusammenhänge zwischen Wärme und Bewegung	
1799	G. Cayley konzipiert Gleitflugzeug Kanalverbindung Wolga–Petersburg (begonnen 1731) Gasbeleuchtung von Fabrikräumen (W. Murdock) erstes Patent auf eine Mähmaschine (England)	P. S. Laplace: »Himmelsmechanik« (bis 1825) Entdeckung des Knallquecksilbers A. Volta: Spannungsreihe J. L. Proust: Entdeckung des Traubenzuckers	Frankreich: Staatsstreich Bonapartes, Diktatur im Interesse der Bourgeosie
1800	R. Trevithick: Patent auf Hochdruckdampfmaschine E. Whitney begründet Austauschbau verbesserte Support-Drehmaschine von H. Maudsley	elektrolytische Wasserzersetzung (W. Nicholsons, A. Carlisle, J. W. Ritter) Voltasche Säule Untersuchung des magnetischen Erdfeldes (C. F. Gauß) Begründung der darstellenden Geometrie durch G. Monge F. K. Achard: »Anleitung zur Bereitung des Rohzuckers ...« Meter gesetzliche Längeneinheit in Frankreich	
1801	Hochdruckdampfmaschine von O. Evans Webmaschine mit einzeln gesteuerten Kettfäden von J. M. Jacquard Metallfahrrad mit Tretkurbel (Gebr. Artamanow)	Ladungssäule von J. W. Ritter – Vorläufer des Akkumulators Entdeckung der ultravioletten Strahlung (J. W. Ritter) Th. Young: Interferenzversuche	

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
	Projekt eines doppeltwirkenden Verbrennungsmotors (Ph. Lebon d'Humbersin) erste Rübenzuckerfabrik (F. K. Achard)		
1802	Dampfwagenpatent von R. Trevithick Gußeisenpflug aus einem Stück (R. Ransome) Versuche mit Dampfdreschmaschine Patent auf Gas-Straßenbeleuchtung (Winzer) F. G. Koenig beginnt mit Konstruktion seiner Schnellpresse	Lichtempfindlichkeit der Silbersalze für einfachste Kopien genutzt (H. Davy, Th. Wedgewood) Untersuchung des Lichtbogens (W. W. Petrow)	
1803	F. F. Appert entwickelt Konservierungsverfahren für Lebensmittel Schienen aus Schmiedeeisen (C. Nixon) R. Fulton erprobt Dampfschiff auf der Seine		Reichsdeputationshauptschluß bis 1805: Lewis und Clarke durchqueren Nordamerika vom Missouri zum Columbia
1804	erste einsatzfähige Lokomotive (R. Trevithick) Netzstrickmaschine (J. M. Jacquard) Patent auf Mehrfach-Expansionsmaschine (A. Woolf) Pulverrakete von W. Congreve	Freiballon steigt für physikalische Messungen auf über 7000 m (J. L. Gay-Lussac, J. P. Biot)	Napoleon Bonaparte läßt sich zum Kaiser der Franzosen ausrufen
1805	selbsttätiger Musterwebstuhl von J. M. Jacquard Schmetterlingsbrenner für Gasbeleuchtung	Morphin entdeckt (F. A. Sertürner) P. S. Laplace: Messung der Molekularkräfte in Flüssigkeiten, Untersuchung der kapillaren Kräfte	englische Flotte unter Nelson siegt bei Trafalgar über französische Flotte Schlacht bei Austerlitz Polytechnisches Institut in Prag gegründet

1806	Getreidemähmaschine von Gladstone französisches Patent auf ersten Verbrennungsmotor bleibt ungenutzt		Gründung des Rheinbundes Verordnung Napoleons über Kontinentalsperre Schlacht bei Jena und Auerstedt
1807	erste größere Fahrt des Dampfschiffs »Clermont« (R. Fulton) Flugversuche von J. Degen	Kalium und Natrium dargestellt (H. Davy)	Frieden von Tilsit bis 1812: die preußischen Reformen (Stein, Hardenberg, Scharnhorst)
1808	Ringbahn für Demonstrationszwecke in London (R. Trevithick)	J. Dalton: »New System of Chemical Philosophy« H. Davy: Darstellung von Calcium, Magnesium und Barium Entdeckung des Bors (J. L. Gay-Lussac, L. J. Thénard)	
1809	Erfindung des Schleudergusses chemischer Telegraf (S. Sömmering) Flugzeugmodelle von G. Cayley	E. L. Malus untersucht Polarisation des Lichts	
1810	Pferdebahn von K. Frolow »Thermolampenofen« von W. A. Lampadius	J. W. v. Goethe: »Farbenlehre«	
1811	mißglückter Flugversuch A. L. Berblingers (»Schneider von Ulm«) Versuche zur Herstellung von Gußstahl Flachsspinnmaschine (Ph. H. de Girard)	A. Avogadro: Unterscheidung von Atomen und Molekülen, Molekulartheorie Versuche zur Fixierung von »Lichtbildern« (N. C. Niepce, L. J. M. Daguerre)	
1812	erste Dampfmaschine für landwirtschaftliche Zwecke (R. Trevithick) F. G. Koenig arbeitet an der Zylinderdruckmaschine	Untersuchung des Lichtbogens (H. Davy) Härteskale von F. Mohs	Niederlage des mit Preußen und Österreich verbündeten Napoleon in Rußland (30. 12.: Konvention in Tauroggen)

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
	Tunkfeuerzeug elektrische Zündung von Sprengladungen J. Ressel: Entwürfe zur Schiffsschraube		
1813	Lokomotive »Puffing Billy«		Oktober: Völkerschlacht bei Leipzig bis 1814: Befreiungskriege
1814	Stadtteil Londons erhält Gasbeleuchtung »Times« wird auf Schnellpresse von F. G. Koenig gedruckt Lokomotive von G. Stephenson fertiggestellt (»Blücher«) bis 1839: J. Madersberger entwickelt Nähmaschine		bis 1815: Wiener Kongreß
1815	Setzmaschine von B. Fowler Dampfschiffverkehr zwischen Petersburg und Kronstadt Dampfwagen von J. Božek Dezimalwaage	Entdeckung der Fraunhoferschen Linien Proutsche Hypothese	Heilige Allianz Niederlage Napoleons bei Waterloo
1816	Dampfschiff überquert Ärmelkanal Dampfschiffverkehr Hamburg–Cuxhaven erste deutsche Gasanstalt Achsschenkellenkung (G. Landsberger) Sicherheitsgrubenlampe (H. Davy)	A. Fresnel: Nachweis der Wellennatur des Lichts	
1817	Stearinkerzen kommen in Gebrauch		Wartburgfest der deutschen Studenten
1818	Zentrifugalpumpe Fräsmaschine mit automatischem Schlittenantrieb (E. Whitney)	Dulong-Petitsche Regel	

	Drehen von Werkstücken mit nicht kreisrundem Querschnitt zweirädriges Laufrad patentiert (K. v. Drais) erste bekannt gewordene Fernheizung (Gärtnerei in England)		
1819	Atlantiküberquerung des Dampfschiffs »Savannah« Fresnelsche Linsen für Leuchttürme usw. Lochsirene (C. Latour)	Entdeckung der Isomorphie (E. Mitscherlich)	bis 1820: Parry dringt auf der Suche nach der nordwestlichen Durchfahrt bis zur Melville-Insel und zum Banksland vor bis 1821: Lasarew und v. Bellinghausen beweisen Existenz eines Festlandes um den Südpol
1820	erste deutsche Schwefelsäurefabrik Trockenzylinder für Herstellung von Papierrollen (T. B. Crompton) Rechenmaschine von C. Thomas	H. Ch. Oersted entdeckt magnetische Wirkungen des elektrischen Stroms	bis 1824: F.v.Wrangel bereist Nordsibirien
1821	Entdeckung der chilenischen Salpeterlager Glühlampenversuche von G. de la Rive verbesserte Brückenwaage (J. Schwilgué)	T. Seebeck entdeckt Thermoelektrizität Galvanometer von J. Poggendorf und Ch. Schweigger	bis 1824: Denham, Clapperton, Oudney durchqueren die Sahara von Tripolis zum Tschadsee
1822	erste fotografische Aufnahme durch C. F. A. Niepce eisernes Dampfschiff verkehrt zwischen London und Le Havre mechanischer Webstuhl von R. Roberts	J. B. Fourier: »Analytische Theorie der Wärme« Ch. Babbage beginnt mit Arbeiten an einer mechanischen Rechenmaschine mit Lochkartensteuerung J. J. Berzelius entdeckt das Silicium	Freiheitskampf des griechischen Volkes gegen türkische Fremdherrschaft katholische Kirche akzeptiert das heliozentrische Weltsystem Scoresby erforscht Ostküste Grönlands bis 1823: Weddell erreicht 74° südl. Br.
1823	atmosphärische Gasmaschine mit Flammenzündung (S. Brown) Feuerzeug von J. W. Döbereiner	Destillation von Erdöl (Gebr. Dubinin)	

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
1824	Portlandzement erfunden (J. Aspdin) selbsttätiger Webstuhl (J. Heilmann)	S. Carnot untersucht die »ideale« Wärmekraftmaschine Atomtheorie der Kristalle (L. A. Seeber)	
1825	Versuche mit Gasmotorwagen in England (S. Brown) Eröffnung der Bahnlinie Stockton–Darlington für Personenverkehr automatische Mulemaschine (R. Roberts) I. Brunel beginnt Untertunnelung der Themse J. Gay-Lussac erhält Patent auf Stearingewinnung	M. Faraday entdeckt Benzen im Leuchtgas Elektromagnet erfunden (W. Sturgeon)	
1826	Versuche zur Pulvermetallurgie in Rußland Kalklicht (H. Drummond) erste fotografische Landschaftsaufnahme (N. J. Niepce)	O. P. Unverdorben isoliert Anilin aus Indigo G. S. Ohm benutzt Thermoelement	
1827	erste Überdruckturbine von B. Fourneyron Patent auf Schiffsschraube (J. Ressel)	Darstellung des Aluminiums (F. Wöhler) Ohmsches Gesetz Entdeckung der Brownschen Bewegung Vorschlag, Längeneinheit auf Lichtwellenlängen zu gründen (J. Babinet) Immersionslinse (G. B. Amici)	bis 1828: R. Caillié erreicht Timbuktu
1828	erste vom Ausland unabhängige Gasanstalt in Deutschland (Dresden, R. S. Blochmann)	F. Wöhler synthetisiert Harnstoff	

	Winderhitzen durch Vorwärmen der Gebläseluft für Hochöfen Patent auf Dampflastwagen (O. Pecqueur) erste fahrbare Dampffeuerspritze (J. Ericsson)		
1829	»Lokomotivenrennen« von Rainshill Mikrometerschraube (H. Maudslay) Versuchsfahrt der schraubengetriebenen »Civetta« (J. Ressel) Patent auf Kugel- und Rollenlager (J. Ressel) Stickmaschine (J. Heilmann)		A. v. Humboldt bereist Sibirien Blindenschrift von L. Braille
1830	Eisenbahnlinie Liverpool–Manchester eröffnet automatische Wagenspinnmaschine (R. Roberts) Nähmaschine von B. Thimonnier Einführung der Straßenwalze	M. Faraday verflüssigt Chlor K. F. Gauß: absolutes Maßsystem Ableitung der 32 Kristallklassen Entwicklung der nicht euklidischen Geometrie beginnt	Juli: Revolution in Frankreich, »Bürgerkönigtum« Aufstand gegen die zaristische Fremdherrschaft in Polen
1831	elektrische Klingel Heißwasserheizung von J. Perkins Stiftendreschmaschine von S. Turner erste Dampfomnibuslinie in England Getreidemäher von C. H. McCormick	M. Faraday entdeckt elektromagnetische Induktion, führt Begriff des magnetischen Feldes ein P. Anossow benutzt Mikroskop für die Untersuchung von Metallen J. v. Liebig entdeckt das Chloroform	(und 1834) Aufstand der Lyoner Seidenweber gegen die kapitalistische Ausbeutung
1832	optische Telegrafenlinie zwischen Berlin und Koblenz Walzen von Eisenbahnschienen Dampfpflug von J. Heathcoat erster rotierender Stromerzeuger (H. Pixii)		Mai: Hambacher Fest, 30000 Kundgebungsteilnehmer fordern die deutsche Einheit und ein unabhängiges Polen

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
1833	Nadeltelegraf von P. v. Schilling Entwicklung von Phosphorstreichhölzern Versuche mit Dampftraktoren in Rußland, England, Frankreich erster vollständig aus Stahl bestehender Pflug (J. Deere) Nadeltelegraf von C. F. Gauß und W. Weber Heißluftmaschine von J. Ericsson Umkehrwalzwerk (J. Nasmyth)	Lenzsche Regel F. F. Runge beginnt seine Arbeiten über den Steinkohlenteer	F. List: Denkschrift über ein deutsches Eisenbahnnetz
1834	erster einsatzfähiger Elektromotor (M. H. v. Jacobi) Nähmaschine mit Schiffchen und Spezialnadel (W. Hunt) Grasmäher in den USA (E. Ambler) erste russische Lokomotive (Gebr. Tscherepanow) Mähmaschine von C. H. McCormick U-Boot-Versuche von A. A. Schilder Stahlseil im Bergbau (J. Albert)	»Universalkalkulator« – Rechenmaschine von Ch. Babbage Entdeckung des Peltiereffekts M. Faraday: Gesetze der Elektrolyse D. Brewster: Polarimeter F. F. Runge: Rosolsäure, 1. Teerfarbstoff	Stenographielehrbuch von F. X. Gabelsberger 1. 1.: Deutscher Zollverein gegründet »Bund der Geächteten« in Paris gebildet
1835	erstes Papiernegativ in der Camera obscura (W. H. Talbot) erste deutsche Eisenbahnlinie (Nürnberg–Fürth) eröffnet A. A. Sablukow entwickelt Kreiselpumpe Gasbeleuchtung in Petersburg	Entdeckung der Selbstinduktion (M. Faraday) Untersuchungen zur Katalyse (J. J. Berzelius)	
1836	P. v. Schilling telegrafiert durch Unterwasserleitung Dampfhammer von F. Cavé erstes Mähdrescher-Patent (USA)	Entdeckung des Acetylens (H. Davy)	»Bund der Gerechten« in Paris gebildet

1837	erste Teilstrecke der Bahnlinie Leipzig–Dresden eröffnet J. K. Borsig gründet Maschinenfabrik in Berlin Patent auf 5-Nadel-Telegrafen (Ch. Wheatstone) C. A. Steinheil entwirft und erprobt elektromagnetischen Telegrafen Schreibtelegraf von S. Morse erste russische Turbine (I. J. Safonow) Dampf-Raupenschlepper (P. A. Sagrjahski) Wagnerscher Hammer (J. P. Wagner)	M. Faraday entdeckt Drehung der Polarisationsebene von Licht im Magnetfeld	7 Göttinger Professoren verweigern dem Herzog Ernst August den Dienst- und Huldigungseid und werden entlassen
1838	M. H. v. Jacobi führt Elektroboot vor C. A. Steinheil entdeckt, daß zum Telegrafieren ein Draht durch das Erdreich ersetzbar ist erstes Dampfschiff mit Schraubenantrieb (F. Smith) erste deutsche Lokomotive (J. A. Schubert) erste Eisenbahnlinie in Rußland Dampfhammer von J. Nasmyth (1842 patentiert) Dränage mit Tonröhren	F. W. Bessel mißt die erste Fixsternparallaxe M. H. v. Jacobi entwickelt Galvanoplastik	
1839	Erfindung der Fotografie wird bekanntgegeben (L. Daguerre) Karusselldrehbank von J. G. Bodmer erste elektrische Uhren (C. A. Steinheil) Ch. Goodyear erfindet Heißvulkanisation Eröffnung der Bahnlinie Leipzig–Dresden	W. Grove: Prinzip des Brennstoffelements	bis 1843: Südpolarexpedition von J. C. Ross

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
1840	Dreschmaschine von M. Gwosdkow erstes lichtstarkes Fotoobjektiv (Petzval) Metallkamera mit Petzvalobjektiv (F. Voigtländer) Zeigertelegraf von Ch. Wheatstone Zinkätzung (B. Höfel) Schnellhobelmaschine von J. Nasmyth Schweißen mit Sauerstoffflamme (E. Desbassayns de Richemont)	J. v. Liebig: Arbeiten zur Agrikulturchemie P. Anossow: wissenschaftliche Untersuchungen zur Metallurgie	bis 1842: Krieg Englands gegen China (1. Opiumkrieg) erzwingt Öffnung der chinesischen Häfen Einführung von Briefmarken in England
1841	W. Talbot: Vervielfältigung von Kopien fotografischer Negative J. Withworth: einheitliches Gewindesystem	Joulesches Gesetz N. N. Sinin stellt Anilin aus Nitrobenzen dar	
1842	Entwurf eines Flugzeugs mit Dampfmaschine (W. S. Henson)	Dopplereffekt J. R. Mayer: mechanisches Wärmeäquivalent	
1843	I. Brunel: erster eiserner Schraubendampfer A. Bain: Kopiertelegraf Morse-Telegrafenlinie Washington–Baltimore im Bau Ch. Turber: Patent auf Blindenschreibmaschine J. Heilmann: Wollkämmaschine W. Talbot: erste fotografische Vergrößerungen J. Nasmyth: Dampframme Th. Hancock: Hartgummi entwickelt	J. P. Joule bestimmt unabhängig von J. R. Mayer das Wärmeäquivalent Wheatstonesche Brücke Stereoskop (D. Brewster)	

1844	S. Morse: Telegrafenlinie zwischen Washington und Baltimore in Betrieb F. G. Keller: Holzschliff für die Papierindustrie R. W. Thomson: Patent auf Luftreifen Freifallbohrer von C. G. Kind		Juni: Aufstand der schlesischen Weber in Peterswaldau und Langenbielau bis 1847: Errichtung der französischen Kolonialherrschaft in Algerien bis 1848: L. Leichhardt durchforscht Nordaustralien
1845	Revolverdrehmaschine von J. Fitch Rotationspresse Erfindung der Schießbaumwolle (Ch. F. Schönbein)	R. G. Kirchhoff: Gesetze der Stromverzweigung A. v. Humboldt: »Kosmos«	Beginn der Franklin-Expedition in die Arktis (Franklin geht mit 126 Teilnehmern zugrunde)
1846	magnetelektrische Maschine für die Leuchttürme (J. A. Nollet) Zeigertelegraf von W. Siemens Nähmaschine mit Schiffchen von E. Howe C. Zeiß: Gründung der Werkstatt für optische Geräte in Jena hydraulischer Antrieb für Kräne Zeiger und Nadeltelegraf von L. Bréguet erste Superphosphatfabrik (J. Muspratt) Guttaperchapresse für Kabelisolierung von W. Siemens	erste Ethernarkose Entdeckung des Planeten Neptun auf Grund des vorausberechneten Standorts (Leverrier, Galle)	bis 1848: Krieg zwischen den USA und Mexiko
1847	fotografische Negative auf Glasplatten (N. Niepce) Erfindung des Glyceroltrinitrats (Nitroglyzerin) (A. Sobrero) Gründung der »Telegrafenbauanstalt Siemens und Halske« Knallgasgebläse	H. Helmholtz verallgemeinert den Energiesatz I. Semmelweis entdeckt Ursache des Kindbettfiebers erste Chloroformnarkose	Gründung des »Bundes der Kommunisten« (Losung: »Proletarier aller Länder, vereinigt euch!«)
1848	bis 1854: Bau des Semmeringtunnels Bogenlampe einsatzreif (J. Foucault)	Aneroidbarometer (L. Vidie)	Februar: Kommunistisches Manifest erscheint in London

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
	Sicherheitszündhölzer (R. Böttger) dampfgetriebenes Flugzeugmodell von G. Cayley und J. Stringfellow R. Daelen entwickelt Universalwalzwerk Patent auf Lichtbogenschweißen (W. E. Staite)		bis 1849: bürgerlich-demokratische Revolution in Deutschland Krag und Rebmann entdecken Kilimandscharo
1849	J. Monier: Blumenkübel aus Zement mit Drahteinlage Eröffnung der Telegrafenlinie Berlin–Frankfurt (M.) Überquerung der Alpen im Freiballon Corliss-Steuerung für Dampfmaschinen Patent auf Füllhalter (R. W. Thompson) Fernsprechversuche von Ch. Bourseuil Überdruckturbine von J. B. Francis	A. H. Fizeau: Messung der Lichtgeschwindigkeit Röhrenbarometer (E. Bourdon)	bis 1855: Nordafrikareisen von H. Barth bis 1871: Afrikareisen von D. Livingstone
1850	Prismenfernglas (I. Porro) nach 1850: Entwicklung der Lokomobile Steindruck-Schnellpresse von G. Sigl Anwendung der Fotografie für Vermessungszwecke Dampfstrahlpumpe (H. J. Giffard) Dampfpflug von J. Fowler Ringofen zur Ziegelherstellung (F. E. Hoffmann)	H. v. Helmholtz: Augenspiegel Fehlingsche Lösung zum Zuckernachweis	Verkündung der Agrarreform in Preußen
1851	Stahlformguß (J. Mayer) erstes elektrisches Feuermeldenetz in Berlin Kreiselpumpe von Appold J. Withworth führt Lehren ein	Wetterkarten auf Grund telegrafischer Meldungen in London Pendelversuche zur Erddrehung von J. Foucault L. A. Colding: Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents	

	Probefahrten des Unterseeboots von W. S. V. Bauer Telegrafenkabel durch den Kanal Göltzschtalbrücke fertiggestellt (1846 begonnen) Vorschlag, in Generatoren statt Dauermagneten Elektromagneten einzusetzen Mähmaschine in England		
1852	Luftschiff mit Dampfmaschinenantrieb entworfen (H. Giffard) Telegrafenlinie London–Paris Entwicklung des typografischen Rasterverfahrens (G. Meisenbach) erste Pferdedrillmaschine in Deutschland Gasmotor von C. Reithmann erste Dampflokomobile in Frankreich (C. F. Calla)	Funkeninduktor von H. Ruhmkorff W. R. Bunsen: Schmelzflußelektrolyse von Aluminium (in industriellem Maßstab ab 1886)	Kölner Prozeß gegen Mitglieder des Bundes der Kommunisten Louis Bonaparte proklamiert sich zum Kaiser Napoleon III.
1853	atmosphärische Gasmaschine von E. Barsanti und F. Mateucci erste Rohrpostanlage in London (L. Clarke) gleichzeitige Telegrafie in beiden Richtungen Prag–Wien Patent auf Herstellung nahtloser Radreifen Entwicklung von Kettenschrämmaschinen beginnt Versuche, Textilmaschinen elektrisch anzutreiben (G. Bonelli) W. S. V. Bauer baut in Rußland funktionsfähiges Unterseeboot	W. Thomson: Schwingungsformel	bis 1856: Krimkrieg
1854	Aluminium aus Kryolith (Sainte-Claire Deville)	absolute Temperaturskale	

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
	Nähmaschine von I. M. Singer Tretkurbelfahrrad (Ph. Fischer) Glühlampe (H. Goebel) erste Asphaltstraße Bandsäge (J. L. Perrin)	Planimeter (P. A. Sarubin, J. Amsler-Laffon) B. Riemann entwickelt Kugelgeometrie des unbegrenzten, nicht unendlichen Raumes Bleiakkumulator von W. J. Sinsteden G. Boole: »An investigation of the laws of throughts« (Grundlagen der Booleschen Algebra)	
1855	Beginn der Aluminiumerzeugung Drucktelegraf von D. E. Hughes Patent auf Bessemerverfahren Bunsenbrenner Tretkurbelfahrrad von E. Michaux Spiegel mit versilberter Rückseite Petroleumlampe	J. C. Maxwell: Untersuchungen zur additiven Farbmischung Beginn des wissenschaftlich organisierten Wetterdienstes Geißlersche Röhre	
1856	Bildtelegrafieversuche von G. Caselli Mauvein wird als erster Anilinfarbstoff produziert Doppel-T-Anker (W. Siemens) Regenerativfeuerung entwickelt (F. Siemens) Versuche mit Drucklufthämmern Kopplung von Weichen und Signalen	Nachweis der ultravioletten Strahlung (J. H. J. Müller) Spektroskop von M. Meyerstein	bis 1860: 2. Opiumkrieg gegen China
1857	Baubeginn am Mont-Cenis-Tunnel Tiegelstahlpatent von P. M. Obuchow Nutzung der Hochofengase zur Winderhitzung (E. A. Cowper) Hohlbohrer mit Diamantenkrone Preßluftbohrmaschine von G. Someiller	synthetischer Methylalkohol (P. Berthelot)	bis 1859: Volksaufstand der Sepoys in Indien durch Großbritannien niedergeschlagen

1858	Gasgenerator für Glasindustrie (F. und W. Siemens) erste Luftaufnahmen vom Ballon aus Stempelpresse für die Herstellung von Braunkohlenbriketts erstes Patent auf Backenbrecher erstes elektrisches Leuchtfeuer (bei Dover)	Festlegung der Atomgewichte relativ zu Wasserstoff (S. Cannizzaro) Entdeckung der Katodenstrahlen (J. Plücker) Zellular-Pathologie (R. Virchow) W. Feddersen untersucht elektrische Schwingungen	
1859	Walzwerke für Panzerplatten in Rußland (W. S. Pjatow) erste Erdölbohrungen in den USA (G. L. Drake) Stellwerke für Eisenbahnen (A. Chamberlain) erster Eimerkettenbagger mit Dampfantrieb (A. Convreux) elektrische Heizung erstmals in Patentschrift erwähnt	Spektralanalyse von R. Bunsen und G. Kirchhoff Ch. Darwin: »Über die Entstehung der Arten ...« G. R. Planté beschreibt verbesserten Bleiakkumulator	Italien: Volkskrieg gegen Österreich, Befreiung der Lombardei Reutersches Telegrafenbüro gegründet
1860	Dampfhämmer beginnen sich auszubreiten Elektromotor mit Ringanker (A. Pacinotti) Petroleumlampe breitet sich aus Linoleum (F. Walton) erste Mikrofotografien Gasmotor von J. Lenoir patentiert Dampfstraßenwalze Fernsprecher von J. Ph. Reis erste Milchzentrifuge (A. und A. Prandtl)	Widerstandsthermometer (William Siemens)	Burke und Wills durchqueren Australien von Süden nach Norden
1861	Universalfräsmaschine von I. R. Brown Viertaktmotor von N. A. Otto erste Rübenerntemaschine in Deutschland	Sodaverfahren von E. Solvay patentiert A. M. Butlerow trägt Grundzüge der Strukturchemie vor	Aufhebung der Leibeigenschaft in Rußland Viktor Emanuel II. wird König von Italien

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
	erste Melkmaschinen Scheibenschrämmaschine in England Viertaktmotor von A. Beau de Rochas vorgeschlagen Dreschmaschine mit Lokomobilenantrieb Beginn des Kalibergbaus in Staßfurt Gußringausbau im Bergbau Hochdruckdampfmaschine von O .Evans erster Gurtbandförderer im Bergbau (A. Lopatin) Rübenroder von W. Siedersleben		bis 1865: Bürgerkrieg zwischen den Nord- und Südstaaten der USA
1862	erster Getreidemäher in Deutschland	Messung der Lichtgeschwindigkeit (J. Foucault)	Frankreich annektiert Kambodscha und Südteil von Vietnam bis 1879: Afrikareisen von G. Rohlfs
1863	Mähmaschine von O .Hussey Rotationsdruckmaschine von W. Buldock Londoner U-Bahn eröffnet Zahnradbahn (N. Riggenbach) U-Boot »Plongeur« von Ch. Brun Nobelsches Sprengöl Kompressionskältemaschine von Ch. Tellier	L. Pasteur entwickelt Verfahren zum Sterilisieren	Gründung des Allgemeinen Deutschen Arbeitervereins bis 1864: nationaler und sozialer Aufstand gegen zaristische Fremdherrschaft in Polen
1864	Siemens-Martin-Verfahren einsatzreif Kraftwagenversuche von S. Marcus W. Kress beginnt mit dem Bau von Flugmodellen CO_2-Feuerlöscher von F. Charlier und A. Vigon Schreibmaschine von P. Mitterhofer Reihensämaschine von R. Sack	Maxwellsche Gleichungen	Deutsch-Dänischer Krieg Gründungsversammlung der I. Internationale in London Gründung der Organisation des »Roten Kreuzes«

1865	Gründung der Badischen Anilin- und Sodafabrik Dampfomnibusse in Frankreich Entwicklung von Chromstahl (Bauer) verzeichnungsfreies Doppelobjektiv für Kameras (C. A. Steinheil) Luftschiffversuche von P. Haenlein erste deutsche Straßenbahn (Pferdestraßenbahn) Erfindung der Cottonmaschine zur Herstellung von Feinstrumpfwaren (W. Cotton) Rundschleifmaschine von J. R. Brown	Loschmidtsche Zahl Influenzmaschine von W. Holtz und A. Töpler Einführung des Entropiebegriffs (R. Clausius) Vererbungsregeln von J. G. Mendel erste antiseptische Operation (J. Lister) Benzenring (F. A. Kekulé)	USA: Präsident A. Lincoln von Anhängern der Sklavenhalter ermordet Gründung der Internationalen Telegraphen-Union
1866	Telegrafenkabel zwischen Irland und Neufundland W. Siemens findet das dynamoelektrische Prinzip	Zusammenarbeit E. Abbe – C. Zeiß beginnt	Preußisch-Österreichischer Krieg
1867	Schreibmaschine von C. Sholes Erfindung des Dynamits (A. Nobel) Einsatz der ersten Schlafwagen (USA) verbesserter atmosphärischer Gasmotor von N. A. Otto und E. Langen erste Düngerstreuer in Deutschland erster Dampfschlepper in den USA Fesselballon (H. J. Giffard) Luftreifen von J. B. Dunlop 1. Stahlbetonpatent von J. Monier Widerstandsschweißen entwickelt (E. Thomson)	Massenwirkungsgesetz (C. M. Guldberg, P. Waage) 2. Hauptsatz der Thermodynamik (R. Clausius) Gründung der Deutschen Chemischen Gesellschaft Gründung des europäischen internationalen Büros für Maß und Gewicht wird vorgeschlagen	K. Marx: Band I des »Kapitals« erscheint Gründung des Norddeutschen Bundes unter Preußens Führung Russische Regierung verkauft Alaska an die USA
1868	Margarine entwickelt (H. Mége-Mouriès) erste Luftfahrtausstellung in London J. Albert: Entwicklung des Lichtdrucks	D. Tschernow begründet die Metallographie Synthese des Alizarins (K. Graebe, K. Liebermann)	Aufstand gegen spanische Kolonialherrschaft in Kuba

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
	Leclanché-Element (Ausgang für Trokkenelement) Einführung des metrischen Gewindes in Deutschland	E. Haeckel: »Natürliche Schöpfungsgeschichte ...«	
1869	Fahrrad mit Kettenantrieb des Hinterrades und Kugellagern Eisenbahnverbindung zwischen Ost- und Westküste der USA Entwicklung des Celluloids (W. Hyatt) Gleichstrommaschine mit Ringanker (Z. Th. Gramme) Differentialregler für Bogenlampen (W. N. Tschikolew) Patent auf Druckluftbremse (G. Westinghouse) Suezkanal eröffnet (nach 10jähriger Bauzeit)	A. Brehm: »Tierleben« J. W. Hittorf entdeckt magnetische Ablenkbarkeit der Katodenstrahlen D. I. Mendelejew und L. Meyer: Periodensystem der Elemente erstes Patent zu Farbfotografie (L. Ducos du Hauron) Abbescher Beleuchtungsapparat entwickelt	Gründung der Sozialdemokratischen Arbeiterpartei in Eisenach bis 1874: Afrikareisen von G. Nachtigal
1870	Hochrad Differentialgetriebe in Dampfautomobilen (A. Beau de Rochas) Schreibsetzmaschine von M. I. Alissow Telegrafenverbindung London–Kalkutta elektrische Öfen zur Stahlgewinnung entworfen erstes Trio-Walzwerk (A. L. Holley) erste Margarinefabrik bei Paris magnetischer Erzabscheider (J. Smith) Sandstrahlgebläse Hubschraubermodell (A. Pénaud)	Konstitutionsformel des Indigo gefunden (A. v. Baeyer)	bis 1871: Deutsch-Französischer Krieg, Zusammenbruch des französischen Kaiserreichs bis 1888: Forschungsreisen Prshewalskis in Innerasien, Wüste Gobi, Nordtibet, Tarimbecken

1871	Wolfram-Chrom-Werkzeugstahl Entwicklung der fotografischen Trockenplatte (R. L. Maddox) Mikrofotografisch verkleinerte Briefe werden bei der Belagerung von Paris durch Ballone und Tauben befördert Motorflugmodell mit »Gummibandmotor« (A. Pénaud) Patent auf einen Elektropflug Druckluft-Schrämmaschine von Wistan	Ch. Darwin: »Die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl« C. F. Varley entdeckt elektrische Ablenkbarkeit der Katodenstrahlen J. C. Maxwell: elektromagnetische Lichttheorie	18.1.: Proklamierung des deutschen Kaiserreichs in Versailles 18.3. bis 28.5.: Pariser Kommune
1872	Durchstich des St. Gotthard Schreibmaschinenversuche von R. M. Hansen Versuche mit einem muskelkraftgetriebenen Luftschiff (Ch. Dupuy de Lôme) und einem Luftschiff mit Verbrennungsmotor (P. Haenlein) Gleichstromdynamo mit Trommelanker (F. v. Hefner-Alteneck) Speisewagen in den USA eingeführt		
1873	elektrische Straßenbeleuchtung in Petersburg (A. N. Lodygin) Übertragung von Elektroenergie auf der Wiener Weltausstellung (M. Fontaine) automatische Revolverdrehmaschine (Spencer) Schreibmaschinenfabrikation beginnt (Ph. Remington) Gründung der AGFA Ammoniakkältemaschine mit Kompressor (C. v. Linde) Arithmometer mit Sprossenrad (W. T. Odhner)	Entdeckung der Lichtempfindlichkeit des Selens (W. Smith, Ch. May) E. Abbe: Theorie der mikroskopischen Abbildung	Engels beginnt mit der Arbeit am Werk »Dialektik der Natur« Deutschland, Österreich, Rußland: »Dreikaiserbündnis«

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
1874	Maschine zum Schärfen von Fräsern (F. W. Kreutzberger)	K. F. Braun: »Stromleitung der Schwefelmetalle« – 1. Arbeit über Halbleiter Gründung des astrophysikalischen Observatoriums Potsdam Synthese der Salicylsäure Begründung der Stereochemie (H. van t'Hoff)	
1875	Vorschlag eines elektrischen Fernsehers (Carey) Versuche zur Übertragung elektrischer Energie (Prozki) Fahrrad mit Vollgummireifen, Freilauf und Rücktrittbremse	Gibbssche Phasenregel Tollwut-Impfstoff entwickelt (L. Pasteur)	Mai: Vereinigungsparteitag des Allgemeinen Deutschen Arbeitervereins und der Sozialdemokratischen Arbeiterpartei zur Sozialistischen Arbeiterpartei Deutschlands »Internationale Meterkonvention« zwischen 18 Staaten
1876	Patent auf »Jablotschkowsche Kerze« Dampftraktoren in den USA A. G. Bell meldet sein Telefon zum Patent an erste Verbundlokomotive eingesetzt (A. Mallet) East-River-Hängebrücke in New York Milchzentrifuge Setzmaschine von Westcott A. F. Moshaiski führt Flugzeugmodell mit Uhrwerkantrieb vor automatische Kupplung für Eisenbahnwagen entwickelt Cellulose durch chemische Aufschließung von Holz (A. Mitscherlich)		Auflösung der I. Internationale (Philadelphia) 1.10.: 1. Ausgabe des »Vorwärts« erscheint

	Sulfitverfahren zur Zellstoffherstellung patentiert (A. Mitscherlich) erste Zinkdruckanstalt gegründet (G. Meisenbach) Kraftwagen von S. Marcus		
1877	Drucktelegraf von J. Baudot eingeführt N. A. Otto erhält Patent auf einen Viertaktmotor mit Verdichtung Phonograph von T. A. Edison elektrische Straßenbeleuchtung in Paris Versuche, Selen zur Bildtelegrafie zu verwenden Hubschraubermodell von E. Forlanini Patent auf Thomasverfahren Patent auf Flotationsprozeß	Entdeckung der Osmose (W. Pfeffer) Entdeckung der »Marskanäle« Verflüssigung von Stickstoffdioxid (L. P. Cailletet)	bis 1878: Krieg Rußlands und Rumäniens gegen die Türken, Befreiung Bulgariens von türkischer Fremdherrschaft Patentgesetz in Deutschland internationale Absprachen über den Wetterdienst
1878	erste industrielle Elektrolyseanlage zur Kupferraffination C. Benz beginnt mit der Konstruktion von Verbrennungsmotoren Kohlemikrofon (D. Hughes) erstes Fernsprechamt erster automatischer Mähbinder W. T. Odhner erhält Patent auf Rechenmaschine elektrische Straßenbeleuchtung in Berlin Wechselstromgenerator von Z. Th. Gramme Differentialbogenlampe (F. v. Hefner-Alteneck)	E. Abbe: System der homogenen Immersion	bis 1890: »Sozialistengesetz« – Verbot aller Arbeiterorganisationen in Deutschland Gründung des Weltpostvereins bis 1879: Nordöstliche Durchfahrt der »Vega« (Nordenskiöld)
1879	erste Elektrolok auf Berliner Gewerbeausstellung (W. Siemens) Raupenschlepperpatent in Rußland	Indigosynthese (A. v. Baeyer) Schwefelsäure nach dem Kontaktverfahren (C. Winkler)	Deutschland und Österreich-Ungarn schließen geheimen Zweibund-Vertrag gegen Rußland

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
	T. A. Edison: Glühlampe elektrische Gesteinsbohrmaschine (W. Siemens) elektrischer Antrieb für Webstühle (W. Siemens) Versuche mit Elektropflügen in der Schweiz Elektrostahlofen (W. Siemens)	J. Stefan untersucht Strahlung heißer Körper	
1880	A. G. Bell experimentiert mit Lichtsprechgeräten Gefrierverfahren zum Abteufen (F. H. Poetsch) Stahlgewinnung im Elektroofen (W. Siemens) Vorschlag für elektrische Hochbahn in Berlin (W. Siemens) schnellaufende Dampfturbine (C. G. de Laval) Zinndruck-Rotationsmaschine Kupferkonverter in Rußland Kraftwagen von L. Tuchscherer		H. v. Wissmann durchquert Afrika von Ost nach West
1881	erste elektrische Straßenbahn in Berlin-Lichterfelde erste deutsche Fernsprechvermittlung (Berlin) Demonstration elektrischer Energieübertragung in Paris (M. Deprez) Flugzeugpatent A. F. Moshaiskis N. I. Kibaltschitsch schlägt Strahltriebwerk vor	erste Berechnungen der elektrischen Elementarladung auf dem ersten Elektrikerkongreß in Paris System der absoluten elektrostatischen und elektromagnetischen Einheiten angenommen	bis 1885: Mahdistenaufstand Frankreich okkupiert Tunesien

	Thermosflasche (J. Dewar, A. F. Weinhold) tragbare elektrische Grubenlampe (G. Trouvé) erste Vorführung einer stereofonen Übertragung		
1882	erstes Kraftwerk der Welt in New York (T. A. Edison) N. Benardos schlägt Elektroschweißverfahren vor erste elektrische Grubenbahn in Deutschland Übertragung elektrischer Energie auf der internationalen Elektrizitätsausstellung in München über 57 km (Deprez) Obusversuche von Siemens und Halske Autotypie erfunden (G. Meisenbach)	Entdeckung und Reinzüchtung des Tuberkelbazillus (R. Koch) Rechenmaschine von P. L. Tschebyschew bis 1883: 1. Internationales Polarjahr N. J. Shukowski: »Stabilität der Bewegung«	Deutschland, Österreich-Ungarn und Italien gründen den »Dreibund« Gründung des imperialistischen »Deutschen Kolonialvereins«
1883	erste Anwendung des Relais Versuche mit elektrisch angetriebenen Luftschiffen (Ch. Renard) Gleichdruckturbine von G. de Laval schnellaufender Benzinmotor von G. Daimler und W. Maybach Kettenschrämmaschine Nipkowscheibe Erfindung der Kunstseide durch Swan elektrische Nähmaschine, elektrische Zahnbohrmaschine, elektrische Drahtseilbahn	Entdeckung des Piezoeffekts (P. Curie) Verflüssigung des Wasserstoffs G. Cantor begründet Mengenlehre	
1884	Dampfturbine von Ch. Parsons Patent auf Papierrollfilm Kunstseide aus Nitrocellulose (H. de Chardonnet) erstes Kraftwerk in Berlin	Stefan-Boltzmannsches Gesetz Le Chateliersches Prinzip S. Arrhenius beginnt mit der Ausarbeitung der Theorie der elektrolytischen Dissoziation	Deutschland »erwirbt« Kolonialbesitz (Togo, Kamerun, Südwestafrika, Neuguinea, Bismarckarchipel) internationale Kongokonferenz in Berlin

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
	Peltonturbine wird entwickelt Einführung des Transformators in die Elektrotechnik (Gibbs, Goulard) Setzmaschine (Linotype) von O. Mergenthaler Entwicklung pneumatischer Reifen beginnt (J. B. Dunlop) Wolfsche Wetterlampe Gründung des Jenaer Glaswerks Schott und Genossen Gasmotor für Nähmaschine Versuche zur elektrostatischen Abgasreinigung (O. Lodge) erste elektrische Vollbahnstrecke in den USA »Sicherheitszweirad« von J. K. Starley	R. Koch: Entdeckung des Choleraerregers Balmersche Formel	
1885	Unterseeboot von T. W. Nordenfelt Gasglühstrumpf (C. Auer von Welsbach) Motorzweirad von G. Daimler »Schnellseher« von O. Anschütz (öffentliche Vorführung 1887) Dreirad-Motorwagen (C. Benz) nahtlose Rohre (Gebr. Mannesmann) Setzmaschine (Monotype) von T. Lanston	Elektrisches Drehfeld und Mehrphasenströme werden untersucht (N. Tesla, G. Ferraris)	
1886	Motorwagen von G. Daimler elektrolytische Gewinnung von Aluminium aus Bauxit (D. Héroult) Elektroschweißen eingeführt (N. Benardos)	Entdeckung der Kanalstrahlen (E. Goldstein) Entdeckung des Germaniums (C. Winkler)	

	erstes Motorboot (G. Daimler) Entwicklung von Flaschenblasmaschinen		
1887	Zentralverschluß für Kameras Zündanlage von R. Bosch Schallplatte von E. Berliner Beginn der Mehrphasenstromtechnik Probeaufstieg des Luftschiffs von D. Schwarz Drehstromgenerator von F. Haselwander Celluloidrollfilm (H. Goodwin)	H. Hertz entdeckt und untersucht die elektromagnetischen Wellen (Funkwellen) erste Tastenrechenmaschine (Comptometer von Fell)	Abschluß des »Rückversicherungsvertrages« zwischen Rußland und Deutschland bis 1889: Italien annektiert Eritrea und Somaliland
1888	Lichtbogenschweißverfahren von N. G. Slawjanow Luftreifen mit Ventil (J. B. Dunlop) Entwicklung des Spannbetons (W. Doehring) A. G. Stoletow schlägt Fotoelement für Fernsehzwecke vor Typograph (Weitere Entwicklung der Linotype-Setzmaschine) hydraulische Schmiedepresse Luftschiffversuche von W. Wölfert Traktorenversuche mit Generatorgas (Conelly) Wechselstrommotoren von N. Tesla und G. Ferraris	äußerer lichtelektrischer Effekt entdeckt (W. Hallwachs und A. G. Stoletow) D. I. Mendelejew weist auf Möglichkeit unterirdischer Kohlevergasung hin	Konzession der Deutschen Bank zum Bau der Bagdadbahn Erste Durchquerung Grönlands (F. Nansen)
1889	Spiegelrad, eine Weiterentwicklung der Nipkowscheibe, wird erfunden Bau des Eiffelturms Webautomaten mit selbsttätigem Schützenwechsel (J. H. Northrop) Käfigläufermotor (M. Doliwo-Dobrowolski) Drehwähler (A. Strowger)	O. v. Lilienthal: »Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst«	Gründungskongreß der II. Internationale in Paris 1. Mai wird Kampftag der Arbeiterklasse

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
	Kinematograph von T. A. Edison Rotationspresse für Mehrfarbendruck (H. Marinoni)		
1890	Brücke über Firth of Forth fertiggestellt Gleitflüge der Gebr. Lilienthal Elektromobil von Romanow Flugversuche von G. Ader Traktor mit Verbrennungsmotor erprobt Vielspindel-Drehautomat erstes europäisches Wechselstromkraftwerk Lochkartentechnik eingesetzt (H. Hollerith) Fertigstellung des Oder-Spree-Kanals abnehmbare Luftreifen für Fahrräder (A. Michelin) erste Anlage zur Chloralkalielektrolyse in Betrieb genommen	bis 1894: vergebliche Versuche, kosmische Radiostrahlung zu empfangen (T. A. Edison, O. Lodge, A. E. Kenelly) Nachweis des Lichtdrucks (P. N. Lebedew) G. J. Stoney prägt den Begriff »Elektron« Kohärer zum Nachweis elektromagnetischer Wellen (E. Branly) Patent auf Krackprozeß (M. G. Schuchow)	Deutschland: Bismarck wird als Reichskanzler abgesetzt, Verlängerung des Sozialistengesetzes vom Reichstag abgelehnt magnetischer Südpol erreicht
1891	elektrische Kräne im Hamburger Hafen Fernübertragung elektrischer Energie Lauffen–Frankfurt (M) (175 km) Filmaufnahmekamera von T. A. Edison Hochspannungstransformator von N. Tesla LKW von G. Daimler H. Ganswindt schlägt Raumschiff mit Pulverantrieb vor elektrische Straßenbahn mit Oberleitung in Halle	E. v. Behring: erste Anwendung des Diphtherieserums	Deutschland: Erfurter Parteitag der Sozialdemokraten Annahme des »Erfurter Programms«

1892	Heißdampfmaschine von W. Schmidt Erfindung der Leonardsteuerung Gasglühlicht eingeführt erstes Fernsprechwählamt (USA) Patent auf Dieselmotor elektrisches Bügeleisen, elektrische Kochplatte Baubeginn an der transsibirischen Eisenbahn Herstellung von Hüttenzement erste Löffelbagger eingesetzt erstes Calciumcarbid nach dem Lichtbogenverfahren (H. Moissan) Fabrikation von Kunstseide (Chardonnet) erster Wolkenkratzer in New York	künstlicher Kautschuk aus Isopren Lokalanästhesie (C. v. Schleich)	
1893	Versuche mit dampfgetriebenem Hubschrauber (Ch. A. Parsons) Versuche zur drahtlosen Energieübertragung (N. Tesla) Traktor von J. W. Mamin Mehrstufenrakete von C. A. Parsons Spritzdüsenvergaser Gegenkolben-Großgasmotor (H. Junkers, W. v. Oechelhäuser) Weiterentwicklung der Druckluftbremse (G. Knorr)	Wiensches Gesetz Fotozelle von J. Elster und H. Geitel	bis 1896: Nansens Drift mit der »Fram« durch das Polarbecken
1894	erstes Automobilrennen (Frankreich) Kinematograph von A. Lumière Aluminothermie (H. Goldschmidt) Luftschiffversuche von D. Schwarz Durchlauferhitzer von H. Junkers Bau des ersten Turbinenschiffes	Lenardsches Fenster zur Untersuchung der Katodenstrahlen Isolierung der Edelgase Argon und Helium (W. Ramsay, J. W. Rayleigh)	bis 1895: Chinesisch-Japanischer Krieg, Annektierung Taiwans durch Japan

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
	erste elektrische Fördermaschine in Deutschland Motorrad von Hildebrand und Wolfmüller Entwicklung der Walzenziehmaschine für Tafelglas		
1895	erstes Werk zur Herstellung von Calciumcarbid Luftverflüssigung nach dem Gegenstromprinzip (C. v. Linde) erstes Filmtheater in Paris Einsatz von Elektrolokomotiven in den USA A. S. Popow: Versuche zur drahtlosen Telegrafie, Erfindung der Antenne Filmvorführung in Berlin (Gebr. Skladanowsky) Luftreifen im Kraftwagenbau	Elektronentheorie von H. A. Lorentz veröffentlicht Entdeckung der Röntgenstrahlen Entwicklung des Frank-Caro-Verfahrens zur Gewinnung des Luftstickstoffs	Petersburg: marxistische Zirkel zum Kampfbund zur Befreiung der Arbeiterklasse vereinigt
1896	erstes Taxameter in Paris elektrische Kopflampen im Bergbau Motorflugmodell mit Dampfantrieb (Langley) Curtisturbine Gründung der Automobilfabrik Eisenach Eröffnung der Berliner U-Bahn A. S. Popow: erster Funkspruch G. Marconi überbrückt drahtlos 3,2 km Kinematograph von O. Meßter Herstellung von Graphit (E. G. Acheson)	Entdeckung der Radioaktivität (J. Becquerel) Zeeman-Effekt entdeckt D. Ch. Bose experimentiert mit Zentimeterwellen	Griechenland: erste Olympische Spiele der Neuzeit

1897	A. v. Slaby überbrückt drahtlos 21 km erstes Turbinenschiff in Betrieb elektrischer Walzwerksantrieb in Deutschland Kunststoff »Galalith« wird produziert Beginn der Produktion künstlichen Indigos Monotype (Lanston) erster Dieselmotor »Invar« entwickelt (Ch. Guillaume) Schnelldrehstahl von F. W. Taylor	Katodenstrahlröhre (K. F. Braun) erster Röntgenapparat in einem Dresdner Krankenhaus Messung des Verhältnisses Ladung/Masse für Elektronen	bis 1900: Verbannung Lenins nach Sibirien Deutsche Marineeinheiten besetzen Kiautschou Gescheiterter Versuch eines Ballonfluges über den Nordpol (Andrée, Fränkel, Strindberg)
1898	Versuche mit drahtloser Fernlenkung in Schweden und England Lichttelegrafie von Zickler Glühlampe mit Osmiumleuchtdraht entwickelt (C. Auer v. Welsbach) erste Akkumulatorenlokomotive Gichtgas-Großkraftmaschinen Hochfrequenzmaschine von Fessenden Luftschiffversuche von A. Santos-Dumont erster Dieseltriebwagen entwickelt	V. Poulsen: Beginn der magnetischen Schallaufzeichnung Polonium und Radium entdeckt (P. und M. Curie) Entdeckung der Edelgase Neon, Krypton, Xenon (W. Ramsay, Travers) K. F. Braun: Patent auf geschlossenen Schwingungskreis Ziolkowskische Gleichung für den Raketenflug	Rußland: 1. Parteitag der sozialdemokratischen Arbeiterpartei Rußlands Spanisch-US-amerikanischer Krieg, u. a. Annexion Kubas, Hawaiis und der Philippinen durch die USA »Faschoda-Zwischenfall« im Sudan
1899	automatische Flaschenblasmaschine (Owens) mehrstufige Gleichdruckturbine (A. Rateau) Funkverbindung Cuxhaven–»Elbe I« und Dover–Calais erstes Patent zur drahtlosen Steuerung von Luft- und Wasserfahrzeugen Induktionsofen (F. A. Kjellin)	D. Hilbert: »Grundlagen der Geometrie« Messung der Strahlung des »schwarzen Körpers« (O. Lummer, Pringsheim)	I. Haager Friedenskonferenz, Bildung eines internationalen Schiedsgerichtshofs bis 1902: Burenkrieg Großbritanniens in Südafrika

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
1900	Schnelldrehstahl wird eingeführt Offsetdruck Vorführung des Telegraphons von V. Poulsen elektrolytischer Detektor (G. Ferrié) Juli: Erster Aufstieg eines »Zeppelins« erstes Fernsprechwählamt in Berlin Münzfernsprecher in Deutschland Gleitflüge der Gebr. Wright Quecksilberdampf-Gleichrichter (P. Cooper-Hewitt) Kugeldruckprobe von J. A. Brinell Fahrtreppen werden eingeführt Waschmaschinen mit Hand- und Dampfantrieb Lichtbogenofen von P. L. T. Héroult erste deutsche Fernheizung	M. Planck: Wirkungsquantum N. Tesla schlägt radarähnliche Geräte vor ab 1900: Arbeiten zur Hochdruckkatalyse (u. a. W. Ignatjew) Radon entdeckt (E. Rutherford, F. Soddy) N. J. Shukowski: Arbeiten zur Aerodynamik H. Siedentopf, R. A. Zsygmondy: Entwicklung des Ultramikroskops	bis 1901: Boxeraufstand in China wird durch gemeinsame Aktion imperialistischer Mächte niedergeschlagen Illegale »Iskra« herausgegeben, 1. Ausgabe in Leipzig gedruckt
1901	erste Funkverbindung Europa–USA (G. Marconi) licht- und kochechte Anthracenfarben Motorflugzeugmodell mit Benzinmotor (Langley) Flugversuche von Kress elektrischer Staubsauger (Booth) Luftschiff umrundet Eiffelturm (A. Santos-Dumont) Rotary-Bohrverfahren Versuche mit Dieseltraktoren Hochspannungszündung von R. Bosch elektrische Schachtfördermaschine Th. A. Edison entwickelt den Nickel-	K. F. Braun: Kristalldetektor	

	Eisen-Akkumulator Dieselmotor mit Vorkammer und Einspritzung (F. Haselwander) Rasierapparat setzt sich durch Luftschiffversuche von A. v. Parseval		
1902	drahtlose Verbindung Frankreich–Martinique Lichtbogensender (V. Poulsen) Krarupkabel (K. E. Krarup) Zündkerze (R. Bosch) Maschine für die Herstellung von Fensterglas (E. Fourcault) Tonfilmversuche von L. Gaumout Kratzförderer im Kohlebergbau (Blakkett) Quecksilberdampflampe von P. Cooper-Hewitt	Hypothese von O. Heaviside und A. Kenelly über Ionosphäre E. Rutherford entwickelt Theorie des radioaktiven Zerfalls	Deutsch-türkischer Vertrag über Bau der »Bagdadbahn« unterzeichnet
1903	Dezember: erster Motorflug der Gebr. Wright elektrische Vollbahnlokomotive in Deutschland Tonfilmpatent für I. L. Poljakow Naßfeuerlöscher (Minimax) erste Kurztonfilme von O. Meßter	K. E. Ziolkowski: »Erforschung des Weltraums mit Hilfe von Reaktionsapparaten« Luftstickstoffverfahren von Birkeland und Eyde Spinthariskop (W. Crookes)	II. Parteitag der Sozialdemokratischen Arbeiterpartei Rußlands R. Amundsen: Nordwestpassage vom Atlantik zum Pazifik bis 1905: China- und Tibetexpedition W. Filchners
1904	Radarpatent und Vorführung der Geräte von C. Hülsmeyer Bildtelegrafie demonstriert (A. Korn) Patent auf einen »Fernseher für farbige Bilder« Gebr. Wright: Erster Kreisflug Elektroherd	Diode (J. A. Fleming) Oxidkatode (A. Wehnelt)	Internationaler Sozialistenkongreß in Amsterdam bis 1905: Russisch-Japanischer Krieg bis 1907: Aufstände der Hottentotten und Hereros gegen deutsche Kolonialherrschaft

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
1905	Erfindung der Tantallampe (C. Auer von Welsbach) Quecksilberluftpumpe (W. Gaede) Förderband wird im Bergbau eingesetzt Autogenschweißverfahren von Fouché Löschfunkensender (M. Wien) Entwicklung des Offsetdrucks Simplontunnel fertiggestellt Entwicklung der Amplidyne Hochfrequenzmaschine von E.F.Alexanderson Produktion von Zellwolle in Deutschland Schnellbremse von G. Knorr eingeführt	A. Einstein: Erklärung der Brownschen Bewegung und des lichtelektrischen Effekts, spezielle Relativitätstheorie Entdeckung der Isotopie durch E. Rutherford und F. Soddy	Rußland: Beginn der bürgerlich-demokratischen Revolution (bis 1907); Juni: Matrosenaufstand auf dem Panzerkreuzer Potjomkin erste Marokkokrise zwischen Frankreich und Deutschland, Konferenz von Algeciras
1906	Gasturbine von H. Holzwarth Duraluminium (A. Wilm) Verwendung von Acetylen zum Schneiden und Schweißen Funkstation Nauen gegründet Bildübertragung mit Braunscher Röhre (M. Dieckmann und B. I. Rosing) Feuerzeug mit Cereisen-Stein erste Diesellokomotive entwickelt (A. Klose) Umkehrwalzwerk von K. Ilgner	3. Hauptsatz der Thermodynamik (W. H. Nernst) Entwicklung der Verstärkerröhre (L.de Forest, R.v.Lieben) Wasserstoff verflüssigt (H. Kamerlingh-Onnes)	I. Weltfunkkonferenz
1907	Patent auf Audion (L.de Forest) Bildtelegrafie Berlin–München, Paris–London, Paris–Berlin Motortragpflug wird entwickelt Stapellauf des ersten Turbinen-Schnelldampfers	K. E. Ziolkowski: »Erforschung des Weltraums durch Raketenfahrzeuge«	2. Haager Friedenskonferenz Kongreß der II. Internationale in Stuttgart Shackleton erreicht auf dem Wege zum Südpol 88° 23′ s.Br.

	Bakelit erfunden (L. H. Baekeland) Hubschrauber steigt mit Passagier 1,5 m (L. Bréguet)		bis 1908: Afrikaexpedition von A. F. zu Mecklenburg
1908	Hochfrequenzmaschine von H. Goldschmidt Entwicklung des Kreiselkompasses (H. Anschütz-Kämpfe) Radarpatent von H. Loewy erste Vorschläge für Strahltriebwerke H. Grade fliegt mit selbstentworfenem Flugzeug Patent auf Kolbenfüllhalter Mehrspindelautomaten	Nachweis magnetischer Felder in den Sonnenflecken Verflüssigung des Heliums (H. Kamerlingh-Onnes)	Lenins Werk: »Materialismus und Empiriokritizismus« erscheint
1909	L. Blériot überfliegt den Kanal erste Traktoren in Deutschland entwikkelt Wagen »Modell T« von Fordwerken auf den Markt gebracht N. Gerassimow entwirft Turbinenstrahlwerk Arbeiten zur automatischen Fahrzeugkurssteuerung erste regelmäßige Filmwochenschau (C. Pathé)	E. Rutherford klärt Natur der Alphateilchen auf Methylkautschuk von F. Hofmann	R. E. Peary erreicht Nordpol
1910	Versuche, zwischen Nizza und Korsika drahtlos zu telefonieren Beginn des drahtlosen Zeitzeichendienstes von Norddeich und vom Eiffelturm erster Flug über die Alpen (G. Chavez) seetüchtige Motorschiffe mit Dieselantrieb Rotationstiefdruckverfahren (E. Mertens)	Diffusionspumpe von W. Gaede Neonröhre S. W. Lebedew entdeckt die Polymerisationsfähigkeit des Butadiens	Japan annektiert Korea Kopenhagen: Internationaler Sozialistenkongreß, Internationale sozialistische Frauenkonferenz

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
	Fernsehvorführung auf Brüsseler Weltausstellung (E. Ruhmer) Entwurf einer Nurflügelflugzeuges elektrischer Starter für Kraftwagen 1. Triodenpatent von R. v. Lieben Produktionsaufnahme von Bakelit		
1911	Tornisterfallschirm (G. J. Kotelnikow) 40-kV-Leitung Hirschfelde–Pirna Hochfrequenzverstärker patentiert (O.v.Bronk) erste Tankstellen erste elektrisch betriebene Fernbahnstrecke in Deutschland (Dessau–Bitterfeld)	R. A. Millikan bestimmt elektrische Elementarladung A. N. Krylow: erste Maschine zur Lösung von Differentialgleichungen Atommodell von E. Rutherford H. Kamerlingh-Onnes entdeckt Supraleitfähigkeit C. T. R. Wilson: Expansionsnebelkammer	zweite Marokkokrise zwischen Frankreich und Deutschland bis 1912: Italienisch-Türkischer Krieg China (bis 1913): unvollendete bürgerlich-demokratische Revolution; China wird Republik
1912	Erfindung der Kaplanturbine März: 1. Fallschirmabsprung aus dem Flugzeug Patent auf korrosions- und säurefesten Chrom-Nickelstahl 100-kV-Leitung zwischen Lauchhammer und Riesa Hochfrequenzmaschine von V. P. Wologdin Kompressor für Verbrennungsmotoren erste Serienfahrzeuge mit elektrischem Anlasser Reißverschluß patentiert (Sundback) Entwicklung des Metallspritzens (M. U. Schoop)	Beugung von Röntgenstrahlen an Kristallen (M.v.Laue, F. Knipping, W. Friedrich) entdeckt Höhenstrahlung entdeckt (V. Hess) Haber-Bosch-Verfahren	Internationaler Sozialistenkongreß in Basel April: 1. Ausgabe der »Prawda« erscheint bis 1913: 1. und 2. Balkankrieg Weltfunkkonferenz von 43 Ländern in Moskau

1913	Kohleverflüssigung durch Druckhydrierung (F. Bergius) Hochdrucksynthese des Ammoniaks (F. Haber, C. Bosch) Glühlampe mit Gasfüllung (I. Langmuir) Schüttelbandförderung im Bergbau erste hydraulische Kohleförderung Versuche zur Funkpeilung mit Rahmenantenne Echolot (A. Behm) Elektronenröhren werden in Serien gefertigt Schnellarbeitsstahl mit Cobaltzusatz	Entwicklung der Röntgenstrukturanalyse Atommodell von N. Bohr Spitzenzähler von H. Geiger Patent auf Rückkopplungsaudion (W. Schlömilch) Moseleysches Gesetz Versuche von J. Franck und G. Hertz	
1914	erste Polarflüge von J. I. Nagurski Traktoren beginnen sich durchzusetzen Entwurf eines Turbopropmotors (W. Nikolski) Wolframcarbid wird pulvermetallurgisch gewonnen Eröffnung des Panamakanals und des Mittellandkanals Elektrolokomotive mit Quecksilberdampfgleichrichter	mechanische Anlage zur Lösung von Integralgleichungen Entwicklung des Müller-Kühne-Verfahrens zur Gewinnung von Schwefelsäure aus Gips	28. 6.: Ermordung des österreichischen Thronfolgers in Sarajevo 28. 7. bis 11. 11. 1918: Erster Weltkrieg Dezember: Karl Liebknecht stimmt im Reichstag gegen die Kriegskredite
1915	Ganzmetallflugzeug (H. Junkers) Beginn der Produktion von Methylkautschuk in Deutschland Versuche mit drahtloser Telephonie zwischen Frankreich und den USA Fernsprechverbindung zwischen Ost- und Westküste der USA Dampfstrahlpumpe von S. A. Borowik »Jenaer Glas« auf dem Markt	Elektronentheorie der chemischen Bindung (W. Kossel) Entdeckung des Einstein-de-Haas-Effekts Röntgenspektroskop (L. W. Bragg)	September: Internationale Sozialistenkonferenz in Zimmerwald (Schweiz)

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
1916	spitzenloses Schleifen Aufbau der Leuna-Werke Anlasser mit automatischer Einkupplung durch Ritzel	A. Einstein arbeitet allgemeine Relativitätstheorie aus elektronische Valenztheorie (G. Lewis)	Januar: Bildung der Spartakusgruppe April: Antikriegskonferenz der Sozialisten in Kiental (Schweiz) Juni: In Berlin und anderen deutschen Städten Massenstreiks gegen Verurteilung Liebknechts
1917	Afrikaflug des deutschen Luftschiffes L 59 (6750 km) Ammoniakwerke Merseburg (Leuna) nehmen Produktion auf Röhrensenderversuche an der deutschen Westfront (A. Meißner, H. Bredow)		27. 2.: Sturz der zaristischen Selbstherrschaft in Rußland, Entstehung der Doppelherrschaft bis Oktober: Übergang von der bürgerlich-demokratischen zur sozialistischen Revolution 16. 4.: Lenins Rückkehr aus der Emigration April: Munitionsarbeiterstreiks in deutschen Großstädten Juni/August: Streiks in der deutschen Hochseeflotte Juli: blutige Zerschlagung von Arbeiter- und Soldatendemonstrationen in Petrograd durch die Provisorische Regierung August: VI. Parteitag der SDAPR (B) in Petrograd 7. 11. Sieg des bewaffneten Aufstandes in Petrograd, Beginn der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution II. Gesamtrussischer Sowjetkongreß nimmt erste Gesetze an 3. 12.: Beginn der Waffenstillstandsverhandlungen in Brest-Litowsk

1918	Luftpostverkehr in den USA	Gründung des Zentralen Aero- und Hydrodynamischen Instituts in Moskau	3. 3. Friedensvertrag von Brest-Litowsk unterzeichnet Sowjetrußland (Sommer): Beginn der ausländischen Intervention und des Bürgerkrieges 10. 7.: erste Verfassung des Sowjetstaates angenommen Ende Oktober/Anfang November: Matrosenaufstände in Kiel und Wilhelmshaven, Beginn der Novemberrevolution 9. 11.: Ausrufung der Republik, Abdankung Kaiser Wilhelm II. 11. 11.: Gründung des Spartakusbundes in Berlin 11. 11.: Waffenstillstandsabkommen von Compiègne
1919	Senderöhren mit Wasserkühlung (M. A. Bontsch-Brujewitsch) Atlantiküberquerung des Luftschiffes R 34 Trägerfrequenzgeräte erstmals eingesetzt (Berlin–Hannover) Luftverkehrslinien Weimar–Berlin, Paris–London Arbeiten zur Verwirklichung des Tonfilms (Triergon) drahtlose Übertragung bewegter Schattenbilder (D. v. Mihaly) H. Junkers konstruiert »F 13«, das erste Verkehrsflugzeug elektrischer Heißwasserspeicher H. Bredow kündigt in Experimentalvortrag den Rundfunk an	Nachweis von Isotopen mit dem Massenspektrographen (F. W. Aston) erste künstliche Atomkernumwandlung (E. Rutherford) A. Sommerfeld: »Atombau und Spektrallinien«	30. 12. 1918 bis 1. 1. 1919: Gründungsparteitag der Kommunistischen Partei Deutschlands 15. 1.: Karl Liebknecht und Rosa Luxemburg ermordet 14. 2.: Konstituierung des Völkerbundes Anfang März: 1. Kongreß der Kommunistischen Internationale in Moskau 28. 6.: Unterzeichnung des Friedensvertrages von Versailles 31. 7.: Nationalversammlung in Weimar nimmt die neue Verfassung an

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
	Versuche zur Schutzgasschweißung (M. H. Roberts) Spritzgußmaschine für Acetylcellulose (A. Eichengrün)		
1920	Einführung des Schleudergusses erste Rundfunksendung in den USA Funktelefonie Berlin–Moskau Beginn der Produktion von Vistra-Zellwolle erste Ölheizungen für Privathäuser Beginn der Produktion von Sulfathüttenzement	Katodenstrahloszillograph wird entwickelt (Rogowski)	13. bis 17. 3.: reaktionärer Kapp-Putsch wird durch Aktionseinheit der Werktätigen zerschlagen Dezember: VIII. Gesamtrussischer Sowjetkongreß nimmt GOELRO-Plan zur Elektrifizierung an
1921	Rundfunk-Versuchssendungen in Deutschland Diesel- und Gleiskettentraktoren kommen auf	Funkamateure entdecken die große Reichweite kurzer Wellen Versuche von O. Stern und W. Gerlach	März: X. Parteitag der KPR (B) beschließt Übergang zur Neuen Ökonomischen Politik 19. 3. bis 1. 4.: Einmarsch von Polizei und Reichswehr in das mitteldeutsche Industriegebiet. Bewaffneter Aufstand revolutionärer Arbeiter wird blutig niedergeschlagen
1922	Tragschrauber von J. de la Cierva Methanolsynthese in Deutschland Turbinenbohrer von M. A. Kapeljuschnikow erste Überquerung des Südatlantik mit Wasserflugzeugen Luftverkehr zwischen Deutschland und Sowjetrußland (DERULUFT) erste Tonfilmvorführungen nach dem Triergonverfahren	Insulin gefunden (F. G. Bauting, C. Best) Fischer-Tropsch-Synthese	16. 4.: Vertrag von Rapallo 24. 6.: Ermordung des deutschen Außenministers Rathenau 31. 10.: Faschisten unter Mussolini kommen in Italien an die Macht 30. 12.: I. Sowjetkongreß der UdSSR verkündet die Gründung der UdSSR

	J. L. Baird beginnt mit Fernsehversuchen Rundfunksender »Komintern« wird in Moskau in Betrieb genommen		
1923	erste Taktstraße zur Bearbeitung von Zylinderblöcken in England Dieselmotor wird in Kraftwagen eingesetzt drahtlose Zugtelefonie auf der Strecke Berlin–Hamburg 29. 10.: Eröffnung des Rundfunks in Deutschland in der UdSSR werden die ersten Traktoren und Dampfturbinen produziert Patent auf Kupfer(I)-oxid-Gleichrichter erstes Fernsprechamt mit Koordinatenschaltern elektrische Schreibmaschine (J. Smathers) gesinterte Hartmetalle als Schneidwerkstoff	Mikrowellenversuche von A. A. Glagolewa-Arkadiewa Entdeckung des Compton-Effekts G. v. Hevesy experimentiert mit markierten Atomen auf biologischem Gebiet H. Oberth: »Die Rakete zu den Planetenräumen« I. P. Pawlow: »Zwanzigjähriger Versuch einer objektiven Untersuchung der höheren Nerventätigkeit der Lebewesen« Geigerzähler wird mit Verstärker kombiniert Begründung der Polarographie (J. Heyrowski)	Januar: Französisch-belgische Truppen besetzen das Ruhrgebiet August: Sturz der Regierung Cuno durch Generalstreik Oktober/November: Bildung von kommunistisch-sozialdemokratischen Koalitionsregierungen in Sachsen und Thüringen, Einmarsch der Reichswehr, Absetzung der verfassungsmäßigen Regierungen 8. und 9. 11.: faschistischer Putschversuch unter Hitler und Ludendorff in München 15. 11.: Einführung der Rentenmark in Deutschland
1924	Serienproduktion der »Leica« beginnt elektrische Schallplattenaufnahme-Verfahren breiten sich aus Oktober: erste USA-Fahrt des Luftschiffs LZ 126 Einsatz der Wechselstromtelegrafie in Deutschland Bildtelegrafie mit Kerrzelle (A. Karolus) Kurzwellenfunklinie Nauen–Buenos Aires wird eröffnet Entwicklung von Fernheizwerken beginnt in der UdSSR vollmechanisierte Abraumförderbrücke im Tagebau	O. W. Lossew wendet Kristalldetektor zur Schwingungserzeugung an L. de Broglie stellt Hypothese der Materiewellen auf F. Bergius: katalytische Druckhydrierung von Kohle	21. 1.: Tod W. I. Lenins Juli/August: Londoner Konferenz nimmt Dawesplan an

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
	Flughafen Berlin wird eröffnet Hubschrauber fliegt weiter als 1 km (Frankreich) erste dieselelektrische Lokomotive für den Fernverkehr in der UdSSR (J. M. Gackel)		
1925	erste Kurzwellenrundfunkübertragung USA–Deutschland Fernsehversuche mit mechanischen Abtast- und Wiedergabeeinrichtungen (J. L. Baird, A. Karolus u. a.) UKW-Versuche in Deutschland Walchensee-Kraftwerk nimmt Betrieb auf Arcatom-Verfahren von I. Langmuir	Fischer-Tropsch-Verfahren entwickelt Pauli-Prinzip Begründung der Quantenmechanik durch W. Heisenberg und M. Born Differentialanalysator von V. Bush Hypothese des Elektronenspins (S. Goudsmith, G. E. Uhlenbeck)	Oktober: Konferenz von Locarno 31.10./1.11.: Reichsparteikonferenz der KPD, E. Thälmann wird Parteivorsitzender Dezember: XIV. Parteitag der KPdSU (B) beschließt die sozialistische Industrialisierung Gründung des Weltrundfunkvereins in Genf
1926	F. Schröter schlägt Ultrakurzwellen für das Fernsehen vor Einführung von Wolframcarbid für Schneidwerkzeuge Deutsche Reichspost beginnt mit Fernsehversuchen Nordpol wird mit Luftschiff (R. Amundsen) und Flugzeug (E. Byrd) überflogen H. Goddard startet erste Flüssigkeitsrakete Kraftwerk Klingenberg (Berlin) nimmt Betrieb auf elektrische Schallplattenwiedergabe Doppel-Wendel-Glühlampe auf dem Markt	H. Busch legt Grundlagen der Elektronenoptik, konstruiert erste Elektronenlinse E. Schrödinger arbeitet Wellenmechanik aus M. v. Ardenne: Breitbandverstärker	3. 9.: Deutschland wird in den Völkerbund aufgenommen Amundsen und Nobile fliegen über den Nordpol von Spitzbergen nach Alaska

1927	fernsehtelefonische Übertragungsversuche auf Leitungen drahtloser Fernsprechverkehr über den Atlantik Nonstopflug New York–Paris (Ch. Lindbergh) Tonfrequenz-Mehrfachtelegrafie erste Anlage für Kohlehydrierung nach dem Bergius-Pier-Verfahren errichtet	Versuche von C. J. Davisson und L. H. Germer zur Beugung von Elektronen W. Heisenberg: Unschärfebeziehung	Dezember: XV. Parteitag der KPdSU (B) beschließt Kollektivierung der Landwirtschaft
1928	Versuche M. Valiers mit Raketenschlitten Farbfernsehversuche von J. L. Baird Elektrifizierung der Berliner S-Bahn Fernsehgeräte auf der 5. Großen Deutschen Funkausstellung Wäscheschleuder Reglerbügeleisen elektrische Verkehrsampeln in Berlin	F. Pfleumer entwickelt Schallaufzeichnung mit Magnetband Geiger-Müller-Zählrohr Entdeckung des Ramaneffekts A. Fleming entdeckt bakterientötende Wirkung des Pinselschimmels H. Fischer: Erklärung des chemischen Baus roter Blutkörperchen Erprobung des Linearbeschleunigers durch Wideroe P. Dirac sagt Positron voraus	E. Byrd gründet Antarktisstation »Little America« Beginn des ersten Fünfjahrplanes in der UdSSR
1929	März: erste drahtlose Fernsehsendung der Deutschen Reichspost Eröffnung des Kurzwellensenders in Königs Wusterhausen erste 220-kV-Leitungen in Europa erster Flug eines raketengetriebenen Flugzeugs (F. v. Opel) Etappenflug einer sowjetischen »ANT 4« von Moskau nach New York E. Byrd überfliegt den Südpol Weltflug des Luftschiffs LZ 127 Großflugboot »Do X« (12 Motoren, 70 Passagiere) in Deutschland gebaut	A. F. Ioffe schlägt Thermobatterien zur Energiegewinnung vor	bis 1933: Weltwirtschaftskrise UdSSR errichtet Funkstationen auf Franz-Joseph-Land und Sewernaja Semlja

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
1930	erste Versuche mit Flüssigkeitstriebwerken für Raketen in der UdSSR (F. A. Zander) Schwerölmotor und einziehbares Fahrwerk für Flugzeuge (H. Junkers, K. Tank) Staustrahltriebwerk von P. Schmidt kontinuierlich arbeitendes Walzwerk für geschweißte Rohre Bildfunk Deutschland–China Untersuchungen zur industriellen Nutzung der Hochfrequenzwärme Traktorenwerk im heutigen Wolgograd nimmt Produktion auf Nachtstrom-Kühlschrank erstes Patent auf Flugzeuggasturbine (F. Whittle) Großproduktion von »Plexiglas« beginnt Fotosetzmaschine (E. Uher) erstes Pumpspeicherwerk der Welt in Niederwartha bei Dresden	M. v. Ardenne führt vollelektronische Bildübertragung vor – Beginn des modernen Fernsehens W. K. Zworykin und S. I. Kitajew entwickeln unabhängig voneinander das Ikonoskop Entdeckung des Planeten Pluto Entwicklung des Zyklotrons (E. O. Lawrence) erste Radiosonden in der Meteorologie (P. A. Moltschanow) N. D. Papaleksi schlägt drahtlose Hyperbelnavigation vor Bandgenerator als Teilchenbeschleuniger (R. J. van de Graaff)	Januar: Internationale Konferenz in den Haag nimmt »Young-Plan« an 24. 8.: »Programmerklärung der KPD zur nationalen und sozialen Befreiung des deutschen Volkes«
1931	Eröffnung des Luftverkehrs Deutschland–Brasilien mit LZ 127, Arktisexpedition des LZ 127 erste Überfliegung des Pazifik ohne Zwischenlandung Vorführung des elektronischen Fernsehens während der Berliner Funkausstellung Raketenversuche von J. Winkler in der UdSSR erstes Werk der Welt zur Gewinnung künstlichen Kautschuks aufgebaut	Mai: A. Piccard und Begleiter erreichen im Stratosphärenballon 15700 m Entdeckung der kosmischen Radiostrahlung (K. G. Jansky)	April: Monarchie in Spanien gestürzt September: Japan besetzt Gebiete in Nordchina Oktober: »Harzburger Front«

	Fertigstellung des ersten sowjetischen Blockwalzwerkes erfolgreiche Fernsehversuche in der UdSSR Produktion von Polyvinylchlorid		
1932	Inbetriebnahme des Wolchow-Aluminium-Werkes in der UdSSR UKW-Sender Witzleben für Fernsehversuche errichtet Bildfunklinie Deutschland-USA Versuche zum Sauerstoffblasen in der UdSSR Zugmaschinen mit Luftreifen für die Landwirtschaft Dnepr-Großkraftwerk nimmt Betrieb auf Waschmittel »Fewa« kommt auf den Markt elektrischer Rasierapparat erfunden Entwicklung von Schaumglas (I. I. Kitaigorodski) Papier- und Folienbänder für magnetische Schallaufzeichnung	Entdeckung des Neutrons (J. Chadwick) Internationales Polarjahr – 75 Arktisstationen erste Kernreaktion durch künstlich beschleunigte Protonen (J. Cockroft, E. Walton) Radiostrahlung der Milchstraße wird entdeckt Entdeckung des Positrons (C. D. Anderson) W. Heisenberg und D. D. Iwanenko: Atomkern aus Protonen und Neutronen aufgebaut W. H. Carothers: Nylon Entdeckung des Deuteriums (H. C. Urey)	25. 5.: Aufruf des ZK der KPD zur Bildung der Antifaschistischen Aktion 20. 7.: Sturz der sozialdemokratischen preußischen Regierung 17. 11.: Sturz der Regierung Papen
1933	dieselelektrische Schnelltriebwagen in Deutschland erster Flug einer mit Flüssigkeitstriebwerk ausgestatteten Höhenrakete in der UdSSR erste Telexverbindung in Deutschland erstes serienmäßig produziertes Fernsehgerät Rundfunkprogramm-Austausch Japan–Deutschland Vollendung des Weißes-Meer-Ostsee-Kanals	Entwicklung des Elektronenmikroskops sowjetischer Stratosphärenballon steigt auf 19000 m Entwicklung der Quarzuhr Entwicklung des Superikonoskops (P. W. Timofejew, P. M. Schmakow)	30. 1.: Beginn der faschistischen Diktatur in Deutschland Appell der KPD zur Bildung der antifaschistischen Einheitsfront 7. 2.: letzte Tagung des ZK der KPD in Ziegenhals 27. 2.: Reichstagsbrand 3. 3.: Ernst Thälmann verhaftet 24. 3.: Ermächtigungsgesetz 2. 5.: Verbot der Gewerkschaften in Deutschland

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
			September/Dezember: Reichtagsbrandprozeß 19. 10.: Deutschland tritt aus dem Völkerbund aus Beginn der Tscheljuskin-Expedition zur Erforschung des nördlichen Seeweges
1934	Entwicklung der Radartechnik beginnt Luftschraube mit veränderlicher Blattstellung deutsche Luftpostlinie nach Südamerika Buna wird in Deutschland entwickelt und produziert unterirdische Vergasung von Kohle in der UdSSR Produktion von PeCeU-Fasern beginnt	Entdeckung der künstlichen Radioaktivität durch I. und F. Joliot sowjetische Forscher erreichen im Stratosphärenballon 22000 m Entdeckung des Tritiums elektronenoptischer Bildwandler (M.v.Ardenne) H. Yukawa entwickelt Mesonenhypothese W. Beebe erreicht in einer Tauchkugel nahezu 1000 m Tiefe Aufbau des meteorologischen Radiosondendienstes beginnt Tscherenkow-Effekt	Februar: faschistischer Putschversuch in Frankreich wird durch Generalstreik verhindert bis 1935: Langer Marsch in China September: UdSSR tritt dem Völkerbund bei
1935	Versuche zum Stranggußverfahren in der UdSSR regelmäßiges Fernsehprogramm (3× in der Woche) in Deutschland, Einrichtung öffentlicher »Fernsehstuben« in Berlin erste U-Bahn-Linie in Moskau eröffnet erste Fernsehaußenübertragungen nach dem Zwischenfilmverfahren Abdampf von Kraftwerken für Heizzwecke verwendet	Einführung der Sulfonamide in der Medizin	März: allgemeine Wehrpflicht in Deutschland Rückgliederung des Saargebietes an Deutschland Juli/Augus: VII. Weltkongreß der Komintern beschließt Generallinie für Kampf gegen Faschismus und Krieg September: Nürnberger Gesetze leiten systematische Judenverfolgung ein 1935/36: Das faschistische Italien

	Fischer-Tropsch-Anlagen zur Treibstoffsynthese Entwicklung der Silikone setzt ein		überfällt Äthiopien und macht es zur Kolonie
1936	Fernsehtelefonlinie Berlin–Leipzig eröffnet Hubschrauber erreicht in Frankreich 110 km/h Fernsehzentren in Moskau und Leningrad eingerichtet erste Fernsehübertragungen mit Ikonoskopkamera anläßlich der Berliner Olympiade UdSSR wendet hydromechanische Verfahren im Untertagebau an Produktion von Polystyrol in Deutschland erste Schneidkeramik	erste (mechanisch arbeitende) programmgesteuerte Rechenanlage in Deutschland (K. Zuse) Diffusionsnebelkammer (A. Langsdorf)	Februar: Bildung der Volksfront in Spanien März: faschistische Truppen besetzen das entmilitarisierte Rheinland Juni: Volksfrontregierung in Frankreich 18. 7.: Beginn des national-revolutionären Krieges des spanischen Volkes gegen Faschisten und italienisch-deutsche Interventen Oktober/November: Achse Berlin–Rom, Antikomintern-Pakt Deutschland–Japan
1937	sowjetisches Luftschiff bleibt 137 h in der Luft Wasserstoffkühlung von Elektrogeneratoren erprobt Traktoren mit hydraulischer Hebeeinrichtung Farbfernsehen auf Berliner Funkausstellung 6. 5.: LZ 129 verbrennt bei Landung in den USA erster Hubschrauber in Deutschland sowjetische Nonstopflüge über den Nordpol nach den USA Großproduktion von Nylon beginnt	erstes Zyklotron in der UdSSR gebaut H. Aiken beginnt mit der Entwicklung programmgesteuerter Rechenautomaten Nachweis der von H. Yukawa vorausgesagten Mesonen	Juli bis 1945: Krieg Japans gegen China November: Italien tritt Antikomintern-Pakt bei
1938	erste einsatzfähige Radargeräte Tonbänder beim Rundfunk verwendet	O. Hahn und F. Straßmann entdecken Kernspaltung des Urans	12. 3.: gewaltsame Angliederung Österreichs an Hitlerdeutschland

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
	deutscher »Einheitsfernsehempfänger« Elektrobohrer für den Bergbau (UdSSR) Streckenvortriebskombine in UdSSR (N. A. Tschichatkow) Kugelschreiber erfunden Fernbahn-Elektrolok mit Gleichrichter in der UdSSR		Juli/August: Rote Armee zerschlägt japanischen Aggressionsversuch 29./30. 9.: Münchener Abkommen 1. 10.: faschistische Truppen marschieren in das Sudetenland ein 9./10. 11.: »Kristallnacht« in Deutschland
1939	Turbinen-Kältemaschine (P. L. Kapiza) August: erster Flug eines Strahlflugzeugs Fernsehaufnahmeröhre Orthikon (A. Rose, H. James) Tantalcarbid wird für Schnittwerkzeuge verwendet Fernsehprojektionsempfänger werden demonstriert Mehrstufen-Turbinenbohrer (P. P. Schumilow, E. I. Tragijew) erste Taktstraße in UdSSR (I. P. Inotschkin) Selengleichrichter wird eingeführt	Entdeckung des fadenbildenden Polyesters bei Verbindung von Terephthalsäure mit Ethylenglykol	30. 1.: Berner Konferenz der KPD 15. 3.: Besetzung der Tschechoslowakei durch faschistische Wehrmacht (Protektorat Böhmen und Mähren) 23. 3.: Litauen wird gezwungen, Memelgebiet an Deutschland abzutreten März: Franco-Diktatur in Spanien 23. 8.: Deutsch-Sowjetischer Nichtangriffspakt unterzeichnet 1. 9.: faschistischer Überfall auf Polen – Beginn des Zweiten Weltkrieges November bis März 1940: Sowjetisch-Finnischer Krieg
1940	Großproduktion von Polyethylen in England erste stationäre 1 000-PS-Gasturbine in UdSSR Kohlenkombines für die Gewinnung vor Ort Einführung elektrischer Weidezäune in Europa Halbleiter-Spitzendiode	Neptunium und Plutonium entdeckt (McMillan, G. Seaborg, Abelson) Entwicklung des Betatrons (W. Kerst) Abtrennung des Uranisotops 235 Mehrkammermagnetron einsatzreif Entwicklung des Tscherenkowzählers	9. 4.: faschistischer Überfall auf Dänemark und Norwegen 10. 5.: faschistischer Überfall auf Frankreich, Belgien, Niederlande, Luxemburg 10. 6.: Kriegseintritt Italiens

1941	Gasturbinenlokomotive wird in der Schweiz eingesetzt Entwicklung der Polyesterfasern	Entwicklung des Calutrons (E. O. Lawrence) programmgesteuerte Relaisrechner von K. Zuse und H. Aiken	6. 4.: faschistischer Überfall auf Jugoslawien und Griechenland 22. 6.: faschistischer Überfall auf UdSSR 7. 12.: japanischer Überfall auf Pearl Harbour. Japan, Deutschland und Italien erklären USA den Krieg Dezember–Februar 1942: erfolgreiche sowjetische Gegenoffensive vor Moskau
1942	Gewinnung von Magnesium aus Meerwasser Entwicklung von Polyakrylnitrilfasern	2. 12.: In Chicago läuft der erste Kernreaktor an (E. Fermi)	Mai/Juni: Bündnis zwischen UdSSR, Großbritannien, USA mit dem Ziel gemeinsamen Kampfes gegen das faschistische Deutschland November bis 2.2.1943: Schlacht bei Stalingrad, entscheidende Niederlage der faschistischen Wehrmacht
1943	Beginn der Isolierung von Uran 235 und seiner Produktion im Rahmen des US-Atombombenprogramms Produktion von Silikonkunstharzen beginnt B. R. und N. I. Lasarenko schlagen erosive Metallbearbeitung vor Erfindung des Superorthikons (A. Rose, P. Weimer, Ch. Law)		18.1.: Leningrad von faschistischer Blockade entsetzt 13. 5.: Kapitulation der faschistischen deutsch-italienischen Truppen in Nordafrika 19. 4.: Beginn des Aufstandes im Warschauer Ghetto 12./13. 7.: Bildung des Nationalkomitees »Freies Deutschland« bei Moskau Juli/August: Gegenoffensive der Roten Armee im Kursker Bogen 8. 9.: Kapitulation Italiens 28. 11. bis 1. 12.: Konferenz von Teheran
1944		erste automatische Wetterstation in der Arktis (UdSSR)	Januar/Februar: Niederlage der Faschisten vor Leningrad

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
			6. 6.: Landung anglo-amerikanischer Truppen in der Normandie 20. 7.: mißglücktes Attentat auf Hitler 18. 8.: Ernst Thälmann ermordet 11. 10.: Rote Armee erreicht deutsche Grenze in Ostpreußen 16. 12.: gescheiterte faschistische Ardennenoffensive
1945	Juli: erster Atombombenversuch (USA)	Astronomen untersuchen Radarechos vom Mond Synchrotron in der UdSSR entwickelt (W. J. Weksler) Apparat zum Zusammennähen von Blutgefäßen (UdSSR)	16. 1.: Beginn der sowjetischen Großoffensive 17. 1.: Warschau durch sowjetische und polnische Truppen befreit 4./11. 2.: Krimkonferenz in Jalta 13. 2.: Rote Armee befreit Budapest 13./14. 2.: Dresden durch anglo-amerikanische Bomben zerstört 13. 4.: Rote Armee befreit Wien 16. 4.: Rote Armee beginnt Berlinoffensive 25. 4.: Gründungsversammlung der Vereinten Nationen 8. 5.: bedingungslose Kapitulation des faschistischen Deutschlands 5. 6.: Konstituierung des Alliierten Kontrollrates in Berlin 11. 6.: Aufruf des ZK der KPD an das deutsche Volk (Aktionsprogramm zur Errichtung eines antifaschistisch-demokratischen Deutschlands) 17. 7. bis 2. 8.: Potsdamer Konferenz 6.8., 9.8.: Atombomben auf Hiroshima und Nagasaki

			2. 9.: bedingungslose Kapitulation Japans beendet zweiten Weltkrieg September: Verordnung über demokratische Bodenreform ab November: Prozesse gegen Hauptkriegsverbrecher in Nürnberg 20./21. 12.: Funktionärskonferenz von KPD und SPD beschließt Vorbereitung der Vereinigung beider Parteien
1946	Beginn der Einführung der elektroerosiven Metallbearbeitung in der UdSSR ENIAC, der erste Elektronen-Großrechner, fertiggestellt	Radioastronomen entdecken die erste »punktförmige« Radioquelle im Weltraum in der UdSSR erster Versuchskernreaktor in Betrieb genommen (I. W. Kurtschatow)	9./11. 2.: 1.Konferenz des FDGB 7. 3.: Gründung der FDJ 21./22. 4.: Zusammenschluß von KPD und SPD zur sozialistischen Einheitspartei Deutschlands 30. 6.: Volksentscheid in Sachsen über die Enteignung der Naziaktivisten und Kriegsverbrecher Juli: China, Beginn des III. revolutionären Bürgerkrieges
1947	Strahlflugzeug überschreitet 1 000 km/h Raketenflugzeug überschreitet Schallgeschwindigkeit		März/April: Außenministerkonferenz der UdSSR, der USA, Großbritanniens und Frankreichs 29. 5.: Bildung des Zweizonenwirtschaftsrates für britische und amerikanische Besatzungszone 14. 6.: Bildung der Deutschen Wirtschaftskommission für die sowjetische Besatzungszone
1948	Erfindung des Transistors (J. Bardeen, W. H. Brattain, W. Shockley) Juli: erster Transistorempfänger Streckenvortriebsmaschine im Kalibergbau	N. Wiener: »Cybernetics or control and communication in the man and the machine«	20. 6.: separate Währungsreform in den Westzonen 24./28. 6.: Geldumtausch in der sowjetischen Besatzungszone 1. 7.: Direktive der westlichen Militär-

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
	Intertype-Fotosetter (Lichtsetzmaschine) Entwicklung der Kohlenkombine »Donbass«		gouverneure über die Bildung eines westdeutschen Separatstaates 6. 9.: reaktionäre Kräfte sprengen einheitliche Berliner Stadtverordnetenversammlung 10. 12.: »Allgemeine Deklaration der Menschenrechte« durch UNO
1949	Fabrik für automatische Produktion von Kraftfahrzeugkolben in der UdSSR Stapellauf des ersten Loggers von der Volkswerft Stralsund bei München wird der erste UKW-Rundfunksender im deutschsprachigen Raum in Betrieb genommen Entwicklung der Mali-Technologie (H. Mauersberger)	5-m-Teleskop auf dem Mount Palomar (USA) in Betrieb genommen	25./28. 1.: 1. Parteikonferenz der SED 25. 1.: Gründung des Rates für Gegenseitige Wirtschaftshilfe 4. 4.: Unterzeichnung des Nordatlantikpaktes 20./25. 4.: erster Weltfriedenskongreß Gründung des Weltfriedensrates 23. 5. bis 20. 6.: Konferenz der Außenminister der UdSSR, der USA, Großbritanniens und Frankreichs in Paris 7. 9.: Konstituierung des westdeutschen Bundestages und des Bundesrates 1. 10.: Proklamierung der Volksrepublik China 7.10.: Gründung der Deutschen Demokratischen Republik
1950	Einführung des UKW-Rundfunks in Mitteleuropa Großproduktion von Polyakrylnitrilfaserstoffen 11. 6. Grundsteinlegung des Fernsehzentrums Adlershof	Feldelektronenmikroskop (E. W. Müller) I. Tamm entwickelt Konzeption eines thermonuklearen Reaktors	März: Stockholmer Appell des Weltfriedensrates für das Verbot der Atomwaffen 25. 6.: Südkoreanische Truppen überfallen die Koreanische Volksdemokratische Republik (Beginn des Koreakrieges)

	erste Fahrzeuge mit Gasturbinenantrieb erprobt Langspielplatte entwickelt Vorläufer des Kassettenrecorders in der DDR entwickelt Erfindung des Vidikons Düsenwebmaschine von V. Scaty erstes Niederschachtofenwerk der Welt bei Calbe Technologie der gedruckten Schaltungen in der Elektronik		6. 7.: Abkommen über die Markierung der Friedensgrenze an Oder und Neiße 20./24. 7.: III. Parteitag der SED, Beschluß über den ersten Fünfjahrplan 16./22. 11.: II. Weltfriedenskongreß (Warschau) ab 1950: sowjetische Polarstationen auf driftenden Eisschollen
1951	Der erste »fliegende Kran« (Hubschrauber MI 1) wird in der UdSSR vorgeführt Grundsteinlegung für ersten Hochofen im Eisenhüttenkombinat Ost Werkzeugschneiden aus Sinteroxiden werden entwickelt	21-cm-Strahlung des interstellaren Wasserstoffs nachgewiesen Herz-Lungen-Maschine wird entwikkelt (J. André-Thomas)	25. 11.: Beginn des Nationalen Aufbauwerkes in der DDR
1952	April: Stapellauf des ersten Hochseefrachters in der DDR Dezember: täglich Fernsehversuchssendungen in der DDR, Eröffnung des Fernsehzentrums Adlershof Bau des Wolga-Don-Kanals beendet Herstellung von Braunkohle-Hochtemperaturkoks nach dem Bilkenroth-Rammler-Verfahren LD-Verfahren erprobt	Radioastronomen weisen Spiralstruktur des Milchstraßensystems nach Entwicklung der Blasenkammer (D. Glaser)	März: UdSSR unterbreitet den Entwurf der Grundlagen eines Friedensvertrages mit Deutschland 9./12. 7.: 2. Parteikonferenz der SED beschließt Richtlinien für den planmäßigen Aufbau des Sozialismus in der DDR
1953	magnetisch aufgezeichnete Fernsehsignale erstmals vorgeführt erste zwischenstaatliche Fernsehübertragung (BRD – England) Synthese von Industriediamanten gelingt	Entwicklung der ersten Halbleiter-Kernbatterie P. Piccard erreicht im Meer 3150 m Tiefe Ammoniakmaser	18. 6.: Ägypten: Proklamierung der Republik 27. 7.: Waffenstillstandsabkommen von Panmunjon (Korea)

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
	Einführung des Farbfernsehens in den USA Versuche mit Luftkissenfahrzeugen in der UdSSR (G. Turkin)	Strukturen der Desoxyribonukleinsäure beschrieben (J.D.Watson, F. Crick)	
1954	in der UdSSR erstes Kernkraftwerk der Welt in Betrieb genommen Polarflugroute Kopenhagen–Los Angeles Computer übersetzt erstmals aus dem Russischen ins Englische Versuche, Gasturbine in Personenkraftwagen einzusetzen Drehkolbenmotor (F. Wankel)	X. Internationale Generalkonferenz für Maß und Gewicht beschließt physikalisch-technisches Maßsystem mit den Basiseinheiten m, kg, s, A, K, Cd (in der DDR 1967 in Kraft gesetzt) Entwicklung des Silicium-Fotoelements Atomuhr entwickelt	April/Juli: Genfer Ostasienkonferenz über Korea und Indochina November: Beginn des bewaffneten Aufstandes gegen das französische Kolonialregime in Algerien
1955	Stapellauf des atomgetriebenen U-Bootes Nautilus (USA) Rechenmaschine OPREMA wird in der DDR erprobt und eingesetzt TU 104 nimmt als erstes Strahlflugzeug für Passagierverkehr regelmäßigen Flugbetrieb auf Baubeginn im Kombinat »Schwarze Pumpe« 400-kV-Drehstromübertragung in der UdSSR sowjetische Rechenautomaten übersetzen aus dem Englischen ins Russische schlauchlose Reifen kommen auf P70 – das erste mit Preßstoff beplankte Serienfahrzeug der Welt – produziert erste industrielle Stranggußanlage in der UdSSR	Ausbrüche von Radiostrahlung des Jupiters entdeckt Neutrino nachgewiesen	18./24. 4.: Afroasiatische Bandungkonferenz 11./14. 5.: Abschluß des Warschauer Vertrages 18./23. 7.: Genfer Konferenz der Regierungschefs der UdSSR, der USA, Großbritanniens und Frankreichs (europäische Sicherheit, Abrüstung, Förderung der Kontakte zwischen Ost und West)

1956	TU 104 auf der Linie Moskau–Irkutsk erstes Transatlantik-Fernsprechkabel in Betrieb genommen Interflug eröffnet Linien nach Warschau, Prag, Budapest, Sofia, Bukarest, Moskau Entwicklung des Elektroschlackeschweißens Entwicklung des Ultraschallschweißens	Entdeckung des Van-Allen-Strahlungsgürtels um die Erde Errichtung der Antarktisstationen Mirny, Oasis, Pionerskaja Gründung der Vereinigten Institute für Kernforschung der sozialistischen Länder in Dubna	1. 1.: Proklamierung der Republik Sudan 18. 1.: Gesetz zur Bildung der Nationalen Volksarmee 2. 3.: Tunesien und Marokko werden unabhängige Staaten 26. 7.: Nationalisierung der Suezkanalgesellschaft 29.10./6.11.: Israelische Aggression, von Frankreich und Großbritannien unterstützt, gegen Ägypten
1957	sowjetischer Hubschrauber erreicht mit 12 t Last 2400 m TU 104 fliegt Moskau–New York und zurück in 13 h bzw. 11 h November: erste Fernsehübertragung in der ČSSR Polarflugroute Kopenhagen–Tokio Elektrolokomotiven mit Siliciumgleichrichtern werden erprobt erste industrielle Anlage zur unterirdischen Kohlevergasung in der UdSSR in Betrieb genommen sowjetischer Atomeisbrecher »Lenin« läuft vom Stapel	4. 10.: »Sputnik 1« eröffnet Epoche der Raumfahrt M. v. Ardenne: elektronische Magen-Darm-Sonde bei Dubna wird das größte Synchrophasotron der Welt in Betrieb genommen D. Simons steigt im Ballon auf über 30000 m Kernreaktor in Rossendorf läuft an 3. 11.: Start von »Sputnik 2« mit Hündin Laika Internationales Geophysikalisches Jahr	22. 3.: Unterzeichnung der Verträge über die Europäische Wirtschaftsgemeinschaft (EWG) 2. 10.: Rapackiplan November: Beratungen von Vertretern der Kommunistischen und Arbeiterparteien in Moskau April: Appell 18 führender BRD-Physiker gegen atomare Bewaffnung der BRD
1958	Inbetriebnahme des Wolgakraftwerkes »W. I. Lenin« erstes Ringflügelflugzeug (Coleopter) konstruiert (H. v. Zborowski) Stereoschallplatte im Handel Anwendung des Peltiereffekts für Kühlzwecke	August: In Rossendorf wird Zyklotron in Betrieb genommen 1. 2.: Start des ersten US-Satelliten »Explorer« Entwicklung des Lasers beginnt 15. 5.: Start von »Sputnik 3« erste durch Bioströme gesteuerte Handprothese in der UdSSR Mößbauereffekt entdeckt	April/Oktober: Brüsseler Weltausstellung 10./16. 7.: V. Parteitag der SED 27. 11.: UdSSR schlägt Umwandlung Westberlins in entmilitarisierte Freie Stadt vor 4. 12.: UdSSR stellt Atom- und Wasserstoffbombenversuche ein

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
1959	30. 4.: Kombinat »Schwarze Pumpe« preßt die ersten Briketts und liefert den ersten Strom Aufschließungsarbeiten für Petrolchemisches Kombinat Schwedt beginnen November: Erste 50-MW-Turbine im Kraftwerk Lübbenau läuft an Bau der ersten sowjetischen 3 500-PS-Gasturbinenlokomotive Probefahrt des Atomeisbrechers »Lenin« Erprobung des Plasmaschweißens in der DDR Elektronenstrahl-Mehrkammerofen (M. v. Ardenne)	Januar: sowjetische Mondsonde Lunik 1 gestartet September: Lunik 2, harte Landung auf dem Mond 4. 10.: Lunik 3 umfliegt Mond und fotografiert Rückseite Gaslaser wird vorgeschlagen und entwickelt	1. 1.: Beginn des revolutionären Generalstreiks in Kuba, Einzug der Revolutionäre in La Habana. Übernahme der Regierung durch Fidel Castro (19. 2.) als Ministerpräsident Mai/August: Außenministerkonferenz (USA, UdSSR, Großbritannien, Frankreich) in Genf mit Teilnahme von Vertretern der DDR und der BRD V. Fuchs vollendet erste Antarktisdurchquerung sowjetische Raupenfahrzeuge dringen von Mirny zum Südpol vor
1960	Januar: Baubeginn am »Sadd al-Ali« Dezember: letzte in der DDR gebaute Dampflokomotive wird dem Verkehr übergeben August: Start des passiven Nachrichtensatelliten ECHO 1A Aufbau des Energie-Verbundnetzes »MIR« beginnt Versuchsmuster von Feldeffekttransistoren werden vorgestellt erste integrierte Schaltkreise	Oktober: Einweihung des Karl-Schwarzschild-Observatoriums bei Jena Tauchboot »Trieste« erreicht nahezu 11 00 m (J. Piccard) erstes sowjetisches Raumschiff umkreist unbemannt die Erde erste Gas- und Rubinlaser arbeiten	17 afrikanische Kolonien erringen Selbständigkeit 12. 9.: Volkskammer der DDR beschließt Bildung des Staatsrates November: Beratung von Vertretern der Kommunistischen und Arbeiterparteien aus 81 Ländern in Moskau
1961	Wolgakraftwerk »XXI. Parteitag« wird in Betrieb genommen 12. 4.: erste Fernsehübertragung Moskau–DDR (Empfang Gagarins) Rundfunkstereofonie nach dem Pilottonverfahren	Atomeisbrecher »Lenin« bringt Besatzung und Ausrüstung der Station »Nordpol 10« an den Bestimmungsort und setzt automatische meteorologische Stationen aus	ab Mai: Verhandlungen über Beendigung des Algerienkrieges 13. 8.: Errichtung des antifaschistischen Schutzwalls an der Staatsgrenze zu Westberlin

		12. 2.: Start der Raumsonde »Venus 1« (UdSSR) 12. 4.: J. A. Gagarin umkreist als erster Mensch im Raumschiff »Wostok 1« die Erde. Am 6. 8. startet G. S. Titow (»Wostok 2«)	
1962	erster Frachter mit Atomantrieb in Betrieb genommen (USA) Fernsehdirektübertragungen aus den sowjetischen Raumschiffen Wostok 3 und 4 August: Das erste Gasturbinenkraftwerk der DDR läuft an Rechenautomat ZRA 1 wird in Serie gebaut Juli: Start des 1. aktiven Nachrichtensatelliten (Telstar 1) Technische Nutzung der Holographie beginnt	Start der sowjetischen Sonde »Mars 1« Start der Venussonde »Mariner 2« (USA) Februar: J. Glenn (USA) umkreist in einer Mercury-Kapsel dreimal die Erde	24. 1.: Gesetz über allgemeine Wehrpflicht in der DDR 13. 3.: Beginn von Abrüstungsverhandlungen im Rahmen des 18-Staaten-Ausschusses der UNO 18. 3.: siegreiche Beendigung des algerischen Freiheitskampfes
1963	Eröffnung des Luftverkehrs UdSSR–Kuba Erste Turbine des Pumpspeicherwerkes Hohenwarte läuft an Juli: Synchron-Nachrichtensatellit »Syncom2« auf Umlaufbahn gebracht Versuchswagen mit Rotationskolbenmotor	Radioastronomen entdecken Quasare W. Tereschkowa führt als erste Frau einen Raumflug aus (»Wostok 6«) Gunneffekt zur Erzeugung von Mikrowellen entdeckt	15./21. 1.: VI. Parteitag der SED 5. 8.: Vertrag über das Verbot von Atomwaffenversuchen in der Atmosphäre, unter Wasser und im Kosmos zunächst von UdSSR, USA und Großbritannien unterzeichnet 22. 11.: USA-Präsident Kennedy ermordet
1964	erste Kleinbildkamera mit eingebautem Elektronenblitzgerät auf dem Markt Probebetrieb im Petrolchemischen Kombinat Schwedt Großrechner steuert in Toronto 300 Lichtsignalanlagen an Straßenkreuzungen	Internationales Jahr der »ruhigen« Sonne Raumschiff »Woßchod 1« am 12. 10. mit 3 Kosmonauten gestartet November: Marssonde »Mariner 4« (USA) gestartet; beim Passieren des Mars Bildübertragung	Vertrag über Freundschaft, gegenseitigen Beistand und Zusammenarbeit zwischen DDR und UdSSR USA beginnt mit Terrorluftangriffen gegen die DRV

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
	VEB Carl Zeiss Jena entwickelt Gas- und Festkörperlaser erster »Shinkansen«-Superexpreß auf der Strecke Tokio–Osaka		
1965	April: Start des ersten Synchron-Nachrichtensatelliten aus der Serie Early Bird April: UdSSR startet ersten Satelliten des Nachrichtensystems Molnija-Orbita erste Laser-Fernsprechverbindung in Moskau	März: Start des Raumschiffes »Woßchod 2«. Kosmonaut Leonow hält sich als erster Mensch im freien Raum auf	
1966	Produktion des Kleinrechners D 4a in der DDR März: Inbetriebnahme des Kernkraftwerkes Rheinsberg Inbetriebnahme des ersten Gezeitenkraftwerkes (Frankreich)	erste weiche Landungen sowjetischer und amerikanischer Raumsonden auf dem Mond erstes Kopplungsmanöver zwischen Raumschiffen im Weltraum (USA) Start des ersten sowjetischen Wettersatelliten	XXIII. Parteitag der KPdSU Gesetz zum Schutz der Staatsbürger- und Menschenrechte für Bürger der DDR verabschiedet
1967	Integrierte Großschaltkreise werden für den Aufbau von Rechenautomaten eingeführt	Juni: Raumsonde Venus 4 (UdSSR) gestartet Programm »Interkosmos«sozialistischer Länder zur Erforschung des Weltraums angenommen	17. bis 22.4.: VII. Parteitag der SED monarcho-faschistischer Militärputsch in Griechenland Verträge über Freundschaft, Zusammenarbeit und gegenseitigen Beistand zwischen sozialistischen Ländern
1968	erstes sowjetisches Gezeitenkraftwerk an der Barentssee in Betrieb genommen 21. 12.: erster Flug des sowjetischen Überschallflugzeugs TU 144	»schneller« Brutreaktor in UdSSR in Betrieb gesetzt 15. bis 22. 9.: »Sonde 5« (UdSSR) umrundet den Mond, landet weich auf der Erde	Tagung von 24 europäischen Kommunistischen und Arbeiterparteien in Karlovy Vary über europäische Sicherheit

1969	Farbfernsehbetrieb wird in der DDR aufgenommen	20. 7.: erste Landung von Menschen auf dem Mond (N. Armstrong und E. Aldrin, USA) 14. 10.: »Interkosmos 1«, erster Gemeinschaftssatellit sozialistischer Länder gestartet Kopplung von »Sojus 4« und »Sojus 5« zur ersten experimentellen Orbitalstation	
1970	Mikroelektronische Schaltprinzipien und Bausteine in der Konsumgüterelektronik angewandt erste elektronische Taschenrechner produziert	September: Sowjetische Mondsonde entnimmt Bodenproben des Erdtrabanten und bringt sie zur Erde November: Mondmobil »Lunochod 1« (UdSSR) nimmt Tätigkeit auf der Mondoberfläche auf erste chemische Totalsynthese eines einzelnen Gens (H. G. Khorana)*	12. 8.: Abschluß des Vertrages zwischen der UdSSR und der BRD
1971	Wasserkraftwerk Krasnojarsk in Betrieb genommen Sadd al-Ali (Nilstaudamm und Kraftwerk) in Betrieb genommen 15. 11.: RGW-Staaten unterzeichnen »Abkommen über den Aufbau des internationalen Systems und die Organisation des kosmischen Fernmeldesystems ›Intersputnik‹«	erster leistungsfähiger thermionischer Generator (»TOPAS«) von UdSSR vorgestellt erster MHD-Großgenerator (projektierte Leistung 25 MW) in Moskau in Betrieb genommen 9. 4.: Start der sowjetischen Orbitalstation »Salut 1«, mehrere Kopplungsmanöver	XXIV. Parteitag der KPdSU 15. bis 19. 6.: VIII. Parteitag der SED 3.9.: Vierseitiges Abkommen über Westberlin
1972	Höchstspannungs-Drehstromübertragung von 1,15 MV in der UdSSR erprobt	24. 5.: Abkommen zwischen UdSSR und USA über die Zusammenarbeit bei der Erforschung und Nutzung des Weltraums zu friedlichen Zwecken	29. 5.: Vereinbarung zwischen UdSSR und USA über die Grundlagen ihrer gegenseitigen Beziehungen 21. 12.: Vertrag über die Grundlagen der Beziehungen zwischen der DDR und der BRD

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
1973	erstes Kraftwerk mit »schnellem Brüter« in der UdSSR in Betrieb genommen	16. 1.: »Lunochod 2« nimmt Tätigkeit auf 4. 4.: Start der sowjetischen Orbitalstation »Salut 2«	Unterzeichnung des Abkommens über die Beendigung des Krieges und Wiederherstellung des Friedens in Vietnam ab November: Multilaterale Konferenz in Helsinki zur Vorbereitung der Konferenz über Sicherheit und Zusammenarbeit in Europa
1974	Videoaufzeichnungen auf scheibenförmigen Speichermedien (»Bildplatten«) vorgestellt Vorführungen »quadrophoner« elektroakustischer Aufnahmen	26. 12.: Start der sowjetischen Orbitalstation »Salut 4«	
1975	22. 12.: Start des ersten sowjetischen Synchron-Nachrichtensatelliten »Raduga«	10. 1.: Start des Raumschiffes »Sojus 17«; Kopplung mit »Salut 4«, Umstieg der Kosmonauten Oktober: Sowjetische Planetensonden »Venus 9« und »Venus 10« umrunden Venus, Landeapparate setzen weich auf und übermitteln Bilder zur Erde Juli: sowjetisch-US-amerikanisches Raumfahrtunternehmen »Sojus/Apollo«	1. 8.: Unterzeichnung der Schlußakte der Konferenz über Sicherheit und Zusammenarbeit in Europa in Helsinki
1976		22. 6.: Start der sowjetischen Orbitalstation »Salut 5« 6. 7.: Raumschiff »Sojus 21« gestartet Juni/August: weiche Landung der US-Marssonden »Viking 1« und »Viking 2«, Bild- und Datenübertragung 15.9.: »Sojus22« gestartet	24. 2. bis 5. 3.: XXV. Parteitag der KPdSU 25. 4.: Wahlen zur Nationalversammlung in Vietnam 18. bis 22. 5.: IX. Parteitag der SED 29./30. 6.: Konferenz der Kommunistischen und Arbeiterparteien Europas

1977		Radioteleskop »Ratan 600« (maximale Auffangfläche 14000 m^2) in UdSSR in Betrieb 9. 2.: Kopplung des Raumschiffs »Sojus 24« mit Orbitalstation »Salut 5« 17. 8.: Sowjetischer Atomeisbrecher »Arktika« erreicht Nordpol 11. 12.: Kopplung des Raumschiffs »Sojus 26« mit Orbitalstation »Salut 6«	30. 6.: Offizielle Auflösung des imperialistischen SEATO-Paktes 4. 10.: Belgrader Treffen von Vertretern der Konferenz für Sicherheit und Zusammenarbeit in Europa eröffnet 7. 10.: Beide Kammern des Obersten Sowjets nehmen neue Verfassung der UdSSR an
1978	UdSSR: Nachrichtensynchronsatellit »Horizont« Japan: Wellenkraftwerk (600 kW) in Betrieb genommen Versuchsstrecke mit supraleitendem Kabel in Betrieb (BRD)	8. 1.: Das am Vortag gestartete sowjetische Raumschiff »Sojus 27« koppelt an die im Verbund mit »Sojus 26« fliegende wissenschaftliche Orbitalstation »Salut 6« an. Autom. Transportraumschiff »Progress 1« koppelt (22. 1.) an Orbitalkomplex »Salut 6/Sojus 27« an 2. 3.: Start einer internationalen Raumschiffbesatzung (UdSSR/ČSSR) 26. 8. bis 3. 9.: Gemeinsamer Raumflug von Oberst Waleri Bykowski und Oberstleutnant Sigmund Jähn 21. 12.: Sowjetische interplanetare Sonde »Venus 12« setzt weich auf der Venus auf und übermittelt Informationen zur Erde	28. 7. bis 5. 8.: XI. Weltfestspiele der Jugend und Studenten in Havanna 14. 8.: Weltkonferenz gegen Rassismus mit Vertretern von 122 Staaten in Genf eröffnet 22./23. 11.: Tagung des Politischen Beratenden Ausschusses der Teilnehmerstaaten des Warschauer Vertrages in Moskau 15. 3.: Israelische Armee beginnt Aggression gegen Libanon 16. bis 22. 4.: IX. Weltgewerkschaftskongreß (Prag) 30. 4.: Proklamation der Demokratischen Republik Afghanistan 14. bis 27. 8.: Weltkonferenz gegen Rassismus (Genf)
1979	40 km langes Glasfaserkabel für Fernsprechzwecke (Kanada) Sowjetische Nachrichtensynchronsatelliten »Raduga« Industrieroboter in DDR eingesetzt Japan und Großbritannien führen als er-	Juli: Kosmisches Radioteleskop »KRT 10« (UdSSR) arbeitet im erdnahen Weltraum Physik-Nobelpreis (St. Weinberg, Sh. Glashow USA, A. Salam Italien) für Arbeiten zur Theorie der schwa-	2. bis 5. 2.: Tagung des Weltfriedensrates in Berlin mit Vertretern von 97 Ländern und von 36 internationalen Organisationen 15. bis 18. 6.: Unterzeichnung des Abkommens zur Begrenzung der strategi-

Zeit	Technik	Naturwissenschaften	Geschichte geographische Entdeckungen
	ste Länder Bildschirmtext zur Ergänzung des Fernsehens ein	chen und elektromagnetischen Wechselwirkung Staatspreis der UdSSR für Methoden zur Edelsteinsynthese und -veredlung	schen Offensivwaffen (SALT II) in Wien
1980	Spanien: Grundsteinlegung für 2 Sonnenkraftwerke von je 500 kW BRD: Windkraftwerk (3 MW) bei Brokdorf in Betrieb genommen	9. 4.: Sowjetische Kosmonauten L. Popow und W. Rjumin starten zum Komplex »Salut 6/Progress« und absolvieren bis 11. 10. (185 Tage) ein umfangreiches Forschungsprogramm 3 sowjetische Raumflüge mit internat. Besatzung: UdSSR – SRV, – UVR, – Rep. Kuba Daten- und Bildübertragung der US-Sonde »Voyager 1« beim Vorbeiflug am Saturn Chemie-Nobelpreis (P. Berg USA, T. Sanger GB) für Arbeiten zur Begründung der Gen-Technologie	14./15. 5.: Tagung des Politischen Beratenden Ausschusses der Warschauer Vertragsstaaten in Warschau 19. 7. bis 3. 8.: Spiele der XXII. Olympiade in Moskau mit nahezu 6000 Athleten aus 81 Ländern 14. 3. Erste Parlamentswahlen nach dem Sturz des Schahregimes im Iran 20. bis 24. 10.: Internationale wissenschaftliche Konferenz »Der gemeinsame Kampf der Arbeiterbewegung und der nationalen Befreiungsbewegung gegen Imperialismus für sozialen Fortschritt« (Berlin)
1981	Bau eines 5-MW-Sonnenkraftwerkes am Asowschen Meer 31. 3.: Glasfaserkabel für Fernsprechzwecke (16 km) in DDR für Betrieb übergeben		Februar: XXVI. Parteitag der KPdSU 11. bis 16. 4.: X. Parteitag der SED 11. bis 13. 12.: Bundeskanzler der BRD besucht DDR 23. 1.: Welttreffen der Jugend und Studenten von 107 nationalen und internationalen Organisationen nach fünftägigen Beratungen in Helsinki beendet
1982	UdSSR: Bau eines 300-MW-Generators mit supraleitenden Wicklungen wird begonnen		10. bis 16. 2.: X. Weltgewerkschaftskongreß mit etwa 1000 Delegierten aus 150 Ländern (Havanna)

	Baubeginn eines für 12 600 MW geplanten Kraftwerkes am Rio Paraná		7. 6. bis 10. 7.: 2. Sondertagung der UN-Vollversammlung über Abrüstung. Botschaft L. Breshnews über Verzicht der UdSSR auf Ersteinsatz von Kernwaffen
1983	Digitale Schallplatten (CD) kommen auf den Markt Dezember: 400 kV-Leitung über den Bosporus verbindet Europa und Asien	23. 3.: Start der Automatischen Interplanetaren Station »Astron« (UdSSR) 4./9. 4.: Erster Flug der Raumfähre »Challenger« (USA) Juni: Start der Aut. Int. Stationen Wenera 15 und 16 zur Venus (UdSSR)	Januar: Vorschlag der Staaten des Warschauer Vertrages, einen Vertrag über gegenseitigen Verzicht auf Anwendung militärischer Gewalt und Aufrechterhaltung friedlicher Beziehungen abzuschließen
1984	Juli: Jungfernfahrt eines japanischen 30 000-t-Frachters mit computergesteuerten Segeln		Januar: Vorschlag der Staaten des Warschauer Vertrages zur Befreiung Europas von chemischen Waffen
1985	2 800 km langes Glasfaserkabel für 5 700 Ferngespräche in Japan in Betrieb genommen		Juli: Einseitige Einstellung sämtlicher Kernwaffenversuche der UdSSR ab 6. August (zun. bis 1. 1. 86)
1986	Erstes auf dem Meeresboden verlegtes Glasfaserkabel (12 000 Fernsprechkanäle) zwischen Belgien und Großbritannien in Betrieb genommen	27. 1.: G. Bednorz und A. Müller finden supraleitendes Material mit kritischer Temperatur von 30 K 19. 2.: Start des Basisblocks der Raumstation MIR (UdSSR) 19. 3.: Flug des Raumtransporters »Progress 25« zur Raumstation MIR	25. 2./6. 3.: XXVII. Parteitag der KPdSU 17. 4./21. 4.: XI. Parteitag der SED
1987			Dezember: Vertrag über die Beseitigung der sowjetischen und amerikanischen Raketen kürzerer und mittlerer Reichweite, geschlossen zwischen den führenden Repräsentanten der UdSSR und der USA, M. S. Gorbatschow und R. Reagan

LITERATURVERZEICHNIS

Allgemeine Geschichte der Technik. – Leipzig: Fachbuchverl., 1981

Bernal, J. D.: Die Wissenschaft in der Geschichte. – 3. Aufl. – Berlin: Dt. Verl. der Wissenschaften, 1967

Brentjes, B.; Richter, S.; Sonnemann, R: Geschichte der Technik. – Leipzig: Edition, 1978

Conrad, W.: Erfinder – Erforscher – Entdecker. – 4. Aufl. – Leipzig; Jena; Berlin: Urania-Verl., 1981

Die gegenwärtige wissenschaftlich-technische Revolution. – Berlin: Akademie-Verl., 1972

Die Zunftlade. – Berlin: Verl. der Nation, 1976

Eichhorn, W. I.; Bauer, A.; Koch, G.: Dialektik von Produktivkräften und Produktionsverhältnissen. – Berlin: Dietz Verl., 1975

Hager, K.: Wissenschaft und Technologie im Sozialismus. – Berlin: Dietz Verl., 1974

Jonas, W.; Linzauer, V.; Marx, H.: Die Produktivkräfte in der Geschichte. – Berlin: Dietz Verl., 1969

Klemm, P.: Geschichten aus 100000 Jahren Technik. Bd. 1 bis 3. – Berlin: Der Kinderbuchverl., 1963/67

Kusin, A. A.: Karl Marx und Probleme der Technik. – Leipzig: Fachbuchverl., 1970

Ley, H.: Dämon Technik. – Berlín: Dt. Verl. der Wissenschaften, 1961

Melestschenko, Ju. S.; Schuchardin, S. W.: Lenin und der wissenschaftlich-technische Fortschritt. – Leipzig: Fachbuchverl., 1972

Müller, H.-H.; Rook, H.-J.: Herkules in der Wiege. – Leipzig; Jena; Berlin: Urania-Verl., 1980

Schuchardin, S. W.: Grundlagen der Geschichte der Technik. – Leipzig: Fachbuchverl., 1963

Sozialismus – Technik – Fachliteratur./Hrsg. Schuchardin, S. W.; Walter, E. – Leipzig: Fachbuchverl., 1974

Stoskowa, N. N.: Friedrich Engels über die Technik. – Leipzig: Fachbuchverl., 1971

Sworykin, A. A.; Osmowa, N. I.; Tschernyschew, W. J.; Schuchardin, S. W.: Geschichte der Technik. – 2. Aufl. – Leipzig: Fachbuchverl., 1967

Wissenschaftlich-technische Revolution und Gesellschaft. – Leipzig: Fachbuchverl., 1976

NAMENVERZEICHNIS

Namen aus den Teilen II und III, denen kein eigenes Stichwort zugeordnet wurde

Abelson 100
Acheson, G. E. 152, 165
Adamian, I. A. 187
Adams, B. A. 213, 242
Adams, L. H. 195
Adelsberger, U. 287
Adolf, G. 198
Aiken, H. 172
Ainslie 285
Albert, E. 30
Albertus Magnus 259
Alcock 194
Aldrin, E. 248
Alexanderson, E. F. 210
Alexandrow, P. W. 183, 283
Alexejew, A. A. 265
Alexejew, P. P. 183
Alkhazini 154
Allan, J. 251
Alvarez 159, 161
Amati, Salvino degli 164
Anaximander 203
Andrews, Th. 228
Anklitzen, K. 258
Anschütz-Kaempfe, H. 219
Apollodorus von Damaskus 190
Appius Claudius Caecus 293
Archer, F. S. 195
Aristoteles 34, 178, 190, 208
Arkel, A. E. van 284
Arlande, Marquis d' 158
Armengaud 198
Armstrong, N. 248
Arnall, J. 203
Arnouli 297
Arns, J. G. 204
Arons, Lec 225
Artamanow, Gebr. 186
Ashbury 274
Ashley 203
Aspinwall, A. 216
Aßmann, R. 212
Audemars, G. 222
August, E. F. 212
Augustus 190
Aylsworth, J. W. 198

Bacci, A. 292
Bachmutski, A. I. 218
Bacon, R. 259
Baidukow 194
Banki 295
Barber, J. 198
Barbier, Ch. 162
Barnack, O. 215
Barsanti, E. 289
Barthel, J. 263
Bassarow, W. I. 199
Bauer, A. F. 176
Bauer, I. 278
Bauersfeld 58
Baumgarten, C. 227
Baur 97
Bauvais, Vincent v. 202
Bayer, E. Ch. 256
Bayer, O. 244
Beadle 223
Beams, J. W. 198
Bechem 222
Becker 208
Bedford 190
Behm, A. 178
Behrend, M. 211
Behrens, P. 253
Beleljubski, N. A. 272
Belisar 260
Beljakow 194
Bell, A. G. 271
Bell, H. 176, 298
Bell, P. 230
Bemberg, I. P. 223
Benardos, N. N. 225, 264
Bennet, A. 182
Bensley, Th. 90
Bentham, S. 269
Berblinger, L. A. 192
Bergerac, C. de 248
Bergius-Rheinau 211
Bergman, T. 166
Berliner, H. 158
Berson, A. 158
Berthold 258
Bessel, Gebr. 185
Beyan 223
Bevan 298
Bied, J. 298
Bigourdan 297
Bilau, K. 296
Bird, W. 159
Birkeland, K. O. B. 254
Birkenmaier, M. 124
Birnbaum 158
Biró, L. u. G. 222
Bi-Schen 225
Biscop 271
Blackett 205
Blake, E. W. 185
Blass, E. 264
Bleibtreu, E. 298
Blinow, F. A. 285
Bloembergen, N. 232
Bock 278
Böcker, J. 253
Boer, J. H. de 284
Boerhave 200
Bogoljubow 278
Bohn 213
Bois-Reymond, E. du 196
Bollé, A. 171
Bolton, W. v. 279
Boltwood, B. 246
Bonnemain 200, 209
Booth 226
Booth, H. C. 274
Bottenbruch 243
Böttger 219
Böttger, R. C. 299
Bouchardat 278
Boucherie 211
Bouchon, B. 231
Bouguet, P. 242
Bouton, G. 58
Boveri, W. 47
Boyce 230
Boyen 236
Božek, J. 171
Braconot 211
Bradley 182
Brahe, Tycho 89
Brand 163
Brandestini, A. 124
Brandt, B. 166
Branly, E. 218
Brauer 254
Braun 284
Braunschweig, J. v. 264
Brenner, W. G. 230
Bright, T. 275
Brjuschow 198
Brodhun, E. 242
Bronnert 223
Brown 194
Brown, I. R. 196, 261
Brugh, G. E. van der 167
Brunck 218
Budenberg 231

Bueno 271
Bullok, W. 176
Burdick 230
Bürger 274
Burgess, H. 297
Bürgi, J. 287
Burgwedel, E. 216
Burkhardt 272
Bussy, A. 228
Byrd 194

Cahn, J. G. 127
Calla, C. F. 171
Calvera 271
Campbell 237
Cannizarro, St. 155
Căo, D. 38
Carcel 240
Cardano, G. 194, 215, 240
Caro, N. 68, 195
Carré, F. 214, 217
Carrier, W. H. 218
Carves 218
Casimir, H. 278
Cassini, G. D. 123
Castan 182
Caventou, J. 165
Cawley, J. 168
Chambers 203
Champollion, J. F. 263
Charles, J. 194
Charlier, F. 190
Chateau, St. du 271
Chrenew, K. K. 265
Church, W. 266
Clarke, L. 253
Claron, H. 229
Clavel 223
Clayton 197
Cleeton 288
Clegg, S. 197, 277
Clement, J. 174
Clément 162, 263
Clouet, L. 283
Coach 162
Coignet, F. 190
Coleman, R. 216
Colladon, D. 163
Commichau, G. 175
Comstock 204
Considère, A. 288
Convreux, A. 157
Cook, H. 264, 273
Cooke, F. 144
Cooke, J. 175, 236
Coolidge, D. W. 253
Coppée 218
Cornell 160
Coster, L. 165
Coultas 215
Coutelle, K. 82, 278
Cowles, E. u. A. 165
Craelius 282
Crafts 267
Cranach, L. 211
Crata, C. S. 209
Cromwell, A. F. 297
Cross, C. F. 223, 298
Cumming, A. 151
Cunaeus 90, 109, 219
Curr 256
Curtis, Ch. 171
Cusa, N. de 212

Dahl 297
Daniell, J. F. 38, 197, 212
Danzi, I. 165
Davenport, Th. 180
Davidson, R. 257
Dederick, P. K. 254
Dehne, F. 175, 178
Delap 251
Delisle 260
Deluc 212
Demtschinsky 175, 178
Denckers, C. H. 216
Dériaz 294
Desbassayns de Richemont, E. 264
Desgoffe 231
Desormes, Ch. B. 162, 263
Deverell, W. 167
Dickson 243
Didot-Léger 123, 240
Dierich, J. 229
Diescher 273
Dill, R. H. 269
Dittmar, H. 276
Dixon, H. B. 153
Döhring, W. 268
Dorn, E. 246
Dove, H. W. 229
Dovydenas, J. 288
Drake, G. L. 183
Drechsel 214
Dresel 297
Drewitz 175
Dubinin, Gebr. 183
Ducie 175
Duda 277
Dultschewski, D. A. 264
Dumas 190
Du Montiers 191
Dundonald, Earl v. 197
Dupuy de Lome, St. 227
Du Quet 260
Dürer, A. 211
Dyer, F. A. 198

Eastman, G. W. 195
Eberhardt, Gebr. 241
Eberlein 211
Ebert, G. 165
Eckener, H. 228
Edgeworth, K. L. 280
Edgeworth, R. L. 205
Eichengrün, A. 223, 271
Ekeberg, A. G. 279
Eklund, K. J. A. 198
Ekman 297
Elder, J. 170
Elhuyar, d', J. u. F. 297
Elisha, E. 179
Engl, Jo 142, 284
Erdmann 156
Erhardt, L. 207, 253
Eriksson, J. A. 167, 198
Ernst 153
Eupalinos von Megara 293
Exter, C. 164
Eyde 254

Faber, L. 162
Fabian 282
Fabrikant, V. A. 231
Fahr, J. G. 210
Fairbairn, W. 221
Fajans, K. 134, 246
Falcon 231
Fancott, E. 160
Färber, R. 269
Fawcett 243
Fedotow, A. 276
Ferguson, H. 220, 285
Fessenden, H. v. 210
Fester, B. 266
Firth 262
Fischer, A. 294
Fischer, Ph. M. 186
Fitch, St. 174
Fitzmaurice 194
Flerow 217
Florensoff 204
Focke, H. 212
Focq, N. 163
Föppl, A. 202
Forsen, L. 198
Fortin 158
Fouché 264
Fourdrinier, Gebr. 240
Franchot 240
Francois, A. 268
Frank, A. 214
Fremery 223

Fremy 219
Frennet-Wauthier, L. 253
Freudenberg, H. 214
Friedel, C. 267
Friedmann, I. 271
Friedrich, W. 191
Friese-Greene, W. 191
Frisch, O. 217
Fritsch, K. 179
Fritz 243
Fritz, W. 236
Fritzsche 154
Frolow, P. K. 241
Froment, G. 180
Funk 294
Funk, W. 244
Fust, J. 76, 128, 164

Gabler 295
Gackel, J. M. 258
Gahn, I. G. 231
Gaius Plautius 293
Galilei, V. 287
Galy-Cazalat, A. 231
Garanin, A. F. 285
Garrett, R. 207, 215
Gassendi, P. 228
Gast, M. 232
Gates, E. 190
Gaudih, M. A. 195
Gawrilow, S. 183
Gehrcke, E. 242
Gennes, M. de 295
Gensler 198
Gerassimow, N. 199
Gerbert von Aurillac 287
Gerdes, J. 173
Gerhardt, K. F. 94
Germer, L. H. 56, 139
Gibbs 286
Gibson 243
Giese 160
Gillette, C. 248
Gioja, F. 218
Girard 227, 279
Glaukos 263
Glidden, Ch. 263
Glinkow, R. 192
Goddard, J. F. 195
Godunow 158
Golubitzki, P. M. 189
Goodrich 278
Goodwin, H. 195
Gordon 232
Gordon, A. 280
Gorrie, J. 217
Gottlob 278
Goucher, J. 175
Goulard, L. 286
Graaf, W. u. C. 190
Graaff, R. J. van de 159
Grandie 163
Grattoni 163
Gregor, W. 284
Greinacher, H. 159, 196
Greyl, Z. 190
Grieß, P. 156
Grießbach, P. R. A. 213
Grüneberg 214
Grünwald 154
Guasmo, de 157
Guglieminetti, E. 230
Guinaud, P. I. 202
Günther, J. G. 210
Gurjewitsch, M. J. 105

Habann 181
Hadley, J. 267
Haenlein, P. 227
Hafergut 265
Hahn, Ph. M. 284
Hähnle 154
Hall, Ch. M. 153
Haman 284
Hamon 171
Hampson, W. 283
Hanbury, J. 290
Hancock, Th. 216
Hansen, R. M. 262
Hanson 216
Harder 216
Hardtmuth 162
Harries 278
Harrison 274
Harrison, W. J. 198
Harsdörffer, Ph. 264
Hartley 273
Hatchett, V. 239
Hautsch, H. 191
Hauy, V. 162
Havlik, R. F. 167
Hayde, S. J. 161
Haynes, E. 262
Haynes, W. 185
Hayward 289
Hazen 154
Heath 176
Heathcoate, G. 68
Hedley, W. 226
Heinemann 210
Heinkel, E. H. 199
Hell 160
Hengler, L. 241
Henriot 198
Henson 193
Herkenrath 233
Hermann 242
Hermann, C. 177
Hermann, K. S. L. 214
Herodes 293
Herodot 259
Herschel, F. W. 188, 192, 194
Heuer, 243
Heumann, K. 213
Hey, Th. 207
Heyden, van der, J. 191
Highs, Th. 270
Hildebrand 220, 237
Hill 261
Hintersdorf 277
Hippokrates 235
Hirschvogel, A. 203
Hisinger 40
Hirth, W. 81
Hjelm, P. J. 236
Hodge, P. R. 191
Hoffacker 207
Hoffmann, E. 198
Hoffmann, F. E. 252
Hoffmann, G. 218
Hofmann, J. G. 269
Hohnsinn, W. C. 185
Holbein, H. 211
Holder, Ch. F. 207, 241
Höll, J. 291
Holmes, E. L. 213, 242
Honold, G. 44
Hook 166
Horsfall, J. 174
Horstig, K. G. 275
Houghton 297
Howd, S. B. 294
Howell 224
Hoyer, E. 273
Huber 285
Hubert 241
Hügel, O. 253
Hugenard 198
Hull 181
Humbersin, Ph. L. d' 289
Humboldt, A. v. 72
Hume, W. 227
Hünefeld, v. 194
Hunter, A. 284
Hussey, O. 230
Hyatt, J. 166, 270, 272

Ilgner, K. 291
Ingermann, A. 241
Intze, O. 292
Irmann 245
Iwanenko, D. D. 79
Iwanow, W. P. 268

Jackson, P. H. 268
Jähn, S. 250
James, H. 161
Janssen, J. 274
Janszen, J. u. Z. 235
Janszen, Z. 188
Javan, A. 224
Jedlicka 180
Jeffrey 262
Jenkins 188
Jessop, W. 257
John 153
John, J. F. 298
Johnson 230
Johnson, I. B. 298
Johnson, J. H. 190
Jones, I. N. 185
Jonval 294
Jordan 162
Jordan, P. 79, 155
Jossipow 299
Junghans, S. 277
Jürgen, J. 270

Kalamkarow, W. A. 184
Kalaschnikow, W. I. 169, 170
Kallinikos 258
Kammerer, J. F. 299
Karitonow, A. M. 198
Karman, Th. v. 212
Kaßler, M. 186
Kater, H. 241
Kaufmann 198
Kaufmann, W. 246
Kee 160
Keeson, W. H. 283
Kellner 297
Kenelly, A. E. 78
Kerst, T. 159
Ketmann 222
Kettering, Ch. 220
Khotinski 204
Kiliani 153
Kind, M. 282
Kingsbury, A. 198
Kipping, F. 267
Kitaigorodski, I. I. 203
Kitajew, S. I. 149, 160
Kjellberg, O. 264
Klasson, R. E. 201
Klatte 244
Kleine, J. F. 274
Kleiner 278
Klič, K. 176
Klose, A. 258
Knabe 228
Knaudt, A. 264
Knight, Ch. M. 244
Knight, M. 285
Knipping, P. 69, 94, 253
Knoll, M. 181
Knolle 179
Kobell, F. v. 195
Kobylinski, E. v. 216
Koenen, M. 160, 269, 272
Köhl 194
Kohlhaas 218
Kohlhörster, W. 81
Kohser 215
Kolumbus 260
Kondakow 234
König, K. R. 231
Konn 204
Konrad 278
Konstantinow, A. P. 160
Konstantinow, K. I. 247
Kooymann 160
Köpcke 272
Kotelnikow 187
Kotschgerin, K. A. 265
Köttgen, C. 255
Kransfeld, F. 253
Kratochwila, F. 195
Krause, W. 251
Krems, B. 238
Krische, W. 197
Krjakutnoi 157
Kroll, W. 284
Krupp, A. u. F. 57
Krylow, A. P. 184
Kudrjaschew, I. T. 256
Kühl, H. 298
Kuhlmann 254
Kühn, H. G. 190
Kühnberg, L. 179
Kühne 237
Kummer, W. 90
Kurbatow, A. A. 183
Kurz, K. 36
Kusmenko, T. T. 206
Kuxmann 236
Kyan 211

Laaß, H. 207
Ladenburg 267
Laire de 279
Lamb 297
Lambot, J. 160, 190, 272
Lambrecht, W. 212
Lana, Francesco de 157
Landsberger, G. 290
Landis 261
Lang, Gebr. 166
Lange 216
Lange, A. 263
Langen, E. 298
Langer 272
Langley, S. 193
Langley, S. P. 163
Langsdorf, A. 238
Lanninger, J. M. 251, 252
Lanston, T. 266
Lanz 175, 285
Lasarenko, B. R. und N. I. 179
Laszlo, Gebr. 222
Laurent, A. 190
Lauste, E. A. 284
Laux 251
Le Blanc 188
Le Blon 176
Le Chatelier, H. L. 281
Lechner 262
Leclanché, G. 197
Lee, W. 251, 297
Lenin 204, 292
Lenormand 186
Leog, P. O. 253
Leonard, H. W. 85, 225
Leonhardi 283
Leschot, G. 282
Leslie, J. 214
Lethien 248
Letni, A. A. 183
Lewis 91
Leyner, G. 163
Liebherr 121
Lindbergh, Ch. 194
Linstead 280
Lissenko, K. M. 183
Little 257
Locatelli, J. 141, 175
Loewy, H. 246
Loiter 268
Loleit, A. F. 285
London, F. 277
Lopatin, A. 205, 206
Lossier, H. 298
Lössner 274
Loud, J. J. 222
Lowe 232
Lubbers, J. H. 203
Luca della Robia 203
Lüdersdorf 289
Lummer, O. 163, 242
Lund, J. G. E. 269

Mac Adam 230
Mach, E. 241
Mac Intosh 216
Mac Leod, H. 231
McMillan 186
McMillan, E. 159
Madison 186
Magens 178

Maiman, Th. H. 224
Makowski, W. M. 198
Mamin, J. W. 285
Mandl, J. 269
Mankowski, G. I. 268
Manning 230
Mansfield 159
Marco Polo 225, 244
Marcus Graecus 259
Maret 197
Marsden, E. 155, 278
Marsh 103
Marshal, E. 280
Martigoni, S. 163
Masolle, J. 142, 284
Mason, J. 274
Mathesius, J. 167
Mathias, J. F. 179
Matteucci, F. 289
Matthews 278
Mauby 190
May 195
Mayer, M. 285
Mayer, P. J. 233, 271
Maymont, P. 271
Mead 251
Meares, R. 230
Mége-Mouriès 231
Meikle, J. 253
Meinshausen 178
Meißner, W. 179, 277
Mellier 297
Mentzel 214
Menzies, M. 262
Mercer, J. 232
Merkulow, J. A. 276, 277
Mertens, E. 176
Meyerstein, M. 269
Meyh, O. 211
Michaelis, J. 251
Michaelis, W. 298
Michailow 265
Michaux, P. 186
Michell, A. 261
Mihaly, D. v. 188
Mill, H. 262
Minckelaer, J. P. 197
Mirtschink, M. F. 184
Mitkewitsch, W. F. 265
Mohelniký, S. 295
Moltschanow, P. A. 246
Molyneux, W. 212
Monkhorst, H. G. 198
Mörker, Gebr. 216
Mosengeil, T. 275
Motorin, J. u. M. F. 233
Mott 182
Mügge 246
Müller 237
Müller, E. W. 181
Müller, R. 267
Müller, W. 72
Münster, Graf 215, 216
Murray 168, 251
Mushet, R. 261
Mutschik, W. S. 201

Naegeli, v. 216
Napier, J. 251
Nartow, A. K. 174
Nasarow, S. T. 265
Natta, G. 149
Nebon, L. de 202
Negro, S. dal 180
Neilson, J. B. 197, 296
Neudorf, J. 274
Neumann 272
Neumann, E. 295
Néville 272
Newbury 178
Nicholson, J. 226
Nicodemus 153
Nieuwland, J. A. 238
Nixon, C. 256
Nobel, R. 183
Nobili, L. 281
Northrop, J. H. 295
Normann 190
Norton 261
Noñez, P. 239
Nuys, van 264

Obry 224
Ochsenfeld 277
Odhner, W. T. 284
Oelschlägel, E. 162
Ogle 230
Olds, R. E. 155
Onsager 283
Opel, F. v. 276
Opl 162
Orr, W. R. 271
Ostreyko, R. v. 153
Ostromislenski 224
Ostrowski, A. P. 183, 283
Oszewski, K. 283
Ottis 157
Otto 218
Ozanam 222

Pabst 241
Page, Ch. 257
Paget 297
Palladius 230
Palissy, B. 177
Pamphilon 274
Pappus 178, 208
Parker, J. P. 214, 285, 298
Parkes, A. 239
Parnell 244
Parnicke 166
Pastor, N. 207
Pasveer, A. 240
Paton, J. O. 265
Paucton, A.-J., P. 260
Pauli 272
Paulus, K. 187
Pauly 223
Peace 262
Peligot, 190, 288
Pellerin, A. 229
Perier 169
Perkes, A. 166
Perrin, J. 155
Perry 210
Petersen 162
Petroczy 212
Petrow, N. 261
Petrow, W. W. 225
Petrus Peregrinus 229
Petzval, J. 195, 215
Peyton 274
Pfann 299
Pfützner 209
Pheidias 32
Philbrick 154
Phillips, P. 219
Piccard 264
Pickel 197
Pickering, Ch. 242
Pictet, R. 228
Pi-Sheng 225
Pistorius 60
Planté, G. R. 133
Platt, H. 209
Platz, C. 207
Plinius d. J. 190
Poetsch, F. H. 268
Pohl, T. 198
Poirel 160
Poleni 284
Poljakow, I. L. 284
Pollak 153
Polykrates 293
Polzenius 214, 244
Porro, I. 188
Poyet 273
Prandtl, A. u. A. 236
Pritchard 242
Prokofjew 158
Provins, G. de 218
Prüssing, G. 298

Rabi, I. I. 288
Ramelli, A. 251
Ramsay, K. A. 275
Ranney, L. 247
Ransome, R. 56
Raussendorf, H. 254
Ravel, P. 289
Ravizza, G. 262, 263
Raydt 190
Raymond, A. 176
Rechnitzer 284
Regnault, H. V. 244
Reich 176
Rein, H. 242
Reiß, E. 97
Reppe, W. 152
Rexroth 218
Reynolds 256
Richelieu 50
Richter, C. F. 216
Riedel, K. 179
Rio, M. del 288
Ritchie 229
Ritter 297
Ritter, M. 48
Rivaz, I. de 219
Röber 254
Robert 157
Roberts, M. H. 264
Roberval, G.-P. 154
Robinson, Th. 206, 230
Roche Tolay, de la 282
Rogers, J. F. 266
Röhm 243
Rolffs 176
Rollé, F. 130
Rolls, C. S. 124
Romaschow, B. N. 210
Root 174
Roschkow, W. J. 294
Rose, A. 161
Rossetti, F. 225
Rossmann 295
Roth, J. F. 190
Rothe, F. 196, 214
Rowland, J. L. 167
Royds, Th. 246
Rozier, P. de 158
Rubel, J. W. 177
Rubens, H. 269
Rudolph 175
Rudolph, P. 215
Rue, G. de la 204
Rühle, H. 298
Ruhmer, E. 284
Rumpe 173
Rumsey, J. 169, 251
Rüping, M. 211
Ruska, E. 181
Russel 134
Rutherford, D. 281
Rutherford, L. M. 269
Ruthven, R. W. 251

Sabatier, P. 190
Sablukow, A. A. 205, 245
Sachs, E. 186
Sack, H. 216
Safanow, I. J. 294
Sagrashski, L. A. 285
Saint, Th. 238
Sainte-Claire Deville, H. E. 153, 229
Saliger, R. 285
Salmon 210, 230
Salomon 293
Saloon 251
Saner, F. W. 247, 276
Sanherib 293
Saspach, K. 176
Saussure, H. B. de 212
Scatý, W. 295
Schäfer, E. 255
Schäffer 231
Schamschurenkow, L. 266
Schawlow, A. L. 224
Scheibe, A. 287
Scheinberg, S. A. 198
Schlack, P. 243
Schlink, W. 202
Schloer 236
Schmidt, J. J. 152
Schmidt, P. 276
Schneider 167, 234, 261
Schnirch 272
Scholler-Tornesch 211
Schönsich-Carolath, S. v. 179
Schönherr 254
Schoop, M. U. 233
Schott, C. 251
Schreiber, P. 158
Schreiner 153
Schrey, F. 275
Schröter, K. 174, 244
Schrotte, F. 162
Schryl, A. M. 188
Schuchow, W. G. 183
Schuler 224
Schulz 254, 287
Schulze 210
Schulze, J. H. 194
Schumilow, P. P. 283
Schützenberger, F. 223
Schwalbacher 263
Schwammkrug 294
Schwarz 175
Schwarz, B. 259
Schwarz, D. 228
Schwedler, J. 202
Schweizer, E. 223
Scott 243
Sefström 288
Segler, F. 188
Sendérens, J. P. 190
Seneca 164
Seydell, A. 251
Sholes, L. 263
Sickel 251
Siedentopf, H. F. E. 236
Siegwart 160
Silliman 240
Simons, D. 158
Singer 273
Six, J. 281
Slater 242
Slepian, J. 159
Sloane, D. H. 159
Smathers, J. 263
Smeaton 214, 298
Smeaton, D. M. 295
Smith 195, 207, 243, 285
Smith, C. P. 217
Smith, J. 270
Smith, O. 229
Smith, W. 174
Smulski, 242
Smyth, J. 175
Sobrero, A. 270
Sokolow, S. J. 288
Sokrates 275
Someiller, G. 163
Spaichel, H. 174
Sparks 165
Spencer, Ch. M. 174
Sperry, E. A. 219
Spitteler 197
Sprung, A. 158
Staite, W. E. 264
Starley, J. K. 186
Stearn, C. H. 223
Steiner, C. R. 269
Stetschkin, B. S. 199
Stiefel 273
Stirling, J. 208
Stock, R. 285
Stolze, W. 275
Stone 197
Strange 278
Strauß, S. 98
Stromeyer, F. 214
Stroof 166
Strowger, A. 189
Strutt 246
Stschepotjew, K. N. 268

Stuckenholz 222
Sturgeon, W. 229
Stüssi, F. 285
Suchow, N. 266
Sundback, G. 252
Süring, R. 158
Sutcliff 205, 206
Suzuki 271
Svanberg, A. F. 163
Swan, J. W. 223
Szilvag 191

Tacquet, A. 161
Talbot 242
Tank, H. 194
Tasker, S. P. M. 277
Tawrisow, A. 183
Taylor, C. F. 202
Taylor, F. W. 261
Tecklenburg, v. 178
Thaer, A. D. 175
Thible 158
Thiele, E. 223
Thimonnier, B. 238
Thomas 284
Thoms 165
Thomson, E. 253, 264
Thomson, R. W. 274
Tilden 278
Tilghman 297
Tilling, R. 247
Timtschenko, J. A. 192
Tiro 275
Togood, Th. 251
Töpfer 175
Töpffer, E. 216
Topham, Ch. F. 223
Torle 216
Towler, B. 261
Townes, Ch. H. 36, 119, 232
Travers 120
Trefz 186
Tresaguet 230
Trieger 269
Triger 268
Trouvé, G. 199
True 215
Tscherepanow, J. u. M. 226
Tschichatschow, N. A. 218
Tschistjakow, A. I. 265
Tschkalow 194
Tschmuchin 212
Tschunkur 278
Tuchscherer, L. 220
Turber, Ch. 262
Turkin, G. 227
Turner, S. 175
Tuxford 175

Uchatius, F. v. 191
Uher, E. 267
Urban 223
Urukagina 293
Utzschneider, J. 68, 121, 202

Varian, Gebr. 181
Vauquelin, L. N. 166
Verancio, F. 186
Verantius 156, 272
Verguin 279, 286
Vermorel 207
Verneuil 219
Vicat, F. J. 298
Vidal 263
Vidats 241
Vidi, L. 158
Vignon, A. 190
Vischer, P. 233
Visintini 160
Vivian, A. 140, 168
Vogel, H. W. 195
Vogt, K. 124
Voigtländer 195
Volmir 277

Wachsmann, K. 271
Wagner 178
Wagner, J. P. 179
Wagner, F. X. 263
Walker 262
Wall 182
Walter 153
Walton, E. T. S. 52, 159
Walton, F. 225
Wan Hü 248
Wankel, F. 291
Wassenberg, Th. 253
Watt, C. 297
Wayss, G. A. 69, 90, 272
Weber 177
Weber, J. 231
Wedgwood, T. 194
Weichsel, E. 224
Weinhold, A. F. 57, 282
Welger 254
Wendler 227
Wenner-Gren, A. L. 178
Western 223
Weston 208
Wettstein 269
Whinfield 243
White, B. 276
Whitehead, G. 193
Whitehouse, C. 273
Whittle, F. 199
Wideroe, R. 159
Wies, E. 264
Wig, R. J. 167
Wild, H. 242
Wilkinson 272
Willbach 171
Williams 288
Williams, G. 278
Williamson, Th. 175
Willies, J. 275
Wilson 167
Wilson, F. 269
Wilson, T. L. 165
Windl, K. 201
Winkler 234
Winkler, C. 219
Winkler, F. 296
Winkler, J. 247, 276
Wistanley 262
Winzer aus Znaim 197, 277
Wirth 282
Wischnegradsky, I. A. 251
Withington 103
Wolf 175, 207
Wölfert 227
Wolfmüller 220, 237
Woltmann, R. 297
Wood 203
Wood, Th. 270
Wood, W. A. 230
Worblewski, S. 283

Xenophon 275

York, L. und J. 291
Young 178

Zalewski 254
Zahradnik, S. 295
Zborowski, H. v. 252
Zeerleder 245
Zernike, F. 236
Ziegler, K. 299
Zimmermann 202
Zisseler 160
Zöllner 242, 269
Zöllner, K. F. 241
Zonca 221
Zsigmondy, R. A. 131, 236

Begriffe aus den Teilen II und III, denen kein eigenes Stichwort zugeordnet wurde

Abakus 283
Abwasserreinigung 85, 240
Abbau, bergmännischer 151
Aceton 167
Achsschenkellenkung 290
Ackerschlepper 285
Aerodynamik 193
Akusto-elektronik 235
– -optik 235
Almagest 119
Alphastrahlen 246
Alweg-Bahn 178
Amalgamation 185
Ammoniaksynthese 44, 206
analytische Maschine 172
Anemometer 108
Anthracen 75
Äolipile 80, 170
Aquädukt 293
Arcatom-Verfahren 264
archimedisches Prinzip 32
Arithmometer 284
astatische Nadelpaare 31
Atomtheorie 55
Augenspiegel 79
Ausgleichgetriebe 171
Austauscher 213
Axiallüfter 205

Backofen 164
Ballon-Satellit 158
Bandgenerator 159
Barlowsches Rad 36
Befeuchtungsgeräte 217
Beleuchtungsapparat, Abbescher 29
Betastrahlen 246
Betatron 159
Beugung 75
Bevatron 159
Bewegungsstudie 73
BHT-Koks 161
Biegelinie 106
Bild-aufnahmeröhre 149
– -funk 161
– -platte 229
– -röhre 181
– -schirmgerät 172
– -wandler 33
Blockwalzwerk 291
Bodeneffektgerät 227
Bohrlochspülverfahren 282
Bourdonrohr 45
Boyle-Mariottesches Gesetz 45
Brandtaucher 36
Breitbandverstärker 32
Brennstoffzelle 197
Bronzeguß 164
Brownsche Molekularbewegung 61
Bruchsteinmauerwerk 287
Brutreaktor 217
Butter 235

C-14-Methode 246
Caissonverfahren 268
Chlor, Bleichwirkung des 40
Chloroform 132
Chronometer 78
Coleopter 252
Compoundmaschine 168
Coolidge-Verfahren 244
Corliss-Steuerung 53
Cowperapparat 296
– -turm 53
Cremona-Plan 54
Cyanidlaugung 185

Dampf-bohrhammer 162
– -pflug 64, 68
– -pumpe 167
Datenverarbeitung 82
Dederon 243
Destillationsbatterie 183
Detektorempfänger 196
Deuterium 141
Diesel-lokomotive 258
– -motor 289
– -triebwagen 258
Differentialbogenlampe 78
Diode 66, 181
Dissoziation, elektrolytische 33
Doppel-T-Anker 180
Dopplereffekt 59
Draht-seil 30
– -straße 173
Dränage 284
Dreh-bank 174
– -bohrverfahren 282
– -kondensator 219, 265
Dreiphasenwechselstrom 295
Druckerschwärze 164
Druck-gußmaschine 233
– -luft-bohrhammer 163
– – -gründung 269
– -telegraf 281
– -wasserreaktor 217
Drummondsches Kalklicht 59
Durchdruck 177
dynamoelektrisches Prinzip 132
Dynamomaschine 132, 199

Echograf 178
Edison-Effekt 61
Egreniermaschine 159
Eiffelturm 61
Einspindelautomat 174
Einstein-de-Haas-Effekt 76
Eisengießerei 206
Ekran 238
Elektrizitätszähler 65
Elektro-bohren 283
– -funkenverfahren 179
– -magnet 229
– -magnetismus 31
Elektronen-linse 48, 181
– -optik 48
– -rastermikroskop 181
– -spin 74, 141
– -strahl-Mehrkammerofen 33
Elektrophor 142
Emission, induzierte 224
Encyclopédie 30
Energie, Erhaltung der 52, 79, 86, 103
– -begriff 120
– -system MIR 179
ENIAC 172
Entropie 52
Epidiaskop 161
Erd-hobel 204
Erlenmeyerkolben 62
ESER 172
Exhaustionsmethode 32, 63

Faksimileübertragung 161
Fall-maschine, Atwoodsche 34
– -schnecke 196
Fehlingsche Lösung 65
Feilenhauptmaschine 188
Feld, elektrisches 64
–, magnetisches 64, 229
– -bahn 56
– -ionenmikroskop 181
– -steinmauerwerk 287
Fensterscheiben 202

Fern-schreiber 281
– -sehtelefon 188
Fetthydrierung 190
Feuersetzen 201
Feuerzeug, Doebereinersches 58, 191
Fischlupe 178
Fixsternparallaxe 40
Flach-druckverfahren 177
– -kulierstuhl 297
– -strickmaschine 297
Flachs-brechmaschine 50
– -schwinge 50
Flammofenfrischen 244, 271
Flaschen-blasmaschine 203
– -zug 208
Fleute 260
Fliehkraftregler 156, 168, 251
Fließ-bandverfahren 67
– -fertigung 155
Flotation 185
Fokometer 29
Fördermaschine 255
Formelsprache, chemische 40
Fotosatz 267
Frei-fallbohrer 282
– -kolbenmotor 289
– -lauf 186
Füllfederhalter 274

Galvanoplastik 85
Gammastrahlen 142, 246
Gas-motor 289
– -verflüssigung 283
Gay-Lussac-Turm 162
gedruckte Schaltung 234
Gefrierverfahren 268
Geißlersche Röhre 73
Geräteträger 285
Gerber-Gelenk 73
Gestängeschlagbohren 282
Gesteinsbohrmaschine 163
Getreidemäher 230
Getriebebezimmerung 268
Gewinde-bohrer 200
– -schneiden 174
– -system 155
Gewittermelder 196
Gibbsches Phasengesetz 73
Gipsschwefelsäure 237
Glaubersalz 74
Gleichgewichtslehre, chemische 73
Gloverturm 162
Glühstrumpf 34
Graphit 152
Gravitations-gesetz 110
– -konstante 50
Griechisches Feuer 258
Grisuten 243
Guldinsche Regel 76
Guß-formen 232
– -ringausbau 268
Guttaperchapresse 281

Halbleiterdiode 207
Hall-Effekt 77
Hallwachs-Effekt 77
Handkettenstuhl 297
Harnstoffharze 153
Hartgummi 216
Hebelgesetz 32
Heizröhrenkessel 226
Heliogravüre 176
Heliostat 60
Herdfrischen 271
Heronische Formel 80
Hoch-druck 176
Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragung 179
Hoffmannstropfen 82
Holz-aufschluß 297
– -kohle, Aktivierung von 153
Hookesches Gesetz 83
Hubstapler 197
Hunt 205
hydraulischer Widder 275
Hydrodynamik 40

Ikonoskop 161
Ilgner-Umformer 85
Immersions-Linse 235
– -system 29
Induktion, elektromagnetische 64
Induktionsofen 182
Influenzmaschine 179
Integrieranlage 154
integrierter Schaltkreis 234
Intelsat 238
Interferenz 75
Intersputnik 238
Ionosphäre 78
Ionosphärenforschung 180
Isopren 278
– -kautschuk 278

Jablotschkowsche Kerze 85
Jenaer Glas 128
Jenny 270
Joule-Thomson-Effekt 86, 228, 283
Ju 52 87

Kachelofen 209
Käfigläufer 180
Kalklicht 59
Kältemischung 214
Kaltluftmaschine 217
Kamin 209
Kanalisation 271
Karavelle 260
kardanische Formel 138
Kardanwelle 220
Käse 235
Kaskadengenerator 159
Kassettengerät 231
Kastenofen 208
Kauritleim 153
Kehrrad 255
Keplersche Gesetze 89
Kern-bohrmaschine 282
– -umwandlung, künstliche 246
Kerr-Effekt 89
– -zelle 89
Kettenreaktion 217
Kinematik 178
kinetische Gastheorie 31, 34, 52, 61, 100, 135
Kirchhoffsche Regeln 89
Klärung, biologische 152
–, mechanische 152
Klassiertechnik 185
Klystron 181
Kochsalzelektrolyse 166
Kogge 259
Kohlehydrierung 159
Koksofen 218
Kollodium 128
Kolloidchemie 75
Kontaktverfahren 162
Koordinatenschalter 189
Kopflampe, elektrische 199
Krackverfahren 183
Kratzförderer 205
Kreis-kolbenmotor 291
– -prozeß 49
Kreuz-stab 213
– -support 174
Kristalldetektor 182
Kugeldruckprobe 47
Kühlmaschine 214
Kunst-dünger 177
– -horn 197
Kupferstich 176
Kurzwellenbereich 173
Kutubsäule 264

Lampenzylinder 238
Laterna magica 89, 161, 191
Laufrad 186
Leblanc-Verfahren 268
Le Chateliersches Prinzip 95
Lehmofen 209

Leidener Flasche 219
Lenzsche Regel 96
Letternmetall 164
Leunawerk 206
Licht-bogen-ofen 182
– – -sender 118
– -druck 177
– -geschwindigkeit 53, 66, 67, 123
– -quantenhypothese 61
– -sprechgerät 39
– -tonverfahren 284
lichtelektrischer Effekt 62, 195
Lindeverfahren 228
Linotype 266
Linse 164
Linsensysteme, mikroskopische 29
Lithiumzelle 197
Lithografie 177
Lochsirene 94
Lokomobile 171
Löschfunkenstrecke 145
Lötrohr 40, 54
Luft-aufbereitungsanlage 218
– -bereifung 220
– -lagerung 198
– -schmierung 198
– -schraube 51, 193, 227
Lupe 164

Magnet-abscheider 185
– -tonverfahren 284
Magnetron 181
Magnus-Effekt 100
Makadamdecke 100
Malimo 231
Malteserkreuz 192
Masse-Energie-Beziehung 62
Massen-spektrograf 34
– -spektroskopie 34, 215
– -wirkungsgesetz 76
Maßsystem, absolutes physikalisches 72
Matrizenmechanik 155
Maxwellsche Gleichungen 103
Mehr-farbendruck 177
– -spindelautomat 174
– -system-Triebfahrzeuge 258
Mesonen 148
Meter 43
Methylkautschuk 82
Michelson-Versuch 105
Mikro-modultechnik 234
– -prozessor 172, 235
Millimeterwellenbereich 180
MIR 179
Modultechnik 234
Mohssche Härteskale 107
Molekularverstärker 231
Mond-landung 248
– -sonde 249
– -station, automatische 249
Monotype 266
Morseapparat 280
Mößbauer-Effekt 108
Motorroller 237
Mühlenregler 251

Nadeltelegraf 280
Näh-Wirk-Technologie 230
Neusilber 239
Neutron 51, 246
Nicolsches Prisma 110
Nipkowsche Spirallochscheibe 188
Nitro-glycol 270
Normallampe 78
numerische Steuerung 231
Nuvistor 181

Objektiv 215
Offsetdruck 177
Ohmsches Gesetz 112
Operationsverstärker 154
OPREMA 172
Optoelektronik 235
Orbitalkomplex 250
Orbita-System 238
Orthikon 161
Otto-Hoffmann-Ofen 218
Ottomotor 289
Oxidkatode 181
Ozon 128

Panamakanal 61
Papierchromatografie 102, 137
Papinscher Topf 113
Patentieren 174
Paternoster-Kettenwerk 291
Peltier-Effekt 215, 283
Periodensystem 104, 105, 155
Petroleumlampe 240
Phasenkontrastmethode 236
Phasotron 159
Phlogistonlehre 37, 134
Phonograph 256
Piezoelektrizität 54
Pilottonverfahren 275
Planetarium 32
Planetengetriebe 168
Plexiglas 243
Plutonium 100
Polarisationserscheinungen 101
Polarografie 81
Positron 58
Potentialtheorie 75
Prismenglas 188
Programmsteuerung 172
Pronyscher Zaum 119
Psychrometer 212
Pumpwerk 293
Pyrometer 281

Quadrofonie 275
Quantenmechanik 79
Quecksilberdampf-gleichrichter 182
– -lampe 225

Radialventilator 205
Raman-Effekt 119
Rasensprenger 266
Rechen-brett 283
– -maschine 35, 127, 140
Regenerativfeuerung 132
Reibradintegrator 153
Reibungskupplung 220
Relativitätstheorie 62
Reynoldssche Zahl 122
Rockoon-Verfahren 158
Rohre, nahtlose 101
Rollfilm 195
Romanzement 298
Röntgen-Feinstrukturanalyse 56
– -spektroskopie 253
– -strukturanalyse 94, 127
Röstreduktionsverfahren 162
Rotary-Verfahren 282
Rotations-kolbenmotor 291
– -magnetismus 32
Rück-kopplungsschaltung 104, 266
– -trittbremse 186
Rundfunksender 211
Rutschschere 282

Sämaschine 175
Sandverdichtungsmaschine 233
Schachtofen 210
– -verfahren 162
Schaduf 208
Schalenbauweise 49
Schallgeschwindigkeit 41, 43, 46, 94
Schaltalgebra 43
Schiebersteuerung 168
schiefe Ebene 32
Schieß-baumwolle 128
– -pulvermaschine 288
Schleuderguß 233
Schlierenmethode 139
Schlitzverschluß 215
Schlömilch-Zelle 127

Schmelz-flußelektrolyse 153
– -sicherung 61
Schmidtrohr 277
Schmiedepresse 78
Schneidkeramik 262
Schnell-bremse 176
– -kochtopf 240
– -presse 176
– -schütze 295
Schockenzieherei 173
Schornstein 209
Schüttelrutsche 205
Schwebemethode 106
Schwefelkohlenstoff 93
Schwimm-aufbereitung 185
– -kastengründung 269
– -reibung 261
Schwimmer-regel 31
– -regler 251
Seger-Kegel 130
Segnersches Wasserrad 130
Seilbohren 282
Selbstunterbrecher 179
Selenzelle 195
Selfaktor 237, 270
Senk-Schachtverfahren 268
– -kastengründung 269
Servosteuerung 251
Shapingmaschine 276
Sicherheits-lampe 199
– -schloß 46
Siebdruck 177
Siedewasserreaktor 217
Snellsches Brechungsgesetz 134
Solvay-Verfahren 267
Spannfutter, selbstzentriert 174
Spektralanalyse 48, 89
Spektrometer 269
Spinthariskop 278
Spiral-bohrer 163
– -feder 78
Spitzenzähler 72
Spritz-beton 285
– -düsenvergaser 220
– -pistole 234
Sprossenrad 284
Spülabort 151
Sputnik 184
Staffelwalze 284
Stahl-guß 233
– -stich 176
Stangenkunst 291
Starter, elektrischer 220
Stau-mauer 292
– -rohr 116
– -strahltriebwerk 277
Stein-bohrer 151
– -druck 177
Stereokomparator 119
Stern-Gerlach-Versuch 73
Stopfbüchse 168
Straßen-bahn 257
– -hobel 204
Streb, belegschaftsfreier 201
Strickerei 297
Strohpresse 254
Strömungskalorimeter 177
Strumpf 297
Stückofen 210
Sulfatverfahren 297
Superhetschaltung 196
Support 174
Suprafluidität 283

Talsperre 292
Taschenrechner 172
Tauchboot 36
Technologie 38
Telegraphon 229
Telemobiloskop 84
TELEX 281
Temperaturskale 51, 64, 88, 120
Thermistor 207
Thermitschweißen 153
Thermoelektrizität 130
Thomsonsche Schwingungsformel 89
Tiefdruck 176
Tiegeldruckpresse 176
Ton-bandgerät 229
– -gefäße 217
Töpferei 217
Trägerfrequenztechnik 189
Tragflügelboot 237
Transatlantikkabel 281
Transurane 217
Triere 259
Triergon-Verfahren 284
Triowalzwerk 291
Trocken-element 197
– -platte 195
Trommelanker 180
Tscherenkow-Wawilow-Effekt 68
– -Strahlung 140
Tübbingausbau 268
Turbinenbohren 283
Turmverfahren 162
Typograf (Setzmaschine) 266

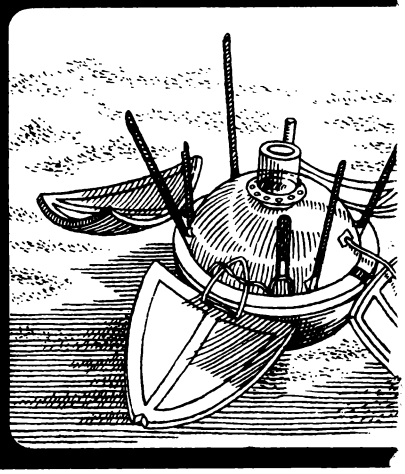
Ultra-kurzwellenbereich 173
– -zentrifuge 198
Umkehrwalzwerk 291
Unbestimmtheitsrelation 79
Unterseeboot 48, 127
Vakuumdestillation 87
Venturidüse 142
Venussonde 249
Vergaser 289
Verkokung 218
Versteinerungsverfahren 268
Vidikon 161
Viskosefaser 298
Voith-Schneider-Propeller 261
Voltasche Säule 142, 197

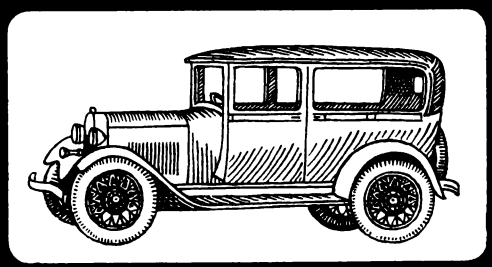
Wagenspinner 237
Wärmeäquivalent, mechanisches 81, 86, 103
Wasser-mühle 293
– -säulenmaschine 291
– -schöpfräder 291
– -spülung 151
– -turm 293
Wechsellade 295
Wehneltzylinder 181
Wellenmechanik 155
Wetterlampe 199
Wheatstonesche Brückenschaltung 144
Widerstandsofen 182
Wiensches Verschiebungsgesetz 145
Wind-fege 254
– -kanal 193
– -motor 296
– -mühle 296
– -rad 296
– -rose 218
– -turbine 296
Wirkstuhl 297
Wirkungsquantum 116
Wofatite 231
Wollkämmaschine 50
Woltmann-Flügel 147

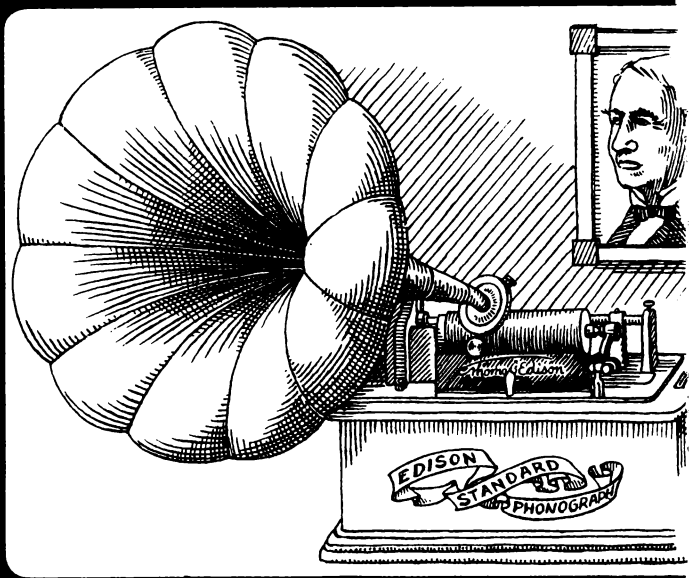
Zählrohr 72
Zahnrad 49
– -bahn 122
– -winde 208
Zeeman-Effekt 148
Zeigertelegraf 280
Zeilensprungverfahren 188
Zementierverfahren 268
Zentimeterwellenbereich 180
Zentralverschluß 215
Zeppelin 228
Zerfallsreihe, radioaktive 246
Ziehdüse 173
ZRA 172
Zuppingerrad 294
Zyklotron 159

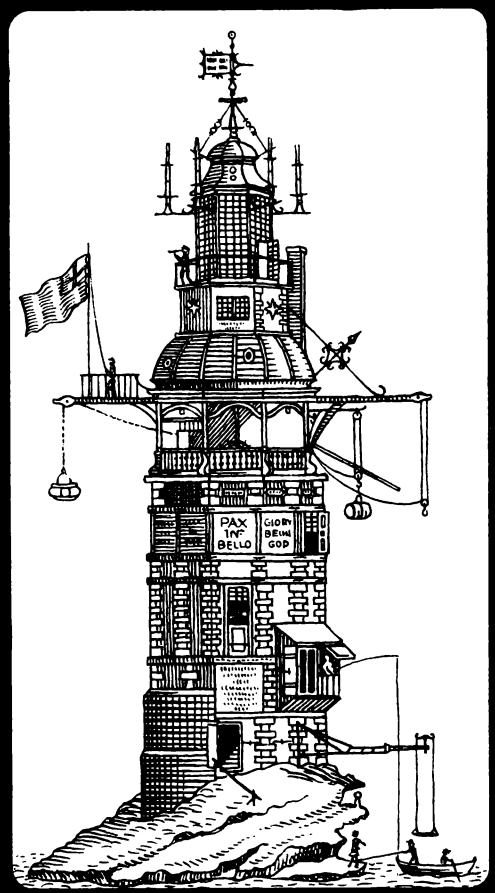
ISBN 3-343-00511-8

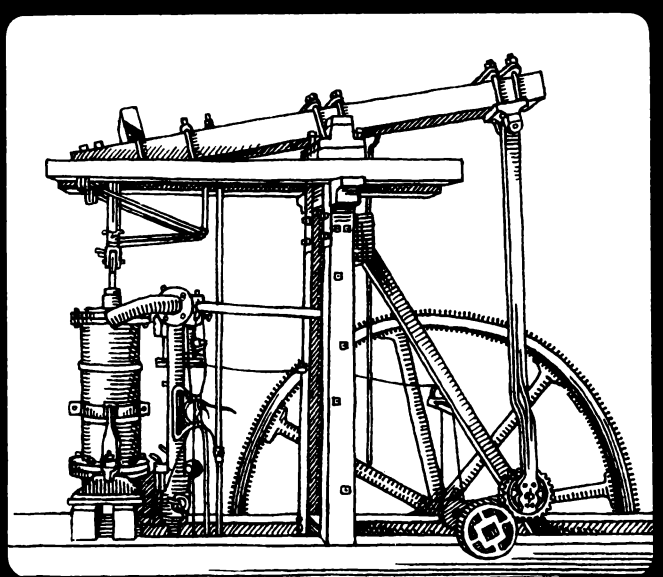
© VEB Fachbuchverlag Leipzig 1989
4. Auflage
Lizenznummer: 114-210/147/89
LSV 3009
Verlagslektor: Helga Schmiedel
Gestaltung: Egon Hunger
Illustrationen: Lutz-Erich Müller, Leipzig
Printed in GDR
Satz: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle
Fotomechanischer Nachdruck:
INTERDRUCK Graphischer Großbetrieb Leipzig – III/18/97
Redaktionsschluß: 15. 7. 1988
Bestellnummer: 547 606 1
02400

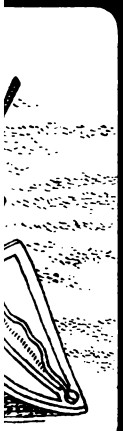


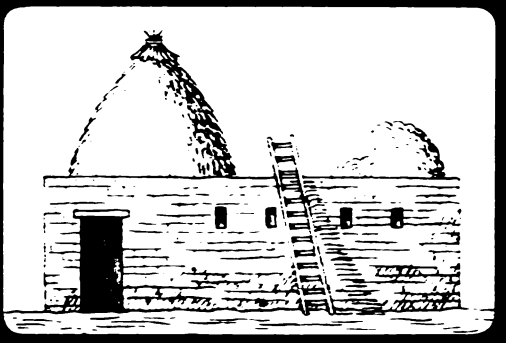


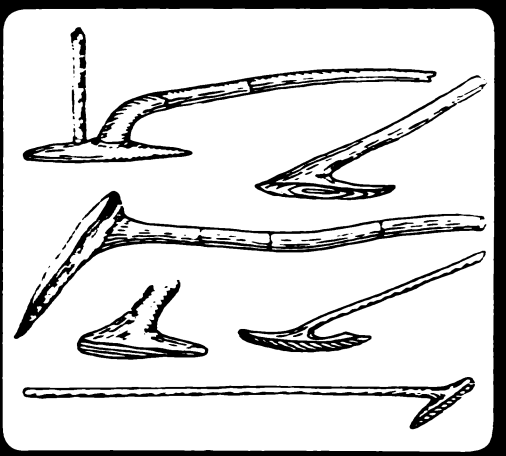

EDISON
STANDARD
PHONOGRAPH

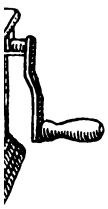

PAX
INF
BELLO
GLORY
BEING
GOD

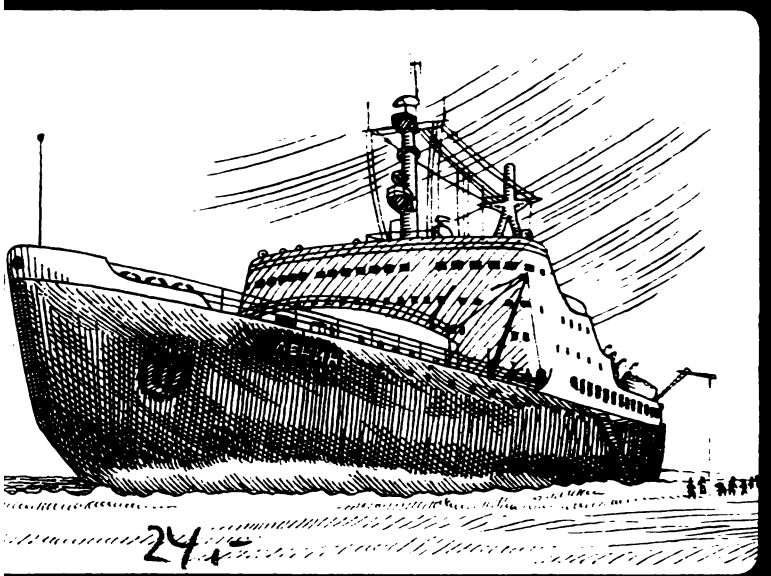


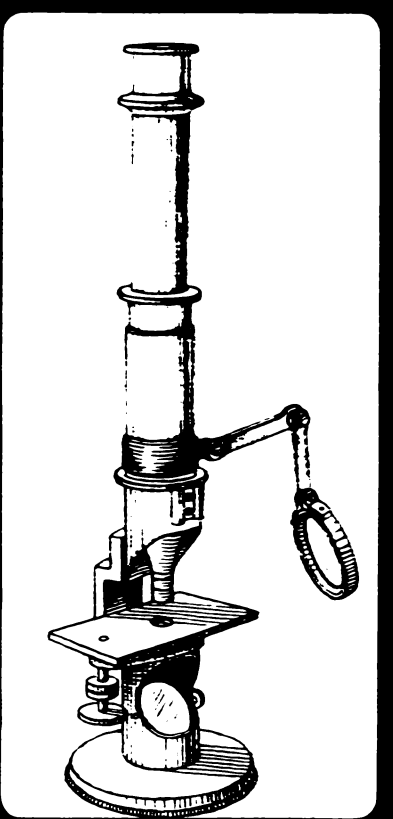












Aus dem Inhalt

Teil I: Entdeckungen, Erfindungen und die Entwicklung von Gesellschaft, Technik und Wissenschaft

Teil II: Kurzbiographien bedeutender Naturwissenschaftler und Techniker

Teil III: Wichtige Erfindungen, Verfahren, technische Errungenschaften und ihre Entwicklung

Teil IV: Entscheidende Entdeckungen und Erfindungen in Naturwissenschaft und Technik im Vergleich zu historischen Ereignissen und geographischen Entdeckungen

ISBN 3-343-00511-8