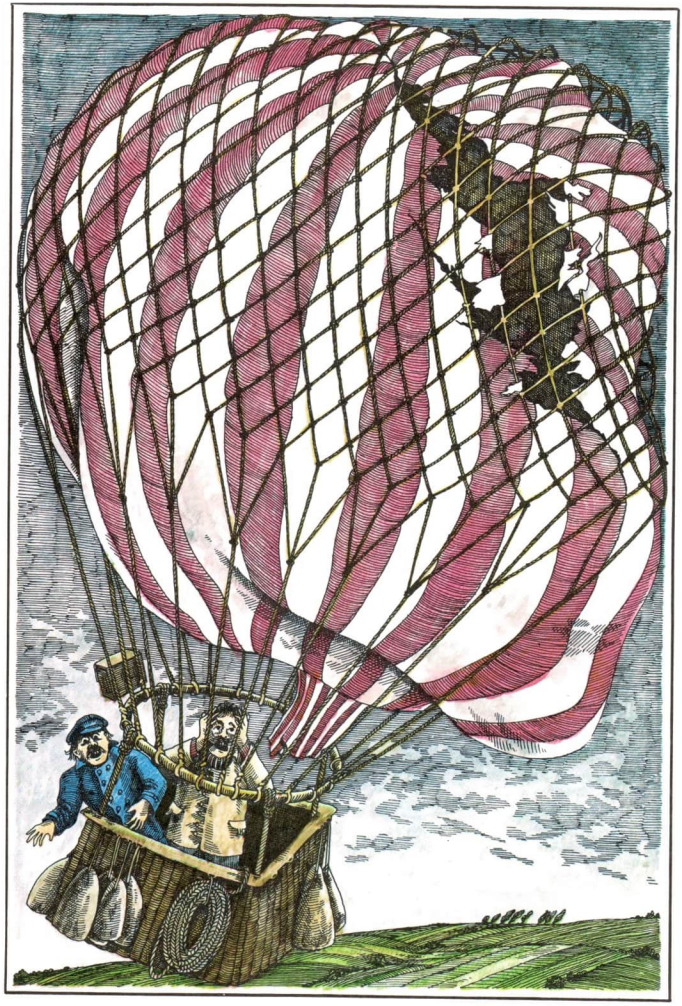
Rund um die großen Erfindungen

Karl Rezac

Karl Rezac · Rund um die großen Erfindungen



Karl Rezac

Rund um die großen Erfindungen

1 Das Rad *6*
2 Die Dampfmaschine *16*
3 Die Dampflokomotive *34*
4 Das Fahrrad *50*
5 Das Kraftfahrzeug *58*
6 Der Kran *74*
7 Die Glühlampe *82*
8 Der Dynamo *90*
9 Technica curiosa *106*
10 Das Kino *114*
11 Telegraf – Telefon – Television *132*
12 Das Flugzeug *156*
13 Die Raumfahrtrakete *176*

Der Kinderbuchverlag Berlin

Illustrationen:

Joachim Arfert:
1. Kapitel, 4. Kapitel

Wolfgang Freitag:
6. Kapitel, 9. Kapitel

Wolf-Ullrich Friedrich:
10. Kapitel

Uwe Häntsch:
Einband, Farbtafeln

Dieter Heidenreich:
3. Kapitel

Karl-Heinz Naujoks:
2. Kapitel, 5. Kapitel

Ralf Swoboda:
3. Kapitel (Lokomotiven)

Kurt Völtzke:
7. Kapitel, 8. Kapitel, 11. Kapitel

Karl-Heinz Wieland:
12. Kapitel, 13. Kapitel

Typographie: Hans Joachim Schauß

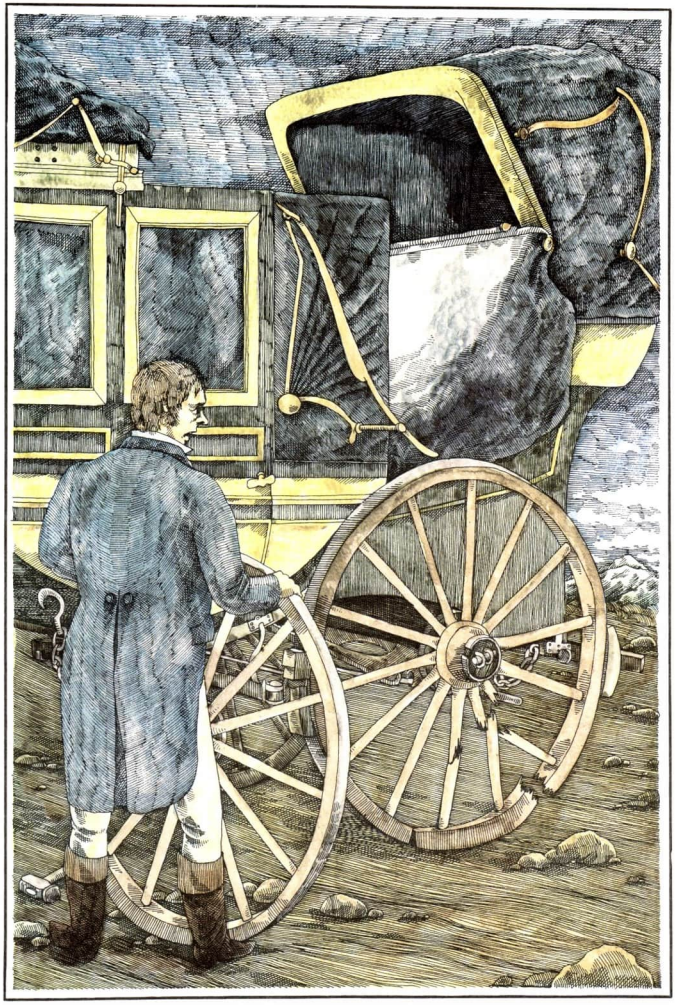
Fotoverzeichnis:

Ardenne Archiv (3)
Deutsche Fotothek Dresden (10)
Garbe (1)
Hilse (1)
Hoffmann (1)
Karger-Decker (25)
Klarner (1)
Neues Leben (1)
Nowosti (1)
Volk und Wissen (1)
Willmann (4)
Zentralbild (7)
Zielinski (1)

3. Auflage 1982
© DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN – DDR 1979
Lizenz-Nr. 304-270/341/82-(70)
Reproduktion und Lichtsatz:
INTERDRUCK Graphischer Großbetrieb Leipzig – III/18/97
Druck und buchbinderische Verarbeitung:
Karl-Marx-Werk Pößneck
LSV 7821
Für Leser von 12 Jahren an
Bestell-Nr. 630 373 6
DDR 22,50 M

«Der Urquell aller technischen Errungenschaften ist die Neugier
und der Spieltrieb des bastelnden und grübelnden Forschers
und nicht minder die konstruktive Phantasie
des technischen Erfinders ...
Sollen sich auch alle schämen, die gedankenlos
sich der Wunder der Wissenschaft und Technik bedienen
und nicht mehr davon geistig erfaßt haben
als die Kuh von der Botanik der Pflanzen,
die sie mit Wohlbehagen frißt.»

Aus einer Ansprache, mit der Albert Einstein (1879–1955),
einer der genialsten Physiker,
im Jahre 1930 in Berlin eine funktechnische Ausstellung eröffnete.



1 Das Rad

Das Rad ist erfunden!
Den Wagen und die meisten unserer Maschinen
hätte man ohne Rad nicht bauen können.
Diese frühe Erfindung des Altertums übertrifft an Wichtigkeit
sogar viele Errungenschaften unserer modernen Technik.
Und sie verdient besondere Bewunderung,
weil der Mensch für das Rad kein Vorbild in der Natur fand.

Nur durch den Masseneinsatz von Menschen wurden im Altertum die bewunderungswürdigen Glanzleistungen der frühen Technik möglich

Dieses Bild wurde in der Nähe des Nils in einem Grabe Thebens gefunden. Es zeigt uns die Technik, mit der man einstmals schwere Lasten transportierte. Hier handelt es sich um ein riesiges steinernes Standbild.

Theben war damals die Hauptstadt Ägyptens. Bereits die Herrscher des Alten Reiches, das vor über 4000 Jahren zerfiel, liebten es, mächtige Paläste und Tempel errichten zu lassen und diese mit monumentalen Standbildern zu schmücken. Die Standbilder wurden – ebenso wie die Säulen und Quader – in Steinbrüchen aus dem Fels gehauen. Dann mußten sie mühselig an ihren Aufstellungsort geschleift werden, oft über weite Entfernungen. Es wird berichtet, daß 2000 Menschen, Leibeigene, nötig waren, um einen Stein von 500 Tonnen zu ziehen. Man brauchte ihn für einen Tempelbau; sein Transport dauerte drei Jahre.

Wie das Bild verrät, war eine wohlüberlegte Organisation und die vereinte Muskelkraft vieler Menschen nötig, um solche Leistungen zu vollbringen. Zunächst war der gut 7 Meter hohe Steinkoloß auf eine hölzerne Schleife zu heben. Das geschah mit Hilfe von Hebebäumen, also Hebeln. Der Weg wurde mit einer Holzbahn ausgelegt. Damit sich die Schleife überhaupt fortziehen ließ, mußten alle an den Tauen Gehenden mit vereinten Kräften ziehen, und zwar ruckweise. Der Aufseher, der auf dem Standbild stehend kommandierte, gab durch Zuruf und Händeklatschen den Arbeitstakt an.

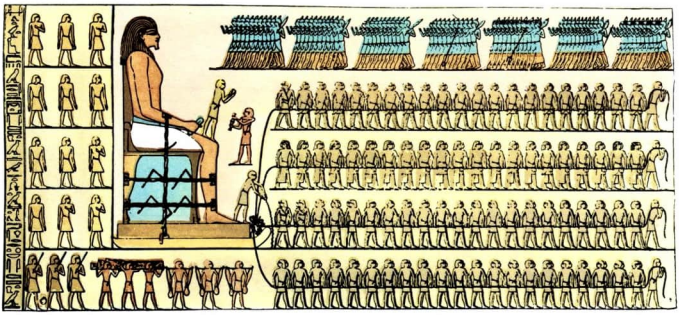
Den Transport begleiteten Leibeigene, die Stangen und einen Hebebaum mitführten; andere trugen mit Wasser gefüllte Gefäße. Das Wasser wurde auf die Holzunterlage gegossen. So verhinderte man, daß sich das Holz infolge der starken Reibung entzündete. Außerdem wurde dadurch die Bahn gleitfähiger, also die Reibung – wenn auch nur geringfügig – gemindert, denn die Gleitreibung war es, die den Transport so beschwerlich machte.

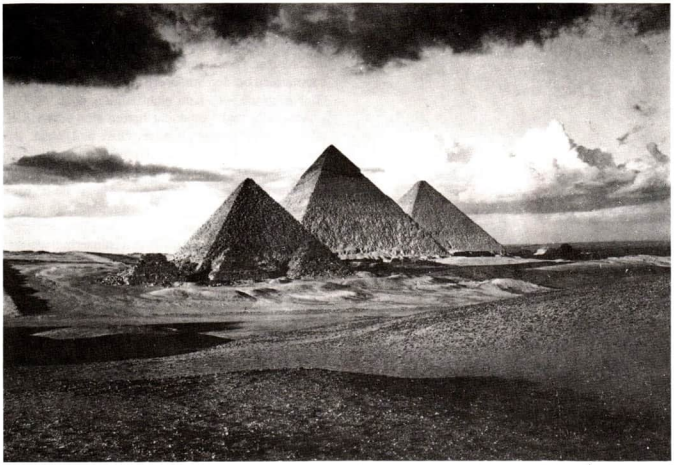
Die Reibungskraft wirkt der Bewegung entgegen. Sie bremst. Ihr Betrag hängt davon ab, aus welchem Material die gegeneinander gleitenden Flächen bestehen, welche Glätte sie haben und unter welchem Druck sie aneinanderreiben.

Folglich wuchs die Reibung mit dem Gewicht, mit dem die Schleife belastet wurde. Der allergrößte Teil der Arbeit, den die Leibeigenen aufwendeten, konnte für die Bewegung nicht genutzt werden; er wandelte sich in Wärme um. Nur ein geringer Teil der Arbeit wurde in Bewegungsenergie umgesetzt.

Denkt man sich die Steinlast auf einen vielachsigen Güterwagen verladen, so könnte sie von der gleichen Anzahl Menschen beinahe mühelos gezogen werden. Die Rollreibung zwischen Rad und Schiene bremst sehr viel weniger als die Gleitreibung, die beim Ziehen einer Schleife auftritt.

Im Altertum kannte man Schiene und Rad noch nicht. Aber man machte die Erfahrung, wie vorteilhaft die Rollreibung ist. Und so erleichterte man in späterer Zeit den Transport mit der Schleife, indem man unter diese steinerne oder metallene Walzen legte.

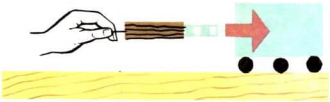




1 Transport eines Standbildes, Ägypten um 2000 v. u. Z.

2, 3 Die Pyramiden von Gizeh (Ägypten), das älteste der Sieben Weltwunder des Altertums. Die größte unter ihnen war einst 147 Meter hoch. Die gewaltige Steinmenge von 6,5 Millionen Tonnen wurde durch den Masseneinsatz von Menschen aufeinandergetürmt. Der Bau diente als Begräbnisstätte des Pharao Cheops. Besonders schwierig war der Transport der mächtigen Steinquader. Sie wurden vom Ufer des Nils über eine geneigte Ebene hinaufgezogen. Die geneigte Ebene wurde ständig aufgeschüttet, und zwar im gleichen Maße, wie das Bauwerk in die Höhe wuchs

Gleitreibung



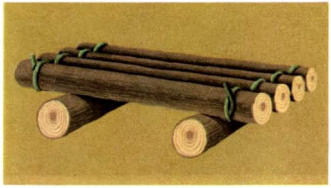
Rollreibung

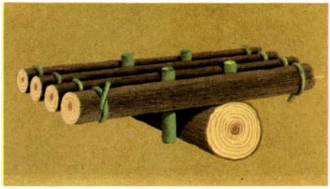
4 Die Rollreibung, auch Wälzwiderstand genannt, ist sehr viel geringer als die Gleitreibung. Die Federkraftmesser zeigen die jeweils aufzuwendenden Kräfte an, die zur gleichmäßigen Fortbewegung des Körpers nötig sind, mit und ohne untergelegte Rollen

Und so kam das Rad ins Rollen

Als vor sehr langer Zeit das Rad und der Wagen erfunden wurden, bedeutete das einen großen Fortschritt in der Technik und damit in der Geschichte der Produktivkräfte. Genau ist nicht zu klären, wann und wo der Mensch diese Erfindung erstmals gemacht hat. Und nirgends ist aufgezeichnet, unter welchen Umständen es geschah. Doch man vermutet, daß das Rad im 4. Jahrtausend v. u. Z. aufkam. Diese Erfindung beruht nicht auf der genialen Idee eines einzelnen, uns unbekannten Menschen. Das Rad ist über einen langen Zeitraum allmählich entwickelt worden, und das bei verschiedenen Völkern unabhängig voneinander. Ganz gleich, ob in Mesopotamien bei den Sumerern und Assyrern, in China oder Ägypten – es kam nicht zufällig dazu.

Ackerbau und Viehzucht hatten sich entwickelt; man erntete Gerste, Gemüse, Obst und Wein. Befestigte Siedlungen waren entstanden. In den Städten gab es Werkstätten; dort wurden Körbe geflochten, Ledertaschen genäht, Holzeimer hergestellt. Man hatte mit dem Abbau von Erzen unter Tage begonnen, bearbeitete Gold, Silber, Kupfer, erzeugte Bronze und gewann Salz. Für den Häuserbau wurden





Ziegel gebrannt. Es war also eine gewisse Stufe der Arbeitsteilung erreicht.

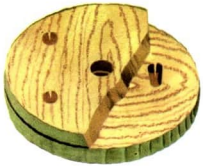
Damit entwickelte sich das Bedürfnis, die produzierten Güter auszutauschen. Dazu mußten sie transportiert werden. Es war möglich, die Lasten zu tragen oder auf dem Rücken von Tieren zu befördern. Man konnte die schwerfällige Schleife einsetzen. Aber immer dringender wurde ein leicht bewegliches Transportmittel, wie etwa der von Tieren gezogene zweirädrige Karren.

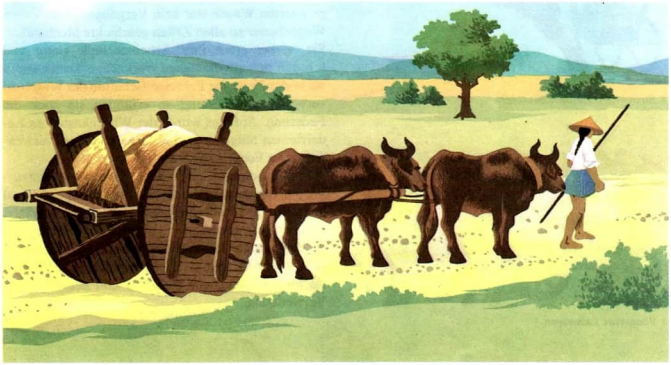
Doch wie entwickelte sich das Rad? Es ist ein Ergebnis der Arbeitserfahrung. Baumstämme, die man für den Hausbau gefällt hatte, wurden nicht über den Boden geschleift oder gar getragen. Sie wurden gerollt. Das war bequemer. Bald fand man heraus, daß sich dies auch mit kantigen Lasten machen ließ. Man brauchte sie nur auf runde Stämme zu legen, auf Walzen. Noch zweckmäßiger war es, die Lasten auf eine Plattform zu setzen und diese über die Walzen zu rollen. Allerdings mußte man die Walzen immer wieder von neuem unter die Plattform legen. Das kostete Zeit und Kraft. Es ist denkbar, daß man deshalb vor und hinter eine Walze Pflöcke senkrecht in die Plattform setzte, damit sich die Walze zwar drehen, doch nicht fortrollen konnte.

Der Übergang von der Walze zum Rad war weit schwieriger und erforderte technisches Verständnis. Vom Baumstamm wurden Scheiben abgetrennt, durch eine Achse verbunden und mittels Keilpflökken an ihr befestigt. Auf die Achse kam eine Plattform. Das alles setzte voraus, daß der Mensch über bestimmte Werkzeuge verfügte, vor allem über eine einfache Form der Säge.

Diese ersten Scheibenräder hielten nicht lange, denn Holz ist nur widerstandsfähig, wenn es mit der Faser geschnitten ist. Sicherlich haben die ersten Radbauer das bald erkannt. Und ebenso machten sie die Erfahrung, daß für das Fahren im unbefestigten Gelände recht große Räder besonders kraftsparend sind. Straßen, wie wir sie kennen, gab es ja zu jener Zeit nicht. Und so entstanden die ersten Wagen: Sie hatten eine Achse mit großen Scheibenrädern, die aus mehreren rohen Planken grob zusammengefügt waren.

Dieses Rad wurde aus zwei Scheiben zusammengesetzt. Es ist widerstandsfähiger, weil sich die Faserrichtungen des Holzes kreuzen





Streitwagen, Landauer, Postkutsche – über mehrere Jahrtausende hinweg fand das Speichenrad Verwendung

1 Kriegswagen mit Scheibenrädern

2 Streitwagen mit Speichenrädern

3 Römischer Lastwagen

Archäologen entdeckten in altägyptischen Königsgräbern prunkvolle Jagd- und Kampfwagen, die man vor etwa 3 500 Jahren den Verstorbenen beigegeben hatte: zweirädrige, sehr schnelle Wagen, die von zwei Pferden gezogen wurden. Sie sind auch auf Bildern der Griechen und Römer zu sehen. Diese Wagen weisen eine bedeutende Verbesserung auf: Ihre Räder haben Speichen.

Ein Speichenrad ist wesentlich leichter als das plumpe Scheibenrad. Es ist außerdem elastischer und damit außerordentlich stabil. Seine Herstellung verlangt großes handwerkliches Können. Es muß also im Altertum meisterhafte Wagenbauer gegeben haben.

Im Laufe einer langen Entwicklung gab es drei Erfindungen, die für den Wagen und seine Verwendung wichtig waren: die drehbare Vorderachse, das Kummet und die Wagenfederung.

Ein zweirädriger Karren ließ sich ohne Schwierigkeiten lenken. Anders der vierrädrige, dessen Achsen anfangs starr angebracht waren. Zur Zeit des Römischen Reiches entwickelte man dann die drehbare Vorderachse. Sie machte den Wagen weitaus beweglicher.

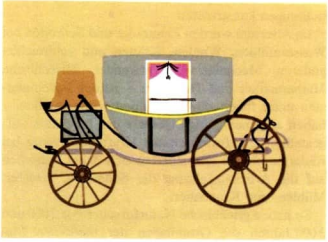
In der Antike konnten die Pferde zwar Kriegswagen und andere leichte Gefährte ziehen, jedoch keine mit schweren Lasten, denn der Halsgurt des Geschirrs drückte auf die Luftröhre der Zugtiere. Erst im 10. Jahrhundert kam das Kummet mit seitlichen Strängen auf. Mit diesem verbesserten Geschirr wurde die Zugleistung des Pferdes um das Drei- bis Vierfache gesteigert, und man konnte es jetzt vor schwerbeladene Wagen spannen.

Wer im 16. Jahrhundert auf Reisen ging, zog häufig das Reitpferd vor, denn eine Reise in den noch ungefederten Wagen war kein Vergnügen. Nun waren Wagenbauer zu allen Zeiten geschickte Mechaniker. Sie verbesserten ihre Arbeitstechnik stetig und schufen sich zweckmäßige Werkzeuge. Damit waren sie in der Lage, die Fahreigenschaften der Wagen zu vervollkommnen. Und so erfanden sie auch die Federung. Anfangs wurde der Wagenkasten an Lederriemen aufgehängt. Im 17. Jahrhundert verwendete man Federn aus Stahl.

In der Folgezeit entstanden die verschiedensten Wagen für den Personenverkehr. Das Speichenrad hatte sich über mehrere tausend Jahre gut bewährt: Es blieb fast unverändert. Und sogar die Autos, die in den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts gebaut wurden, hatten Speichenräder. Heute finden sie vornehmlich beim Kraftrad und beim Fahrrad Verwendung.

4 Meisterwerke der Handwerkskunst waren die Wagen, welche sich fürstliche Herrscher bauen ließen

5 Der Landauer, so genannt, weil er erstmals in der Stadt Landau gebaut wurde. Er kam im 18. Jahrhundert auf und hatte bereits stählerne Tragfedern



6 Der Wagenkasten dieser Kutsche war zur Federung an Tragriemen aufgehängt

7 Berliner Pferdeomnibus aus dem Jahre 1895

8 Bevor es die Eisenbahn gab, reiste man mit der Postkutsche. Für eine Fahrt von Berlin nach Dresden benötigte man drei Tage

9 Robust und sehr belastbar waren die Planwagen, mit denen sich Siedler in Nordamerika den Weg durch die Prärie bahnten

Für Uhrwerke und Automaten, für Maschinen und Motoren ist das Rad unentbehrlich

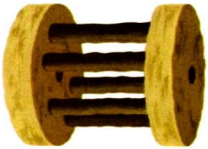
Jedes Auto hat an seiner Instrumententafel ein Zählwerk, von dem man die Anzahl der zurückgelegten Kilometer ablesen kann. Nur wenige Menschen wissen, daß es bereits vor mehr als 2 000 Jahren ein ähnliches Gerät gab. Erfunden hatte es der Grieche Heron von Alexandria. Er war Mathematiker und ein wahrer Tausendkünstler der Mechanik. Nicht allein, daß er interessante mathematische Formeln aufstellte – er dachte sich alle möglichen mit Hebeln, Walzen und Rädern ausgestattete Automaten und technische Spielzeuge aus. Manche seiner Geräte betrieb er mit Wasser- oder Dampfkraft.

Als Heron den Wegmesser entwarf, ging er von einer einfachen Überlegung aus: Das Wagenrad legt bei jeder Umdrehung einen bestimmten Weg zurück, und dieser ist gleich dem Umfang des Rades. Wollte man die gesamte Wegstrecke der Fahrt wissen, brauchte man nur zu zählen, wie oft sich die Räder während der Fahrt gedreht haben. Heron ließ dies von einem automatischen Zählwerk besorgen.

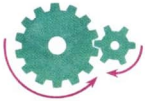
Er verwendete für seine Konstruktion Zahn- und Schneckenräder. Diese übertrugen die Drehung des Wagenrades auf Zeiger. Sicherlich ließ Heron die Zeiger über Skalen laufen, damit man die zurückgelegte Wegstrecke jederzeit direkt ablesen konnte. Herons Apparat mag uns sehr schlicht erscheinen. Er weist dennoch auf eine bedeutende Tatsache hin: Die Techniker jener Zeit verwendeten das Rad, um Kräfte zu übertragen. Von einem Zahnrad auf ein zweites mit einer anderen Anzahl von Zähnen. Oder von einer Scheibe mit Hilfe eines Seils auf eine kleinere Scheibe. Auf diese Weise lassen sich Drehbewegungen umlenken. Man kann darüber hinaus die Drehzahlen von Maschinenwellen verändern; zugleich werden dabei die Beträge der Kräfte geändert. Man kann so zum Beispiel kraftsparende Vorrichtungen konstruieren.

Im Altertum wurden Zahnräder und Seilrollen bei Wassermühlen, Winden, Kränen und zahlreichen anderen Mechanismen verwendet. Griechische Mathematiker und Techniker – zu den bedeutendsten unter ihnen zählt Archimedes von Syrakus – haben allgemeingültige Gesetze der Mechanik aufgestellt. Sie erforschten die Kraftübertragung bei Rädermaschinen und stützten sich dabei sicherlich auf die Arbeitserfahrung der Schmiede, Tischler, Mühlen- und Kranbauer.

So haben griechische Naturforscher vor 2 000 und 3 000 Jahren die Grundlagen der modernen Maschinentechnik geschaffen. Die Ingenieure unserer Zeit bedienen sich vieler damals gefundener Gesetze, wenn sie beispielsweise die Zahnräder eines Uhrwerkes oder die Getriebe für Autos und Drehmaschinen berechnen.

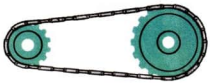


1 Dieses altrömische, aus Holz gefertigte Zahnrad wurde um das Jahr 265 verwendet

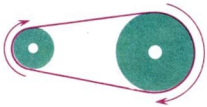


2 Zahnradtrieb

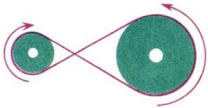
3 Kegelräder



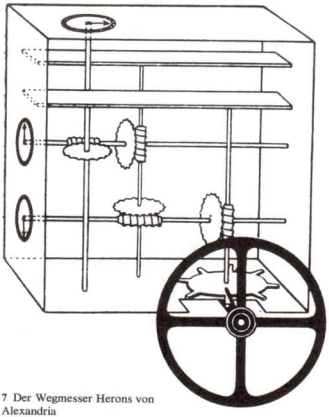
4 Kettentrieb



5 Riementrieb mit Beibehaltung der Drehrichtung

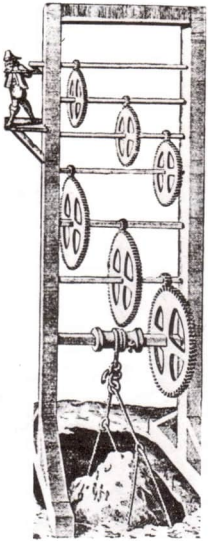


6 Bei gekreuzten Riemen wird die Drehrichtung geändert

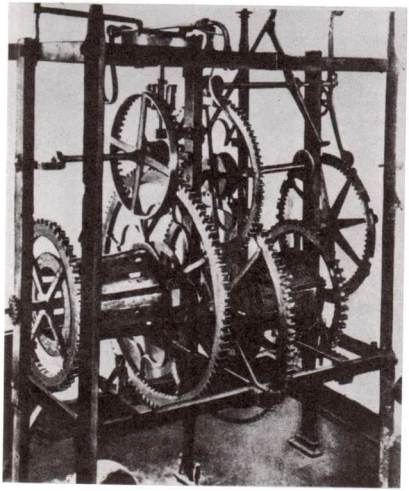


7 Der Wegmesser Herons von Alexandria

8 Diese Zahnradwinde wurde im 15. Jahrhundert entworfen. Mit ihrer Hilfe sollte eine große Last durch geringe Muskelkraft gehoben werden



9 Eine eiserne Räderuhr aus dem Jahre 1540. Sie wurde von ablaufenden Gewichten angetrieben



2 Die Dampfmaschine

1782 – In Europa wird zum letzten Mal eine Frau
als Hexe angeklagt
und öffentlich verbrannt.
Im gleichen Jahr nimmt in England eine neue,
von James Watt entworfene Dampfmaschine den Betrieb auf.
Der Mensch verfügt nun über eine Antriebskraft von einer Stärke,
wie sie bis dahin völlig unbekannt war.
Wie sonderbar dieses Nebeneinander von Mittelalter und Neuzeit,
von Aberglaube, Hexenwahn und stürmischem Fortschritt.
Die noch plumpe und lärmende Maschine sollte das neue,
das technische Zeitalter einleiten.

Ein zweitausend Jahre altes Gedicht erzählt von der ersten Kraftmaschine

«Lasset die Hände nun ruhn, ihr mahlenden Mädchen,
und schlafet
Lang; der Morgenhahn störe den Schlummer euch nicht.
Ceres hat eure Mühe den Nymphen künftig empfohlen,
Hüpfend stürzen sie sich über das rollende Rad,
Das mit vielen Speichen um seine Achse sich wälzend
Mahlender Steine vier, schwere zermalmende, treibt.
Jetzt genießen wir wieder der alten goldenen Zeiten,
Essen der Göttin Frucht ohne belastende Müh'.»

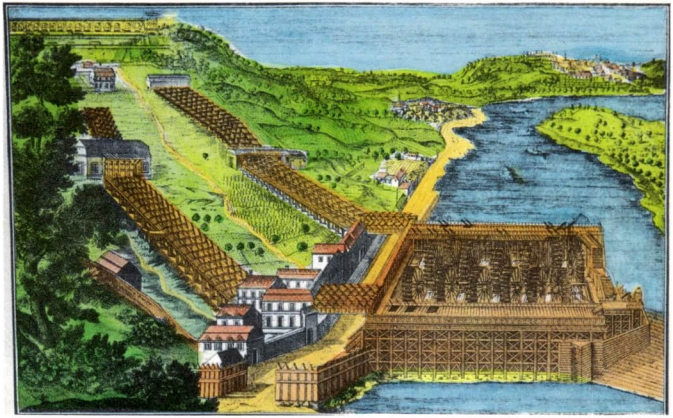
Dieses Gedicht, so reich an Bildern es ist, wird vielleicht nicht auf den ersten Blick zu verstehen sein. Der griechische Dichter Antipatros von Sidon schrieb es im 1. Jahrhundert v. u. Z. Er feiert mit seinen Versen die Erfindung der ersten Kraftmaschine, die des Wasserrades: Ceres, die römische Göttin der Fruchtbarkeit, des Ackerbaues und der Feldfrüchte, beauftragt die Nymphen – das sind schöne junge Naturgöttinnen, die auch im Wasser wohnen –, von nun an das Korn zu mahlen, indem sie strömendes Wasser über die Schaufeln des Wasserrades leiten. Bis dahin mußten die Sklavenmädchen von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang mit Muskelkraft die schweren Mahlsteine drehen. Jetzt dürfen sie schlafen, solange sie wollen; alle genießen die Früchte der Ceres ohne «belastende Müh'».

Das Ganze ist ein Wunschtraum, eine Zukunftsvision, hervorgerufen durch die Freude über das schlichte Wasserrad. Es drückt die Sehnsucht des arbeitenden Menschen aus, von der Mühsal körperlich schwerer Arbeit erlöst zu werden. Im Altertum konnte dieser Traum keine Erfüllung finden. Die damalige primitive Technik verlangte geradezu den Einsatz der Muskelkraft, der körperlichen Arbeit des Menschen. Das Wasserrad entlastete ihn nur in geringem Maße.

Ein halbes Jahrhundert später wurde das Wasserrad auch in Nordeuropa bekannt. Unterschlächtige Wasserräder errichtete man dort, wo sich das Wasser nicht über das Rad leiten ließ. Oberschläch-

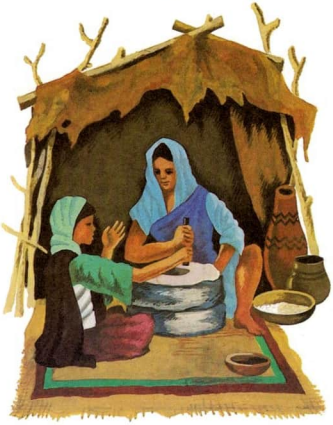
1 Unterschlächtiges Wasserrad
2 Oberschlächtiges Wasserrad

3 Die große Wasserhebemaschine für die Fontänen in Versailles



4 Nur selten treffen wir noch alte funktionstüchtige Wassermühlen an, so wie diese bei Tambach-Dietharz in Thüringen

5 Altes griechisches Wasserrad



6 So mahlten im Altertum Frauen das Korn

tige Wasserräder waren etwas leistungsfähiger; bei diesem Maschinentyp fiel das Wasser von oben auf die Schaufeln des Rades. Obwohl ein Wasserrad nur geringe Leistung erbrachte, blieb es über Jahrhunderte eine wichtige Kraftmaschine. Es wurde nicht allein zum Mahlen des Getreides verwendet, sondern auch in Pochwerken zum Zerkleinern von Erzen, in Schmieden für den Antrieb der Hammerwerke und Blasebälge, in Gerbereien, Sägewerken und als Motor für die Aufzüge in den Bergwerken.

Die größte Wasserradmaschine, die es je gab, wurde auf Befehl des französischen Königs Ludwig XIV. errichtet und 1685 in Betrieb genommen. Sie war in vierjähriger Bauzeit entstanden und kostete 4 Millionen Livres. Man hatte 14 Wasserräder, deren Durchmesser je 12 Meter betrug, in die Strömung der Seine gestellt. Sie trieben 221 Pumpen an, die Wasser auf eine Höhe von 161 Metern förderten. Dieser gewaltige Aufwand diente nicht der Wirtschaft, sondern einer fürstlichen Laune: Die zahlreichen Springbrunnen und Fontänen der königlichen Gärten von Versailles wurden auf diese Weise mit Wasser gespeist.

Die Anlage selbst war ein Glanzstück der damaligen Technik. Bewundernswert ist das handwerkliche Können der Wassermühlenbauer. Sie brachten es fertig, die Wasserradanlage für 80 kW (Kilowatt) auszulegen. Eine so hohe Leistung hatte es bis dahin nicht gegeben. Verglichen jedoch mit den Baukosten und den Abmessungen dieser riesengroßen Maschine, erscheint sie lächerlich gering. Heute leistet ein durchschnittlicher LKW-Motor mehr als 90 kW. Das Wasserrad hatte die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit offenbart.

«Die Kraft
trachtet immer danach,
sich zu verlieren
und zu verschwenden.
Hat sie sich selbst bezwungen,
so bezwingt sie jeden Körper.
Ohne sie bewegt sich nichts.»
Leonardo da Vinci
(1452–1519)

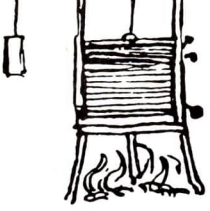
Der italienische Maler und Bildhauer Leonardo da Vinci schuf Kunstwerke, die seinen Namen unvergeßlich machten. Zugleich war er der genialste Erfinder und Konstrukteur seiner Zeit. Wir kennen mehr als 10000 Zeichnungen von Maschinen und anderen technischen Einrichtungen, die Leonardos Weitblick verraten: Hebewerke, Walzwerke, automatische Spinnmaschinen, Drehmaschinen, Flugapparate und Fallschirme, Bagger, Schleusen und Brücken, Wasserturbinen, Tauchboote, Taucheranzüge, auch Pläne von Städten mit unterirdischen Straßen – jedes technische Problem fesselte den Meister. Mit seinen Ideen war Leonardo der Zeit weit voraus, denn es gab im 15. Jahrhundert kaum gesellschaftliche Bedürfnisse dafür und damit keine zwingenden Gründe, sie zu verwirklichen. Seine Maschinen wurden nie gebaut. Sie mußten – Jahrhunderte später – neu erfunden werden.

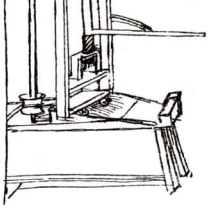
Wie andere Naturforscher auch, dachte Leonardo da Vinci über das Wesen der Kraft nach. «Ohne sie bewegt sich nichts.» – So deutete er die *Wirkung* der Kraft. Dabei dachte er sicherlich an seine geplanten Maschinen. Sie mußten in Gang gesetzt werden. Und hier scheiterte Leonardos Gedankenflug in das technische Zeitalter, an das er fest glaubte. Denn wenn er eine Maschine konstruierte, ging er davon aus, daß sie in erster Linie von Muskelkraft angetrieben werden mußte. Die meisten seiner Maschinen, und gerade die wichtigsten, hätte er so kaum in Bewegung halten können.

Seit alters konnte man für den Antrieb von Maschinen lediglich mechanische Energie nutzen: das strömende Wasser beim Wasserrad, den Wind bei der Windmühle, die Muskelkraft von Mensch und Tier in Treträdern und Göpeln.

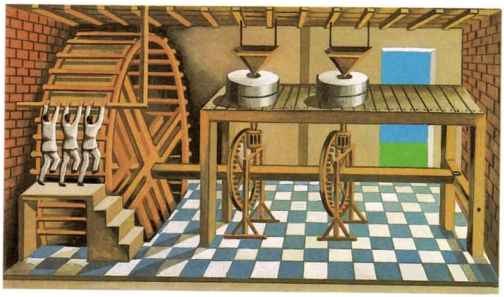
Besonders günstig für den Antrieb von Maschinen war die Muskelkraft, vor allem die des Menschen. Diese war immer verfügbar, man konnte sie unabhängig von der Jahreszeit an jedem Ort einsetzen und zu hoher Leistung zwingen. Deshalb wurde sie in allen Ausbeutergesellschaften zur billigsten Energiequelle – im Sklavenhalterstaat ebenso wie in der Feudalgesellschaft und erst recht zu der Zeit, als sich kapitalistische Produktionsweisen herausbildeten. So ist die Geschichte der Kraftmaschine zugleich eine Geschichte des Leidensweges unzähliger gequälter Menschen. Alle, die als lebende Energiequelle in den Treträdern arbeiteten, mußten in der Minute bis zu 90 Schritte laufen, und das vom Morgen bis zum Abend, mit nur kurzen Pausen.

Ganz sicher hat bereits Leonardo da Vinci gewußt, daß in der Zukunft gänzlich neue Kraftmaschinen entwickelt werden müßten. Das war nicht möglich auf der Grundlage der bislang bekannten technischen und physikalischen Systeme. Eine flüchtig hingeworfene Skizze verrät, daß Leonardo sogar den künftigen Energiespender voraussah: Er brachte Feuer und Wasser, Kolben und Zylinder in Verbindung, um den Dampf arbeiten zu lassen.

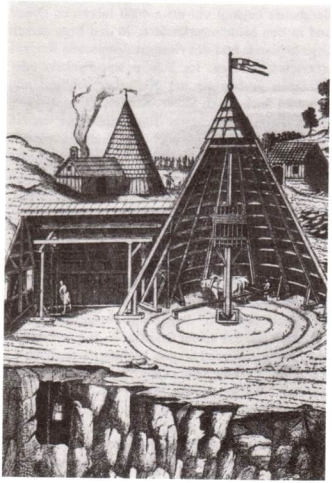




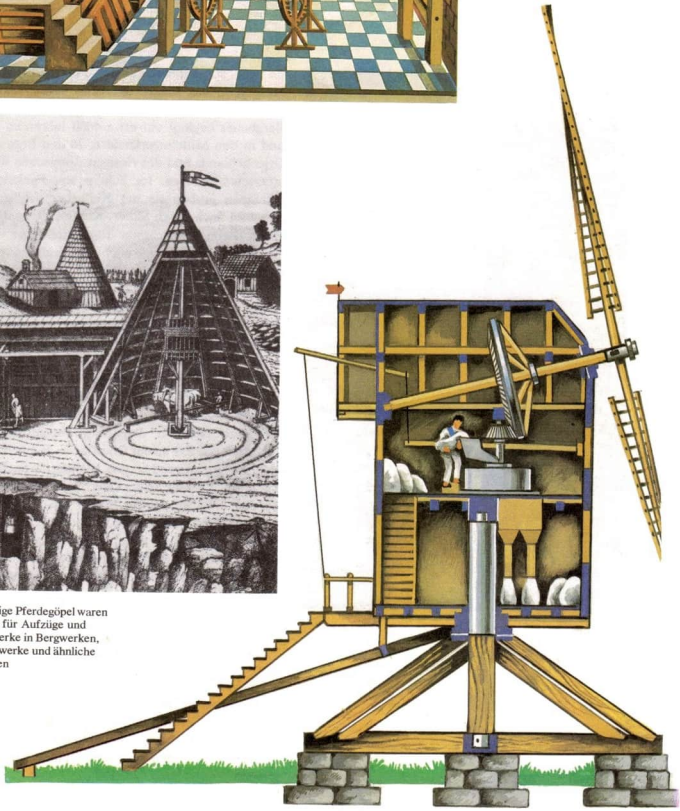
1 Entwurf zu einem Dampfversuch, gezeichnet von Leonardo da Vinci: Ein mit Wasser gefüllter Zylinder ist durch einen beweglichen Kolben geschlossen. Ein Seil führt über zwei Rollen, an ihm hängt ein Gegengewicht. Der durch Erhitzung des Wassers entstandene Dampf bewegt den Kolben nach oben
2 Handzeichnung Leonardo da Vincis: eine Buchdruckpresse



3 Eine Tretmühle des 17. Jahrhunderts

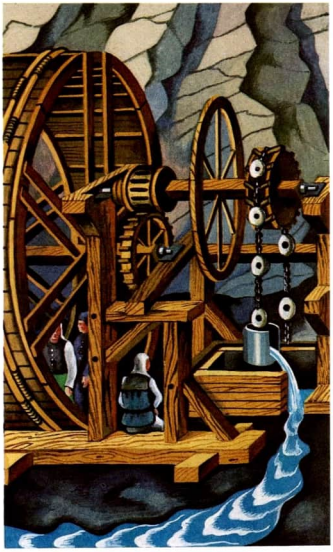


4 Derartige Pferdegöpel waren Antriebe für Aufzüge und Schöpfwerke in Bergwerken, für Mahlwerke und ähnliche Maschinen



5 Die Windkraft ließ sich dort einsetzen, wo ein stetiger Betrieb nicht notwendig war, am günstigsten bei den Mahlmühlen. Mehr als tausend Jahre lang hatten Windmühlen eine große volkswirtschaftliche Bedeutung, weil sie das Mehl produzierten, die Grundlage der Ernährung

Stetig wuchs der Hunger nach Erzen und Kohle. Er konnte nicht gestillt werden, denn die Schächte ersoffen im Grundwasser



1 Tretrad unter Tage, das mit Hilfe eines Getriebes ein Wasserschöpfwerk in Bewegung hielt

Es war ein bahnbrechender Fortschritt, als der Mensch in das Innere der Erde vorstieß, um die Schätze an Erz zu fördern. Die Geschichte des Bergbaues beginnt vor etwa 4000 Jahren im Orient und in den Mittelmeerländern. In den Bergwerken Griechenlands und des riesigen Römischen Reiches arbeiteten Sklaven. Im Schein von Fackeln oder Öllampen gruben sie mit Keilhaue, Schlägel und Schaufel nach Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Blei und Eisen. Beim Abbau unter Tage stießen sie auf ein Hindernis, mit dem sich auch die Bergleute späterer Generationen herumplagten: das Grundwasser, das sich in den Schächten und Stollen sammelte. Es mußte auf irgendeine Weise aus dem Berg hinausgeschafft werden. Im Altertum legte man die Stollen nicht in großen Tiefen an, und so genügten Schöpfräder, um das Wasser aus den Stollen zu bringen.

In Mitteleuropa ist der Bergbau seit dem 10. Jahrhundert bekannt. 1260 entstand um Freiberg der erste sächsische Silberbergbau. Anfangs brauchten die Bergleute nicht in den Berg einzudringen. Sie schürften das Erz an der Oberfläche. Wenn der Berg nicht mehr genügend hergab, suchten sie nach neuen Erzadern. Aber die an der Oberfläche liegenden Erze wurden bald knapp. So waren die Bergleute im 14. Jahrhundert gezwungen, Schächte und Stollen zu graben, um das Erz in größerer Tiefe abbauen zu können. Eine neue Bergbautechnik entstand: Aufzüge für das Erz, Maschinen zur Frischluftversorgung, Pumpen und Eimerketten für die Wasserhaltung. Antriebskräfte für diese Maschinen waren Wasserräder, außerdem Treträder und Göpel, die von Menschen oder Tieren in Gang gehalten wurden.

Die Wasserhaltung war unzureichend. Besonders die Eimerketten zeigten sich sehr störanfällig. Riß ein Kettenglied, so stürzte die ganze Eimerkette mit Getöse in den Schacht. Oft liefen nach einer solchen Havarie die Stollen voll und mußten aufgegeben werden.

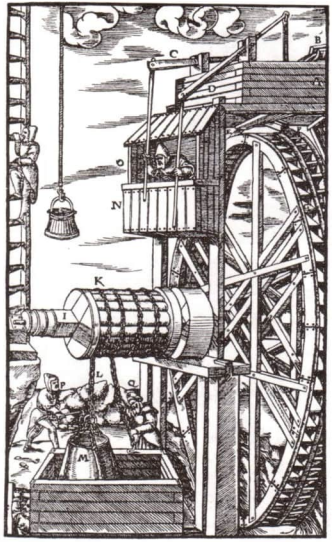
Indessen stieg der Bedarf an Rohstoffen. Vor

allem in England, das technisch und wirtschaftlich führend war, wurden immer mehr Eisen und Kohle verlangt. Im 17. Jahrhundert hatten manche Schächte der schottischen Bergwerke 100 Meter Tiefe erreicht. Hunderte von Menschen mußten eingestellt und bezahlt, Hunderte von Pferden mit Futter und Stallungen versorgt werden – nur, um mit dem Wasser fertig zu werden. Ein beträchtlicher gesellschaftlicher Aufwand also, der wenig Nutzen brachte.

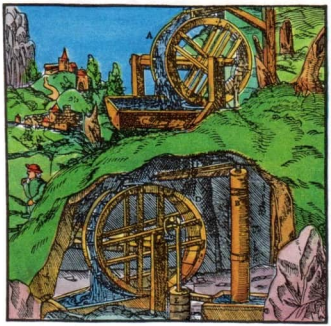
Man hätte die Förderleistung stetig steigern und tiefere Schächte anlegen müssen. Daran war gar nicht zu denken. Die althergebrachte Technik der Wasserhaltung lähmte jede Weiterentwicklung des Bergbaus; sie lähmte damit die Entwicklung der Produktivkräfte überhaupt. Jetzt konnte nur ein neues technisches System helfen.

Dieses Bedürfnis des Bergbaues war es, das zwingend zur Entwicklung der Dampfmaschine führen sollte. Eine wesentliche Voraussetzung dafür war jedoch die Entdeckung einer großen, bislang unbekannten Kraft.

2 Eine andere Form des Tretrades. Hiermit wurden die Erzkübel aus dem Schacht gefördert



3 Mit Hilfe von Wasserrädern wurden Pumpen angetrieben, die das Wasser aus den Stollen förderten



4 Dieses mächtige Wasserrad diente ebenfalls zur Schachtförderung. Die Anlage war die größte ihrer Art im 16. Jahrhundert

«Horror vacui» – der Abscheu vor dem leeren Raum

1 Otto von Guericke (1602 bis 1686)
2 Die beiden kupfernen Halbkugeln und die Luftpumpe, Geräte, die Otto von Guericke bei seinem Versuch vor dem Reichstag (3) verwendete

Man schrieb 1654. Der Dreißigjährige Krieg, der Dörfer und Städte verarmt und verwüstet hatte, war seit wenigen Jahren beendet. Kaiser Ferdinand III., Oberhaupt des Heiligen Römischen Reiches Deutscher Nation, hatte den Reichstag nach Regensburg einberufen: die Reichsfürsten und Kurfürsten, die Vertreter der Reichsstädte und nicht zuletzt die der Kirche – Erzbischöfe, Bischöfe. Der Reichstag war der über die deutschen Lande herrschende Adel.

Otto von Guericke, Bürgermeister von Magdeburg, hatte im Reichstag weder Sitz noch Stimme. Dennoch war er entschlossen, die Interessen seiner Stadt vor der fürstlichen Versammlung zu vertreten. Magdeburg war 1631 bei der Erstürmung durch die kaiserlichen Truppen völlig zerstört worden. Guericke reiste nach Regensburg.

Ihm ging ein zweifelhafter Ruf voraus. Man wußte, er war Bürgermeister, zugleich aber Physiker. Und er experimentierte. Einen großen Teil seines Vermögens hatte er für kostspielige Gerätschaften ausgegeben. Was er damit trieb, erschien ziemlich undurchsichtig, vor allem der katholischen Geistlichkeit. Es wurde geraunt, er wolle in Hohlkörpern eine vollkommene Leere hergestellt haben, ein Vakuum also, das gottlose Nichts.

Er konnte nur ein Scharlatan sein. Oder – noch gefährlicher – ein Ketzer. Denn ein Vakuum möglich machen zu wollen, das stellte einen ungeheuren Angriff auf die Lehren der Physik und der Kirche dar. Es war doch einleuchtend: Taucht man ein Glasrohr in Wasser und saugt die Luft aus dem Rohr, so fließt Flüssigkeit in den Mund. Das Wasser füllt – gewissermaßen von selbst – das Rohr aus. Weshalb?

Diese Frage bedurfte keiner Erörterung. Gelehrte des Altertums hatten sie hinreichend beantwortet! Die Natur hat einen Abscheu vor dem leeren Raum, auch dem luftleeren. Daher füllt sie ihn sofort mit einem Stoff aus. Man konnte sich doch überzeugen; alle Saugpumpen funktionieren so. Die Natur verabscheut die Leere, weil Gott sie verabscheut. Denn da, wo das Nichts wäre, könnte auch Gott nicht sein. Die Leere ist also die Verneinung des Göttlichen ...

Guericke hätte diese unsinnige Meinung mit einigen Worten in Zweifel ziehen können: Bergleute und Pumpenbauer hatten seit langem die Erfahrung gemacht, daß sich in Saugröhren das Wasser um nur 10 Meter heben ließ, und wenn man pumpte, bis einem der Atem ausging. Wo blieb da das «horror vacui»? Aber Guericke wußte, daß so eingefleischte Vorurteile nur mit augenfälligen und unangreifbaren Beweisen zu durchbrechen waren.

Kaiser Ferdinand III. wurde, während er in Regensburg weilte, zufällig auf Guerickes Versuche aufmerksam gemacht. Er wünschte, sie vorgeführt zu bekommen.

Auf einem weitläufigen Platz vor den Toren Regensburgs versammelten sich in einem großen Halbkreis einige hundert Menschen. Der Kaiser mit seinem prunkvollen Gefolge, dann die Fürsten und die geistlichen Würdenträger des Reichstages, schließlich Kriegsknechte und herausgeputzte Lakaien. In respektvollem Abstand von soviel Herrschaftlichkeit, die in Scharen neugierig herbeigeeilten Bürger. Sie alle sollten das erste Großexperiment in der Geschichte der Physik erleben.

Guericke trug den fürstlichen Herren vor, welche Erkenntnisse er durch seine Experimente gewonnen hatte. Sein wichtigstes Versuchsgerät – seine Erfindung – war eine mit Saug- und Druckventilen ausgestattete Luftpumpe. Gehilfen brachten zwei dickwandige, aus Kupfer gefertigte Halbkugeln. Guericke fügte sie, einen Lederring als Dichtung benutzend, zu einer Kugel zusammen. Aus dieser ließ er die Luft auspumpen. Er prophezeite, daß nun «keine kreatürliche Kraft mehr imstande sei», die Kugelhälften zu trennen. Das galt es zu beweisen.

Er ließ an jede Halbkugel zwei Pferde spannen. Die Knechte hieben auf die Pferde ein; diese brachten die Halbkugeln nicht auseinander. Guericke ließ acht, dann zwölf Pferde ziehen. Schließlich, nach einem Wink des Kaisers, kämpften an jeder Seite acht starke Pferde. Sie wurden gepeitscht, daß ihnen der Schaum auf die Lefzen trat. Die Kugel hielt zusammen, als sei sie aus einem Guß. Mochte nun auch dieser oder jener unter den Kirchenfürsten den Teufelsknecht Guericke am liebsten in die Folterkeller der Heiligen Inquisition wünschen – die Tatsache ließ sich nicht leugnen. In der Kugel bestand das geheimnisvolle Nichts, das Vakuum. Nur deshalb vermochte der äußere Druck der Luft mit einer unfaßbaren Kraft die Kugelhälften gegeneinanderzupressen. Und dies war die gleiche Kraft, die das Wasser in den Saugröhren der Pumpen emporsteigen ließ. Als Guericke das Ventil öffnete, zischte Luft laut hörbar in die Kugel hinein; im selben Moment fielen die Hälften auseinander.

Mit dem Triumph des kühnen Physikers nahm das Zeitalter der Dampfmaschine seinen Anfang. Was Guericke gezeigt hatte, sollte nicht nur auf die Physik, sondern auch auf das Denken der Menschen revolutionierend wirken: Es gibt das Vakuum. Und ungeahnt groß sind die Kräfte der Luft, die Kräfte eines unsichtbaren Körpers also – eines Gases.

Erfinder und Techniker standen vor einer neuen Aufgabe: «Wasser mit Hilfe der Kraft des Feuers zu heben»

Im 17. Jahrhundert begann man in England, Steinkohle als Brennstoff zu verwenden. Seit Menschengedenken hatte dazu Holz gedient. Aber Holz war zugleich unentbehrliches Baumaterial für Häuser, Maschinen, Schiffe. Es wurde knapp. Folglich mußte man mehr Steinkohle abbauen, in tiefere Flöze vordringen. Dem wiederum stand das leidige Problem der unzureichenden Wasserhaltung entgegen.

Thomas Savery, ein Ingenieur-Offizier der englischen Marine, ließ sich 1698 eine kolbenlose Dampfpumpe patentieren. Sie verbrauchte Unmengen an Brennstoff, ohne eine befriedigende Leistung zu erreichen. Savery nannte seine Maschine *Des Bergmanns Freund*, doch sie ließ sich in Bergwerken kaum einsetzen, lediglich hier und da zum Wasserheben in Schlössern, Treibhäusern und Gärten. Trotzdem wurde sie allgemein bewundert, denn erstmals gab es eine große Maschine, die Wärmeenergie zum Verrichten von Hubarbeit nutzte.

Eine dieser Maschinen war in die Nähe von Dartmouth gelangt, einem abgelegenen Hafenstädtchen. Dort lebten zwei befreundete Handwerker, der Schlossermeister Thomas Newcomen und der Glaser John Cawley. Wenn sie abends ihre Werkstätten geschlossen hatten, wanderten sie häufig hinaus, um die neuartige Maschine bei ihrer Arbeit zu beobachten. Mit einigen Fragen, die sie dabei bewegten, wandte sich Newcomen an einen der bekanntesten Physiker Englands, an Robert Hooke. Vielleicht spielte er bereits mit dem Gedanken, eine bessere Maschine zu bauen. Jedenfalls ergab sich zwischen ihm und dem Professor ein Briefwechsel. So erfuhr er von den Experimenten, die ein französischer Physiker angestellt hatte. Er hieß Denis Papin und war zu jener Zeit als Professor in Marburg tätig.

Papin war auf die Idee gekommen, mit Hilfe des Wasserdampfes in einem zylinderförmigen Gefäß ein Vakuum herzustellen und dann den Luftdruck für eine Hubarbeit zu nutzen, indem er ihn auf einen beweglichen Kolben wirken ließ. Der Zylinder seines Versuchsgerätes war nicht dicker als ein Männerarm; er war Dampfkessel, Zylinder und Kondensator in einem. Das Gerät verrichtete in der Minute nur einen Arbeitshub, doch immerhin hob es einen Körper mit einer Masse von 27 Kilogramm. Und zum ersten Mal wirkte Dampf in einem Zylinder mit verschiebbarem Kolben.

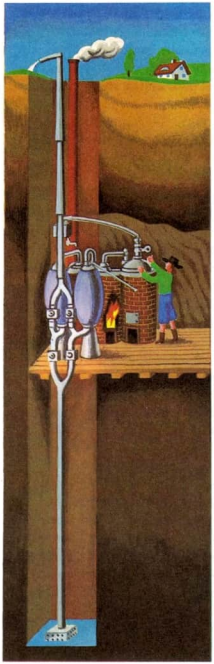
Durch diese Versuche angeregt, wollten Thomas Newcomen und sein Freund John Cawley eine leistungsfähige Wasserhebemaschine konstruieren. Professor Hooke riet davon ab, aber das machte auf die beiden Handwerksmeister keinen großen Eindruck. Newcomen fertigte in seiner Schmiede ein Modell der geplanten Maschine an. Sie zeigte eine wesentliche Verbesserung: Der Dampf sollte nicht wie bei Papin im Zylinder, sondern in einem besonderen Kessel erzeugt werden.

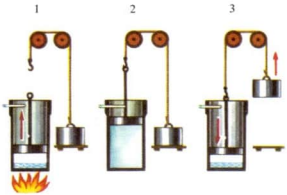
Zehn Jahre später, 1711, war Newcomen soweit, seine erste Maschine zu bauen. Es war schwierig, geeignete Arbeiter zu finden, denn es gab ja keinerlei Erfahrungen für dieses Vorhaben. Sein Freund Cawley lieh ihm das Geld für den Bau der Maschine, und Newcomen konnte sie dann auch an einen Grubenbesitzer verkaufen. Die *Feuermaschine*, wie sie genannt wurde, verbreitete sich sehr rasch in England; sie brachte endlich die ersehnte Kraft, die zur Wasserhaltung in den Gruben benötigt wurde. Später verbesserte Newcomen die Maschine. Nun vollführte sie in der Minute 15 Kolbenhübe und mehr. Sie ersetzte bis zu 50 Pferde, mit denen man zuvor in den Bergwerken die Pumpen angetrieben hatte.

Die ersten Maschinen waren so riesig, daß jede ein dreistöckiges Gebäude benötigte. Sie machten einen ohrenbetäubenden Lärm; wenn der hölzerne Balancier auf und ab schwang, erzitterte das Haus. Nur diese Auf- und Abbewegung konnten sie vollführen, keine Drehbewegung. Und sie waren keine Dampfmaschinen im heutigen Sinne, denn der Dampf hatte lediglich den Zylinder auszufüllen. Dann wurde kaltes Wasser eingespritzt, damit der Dampf wieder zu Wasser kondensierte: Im Zylinder entstand ein Vakuum, und der äußere Luftdruck trieb den Kolben in den Zylinder. Dies war der Arbeitshub. Da er von der Luft (Atmosphäre) verrichtet wurde, nennt man die Maschine Newcomens auch *atmosphärische Maschine*.

Die Maschine verbrauchte derartig große Mengen an Brennstoff, daß man spottete: «Eine Erzmine ist nötig, um sie zu bauen, und ein Kohlebergwerk, um sie in Gang zu halten.» Dennoch hat diese Maschine in jener Zeit wacker ihren Dienst getan, und manche ist mehr als 100 Jahre ununterbrochen in Betrieb gewesen.

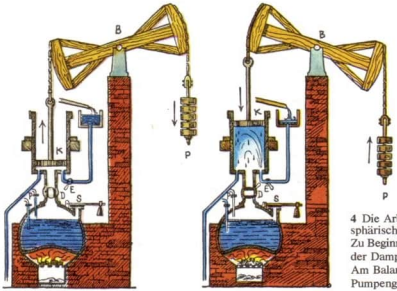
1 Die kolbenlose Pumpe mit Dampfbetrieb von Savery





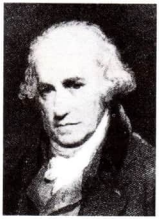
2 Ein Arbeitshub der Versuchsmaschine von Papin: 1 Das Wasser im Zylinder wird zum Sieden gebracht. Der Dampf hebt den Kolben; 2 Der Kolben wird festgeklemmt, der heiße Zylinder mit kaltem Wasser übergossen, dadurch verwandelt sich der Dampf in Wasser zurück und hinterläßt ein Vakuum; 3 Die Klemmstange wird gelöst; die Kraft des Luftdruckes schiebt den Kolben in den Zylinder

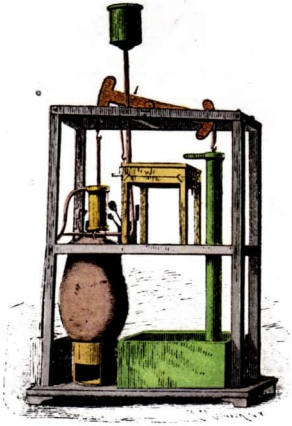
3 Newcomens atmosphärische Maschine



4 Die Arbeitsweise der atmosphärischen Maschine: Zu Beginn des Arbeitstaktes ist der Dampfhahn D geöffnet. Am Balancier B hängt das Pumpengestänge P; dessen Gewicht zieht den Kolben K hoch. Gleichzeitig strömt Dampf in den Zylinder ein. Das Sicherheitsventil S soll einen Überdruck im Kessel verhindern. Der Dampfhahn D ist geschlossen. Der Einspritzhahn E wird geöffnet, kaltes Wasser strömt ein. Da der Dampf kondensiert, entsteht ein Vakuum, und der Luftdruck schiebt den Kolben in den Zylinder. Er hebt dabei das Pumpengestänge

Den Schotten sagt man nach, sie seien Geizhälse. James Watt, weltbekannter Erfinder der Dampfmaschine, war – Schotte





1 James Watt (1736–1819)
2 Das Modell der atmosphärischen Maschine, durch das James Watt angeregt wurde, die Dampfmaschine zu konstruieren

Die *Feuermaschine* Newcomens hat ihr 35. Jubiläum, als am 19. Januar 1736 in der kleinen schottischen Hafenstadt Greenock bei der Familie Watt ein Knabe zur Welt kommt. Ein Jahrhundert später wird Karl Marx ihn ein großes Genie nennen.

Der Vater gab seinem Jungen den Namen James. Er war Zimmermann und Schiffsbauer, der nebenher mit Särgen handelte und alle möglichen Geschäfte einrührte, die nie etwas einbrachten. So war die Familie Watt nicht gerade mit Reichtümern gesegnet.

James war zart, schwächlich und litt oft unter Kopfschmerzen. Daher konnte er die Schule zunächst nicht besuchen. Die Mutter unterrichtete ihn im Lesen, der Vater im Schreiben und Rechnen. James las viel, eigentlich alles, was ihm in die Finger geriet. Als er später doch in die Schule gehen durfte und dann in die Mathematikklasse kam, wurde er bald mit Abstand der Beste.

Sein Vater richtete ihm in der Werkstatt einer kleinen Arbeitsplatz ein. Hier konnte James nach Herzenslust feilen, drechseln, basteln. Am liebsten besserte er nautische Geräte aus. Er legte solche Gegenstände nicht aus der Hand, bis er ihre Funktionsweise begriffen hatte. Bei der Arbeit stellte er sich so geschickt an, daß die erfahrenen Gesellen von ihm sagten: «Der Junge hat Gold in den Fingerspitzen.»

Als James Watt vor der Berufswahl stand, entschloß er sich, nach London zu gehen und dort Feinmechaniker zu werden. Mit 21 Jahren wollte er auf eigenen Füßen stehen. In Glasgow fand er eine Anstellung als Universitätsmechaniker, die ihm allerdings ein nur sehr bescheidenes Einkommen brachte. Er hatte seine Werkstatt in einem Kellerraum der Universität. Es war seine Aufgabe, die Laboratoriumsgeräte instand zu halten. Bei allem, was er tat, gab er sich nie mit Halbheiten ab. Wenn er einen Schiffskompaß reparieren sollte, holte er sich aus der Universitätsbibliothek alle Bücher über Schiffskompasse. Einmal bot man ihm an, eine Drehorgel herzustellen. Der Auftrag kam ihm recht, konnte er doch damit seine schmale Börse aufbessern. Doch bevor er anfing, den Leierkasten zu bauen, studierte er die Harmonielehre. Und als ihn ein deutsches Buch über Maschinen interessierte, erlernte er, um es lesen zu können, die deutsche Sprache.

Eines Tages gelangte auf seinen Arbeitstisch ein Modell der atmosphärischen Maschine Newcomens. Es war defekt; Watt sollte es wieder in Gang bringen. Das bereitete ihm nicht viel Mühe. Aber wie stets in solchen Fällen, studierte er die Arbeitsweise der Maschine. Dabei fiel ihm auf, daß die Maschine außerordentlich viel Brennstoff und Unmengen an Dampf verbrauchte, dafür aber herzlich wenig her-

gab. Wie wir heute wissen, wandelte sie nur etwa den hundertsten Teil der zugeführten Brennstoffenergie in mechanische Energie um.

James Watt war Schotte. Eine Redensart besagt, Schotten seien geizig. Nun – Watt war sparsam, haushälterisch, er mußte es sein. Fast knauserig ging er mit seinen wenigen Pennies um. Kein Wunder, daß er sich mit einer solchen Verschwenderin von Maschine nicht abfinden wollte.

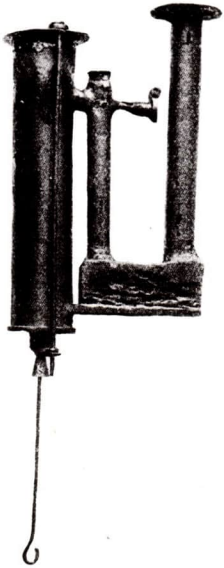
Sparsamkeit und Gründlichkeit – diese beiden Charaktereigenschaften waren die Pole seiner schöpferischen Arbeit und blieben es sein Leben lang. Auch in viel späteren Jahren ging er bei seinen Erfindungen von dem Grundsatz aus: «Um etwas richtig zu machen, muß man herausfinden, was man dazu *nicht* braucht.»

Das puffende Maschinchen ließ ihm also keine Ruhe. Wie üblich, beschaffte er sich Bücher, beriet sich mit Professoren und Studenten. Er experimentierte mit Dampf, um dessen Eigenschaften herauszufinden. Und endlich kam er dahinter, weshalb die Newcomensche Maschine derart unwirtschaftlich arbeitete: Vor jedem Arbeitshub spritzte man kaltes Wasser in den mit Dampf gefüllten Zylinder. Dabei wurde nicht nur der Dampf kondensiert, sondern auch die Zylinderwandung abgekühlt. Und das war völlig unsinnig. Wenn nämlich vor dem nächsten Arbeitshub wieder Dampf einströmte, mußte dieser den abgekühlten Zylinder erneut auf 100 °C aufheizen. Das führte zu hohen Wärmeverlusten und war der Grund für den unnötig hohen Dampfverbrauch.

Doch nicht allein von dem Wasser wurde der Zylinder abgekühlt. Auch die Außenluft bewirkte dies, zum Beispiel bei jedem Arbeitshub, wenn sie den Kolben in den Zylinder drückte. Wollte man also Dampf und damit Brennstoff sparen, wollte man eine *Feuermaschine* wirtschaftlich arbeiten lassen, durfte keine Außenluft und schon gar nicht kaltes Wasser in den Zylinder gelangen.

Von dieser scharfsinnigen Überlegung ging James Watt aus, als er eine Schrift verfaßte, die wir zu den bedeutendsten technischen Dokumenten zählen. Eigentlich ist sie die «Geburtsurkunde» der Dampfmaschine. Die wichtigsten darin enthaltenen Gedanken lauten: Der Dampfzylinder muß stets ebenso heiß sein, wie es der Dampf bei seinem Eintritt ist. Der Dampf muß *außerhalb* des Zylinders abgekühlt und kondensiert werden, und zwar in einem besonderen Gefäß, dem Kondensator. Der Zylinder muß gegen das Eindringen von Luft abgedichtet sein. Daraus folgt, daß nicht der atmosphärische Luftdruck den Kolben bewegen darf, sondern die Energie des Dampfes den Arbeitshub vollziehen muß.

Im Jahre 1769 wurde James Watts Schrift als Patent registriert. Fortan war er entschlossen, eine nach seinen Prinzipien konstruierte Maschine zu bauen.



3 Dieses Versuchsgerät stellte James Watt im Jahre 1765 her, als er noch ein unbekannter Mechaniker war. Es verhalf ihm zu den genialen Entdekkungen, die schließlich zum Bau seiner Dampfmaschine führten

«Die Dampfmaschine war die erste wirklich internationale Erfindung.» *Friedrich Engels (1820–1895)*

James Watt war 40 Jahre alt, als es ihm gelang, die erste seiner Maschinen in Betrieb zu setzen. Zwei Jahre zuvor hatte er den Fabrikanten Matthew Boulton für seine Pläne interessieren können. Boulton ließ einen Teil seiner Metallwarenfabrik in Soho für den Bau der Wattschen Dampfmaschinen bereitstellen. Gemeinsam gründeten sie die Firma Boulton & Watt. Hier in Soho fand Watt auch geschickte Handwerker, welche die Teile der Maschine mit der nötigen Genauigkeit herstellten. Die Maschine übertraf beim Probelauf alle Erwartungen. Sie benötigte nur ein Viertel des Brennstoffs gegenüber der atmosphärischen Maschine.

Eine der ersten Maschinen wurde 1776 für das Kanalpumpwerk von Birmingham gebaut. Sie blieb 122 Jahre in Betrieb; ein Beweis für die hohe Qualitätsarbeit der Handwerker. Noch handelte es sich um einfach wirkende Maschinen, denn der Dampf drückte nur von einer Seite gegen den Kolben.

In der Textilindustrie hatte man indessen mechanische Spinnmaschinen und Webstühle entwickelt; für sie wurde eine von der Wasserkraft unabhängige Antriebsmaschine benötigt. Eine derartige Maschine mußte hohen Anforderungen genügen: Sie sollte wenig Brennstoff verbrauchen, aber eine hohe Leistung erbringen, damit sie alle Arbeitsmaschinen eines Werkes antreiben konnte. Auch bei wechselnder Belastung, wenn zum Beispiel ein Teil der Arbeitsmaschine abgestellt wurde, sollte sie die gleiche Drehzahl behalten.

Die doppeltwirkende Maschine, die Watt 1782 fertigstellte und in der er viele seiner Ideen vereinigte, wurde zum Vorbild aller später gebauten Dampfmaschinen. Der Zylinder dieser Maschine war luftdicht abgeschlossen. Der Dampf strömte abwechselnd von der einen, dann von der anderen Seite gegen den Kolben. Um dieses Hin und Her des Kolbens in eine Drehbewegung umzuwandeln, wäre eine Pleuelstange mit Kurbel geeignet gewesen. Aber diese uralte Einrichtung hatte sich ein Knopffabrikant vorsorglich patentieren lassen. Da Watt nicht gewillt war, diesem Mann über Jahre hinaus für jede seiner Maschinen eine Gebühr zu zahlen, erfand er eine aus zwei Zahnrädern bestehende Kraftübertragung, das Planetengetriebe.

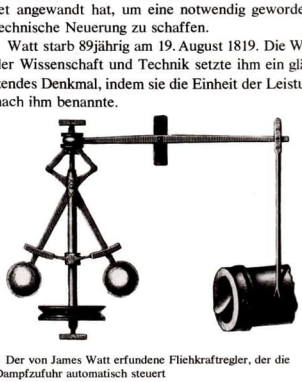
Obwohl der Kolben zwischen zwei sogenannten Totpunkten hin- und herschwang, durfte die Dampfmaschine, wenn sie Arbeitsmaschinen antrieb, nicht stoßweise oder ruckartig arbeiten. Daher setzte Watt ein eisernes Schwungrad auf die Antriebswelle. Die große Trägheit des Rades sorgte für einen gleichmäßigen Lauf der Maschine und fing auch kleine Belastungsänderungen auf.

Damit die Drehzahl selbst bei großen Belastungsänderungen gleich blieb, baute Watt in die Leitung der Dampfzufuhr einen Zentrifugalregler ein. Wenn die Maschine nun bei abnehmender Belastung schneller zu laufen begann, drosselte dieses Gerät automatisch die Dampfzufuhr. Bei zunehmender Belastung sorgte es dafür, daß mehr Dampf in den Zylinder strömte.

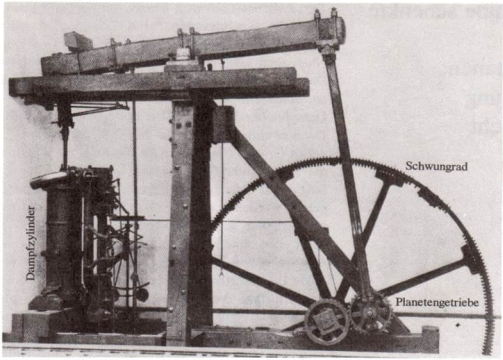
Die erste Dampfmaschine mit Drehbewegung nahm 1782 in einer Kornmühle ihren Betrieb auf. Bald liefen Dampfmaschinen in der Textilindustrie und anderen Industriezweigen. Hunderte von Dampfmaschinen sind in der Folgezeit von Soho aus zu den verschiedenen Produktionsstätten in England und auf dem Festland versandt worden.

Die Dampfmaschine wurde zur großen Helferin der industriellen Revolution. James Watt hatte sie in vieljähriger harter Arbeit entwickelt. Dabei konnte er die Erfahrungen derjenigen Techniker nutzen, die sich bereits an der Konstruktion von Wärmekraftmaschinen versucht hatten. Und er stützte sich auf wissenschaftliche Vorarbeiten, welche die bedeutendsten Physiker Europas – Italiener, Deutsche, Franzosen, Russen, Engländer, Schweden, Holländer – in zwei Jahrhunderten zusammengetragen hatten. Er war wohl der erste Konstrukteur, der wissenschaftliche Forschungsergebnisse zielgerichtet angewandt hat, um eine notwendig gewordene technische Neuerung zu schaffen.

Watt starb 89jährig am 19. August 1819. Die Welt der Wissenschaft und Technik setzte ihm ein glänzendes Denkmal, indem sie die Einheit der Leistung nach ihm benannte.

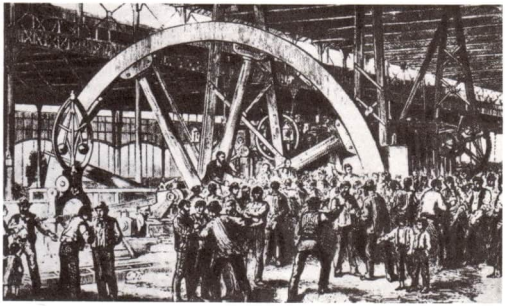


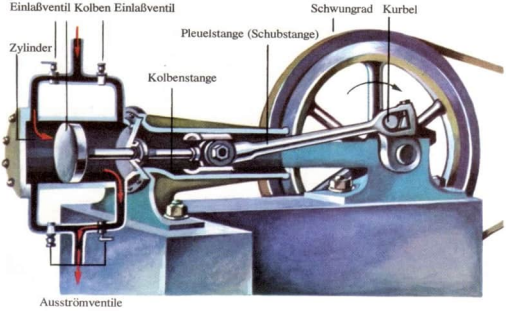
1 Der von James Watt erfundene Fliehkraftregler, der die Dampfzufuhr automatisch steuert



2 Wattsche Dampfmaschine mit Planetengetriebe, erbaut 1788

3 Dampfmaschine in einer Fabrik um 1860. Das Bild wird beherrscht von dem gewaltigen Schwungrad der Maschine. Deutlich erkennbar ist der große Fliehkraftregler





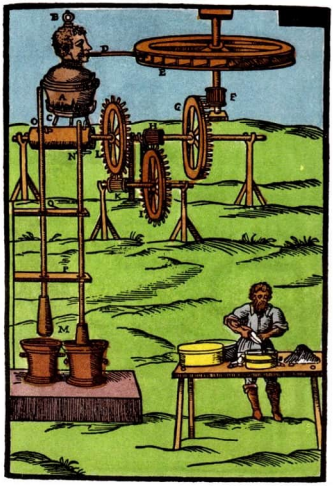
4 Schnitt durch eine doppeltwirkende Dampfmaschine moderner Bauart. Der Dampf strömt abwechselnd durch das rechte und das linke Einlaßventil in den Zylinder

Die Dampfmaschine schenkte dem Menschen die Kraft von Titanen; von der Ausbeutung konnte sie ihn nicht befreien

Der Italiener Giovanni Branco entwarf 1692 eine originelle Kraftmaschine: Ein Dampfstrahl trifft gegen ein Schaufelrad und setzt dieses in Drehung. Nach dem gleichen Prinzip arbeiten die heutigen Dampfturbinen. Bereits Watt erwog, eine Maschine zu schaffen, welche die Strömungsenergie des Dampfes unmittelbar in Drehbewegung umwandelt. Doch er entschloß sich für die Kolbenmaschine.

Der Grund? Noch hatte die Technik, noch hatten die Produktivkräfte insgesamt nicht den Entwicklungsstand erreicht, daß schnellaufende Maschinen gebaut werden konnten. Es gab dafür keine erfahrenen Arbeiter, keine Werkzeugmaschinen und auch nicht den hochwertigen Stahl, aus dem Turbinenschaufeln hergestellt sein müssen. Erst im Jahre 1885 führte der Schwede Gustaf de Laval eine Dampfturbine vor. Bereits diese erste lief mit 30 000 Umdrehungen in der Minute. Bei so hohen Drehzahlen müssen alle Maschinenteile sehr genau gefertigt sein. Und dies gelingt nicht ohne Hilfe ebenso präzis arbeitender Werkzeugmaschinen. Zur Zeit Watts aber wurden alle Maschinen noch handwerksmäßig hergestellt. Als Baumaterial diente überwiegend Holz.

Nun hatte sich aber England zur «Werkstatt der Welt» entwickelt, und englische Waren, in Massen billig hergestellt, waren in aller Welt begehrt. Da man jetzt nicht mehr auf die Wasserkraft angewiesen war,



1 Die Dampfturbine Brancas. Im Kessel A wird Wasser zum Sieden gebracht. Der Dampf strömt aus der Düse D und trifft auf die Schaufeln des Turbinenrades E. Dieses setzt einen Zahnradmechanismus in Bewegung. In den Mörsern M wird Farbe zerstampft
2 Kohlejungen vor der Einfahrt in den Schacht; USA, 1910

breiteten sich immer mehr Fabriken in den Städten aus. Eine noch nie dagewesene Anzahl von Maschinen wurde aufgestellt. Sie sollten einen möglichst hohen Gewinn erbringen; daher setzten die Fabrikanten die tägliche Arbeitszeit auf 12, ja 16 Stunden fest. Die Maschinen wurden dabei so stark beansprucht, daß sie bald entzweigingen. Deshalb baute man eiserne Maschinen. Für die Metallbearbeitung mußten zugleich neue Arbeitsmaschinen entwickelt werden: Dampfhämmer, Bohrmaschinen, Fräsmaschinen, Drehmaschinen. Auch ihnen diente die Dampfmaschine als Antrieb. So wandelte sich im Verlaufe der industriellen Revolution der Handarbeitsprozeß in einen Maschinenarbeitsprozeß um. Diese Umwälzung führte zu einer mächtigen Weiterentwicklung der Produktivkräfte. Aber da sie sich unter kapitalistischen Verhältnissen vollzog, diente sie dazu, den Profit zu vergrößern. Der erarbeitete Reichtum floß nur wenigen zu. Nichts zeigt dies deutlicher, erschütternder als die damals alltägliche Kinderarbeit. Die meisten Arbeitsmaschinen, zum Beispiel die mechanischen Webstühle und Spinnmaschinen, vereinfachten nämlich die Arbeit so sehr, daß ihre Bedienung «kinderleicht» wurde. Sie erforderte nur geringe Muskelkraft, dafür Schnelligkeit und Geschicklichkeit. Frauen und bereits fünf- bis siebenjährige Kinder mit ihren flinken, zierlichen Händen waren dafür besonders geeignet.

Den Proletarierreltern blieb keine Wahl; sie mußten ihre Kinder an der Maschine anstellen lassen. Der Verdienst des Vaters war mehr als kärglich. Die Familie brauchte die paar Schillinge, die den Kindern gezahlt wurden, dringend zum Leben. So wurde das Proletarierkind unbarmherzig in den Arbeitsprozeß der Maschinen einbezogen; es wurde zum Anhängsel der Maschine gemacht. Ein Beispiel: Nur Kinder konnten wegen ihres kleinen Körperbaues unter die Spinnmaschinen kriechen. 10 bis 14 Stunden lang paßten sie in dieser Haltung angestrengt auf, ob eine Spule herabfiel, die sie dann rasch der Arbeiterin hinaufreichen mußten. Riß ein Faden, hatten sie ihn, so schnell es irgend ging, zusammenzuknüpfen. Wenn sie bei solchen anstrengenden Arbeiten vor Erschöpfung einschliefen, wurde ihnen von ihrem Lohn unerbittlich ein Schilling abgezogen, was für die Familie ein Unglück bedeutete.

Was trug Schuld an diesem Elend der Industriearbeiter? Die Dampfmaschine? Die Maschinen überhaupt?

Nicht das Vorhandensein von Maschinen teilt Menschen in Ausbeuter und Ausgebeutete. Allein die Eigentumsverhältnisse an den Produktionsmitteln sind dafür bestimmend. Die Dampfmaschine war bei der industriellen Revolution die große Helferin, eine Kraftquelle, durch die ein gewaltiger technischer Fortschritt erzielt wurde.

DER ADLER

3 Die Dampflokomotive

Mehr als einhundert Jahre hindurch haben Dampflokomotiven das Bild der Eisenbahn geprägt.
Sie eröffneten ein neues Zeitalter des Verkehrs;
mit ihrer Hilfe wurden weite Länder, ganze Kontinente erschlossen.
Zu jeder Zeit standen Menschen bewundernd vor diesen kraftvollen Kolossen.
Die Dampflokomotive galt als Symbol der Eisenbahn überhaupt.
Bewunderung aber gilt vornehmlich den mutigen Männern,
die diese mächtigen Maschinen konstruiert, erbaut
und erprobt haben.

Eine Wette gab den Anstoß zum Bau der ersten Lokomotive der Welt

3 Pferdebahn in einem englischen Kohlenrevier um 1800

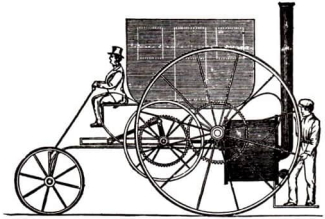
An einem regnerischen Herbstabend des Jahres 1803 hatte der Zollwärter, der auf der Landstraße zwischen Camborne und Plymouth seinen Dienst versah, ein aufregendes Erlebnis. Er vernahm aus der Ferne ein stampfendes Geräusch, das er sich nicht erklären konnte. Doch dann näherte sich in rascher Fahrt eine hochrädrige schwarze Kutsche, von der dieses eigentümliche Stampfen ausgehen mußte. Das sonderbarste – und das grenzte an Spuk –, es waren keine Pferde da. Es sah wahrhaftig so aus, als führe der Wagen von selbst. Der erschrockene Wärter wollte sich schnell in Sicherheit bringen, aber da war der Wagen schon heran und hielt. Es stank scharf nach Rauch und Hölle. Eine rußgeschwärzte Gestalt beugte sich aus dem Wagen und fragte höflich, wieviel Wegzoll zu entrichten sei. Der Wärter nahm allen Mut zusammen und stammelte: «Nichts, kein Penny. Fahren Sie bitte gütigst weiter, Mister Teufel!« – Woraufhin sich das Gefährt zischend und funkensprühend entfernte.

Dieser «Mister Teufel» hieß Richard Trevithick, ein Erfinder, der mit seinem Dampfwagen nach Plymouth fuhr. Obwohl er ein sehr geschickter Konstrukteur und Maschinenbauer war, sollte er mit seinen Erfindungen nur geringe Erfolge haben. Er versuchte sich an zu vielen Plänen gleichzeitig, er konstruierte nicht nur Dampfwagen und die ersten Lokomotiven, sondern auch Dampfkräne, Schwimmdocks, Masten aus Stahlblech. Er wollte sogar die Themse untertunneln. Nichts von alledem konnte er zur Reife führen. Als Trevithick noch ein Schuljunge war, nannten ihn seine Lehrer einen unaufmerksamen Schmutzfink. Kein Wunder, am liebsten trieb er sich bei einer nahe gelegenen Fabrik herum, wo zwei riesige Dampfpumpen aufgestellt waren. Stundenlang konnte er den auf- und abschwingenden Balanciers und den sausenden Schwungrädern zusehen.

Mit 28 Jahren gelang es ihm, die erste brauchbare Hochdruckmaschine zu konstruieren. Der Dampf strömt bei so einer Maschine unter erhöhtem Druck in den Zylinder und gibt daher mehr Energie ab. Die Abmessungen des Dampfkessels und des Zylinders können hier wesentlich kleiner sein als bei der Wattschen Maschine. Trevithick baute diese kleine Antriebsmaschine mit Erfolg in einen Wagen ein.

Sein Dampfwagen erregte in London Aufsehen. Bedeutende Männer der Wissenschaft bewunderten das Gefährt, und der Physiker Humphrey Davy taufte es *Kapitän Trevithicks Drache.* Doch all das

1 Richard Trevithick (1771 bis 1833)
2 Trevithicks Dampfkutsche aus dem Jahre 1803. Sie konnte sechs bis zehn Personen befördern. Der Durchmesser der Treibräder betrug 2,5 Meter. Der Wagen erreichte eine Geschwindigkeit von 16 Kilometern in der Stunde
4 Die erste von Richard Trevithick erbaute Lokomotive
5 Pferde-Eisenbahn in England um 1820



Staunen brachte dem Erfinder keinerlei Gewinn. Wer ahnte damals, daß dieser Wagen eine neue Epoche des Verkehrs einleitete? War er doch ein Vorläufer sowohl der Lokomotive als auch des Autos.

Um seine Hochdruckmaschine bekanntzumachen, reiste Trevithick durch England. Eines Tages kam er zu einem Grubenbesitzer nach Südwales. In dieser Gegend gab es bereits einen wichtigen Schienenweg, der ein Eisenwerk mit dem 15 Kilometer entfernten Ort Cardiff verband. Die mit Erz, Kohle oder Eisen beladenen Wagen wurden von Pferden gezogen. Das war zu jener Zeit gar nicht selten. Auf einer eisernen Schienenbahn ließen sich die schwerbelasteten Wagen viel leichter ziehen als auf den sandigen oder verschlammten Landstraßen.

Trevithick, der in Begleitung des Grubenbesitzers die Schienenanlage sah, fand das Pferd als Zugmittel im Zeitalter der Dampfmaschine geradezu altertümlich. Ohne nachzurechnen, behauptete er: «Ein Dampfwagen, auf diese Schienen gestellt, würde eine Last von zehn Tonnen bewegen.»

Der Grubenbesitzer, in der Meinung, er habe es mit einem verdrehten Erfinder zu tun, nahm ihn beim Wort: «Ich wette fünfhundert Pfund, Sie werden das nicht zuwege bringen!»

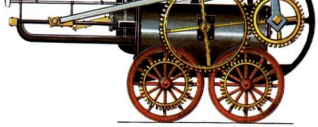
Trevithick schlug ein. Und da er nicht im entferntesten 500 Pfund Sterling besaß, um eine verlorene Wette zu begleichen, mußte er sie also gewinnen.

Im Februar 1804 hatte er seine Zugmaschine fertiggestellt. Es war ein kurioses Fahrzeug. Mit seinem riesigen Schwungrad und seinen vielen Zahnrädern sah es eher einem dampfgetriebenen Uhrwerk ähnlich als einer Lokomotive. Unvorstellbar, daß dieses Vehikel sich selbst fortbewegen konnte.

Aber es schaffte viel mehr als dies. Es zog sieben Wagen, die mit 10 Tonnen Eisen beladen waren, und darüber hinaus hatten sich noch 70 Menschen auf die Wagen gesetzt, die unbedingt mitfahren wollten. Der Zug erreichte eine Geschwindigkeit von nur 8 Kilometern in der Stunde. Doch es war die erste Eisenbahnfahrt in der Geschichte.

Der Grubenbesitzer zahlte – wenn auch mit saurer Miene – die verwettete Summe.

Der *tram waggon*, wie Trevithick seine Maschine nannte, machte einige Zeit Dienst. Dann brachen immer wieder unter seinem Gewicht die gußeisernen Schienen. Da baute man ihn zu einer ortsfesten Dampfmaschine um.



Seltsam und wunderlich muten heute die fahrenden Maschinen an, die in den «Kindertagen» der Lokomotive gebaut wurden

Es war eine großartige Idee Richard Trevithicks, den Dampfwagen auf eiserne Schienen zu stellen. Zwischen Eisenrad und Schiene besteht nämlich eine sehr geringe Rollreibung. Daher reichte die Zugkraft der «Wanderdampfmaschine» aus, eine lange Reihe beladener Wagen zu ziehen.

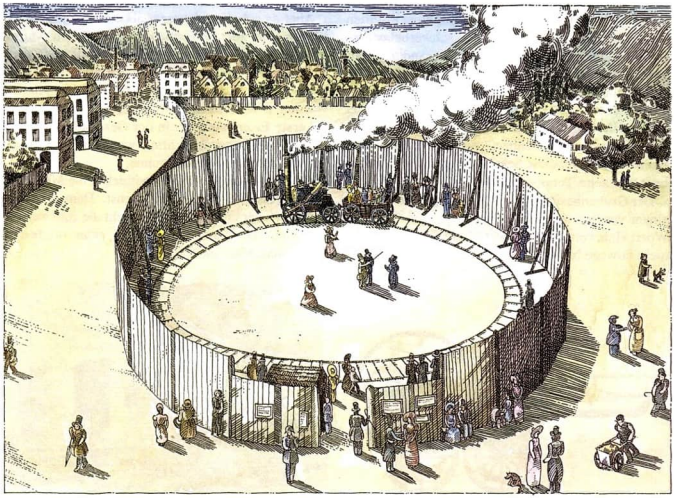
Die gußeisernen Schienen, die man damals für die Pferdebahnen verlegt hatte, waren jedoch solchen Belastungen nicht gewachsen. Mit diesem Problem mußten sich die Lokomotivbauer und Eisenbahningenieure noch lange Zeit beschäftigen. Erst die schmiedeeiserne und später die gewalzte Schiene, die elastische Bettung der Gleise sowie der zweckmäßige Unterbau für den gesamten Gleiskörper machten die Schienenstraße sicher und ließen hohe Fahrgeschwindigkeiten zu.

Trevithick verlor nach dem Mißerfolg, der ihm durch das Zerbrechen der Schienen beschieden war, nicht den Mut. Er entwarf eine verbesserte Lokomotive. Sie hatte kein Schwungrad und keine Zahnradübersetzung mehr. Bei ihr wirkten Kolben und Schubstange auf die Kurbeln der beiden Triebräder.

Im Jahre 1808 brachte er die Lokomotive nach London, mietete einen unbebauten Platz, legte eine kreisförmige Schienenbahn und ließ das Ganze von einem Zaun umgeben. Er wollte seine Maschine zur Schau stellen, damit sich jedermann überzeugen konnte, wie vortrefflich sie war. Sie fuhr mit einer bis dahin noch nicht erreichten Geschwindigkeit, und so gab ihr Trevithick den kühnen Namen *Catch me who can*, das heißt *Fang mich, wer kann*. Für nur einen Schilling Eintrittsgebühr konnte man die Lokomotive bestaunen und sich selbst in einem angehängten Wagen herumfahren lassen.

Anscheinend brachten nur wenige den Mut dazu auf. Jedenfalls kamen nicht so viele Leute, wie Trevithick gehofft hatte. Und als dann eines Tages wieder einmal die Gleise brachen, hatte der enttäuschte Trevithick es satt. Er verkaufte seine *Fang mich, wer kann* an einen Schmied und befaßte sich nie wieder mit Lokomotiven.

In seinem Patent ist eine sonderbare Bemerkung zu lesen: Die Laufflächen der Lokomotivräder



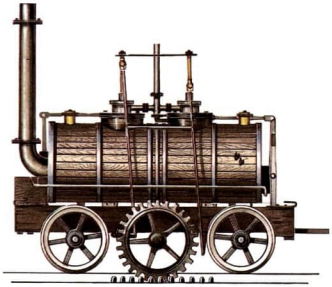
müßten mit Nägeln, Bolzen oder Quergruben versehen sein, um das Greifen der Räder auf den glatten Schienen zu ermöglichen. Damals war es nicht allgemein klar, daß bei ausreichendem Gewicht der Lokomotive auch glatte Räder auf ebenso glatten Schienen sehr große Lasten ziehen können. Lokomotivbauer und sogar Wissenschaftler nahmen an, die Räder würden nicht genügend haften und daher auf den Schienen rutschen, sich auf der Stelle drehen, ohne den Zug vorwärts zu bringen. So kam es zu den sonderbarsten Konstruktionen von Lokomotiven.

Im Jahre 1811 wurde von dem Techniker Blenkinsop eine Bahn gebaut, bei der neben den Schienen eine Zahnstange verlegt wurde. Das Treibrad der Lokomotive war ein Zahnrad, das in die Zahnstange eingriff. Und so zog sich die Lokomotive samt ihrer Wagenlast an der Zahnstange entlang; sie kletterte gleichsam ihres Weges dahin. Im Schneckentempo.

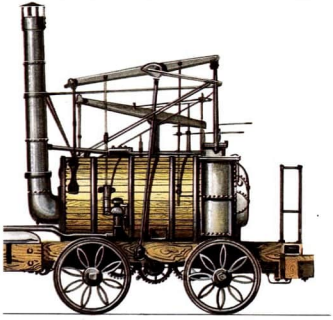
Eine noch merkwürdigere Lokomotive stellte der Maschinenbauer Michael Brunton her. Er versuchte, für die Konstruktion seines Dampfwagens die Anatomie des Pferdes nachzuahmen, und versah sie mit einigen durch Gelenke verbundene Stelzen. Diese – auch noch mit «Füßen» versehen – stemmten sich gegen den Erdboden und schoben das Gefährt vorwärts. Bei dieser Stelzenlokomotive kam es 1814 zu einer Kesselexplosion. Im selben Jahr wurde auch der Kessel der vorhin beschriebenen Zahnradlokomotive zerrissen, als sie 15 Kohlenwagen beförderte. Diese und andere Unfälle kosteten einige Menschenleben, mitunter durch den Lokomotivführer selbst verschuldet. So hatte sich ein englischer Kohlengrubenbesitzer von einem Werkmeister eine Lokomotive bauen lassen. Man erwartete gespannt die erste Probefahrt. Der Lokführer, ärgerlich, weil die Maschine sich nicht von der Stelle rührte, wollte höheren Dampfdruck erzielen. Er blockierte das Sicherheitsventil mit den Worten: «Entweder *sie* geht oder *ich*!» Der Kessel explodierte, alles ging in die Luft.

Der ganze Streit darum, ob die Haftung zwischen Rad und Schiene ausreiche oder nicht, hatte etwas Närrisches. Niemand kam zunächst auf den Gedanken, dies einfach auszuprobieren. Dabei hatten Trevithicks Lokomotiven glatte Räder gehabt. Allerdings mußten sie keine großen Lasten ziehen.

Im Jahre 1813 fand der Ingenieur Hedley den Mut, eine Lokomotive zu bauen, die ohne Zahnräder und Krücken fuhr, sondern mit glatten Rädern. Sie machte beim Ausstoßen des Dampfes ein weit hörbares Geräusch, so daß man sie *Puffing Bill* taufte. Trotz ihrer sehr verwickelten Antriebsvorrichtung war sie bis 1882 in Betrieb. Jetzt ist sie in einem Londoner Museum ausgestellt.



2 Diese Zahnradlokomotive machte 1812 ihre ersten Fahrten



3 *Puffing Bill*, erbaut 1813 von William Hedley

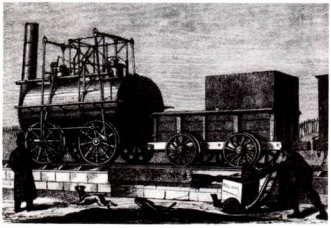
4 Lokomotive mit Stelzen, erbaut 1813 von Thomas Brunton

Ein ehemaliger Hütejunge gibt seiner Feuermaschine den zukunftsweisenden Namen *Locomotion*

Im Central-Bahnhof der englischen Stadt Darlington ist eine technische Rarität zu sehen: Auf einem Betonsockel steht eine alte Lokomotive, eine der ersten überhaupt. Ihr Tender gleicht einem Kinderwägelchen, und neben den modernen Lok-Riesen, die mit kraftvoll brummenden Dieselmotoren in die Bahnhofshalle fahren, mutet sie spielzeughaft an. Diese Lokomotive eröffnete die Geschichte der Eisenbahn, denn sie befuhr die erste öffentliche Eisenbahnlinie der Welt, die Strecke zwischen den Städten Stockton und Darlington. Zum Andenken daran hat man sie aufbewahrt – und zu Ehren ihres Erbauers, des Ingenieurs und Eisenbahnpioniers George Stephenson. Er gab ihr – es war 1824 – den Namen *Locomotion*, das heißt *Fortbewegung*. Damit prägte er die Bezeichnung *Lokomotive* für Triebfahrzeuge der Eisenbahn.

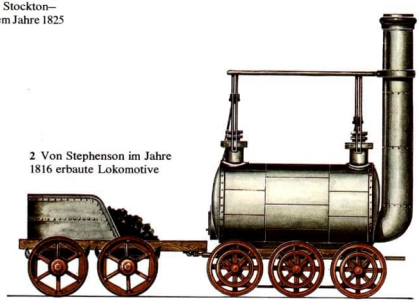
Häufig wird George Stephenson als der Schöpfer des Eisenbahnwesens bezeichnet. Das ist nur teilweise richtig, denn er stützte sich auf die Arbeit vieler anderer Erfinder und Konstrukteure. Und in den Maschinenfabriken, in den Schmieden und Walzwerken hatte man durch verbesserte Arbeitstechniken die Voraussetzungen geschaffen, die den Bau von Eisenbahnen erst möglich machten. Doch zweifellos war Stephenson ein tüchtiger, weitblickender Techniker und Organisator. Er erkannte, daß die in England mächtig aufstrebende Industrie mit den alten Transportmitteln – Pferdewagen und Lastkahn – nicht mehr auskam. Denn die mit Dampfmaschinen betriebenen Fabriken benötigten Kohle und Rohstoffe in Mengen wie nie zuvor. Diese mußten herangeschafft, die Fertigware abtransportiert werden. Ein ganz neues, ein schnelles Transportsystem wurde gebraucht: die Eisenbahn.

Schon als achtjähriger Junge hatte Stephenson täglich mehrmals eine von Pferden gezogene Kohlen-



1 George Stephensons *Locomotion* der Bahn Stockton–Darlington aus dem Jahre 1825

3 Kohlebahn mit einer von Stephenson gebauten Lokomotive im Jahre 1817



2 Von Stephenson im Jahre 1816 erbaute Lokomotive

bahn beobachten können. Damals war er Hütejunge und mußte aufpassen, daß die ihm anvertrauten Kühe den Gleisen fernblieben. Hier sah er auch erstmals eine Lokomotive, eine von Richard Trevithick gebaute. Sie muß den kleinen George stark beeindruckt haben, denn das Konstruieren leistungsfähiger Lokomotiven sollte später seinen Lebensweg bestimmen.

George Stephenson kam am 9. Juni 1781 in Wylam zur Welt, einem Dorf bei Newcastle, dem Kohlenpott Nordenglands. Der Vater, ein redlicher Mann, war Heizer in dem Pumpwerk einer Kohlenzeche. Obwohl er in der Woche mehr als 60 Stunden schwer arbeitete, blieb er arm. Für keines seiner sechs Kinder war das Schulgeld aufzubringen. Daher konnte der junge George Stephenson weder seinen Namen schreiben noch eine Buchzeile lesen. Mit 14 Jahren arbeitete er in der Zeche als Kohlenausleser und Treiber von Göpelpferden, dann wurde er Heizergehilfe bei seinem Vater, und später rückte er zum Maschinenburschen auf. Jetzt gehörte es zu seinen Pflichten, einen Ingenieur herbeizurufen, wenn an den Pumpen eine Störung auftrat. Aber bald hatte er die Funktionsweise der Maschinen so eingehend kennengelernt, daß er die Schäden selbst behob.

Endlich, mit 19 Jahren, konnte er an einer Abendschule das Lesen und Schreiben erlernen. Dazu mußte er wöchentlich dreimal nach schwerem Arbeitstag zu einem entfernten Nachbardorf wandern. Das Schulgeld verdiente er nebenbei als Flickschuster. Auch Uhren reparierte er. Stephenson kaufte sich Bücher über Physik und Maschinenkunde. Er lernte Rechnen, besessen von dem Wunsch, physikalische Gesetzmäßigkeiten und die Mechanik der Maschinen zu begreifen. So arbeitete er sich in mehreren Jahren mühselig zum Maschinenbaumeister und Ingenieur hoch. Inzwischen hatte er geheiratet; seinen heranwachsenden Sohn Robert ließ er eine höhere Schule besuchen. Allabendlich saßen Vater und Sohn über den Hausaufgaben, die Robert zu erledigen hatte. George Stephenson lernte dabei das Pensum seines Sohnes mit. Später ermöglichte er seinem Sohn – wenn auch unter großen Entbehrungen – ein Studium an der Universität von Edinburgh.

Im Jahre 1814 stellte Stephenson seine erste Lokomotive fertig. Er hatte sie für die Grube gebaut, auf der er als Ingenieur arbeitete. Ihre Leistung war unbefriedigend, denn sie zog eine Reihe beladener Kohlewagen nicht schneller, als es ein Pferdegespann vermochte. Doch das entmutigte ihn nicht. Er baute weiterhin Lokomotiven, um den Transport im Zechengebiet zu verbessern. Sie waren allesamt keine Meisterwerke der Technik, aber sie versahen zuverlässig ihren Dienst.

Mit ortsfesten Seilwinden wollte man die ersten Eisenbahnen betreiben

Um 1820 faßten einige Unternehmer den Plan, die erste längere Bahnlinie für Güter- und Personenverkehr zu bauen, jene Strecke Stockton – Darlington. Sie sollte ein Kohlenrevier mit einem Verladehafen verbinden. Man dachte aber lediglich an eine Pferdebahn. Zu dieser Zeit genoß George Stephenson bereits den Ruf eines bedeutenden Ingenieurs. Er konnte die Geldleute überzeugen, wie günstig es sei, außer Pferden auch Lokomotiven einzusetzen. Mit seinem Sohn Robert gründete er die erste Lokomotivfabrik der Welt. Zunächst wurden drei Maschinen gebaut, darunter die bis heute erhaltene *Locomotion.* Bei ihr verwendete Stephenson erstmals Kuppelstangen, welche auf jeder Seite die beiden Räder verbanden.

Zur Einweihungsfahrt der Bahn kamen die Leute aus der Umgebung in Scharen herbeigeeilt. Man war beeindruckt von der Lokomotive, die dicke Rauchwolken ausstieß und deren Schornstein rotglühend strahlte. Mit einer Geschwindigkeit von etwa 25 Kilometern je Stunde fuhr sie an der Menschenmenge vorüber und schleppte einen Zug von 38 frisch angestrichenen Kohlekarren. Einige waren mit Weizen oder Kohle beladen, doch die meisten von ihnen hatte man durch Sitzbretter in offene Personenwagen umgewandelt. Etwa 450 Fahrgäste machten diese Reise begeistert mit. Dennoch hatten in der Folgezeit nur wenige Menschen Vertrauen zu den rußspuckenden Ungetümen von Lokomotiven, und so reisten viele Leute lieber in Wagen, die Pferdevorspann hatten.

Der Schienenweg zwischen Stockton und Darlington wies hier und da erhebliche Steigungen und Gefälle auf. Man hatte ihn nämlich – hügelauf, hügelab – dem natürlichen Bodenrelief angepaßt. Bergauf zogen die Pferde; oben angelangt, schirrte man sie ab und ließ sie im hintersten Wagen die Talfahrt mitmachen. Es gab aber auch Steigungen, die weder von Lokomotiven noch von Pferden bewältigt werden konnten. An solchen Orten kuppelte man die Lok ab und beförderte den Wagenzug mittels ortsfester Dampfwinden und Seilzüge über den Berg.

1 George Stephenson (1781 bis 1848)
2 Die geneigte Ebene auf der Strecke Stockton–Darlington wurde mit einer ortsfesten Dampfwinde bewältigt
3 Eröffnungsfahrt der Stockton-Darlington-Eisenbahn
4 Bei den ersten Kohlebahnen in England ging es hügelauf und hügelab mit Hilfe von Dampfwinden

Stephenson hatte längst erkannt, daß die Eisenbahn einen möglichst ebenen Schienenweg brauchte. Dann könnte man die Lokomotive am effektivsten einsetzen: Ihre Zugkraft ließe sich am wirksamsten nutzen, und sie würde viele schwerbeladene Wagen – auch über lange Strecken – mit gleichmäßig hoher Geschwindigkeit befördern. Dies bedeutete, daß man Bahndämme aufschütten, in Hügel Einschnitte graben, Tunnel und Viadukte bauen mußte. Beim nächsten Bahnbau, dessen Leitung man ihm übertrug, sollte er diese Idee verwirklichen können. Es handelte sich um eine Strecke, mit der man Manchester und die Hafenstadt Liverpool verbinden wollte.

Nach der Erfindung des mechanischen Webstuhls hatte sich Manchester zu einer bedeutenden Industriestadt entwickelt. Hier wurden Baumwollstoffe produziert, die in aller Welt begehrt waren. Daher mußte man sie zum Seehafen von Liverpool transportieren. In Liverpool legten auch die mit Rohbaumwolle beladenen Überseeschiffe an. Ihre Fracht wurde in Manchester dringend benötigt. Der Verkehr zwischen den Städten vollzog sich auf Kanälen mit viel zu betulich dahingleitenden Kähnen. Und im Winter, wenn die Wasserstraßen zufroren, kam er völlig zum Erliegen. Deshalb hatte man beschlossen, einen Schienenweg zu legen.

Da sahen die Besitzer der Kanalgesellschaften ihr Transportgeschäft bedroht. Deshalb war ihnen die dümmste Lüge recht, um den Bahnbau zu verhindern: Der Rauch der Lokomotiven verpeste die Luft und vergifte die Weiden, die Pferdezucht müsse eingehen, und die Kühe gäben bittere Milch. Der Funkenflug aus den Schornsteinen der Lokomotiven setze die Häuser in Brand. Schon der Anblick eines dahinrasenden Zuges führe zum Wahnsinn, und wer mit der Eisenbahn reise, der bekäme keine Luft und müsse ersticken. Häufige Kesselexplosionen raubten jedem den Schlaf und würden England verwüsten...

Adlige Großgrundbesitzer ließen die Landvermesser, die den Streckenverlauf festlegen wollten, mit Heugabeln fortjagen. Und mancher biedere Landmann atmete auf, als der gottlose Bahnbau von einem Ausschuß des Parlaments abgelehnt wurde. Doch zwei Monate später genehmigte derselbe Ausschuß den Bau der Eisenbahn. Was war geschehen? Die Bahngesellschaft war pfiffig vorgegangen; sie hatte dem Hauptaktionär der Kanalgesellschaft einen Anteil an dem Gewinn zugesprochen, den die Eisenbahn einbringen würde. Auch ließ sie die Streckenführung so ändern, daß weder die Wildgehege noch die Fuchslöcher einiger Lords gestört werden konnten. Wie ein Spuk verschwand der Widerstand gegen die Eisenbahn.

Als Stephenson tatkräftig mit dem Bahnbau begonnen hatte, erhob sich ein neuer Streit, diesmal unter den leitenden Männern der Bahngesellschaft. Sie konnten sich nicht einigen, welches Antriebsmittel am vorteilhaftesten sei. Wiederum Pferde? Oder dampfgetriebene Seilwinden, die – über die gesamte Streckenlänge verteilt – die Wagen ziehen sollen? Stephenson beharrte darauf, Lokomotiven einzusetzen. Gut, überlegten sich die Herren, wenn Lokomotiven, dann wollen wir die besten haben. Und das soll ein Wettbewerb entscheiden.

Rakete und *Zyklopenfuß* sowie andere Unvergleichliche am Start

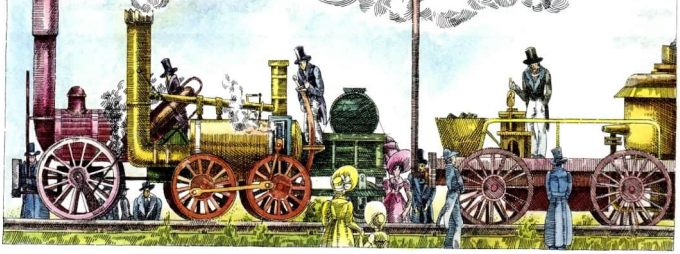
Im Jahre 1829 wurde dann das Wettrennen zwischen Lokomotiven ausgetragen, ein Ereignis, das in der Geschichte der Technik einmalig ist. Es erregte die Gemüter derart, daß man Wochen zuvor kaum von etwas anderem redete. Und in der Presse konnte man die widersprüchlichsten Meinungen zu diesem Thema lesen. «Was kann wohl lächerlicher und alberner sein als das Versprechen, eine Lokomotive für die doppelte Geschwindigkeit der Postkutschen zu bauen!» – So höhnte eine Zeitung über George Stephenson. Der Ingenieur hatte angekündigt, die von ihm konstruierte Lokomotive werde eine Geschwindigkeit von 30 Kilometern in der Stunde erreichen. Denn selbstverständlich wollte er sich an dem Wettbewerb beteiligen.

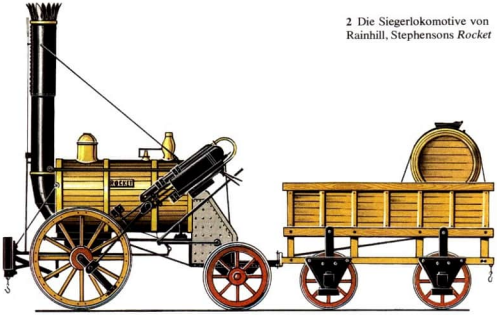
Wer an dem Wettbewerb teilnehmen wollte, dessen Lok mußte eine ganze Reihe technischer Bedingungen erfüllen und durfte höchstens 550 Pfund Sterling kosten. Vor allem mußte sie mindestens 16 Kilometer in der Stunde zurücklegen und dabei einen Zug mit der Masse von 20 Tonnen ziehen. Diese Bedingungen wollte Stephenson überbieten.

Er begab sich nach Newcastle in seine Fabrik. Dort brütete er mit seinem Sohn Robert über den Plänen zu einer Preislokomotive. Deren Leistungsfähigkeit, das war ihnen klar, wurde auch von der im Kessel erzeugten Dampfmenge und dem Dampfdruck bestimmt. Diese wiederum hingen davon ab, in welchem Maße die in der Feuerbuchse erzeugte Verbrennungswärme ausgenutzt wird. Die entscheidende Idee hatte ein Freund Stephensons, der Sekretär der Bahngesellschaft Henry Booth: Er kam auf den Gedanken, durch den Kessel eine Vielzahl von Röhren zu führen, die von den heißen, zum Schornstein ziehenden Verbrennungsgasen umströmt werden. Auf diese Weise würde das Wasser schneller zum Sieden gebracht, da die Fläche, welche die Wärme aufnimmt und an das Wasser weiterleitet, wesentlich größer ist. Den Stephensons leuchtete dieser Vorschlag sofort ein; der Röhrenkessel war erfunden. Bis auf den heutigen Tag ist er bei allen Dampflokomotiven gebräuchlich.

Die Wettfahrt begann am 6. Oktober 1829 in der Nähe von Rainhill. Tausende von Zuschauern hatten sich eingefunden. Fünf Lokomotiven sollten starten: der *Zyklopenfuß*, die *Neuheit*, die *Unvergleichliche*, die *Ausdauer* und Stephensons Maschine. Er hatte sie, von ihrer Schnelligkeit überzeugt, *Rocket (Rakete)* getauft.

Das Rennen begann. Der *Zyklopenfuß* mußte sofort ausscheiden. In seinem Kessel verbarg sich ein Tretrad mit Pferd. Die *Ausdauer* gab auf, als klar wurde, daß sie die vorgeschriebene Geschwindigkeit nicht erreichen würde. Die *Neuheit* hatte eine Panne, und daher mußte man ihre Fahrt verschieben. Sie startete zwei Tage später, doch kaum rollte sie über die Strecke, da brach ein Pumpenrohr. Ähnliches Pech hatte der Erbauer der *Unvergleichlichen*. Nur die *Rocket* erfüllte alle Bedingungen. Ohne die geringste Panne fuhr sie vom ersten bis zum letzten Tag, durcheilte, wie vorgeschrieben, zwanzigmal die Strecke mit einem angehängten Zug von 20 Tonnen Masse und erreichte dabei 46 Kilometer in der Stunde. Und zum Abschluß, bei einer Alleinfahrt ohne Wagen, erreichte sie eine damals sensationelle Geschwindigkeit: 56 Kilometer in der Stunde.

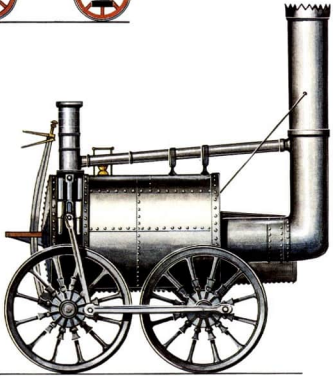




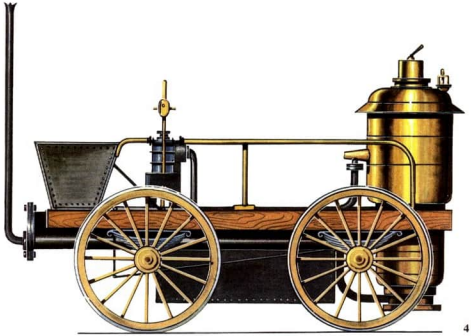
2 Die Siegerlokomotive von Rainhill, Stephensons *Rocket*

Der Sieg der *Rocket* hatte erwiesen, wie leistungsfähig Lokomotiven sein können. Damit war der Weg frei für dieses neue Antriebsmittel, und in der Folgezeit gewann die Eisenbahn immer größere Bedeutung für die kapitalistische Großindustrie. Nun konnte sich das technische und organisatorische Talent Stephensons voll entfalten. Alles, was die Eisenbahn brauchte, war zu bedenken: das Profil der Schienen, die Bauweise von Weichen und Signalen und anderes mehr. Auch die Normalspurweite unserer Gleise legte Stephenson fest. Und er baute immer bessere, größere Lokomotiven, nun schon in Serienproduktion. Nicht nur auf der britischen Insel, auch auf dem europäischen Festland war sein Rat beim Bau von Eisenbahnen gefragt.

Mehr als dreißig Jahre lang wirkte er, der einstige Hütejunge, in unermüdlicher Pionierarbeit für den Aufbau des Eisenbahnwesens. Er starb, 67 Jahre alt, am 12. August 1848.



3 Lokomotive *Unvergleichliche*

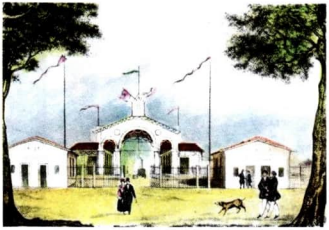


4 Lokomotive *Neuheit*

Die Jungfernfahrt der ersten deutschen Lokomotive wurde durch Sabotage gewaltsam beendet

1 Der Bahnhof zu Leipzig im Jahre 1839

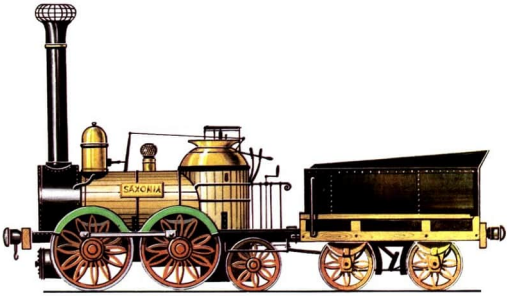
2 Eröffnungszug der ersten deutschen Eisenbahn zwischen Nürnberg und Fürth



Nur wenige wissen, daß bereits 1816 auch in Berlin ein Lokomotivchen fuhr. Allerdings setzte es niemals einen Zug in Bewegung. Es war – wie Blenkinsops Lokomotive – mit einem gezahnten Treibrad versehen. Gebaut hatte man sie in der Berliner Königlichen Eisengießerei. Gegen vier Groschen Eintritt konnten die Berliner sehen, wie sie puffend und etwas stockerig auf einem Rundgleis ihre Kreise zog.

Die erste deutsche Eisenbahnstrecke wurde 1835 in Betrieb genommen. Sie war nur 6,5 Kilometer lang und verlief zwischen Nürnberg und Fürth. Die Lokomotive dafür, die den stolzen Namen *Adler* trug, war für 24 000 Mark von der Stephensonschen Fabrik gekauft worden. Auch der Lokführer, ein Mister Wilson, war aus England gekommen. Man zahlte ihm, dem bewunderten Beherrscher der Feuermaschine, ein Jahresgehalt von 2 250 Mark; der Direktor der Bahn bezog dagegen nur 1 360 Mark.

Im Jahre 1839 folgte die Eröffnung der ersten deutschen Ferneisenbahn, der Strecke Leipzig–Dresden. Wieder waren es englische Lokomotiven, welche die festlich geschmückten Wagen über die Strecke zogen. Doch dieses Mal machte – ohne angehängten Zug, in Alleinfahrt – eine deutsche Lokomotive die Fahrt mit. Sie hieß *Saxonia*, und konstruiert hatte sie Johann Andreas Schubert, Pro-

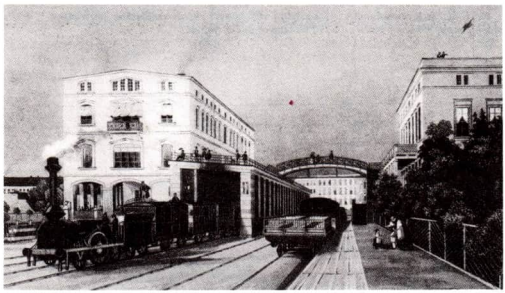


3 Lokomotive *Saxonia*, erbaut 1836 von Johann Andreas Schubert

fessor an der Polytechnischen Schule in Dresden. Sie war in einer Maschinenbauanstalt in Übigau ausschließlich aus deutschem Material hergestellt worden. Professor Schubert befand sich bei dieser Fahrt selbst auf dem Führerstand, bekleidet mit Frack und Zylinder. Seine *Saxonia* erreichte eine Geschwindigkeit von 45 Kilometern in der Stunde. Die Schaulustigen, die ihn an der Strecke erwarteten, jubelten ihm zu.

Unter dem Beifall einer begeisterten Menschenmenge traf er im Leipziger Bahnhof ein. Weniger begeistert waren Angehörige des englischen Eisenbahnpersonals. Sie sahen es nicht gern, daß ein deutscher Konkurrent derart gefeiert wurde. Lokomotiven zu bauen und sie zu fahren, das war englisches Monopol. Daher ersannen sie Ränke, um Schuberts Erfolg zu schmälern, und ließen ihn, während sich die anderen Züge schon längst auf der Rückfahrt befanden, stundenlang auf Koks für seine Lok warten. Als er schließlich – viel zu spät – genügend Dampf im Kessel hatte und nach Dresden zurückfuhr, mußte er fast an jedem Bahnübergang halten, denn die Schrankenwärter waren nicht zur Stelle. Damals glichen die Schranken Zauntoren und wurden quer zum Gleis gedreht, wenn kein Zug zu erwarten war. Und während Tausende von Dresdenern auf ihren «Lokomotiv-Professor» warteten, hatten dessen Widersacher einen weiteren tükkischen Plan erdacht: Als er in die kleine Station Priestewitz einfuhr, hatten sie mit Vorbedacht eine Weiche auf ein Nebengleis stellen lassen. Ohne bremsen zu können, rammte Schubert mit der *Saxonia* eine dort abgestellte Lokomotive. Die *Saxonia* entgleiste. Schuberts Fahrt, mit der er das britische Lokomotivmonopol antasten wollte, war zu Ende.

Indessen hatte man auch eine Eisenbahnstrecke zwischen Berlin und Potsdam gebaut, die ebenfalls von englischen Lokomotiven befahren wurde. Bald folgte ein Schienenweg nach dem anderen. Das ermutigte endlich deutsche Ingenieure und Techniker, sich mit eigenen Konstruktionen an den Bau von Lokomotiven heranzuwagen.



4 Bahnhof der 1838 eröffneten Eisenbahnstrecke Berlin–Potsdam

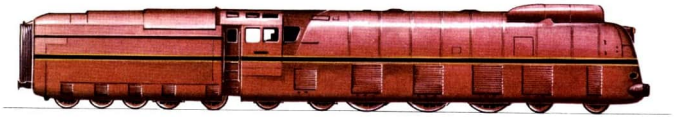
Dampflok auf dem Abstellgleis

Am 11. Mai 1936 erhielt eine Hochleistungslokomotive das Abfahrtsignal und ging auf eine Testfahrt zwischen Neustadt (Dosse) und Nauen. Die gesamte fast 27 Meter lange Lokomotive hatte man stromlinienförmig verkleidet. Wichtige Teile des Triebwerks waren durch Klappen und Rolläden leicht zugänglich. Als Brennstoff diente Kohlenstaub. Mit einem Versuchszug von 197 Tonnen Masse bespannt, erzielte sie 200,4 Kilometer in der Stunde. Das war die höchste Geschwindigkeit, die jemals von einer Dampflok erreicht wurde.

Gut 130 Jahre waren vergangen, seit Richard Trevithick erstmals einen Dampfwagen auf Gleise gestellt hatte. Nun hatte die Dampflokomotive einen technischen Stand erreicht, der kaum noch zu steigern war. Aber bereits 1903 hatte ein elektrischer Triebwagen auf einer Versuchsstrecke eine Höchstgeschwindigkeit von 210 Kilometern in der Stunde erreicht. Damit war schon zu jener Zeit erwiesen, daß der elektrische Antrieb dem Dampfantrieb überlegen ist. Ähnlich verhält es sich mit dem Dieselmotor. Im Jahre 1933 erreichte ein mit Dieselmotoren ausgerüsteter Triebzug Höchstgeschwindigkeiten von 160 Kilometern in der Stunde.

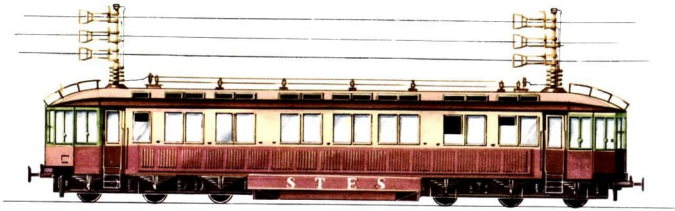
Die wahre Überlegenheit der Elektro- und Diesellokomotiven zeigt sich nicht allein in einem Vergleich der Geschwindigkeiten. Die Dampflokomotive war eine Energieverschwenderin; darin bestand ihr größter Nachteil. Von der Energie, die man ihr in Form von Kohle oder Kohlenstaub zuführte, wandelte sie nur einen geringen Teil in Antriebsenergie um. Bei guten Konstruktionen waren es 10 Prozent, bei ungünstigen lediglich 6 Prozent. Das heißt: Von 100 Kilogramm Kohle, die der Heizer auf den Rost schaufelte, konnte die Dampflokomotive nur 6 bis 10 Kilogramm für den Antrieb des Zuges nutzen; der große Rest von 90 bis 94 Kilogramm Kohle wurde nutzlos verbrannt.

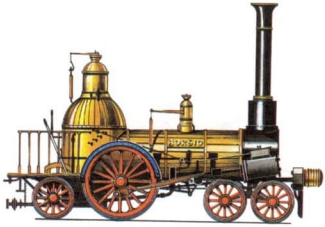
Hinzu kommen weitere Fakten. Eine Elektrolokomotive zum Beispiel verursacht weder Lärm noch Schmutz. Sie führt nicht das Gewicht eines Energievorrates mit, denn sie entnimmt den Fahrstrom einer elektrischen Oberleitung. Die E-Lok ist immer und sofort einsatzbereit, und ihre Motoren verbrauchen nur dann Energie, wenn sie fährt. Dagegen muß eine Dampflok stets einen beachtlichen Vorrat an Kohle und Wasser im Tender mitschleppen. Fahrbereit ist sie nur, wenn sie unter Dampf gehalten, also dauernd beheizt wird. Folglich beansprucht sie auch dann Energie, wenn sie vor ihrem Einsatz oder bei einem Halt längere Zeit auf die Abfahrt wartet. Diese und eine Reihe weiterer wirtschaftlicher Gründe haben dazu geführt, daß wir von der ansonsten altbewährten, tüchtigen Dampflokomotive Abschied nehmen müssen.



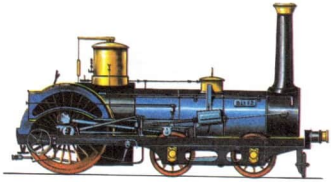
1 Die schnellste Dampflokomotive der Welt. Sie erreichte im Jahre 1936 eine Geschwindigkeit von mehr als 200 Kilometern in der Stunde

2 Im Jahre 1903 erzielte dieser elektrische Triebwagen 210 Kilometer in der Stunde

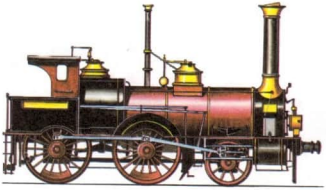




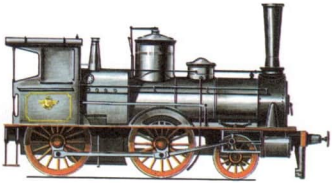
3 Eine der ersten deutschen Lokomotiven, erbaut 1841 in der Maschinenbau-Anstalt von Borsig



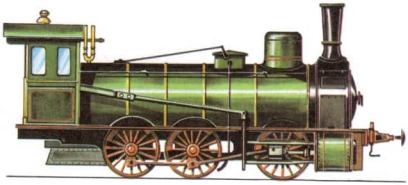
4 Schnellzuglokomotive *Blitz*, Baujahr 1857



5 Lokomotive *Gutenberg*, erbaut 1862

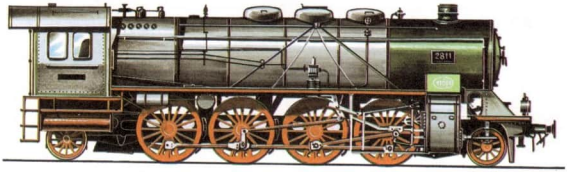


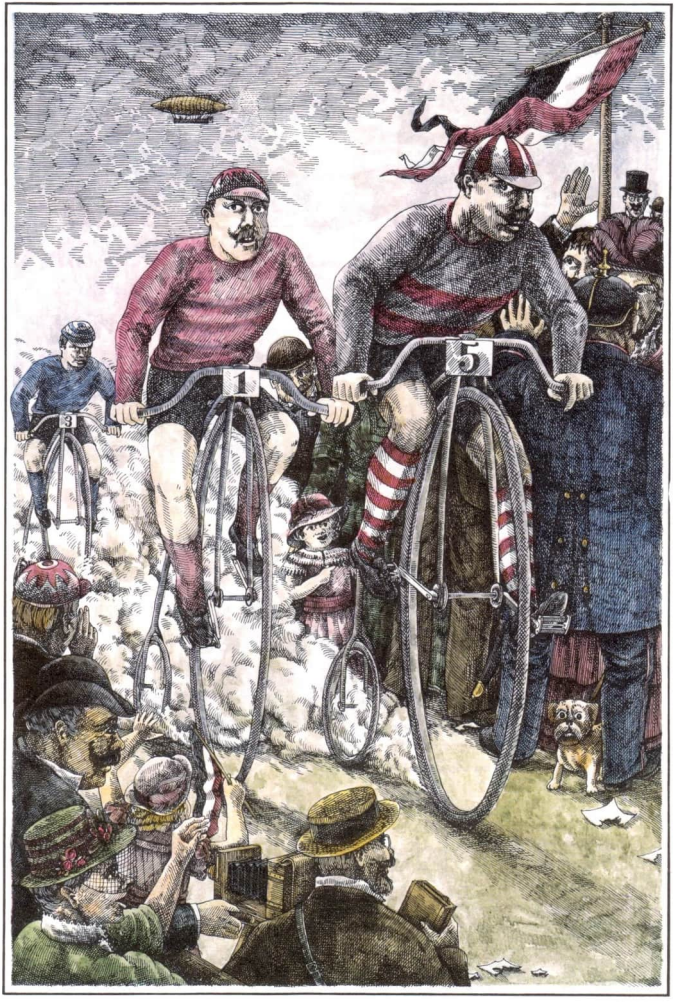
6 Reisezug-Lokomotive aus dem Jahre 1871



7 Güterzug-Lokomotive, Baujahr 1877

8 Lokomotive der Deutschen Reichsbahn, in Dienst gestellt 1922




1
5
3

4 Das Fahrrad

Das Fahrrad ist ein Verkehrsmittel,
das auf der ganzen Erde am meisten Verbreitung gefunden hat.
Es läßt sich überall da benutzen,
wo Straßen und Wege fest und die Berge nicht zu steil sind.
Der «Motor Mensch» als Antriebskraft machte das Fahrrad
nicht nur zum billigsten Fahrzeug für jedermann,
sondern auch von Anfang an zu einem beliebten Sportgerät.

Warum Karl Friedrich Freiherr von Drais, badischer Forstmeister und fürstlicher Kammerherr, auf den Hund kommen mußte

1 Das vermutlich älteste Fahrrad der Welt mit Tretkurbeln und Treibrad, gebaut 1827 in Frankreich

2 Wettfahrt mit Laufrädern in Paris

Die Straßenjungen von Karlsruhe rannten zusammen. Sie schrien in heller Aufregung.

«Der Forschtmeister! Der Forschtmeister kimmt!»

In der krummen holperigen Gasse zeigte sich eine merkwürdige Erscheinung: ein auf zwei Rädern rollender Sitzbalken, rittlings darauf ein etwa fünfzigjähriger dicklicher Mann, der sich mit den Füßen abstieß, als laufe er, und so sein Gefährt in Bewegung und im Gleichgewicht hielt. Die eisernen Reifen klirrten, der Mann wurde vom Pflaster geschüttelt und gestoßen. Schweißbäche rannen ihm unter den schmuddeligen Kragen. Er trug eine zerknautschte Militärmütze und einen abgetragenen Offiziersrock. Seine verblichene Jägerhose war beschmutzt. Wie auch sollte es ihm gelingen, mit seinem plumpen Fahrzeug den Pfützen auszuweichen.

Straßenpassanten blieben amüsiert stehen, Handwerker traten aus den Werkstätten, Frauen beugten sich aus den Fenstern. Mancher tippte sich an die Stirn: «Wie kann ein vornehmer Mensch so herunterkommen!»

Der «Vornehme», ein Angehöriger des Adels, war der Freiherr von Drais. Das hölzerne Laufrad, über das sich Karlsruher Bürger gleichermaßen entrüsteten wie belustigten, hatte er nach seinen Angaben bauen lassen. Diese von ihm erfundene Fahrmaschine war ein Vorläufer des Fahrrades.

Karl von Drais war im Jahre 1785 in Karlsruhe zur Welt gekommen. Sein Vater diente als badischer Hof- und Regierungsrat, und der damals herrschende Fürst hatte bei Karl sogar Pate gestanden. Damit war der Werdegang des jungen Adligen vorgezeichnet. Der hatte Offizier zu werden oder eine höhere Beamtenlaufbahn einzuschlagen. Aber dazu zeigte Karl von Drais nicht die geringste Neigung. Er wuchs im beginnenden Zeitalter der Dampfmaschine auf. Er wollte Ingenieur, Maschinenbauer oder ein guter Mechaniker werden. Und gerade dies alles verbot sich von selbst. Ein adliger Staatsbeamter konnte seinem Sohn niemals erlauben, Rechenstab und Werkzeug in die Hand zu nehmen und sich mit Maschinenöl zu beschmutzen.

Karl von Drais durfte nicht den Beruf ergreifen, der ihn glücklich gemacht hätte. Die Tätigkeiten, zu denen bornierter Standesdünkel ihn zwangen, waren ihm zuwider. Er vernachlässigte seine Pflichten als Offizier, als Forstmeister und Kammerherr. Statt dessen beschäftigte er sich mit allen möglichen Erfindungen. Man entzog ihm nach und nach alle Ämter, und als er sich eines Tages mit einem Engländer prügelte, der sein Laufrad bespöttelte, wurde ihm auch seine Kammerherrenwürde aberkannt. Schließlich mußte man ihn zwangsweise pensionieren. Aber nach wie vor bediente er sich stets seiner Fahrmaschine. So blieb er – auch als enttäuschter alter Mann – eine stadtbekannte Spottfigur. Als er eines Abends mit seinem Laufrad am Ratskeller vorfuhr, hielt ihn ein aufgeputzter badischer Offizier auf, der vor ihm die Hacken zusammenschlug und die Hand an den Mützenschirm legte.

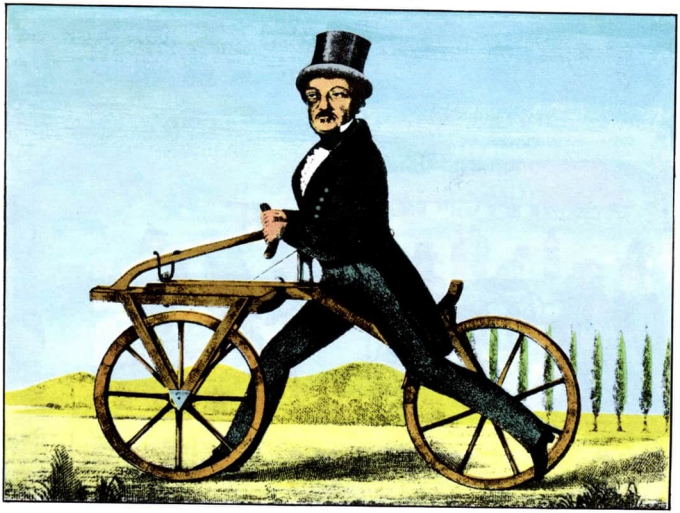
«Ich glaube zu wissen, Exzellenz, weshalb Eure Erfindung so wenige Anhänger findet. Man nimmt an, sie sei nur auf ebenen Wegen zu gebrauchen, keinesfalls auf Treppen. Wenn allerdings dies möglich ist, werde ich dafür sorgen, daß man das Fahrzeug bei der Truppe einführt.»

Nun hatte Karl von Drais bereits alles mögliche angestellt, um seine Erfindung bekanntzumachen. Dem russischen Zaren, der besuchsweise in Baden weilte, hatte er sie vorgeführt, und der Zar zeigte sich huldvoll amüsiert. Von seinem Landesherrn, dem Markgrafen von Baden, erhielt er ein Handschreiben. Darin stand, daß «... abermals durch dero ausgezeichnetes Talent für Wissenschaft und Industrie die Welt mit einer nützlichen und genialen Erfindung beschenket worden sei». – Da ihm dies alles nichts einbrachte, hatte er sich in eine Wette eingelassen. Den Weg von Karlsruhe zur französischen Grenze, für den ein Fußgänger 16 Stunden benötigte, legte er mit seinem Laufrad in nur vier Stunden zurück. Doch diese Leistung brachte ihm letztlich nur den Ruf des «närrischen Forstmeisters» ein. Lediglich wenige von seinen Fahrmaschinen konnte er verkaufen. Da sein Patent ausschließlich für das Land Baden galt, mußte er verbittert zusehen, daß Tischler und Stellmacher in anderen deutschen Ländern sowie in England und Frankreich Laufräder bauten und feilboten. Und nun wurde ihm verheißen, sein Rad solle beim Militär verwendet werden.

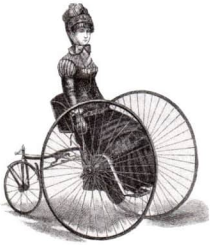
Vielleicht nahm Drais die Worte des Offiziers ernst. Mag auch sein, er durchschaute, daß man sich mit ihm einen Jux machen wollte. Mit einigen Gläsern Bier trank er sich Mut an. Vor einer Menge Schaulustiger schleppte der 64jährige das Laufrad auf die Terrasse des Rathauses. Unter mächtigem Gepolter fuhr er treppab, die Eisenreifen rutschten, Drais stürzte und mußte mit schweren Prellungen fortgebracht werden. Dies war wohl das letzte große Aufsehen, welches er erregte. Zwei Jahre danach starb er, am 10. Dezember 1851.

In seiner Wohnung fand man verschiedene nicht vollendete Erfindungen, darunter das Modell einer Schreibmaschine. Der Wert seiner wenigen Habseligkeiten ist im Nachlaßverzeichnis mit 30 Gulden und 40 Kreuzern angegeben. Auf dieser Liste ist sein Laufrad mit 3 Gulden aufgeführt. Viel später kaufte die Stadt Karlsruhe für den hundertfachen Betrag diese historische Fahrmaschine auf, um sie aufzubewahren, zum Andenken an Karl von Drais, den unglücklichen Mann, der ein Opfer feudalen Kastendenkens geworden war.

3 Karl Friedrich Freiherr von Drais mit seinem Laufrad



Dandy Horses und *Bone-shakers*, das bedeutet *Stutzerpferde* und *Knochenschüttler*; so nannte man in England und Deutschland die ersten Fahrräder



1 Dreirad aus dem Jahre 1888 2 Fahrschule um 1850

Herr von Drais mag verschroben gewesen sein, doch bei der Erfindung des Laufrades ging er von klugen Überlegungen aus: Das Körpergewicht des Menschen lastet beim Gehen auf den Füßen. Es wird bei jedem Schritt um einige Zentimeter gehoben. Diese Hubarbeit muß die Muskulatur des Menschen vollbringen. Sitzt man auf dem Laufrad, so wird das Körpergewicht von den Rädern aufgenommen; die Muskelkraft setzt man nur für die Vorwärtsbewegung ein.

Unser modernes Fahrrad ist in seiner Bauweise seit mehr als fünfzig Jahren nahezu unverändert. Aber diese sehr zweckmäßige Konstruktion wurde nicht sofort und nicht von nur einem genialen Techniker gefunden. Man ging viele und zum Teil sehr seltsame Wege, als man aus dem Laufrad ein Fahrrad machen wollte. Der erste Schritt dazu wurde um 1850 getan. Damals lebte in Oberndorf bei Schweinfurt der Handwerker Philipp Fischer. Bereits als kleiner Junge war er mit einem Laufrad zur Schule gefahren. Jetzt kam er auf die Idee, mit der Achse des Vorderrades zwei Tretkurbeln starr zu montieren. Bei jeder Kurbelumdrehung drehte sich auch das Rad einmal, und Fischer legte dabei nur die kurze Strecke zurück, die gleich war dem Umfang des Rades. Damit er nicht gar so schnell treten mußte, vergrößerte er das Vorderrad.

3 So mußte ein Hochrad bestiegen werden

4 Hochradrennen in Berlin 1881

5 Das erste Fahrrad mit Tretkurbeln und vergrößertem Vorderrad, gebaut um 1850

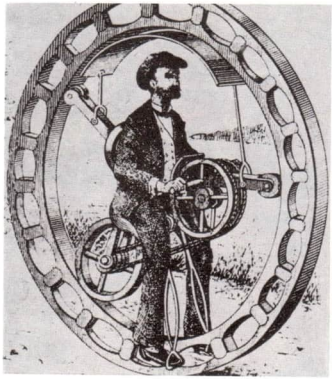
Im Jahre 1869 ersetzte der französische Mechaniker Mayer den schweren Holzrahmen durch eine leichtere und stabilere Stahlkonstruktion. Später verwendete man für die Räder Drahtspeichen mit eisernem Radkranz und versah sie mit Hartgummireifen. In kurzer Zeit entwickelte man viele verschiedene Typen des Velozipeds; so vornehm wurde das Fahrrad damals benannt. Und in eigens eingerichteten Velozipeds-Schulen konnte man innerhalb von nur 10 Stunden die Kunst erlernen, das Gleichgewicht zu halten. Als die Radler schneller waren als die von Pferden gezogenen Kutschen, ließen um 1870 Londoner Stadtväter erstmals in der Welt an Kreuzungen Verkehrsschilder aufstellen.

Um 1880 wurden die ersten Rennen auf Hochrädern ausgetragen. Diese Velozipede hatten übermannsgroße Vorderräder und waren daher sehr schnell. Schon der Sieger des ersten Hochradrennens in den USA erzielte eine Geschwindigkeit von 40 Kilometern je Stunde. Aber wer dieses Riesenrad besteigen wollte, mußte schon ein Akrobat sein. Und bei einem Sturz riskierte der Radfahrer einen Genickbruch.

Indessen hatte der Engländer Lawson für das Fahrrad die Kettenübertragung erfunden: Ein großes Zahnrad war fest mit den Tretkurbeln verbunden. Die Kette griff in die Zähne ein und übertrug die Kraft auf ein Zahnrad mit kleinerer Zähnezahl, das sich an der Achse des Hinterrades befand. Jetzt brauchte man kein Hochrad mehr, um – trotz langsamen Tretens – schnell zu fahren. Man kehrte zu dem bequemeren Niederrad zurück.

Damals kostete ein Fahrrad 500 Goldmark; das war eine sehr große Summe, die ein Arbeiter niemals aufbringen konnte. Und so wurde das Radfahren von den Begüterten zu ihrem Sport gekürt. Man radelte anstatt zu reiten. Radfahrkostüme für Herren und Damen wurden entworfen, und als besonders vornehm galt, ein Fahrrad spazieren zu führen. Wer Furcht davor hatte, mit einem Zweirad umzukippen, der benutzte das Dreirad. Sogar die Königin Victoria von England fuhr mit einem solchen Vehikel in ihrem Park umher, und das soll ihr sogar Spaß bereitet haben. Aber angenehm ist man anscheinend auf all jenen *Stutzerpferden* nicht gefahren, sonst hätte man sie nicht zugleich *Knochenschüttler* getauft. Jede Unebenheit der Straße – und es gab ja fast nur mit Kopfsteinen gepflasterte – versetzte dem Radfahrer einen schmerzhaften Stoß. Das war bei jenen ungepolsterten Sätteln und harten Reifen auch gar nicht verwunderlich.

Das Polster aus Gummi und Luft



1 Die Familie Dunlop

2, 3, 4 Kuriose Entwürfe für Muskelkraft-Fahrzeuge

In den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts lebte in der irischen Stadt Belfast der Tierarzt John Boyd Dunlop. Seinem zehnjährigen Sohn Jonny hatte er ein Dreirad geschenkt, und der Junge fuhr damit gern in der Stadt spazieren. Bald aber beklagte der sich bei seinem Vater über die schmerzhaften Stöße, die er auf dem harten Sattel aushalten mußte. John Dunlop hatte sich eigentlich für seine ländliche Praxis ebenfalls ein Fahrrad anschaffen wollen, aber er war lieber bei seinem gut gefederten Einspänner geblieben.

Er versprach seinem Jungen, sich die Sache zu überlegen. Wie gewohnt, sprengte er auch an diesem Abend die Beete des Gartens. Dabei fiel ihm der mit Wasser prall gefüllte Gartenschlauch auf, der fest war und zugleich elastisch. Könnte nicht ein Gummischlauch, mit Luft ebenso hart aufgepumpt, ein

5 Die eigenartigsten Fahrradrahmen wurden konstruiert, bis 1885 die englische Firma Humber den noch heute gebräuchlichen Rahmen entwickelte

Kreisrahmen

Halbkreisrahmen

Kreuzrahmen

Neuzeitlicher Rahmen

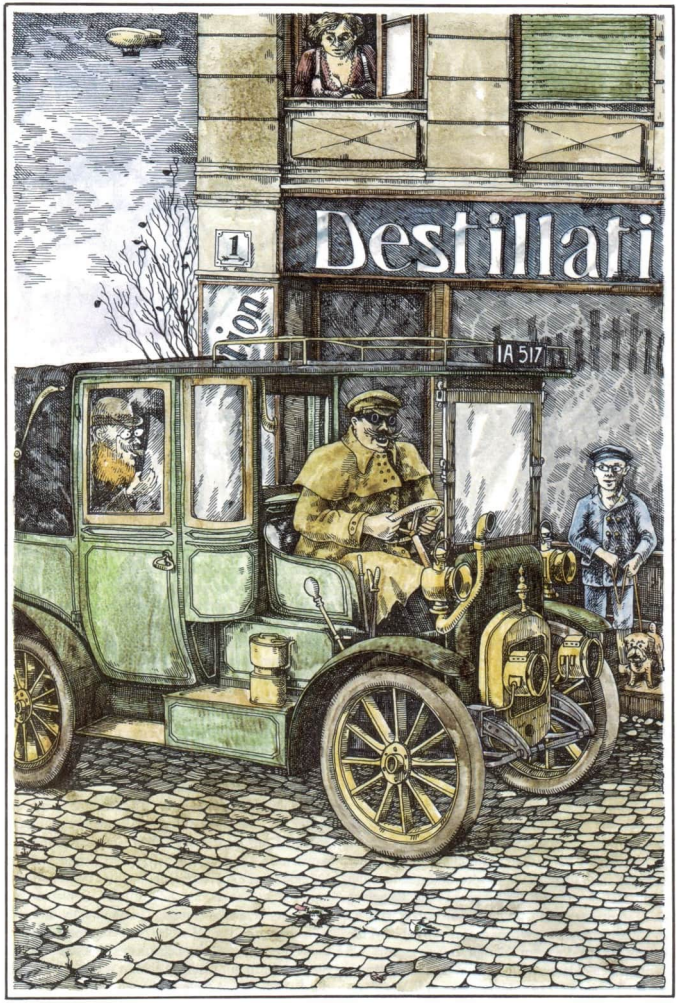
idealer Reifen sein? Ein Reifen, der all die groben Unebenheiten der Straße gleichsam «aufschluckte»?

In seinen Lebenserinnerungen erzählt John Dunlop, wie er seinen ersten Luftreifen herstellte. Er besorgte sich ein großes Stück Gummi. Daraus klebte er zwei Luftschläuche. Die Ventile, die zum Einpumpen der Luft dienen sollten, fertigte er ebenfalls aus Gummi. Sie sahen etwa so aus wie die Ventile von Fußbällen. Die Schlauchringe befestigte er mit Segeltuchstreifen an den Radfelgen und pumpte sie stramm auf. Dazu benutzte er die Fußballpumpe seines Jungen. Noch am selben Tag durfte Jonny eine Probefahrt unternehmen. Atemlos vor Begeisterung berichtete er, wie schnell und mühelos er jetzt mit dem Rad vorankäme und wie sanft und geräuschlos die Luftreifen über das Holperpflaster glitten. Der Vater freute sich, daß er seinem Sohn hatte helfen können. Dabei beließ er es.

Eines Tages beobachtete zufällig ein englischer Radrennfahrer den kleinen Dunlop und staunte nicht wenig, welches Tempo der Junge vorlegte. Es gelang ihm, Jonny einzuholen, und er besah sich eingehend die neuartigen Reifen. Woher er sie denn habe, wollte der Rennfahrer wissen, darauf müsse sofort ein Patent angemeldet werden. Dann radelte der Fremde schnell davon. Stolz berichtete Jonny dem Vater von dieser Begegnung und fragte, was denn eigentlich ein Patent sei. Jetzt erst wurde dem Tierarzt bewußt, daß er eine bedeutende Erfindung gemacht hatte. Noch in der Nacht verfaßte er die Patentanmeldung mit dem Titel *Verbesserung von Radreifen für Zweiräder, Dreiräder und andere Straßenfahrzeuge* und brachte das dicke Schreiben zur Post.

Dennoch bekam Dunlop Schwierigkeiten, ehe das Patent ihm zuerkannt wurde. Im Jahre 1845 hatte nämlich der englische Fabrikant Thomson ein Patent auf Luftreifen für Pferdewagen erhalten. Aber seine Reifen, die nur einige Sonderlinge verwendeten, waren unförmige, dicke Schlangen, über die sich die Leute amüsierten. John Dunlop konnte schließlich beweisen, daß er seine Erfindung völlig unabhängig von der Thomsons gemacht hatte.

Im Jahre 1888 gründete der Tierarzt eine Firma, die später als die *Dunlop Rubber Company* zu einem großen Konzern der britischen Kautschukindustrie anwachsen sollte. Zunächst jedoch hatten tüchtige Erfinder und Techniker Dunlops Idee vervollkommnet. Sie versahen den luftgefüllten Schlauch mit einem schützenden stabilen Gummimantel und entwickelten geeignete Ventile. Nun erst, mit den Dunlop-Reifen ausgerüstet, begann das Veloziped seinen Siegeszug. In nur wenigen Jahren wuchs die Anzahl der Fahrräder auf viele Millionen an.


1
Destillati
ion
1A 517

5 Das Kraftfahrzeug

«Früher trugen Pferde Männer zum Kampf und waren
Helfer und Retter vorm Feind, vorm Steppenbrand, vor Gefahren.»
So gedachte ein Dichter der hohen Stellung,
die in der Vergangenheit das Pferd hatte,
der treue Gefährte des Menschen.
Über viele Jahrhunderte blieb es unentbehrlich für Pflug
und Wagen.
Doch Stolz und Glück des Mannes war, ein Reitpferd zu besitzen;
auf dem Rücken seines Pferdes konnte er dorthin gelangen,
wo er zuvor nie war, zu den großen Städten und fernen Bergen.
Das Maschinenzeitalter hat den leistungsfähigen
Verbrennungsmotor hervorgebracht und die tierische Kraft
verdrängt. Autos und Motorräder brausen über Betonbahnen,
die mitten in die Landschaft gelegt sind.
Und für viele hat das Kraftfahrzeug die gleiche Wertschätzung,
die einst ein Lebewesen, das Pferd, genoß.

Die erste Fahrt mit einem Kraftwagen endete mit einem Verkehrsunfall

Lange Zeit bevor die Explosionsmotoren der ersten Autos aufknallten und biedere Bürger erschreckten, träumten Könige und Erfinder von einem Wagen, der «von selbst» fährt, also keine Pferde benötigt. Unter den Zeichnungen Leonardo da Vincis finden wir den Entwurf zu einem solchen Wagen. Er sollte mit einem kräftigen Federwerk ausgerüstet werden. Doch wie beschwerlich wäre eine Fahrt mit diesem «Automobil» gewesen! Immer wieder hätte man die Fahrt nach kurzer Zeit unterbrechen müssen, um die Feder aufzuziehen.

In einer Nürnberger Chronik aus dem Jahre 1649 wird von so einem Gefährt berichtet, das wirklich gefahren sein soll. Ein Uhrmacher namens Johannes Hautzsch hatte eine Kutsche gebaut, die von einem Federmotor angetrieben wurde und eine Geschwindigkeit von «2 000 Schritt in einer guten Stunde» erreichte. Ein schwedischer Prinz kaufte dem Uhrmacher dieses Fahrzeug für 500 Taler ab.

In Holland, wo von See her fast immer ein scharfer Wind weht, baute im Jahre 1600 Simon Stevin einen Segelwagen, der 28 Personen befördern konnte und bei gutem Wind eine Geschwindigkeit von 30 Kilometern in der Stunde erreichte. Wie aber sollte man mit einem solchen Wagen den Rückweg bewältigen, wenn der Wind nicht seine Richtung änderte?

Als das erste Automobil kann man jenes sonderbare Fahrzeug ansprechen, das am 2. Juli 1771 in Paris seine Jungfernfahrt machte. Gebaut hatte es der französische Ingenieur und Artillerieoffizier Nicolas Joseph Cugnot. Es sollte zum Transport schwerer Geschütze dienen. Daher hatte Cugnot von dem französischen Kriegsminister die Geldmittel zum Bau des Wagens erhalten.

Als Antrieb diente eine Niederdruck-Dampfmaschine. Der Wagen rollte auf drei eisenbereiften Rädern und hatte einen Rahmen aus schweren Eichenbalken. Der Kessel, äußerlich einem großen Kochtopf ähnlich, hing vorn in einer Gabel. Der Fahrer lenkte den Wagen, indem er mittels einer Kurbel die Vorderachse drehte. Da der Kessel und die Maschine dabei mitgedreht werden mußten, bedurfte es dazu athletischer Kräfte. Kein Wunder, daß dieses Fahrzeug bereits bei der ersten Ausfahrt verunglückte. Besetzt mit vier Personen, fuhr es mit seiner Masse von 5 000 Kilogramm gegen eine Mauer und warf sie um. Weder der Wagen noch die Fahrgäste kamen dabei zu Schaden. Weitere Versuche unterblieben.

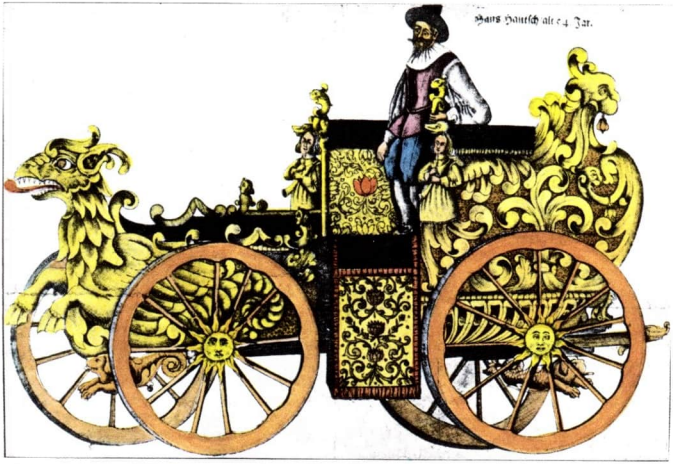
Fahrten mit diesem Dampfauto wären wahrlich kein Vergnügen gewesen. Es kroch mit einer Geschwindigkeit von 4 Kilometern in der Stunde dahin. Alle Viertelstunde hätte man die Fahrt unterbrechen müssen, um den Kessel aufzufüllen und auf erneute Dampfbildung zu warten.

Heute befindet sich dieser älteste Oldtimer der Welt in einem Pariser Museum.

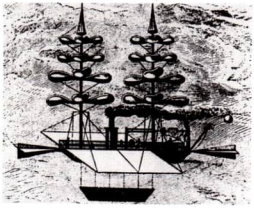
1 Segelwagen, erbaut um 1600 von dem Holländer Simon Stevin

2 Der Federmotorwagen des Uhrmachers Johannes Hautzsch

3 Der Dampfwagen Joseph Cugnots


Hans Hütsch alt c. 4 Jar.

Die ersten Omnibusse wurden mit Dampfkraft bewegt

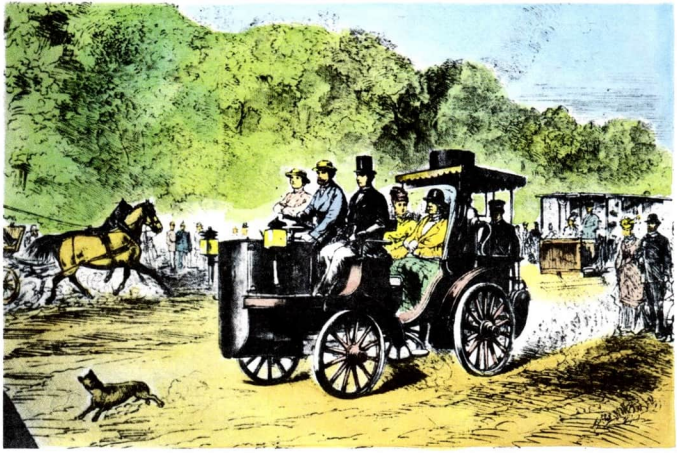


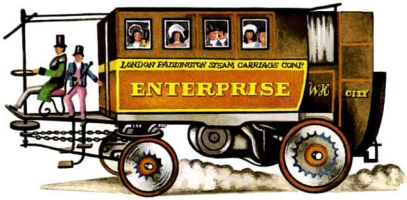
Um das Jahr 1830 verkehrten auf Englands Straßen Omnibusse, die von Dampfmaschinen angetrieben wurden. Ein deutscher Ingenieur, der damals Großbritannien bereiste, machte sich den Spaß, mit einem Pferdetaxi einem solchen Dampfwagen nachzufahren. Er schildert seine Erlebnisse so:

«Obwohl der Dampfwagen 17 Personen beförderte und in kurzen Zeitabständen viele ein- und ausstiegen, hatten wir Mühe, in der Nähe des Wagens zu bleiben. Die aus dem Feuerraum kommende Luft und Asche belästigten ungemein. Mit großer Geschwindigkeit fuhr der Wagen bergab und auf der anderen Seite kaum langsamer geworden hinan. In Paddington setzten wir uns selbst in den Dampfwagen. Die Rückfahrt ging gut vonstatten, nur hatten wir wenig Platz, denn jedermann wollte mit dem Dampfwagen fahren. Bisweilen fürchtete ich, der Dampfwagen würde an andere Lastwagen oder Kutschen anlaufen, aber immer half die große Lenksamkeit des Wagens durch. Dann fuhr der Wagen zur Seite der Straße, hielt hier und nahm Wasser ein. Wir stiegen ab, und jeder bezahlte six Pence. Das Wasser war nach einigen Minuten eingenommen, und der Wagen fuhr ohne alle Verzögerung fort.»

Der Verkehr mit diesen Dampfwagen blühte in England auf. Es gab Fahrpläne und festgelegte Strecken mit Haltestellen. Allerdings waren die damaligen Landstraßen für diesen schnellen Verkehr ungeeignet; oft mußten die Passagiere aussteigen, weil der Omnibus im Sand steckenblieb.

Der Fahrer, der den Wagen steuerte und die Feuermaschine beherrschte, genoß allgemeine Bewunderung, nicht zuletzt, weil er einen Zylinder trug. Und die Omnibusse selbst sahen eigentlich großen





1 Entwurf zu einem von einer Dampfmaschine angetriebenen Luftfahrzeug
2 Probefahrt einer Dampfkalesche in Berlin 1880
3 Der Dampfwagen *Enterprise*, England 1834
4 Solche Dampfautobusse verkehrten auf Englands Landstraßen

Reisekutschen ähnlicher als einem Bus, wie wir ihn heute kennen.

Obwohl sich der Omnibusverkehr großer Beliebtheit erfreute, wurde er überraschend eingestellt. Weshalb geschah das? Die Besitzer der Eisenbahngesellschaften sahen in den Dampfwagen gefährliche Konkurrenten. Die Omnibusgesellschaften konnten nämlich niedrigere Fahrpreise abfordern, denn sie brauchten keine Gleise zu bauen und zu unterhalten. Als sich dann einige Unfälle auf den Straßen ereigneten, konnten die damals allmächtigen Eisenbahngesellschaften im Parlament ein sonderbares Gesetz erwirken: Vor jedem Dampfwagen hatte ein mit einem roten Fähnchen bewaffneter Mann zu gehen, um Fußgängern und Pferdewagenlenkern das Nahen eines Dampfwagens anzuzeigen. Der Dampfomnibus durfte also nur noch mit einer Geschwindigkeit von 4 Kilometern in der Stunde fahren. Jeder rüstige Fußgänger konnte ihn überholen.

Aber es gab noch einen zweiten, gewichtigeren und rein technischen Grund, weshalb die wackeren Dampfomnibusse in den Schuppen gestellt wurden. Die Dampfmaschine als Antrieb für ein Straßenfahrzeug erwies sich als zu ungefügig, zu schwerfällig. Ohne Kohle- und Wasservorrat, ohne Wasserkessel und Feueranlage, ohne ständiges Unterhalten des Feuers war diese Maschine nicht funktionsfähig. Zwar erprobte man noch im Jahre 1880 in Berlin eine Dampfkalesche, und es gab sogar Flugzeugkonstrukteure, die mit Dampfmaschinen ihre Flugapparate antreiben wollten – doch es machte sich ein leichter, möglichst kleiner, schnellaufender Motor zunehmend erforderlich, der jedoch nicht mehr mit «Feuer und Wasser» betrieben werden mußte.

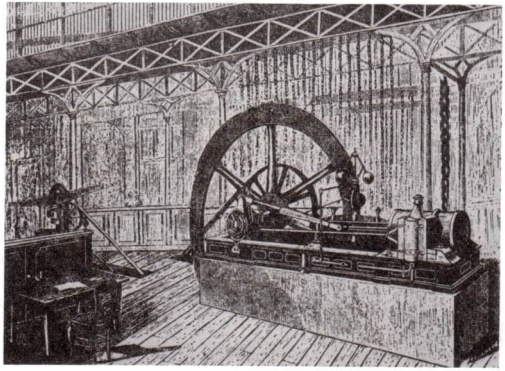
Ein Ingenieur findet seine Laterne nicht, statt dessen findet er einen neuen Energieträger

Kehren wir zurück in das England des Jahres 1792, und zwar nach Soho. Hier stand die erste Dampfmaschinen-Fabrik der Welt, die Firma *Boulton & Watt*. Einer der bedeutendsten Techniker, die in diesem Werk arbeiteten, war William Murdock. Er hatte sich durch unermüdlichen Fleiß vom Arbeiter zum Werkmeister, dann zum leitenden Ingenieur hinaufgearbeitet und eine Reihe wichtiger Erfindungen gemacht, um die Dampfmaschine zu verbessern und die Produktion zu vereinfachen.

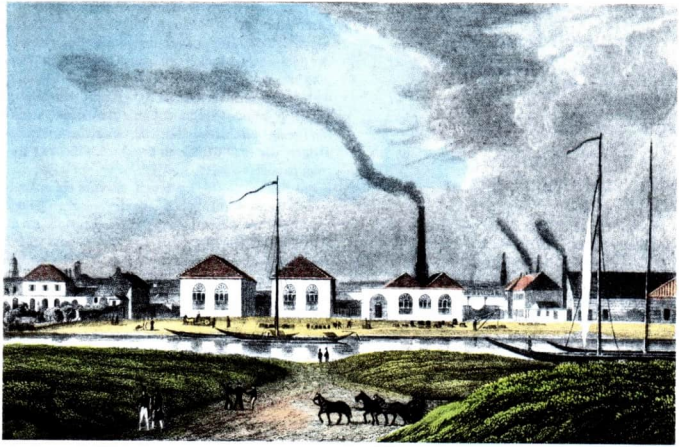
Eines Abends suchte Murdock, ausgehfertig angekleidet, verzweifelt die Laterne, ohne die er sich nicht auf die dunklen Straßen Sohos wagte. Nicht daß er lichtscheues Gesindel gefürchtet hätte. Murdock war ein Mann von kräftigem Körperbau, dem es Spaß machte, sich mit den stärksten Arbeitern im Zweikampf zu messen. Aber wer in den unbeleuchteten, stockfinsteren Straßen nicht gegen Mauern rennen, in Unrat treten, stolpern und in den Rinnstein fallen wollte, der mußte seinen Weg mit dem Lichtschein einer Laterne erhellen.

Da die Lampe unauffindbar blieb, stieg Murdock rasch entschlossen in den Fabrikhof hinab. Er wußte, daß aus den dort aufgeschütteten Kohlenbergen stets brennbare Gase aufstiegen. Mitunter entzündeten sie sich selbst, dann geisterten bläuliche Flammen über den Kohlen. Murdock füllte eine Schweinsblase mit diesem Gas, das zwischen den Kohlen entwich. Danach band er an der Öffnung das Mundstück einer Tabakspfeife fest und drückte seinen «Gasometer» unter den Arm wie einen Dudelsack. Das ausströmende Gas zündete er an, und so machte er sich auf den Weg – mit einer tragbaren und zugleich der ersten Gaslaterne.

1 William Murdock (1754–1839)



2 Der erste betriebsfähige Gasmotor, konstruiert von dem Franzosen Étienne Lenoir, vorgeführt im Jahre 1860
3 Die englische Gasbeleuchtungs-Anstalt in Berlin 1826



Diese Geschichte mag erfunden sein. Tatsache ist, daß Steinkohle, erhitzt man sie unter Luftabschluß, ein brennbares Gas liefert. Und fest steht, daß Murdock 1792 erstmals Fabrikräume mit Gasflammen beleuchtete. In Frankreich machte 1801 der Ingenieur Lebon auf seinem Landgut etwas Ähnliches mit aus Holz gewonnenem Gas. London erhielt 1812 seine erste Gasbeleuchtung. Hier wurde anfangs das Gas in großen eisernen Tanks an die Verbraucher abgegeben. Auf die gleiche Weise lernten 1815 die Pariser das Gaslicht kennen, und endlich erhielt auch Berlin 1826 seine erste Gasanstalt. So fand das Leuchtgas, wie man es nannte, allmählich Eingang in die Wohnungen. Später verwendete man es auch für die Straßenbeleuchtung.

Mit diesem Gas stand ein neuer Energieträger zur Verfügung. Jetzt lag der Gedanke nahe, auch eine neue Kraftmaschine zu entwickeln, einen mit Gas betriebenen Kolbenmotor. Er wurde dringend gebraucht. Die Dampfmaschinen liefen in den großen Fabriken und trieben dort viele Arbeitsmaschinen zugleich an. Aber ein Handwerker, der im Laufe eines Arbeitstages mal seine Drehbank, dann wieder die Bohrmaschine benutzte, suchte bisher vergeblich nach einer kleinen, billigen Kraftmaschine, die er in seiner Werkstatt aufstellen konnte. Außerdem traten die Nachteile der Dampfmaschine immer offener zutage. Die Wärme, die der Brennstoff abgab, ließ sich nicht unmittelbar nutzen. Stets war der Dampf als Zwischenträger nötig. Daher konnte die Dampfmaschine im günstigsten Fall nur 12 Prozent der Energie, welche die verbrennende Kohle enthielt, in nutzbare Energie umwandeln.

Den französischen Mechanikermeister Étienne Lenoir bewegten ähnliche Gedanken über die Dampfmaschine: Sie war groß und umständlich in ihrer Konstruktion, und sie verschwendete Energie. Wesentlich einfacher und wirtschaftlicher könnte eine Kolbenmaschine arbeiten, wenn man einen Brennstoff, etwa das Leuchtgas, nicht unter dem Dampfkessel, sondern direkt im Arbeitszylinder verbrannte. Natürlich mußte man dann außer Gas auch Luft in den Zylinder einströmen lassen, weil zur Verbrennung Sauerstoff erforderlich ist.

Lenoir wagte sich an den Bau eines Gasmotors, und 1860 gelang es ihm tatsächlich, die Maschine in Gang zu bringen. Der Motor lief betriebssicher und wurde gern gekauft. Allerdings, wie konnte es anders sein, zeigte dieser erste Gasmotor Kinderkrankheiten: Er lärmte sehr und verbrauchte unwahrscheinliche Mengen an Leuchtgas und Schmieröl, so daß mancher klagte: «Das ist kein Motor, sondern ein Gasfresser, ein sich drehendes Stück Fett.»

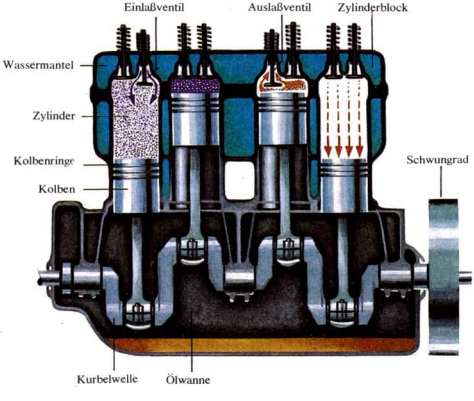
Mit der ebenso einfachen wie genialen Regel *Ansaugen – Verdichten – Zünden – Ausstoßen* schuf ein Handlungsgehilfe eine neue Generation von Kraftmaschinen

Dies ist die vereinfachte Darstellung eines Viertakt-Ottomotors: Der Zylinderblock mit den Kolben und der Kurbelwelle, den Ventilen und Zündkerzen, dem Schwungrad – ein alltäglich gewordenes Wunderwerk der Technik. Die Kolben sind haargenau eingepaßt, ihre Bewegungen in den Zylindern wurden von geschulten Fachleuten mit größter Präzision zeitlich aufeinander abgestimmt. In nur Bruchteilen einer Sekunde vollzieht sich in jedem Zylinder ein kompliziertes Zusammenspiel: Der Kolben saugt ein Kraftstoff-Luft-Gemisch an und verdichtet es. Ein elektrischer Funken entzündet das Gemisch, so daß es sich explosionsartig ausdehnt und gegen den Kolben drückt. Dann stößt der Kolben die Verbrennungsrückstände aus. Vier Takte sind es, die aufeinanderfolgen. Im Augenblick der Zündung erhitzt sich der Verbrennungsraum im Zylinder auf 1 800 Grad Celsius. Während einer Stunde zügiger Fahrt auf der Autobahn hämmern rund 100 000 Explosionen auf jeden Kolben ein.

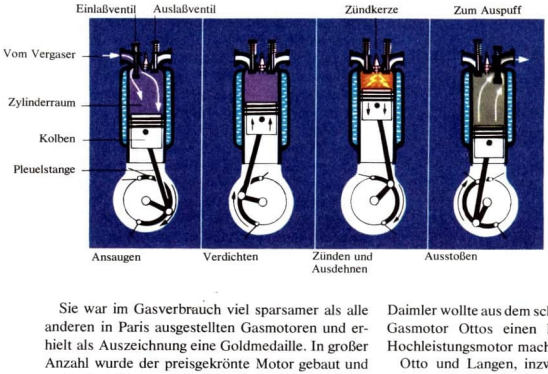
Er ist schon ein technisches Meisterstück, der Ottomotor. Diesen Namen benutzt man heute für alle Vergasermotoren mit Fremdzündung. Denn es war der deutsche Techniker Nikolaus Otto, der das Viertakt-Prinzip entwickelt und 1876 den ersten Viertaktmotor mit großem Erfolg vorgeführt hat. Dabei wollte er keineswegs eine Antriebsmaschine schaffen für das *véhicule automobile*, den *selbstfahrenden Wagen*, wie man damals in Frankreich dieses Fahrzeug nannte.

Nikolaus Otto, 1832 geboren, erlernte einen kaufmännischen Beruf. Doch alle technischen Dinge fesselten ihn wesentlich mehr als die Apfelsinen, Bananen und Datteln, die er tagsüber feilbot. An den Abenden eignete er sich das Wissen an, das andere auf einer technischen Hochschule erlangten.

Mit 30 Jahren gab er seinen Beruf auf und beschäftigte sich fortan nur noch mit Gasmotoren. In dem wohlhabenden Ingenieur Eugen Langen fand er einen interessierten Partner. Auf der Pariser Weltausstellung im Jahre 1867 zeigte Otto seinen ersten Motor: In einem stehenden Zylinder bewegte sich ein Kolben, der Leuchtgas und Luft ansaugte. Ein Gasflämmchen zündete das Gemisch. Durch die Wucht der Explosion flog der Kolben nach oben und prallte gegen Gummipuffer. Die Verbrennungsgase kühlten sich ab, und im Zylinder entstand ein Unterdruck. Der Kolben wurde daher vom äußeren Luftdruck nach unten gepreßt; dies war der eigentliche Arbeitshub. Es handelte sich also noch nicht um einen Viertaktmotor, sondern um eine atmosphärische Maschine.



1 Nikolaus Otto (1832–1891)
2 Schnitt durch einen wassergekühlten Vierzylinder-Otto-Motor. Abwechselnd vollzieht sich in jedem Zylinderraum ein Verbrennungsvorgang, also ein Arbeitstakt. Dies geschieht in der Folge Zylinder 1, 3, 4, 2



3 Der Viertakt-Ottomotor: 1. Takt – Das Auslaßventil ist geschlossen. Der Kolben saugt vom Vergaser ein Kraftstoff-Luft-Gemisch an; 2. Takt – Beide Ventile sind geschlossen. Der Kolben verdichtet das Gemisch; 3. Takt (Arbeitstakt) – Ein elektrischer Funke bringt das Gemisch zur explosionsartigen Verbrennung. Die Verbrennungsgase dehnen sich aus und treiben den Kolben nach unten; 4. Takt – Das Auslaßventil ist geöffnet. Der Kolben schiebt die Verbrennungsgase aus

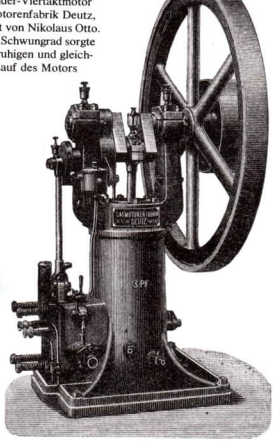
Sie war im Gasverbrauch viel sparsamer als alle anderen in Paris ausgestellten Gasmotoren und erhielt als Auszeichnung eine Goldmedaille. In großer Anzahl wurde der preisgekrönte Motor gebaut und verkauft. Man setzte ihn dort ein, wo kein Dauerbetrieb nötig war, also in kleineren Handwerksbetrieben, in Druckereien, Pumpwerken.

Durch diese Erfolge ermutigt, gründeten Otto und Langen in Köln die *Gasmotorenfabrik Deutz AG*. Sie gewannen zwei besonders befähigte Ingenieure als Mitarbeiter, Gottlieb Daimler und Wilhelm Maybach. Daimler, der technische Direktor des Werkes, und Maybach, der Chef des Konstruktionsbüros, trugen mit ihrer Sachkenntnis dazu bei, den atmosphärischen Motor zu verbessern. Er wurde funktionstüchtiger und betriebssicherer. Doch seine Leistung, die etwa 2 kW betrug, ließ sich nicht steigern.

Nikolaus Otto erkannte bald, daß eine höhere Leistung nur durch einen völlig anders konstruierten Motor erzielt werden konnte. Bereits einige Jahre zuvor hatte er mit einem Viertaktmotor experimentiert. Aber die Explosionen im Motor waren derartig stark gewesen, daß Otto die Versuche aufgegeben hatte. Nun kehrte er zu seinen damaligen Forschungen zurück. Und 1877, nach langer, gründlicher Vorarbeit, brachte die Gasmotorenfabrik in Deutz den ersten Viertaktmotor auf den Markt. Die Fachwelt bestaunte ihn, denn seine Leistung betrug 35 kW. Später wurde sie sogar auf 70 kW gesteigert.

An der Entwicklung dieses Motors hatten sich Gottlieb Daimler und Wilhelm Maybach maßgeblich beteiligt. Dennoch kam es zwischen ihnen und Nikolaus Otto aus mehreren Gründen zu Streitigkeiten. Vor allem Daimler fühlte sich getäuscht. Er hatte gehofft, in dieser Fabrik auch einen eigenen Motor entwickeln zu dürfen, einen leichten, transportablen Motor, der keine Leuchtgasleitung brauchte, sondern mit einer Art «Gasanstalt» ausgestattet war und mit Petroleum oder Benzin gespeist werden sollte. Kurz, Daimler wollte aus dem schweren, langsamlaufenden Gasmotor Ottos einen leichten, schnellaufenden Hochleistungsmotor machen.

Otto und Langen, inzwischen Unternehmer geworden, standen in einem harten kapitalistischen Konkurrenzkampf und mußten mehrere Patentprozesse durchfechten. Sie gedachten, das glänzend gehende Geschäft auszunutzen und so viele ortsfeste Gasmaschinen zu bauen wie nur möglich. An Aufträgen mangelte es nicht. Von Daimlers zukunftsweisender Idee wollten sie nichts wissen. So kam es, daß sich Daimler und Maybach von der Deutzer Gasmotorenfabrik trennten.



4 Einzylinder-Viertaktmotor der Gasmotorenfabrik Deutz, konstruiert von Nikolaus Otto. Das große Schwungrad sorgte für einen ruhigen und gleichmäßigen Lauf des Motors

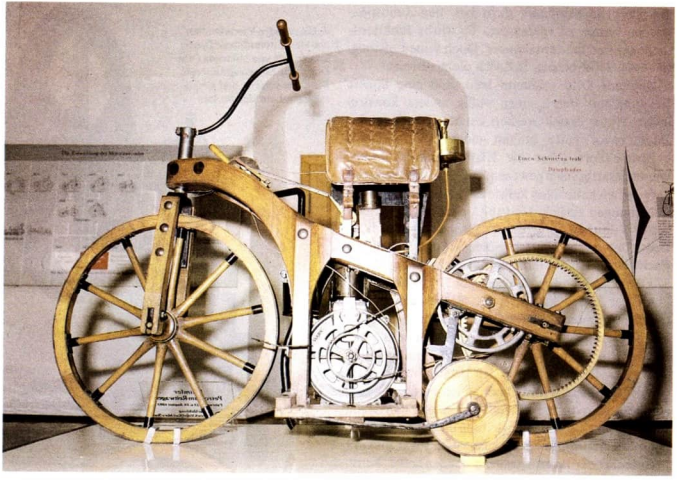
«Man solle
jedem schaffenden Menschen
zumindest eine Pferdestärke
zur Verfügung stellen,
damit die wertvolle Kraft
menschlicher Hände
für andere Aufgaben
frei werde.»
Gottlieb Daimler (1834–1900)

1 Gottlieb Daimler (1834 bis 1900)
2 Daimlers Petroleum-Reitwagen aus dem Jahre 1885

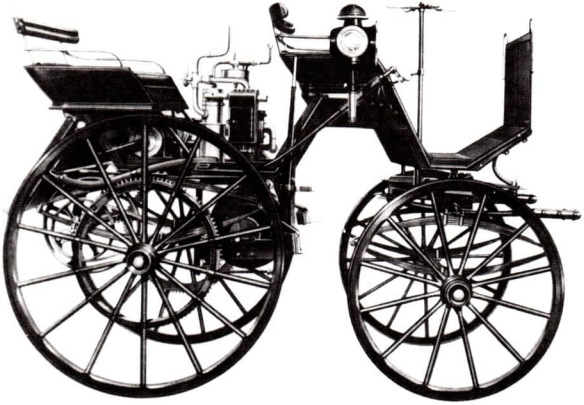
Eine Sommernacht des Jahres 1885. Das württembergische Städtchen Bad Canstatt liegt im tiefen Schlaf. Drei Männer übersteigen den Zaun eines Villengrundstückes, ein Polizeidetektiv und zwei Uniformierte. Sie nähern sich dem Gartenhäuschen und lauschen. Da vernehmen auch sie es, dieses verdächtige Rumoren, das Tag und Nacht die Nachbarschaft beunruhigt. Jetzt werden sie die Falschmünzerwerkstatt in vollem Betrieb überraschen und ausheben. Entschlossen stoßen sie die Tür auf.

Sie entdecken zwei Männer in ölverschmierten Kitteln, in den Händen Zangen und Schraubenschlüssel. Eine Werkbank, ein paar Maschinen. Es riecht intensiv nach Petroleum. Von Falschgeld keine Spur. Mehr erleichtert als enttäuscht geht die Polizei davon, nachdem sie sich hat überzeugen lassen, daß dies keine Falschmünzer-, sondern eine Erfinderwerkstatt ist. Sie gehört Gottlieb Daimler und Wilhelm Maybach.

Beide waren 1882 aus der Gasmotorenfabrik in Deutz ausgeschieden. Seitdem hatten sie mit drei Schlossern in ihrer Werkstatt geduldig gebastelt und montiert, um Motoren zu entwickeln, die schneller liefen als die bisherigen. Die Gasmotoren in Deutz waren über 200 Umdrehungen in der Minute nicht hinausgekommen. Das lag zu einem großen Teil an der Zündung; die durch einen Schieber gesteuerte Flammenzündung und auch die elektrische Zündung



3 Von Daimler im Jahre 1886 gebaute Motorkutsche



versagten bei höheren Drehzahlen. Daimler erfand für seinen Motor ein neues Zündsystem: Eine Flamme erhitzte ein Röhrchen, das in den Zylinder hineinragte, bis zur Rotglut. Daran sollte sich das Kraftstoff-Luft-Gemisch beim Verdichten entzünden.

Am 13. August 1883 lief im Gartenhaus der Canstatter Villa der erste Motor an. Er war wesentlich kleiner und leichter als alle damals bekannten Kraftmaschinen. Das schmiedeeiserne Schwungrad vollführte zögernd die ersten Umdrehungen, dann – der Motor knatterte mächtig auf – kam es auf eine ungewöhnlich hohe Drehzahl. Die glücklichen Konstrukteure Daimler und Maybach errechneten 800 bis 900 Umdrehungen in der Minute.

Im Jahre 1885 baute der 51jährige Daimler das erste Motorrad der Welt, seinen *Petroleum-Reitwagen.* Die ungefügen Räder und der schwere Rahmen waren aus Eichenholz gefertigt. Der eisenharte Sattel bestand aus einem mit Leder bezogenen Blech. Der Motor wurde mit einer Handkurbel angeworfen. Die Kraftübertragung auf das Hinterrad erfolgte durch Riementrieb. Daimler konnte unter zwei Gängen wählen; wollte er die Geschwindigkeit seines Gefährts von 6 auf 12 Kilometer je Stunde steigern, so mußte er den Wagen anhalten und den Treibriemen mit der Hand von der großen Riemenscheibe auf die kleinere umlegen. Am 10. November 1885 startete Daimler zur ersten Überlandfahrt. Sie führte über eine 3 Kilometer lange Strecke und verlief erfolgreich.

Ein Jahr darauf baute Daimler eine Motorkutsche. Er kaufte einen Pferdewagen, montierte die Deichsel ab und setzte einen 1-kW-Motor in das Gefährt. Damit fuhr er durch Bad Canstatt spazieren. Eigentlich hatte er gar nicht beabsichtigt, Kraftfahrzeuge zu schaffen. Der leichte und handliche Gasmotor sollte vielmehr ganz allgemein die Arbeit des Menschen erleichtern helfen. Und diese ersten motorgetriebenen Fahrzeuge sollten lediglich nachweisen, wie brauchbar der schnellaufende Benzinmotor war und wie vielseitig er sich verwenden ließ, auch für den Einbau in Boote, Schienenfahrzeuge, Feuerspritzen, Luftschiffe. Doch später widmete sich Daimler ausschließlich dem Automobilbau. Wagen, die mit seinen Motoren ausgestattet waren, beteiligten sich erfolgreich an Automobilrennen in Frankreich. Daimler baute Luxuswagen für anspruchsvolle Käufer, aber auch die ersten Lastkraftwagen und Autobusse.

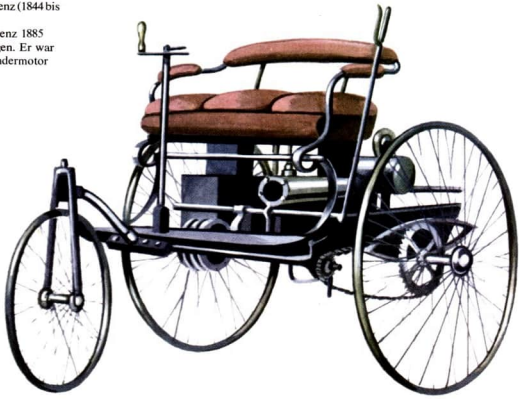
«Nur dadurch,
daß der praktische Arbeiter
und der technische Forscher
sich in mir die Hände reichten,
war es mir möglich,
dem werdenden Motorwagen
alle Tücken, Launen
und Bosheiten auszutreiben.»
Carl Benz (1844–1929)

Zu der Zeit, als Gottlieb Daimler bereits Direktor der Gasmotorenfabrik in Deutz war, knauserte in Mannheim der Ingenieur Carl Benz mit jedem Groschen. Reichtümer hatte ihm sein Vater, ein Lokomotivführer, nicht hinterlassen können. Doch Benz hatte eine sehr gute, solide Ausbildung genossen und dann zwei Jahre lang als Schlosser in einer Maschinenfabrik gearbeitet, in der besonders großer Wert auf Präzisionsarbeit gelegt wurde. Jetzt hauste er mit seiner Familie in zwei Zimmerchen und hielt sich durch eine kleine Werkstatt über Wasser, in der er Motoren baute. Sein Zweitaktmotor, eine eigene patentgeschützte Konstruktion, arbeitete äußerst zuverlässig und verkaufte sich gut. So konnte er mit einigen Teilhabern eine Gasmotorenfabrik gründen.

Von Anfang an verfolgte Benz das Ziel, ein von Motorkraft getriebenes Fahrzeug zu schaffen. Die Aktionäre aber wollten Geld verdienen; für abenteuerliche Pläne hatten sie nichts übrig. Da trennte sich Benz von seinen Teilhabern, um auf eigene Faust Automobile zu bauen. Leider mußte er feststellen, daß sich sein Zweitakter nicht für den Einbau in ein Gefährt eignete. Daraufhin konstruierte er einen wassergekühlten Viertaktmotor mit elektrischer Zündung, der 450 Umdrehungen in der Minute erreichte. Den baute er in einen dreirädrigen Wagen ein. Im Frühjahr 1885 machte sich Benz auf dem Hof seiner Fabrik mit der Fahrweise vertraut. Bald wagte er sich auf die Straße; er fuhr, angestaunt von Bürgern und Gassenjungen, stolz am Neckarufer entlang.

Eine Mannheimer Zeitung beschrieb das Fahr-

1 Carl Friedrich Benz (1844 bis 1929)
2 Der erste von Benz 1885 gebaute Motorwagen. Er war mit einem Einzylindermotor ausgerüstet



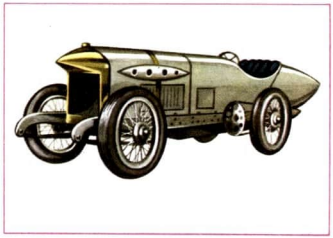
zeug. «Am hinteren Ende des Fahrwerks liegt ein Gasmotor von $^3/_4$ PS. Neben demselben befindet sich ein Kupfergefäß zur Aufnahme des Benzins, etwa 4 Liter enthaltend, das auf zehn Stunden vorhält. Von hier aus tritt das Benzin tropfenweise in ein anderes Gefäß, in welchem es sich in Gas verwandelt, das wiederum durch den Zutritt atmosphärischer Luft in explosionsfähiges Gas umgewandelt wird. Der Gasmotor wirkt durch Übersetzung auf das Fahrwerk und setzt es in Bewegung. Die Schnelligkeit ist 16 Kilometer in der Stunde, die Herr Benz auf 24 zu steigern gedenkt. Die Handhabung des Fahrzeugs geschieht durch einen einfachen Hebel vom Sitz aus. Mit einem einzigen Ruck wird das Fahrzeug angehalten, und zwar auf eine Entfernung von drei Meter.»

Carl Benz baute noch weitere drei Wagen, weil er hoffte, sie zu verkaufen. Aber die Käufer kamen nicht. Arme Leute hätten ein Auto nicht bezahlen können, und die Wohlhabenden bevorzugten standesgemäße Kutschen mit gepflegten Rassepferden. Außerdem hatte man wenig Vertrauen zu dieser knatternden Benzinkutsche. Das altbewährte Pferdegespann hielt man für zuverlässiger. Verärgert und enttäuscht stellte Benz schließlich seine Autos in den Schuppen.

An einem Sommermorgen des Jahres 1888 fiel Benz, als er aufwachte, die Totenstille auf, die im Hause herrschte. Gewöhnlich wurde er vom Umhertollen seiner beiden temperamentvollen Söhne aus dem Schlaf gerissen. Er durchsuchte das Haus, die Jungen waren nicht aufzufinden. Auch seine Frau war fort. Dann, im Hof, machte er eine sonderbare Entdeckung. Das Schuppentor stand weit offen; einer der Motorwagen war verschwunden. Erst am späten Abend kam ein Telegramm, das Aufklärung brachte. Die unternehmungslustige Frau Benz hatte sich gesagt, man müsse für das Auto endlich ordentlich Reklame machen. Heimlich war sie in aller Frühe mit den Söhnen zu einer Fernfahrt gestartet, die über Heidelberg nach Pforzheim, also über eine Strecke von 80 Kilometern führte. Das Wagnis glückte; die drei erreichten, nachdem sie einige Motorpannen überwunden hatten, am selben Tag das Ziel. Diese Sensation kam in die Zeitungen, und damit war der Bann gebrochen. Das Auto hatte seine Zuverlässigkeit bewiesen.

Carl Benz meldete seine Erfindung zu einer Gewerbeausstellung in München an. Welches Aufsehen sein Wagen dort erregte, schilderte das *Münchener Tageblatt*. «Noch nie bot sich den Passanten in den Straßen unserer Stadt ein verblüffenderer Anblick, als im Laufe des Samstag Nachmittag, wo eine Einspänner-Chaise ohne Pferd und Deichsel mit aufgespanntem Dache, unter welchem ein Herr saß, auf drei Rädern dem Innern der Stadt zueilte. Es war ein patentirter Motorwagen der Firma Benz & Co., wie eine solche Kalesche in der Kraftmaschinenausstellung auf dem Isarthorplatze zu sehen ist. Ohne die Kraftanstrengung der Füße von Seiten des Fahrgastes, wie bei den Velocipeden, rollte der Wagen dahin, gefolgt von einer großen Zahl atemlos nacheilender junger Leute. Die Bewunderung sämtlicher Passanten, welche sich momentan über das ihnen gebotene Bild kaum zu fassen vermochten, war ebenso allgemein als groß.»

3 Benz-Wagen aus dem Jahre 1888



4 Ein erfolgreicher Rennwagen, *Blitzen-Benz*, 1911

5 Motorkutsche aus dem Jahre 1898

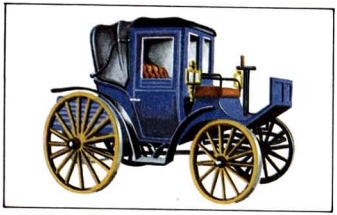
Das Auto war erfunden! War es wirklich schon ein Auto?

Daimlers erste Benzinkutsche bestand aus einer handelsüblichen Pferdekarosse, in die er einen Motor eingebaut hatte. Und bei dem ersten Benz-Wagen hatte das dreirädrige Fahrrad Pate gestanden; Räder und Lenkgabel lassen das leicht erkennen. Ein großes Problem für Benz war die elektrische Zündung, die aus galvanischen Elementen gespeist wurde. Unversehens, nach einigen Kilometern Fahrt, gab die Batterie keinen Strom mehr ab. Die Kraftübertragung erfolgte mittels Riementrieb; wollte Benz eine größere Steigung nehmen, begannen die Riemen zu rutschen. Bei steilen Bergabfahrten konnte er sich auf die zierlichen, mit Leder beschlagenen Klotzbremsen nicht ernsthaft verlassen. Fuhr er eine enge Kurve, drehten sich mitunter die Vollgummireifen von den Felgen. Mit diesen und vielen weiteren Tücken mußten sich Benz und andere Pioniere des Kraftfahrzeugbaus herumplagen.

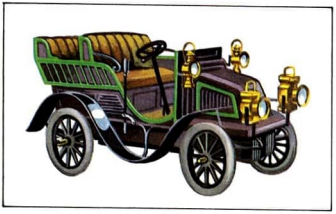
Sie konzentrierten sich erst einmal darauf, die Leistung und Betriebssicherheit der Motoren zu verbessern. Das Fahrwerk blieb zunächst den Pferdekutschen sehr ähnlich. Als aber dann 7-kW- und sogar 15-kW-Motoren diese schwankenden Gestelle in Fahrt versetzten, befaßte man sich auch mit diesem technischen Problem. Ja, man mußte jetzt den Kraftwagen in jeder baulichen Einzelheit den leistungsfähigeren Motoren und den höheren Geschwindigkeiten anpassen. Man überlegte sich eine günstigere Massenverteilung: Der Motor kam nach vorn und erhielt eine Haube. Er belastete nun die Vorderachse, wodurch der Wagen eine bessere Straßenlage bekam. Der Fahrer saß jetzt hinter dem Motor, und anstelle der schwerfällig reagierenden Kurbellenkung fand er Lenksäule mit Lenkrad vor. Die Motorkraft wurde über eine Kupplung auf das Getriebe und von dort auf die Hinterräder übertragen. Auf die Zündung war Verlaß, seitdem der deutsche Ingenieur Robert Bosch im Jahre 1902 eine Hochspannungsmagnetzündung erfunden hatte, die auch bei hohen Drehzahlen des Motors einwandfrei funktionierte.

Für das sichere Befahren von Kurven auch bei verhältnismäßig hoher Geschwindigkeit versah man die Treibachse mit einem Ausgleichs- oder Differentialgetriebe. Es sorgt dafür, daß sich das äußere Rad rascher drehen kann als das innere. Dies ist notwendig, weil die Räder unterschiedliche Kreisbögen zu fahren haben. Um das Rütteln und Schütteln auf den stuckerigen Straßen zu mildern und damit auch die Lebensdauer des Kraftwagens zu erhöhen, wurden die Räder mit den von dem schottischen Tierarzt John Dunlop erfundenen Luftreifen versehen.

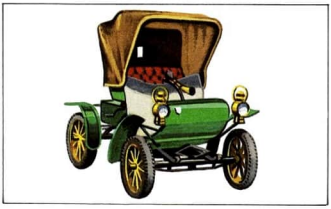
Noch war jedes dieser Autos eine Einzelanfertigung, die in solider Handwerksarbeit entstand und demzufolge außerordentlich teuer war. In einem Technikbuch der damaligen Zeit wird der Preis eines «Normalwagens des Jahres 1905» mit 23 500 Goldmark angegeben. Und nicht selten bereitete er dann noch seinem Besitzer mehr Kummer als Freude. Doch nun war die Grundkonstruktion für ein völlig neues Fahrzeug geschaffen, das mit der Pferdekutsche keine Ähnlichkeit mehr aufwies.



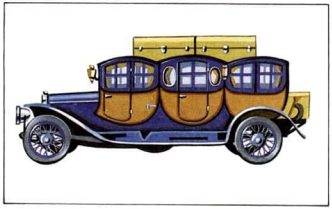
1 Ein Luxusauto der Vergangenheit, Benz-Coupé *Mylord*



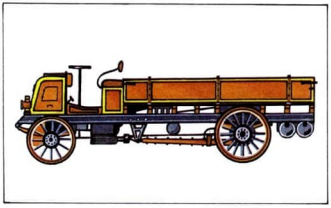
2 Wartburg-Automobil aus dem Jahre 1902, Zweizylinder-Viertaktmotor, Höchstgeschwindigkeit 40 km/h



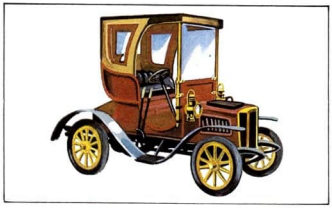
3 «Gazelle», gebaut 1904,
Höchstgeschwindigkeit 45 km/h



4 Luxus-Reiseautomobil,
Baujahr 1913

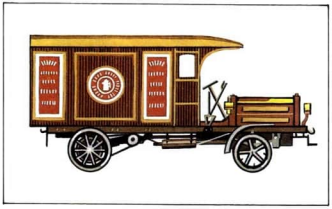


5 Büssing-Lastwagen
aus dem Jahre 1901



6 *Dixi*, Baujahr 1905, Einzylinder-Viertaktmotor,
Höchstgeschwindigkeit 40 km/h

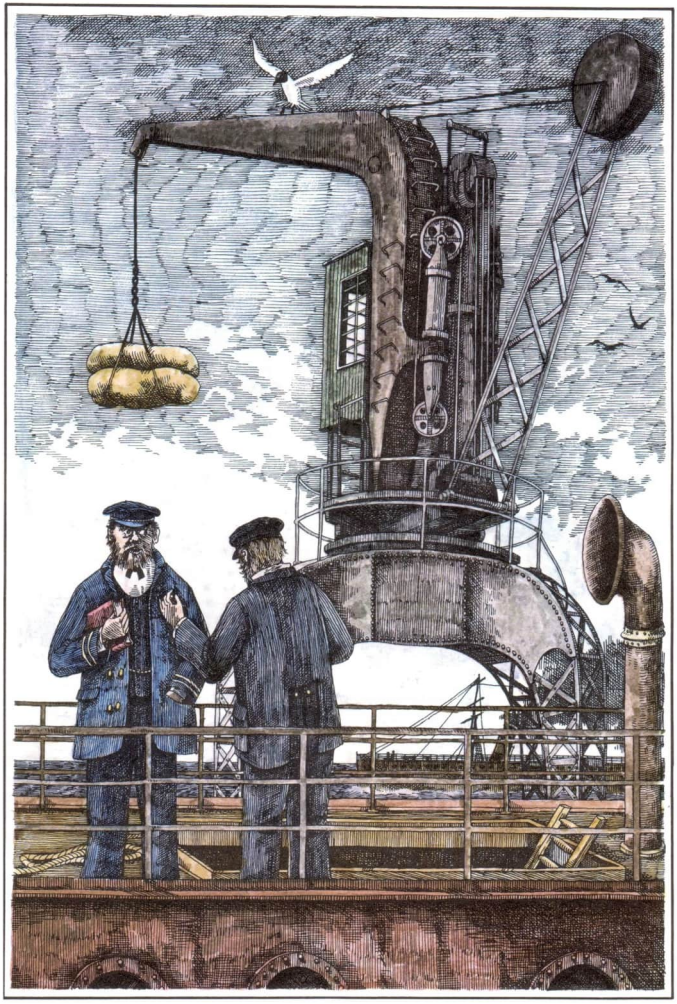
7 Opel Stadt-Coupé
aus dem Jahre 1911



8 Geschlossener Lastwagen
aus dem Jahre 1913

9 Doppelstock-Autobus,
Baujahr 1913

10 Berliner Kraftdroschke,
um 1910



6 Der Kran

Bereits im Altertum stand der Mensch vor der Notwendigkeit,
schwere Gegenstände unterschiedlichster Art
an andere Orte zu versetzen.
Besonders schwierig war das Bewegen von Lasten in die Höhe,
beispielsweise das Heben von Steinblöcken beim Hausbau,
das Aufrichten von Standbildern
oder einfach das Entladen von Schiffen in den Häfen.
Dies mit wenig Kraftanstrengung zu verrichten,
also mit geringer Muskelkraft auch schwerste Lasten zu heben,
ist ein uraltes Trachten der Menschen.

«Gib mir einen festen Punkt im All, auf dem ich stehen kann, und ich hebe den Erdball aus seinen Angeln!»

Archimedes von Syrakus (um 287–212 v. u. Z.)

Im Jahre 213 v. u. Z. landete der römische Feldherr Claudius Marcellus mit einer Legion kampferprobter Soldaten auf Sizilien, um die griechische Stadt Syrakus zu erobern. Die sieggewohnten Kohorten näherten sich der hohen Stadtmauer, als ihnen unerwartet ein verheerender Hagel von Pfeilen und Steingeschossen entgegenflog und ganze Einheiten zu Boden warf.

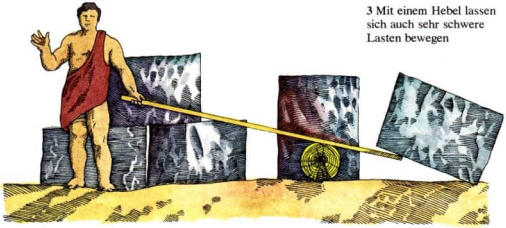
Ein zweiter Angriff erfolgte von See her. Als die Schiffe an der Stadtmauer landen wollten, senkten sich von ihr Balken herab, welche die Schiffe in den Grund bohrten; andere hatten mächtige Greifarme, mit denen sie den Bug der Schiffe aus dem Wasser hoben. Die Soldaten stürzten über Bord und wurden von ihren schweren Rüstungen in die Tiefe gezogen. Entsetzen verbreitete sich unter den Truppen; Marcellus mußte den Angriff abbrechen und begann, Syrakus zu belagern. Immer wieder versuchte er, die Stadt zu erstürmen. Ohne Erfolg. Die Verteidiger hatten Kriegsmaschinen, die nicht zu überwinden waren, und mitunter glaubte Marcellus, daß die Stadt von Göttern verteidigt werde.

Weder ein Gott noch ein Feldherr hatte diese Kriegsmaschinen ersonnen, sondern der geniale Gelehrte Archimedes. Er war zu jener Zeit 74 Jahre alt und genoß den Ruf des größten Mathematikers, Physikers und Technikers seiner Zeit. In jungen Jahren hatte er in Alexandria gelebt, um dort zu studieren. Danach kehrte er in seine Heimatstadt Syrakus zurück. Er berechnete Kreisumfang und Kreisinhalt und bestimmte die dazu notwendige Zahl Pi. Er erkannte, daß die Rauminhalte eines Zylinders, einer Halbkugel und eines Kegels im Verhältnis 3 zu 2 zu 1 stehen, wenn diese gleiche Grundflächen und Höhen haben. Mit einem bis auf den heutigen Tag in aller Welt berühmten Experiment, durch das Archimedes einen betrügerischen Goldschmied überführte, entdeckte er den Auftrieb. Mit dessen Hilfe läßt sich die Dichte von Körpern bestimmen.

In jener Zeit mußten alle Hebearbeiten mit Muskelkraft verrichtet werden. Daher strebte man nach Hilfsmitteln und Maschinen, die Kraft «sparten»: Mit möglichst geringem Kraftaufwand sollten auch große und schwere Lasten bewegt werden. Zu solchen Geräten zählte der Hebel. Seine Verwendung war uralt. Die Arbeiter schoben eine Eisenstange oder einen hölzernen Hebebaum unter die Last, drückten den langen Arm des Hebels nieder, und schon ließ sich die Last mit geringer Anstrengung heben.

Archimedes war ein glänzender Mathematiker, und so gelang es ihm, erstmals über die Kräfte, die am Hebel wirken, ein Gesetz aufzustellen. In seiner Freude über diese Entdeckung schrieb er an den König von Syrakus: Gib mir einen festen Punkt, und ich hebe den Erdball aus den Angeln! Zweifellos

2 Archimedes von Syrakus



3 Mit einem Hebel lassen sich auch sehr schwere Lasten bewegen

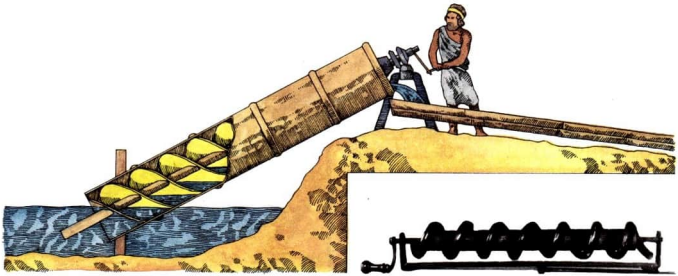
wollte er damit sagen, daß der Mensch, wenn er die Naturgesetze erforscht und anwendet, die Natur auch beherrschen kann.

Archimedes entdeckte noch andere wichtige Gesetze in der Mechanik. Und er war wohl der erste Techniker, der Maschinen entwerfen konnte, die er zuvor berechnet hatte. Er erfand etwa vierzig Maschinen und Vorrichtungen, darunter Hebelmaschinen, Winden und die endlose Schraube, die zum Wasserheben diente. Außerdem den Flaschenzug, ein Gerät, das aus Seilen und Rollen besteht und erhebliche Kräfte beim Bewegen oder Heben von Lasten «spart». Winden und Flaschenzüge vereinigte er zu Hebekränen. Auch die Kriegsmaschinen, mit denen er die Legionen des Feldherrn Marcellus in Schrecken versetzte, beruhten in erster Linie auf Hebelwirkungen.

Zwei Jahre belagerte Marcellus die Stadt, aber er konnte dem römischen Senat nur Niederlagen melden. Da die Syrakuser im offenen Kampf nicht zu schlagen waren, ersann er eine List. Er wußte, daß man in Syrakus den Jahrestag der Göttin Artemis stets mit Volksfesten feierte. Sicherlich würde dabei die Wachsamkeit der vom Wein berauschten Verteidiger nachlassen.

In jener Nacht gelang es seinen Truppen, die Wache eines abgelegenen Tores zu überrumpeln. Bei Sonnenaufgang drangen die Legionäre in die Stadt ein und rächten sich blutig für die erlittenen Niederlagen. Bei diesem Kampf traf ein Legionär, das blanke Schwert in der Faust, auf einen alten Mann, der in einem Garten saß und mit einem Stab irgend etwas in den Sand kritzelte. Der Greis sah kaum auf und sagte ungehalten: «Störe meine Kreise nicht!» Ohne zu wissen, daß er vor Archimedes stand, stieß der Legionär ihm das Schwert in die Brust.

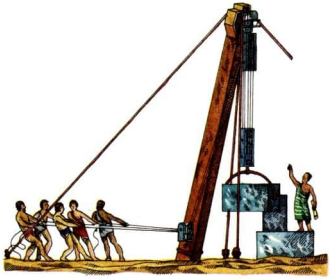
So starb Archimedes. Die Gesetze jedoch, die er gefunden hatte, werden auch in Zukunft an allen Schulen der Welt gelehrt. Und Generationen von Technikern bedienten sich seiner Formeln und der von ihm entwickelten Maschinenelemente – der Kurbel und der Winde, der Seilzüge und der Rollen –, wenn sie Fördermaschinen und Krananlagen konstruierten.



4 Die von Archimedes entwickelte Wasserschnecke, auch Archimedische Schraube genannt, diente vornehmlich zur Bewässerung der Felder

5 Das Modell einer Archimedischen Schraube

Viele Jahrhunderte lang wurden Kräne lediglich durch Muskelkraft betrieben



Ein Kran dient vornehmlich dem senkrechten Transport von Lasten, denn er hebt – etwa beim Entladen eines Frachtschiffes – Ballen, Säcke oder Container aus dem Laderaum und läßt sie dann auf den Pier des Hafens hinab. Dazu muß der Kran auch imstande sein, mit der Last zu schwenken und zu fahren.

Wie mag sich diese Art des Lastentransportes entwickelt haben? Die Anfänge liegen Jahrtausende zurück. Hatte man zum Beispiel einen schweren Stein auf einen Karren zu laden, so knüpfte man die Last an ein Bastseil, warf dieses über einen Baumast und zog an dem freien Seilende den Stein empor. Doch dabei scheuerte das Seil an der Baumrinde und ging bald entzwei. Es war ein großer Fortschritt, als man das Seil über eine Rolle leitete.

Eine wichtige Erfindung des Altertums war der Flaschenzug. Er wird auch heute bei den Kränen verwendet. Unter einer Flasche versteht man den Block, in dem Rollen gelagert sind. Die Rollen haben Rillen, um das Seil führen zu können. Es handelt sich also um Seilmaschinen. Mit ihrer Hilfe läßt sich eine beliebige Last an zwei, vier, sechs oder mehr Seilstränge hängen. Die Last verteilt sich auf die Anzahl der tragenden Seilstücke. Infolgedessen braucht am freien Seilende nur mit einem Bruchteil der Gewichtskraft gezogen zu werden. Dies nutzte man bereits bei der Arbeit mit dem altgriechischen Baukran aus. Wir wissen nicht, wer diese Seilmaschine erfunden hat; wahrscheinlich waren es Griechen, die einen Holzmast und einen Flaschenzug zu einer Maschine, dem Kran, vereinten. Dies geschah vor über 2000 Jahren.

Aus dem 1. Jahrtausend u. Z. ist nur wenig über den Kranbau bekannt. Im 13. und 14. Jahrhundert entstanden Städte mit zahlreichen Kirchen und Türmen. Man baute mächtige, in den Himmel strebende Dome. Dazu waren Bauaufzüge und Krane nötig. Bilder aus jener Zeit zeigen uns, wie diese Hebemaschinen ausgesehen haben.

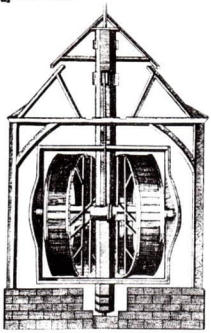
Die damaligen Hansestädte, zum Beispiel Stralsund, Rostock und Gdańsk, waren Großhandelsplätze. Hier wurde Transportgut von Schiff an Land und von den Lagerhäusern aufs Schiff umgeschlagen: Säcke, Fässer und Packen, Getreide, Holz und Salz. Dazu benötigte man Hafenkrane. Einige von ihnen sind erhalten geblieben. Das berühmteste Denkmal dieser Art ist das Krantor zu Gdansk. Der Bau überragte die benachbarten engen Häuser. Er war nicht nur Kran, sondern auch Stadttor. Machte

1 Altgriechischer Baukran mit Flaschenzug
2 So sah ein Bauplatz im 15. Jahrhundert aus. Im Vordergrund sehen wir den Baumeister mit seinem Winkelmaß, die Träger, Mörtelmischer und Steinmetzen. Im Hintergrund ist ein Baukran zu sehen

3 Hafenkran in Trier, erbaut 1413

5 Ein alter Hafendrehkran mit Tretradantrieb

6 Der Blick ins Innere zeigt die großen Treträder, in denen mehrere Menschen gleichzeitig gehen konnten



dort ein Schiff zum Löschen fest, dann ging der Schiffskapitän durch das Tor in die Stadt, um mit den Reedern die Frachten auszuhandeln.

Wie bei allen Kranen jener Zeit wurden auch die Lastketten des Krantores durch Muskelkraft bewegt. Als «Kraftmaschine» dienten Treträder. Wenn ein Schiff zu entladen war, liefen die Männer in den Rädern des halbdunklen engen Krangerüstes und hatten ständig das Gerassel der Ketten und das Ächzen der Räder in den Ohren.

Viele Jahrhunderte lang diente lediglich Holz als Baumaterial für Krane. Nur zum Verbinden der Balken benutzte man Metall, und zwar Eisenkeile. Erst um das Jahr 1850 entstanden Krane aus Stahlblech. Man stellte sie vor allem in den Fabriken und an den Kais der Häfen auf. Ein oder zwei Männer bewegten sie durch das Drehen von Handkurbeln. Zahnradgetriebe übertrugen die Kraft auf die Lastkette. Doch mit dem Fortschreiten der industriellen Entwicklung wurden die Lasten größer, die in den Fabriken und Häfen zu heben waren. Man denke nur an Lokomotiven, die – in England gebaut – nach dem Festland verschifft werden mußten. Da reichte die Kraft des Menschen zum Drehen des Krangetriebes nicht mehr aus. Man konstruierte Krane, die mittels Dampf, Wasserdruck oder Preßluft arbeiteten. Doch diese Antriebe zeigten Mängel. Erst nachdem der Elektromotor und der Dieselmotor erfunden worden waren, konnten die vielfältigen Arten von Kranen für alle nur denkbare Zwecke entwickelt werden.

4 Das weltberühmte Krantor in Gdańsk wurde zwischen 1411 und 1442 erbaut. Nach der Zerstörung während des zweiten Weltkrieges ließen es die Stadtväter von Gdańsk von neuem errichten

Die moderne Industrie, das Bauwesen und der gesamte Warentransport kommen ohne Krane nicht aus

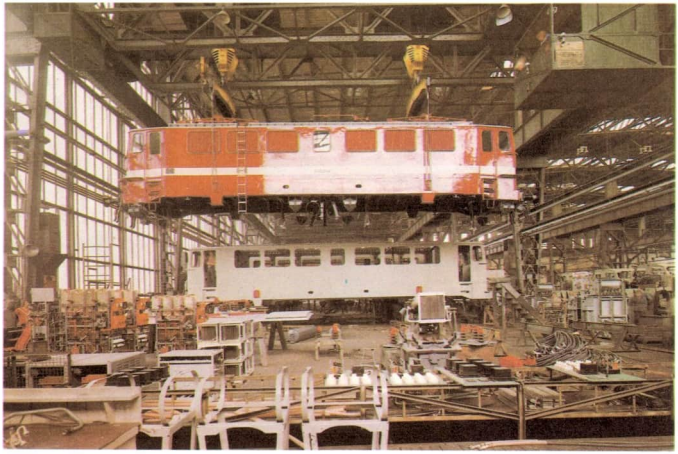
Wenn wir bei einem Einkaufsbummel durch eines unserer großen Warenhäuser gehen, sind wir immer wieder beeindruckt von der Vielfalt dessen, was wir da zu Gesicht bekommen: Anzüge, Schuhe und Wäsche, Schallplatten, Bücher und Fernsehgeräte. Porzellan, Glas, Werkzeuge, Taschen, Schmuck und Möbel – eine Fülle von Waren. Und jedes einzelne dieser Dinge mußte produziert und transportiert werden.

Die menschliche Gesellschaft benötigt, um die vielen Bedürfnisse befriedigen zu können, sehr viele Güter. Vor allem gehören dazu die Nahrungsmittel, wie Getreide, Obst, Gemüse und Fleisch. Doch ebenso wichtig sind alle Materialien – zum Beispiel Baustoffe, Heiz- und Wasserrohre, elektrische Leitungskabel –, aus denen man Wohnhäuser und Produktionsstätten errichtet. Denn der Mensch braucht eine Wohnung. Und er muß Waren produzieren, die wiederum für den Verbrauch bestimmt sind.

Dies alles ist nicht möglich ohne Krane. Die aller-

1 Wippdrehkrane am Stückgutpier des Rostocker Hafens
2 Laufkrane sind bewegliche Stahlbrücken, welche die ganze Länge einer Werkhalle befahren können und dabei große Lasten versetzen

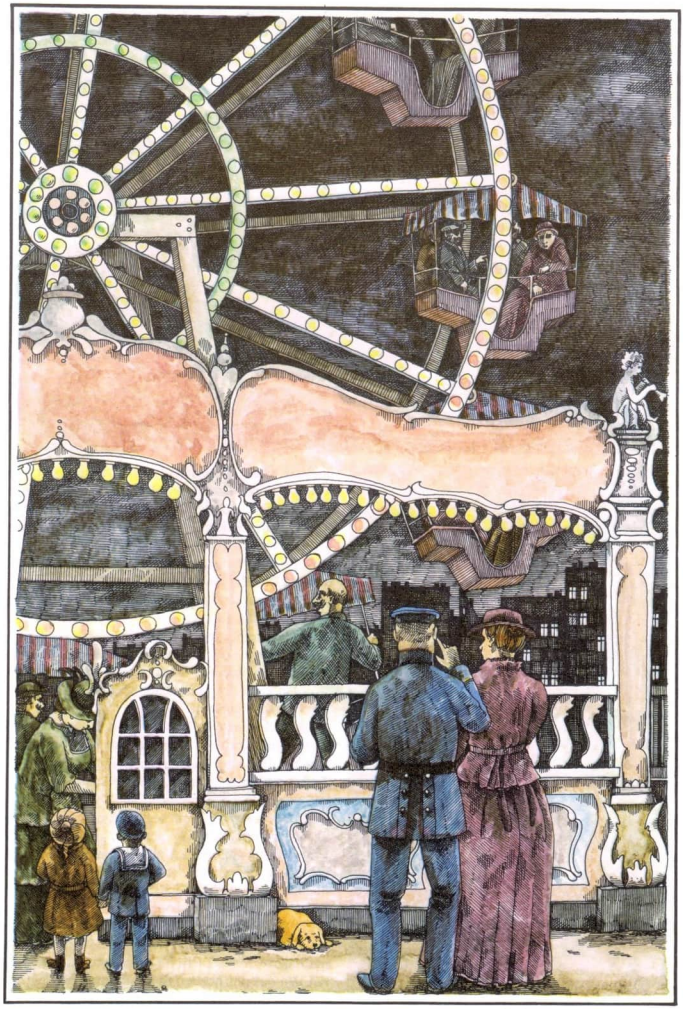
3 Turmdrehkrane sind transportable Riesenkrane. Mit ihrer Hilfe werden in kürzester Zeit vorgefertigte Bauelemente zu großen Bauwerken montiert



meisten Güter werden ja bereits während der Produktion mehrmals bewegt. Zu diesem Zweck gibt es auf allen Werkhöfen und in den Werkhallen Spezialkrane, zum Beispiel stählerne Kranbrücken mit Laufkatzen. Auch in der landwirtschaftlichen Produktion sind Krane notwendig, in erster Linie mit starken Dieselmotoren ausgerüstete fahrbare Krane. Im Bauwesen setzt man vornehmlich den Turmdrehkran ein. Dieser stählerne Riese ist fahrbar; er rollt auf Gleisen mit großer Spurweite.

Alle Güter, ob Rohstoffe, Halbfabrikate oder Fertigwaren, müssen dorthin transportiert werden, wo man sie weiterverarbeitet oder verbraucht oder zum Verkauf anbietet.

Die wichtigsten Transportmittel sind Schiff, Eisenbahn, Kraftfahrzeug und Flugzeug. Mehrmals werden die Güter auf ihrem vielfach verzweigten Transportweg umgeladen, zum Beispiel vom Schiff auf einen Eisenbahnwaggon und dann auf einen Lastkraftwagen. Für dieses Umladen von einem Transportmittel auf ein anderes, das sogenannte Umschlagen, gibt es ebenfalls Spezialkrane. Für unverpackte Waren, für Schüttgüter wie Kohle, Erz und Kies, verwendet man Krane mit großen Greifern. Stückgut dagegen, also Packen, Ballen, Kisten, Säcke und Container, werden am Haken umgeschlagen. Daher hat man von vornherein in allen Häfen gesonderte Anlegepiers für Stückgut und Schüttgut mit den entsprechenden Spezialkranen angelegt.



7 Die Glühlampe

In früheren Zeiten richteten die Menschen
ihr Leben nach der Sonne ein:
Sie begannen den Tag im Morgengrauen und beendeten ihn
bei Sonnenuntergang.
Auf den Straßen und Plätzen der Städte gab es
keine einzige Lampe.
Wer in die Dunkelheit hinaus mußte,
nahm eine Fackel oder eine Laterne mit.
In den Bürgerhäusern saßen die Menschen beim Schein
einer Kerze,
einer Öllampe. Oder sie legten sich
bei Einbruch der Dunkelheit schlafen.
Alle Lichtquellen, die man kannte,
verzehrten einen Brennstoff: Wachs, Öl, Holz oder Leuchtgas.
Niemand konnte sich vorstellen,
daß man einmal eine «Lampe ohne Feuer» erfinden würde.

Eine Stromabschaltung – zu Ehren des «Zauberers vom Menlo Park»

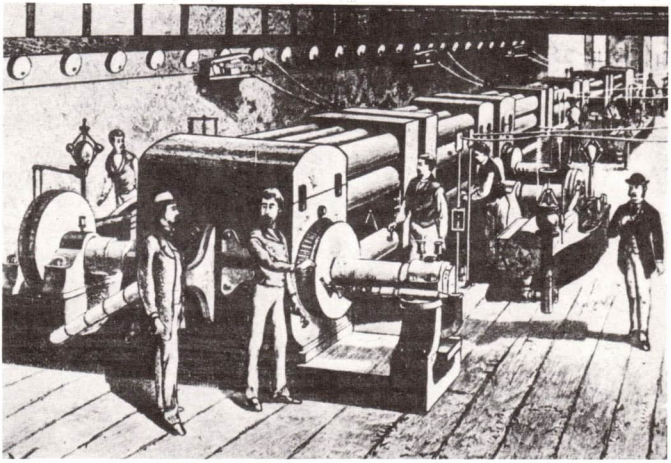
In einer heißen Julinacht des Jahres 1977 sah sich der Oberbürgermeister von New York gezwungen, für das gesamte Stadtgebiet Katastrophenalarm auszulösen. Ein Blitzschlag hatte einen Defekt im elektrischen Leitungssystem verursacht; von einer Sekunde zur anderen war die Stromversorgung völlig zusammengebrochen. Die Wolkenkratzer, sonst ein gleißendes Lichtermeer, und die unüberschaubaren Straßenschluchten der Riesenstadt lagen in totaler Finsternis. Die New-Yorker saßen plötzlich im Dunkeln, ganz gleich, wo sie sich gerade befanden. Zehntausende waren in steckengebliebenen Aufzügen oder in den Wagen der Metro gefangen.

Nichts funktionierte mehr von dem, was sonst das gewohnte Leben der Zehnmillionenstadt regelte. Autos verstopften die Straßenkreuzungen, weil keine Verkehrsampel leuchtete. Der Omnibusverkehr erlahmte, denn die elektrisch betriebenen Bezinzapfsäulen versagten ihren Dienst. Tausende von Menschen, die ihr Zuhause nicht erreichen konnten, nächtigten auf der Straße. Doch es geschah in jener Nacht weit Schrecklicheres.

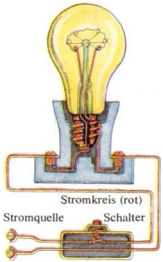
Als hätte die New-Yorker Unterwelt auf eine solche Gelegenheit nur gewartet, kam es im Schutz der Dunkelheit zu beispiellosen Raubüberfällen, schweren Brandstiftungen und Plünderungen. Erst bei Tagesanbruch ließ sich das Ausmaß der Verwüstungen überschauen.

Das unheimliche Erlebnis jener Nacht versetzte

1 Thomas Alva Edison (1847 bis 1931)
2 Das erste Kraftwerk der Erde, von Edison im Jahre 1882 in New York in Betrieb gesetzt



3, 4 New York im nächtlichen Lichterglanz und in der Nacht vom 13. zum 14. Juli 1977



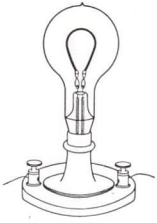
5 Eine Glühlampe mit Lampenfassung, Schalter, Stromquelle und Stromkreis. Der Schalter dient zum Öffnen und Schließen des Stromkreises. Bei geschlossenem Stromkreis wird der Leuchtfaden von elektrischem Strom durchflossen, glüht dadurch weiß auf und gibt ein helles Licht ab

die New-Yorker in Ratlosigkeit und Verwirrung. Verwunderlich ist das nicht. Der Mensch des 20. Jahrhunderts beansprucht den unsichtbaren Strom elektrischer Energie so selbstverständlich und gedankenlos wie die Luft zum Atmen. Und nun hatte sich ein Alptraum erfüllt; die Lebensadern einer hochtechnisierten Gesellschaft waren für 24 Stunden totgelegt worden.

Nur wenige werden wissen, daß schon einmal, an einem Oktoberabend 1931, in New York das elektrische Licht erlosch. Damals war es allerdings eine beabsichtigte Stromabschaltung; sie dauerte nur eine Minute. Die Autos und Straßenbahnen stoppten; die Menschen auf den dunklen Straßen schwiegen und gedachten des großen Erfinders Thomas Alva Edison. Er war 84jährig am 18. Oktober 1931 gestorben. Diese ungewöhnliche Ehrung sollte daran erinnern, daß es Edison war, ein Bürger der USA, welcher der Welt das elektrische Licht bescherte. Oder – genauer ausgedrückt – verkaufte.

Nachdem Edison eine brauchbare Glühlampe entwickelt hatte, baute er die erste elektrische Kraftstation. 1879 leuchteten im Menlo Park bei New York, wo sein großes Laboratorium stand, erstmals seine Glühlampen auf. Auch das erste elektrische Kraftwerk der Erde wurde unter Edisons Leitung projektiert und 1882 in Betrieb genommen.

In den Vereinigten Staaten von Amerika gilt Edison als eine Art Nationalheld. Tatsächlich zählt er zu den bedeutendsten Erfinderpersönlichkeiten seiner Zeit. Etwa 1 500 Patente, die er hinterließ, zeugen davon. Sein Weg zum weltbekannten Erfinder ist erzählenswert.



6 Edisons erste Glühlampe, gebaut 1877. Der Glühfaden besteht aus verkohltem Papier

Das erste Patent Edisons bewies hohen technischen Einfallsreichtum – und war dennoch ein Schlag ins Wasser

Thomas Alva Edison wurde am 11. Februar 1847 in Milan (Ohio) geboren. Eine reguläre Schule, auf der ihn übrigens seine Lehrer für einen unbegabten Faulpelz hielten, besuchte er nur drei Monate lang. Das Schreiben lehrte ihn seine Mutter. Zwei Neigungen bestimmten die Freizeit des zwölfjährigen Thomas: Lesen und Experimentieren. Das Geld für Bücher und chemische Substanzen verdiente er selbst. Er verkaufte Zeitungen auf der Eisenbahnstrecke, die den kleinen Ort Port Huron mit der Stadt Detroit verband. Im Gepäckwagen des Zuges richtete er sich ein Laboratorium ein. Die Fahrzeit zwischen den Stationen nutzte er zu chemischen Versuchen. Eines Tages, als er mit Phosphor experimentierte, fing sein fahrendes Labor Feuer. Der Aufsichtsbeamte verprügelte ihn, und aus der Eisenbahn wurde er mitsamt seinen Zeitungen hinausgeworfen.

Später erhielt er eine Anstellung als Telegrafist; er hatte am Morseapparat Depeschen abzuhören und weiterzuvermitteln. Bei dieser Tätigkeit kam er zum ersten Mal mit der Technik in Berührung, und schon begann er zu erfinden. 1864, also mit 17 Jahren, konstruierte er ein Gerät, das automatisch Telegramme von einer Leitung auf die andere übertrug.

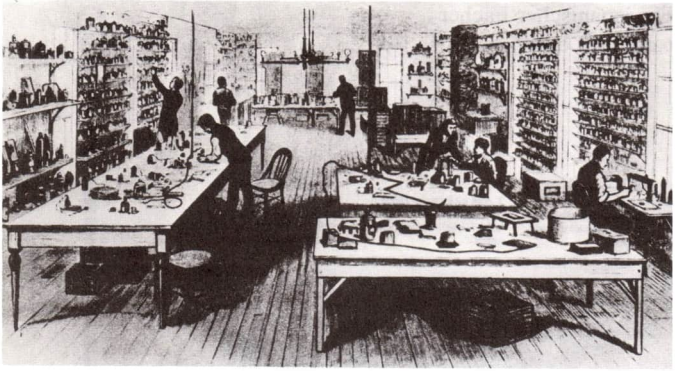
Edisons Meisterschaft im Morsen wurde bald berühmt. Einmal kamen einige Kollegen, um sein Können zu bewundern. Während er mit ihnen schwatzte, begann der Morseapparat zu summen. Die Besucher wiesen ihn aufgeregt darauf hin. In aller Ruhe nahm Edison einen Bleistift und schrieb. Die Spitze brach ab. Edison kramte nach einem Messer. Während seine Besucher nervös wurden, spitzte er sorgfältig den Bleistift an. Dann setzte er sich bequem zurecht und schrieb alles auf, was der Morsesummer inzwischen signalisiert hatte. Ein Beweis für sein hervorragendes Gedächtnis.

Mit 21 Jahren erhielt Edison sein erstes Patent zugesprochen. Er hatte eine Maschine erfunden, die Abstimmungsergebnisse im Parlament sofort ermitteln und anzeigen konnte. Aber diese Erfindung brachte ihm keinen Cent ein. Man sagte ihm: «Junger Mann, wenn es irgend etwas gibt, was niemand haben will, so ist es dieses Ding. Wie soll denn eine Minderheit ein Gesetz anders verhindern als durch Stimmenschiebung. Und das wäre mit Ihrem Instrument nicht mehr zu machen.»

Edison wandte sich wieder der Telegrafie zu, und nach wenigen Jahren verbuchte er auf diesem Gebiet bereits 63 Patente. Dann schuf er ein Kohlemikrofon und damit auch den modernen Fernsprecher. Es folgte der Phonograf, der erste Apparat, mit dem man Stimmen und Musik speichern konnte. Diese Erfindung erschien vielen Zeitgenossen unglaublich, und eine Pariser Gelehrtenversammlung erklärte sie

1 Der 32jährige Edison mit seinem Phonographen

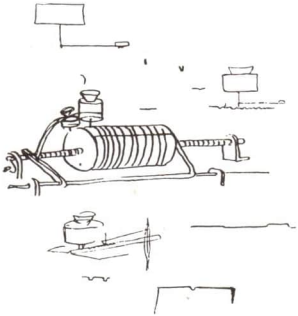
2 Edisons Laboratorium im Menlo Park



für den Trick eines Bauchredners. Edison entwickelte das Kinetoskop, einen Vorgänger des heutigen Kinoapparates, einen leistungsfähigen Akkumulator, große Magneten für Dynamomaschinen. Er ersann das Betongießverfahren und erkannte im Zement den Baustoff des 20. Jahrhunderts.

Dies ist jedoch nur ein kleiner Teil seiner Erfindungen.

Edison erreichte seine Erfolge nicht über Nacht durch glückliche Einfälle. In seinem berühmt gewordenen Laboratorium im Menlo Park bei New York arbeitete er oft Tage und Nächte, ohne zu schlafen und zu essen, wenn ihn ein Problem besonders beschäftigte. Allein von 1868 bis 1909 wurden ihm 900 Patente zugesprochen. In diesen etwas mehr als 40 Jahren entwickelte Edison also durchschnittlich alle 15 Tage eine patentreife Konstruktion. Einmal wurde er gefragt, worin er eigentlich das Geheimnis seiner Erfolge sehe. Seine Antwort lautete sinngemäß, ein Erfinder benötige lediglich ein Prozent an Eingebung und Phantasie. Aber er müsse 99 Prozent Schweiß aufbringen.



3 Von Edison angefertigte Handskizze des Phonographen

4 Eine Künstlerin spricht in den Phonographen

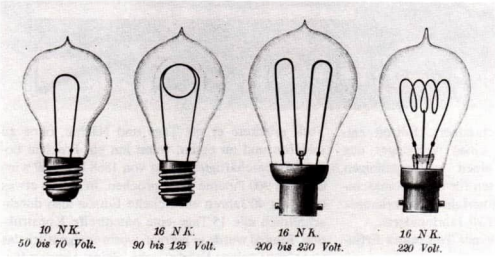
Ein japanischer Fächer barg die Lösung

1 Glühlampen aus der Anfangszeit der elektrischen Beleuchtung, vorgesehen für unterschiedliche elektrische Spannungen

2 Alte elektrische Deckenlampe, die an die damals gebräuchlichen Gaslampen erinnert

3 Alexander Lodygin führt 1873 im damaligen Petersburg seine Glühlampe vor

4 Wird ein Leiter von hinreichend starkem Strom durchflossen, kann er sich bis zum Aufglühen erwärmen



Die unglaublich vielen Erfindungen, die Edison in seinen Laboratorien entwickeln ließ, waren selten sein alleiniges Verdienst. Im Institut, scherzhaft «Erfinderfabrik» genannt, beschäftigte er einen großen Stab fähiger Ingenieure, Techniker und Wissenschaftler, die ihm halfen, seine Ideen zu verwirklichen. Er verfügte über einen untrüglichen Sinn dafür, wie man wissenschaftliche Erkenntnisse praktisch anwenden konnte. Wenn er sich auch bei vielen seiner Konstruktionen auf Erfindungen anderer stützte und diese lediglich verbesserte, machte er sie jedoch dadurch erst produktionsreif. Ein treffendes Beispiel bietet die Glühlampe.

In jedem amerikanischen Lexikon wird man lesen, die Glühlampe habe Edison 1879 erfunden. Doch bereits 25 Jahre zuvor hatte der deutsche Techniker Heinrich Göbel eine Glühlampe in New York vorgeführt. Und in Petersburg, dem heutigen Leningrad, war es 1873 dem russischen Physiker Alexander Lodygin gelungen, eine elektrische Straßenlaterne zum Leuchten zu bringen. Auf diese und andere Erfahrungen konnte Edison aufbauen.

Als er «gerade über etwas freie Zeit verfügte», nahm er sich vor, das Problem eines elektrischen Beleuchtungssystems ein für allemal zu lösen. Aufgabe Nummer 1: Schaffung einer elektrischen Lichtquelle. Edison ging von der Tatsache aus, daß ein elektrischer Strom, der in einem Leiter fließt, diesen dabei erwärmt. Bei ausreichend großer Stromstärke leuchtet ein dünner Draht glühend auf. In der Luft würde er allerdings bald verbrennen. Edison entschloß sich, den Glühfaden in einer ausgepumpten birnenförmigen Glasröhre unterzubringen, in einem stark luftverdünnten Raum also. Er ließ eine Glasbläserei einrichten, damit er stets über einen ausreichenden Vorrat an Glasbirnen verfügen konnte.

Die größte Schwierigkeit bereitete es, geeignetes Material für den Glühfaden aufzuspüren. Zuerst experimentierte Edison mit dünnen Platindrähten, dann untersuchte er eine Platin-Iridium-Legierung. Aber bei den hohen Temperaturen schmolzen die Drähte sofort. Edison testete Silizium und zahllose andere Stoffe, von denen er selbst sagte, daß er sie vergessen hätte. Mit unglaublicher Zähigkeit arbeitete er an dieser Aufgabe, 13 Monate hindurch. Schließlich kam er auf den glücklichen Einfall, einen Kohlefaden zu verwenden. Ein fester baumwollener Nähfaden, war er erst verkohlt, konnte vielleicht das Richtige sein.

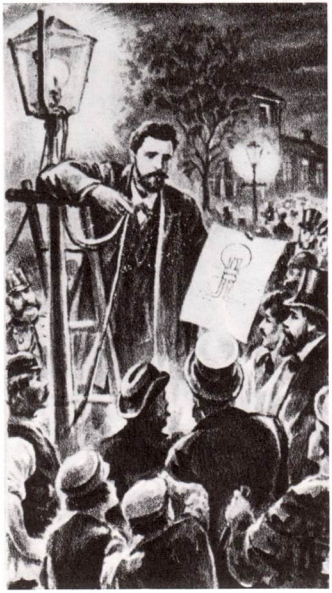
«Noch vor Anbruch der Nacht», erzählt Edison, «war der Kohlefaden geschaffen und in die Lampe eingeführt. Die Birne wurde luftleer gemacht und

versiegelt, der Strom eingeschaltet, und unsere Augen erblickten den Glanz, den wir uns so lange gewünscht hatten.» Das war am 21. Oktober 1879.

Gespannt warteten Edison und seine Mitarbeiter, wie lange die Lampe brennen würde. Wetten wurden abgeschlossen. Niemand wagte es, das Laboratorium zu verlassen oder gar an Schlaf zu denken. Erst nach 45 Stunden erlosch das Licht. Die Glühlampe war geschaffen.

Um die Weihnachtszeit des Jahres 1879 ließ Edison in seiner Wohnung und in einigen Laboratoriumsräumen sowie im Menlo Park die neuen Lampen anbringen. Mehr als 3000 Neugierige kamen; die Eisenbahn mußte sogar Sonderzüge einsetzen. Die Menschen bestaunten im Park wie ein Wunder die glänzenden, leuchtenden Glasbirnen; sie hingen an Drähten, die sich von einem Baum zum anderen spannten.

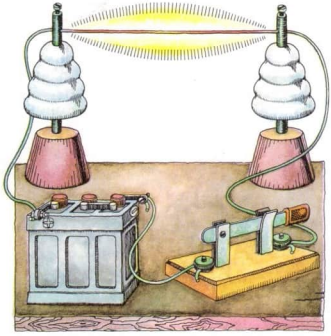
Jetzt war es eine Frage der weiteren Entwicklungsarbeit, die Lebensdauer der Kohlefadenlampe auf einige hundert Stunden zu erhöhen. Wieder ging es darum, das beste Ausgangsmaterial für den Glühfaden zu finden. Alles, was sich zu Kohle machen ließ, probierte Edison aus. Auf seiner seitenlangen Liste stehen Kokosnußhaar, in kochenden Teer eingeweichte Baumwolle, Angelschnur und die roten Barthaare seines Mitarbeiters John Mackenzie.



Eines Tages fiel Edison ein japanischer Fächer in die Hände, den man mit einem dünnen biegsamen Streifen aus Bambus gebunden hatte. Er zog den Streifen heraus, ließ ihn zerfasern und verkohlen. Es stellte sich heraus, daß diese Bambusfaser ein besonders geeignetes Ausgangsmaterial für Kohlefäden war. Jetzt schickte Edison Männer, die mit Spezialgeräten für Verkohlungsversuche im Freien ausgerüstet waren, in alle tropischen Regionen. Aus den mehr als 1000 Bambussorten sollten sie in Mexiko, Kuba, Sumatra, Ostindien und am Amazonas den besten «Glühfadenbambus» ermitteln. Schließlich entdeckten sie ihn in Japan. Ein japanischer Pflanzer lieferte ihn über viele Jahre ballenweise zum Menlo Park.

Verkohlte Bambusfasern verwendet heute niemand mehr zur Herstellung von Glühlampen. Haarfeine Drähte aus dem schwer schmelzbaren Metall Wolfram haben sie längst verdrängt. Aber damals, während eines Jahrzehnts, errang Edison mit seiner Kohlefadenlampe wahre Triumphe, auf dem amerikanischen Kontinent ebenso wie in Europa.

Die Glühlampe zur Reife führen war das eine. Sie in Massen, wie Edison es vorschwebte, überall leuchten zu lassen, hieß eine Vielzahl weiterer Probleme zu lösen. Jetzt mußten Kabel, Schalter, Sicherungen, Lampenfassungen entwickelt werden. Und vor allem: Woher sollte der Strom kommen? Also brauchte Edison Maschinen, die den Strom erzeugten, Dynamomaschinen.



Oel

8 Der Dynamo

In den ersten Kraftstationen stampften Dampfmaschinen;
sie lieferten die Antriebskraft für die Dynamos.
Dampf pfiff aus den Ventilen,
die Lager der Dynamomaschinen liefen heiß,
violette Flammen zischten an den Schleifbürsten
der Stromabnehmer.
Es waren die reinsten Hexenküchen.
Dennoch – sie gehörten zum Modernsten,
was die Technik jener Zeit hervorbrachte.
Sie leiteten eine Umwälzung ein, wie es sie zuvor nicht
gegeben hatte:
Sie eröffneten das Zeitalter der Starkstromtechnik.

Viele Jahrhunderte hindurch blieb dem Menschen das Wesen der Elektrizität verborgen

Etwa 600 Jahre v. u. Z. lebte in Griechenland der vielseitige Naturforscher Thales von Milet. Ihn beschäftigte eine sonderbare Erscheinung, die er sich nicht erklären konnte. Bernstein, ein wie honigfarbenes Glas aussehendes fossiles Harz, zog bestimmte leichte Körper an, etwa Fäden und Haare. Voraussetzung war, daß man den Stein zuvor an einem Tuch gerieben hatte.

Bernstein heißt im Griechischen *elektron*. Davon ist der Begriff *Elektrizität* abgeleitet. Man nannte nämlich die Anziehung des Bernsteins *vis electrica, elektrische Kraft*. Sie entsteht, wenn Bernstein durch Reiben elektrisch aufgeladen wird.

Thales wußte, daß auch Magneteisenstein Anziehungskräfte ausübt, allerdings auf kleine eiserne Körper, zum Beispiel Nägel. Der Forscher überlegte, ob es zwischen dem Magnetismus und der «Bernsteinkraft» etwas Verwandtes geben könnte. Eine Antwort auf diese Frage fand er nicht. Es sollten weit mehr als 2000 Jahre vergehen, bis man tatsächlich einen Zusammenhang zwischen elektrischen und magnetischen Erscheinungen entdeckte. Es bedurfte großer Fortschritte der Wissenschaft und Technik, eines hohen Entwicklungsstandes der Produktivkräfte, um auf dem Gebiet der Elektrizität forschen zu können. Zunächst hatte dieser Wissenschaftszweig keinerlei praktische Bedeutung, doch er forderte wißbegierige Forscher zum Experimentieren heraus. Auch Otto von Guericke. Er erfand 1660 die erste Elektrisiermaschine.

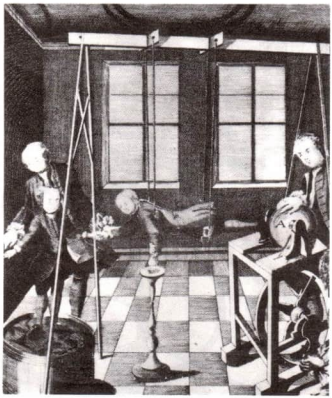
Das Gerät war einfach: Ein hölzernes Gestell mit einer Kurbelwelle, auf der eine große Schwefelkugel stak. Während Guericke mit einer Hand die Kurbel drehte, legte er die andere auf die Kugel. Infolge der Reibung lud sich die Kugel elektrisch auf und zog Papierschnitzel an.

In der Folgezeit konstruierten mehrere Physiker Elektrisiermaschinen, mit denen sie Versuche anstellten. Diese verbesserten Geräte erzeugten durch Reiben gläserner Kugeln oder Scheiben elektrische Ladungen von beachtlicher Größe. Damals nahmen manche Forscher an, die Elektrizität sei eine Art unsichtbare Flüssigkeit, die man durch Metalle und feuchte Fäden fließen lassen, jedoch in Glas oder seidenen Tüchern aufbewahren konnte. Was lag näher, als die «elektrische Flüssigkeit» auf Flaschen zu füllen? Als der experimentierfreudige Pfarrer Ewald Jürgen von Kleist eine elektrische Ladung in ein Arzneifläschchen gießen wollte, schlug ihm irgend etwas derart heftig auf die Finger, daß er das Gefäß erschrocken fallen ließ. Er hatte – es war 1745 – einen elektrischen Schlag erhalten und erfand, angeregt durch dieses Ereignis, einen Ladungsspeicher, den Kondensator.

In gehobenen Kreisen, sogar an Fürstenhöfen,

1 Otto von Guerickes Elektrisiermaschine mit der Schwefelkugel

2 Der Physiker Alessandro Volta erläutert vor Napoleon Bonaparte seine elektrische Säule. – Volta wirkte als Professor in Padua. Im Jahre 1799 erfand er eine elektrische Stromquelle: Talergroße Zink- und Silberplatten, zwischen denen mit Säure getränkte Pappscheiben lagen, wurden zu einer Säule übereinandergeschichtet. Diese Vorrichtung lieferte den ersten elektrischen Strom

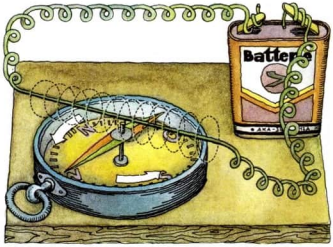


wurde es Mode, mit der Elektrisiermaschine spielerisch zu hantieren. Mit Hilfe elektrischer Funken entzündete man Kerzen und brachte Pulverladungen zum Explodieren. Und jeder wollte den elektrischen Schlag ausprobieren oder zumindest zusehen, wie er auf andere wirkte. Der König von Frankreich ließ eines Tages seine gesamte Leibwache elektrisieren und lächelte amüsiert, als seine Männer im Takt der elektrischen Schläge hochsprangen.

Eine andere Art von Spannungsquellen erfand man gegen Ende des 18. Jahrhunderts. Es handelte sich um die galvanischen Elemente des italienischen Professors Alessandro Volta. Sie funktionierten ähnlich wie unsere heutigen Taschenlampenbatterien; sie wandelten chemische Energie in elektrische Energie um. Allerdings konnte man sie nicht in die Hosentasche stecken. Es waren klobige, mit Säuren gefüllte, schwere Gebilde. Doch es waren die ersten Spannungsquellen, mit deren Hilfe Physiker die Wirkungen des elektrischen Stromes untersuchen konnten. Und so kam es im Jahre 1820 tatsächlich zu einer sensationellen Entdeckung.

3 Eine Spielerei mit der Elektrisiermaschine. Die gläserne Kugel wird in Drehung versetzt, der Junge berührt sie dabei mit den Füßen. Er hängt in Schlaufen, sonst würde er die aufgenommene Reibungselektrizität zur Erde ableiten. So jedoch kann er sie an andere Personen weitergeben. Mit der einen Hand zieht er außerdem Papierschnitzel von dem Tischchen

Zehn Jahre brauchte Michael Faraday, um dahinterzukommen: Wie kann Magnetismus in einer Leiterspule Elektrizität herbeiführen?



2 Der 21. Juli 1820 ist ein großer Tag in der Geschichte der Physik. Oersted macht zum ersten Male ein Experiment, das bis heute berühmt ist: Die Kompaßnadel weist zunächst in die Nord-Süd-Richtung. Der Leitungsdraht wird mit den Polen der Batterie verbunden. Sofort schlägt die Nadel aus. Oersted schloß daraus, daß Stromfluß ein Magnetfeld verursachen müsse

1 Hans Christian Oersted (1777–1851)

4 Michael Faraday in seinem Laboratorium

Der dänische Physiker Hans Christian Oersted war mit 29 Jahren an der Kopenhagener Universität Professor geworden, und selbstverständlich führte er seinen Studenten gern alle möglichen elektrischen Experimente vor. Eines Tages, man schrieb das Jahr 1820, wollte er bei einer Vorlesung einen Draht zum Glühen bringen, und zwar sollte dies durch den Strom aus einem Volta-Element geschehen. Als er den Strom einschaltete, blickte er zufällig auf einen Kompaß, der ebenso zufällig auf dem Experimentiertisch liegengeblieben war. Siehe da, die Kompaßnadel schlug aus! Oersted schaltete den Strom ab: Die Nadel schwang zurück in die Nord-Süd-Richtung.

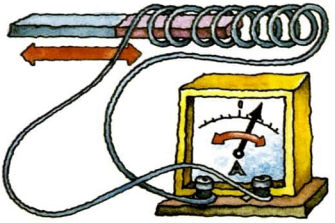
Der Physiker war verblüfft. Eine Kompaßnadel ist eine Magnetnadel. Sie konnte beispielsweise durch einen anderen Magneten bewegt worden sein. War beim Einschalten des Stromes ein Magnet entstanden? Und beim Ausschalten verschwunden?

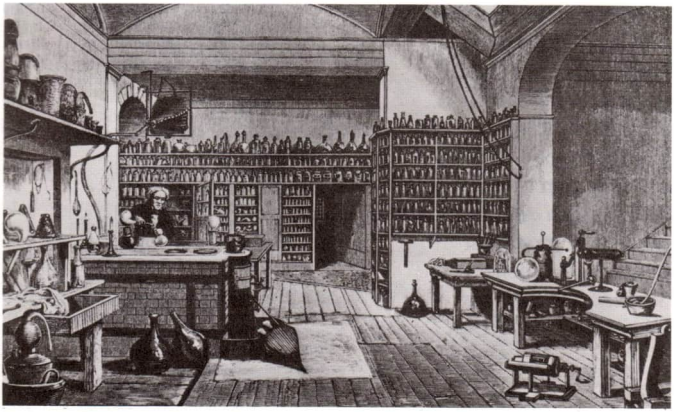
Viele haben zu jener Zeit mit elektrischen Leitern und Magnetnadeln experimentiert. Vielleicht haben andere gleiches beobachtet, ohne sich darüber Gedanken zu machen. Aber Oersted erkannte, daß es der Strom war, der um den Draht ein magnetisches Feld verursacht haben mußte. Das hatte die Magnetnadel ihm gezeigt. Mit dem Fließen des elektrischen Stromes waren demnach magnetische Vorgänge verbunden, die man für eine Bewegung nutzen konnte. Eine großartige Entdeckung! Sie führte zur Erfindung des Elektromagneten und brachte schließlich auch den Elektromotor hervor.

Dennoch kannte man erst die halbe Wahrheit. Gab es in der Natur nicht umkehrbare Vorgänge? Sollte man nicht mit Hilfe magnetischer Felder Elektrizität erzeugen können?

In dieses Problem verbiß sich ein junger und scharfsinniger Physiker, der Engländer Michael Faraday. Sein Werdegang zum Professor der Königlichen Akademie war ganz und gar nicht alltäglich. Als Sohn eines Grobschmieds, ausgerüstet mit unzureichender Schulbildung, erlernte er das Buchbinderhandwerk. Da er kein Geld besaß, um sich Bücher zu kaufen, las er die Werke, die er lediglich

3 So läßt sich am einfachsten «Magnetismus in Elektrizität umwandeln», wie Faraday es ausdrückte: Solange der Stabmagnet in der Leiterspule hin und her bewegt wird, zeigt das Meßgerät einen Stromfluß wechselnder Stromrichtung an





einbinden sollte. So erwarb er mit ehrgeizigem Eifer sein Wissen. Großes Talent, etwas Glück, vor allem Scharfsinn und zähe Arbeit verhalfen ihm dazu, sich zu einem bedeutenden Forscher zu entwickeln.

Die elektromagnetischen Versuche Oersteds interessierten ihn besonders. Er machte sie nach und ersann neue Experimente. Er wollte mit Hilfe des Magnetismus elektrischen Strom erzeugen. Man erzählt von ihm, er habe stets einen Magneten und einen Draht in der Hosentasche getragen, um ja an diese Aufgabe erinnert zu werden. Eine Grille, die Mrs. Faraday verdroß, denn sie mußte unzählige Male die Hosentaschen flicken. Dies ist eine Anekdote, gewiß – doch eines ist sicher: Oft hat Faraday in Gedanken versunken auf einen Magneten geblickt. Wie ließ sich mit diesem Ding elektrischer Strom erzeugen?

Im Jahre 1831 fand der 40jährige Faraday endlich die Lösung. Dabei half ihm seine Fähigkeit, sich das unsichtbare Wirken der magnetischen und elektrischen Felder plastisch vorzustellen. Er war dem Problem zehn Jahre lang nachgegangen, hatte sich in zahllosen, klug ausgedachten Versuchen an die Lösung herangetastet. Worauf es ankam, war eine magnetische Feldstärkeänderung innerhalb einer Spule, verursacht beispielsweise durch eine Bewegung eines Leiters im Magnetfeld. Dies konnte Faraday auf vielfältige Weise herbeiführen, am einfachsten so: Schob er einen Stabmagneten in eine Drahtspule, so zeigte das angeschlossene Meßgerät einen Stromstoß an. Ja, er brauchte den Magneten lediglich in der Nähe der Spule zu bewegen, und solange er dies tat, floß in der Spule elektrischer Strom. Man nennt diesen Vorgang elektromagnetische Induktion.

Mit diesem Versuch hatte er übrigens auch die einfachste Form eines Stromerzeugers gefunden, der Bewegungsenergie in elektrische Energie umwandelt: den Generator.

Die Entdeckung der elektromagnetischen Induktion machte Faraday zu einem modernen Prometheus. Sie war der Grundstein der gesamten Starkstromtechnik. Sie entthronte in der Folgeentwicklung die Dampfmaschine, revolutionierte das Energiewesen, brachte die Elektroindustrie hervor und veränderte die Zivilisation in einer Weise, wie es zuvor nie geschehen war.

Man wird annehmen, daß Faraday nun auch eine leistungsfähige Großmaschine zur Stromerzeugung konstruierte. Er tat dies nicht. «Ich bin vielmehr darauf bedacht gewesen, neue Tatsachen und Beziehungen zu entdecken, die mit der elektromagnetischen Induktion in Verbindung stehen, als die Kraft der schon vorhandenen Stromerzeuger zu mehren, da ich sicher war, daß sie später ihre volle Entwicklung finden würden.»

Als Faraday dies schrieb, diente bei der preußischen Artillerie ein junger Ingenieur-Leutnant, der zu diesem Zeitpunkt nicht ahnte, daß er das Werk des großen Physikers krönen sollte: Werner Siemens.

«So geht mein Plan dahin,
in allen Werkstätten
Listen zur Unterschrift
auslegen zu lassen,
in welchen alle
unterschreiben können,
die sich vom Streik lossagen.
Alle übrigen Arbeiter sollen
in allen Werkstätten
entlassen werden.»
Werner von Siemens
an seinen Bruder Carl

1 Werner von Siemens (1816 bis 1892)

Der Siemens-Konzern zählt zu den mächtigsten kapitalistischen Elektrounternehmen. Über lange Zeit war er auf den Gebieten der Nachrichten- und Meßtechnik sowie der Starkstromtechnik führend in der Welt. Begründer dieses Konzerns ist der Ingenieur, Wissenschaftler und Erfinder Werner von Siemens.

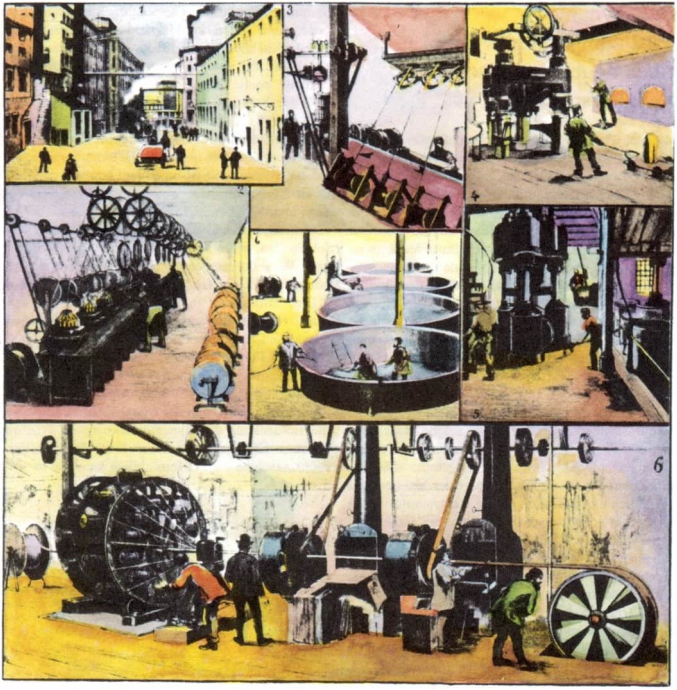
Im Jahre 1847 eröffnete Siemens – damals noch nicht geadelt – gemeinsam mit dem Mechaniker Johann Georg Halske eine bescheidene Werkstatt in Berlin. Die Partner begannen mit einer Drehbank und drei Gehilfen. Ihr Anlagekapital betrug 6 842 Preußische Taler und 20 Silbergroschen. Binnen eines halben Jahrhunderts wuchs das Kapital durch gewaltige Profite auf das Zweitausendfache an. Im Jahre 1897, nach dem Tode Werner von Siemens, betrug es 35 Millionen Mark.

Die hervorragenden Leistungen des Technikers Werner von Siemens sind unbestritten. Seine Forschungen und bahnbrechenden Erfindungen auf dem Gebiete der Elektrotechnik trugen wesentlich dazu bei, die Produktivkräfte weiterzuentwickeln. Doch Siemens stellte seinen Weitblick und seine genialen technischen Fähigkeiten nicht selbstlos in den Dienst der Wissenschaft. Mit jeder Erfindung, mit jeder geringfügigen Konstruktionsverbesserung verfolgte er das Ziel, die Konkurrenten auszuschalten und den Profit zu erhöhen.

Seine Erfindertätigkeit begann im Jahre 1840, und zwar unter ungewöhnlichen Umständen. Er hatte sich als junger Offizier an einem Duell beteiligt, was streng verboten war. Ein Kriegsgericht verurteilte ihn zu fünf Jahren Festungshaft. Siemens, der leidenschaftlich gern experimentierte, richtete in seiner Zelle ein Laboratorium ein. Er entwickelte ein Verfahren, durch das man metallische Gegenstände mit Hilfe des elektrischen Stromes vergolden kann. Es war seine erste Erfindung und für ihn ein großes Erlebnis. Viele Jahrzehnte später erinnerte er sich noch, daß es eine der größten Freuden seines Lebens gewesen war, als ein silberner Teelöffel sich «in einen goldenen Löffel vom schönsten, reinsten Goldglanze verwandelte». Sicherlich hat dieses Gefühl des Glücks, etwas Neues geschaffen zu haben, seinen späteren Weg mitbestimmt. Der junge Erfinder wollte die Zeit während der Haft gut nutzen und beschäftigte sich sofort mit weiterführenden Versuchen. Doch überraschend verkündete ihm der diensthabende Offizier, der König habe ihn begnadigt.

Siemens war keineswegs erfreut. «Ich schrieb an den Festungskommandanten ein Gesuch, in dem ich ihn bat, mir zu gestatten, meine Zelle noch einige Tage benutzen zu dürfen, damit ich meine Angelegenheiten ordnen und meine Versuche beendigen könnte. Da kam ich aber schlecht an! Gegen Mitternacht wurde ich durch den Eintritt des Offiziers der Wache geweckt, der mir mitteilte, daß er Order erhalten habe, mich sofort aus der Zitadelle zu entfernen.» Was blieb dem Begnadigten anderes übrig, als seine Gerätschaften einzupacken und sich in der Stadt ein Unterkommen zu suchen.

Während seiner Dienstzeit bei der preußischen Artillerie erfand er ein Gerät zur Messung von Geschoßgeschwindigkeiten und ein Verfahren zur Herstellung von Schießbaumwolle. 1846 erbaute er einen sicher arbeitenden Zeigertelegrafen und erfand eine Isolierung für unterirdische Leitungen. Im Verteidigungsfeldzug, den Schleswig-Holstein gegen Dänemark führen mußte, legte er 1848 im Kieler Hafen die erste Minensperre mit elektrischer Zündung. 1849 nahm er seinen Abschied von der Armee



und widmete sich ganz seiner jungen Telegrafenbauanstalt *Siemens & Halske* in Berlin.

Anfangs baute die Firma Telegrafenapparate, Feuermelder, Eisenbahnläutwerke, überhaupt alle zur Telegrafie und dem Eisenbahnwesen gehörenden Apparate. Sie verlegte Unterseekabel für England, Landkabel für die *Kaiserlich-Russische Telegraphie.* Auch übernahm sie die Wartung sämtlicher Anlagen und strich dafür phantastische Gewinne ein. Sie erwarb ein Kupferbergwerk im Kaukasus und besaß damit eine eigene Rohstoffquelle für das begehrte Leitermetall. Um 1860 war aus der kleinen Werkstatt eine große elektrotechnische Fabrik hervorgegangen. Diese baute 1869 eine riesige Telegrafenlinie von London durch Deutschland, Rußland und Persien bis nach Kalkutta in Indien, eine Strecke von 10 000 Kilometern. Zwei Jahre später verlegte *Siemens & Halske* mit Hilfe eines Spezialschiffes ein 3 500 Kilometer langes Unterseekabel zwischen den USA und Großbritannien. So wuchs die Firma zu einem Millionenunternehmen an. Der einst unbekannte Artillerieleutnant Werner Siemens entwickelte sich zu einem erfolgsgewohnten, harten Unternehmer, der mit geschickten Methoden versuchte, das Klassenbewußtsein seiner Arbeiter zu schwächen, um den «Arbeitsfrieden» zu erhalten.

2 Die elektrotechnischen Werkstätten der Firma Siemens & Halske um 1860

Der Dynamo wird zum Energiesymbol eines neuen technischen Zeitalters

Michael Faradays Entdeckung, daß mittels eines magnetischen Feldes, eines Leiters und mechanischer Bewegung elektrischer Strom zu gewinnen sei, hatte zunächst kaum praktische Anwendung gefunden. Natürlich benötigte das Telegrafenwesen eine Stromversorgung, aber die erfolgte aus galvanischen Batterien. Oft war eine derartige Batterieanlage so groß, daß sie in einem Hause gerade Platz fand.

Die ersten Stromerzeuger, die nach dem Induktionsvorgang arbeiteten, hatten trotz allen Mühens ihrer Konstrukteure nur sehr geringe elektrische Leistungen. Diese magnetelektrischen Maschinen, wie man sie nannte, funktionierten im Prinzip wie ein Fahrraddynamo: Ein Spulensystem wurde in einem Magnetfeld gedreht. Und je schneller dies geschah, um so größer war die elektrische Leistung. Auch die Firma *Siemens & Halske* stellte solche Maschinen her, und in einer alten Preisliste der Firma wird über eines der Modelle folgendes mitgeteilt: «Die beschriebene Maschine liefert, von einer Manneskraft betrieben, einen Strom von der elektromotorischen Kraft von acht Bunsen-Elementen. Sie eignet sich daher für physikalische Laboratorien als Ersatz einer galvanischen Batterie für die Mehrzahl der Experimente. Von zwei bis vier Mann betrieben, reicht sie hin, um elektrisches Bogenlicht zu erzeugen.»

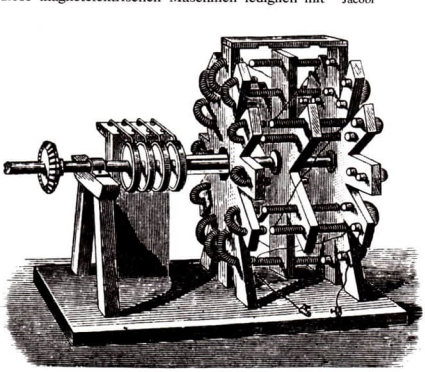
Die Ursache der geringen Leistung lag darin, daß diese magnetelektrischen Maschinen lediglich mit Stahlmagneten bestückt waren. Mochte man noch so viele, noch so starke Magnete verwenden – das Magnetfeld blieb innerhalb schwacher Grenzen. Und die Kraft der teuren Magnete ließ überraschend schnell nach. Der englische Physikprofessor H. Wilde kam auf den Gedanken, das magnetische Feld durch Elektromagnete zu erzeugen. Diese haben gegenüber Stahlmagneten einen großen Vorteil: Ihre Feldstärke übertrifft die eines Stahlmagneten bei weitem und ist außerdem bequem regelbar. Doch Elektromagnete wollen mit Strom versorgt sein, und dazu benötigte Professor Wilde wiederum eine Erregermaschine. Eine magnetelektrische Maschine also, deren Magnete bald ihre Kraft verloren und die außerdem einen besonderen Antrieb benötigte ... Es war ein wahrer Teufelskreis.

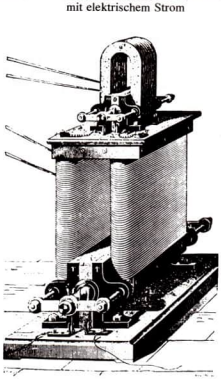
Ein Teufelskreis, in dem sich auch Siemens mitsamt seinen hochfliegenden technischen Plänen gefangen sah, aus dem er aber schließlich ausbrach.

Der 17. Januar 1867 kann als der Geburtstag der Starkstromtechnik gelten. An diesem Tag gab Werner Siemens der Berliner Akademie der Wissenschaften, und damit der wissenschaftlichen Welt, die Entdeckung des dynamo-elektrischen Prinzips bekannt. Er führte eine kleine kastenförmige Versuchsmaschine vor. Offensichtlich handelte es sich

1 Diesen ersten brauchbaren Elektromotor baute im Jahre 1834 der in Rußland wirkende Physiker Moritz Hermann Jacobi

2 Der erste von Professor Wilde konstruierte Stromerzeuger mit fremderregenden Magneten: Der kleine Stromerzeuger versorgt die Elektromagneten der großen Maschine mit elektrischem Strom

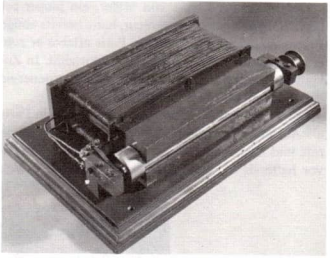




um einen Stromerzeuger, der mit Elektromagneten ausgestattet war. Doch Siemens schloß die Magnete an keine Stromquelle an; die einzigen Drahtzuleitungen führten an ein Meßgerät. Als Siemens den Anker durch eine Handkurbel in Drehung versetzte, wies der Zeiger des Meßgerätes eine allmählich anwachsende Stromstärke aus.

Siemens hatte herausgefunden, daß in jedem einmal magnetisierten Eisen ein Restmagnetismus zurückbleibt. Selbst wenn dieser noch so schwach ist, reicht er aus, um in der Ankerwicklung eine elektrische Spannung hervorzurufen. Werden nun die Spulen der Elektromagnete an die Ankerwicklung gelegt, so dient der Ankerstrom zugleich der Verstärkung des Magnetfeldes. Das verstärkte Magnetfeld wiederum hat einen stärkeren Strom zur Folge. So schaukeln Strom und Magnetfeld einander empor, bis schließlich die magnetische Sättigung des Eisens erreicht ist.

So hatte Siemens die wissenschaftliche Lösung eines großen Problems gefunden. Und mit seinem Dynamo hatte er einen ausgezeichneten Erreger für die Elektromagnete der damals noch gar nicht existierenden Riesengeneratoren entwickelt. Grundsätzlich gab es nun keine Schranken mehr, die elektrische Leistung der Stromerzeuger gewaltig zu steigern. Die Bezeichnung *Dynamo* hat Siemens selbst ausgewählt. Das Wort ist aus dem Griechischen abgeleitet und bedeutet *Macht* oder *Kraft*. Siemens wußte sehr wohl, daß sein dynamo-elektrisches Prinzip eine Starkstromtechnik erst lebensfähig machen würde.



3 Siemens (links) bei Konstruktionsarbeiten zu seinem Dynamo

4 Die Versuchs-Dynamomaschine von Werner von Siemens

Konstruktive Unzulänglichkeiten, die beim Bau ihrer Dynamos auftraten, konnten Siemens und Halske bald überwinden. Bereits im Dezember 1878 war ihre Firma auf eine wöchentliche Produktion von 25 Dynamomaschinen eingestellt.

«In den ersten Wochen, die der Bewunderung des elektrischen Lichts gehörten, war es unmöglich, von etwas anderem zu reden. Alle Gespräche waren mit Elektrizität geladen.»
Zeitungsbericht des Jahres 1882

Im Jahre 1881 reisten drei deutsche Techniker nach Paris, um eine elektrotechnische Ausstellung zu besuchen: Emil Rathenau, Werner Siemens und Oskar von Miller. Sie fuhren nicht gemeinsam; sie kannten sich zu dieser Zeit noch nicht; und sie verfolgten unterschiedliche Ziele.

Der damals 44jährige Emil Rathenau hatte eine Maschinenfabrik besessen und an Kriegslieferungen gut verdient. Seit zehn Jahren lebte er als reicher Privatier, geduldig auf der Suche nach einem neuen gewinnbringenden Betätigungsfeld. Er witterte in der jungen Elektrotechnik großartige Geschäfte.

Der Münchner Oskar von Miller, ein junger begeisterungsfähiger Bauingenieur, hatte bereits einige Eisenbahnlinien projektiert. In Paris erlebte er zum ersten Mal die Wunderwelt der Elektrizität. In Zukunft wollte er daran mitarbeiten, die Elektroenergie dem Allgemeinwohl zu erschließen.

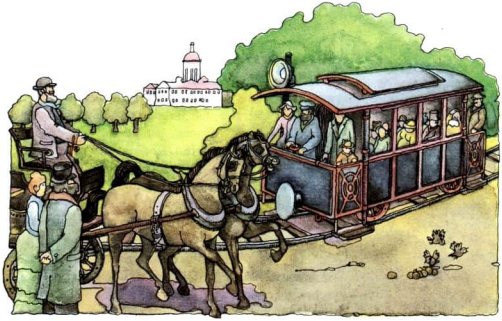
Die Firma von Siemens und Halske war in Paris als Aussteller vertreten. Sie zeigte Telegrafenapparate und Dynamomaschinen. Bereits zwei Jahre zuvor hatte sie die erste Elektrolokomotive der Welt vorgeführt, ein liliputhaft anmutendes Wägelchen, doch immerhin beförderte es einen mit Personen besetzten Wagenzug. Jetzt konnte die Firma mit der ersten elektrischen Straßenbahn aufwarten. Aber Werner Siemens kam nicht nur als Aussteller. Er kam auch, wahrscheinlich besorgt, um die neuesten Patente seines großen amerikanischen Konkurrenten Edison kennenzulernen. Was hatte der «Zauberer vom Menlo Park» in aller Stille ausgebrütet?

Die *Edison Company* wartete mit einer Sensation auf, der elektrischen Glühlampe. Doch Edison hatte sich damit nicht begnügt, sondern ein Beleuchtungssystem geschaffen, das dem damals verbreiteten Gaslicht ebenbürtig sein sollte. An jeder Lampe war ein Schalter angebracht, der dem Griff eines Gashahns glich; man konnte die Lampen unabhängig voneinander ein- oder ausschalten. Aber Edison zeigte auch, daß sich elektrisches Licht selbst vor dem Betreten eines dunklen Raumes zum Aufleuchten bringen ließ. Die Besucher der Ausstellung standen stundenlang Schlange, nur um einmal am Schalter drehen zu dürfen.

Emil Rathenau erfaßte mit einem Blick, daß Edison an alles Notwendige gedacht hatte, um elektrisches Licht an Kunden zu verkaufen. Der Erfinder stellte Elektrizitätszähler und auswechselbare Sicherungen gegen Kurzschlußschäden vor. Es fehlten weder Fassungen, Umschalter, Lampenträger, Abzweigungen für Hausanschlüsse noch die Prinzipien der Stromerzeugung. Sein Beleuchtungssystem war so sachkundig durchgearbeitet, als sei es in vielen Städten seit Jahren erprobt. Für Rathenau stand fest: Die Verbreitung des elektrischen Lichts könnte der Anfang eines europäischen Großunternehmens sein.

Es gelang Rathenau, das Recht für die wirtschaftliche Ausnutzung der Patente Edisons zu erwerben.

1 Die erste Elektrolokomotive von Siemens auf der Berliner Gewerbeausstellung im Jahre 1879

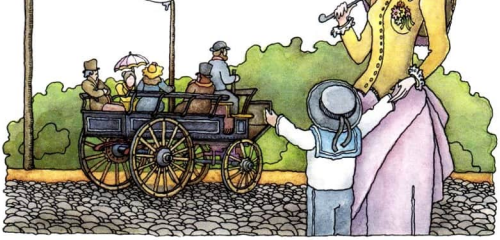


2 Die erste elektrische Straßenbahn der Welt, gebaut von Siemens. Sie fuhr 1881 in Lichterfelde

Er gründete eine Studiengesellschaft, die in Deutschland für die Edisonsche Beleuchtung Reklame machen sollte. Bereits am 12. April 1882 lief in Berlin eine kleine Lichtstation an. Es war die erste Europas, und zum ersten Mal leuchteten in Berliner Häusern einige Glühlampen Edisons.

In Bayern hatte inzwischen Oskar von Miller, begeistert von der Pariser Ausstellung, mit großer Energie Geldgeber für eine elektrotechnische Schau in München gewonnen. Sie kam 1882 zustande. Hier traf Emil Rathenau mit Oskar von Miller zusammen und bot ihm an, in sein Unternehmen einzutreten. Miller übersiedelte nach Berlin. Rathenau schwebten große Pläne vor, doch ehe die Arbeit beginnen konnte, war eine wichtige Angelegenheit zu regeln, die Auseinandersetzung mit der Firma *Siemens & Halske*.

Keine andere deutsche Firma hatte größere Erfahrungen auf dem Gebiet der angewandten Elektrizität. Rathenau konnte nicht riskieren, mit seiner soeben gegründeten, noch schwachen *Deutschen Edison Gesellschaft* einen zermürbenden Konkurrenzkampf gegen Siemens zu führen. So mußte er, ob er wollte oder nicht, mit Siemens verhandeln. Es kam zu Meinungsverschiedenheiten, in die Edison persönlich vermittelnd eingriff. Schließlich schlossen beide «Partner» einen Vertrag. In der Hauptsache lief er darauf hinaus, daß Siemens auf das Recht verzichtete, eine öffentliche Stromversorgung zu organisieren und dieses Gebiet der *Deutschen Edison Gesellschaft* überließ. Dafür verpflichtete sich Rathenau, bestimmte für Stromversorgungsanlagen notwendige Ausrüstungen – Einzelteile des Leitungssystems, Bleikabel und Dynamomaschinen – von *Siemens & Halske* zu beziehen. Außerdem erhielt Siemens die Lizenz für alle Edisonpatente. Dem Riesengeschäft mit der Elektrizität stand nun für Rathenau nichts mehr im Wege.



3 Ein gleisloser elektrischer Wagen der Firma Siemens & Halske auf einer Probefahrt im Jahre 1882 bei Berlin

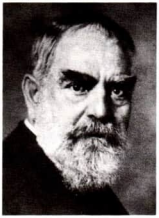
In Berlin wurden die ersten Kraftwerke des europäischen Kontinents errichtet

Die *Deutsche Edison Gesellschaft* begann ihre Arbeit mit sechs Angestellten in einer kleinen Werkstatt. Um es vorwegzunehmen: Aus diesem bescheidenen Anfang sollte im Laufe der folgenden Jahre die *Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft*, die *AEG*, hervorgehen, ein mächtiges, weltumspannendes Unternehmen. Um die Jahrhundertwende ruinierte sie zahlreiche Elektrofirmen, saugte sie auf, und bald wurde sie zum scharfen Konkurrenten der Firma *Siemens & Halske*. Obwohl sich beide Konzerne erbittert bekämpften, verständigten sie sich über Preise und Absatzmärkte, vor allem dann, wenn es galt, einen dritten Konkurrenten bankrott zu machen. Der Ingenieur Oskar von Miller stand solchen Geschäftsgebaren verständnislos gegenüber. Er hatte sich seine Arbeit im Dienste des technischen Fortschritts anders vorgestellt. Im Jahre 1889 kehrte er der *AEG* den Rücken.

Doch zurück in das Jahr 1884. Die noch unbedeutende *Deutsche Edison Gesellschaft* begann mit einer gründlichen Vorarbeit. Oskar von Miller wollte das, was später im großen gewagt werden sollte, im kleinen erproben, und zwar mit der zentralen Stromversorgung einiger Häuser durch eine Elektrizitätsstation. Er wählte die verkehrsreiche Berliner Friedrichstraße an der Kreuzung Unter den Linden. Die Inhaber zweier bekannter Gaststätten wurden für das elektrische Licht gewonnen. Miller ließ das kleine «Kraftwerk», das erste Europas, im Keller eines Mietshauses errichten. *Siemens & Halske* lieferte sieben Dynamomaschinen, die insgesamt etwa 100 Kilowatt leisteten und von vier Dampfmaschinen angetrieben wurden.

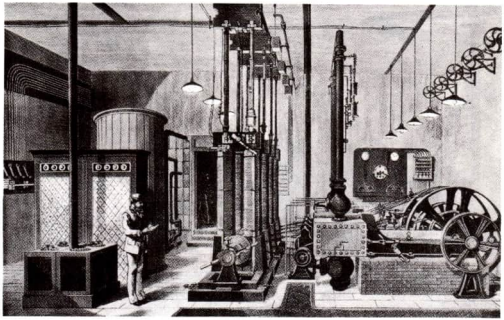
Als die Station anlief, zeigte sie erhebliche Kinderkrankheiten. Sie war, wie Oskar von Miller schrieb, «die reinste Teufelsküche. Einmal blies sie Dampf aus, dann ging die Maschine durch, dann

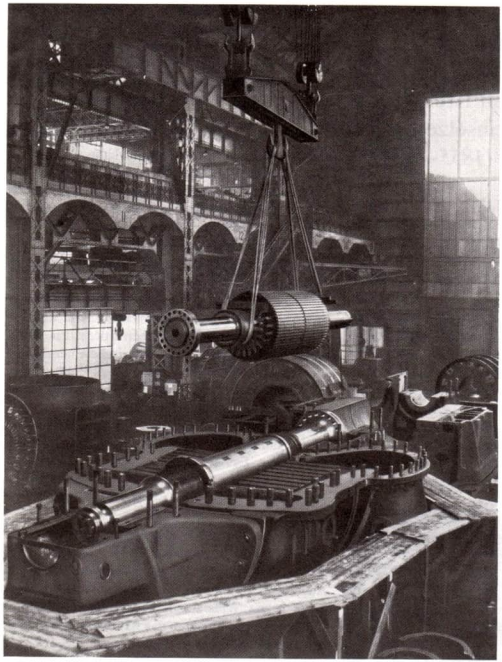
1 Oskar von Miller (1855 bis 1934)



2 Emil Rathenau (1838–1915)

3 Die erste elektrische Blockstation Europas, im Keller eines Hauses der Berliner Friedrichstraße





4 Probemontage eines Generators in einer Werkhalle der AEG

schmolz ein Kupferstab ab und so weiter. Am 13. September 1884 konnten wir endlich die Zentralstation eröffnen. Es war ein wichtiger Tag für mich ... Die Restaurationen, die beleuchtet werden sollten, waren gesteckt voll Menschen, und alle warteten gespannt auf das neue Licht, das um sechs Uhr von mir eingeschaltet wurde.»

Für Oskar von Miller stand fest, daß derartige kleine Blockzentralen nur vorübergehend Berechtigung hatten, um für die Elektrizität zu werben. Volkswirtschaftlich notwendig war eine allgemeine Energieversorgung durch zentral gelegene Kraftwerke. Und nicht nur zum Zweck der Beleuchtung, sondern auch für den Antrieb elektrischer Maschinen im Verkehr, in der Produktion und im Haushalt.

Im Jahre 1885 nahm in Berlin das erste Wärmekraftwerk Europas seinen Betrieb auf. Damals kannte man noch keine Dampfturbinen. Sechs Kolbendampfmaschinen trieben unter Gestampf und dem verwirrenden Gezappel ihrer Pleuelstangen zwölf Dynamos an. Sogar Professor Adolf Slaby, ein Pionier der Funktechnik, war damals von dieser kümmerlichen Reihe schnaufender Dampfmaschinen derart beeindruckt, daß er begeistert ausrief: «Die Lichtzentrale des kommenden Jahrhunderts!»

Der in die Zukunft planende Emil Rathenau konnte sich ein Lächeln nicht verkneifen: «Lieber Slaby! Sie verkennen den unersättlichen Elektrizitätshunger der Menschheit. Statt dieser Kellerräume mit ihrem ohrenbetäubenden Lärm sehe ich hohe, luftige Riesenhallen mit vieltausendpferdigen Maschinen, die automatisch und geräuschlos Millionenstädte mit Licht und Kraft versorgen. – Zuvor allerdings haben wir den Maschinenbau für diese Leistung zu erziehen.»

«Mein Wissen und meine Arbeitskraft wollte ich nicht für den begrenzten Kreis von Aktionären einsetzen.» *Oskar von Miller (1855–1934)*

Mit diesen Worten begründete Oskar von Miller seinen Austritt aus der *AEG*. Er war nicht minder weitblickend als Emil Rathenau, doch ihm war das Streben nach persönlichem Profit zuwider. Nach seiner Vorstellung sollte die wunderbare Naturkraft Elektrizität der Allgemeinheit dienen, und ihre Erzeugung und Verteilung durfte nur von volkswirtschaftlichen Überlegungen bestimmt sein.

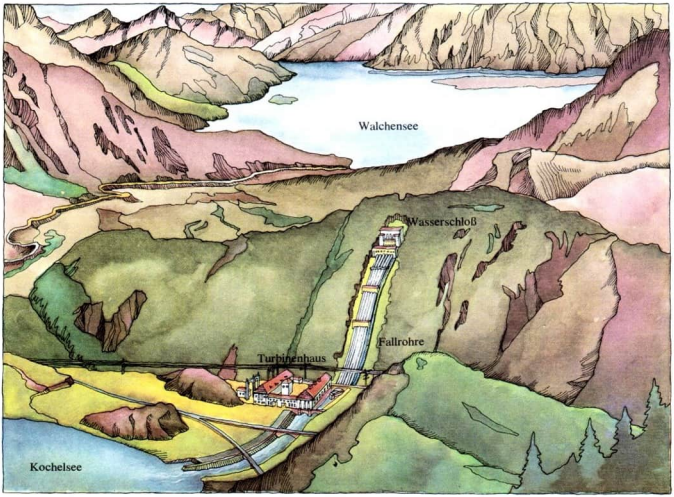
Oskar von Miller hatte zäh zu kämpfen, ehe er seinen hohen Ruf als Kraftwerksingenieur begründen konnte. Dann allerdings genoß er Ansehen in der gesamten internationalen Fachwelt. Nach der Oktoberrevolution wurde er von der sowjetischen Regierung nach Moskau eingeladen, um über Probleme der Gewinnung elektrischer Energie und deren Verteilung Vorträge zu halten. Das geschah zu einer Zeit, als die Energiewirtschaft der Sowjetunion einen in aller Welt beachteten Aufschwung nahm. Miller, von seiner Reise zurückgekehrt, erzählte oft, daß er «vielen dort geschauten Einrichtungen seine Anerkennung nicht versagen könne». Er habe Laboratorien, Versuchsstationen und Musterfabriken gesehen, «wie sie in ihrer Großzügigkeit und Systematik in Europa kaum zur Verfügung stehen».

1 Das Versuchskraftwerk in Lauffen für die erste Fernleitung elektrischer Energie, in Betrieb genommen 1891

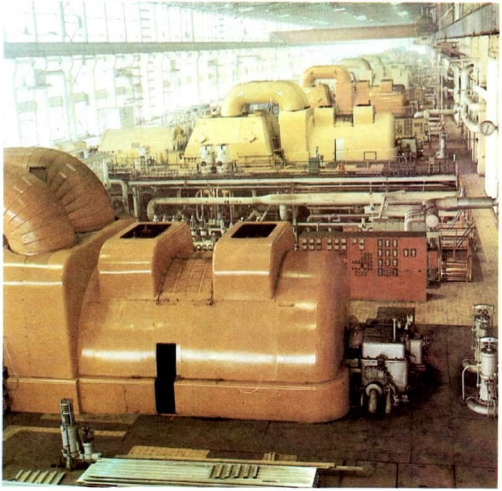
Zu Millers hervorragenden Pionierleistungen gehört die erste Fernübertragung elektrischer Energie im Jahre 1891. In dem Neckarstädtchen Lauffen ließ er ein kleines Versuchskraftwerk errichten, das erstmals von Wasserkraft betrieben wurde. Ein Hochspannungskabel leitete die elektrische Energie über eine 175 Kilometer weite Entfernung nach Frankfurt am Main. Dort, auf einem Ausstellungsgelände, speiste sie 1 000 Glühlampen, außerdem einen Elektromotor, der die Kreiselpumpe für einen künstlichen Wasserfall antrieb. Alle Welt bestaunte dieses Großexperiment. Es bewies, daß sich elektrische Energie über weite Strecken transportieren ließ. Der allgemeinen Elektrifizierung waren damit die Wege geebnet.

Weltbekannt wurde das Wasserkraftwerk am Walchensee in Bayern, das Oskar von Miller projektiert hat und das als technisch vorbildlich gilt. Auch beim Bau dieses Kraftwerkes hatte der Ingenieur gegen Widerstände zu kämpfen. Mächtige Industriegruppen wollten das Kraftwerk ausschließlich für die Nürnberger Industrie einsetzen. Oskar von Miller dagegen plante, die im Turbinenhaus am Kochelsee erzeugte Energie über eine 110 000-Volt-Leitung durch ganz Bayern zu führen und diese Landessammelleitung auch von anderen, kleineren Kraftwerken speisen zu lassen. Von einem zentralen Schaltwerk aus sollte die Energie in der erforderlichen Menge dorthin verteilt werden, wo man sie benötigte.

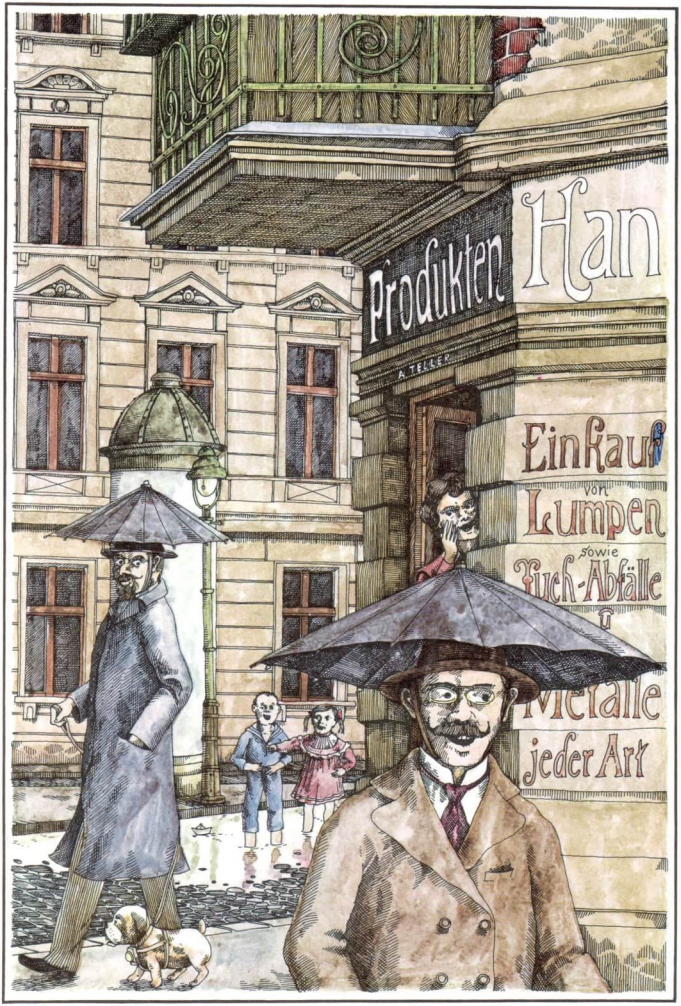
«Mit dem Wasser, das vom Walchensee zum Kochelsee herabfällt, kann die Straßenbahn in Nürnberg ebenso betrieben werden wie die gewerblichen Motoren in Würzburg oder die Dreschmaschinen und Pflüge in der Oberpfalz und Niederbayern.» Voller Verantwortungsbewußtsein für das Allgemeinwohl focht Oskar von Miller seinen Plan gegen alle Widerstände durch. Damit wurde er zu einem Pionier des Verbundnetzes, eines Systems der Energieverteilung, das auch gegenwärtig als das modernste und zweckmäßigste gilt.



2 Das von Miller projektierte Walchensee-Kraftwerk. Von dem 599 Meter über dem Meeresspiegel gelegenen Walchensee strömt das Wasser durch die Fallrohre und gibt seine Bewegungsenergie an die Turbinen ab. Die Generatoren erzeugen eine elektrische Leistung von 102 Megawatt



3 Blick in die Turbinenhalle des Kraftwerks Boxberg. Jeder Turbosatz erzeugt elektrische Energie mit der Leistung von 210 Megawatt


Produkten Han
A. TELLER
Einkauf
von
Lumpen
sowie
Tuch-Abfälle
&
Metalle
jeder Art

9 Technica curiosa

Zu allen Zeiten, auch bereits im Altertum,
gab es technische Merkwürdigkeiten, Erfindungen,
die wir heute nicht mehr ganz ernst nehmen können.
Viele von ihnen, zum Beispiel die Tempelwunder der Antike,
hatten einmal eine gesellschaftliche Funktion.
Andere wiederum wurden gemacht,
weil manche Leute unbedingt etwas erfinden wollten, ganz egal,
ob man es gebrauchen konnte. Zum Beispiel einen eleganten,
mit einem Kinnriemen versehenen Hut,
in dem sich ein zusammengefalteter Regenschirm verbirgt.
Oder eine elektrische Lampenausrüstung für Dackel
«zum Hinaustreiben von Raubzeug aus Höhlen»
oder gar einen «Hilfssitz für Nachtgeschirre
mit Musikauslösung».

Mechaniker des antiken Griechenland waren die Erfinder der ersten Automaten

1 Blick ins Innere des Weihwasserautomaten von Heron

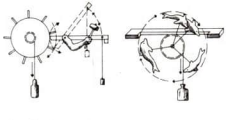
Ehrfurchtsvoll verharrt die gläubige Menge vor den Säulen des Tempels. Die hohen Torflügel sind noch geschlossen und verwehren den Blick in das Heiligtum. Der Priester entzündet auf einem kleinen Altar das Opferfeuer. Flehend erhebt er die Arme, seine Augen beschwörend zum Himmel gerichtet. Möge doch Zeus, gnädig gestimmt durch die Gaben des Volkes, die Türen seines Tempels öffnen!

Da lodern die Flammen auf. Und jetzt drehen sich die schweren Tempeltüren in ihren Angeln. Alles erschauert vor Zeus, vor der übermächtigen Gestalt des Vaters aller Götter und Menschen. Nur wenige Herzschläge lang zeigt sich die erhabene Gottheit der irdischen Kreatur; dann schließen sich wieder die Türen.

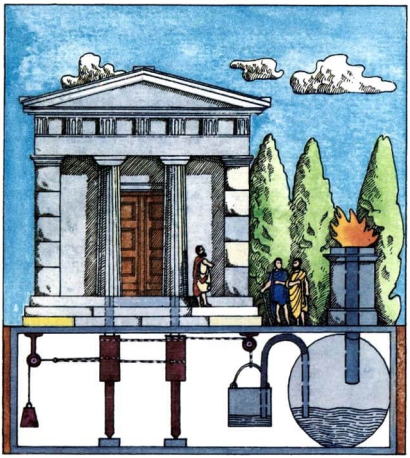
Eine gelungene Zaubervorstellung, wie man sie in einem Varieté nicht wirkungsvoller vorgeführt bekommt. Mit einem bemerkenswerten Unterschied jedoch. In jener fernen Vergangenheit waren nicht Zauberkünstler die Veranstalter solcher Schauspiele, sondern Priester. In allen alten Staaten bildeten sie einen Teil der herrschenden Klasse, in Mesopotamien, Ägypten, Indien, China und auch in Griechenland. Die Beobachtung der Natur, die Anwendung von Naturgesetzen war ihr überliefertes Vorrecht. Daher konnten sie die unwissenden Volksmassen täuschen, einschüchtern und in Abhängigkeit halten. Und zwar mit simplen technischen Tricks, bei denen ihnen geschickte Mechaniker halfen. Wie die Zeichnung verrät, war das Tempeläffnen ein automatischer Vorgang, herbeigeführt durch einen sinnreich ausgedachten Mechanismus.

Heron von Alexandria, den wir bereits als einen vielseitigen Erfinder kennengelernt haben, konstruierte ebenfalls einige Tempelwunder, zum Beispiel einen Weihwasserautomaten. Ein Gläubiger, der geweihtes Wasser begehrte, warf durch einen Schlitz eine Fünf-Drachmen-Münze. Ihre Gewichtskraft – sie wog etwa 18 Gramm – löste die Automatik aus: Das Geldstück fiel auf die kleine Platte an dem einen Ende des Hebelarmes, drückte ihn nieder und glitt an dem nun schräggestellten Plättchen in die Opferkasse hinunter. Für diese kurze Zeit öffnete der Hebel ein Ventil, und der Gläubige erhielt eine geringe Menge des geweihten Wassers zugeteilt.

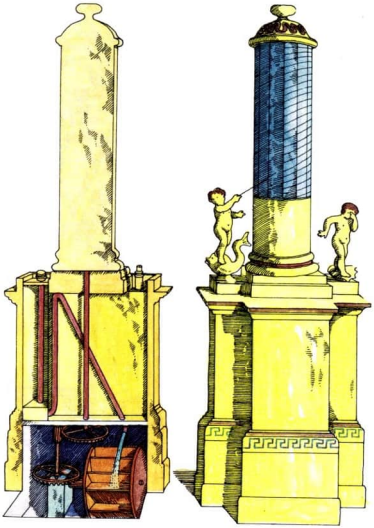
Abgesehen von diesen alten Tempelwundern gab es zu jener Zeit bereits Automaten zur Belustigung und Unterhaltung, zum Beispiel automatische Theater. Das waren kleine Bühnen, auf denen Figuren Theaterstücke und Sagen vorführten. Die Figuren wurden durch Räderwerke und Seile nacheinander automatisch in Bewegung gesetzt. Die Antriebskraft dazu lieferten schwere Körper, die an Schnüren hingen und auf Räder, Rollen und Hebel wirkten. Heron selbst beschreibt in seinem Buch *Über die Kunst der Verfertigung von Automaten* ein von ihm gebautes Theater. Es konnte ein Drama in fünf Akten in Szene setzen. Im ersten Akt arbeiten Griechen an Schiffen, die vom Stapel laufen sollen. Im Hintergrund sägen, hämmern und bohren Handwerker. Im zweiten Akt laufen die Schiffe vom Stapel. Dann fahren die Schiffe über das Meer; Delphine tauchen neben ihnen auf und unter. Der vierte und der fünfte Akt zeigen Sturm und Schiffbruch. Einer der Helden versucht, schwimmend Land zu erreichen. Da erscheint auf dem Theaterapparat die Figur einer Göttin und schleudert einen Blitz auf den Schiffbrüchigen. Eine Donnermaschine erzeugt zornigen Gewitterlärm, und der Schwimmer versinkt in den Fluten.



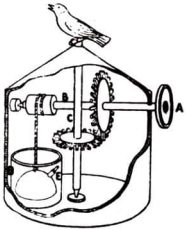
2 So sahen einzelne Teile des automatischen Theaters aus



3 Das von dem Priester entzündete Feuer erwärmt den Altarsockel. Die darin enthaltene Luft dehnt sich daher aus und drückt über den Heber Wasser in den Eimer, dessen Gewicht dadurch größer wird. Schließlich zieht er an beiden Ketten mit genügender Kraft, um die Türachsen zu drehen. Danach kühlt sich die Luft in dem Altarsockel ab, zieht sich auf ihr kleineres Volumen zusammen und saugt dabei das Wasser aus dem Eimer zurück in den Behälter. Das Gegengewicht sorgt dafür, daß sich die Türen schließen



4 Der Mechaniker Ktesibios (296–228 v. u. Z.) aus Alexandrien schuf diese Wasseruhr. Sie zählt zu den kunstvollsten Erfindungen des Altertums. In den Behälter einlaufendes Wasser hebt eine schwimmende Platte allmählich an; damit steigt auch das Zeigermännchen empor. Die Uhr zeigte nicht nur die Stunde, sondern auch den Tag und den Monat an



5 Ein Meisterwerk früher Mechanikerkunst war dieser automatische Vogel

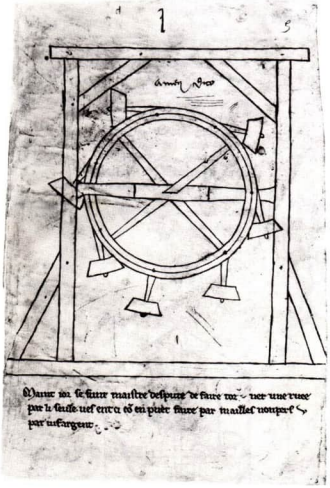
Das Perpetuum mobile – die wunderbare Maschine, die aus dem Nichts Energie herbeizaubern sollte

1 Julius Robert Mayer (1814 bis 1878)

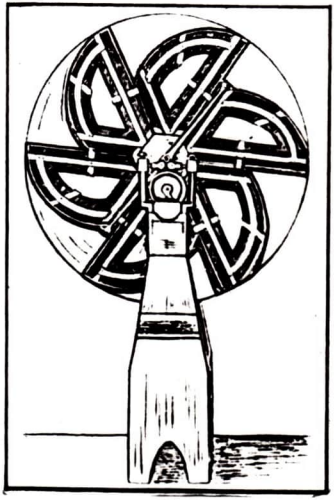
Das Wort *Perpetuum mobile* kommt aus dem Griechischen. Es bedeutet *unaufhörlich beweglich.* Was ist damit gemeint?

Man denke sich zum Beispiel ein Rad, das sich, einmal in Bewegung versetzt, von selbst weiterdreht. Und wenn es außerdem einen Schleifstein, eine Pumpe oder ein Hammerwerk antriebe, so besäße man einen vorzüglichen Motor. Ohne Zufuhr von Energie bliebe er immer in Bewegung und verrichtete dabei noch nützliche Arbeit. Eine Erfindung, die uns aller Energiesorgen enthöbe. Leider ist sie, ebenso wie das Schlaraffenland, wo den Leuten gebratene Tauben in den Mund fliegen, irgendwo im Nirgendwo aufzufinden. Der Traum, eine Maschine zu schaffen, die mehr Energie liefert, als man in sie hineinsteckt, stammt aus der Zeit der Alchimisten, die ja aus Blei sogar Gold machen wollten.

Lange Zeit wußte man über das Wesen der Energie so gut wie nichts. Doch im 19. Jahrhundert erforschten drei namhafte Wissenschaftler wichtige Tatsachen über die Energieerhaltung und -umwandlung: der englische Physiker James Prescott Joule und die deutschen Gelehrten Julius Robert Mayer und



2 Einer der ältesten Entwürfe eines Perpetuum mobile stammt aus der Zeit um 1235. Auf einer Achse sitzt ein großes hölzernes Speichenrad. Hammerähnliche Massekörper, befestigt an beweglichen Stangen, sollten das Rad in Umlauf halten



3 Entwurf zu einem Perpetuum mobile von Leonardo da Vinci

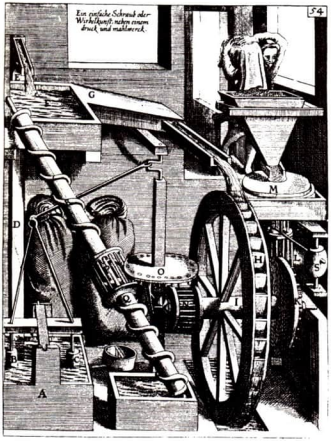
Hermann von Helmholtz. Ihre Lehrsätze sind grundlegend für unser gesamtes naturwissenschaftliches Denken und für alle Zweige der Technik.

Heute wissen wir: Energie, in welcher Form sie auch auftritt, ist gespeichertes Arbeitsvermögen. Man kann auch sagen, Körper, die Energie besitzen, haben die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten. Energie kann man nicht hervorzaubern, schon gar nicht aus dem Nichts. Wer zum Beispiel elektrische Energie gewinnen will, muß mit einer anderen Form von Energie dafür «zahlen». Er muß unter körperlicher Anstrengung eine Kurbel drehen oder Energieträger wie Kohle und Heizöl verbrennen, strömendes Wasser über Turbinenräder leiten oder einen Kernreaktor einsetzen.

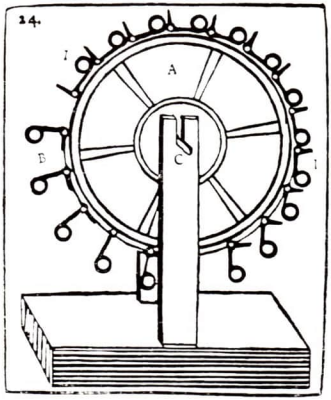
Will man eine Maschine in Gang halten, so genügt es keinesfalls, sie durch eine einmalige Zufuhr von Energie gewissermaßen «anzuwerfen», in Bewegung zu bringen. Man muß ihr vielmehr ständig Energie zuführen, zum Beispiel zur Überwindung der Reibung. Selbst wenn es sich um einen ganz einfachen Mechanismus handelt. Deshalb ist ein Perpetuum mobile nicht möglich. Aber solange diese Tatsachen nicht bekannt waren, entwarfen selbst ernsthafte Forscher Pläne für die begehrte Wundermaschine.

Sogar der geniale Leonardo da Vinci versuchte, dieses Problem zu lösen. Er schlug eine Radmaschine vor: Beim Drehen des Rades rollen sechs schwere Kugeln in geraden und gekrümmten Rinnen und verändern dadurch ständig ihren Abstand von der Drehachse. Die am weitesten vom Zentrum entfernte Kugel soll auf Grund der größeren Hebelwirkung das Rad um etwa 60 Grad drehen. Dann rollt die ihr folgende Kugel nach außen, übernimmt den weiteren Antrieb, und so geht es fort. Dennoch kommt das Rad zum Stillstand. Da sind der Luftwiderstand, die Reibung an den Achsenlagern und schließlich die Rollreibung der sechs Kugeln. Wie wir wissen, erzeugt Reibung Wärme. Infolgedessen geht der einmalig zugeführte Betrag an Bewegungsenergie in Wärmeenergie über. Leonardo da Vincis Rad macht einige Umläufe, dann bleibt es stehen.

Ein Perpetuum mobile, das tatsächlich zu funktionieren schien, wurde im 18. Jahrhundert von einem gewissen Ernst Elias Beßler gebaut. Alle Welt bewunderte das *Rad von Cassel*, das in einem versiegelten Zimmer wochenlang ununterbrochen lief. Selbst der Landgraf, ein Freund der Wissenschaften, war tief beeindruckt. Schließlich offenbarte Beßlers Dienstmagd das Geheimnis. Sie hatte es nämlich satt, sich für einige Groschen Lohn im Nebenzimmer zu verstecken und von dort aus die schwere Welle des Rades ständig zu drehen.



4 Wasserradmaschine aus dem Jahre 1661: Der Wasserstrahl setzt das Schaufelrad in Bewegung. Eine Archimedische Schraube fördert das Wasser in das obere Becken zurück. Darüber hinaus wollte der Erfinder ein Druckwerk und eine Kornmühle antreiben



5 Ein sogenannter Immerbeweger, konstruiert um 1700

Auch so etwas ist einstmals erfunden worden: «Vorrichtung zum Anheben der Knie der auf dem Abort sitzenden Person gegen die Brust» – und zwar als Bauchpresse

1 Unter den Füßen Einzylinder-Explosionsmotoren, eine «Vorrichtung zur Fortbewegung von Personen»

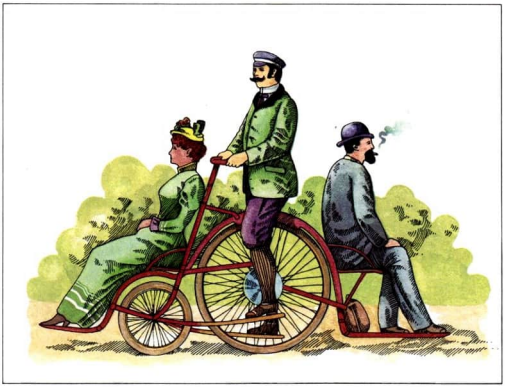
Längst nicht alles, was mit regem Erfindergeist ausgetüftelt wurde, hat Verwendung gefunden. Mitunter nämlich geht beim Erfinden auch mal 'was daneben. In den Archiven der Patentämter schlummern Tausende Ideen und warten vergeblich auf ihre Verwirklichung. Vielleicht werden diese Patentschriften eines Tages dem Reißwolf vorgeworfen. Was wird dann noch an Frau Paula Binder aus Oberhausen im Rheinland erinnern? Sie erfand nämlich 1924 einen «an Schulterbügeln angebrachten Handspiegelhalter mit hoch- und tiefstellbaren Tragarmen». Das kam so: Wenn Frau Paula ihr Nackenhaar frisierte, mußte sie mit der Linken einen Handspiegel halten, um in einem zweiten Spiegel das Ergebnis ihrer Verschönerungskünste beobachten zu können. Mit der freien Rechten allein gelang es ihr nicht, die Haarpracht auf Lockenwickler zu drehen. Daher erdachte sie eine «den Körper U-förmig umfassende Führungsschiene», die ihr den Handspiegel abnahm und die auch als Ablegeplatz für Kämme, Bürsten und Lockenwickler dienen konnte.

2 Ein patentierter Hutschirm, «gekennzeichnet durch die Verbindung eines zusammenlegbaren Schirmgestelles mit einem doppelwandigen Hut, welcher durch einen kräftigen Kinnriemen gehalten wird»

Ein Herr Leiter sorgte sich 1927 um die Gesunderhaltung der Kleinsten und wollte ihnen das «Widerstreben gegen die Benutzung des Nachtgeschirrs» abgewöhnen. Er stellte den Nachttopf auf eine Vorrichtung, «die bei eintretender Belastung des Geschirrs durch die Ausscheidungen ein Musikwerk in Gang setzt. Da das Kind durch die Erfahrung weiß, daß im Falle der Verrichtung die ihm angenehme Folge eintritt, so hat es das Bestreben, diese Wirkung möglichst schnell herbeizuführen.»

Einige Erfinder bemühten sich, ihren Zeitgenossen einen genußreicheren Nachtschlaf zu verschaffen. Auch gegen das Schnarchen gab es etwas. Der eine erfand ein Luftkissen, durch das die Kinnlade des Schlafenden am Herabfallen gehindert wird. Ein anderer konstruierte ein Gerät, das kräftige Schnarcher, überschritten sie eine gewisse Lautstärke, mit einem elektrischen Schlag strafte.

Viele Patente beziehen sich auf neuartige Kraftmaschinen. Der Hamburger H. Feldt erfand 1888 ein Hunderad zum Antrieb von Nähmaschinen. «Das Hunderad besteht aus einer Trommel von circa 1,5 m Durchmesser, die in einem Gestell drehbar

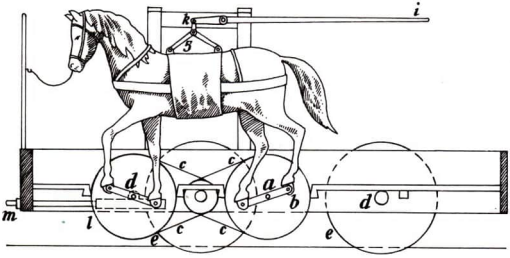


4 Ein zum Passagier- oder Transportrad ausgebildetes Zweiradsystem

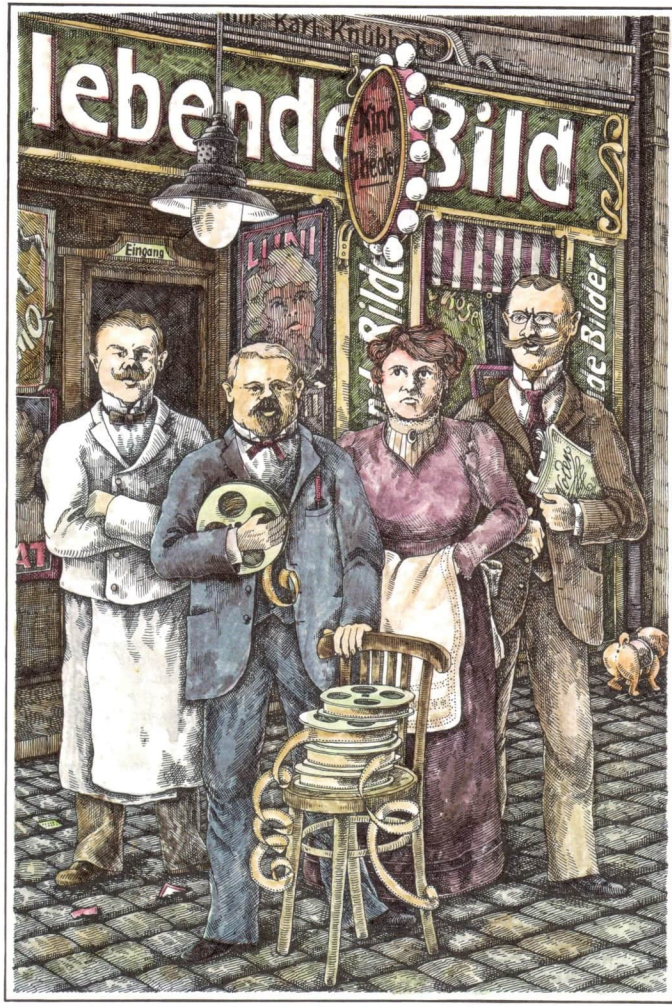
gelagert ist und durch die Laufbewegung eines Hundes, welcher durch die Tür in die Trommel eingelassen wird, in Umdrehung versetzt wird.» Ein wahres Hundeleben für den Hund. Doch Herr Feldt dachte wenigstens auch an den Arbeitsschutz dieser Kreatur. «Damit nun bei den eintretenden Pausen im Nähen, während man das Zeug umlegen will, infolge des plötzlichen verminderten Widerstandes die Trommel nicht zu schnell rotire und dadurch der Hund zum Fallen komme, ist eine Bremsvorrichtung angeordnet.»

In Griesheim an der Mosel ersann ein Herr Haehnel 1922 eine «Vorrichtung zur Fortbewegung von Personen». Und zwar sollte man sich unter jeden Fuß einen kleinen Gasmotorzylinder schnallen, «dessen herausstehende Kolbenstange auf dem Erdboden vermittels eines hufartigen, beweglichen Schuhes aufsteht. Beim Aufspringen, welches wie beim gewöhnlichen Laufen wechselseitig erfolgt, wird die Luft über dem Kolben durch die lebendige Kraft des Körpers komprimiert, worauf in der Nähe des Hubwechsels der flüssige Brennstoff eingespritzt wird. Die in dem Zylinder des einen Beines eingeleitete Zündung wirft den Körper im Verein mit geeigneter willkürlicher Bewegung nach vorwärts, worauf dann das andere Bein mit dem daran befestigten Zylinder zum Aufspringen kommt.» Sicherheitshalber gab der Erfinder jener Person, die sich auf diese Weise «sprunghaft vorwärts treiben» lassen wollte, zwei Sicherheitskrücken mit auf den Weg.

Man sollte über Derartiges nicht nur schmunzeln. Denn was wäre die Menschheit ohne das Bedürfnis, Erfindungen zu machen? Es gäbe weder das Radio noch die Raumfahrtrakete, nicht einmal das Fahrrad. Man besäße keine Nähnadel, kein Streichholz. Nichts wäre vorhanden von den vielen nützlichen Dingen, mit denen wir uns umgeben und die uns das Leben leichter und angenehmer machen.



5 Dieser «Bewegungsmechanismus für Pferdebahnwagen und sonstige Fuhrwerke» konnte sich nicht durchsetzen


lebende Bild
Kino Theater
Eingang
Bilder
de Bilder

10 Das Kino

Der Druck auf den Auslöser der Kamera genügt,
und das Licht zeichnet Bilder auf einen Filmstreifen.
Farbige sogar.
Dann, im Lichtspieltheater, fangen diese Bilder an,
sich zu bewegen und zu sprechen.
Sie vermitteln uns die Illusion,
als seien wir Augenzeuge eines Geschehens.

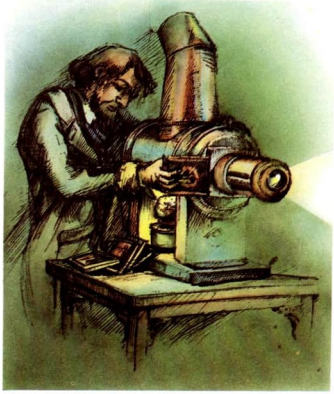
Als Ahnherr unserer modernen Kinotechnik gilt ein deutscher Jesuitenpater

Es begann zur Zeit des Dreißigjährigen Krieges. Damals lebte in Rom der deutsche Jesuitenpater und Gelehrte Athanasius Kircher. Er beschäftigte sich mit Magnetismus, schrieb ein Buch über China, sammelte archäologische Funde. Nebenher interessierte er sich für optische Linsen und deren Wirkung auf Lichtstrahlen.

In einem abgedunkelten Zimmer entzündete er eine Kerze und hielt in einem bestimmten Abstand eine Sammellinse vor sie. Da erschien an der weißen Wand das vielmals vergrößerte farbige Abbild der Kerzenflamme. Allerdings stand das Bild kopf; die Spitze der Flamme wies nach unten. Aus dieser Beobachtung schloß Kircher, daß sich mit Hilfe einer Sammellinse beleuchtete Gegenstände jeder Art abbilden lassen müßten.

Er kam auf die Idee, eine kleine Glasscheibe farbig zu bemalen. Dann hielt er sie dicht vor die Kerze. Die Scheibe wurde vom Licht durchstrahlt, und die Linse zauberte ein großes scharfes Bild in leuchtenden Farben auf die Wand. Auch dieses Bild stand kopf, und es hatte vertauschte Seiten. Damit es richtig wiedergegeben wurde, brauchte Kircher sein Glasbild lediglich seitenverkehrt und kopfstehend vor die Linse zu halten.

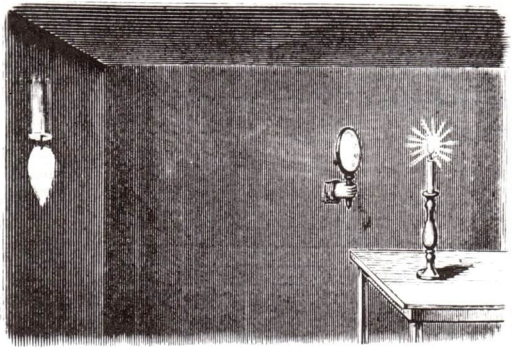
1 Athanasius Kircher (1602 bis 1680)
2 Laterna magica, wie sie Ende des vorigen Jahrhunderts gebräuchlich war



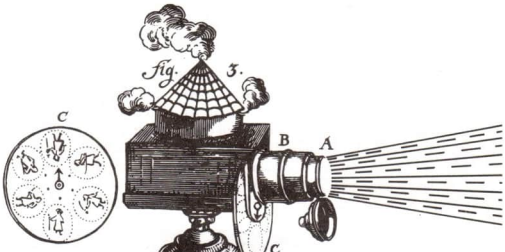
Kircher ließ sich einen hölzernen Kasten anfertigen. Vorn befand sich eine runde Öffnung, oben ein kleiner Blechschornstein. In das Innere des Kastens stellte er eine mit einem Hohlspiegel versehene Öllampe. Der Spiegel sammelte das Lampenlicht zu einem Bündel und richtete diesen durch die vordere Öffnung. Dort konnte Kircher farbige Glasbilder anbringen, die sich auswechseln ließen. Alsdann fiel der Lichtstrahl durch ein Rohr, in das Kircher die Linse eingesetzt hatte. Mit Hilfe dieses Rohres ließ sich die Linse hin und her schieben und damit das an der Wand sichtbare Bild scharf einstellen.

Kircher benutzte dieses Gerät während seiner Predigten: Er ließ große Farbbilder von Teufeln und Engeln über die Wände geistern. So vermochte er seinen frommen Zuhörern die Herrlichkeiten des Paradieses vorzuführen und ihre Furcht vor der ewigen Verdammnis zu steigern. Die unwissenden Menschen glaubten, nur durch Wunder oder Zauberei könnten die himmlischen Heerscharen und bösen Dämonen in die Stube geholt werden. Deshalb nannte man den Apparat Kirchers *Laterna magica*, das heißt *Zauberlaterne*.

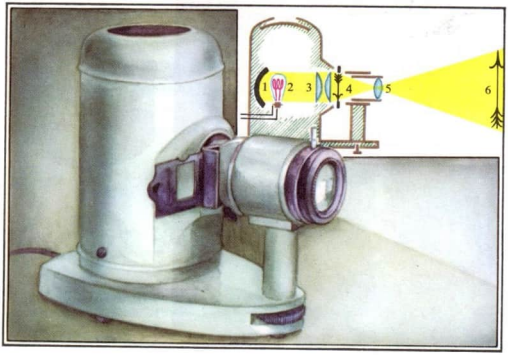
Die Zauberlaterne ist der Ahne der heutigen Kinomaschinen, die in den Vorführräumen der Lichtspieltheater stehen. Die Bildentstehung beruht bei diesen modernen Vorführapparaten auf den gleichen optischen Gesetzmäßigkeiten. Auch ein moderner Bildwerfer unterscheidet sich im Prinzip nicht von der Laterna magica Athanasius Kirchers.



3 Eine Sammellinse projiziert das Abbild einer Kerze gegen eine Wand



4 Eine Zauberlaterne aus dem Jahre 1685



5 Bildwerfer der Gegenwart:
1 Hohlspiegel 2 Lichtquelle
3 Kondensor 4 Diapositiv
5 Objektiv
6 Abbild des Diapositivs

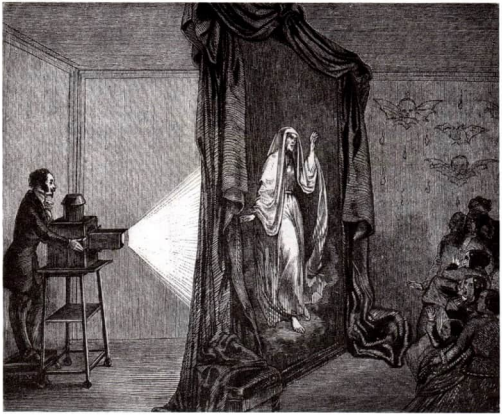
Kaum hatte man die Laterna magica, da wünschte man sich bereits, daß sich die Bilder bewegten, also «lebende Bilder»

Wer um das Jahr 1800 in Paris Lust und Geld hatte, das Gruseln zu erlernen, der ging zum «Gespensterkönig». So nannte man Étienne Robertson, einen spitzbärtigen, düster aussehenden Mann, dessen nächtliche Vorführungen zum Tagesgespräch von Paris wurden.

Wer zu seinen Vorstellungen wollte, mußte sich in ein verlassenes, halbverfallenes Nonnenkloster begeben, das inmitten eines verwilderten Gartens lag. Man ging durch einen von Fackeln erhellten Gang, vorüber an Knochengerippen und Grabplatten, in die ehemalige Klosterkapelle. Beklommen setzte sich der Besucher. Unter den Anwesenden herrschte Grabesstille. Einige Kerzen warfen schummeriges Licht, und an den Wänden hingen greuliche, dämonenhafte Masken. Ein roter Samtvorhang verdeckte eine Art Bühne.

Dann erloschen die Kerzen, eine Totenglocke begann zu läuten, Donner ertönte. Auf die wie gebannt Sitzenden kam ein Lichtschein zu. Eine dumpfe Stimme sprach unverständliche, beschwörende Worte. Das Licht nahm Gestalt an; offenbar die eines Geistes. Er gab klagende Laute von sich, wuchs ins Riesenhafte, bis er unter das Publikum zu treten drohte. In diesem Augenblick verloren abergläubische Zuschauer mitunter die Nerven und flohen in wilder Panik.

Nur wenige durchschauten, daß Robertson keine Geister beschwören konnte, sondern mit den damals möglichen Mitteln eine Art Horrorfilm veranstaltete. Die Geräusche – das Gerassel von Ketten, das Gebimmel der Totenglocke, der Donner und die klagenden Laute – wurden von zwei Gehilfen produziert, die sich hinter einer großen Leinwand verbargen. Dort befand sich auch Robertsons Vorführgerät: eine Laterna magica auf Rädern. Der Trick war einfach. Die Vorstellung begann damit, daß der Gespensterkönig seine Zauberlaterne dicht an die Leinwand stellte. Fuhr er sie langsam zurück, wurde das Bild des Geistes größer und immer größer. Behielt dabei das Publikum die Nerven, so konnte Robertson den wehklagenden Geist auch verschwinden lassen; er brauchte seine Laterna magica nur zurückzufahren an die Leinwand. Mit dem Hinundherfahren der Zauberlaterne täuschte er ein be-



1 Vorführung in Robertsons Gruselkabinett

2 Die Wundertrommel. Sie beruhte auf dem gleichen Prinzip wie das sogenannte Lebensrad

wegtes Bild vor. Diese Geistervorstellungen machten Robertson reich.

Zu den ersten, die tatsächlich «lebende Bilder» vorführen konnten, zählt der österreichische Physikprofessor Simon Stampfer, der 1832 an der Wiener Universität wirkte. Er stellte ein Gerät her, das er *Lebensrad* nannte. Es bestand aus zwei runden Pappscheiben, die drehbar auf einer Achse saßen. In die eine der Scheiben hatte Stampfer in gleichen Abständen eine Anzahl von Sehschlitzen geschnitten; die andere war mit Zeichnungen beklebt. Es handelte sich um Phasenbilder. Das heißt, eine Person ist bei einer Tätigkeit, zum Beispiel beim Seilhüpfen, in den verschiedenen Augenblicken dieser Bewegung abgebildet. Man mußte die Scheiben entgegengesetzt zueinander in Drehung versetzen und dabei durch die am Auge vorüberhuschenden Schlitze blicken. Dann schien die Zeichnung zu leben; die abgebildete Figur wiederholte fortwährend eine Bewegung.

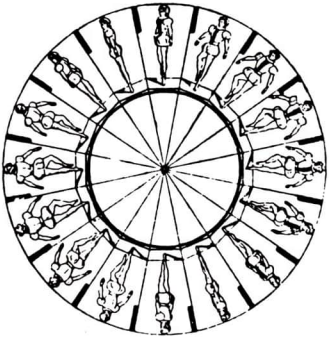
Stampfer führte sein Lebensrad sogar seinen Studenten vor, um ihnen zu erklären, wie das menschliche Auge arbeitet. Man hatte darüber gerade ganz neue Erkenntnisse gewonnen. Wenn Licht in das Auge gelangt und damit auf die Netzhaut trifft, übt es einen Reiz aus, der über den Sehnerv zum Gehirn geleitet wird. Dadurch kann der Mensch Licht wahrnehmen, also sehen. Nun ist dieser Vorgang von einer eigentümlichen Nebenwirkung begleitet. Eine im Kreise herumgeschwungene Taschenlampe zum Beispiel sieht man an allen Stellen ihrer Bahn gleichzeitig, man erblickt einen leuchtenden Reifen. In Wirklichkeit ist nur ein kreisender Lichtpunkt da. Wie kommt es zu dieser Täuschung?

Angenommen, wir lassen eine Lampe nur kurz aufleuchten. Man müßte meinen, daß mit dem Verlöschen der Lampe auch die Lichtempfindung aufhört. Doch dies ist nicht der Fall. Für den Bruchteil einer Sekunde bleibt die Lichtempfindung bestehen; unser Auge nimmt ein sogenanntes Nachbild wahr. Daher sehen wir eine kreisende Taschenlampe auch noch dort, wo sie sich gar nicht mehr befindet. Es kommt uns nicht zum Bewußtsein, daß nur ein einzelner Lichtpunkt vorhanden ist. Die rasch aufeinanderfolgenden Lichteindrücke ergeben einen Gesamteindruck: Wir sehen einen Lichtstreifen.

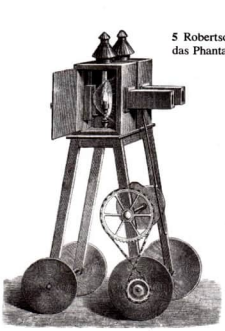
So erklärt sich auch das *Lebensrad*. Jeweils für den Bruchteil einer Sekunde sehen wir durch einen Schlitz auf ein Phasenbild. Diese Bilder wechseln so schnell, daß wir sie nicht mehr getrennt wahrnehmen. Jedes fließt mit dem folgenden zusammen, und wir haben den Eindruck, ein «lebendes» Bild zu sehen.

Diese Besonderheit unseres Auges und des Sehvorgangs überhaupt machte Kino und Fernsehen erst möglich.

3 Stampfers Lebensrad, mit Kurbel zum Antrieb ausgerüstet



4 Eine Bildscheibe mit Phasenzeichnung, 1832



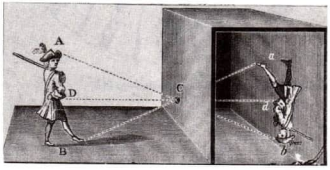
5 Robertsons Vorführgerät, das Phantastoskop

Um das Jahr 1500 erforschte Leonardo da Vinci die Camera obscura und legte damit auch einen Grundstein zur Fotografie

Eine *Camera obscura* – das heißt *dunkle Kammer* – ist ein fensterloser Raum, eine Kammer, die allseitig geschlossen ist. Allerdings hat eine Wand der Kammer eine kleine runde Öffnung, und wer sich in der Kammer befindet, der sieht an der dem Loch gegenüberliegenden Wand das Abbild der Außenwelt. Aber diese Welt steht sozusagen kopf; der Himmel ist oben, und die Bäume hängen mit ihren Wipfeln nach unten.

Man hat auch die Camera obscura in früherer Zeit dazu mißbraucht, den Aberglauben unwissender Menschen zu nähren und den Teufel oder andere Dämonen in der Kamera erscheinen zu lassen. Gegen Eintrittsgeld ließ man die Leute in die Kammer ein und verhieß ihnen, der Leibhaftige werde ihnen erscheinen. Und tatsächlich, er erschien. In Wirklichkeit war es nur das Abbild eines als Teufel verkleideten Gauklers, der vor dem Loch der dunklen Kammer furchterregende Grimassen schnitt und drohend mit einer Höllengabel herumfuchtelte.

1 Leonardo da Vinci (1452 bis 1519)
2 Joseph Nicéphore Niepce (1765–1833)
3 Louis Daguerre (1789–1851)



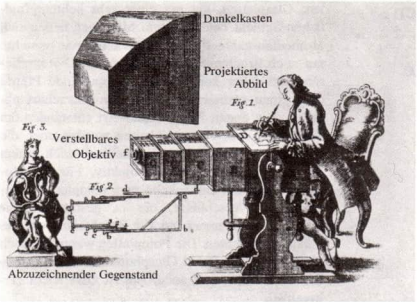
4 Entwurf zu einer Camera obscura von Leonardo da Vinci
5 Zauberei mit der Camera obscura zu Beginn des 17. Jahrhunderts. Menschen in der Kammer zeigte man den Teufel, indem man draußen einen verkleideten Gehilfen schauspielern ließ

Im Jahr 1568 verbesserte der Venezianer Daniel Barbaro die Camera obscura, indem er für die Bildentstehung eine Sammellinse in das Loch einsetzte. Und 200 Jahre später entstanden die ersten Zeichenkameras. Es gab sie in den verschiedensten Größen. Manche hatten die Ausmaße eines Tisches, und man saß auf einem Stuhl an der Kamera. Das Ganze diente dazu, möglichst naturgetreue Bilder von Landschaften oder Stadtansichten zu zeichnen.

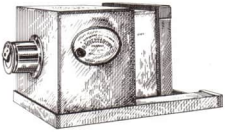
Einer der berühmtesten Künstler, der sich dieser Kamera bediente, war der italienische Maler Bernardo Belotto, genannt Canaletto. Betrachten wir seine Gemälde, so fällt uns die «fotografische Treue», die genaue Wiedergabe der Perspektive und jeder architektonischen Einzelheit auf.

Wie funktionierte diese Zeichenkamera?

Das von der Linse eingefangene Bild wurde von einem Spiegel gegen eine waagerecht angebrachte Glasplatte geworfen. Darauf legte man Pergamentpapier, auf dem das Bild zu sehen war. Damit der Zeichner dieses Bild scharf und deutlich sehen



6 Eine große Zeichenkamera aus dem Jahre 1769. Der Dunkelkasten, unter dem der Zeichner sitzen muß, ist hier abgenommen



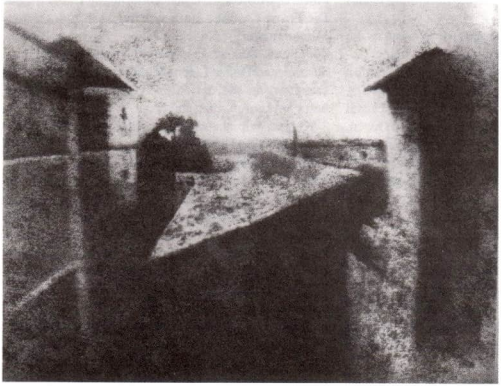
7 Eine fotografische Kamera von Daguerre, um 1840

konnte, saß er beim Zeichnen unter einem großen Holzkasten, also fast im Dunkeln.

Diese schönen farbigen und naturgetreuen Abbilder, die von der Linse auf das Pergament geworfen wurden, waren leider flüchtig wie das Licht selbst. Man wünschte sich, sie für immer festhalten zu können, ohne zeichnen zu müssen. Dazu benötigte man anstelle des Papiers eine mit chemischen Mitteln behandelte lichtempfindliche Platte. Eine Platte also, die auf Lichteindrücke reagiert, so daß das Licht «ein Bild malt».

Das erste Foto in der Geschichte machte der Franzose Joseph Nicéphore Niepce. Nach vielen Fehlschlägen, gelang ihm dieses bedeutende Experiment. Er benutzte eine Platte, die mit lichtempfindlichem Asphalt belegt war. Den Fotoapparat, eine schlichte Camera obscura, stellte er auf das Fensterbrett. Nach stundenlanger Belichtung zeichnete das Licht auf die Schicht das ein wenig verschwommene Bild, nämlich die Dächer und Häuser vor Niépces Fenster.

Ein Mitarbeiter Niépces war der Maler Louis Daguerre. Er entwickelte das Verfahren weiter, verbesserte die Camera obscura und benutzte später durch Joddämpfe lichtempfindlich gemachte, versilberte Kupferplatten. Man konnte diese Bilder, die Daguerreotypien genannt wurden, nur einmal herstellen, also nicht vervielfältigen. Aber der Anfang war nun gemacht, es blieb nur eine Frage der Zeit, wann jedermann würde fotografieren können.



8 Das erste Lichtbild in der Geschichte der Fotografie, aufgenommen von Joseph N. Niepce

Mit einem unfair geführten Patentprozeß begann die eigentliche Geschichte des Films

1 Ein Fotograf mit seinem Zelt-Laboratorium auf Expedition

Es begann ein beschwerlicher Weg zu dem heute gebräuchlichen Film, mit dem wir fotografieren und filmen. Generationen von Erfindern, Chemikern und Technikern haben an der Vervollkommnung dieses Aufnahmematerials gearbeitet.

In der Anfangszeit der Lichtbildnerei hatten es die Fotografen nicht gerade leicht. Es gab keine Geschäfte, in denen sie fertige Fotoplatten kaufen konnten. Wollten sie zum Beispiel eine Landschaftsaufnahme machen, beluden sie sich wie die Packesel mit einem lichtdichten Zelt, mit Flaschen und Dosen, Schalen und anderen Gefäßen. Das sperrige Stativ und ein Ungetüm von einer Kamera kamen auch noch dazu. Angelangt an Ort und Stelle, mußten sie zuerst das Zelt aufbauen. Im Dunkeln tastend, stellten sie ihre Fotoplatten her. Die Platten konnte man nämlich nur naßfrisch verwenden.

Wer sich damals fotografieren lassen wollte, brauchte ebenfalls viel Geduld. Etwa eine halbe Stunde mußte man im Fotoatelier sitzen und durfte sich nicht rühren. Sonst wäre das Bild verwackelt worden. Daher hatten die Fotografen für ihre «Opfer» besondere, mit Kopfhaltern ausgestattete Sessel herstellen lassen.

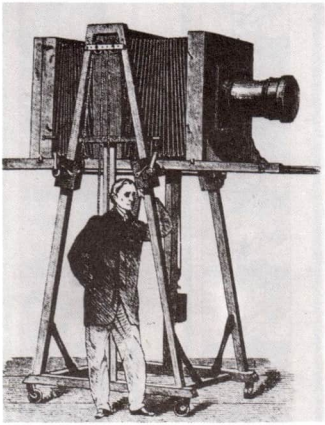
Schließlich gelang es, Trockenplatten herzustellen: Glasplatten, die mit einer sehr lichtempfindlichen Schicht belegt waren. Mit ihnen ließen sich Momentaufnahmen machen, das heißt, man brauchte nur noch Bruchteile einer Sekunde zum Fotografieren, und daher konnte man galoppierende Pferde oder einen springenden Menschen haarscharf abbilden. Die ersten Bilder dieser Art entstanden um 1880. Den neuen Möglichkeiten wurden auch die Kameras angepaßt. Die Sammellinse wich einem System von Linsen, dem Objektiv. Für die Momentaufnahmen entwickelte man komplizierte mechanische Verschlüsse, die es gestatteten, die Platte in der Kamera nur für Bruchteile einer Sekunde zu belichten. Die Fotoplatten waren dennoch nicht ideal. Ein Paket Glasplatten hatte ein erhebliches Gewicht, und außerdem ist Glas leicht zerbrechlich.

Nun war aber im Jahre 1869 in den USA das Zelluloid erfunden worden, ein Kunststoff, der leicht, biegsam und durchsichtig ist. Der amerikanische Pfarrer Hannibal Goodwin kam auf die Idee, Zelluloidstreifen mit einer lichtempfindlichen Schicht zu versehen und auf Spulen zu wickeln. Der Rollfilm war entstanden, und der Pfarrer erhielt 1887 ein Patent auf seine Erfindung.

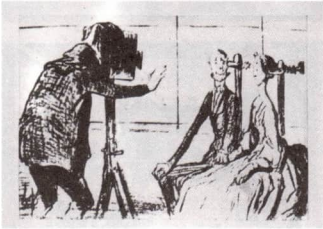
Ein Jahr danach erhob der amerikanische Fabrikant George Eastman ebenfalls Anspruch auf ein solches Patent. Auch er hatte den Einfall gehabt, Rollfilme herzustellen. Es kam zu einem Prozeß. Doch erst im Jahre 1914 entschied das Gericht, das Patent sei dem Pfarrer Goodwin zuzuerkennen. Als es dieses Urteil sprach, war der Pfarrer bereits seit 14 Jahren tot. Aus Armut hatte er sein Patent für einen Spottpreis an einen Unternehmer abgetreten. Die Firma Eastman hatte sich indessen zum größten Filmhersteller entwickelt, zur *Eastman-Kodak-Company*. Für sie war es ein Geringes, einige hunderttausend Dollar Lizenzgebühren an jene Firma zu erstatten, an die der Pfarrer Goodwin sein Patent hatte verkaufen müssen.

Kehren wir zurück in das 19. Jahrhundert. Man hatte genügend Arbeitserfahrung gewonnen, hatte auch die Werkzeuge geschaffen, um sehr komplizierte feinmechanische Geräte herstellen zu können. Außerdem verfügte man über wesentlich verbesserte Linsensysteme. Und es gab jetzt den Rollfilm. Damit waren alle technischen Voraussetzungen gegeben, das bewegte Bild Wirklichkeit werden zu lassen. Als es dann später zu den ersten Kinovorstellungen kam, war das nicht das Arbeitsergebnis eines einzelnen, sondern das Werk vieler tüchtiger Erfinder und Techniker. Sie hatten sich bei ihrer Arbeit auf neue naturwissenschaftliche Erkenntnisse stützen können, auf einen höheren Entwicklungsstand der Produktivkräfte überhaupt.

2 Vornehm ausgestattetes Atelier aus der Anfangszeit der Fotografie



3 Solche Riesenkameras benutzten die Fotografen im vorigen Jahrhundert, da es noch keine Vergrößerungsgeräte gab



4 Fotograf bei der Arbeit

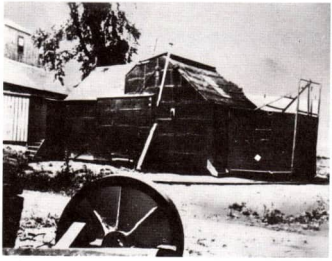
The Black Mary, das heißt *Die Schwarze Marie*, so nannte man das erste Filmatelier der Welt

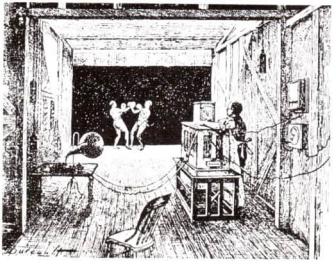
Den Amerikaner Thomas Alva Edison hat es stets gereizt, mit Erfindungen aufzuwarten, die erfolgversprechend waren. Im Jahre 1888 saß er mit den engsten Mitarbeitern in seiner «Erfinderfabrik» zusammen, zu denen sein Assistent Dickson und der Mechaniker Kruesi zählten.

«Eine Fotografie ist nicht lebendig, sondern tot», sagte Edison bei dieser Besprechung. «Nur die Bewegung ist lebendig. Wir wollen jetzt einen Apparat bauen, der die Fotografie beweglich, lebendig macht.»

Zehn Jahre zuvor hatte er mit denselben Technikern eine Sprechmaschine entwickelt, den Phonografen. Man konnte damit das flüchtige, verhallende Wort einfangen, etwa eine Rede des Präsidenten. Sie wurde für immer auf einer Walze festgehalten, so daß man sie jederzeit wieder hören konnte. Jetzt schwebte Edison vor, das gleiche für das Auge zu schaffen, nämlich das bewegte Bild zu speichern, um es wiedergeben zu können. Am zweckmäßigsten erschien es ihm, ungefähr briefmarkengroße Bildchen untereinander auf einen Zelluloidstreifen zu bringen. Dieser ließ sich beliebig lang bemessen und auf eine Spule wickeln. Zuallererst legte er das geeignete Maß für den Film fest, denn danach mußte die Aufnahmekamera konstruiert werden. Der Film war 35 Millimeter breit geschnitten und erhielt an den Seiten Haltelöcher, Perforation genannt. Sie ist nötig für den Transport des Films in der Kamera. Dieser Film ist bis auf den heutigen Tag als Normalfilm gebräuchlich.

Es dauerte etwa ein Jahr, bis der Mechaniker





1 Das von Edison entworfene erste Filmatelier der Welt, die *Black Mary*
2 Filmaufnahme in der *Black Mary*
3 Der von Edison geschaffene Normalfilm. Deutlich erkennbar sind die untereinander angeordneten Phasenbilder

Kruesi eine Kamera gebaut hatte und Edison mit ihr zufrieden war. Sie stand auf einem Holzgestell als großer viereckiger Kasten. An einer Seite hatte sie eine Handkurbel. Mit ihr wurde eine Kette und damit ein Zahnrad angetrieben, dessen Zähne in die Löcher des Films griffen. Das lange Filmband, auf eine Trommel aufgewickelt, bewegte sich ruckweise an dem Objektiv vorüber und wurde dabei belichtet. Danach spulte sich der Film auf eine zweite Trommel wieder auf.

Diese Kamera konnte man an jedem beliebigen Ort aufstellen und filmen, was sich darbot: einen Eisenbahnzug, Spaziergänger oder Kinder, die sich balgten. Notwendig war allerdings helles Tageslicht. Betrachtete man den fertigen Streifen und verglich aufmerksam die untereinandergereihten Bildchen, so entdeckte man, daß sich die Bilder geringfügig unterschieden. Es waren Phasenbilder von Bewegungen.

Nun hatte aber Edison von vornherein geplant, kurze Szenen aufzunehmen. Die Leute sollten sie mit Vergnügen ansehen und bereit sein, dafür auch Geld auszugeben. Daher brauchte er ein Filmatelier. Er ließ eine sonderbar aussehende Hütte errichten, deren Dach aufklappbar war, damit bei den Filmaufnahmen die Sonne hineinscheinen konnte. Das Ganze stand auf einer Drehscheibe, denn das Atelier mußte sich nach dem jeweiligen Stand der Sonne richten lassen. Man taufte dieses Monstrum *Die Schwarze Marie.* Edison hatte es nämlich innen schwarz ausschlagen lassen, um für seine Filmszenen einen gleichmäßigen Hintergrund zu haben. An Dekorationen wurde damals noch nicht gedacht.

Ab 1890 arbeiteten fast alle Edison-Techniker mit Hochdruck an einem Betrachtungsapparat für diese Filme. Nach 15 Monaten konnte Edison das erste Gerät vorführen. Er nannte es Kinetoskop; es hatte die Form eines schmalen, etwa einen Meter hohen Schrankes. Man blickte von oben durch eine Linse hinein. Zunächst war gar nichts zu sehen. Aber wenn jemand eine 3-Cent-Münze durch einen Schlitz warf, leuchtete ein Bild auf: Zwei Ringkämpfer standen sich auf der Matte gegenüber, packten sich und rangen miteinander, bis der eine von ihnen zu Boden geworfen war. Im selben Augenblick verdunkelte sich das Bild; die Vorstellung, die 20 Sekunden gedauert hatte, war beendet.

Im Innern des Kinetoskops befand sich eine elektrische Lampe, die den Film durchleuchtete. Ein Federwerk – später verwandte Edison einen Elektromotor – bewegte den Film. Der Filmstreifen war als endlose Schleife über 18 Rollen gelegt und lief ruckweise am Auge des Betrachters vorüber. Außer Ringkämpfern als Akteure gab es Tänzerinnen, Kunstschützen, Kinder mit Tieren und sich streitende Leute in einem Saloon zu sehen.

Edison erhielt Hunderte von Bestellungen. Bald war dieses Gerät über ganz Nordamerika verbreitet. Auch in Berlin gab es geschäftstüchtige Unternehmer, die viele dieser Apparate kauften und ganze Säle mit ihnen vollstellten. So begann das Geschäft mit dem Film, noch bevor es Kinos gab.

4 Edisons Kinetoskop

Die erste Kinovorstellung der Geschichte fand in Berlin statt

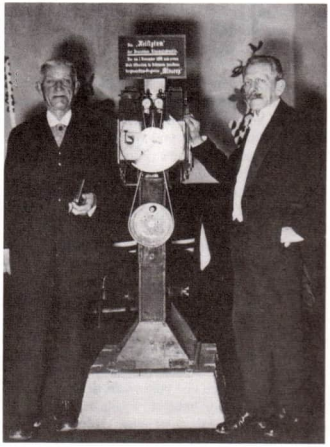
Um das Jahr 1895, als Pankow noch ein verträumter Vorort von Berlin war, befand sich dort in der Berliner Straße eine Gaststätte. Der Wirt, er hieß August Sello, ließ in den kleinen Festsaal seines Restaurants seit langem keine Gäste ein. Die Saaltür war mit einem zuverlässigen Schloß gesichert, und häufig sah man die Fenster verhängt. Der Wirt hatte den Saal an zwei junge Männer vermietet, und wenn er von einem Gast gefragt wurde, was denn das Rumoren und Hämmern hinter der verschlossenen Tür zu bedeuten habe, pflegte er zu flüstern: «Die woll'n wat erfinden. Aber det dürf keener wissen.»

Die beiden Erfinder, Max und Emil Skladanowski, arbeiteten im geheimen. Dies taten zu jener Zeit viele Erfinder. Aus Furcht, jemand könne ihnen ihre Idee stehlen. Die Brüder Skladanowski waren mit Reichtümern nicht gerade gesegnet. Sie opferten ihre gesamten Ersparnisse für ihre Pläne und wollten nicht um die Früchte ihrer Arbeit gebracht werden.

Bereits vor Jahren hatten sie eine Kamera gebaut, mit der sie kurze Filmszenen aufnehmen konnten. Auf dem Dach eines Hauses in der Schönhauser Allee, wo ein befreundeter Fotograf ein Atelier besaß, hatten sie mit ihrem Kurbelkasten die ersten Probeaufnahmen gedreht. Und nun, drei Jahre später, war ihr Vorführgerät so gut wie fertig. Sie wollten allerdings kein «Ein-Mann-Kino» schaffen, wie es Edison mit seinem Kinetoskop getan hatte. Sie planten, große bewegte Bilder auf eine weiße Wand zu werfen, denn die Filme sollten von vielen Zuschauern zugleich betrachtet werden können. Damit war der Gedanke des Filmtheaters geboren.

Um diese Idee jedoch zu verwirklichen, waren zahllose technische Einzelprobleme zu lösen. Man kann die Schwierigkeiten, welche die beiden Erfinder zu bewältigen hatten, nur ermessen, wenn man über die Arbeitsweise eines Filmvorführgerätes Bescheid weiß.

Ein solcher Apparat, auch Filmprojektor genannt, ist ähnlich wie ein Bildwerfer aufgebaut, er hat eine starke Lichtquelle und ein Objektiv. Hinzu kommt ein sehr komplizierter Mechanismus, der den Film transportiert: Er führt die Bilder des Filmstreifens ruckweise und sehr schnell an einem Bildfenster vorüber. Für den Bruchteil einer Sekunde bleibt der Filmstreifen stehen, und nur während dieses Augenblicks wird das Bild an die Wand geworfen. Jedesmal, wenn das Bild weiterrückt, wird der Lichtstrahl unterbrochen. Das besorgt eine umlaufende Scheibenblende. Für diesen kurzen Moment ist es an der Kinowand dunkel. Da dieser Vorgang bei unseren modernen Kinomaschinen in einer Sekunde 24mal



2 Dieses Vorführgerät mit Handkurbel und Kettentrieb ist das Bioskop aus dem Jahre 1895. Die Berliner Brüder Skladanowski (links Emil, rechts Max) gaben damit in Deutschland die erste Kinovorstellung

1 Der 1. November 1895 ist der Geburtstag des Kinos

3 Sogenannte lebende Fotografien in Abblätterbüchern waren einst sehr beliebt. Hier führt Max Skladanowski eines seiner Abblätterbücher dem staunenden Publikum vor

4 Eine von den Brüdern Skladanowski aufgenommene Filmszene, eine «Straßen-Keilerei»

abläuft, kann unser Auge das einzelne Bild nicht mehr erfassen; es entsteht der Eindruck des bewegten Bildes.

Was uns heute so selbstverständlich erscheint, war für die Filmpioniere Max und Emil Skladanowski völliges Neuland. Sie verwendeten für ihre Filme nicht den von Edison entwickelten 35 Millimeter breiten Normalfilm mit fertiger Perforation; sie hielten ein 60 Millimeter breites Filmband für günstiger. In mühseliger Handarbeit perforierte Max Skladanowski den Film, indem er an die Ränder Buchbinderösen einlochte. In diese Ösen sollte der Transportmechanismus des Vorführapparates eingreifen. Im Sommer 1895 machten die Brüder verschiedene Filmaufnahmen, die sie vorzuführen gedachten. In einem komplizierten Verfahren verteilten sie die Einzelbilder einer jeden Szene auf zwei Filmstreifen. Diese legten sie in das Vorführgerät, das zwei Objektive hatte, ein. Es gab dann die Bilder des einen und des anderen Streifens abwechselnd wieder. Der Apparat, den die Erfinder Bioskop tauften, wurde über eine Kurbel angetrieben. Er arbeitete schwerfällig und geräuschvoll und brachte nur 16 Bilder in der Sekunde auf die Leinwand.

Am 1. November 1895 kam es in dem damaligen Berliner Varieté *Wintergarten* zur Welturaufführung. Ein roter Vorhang mit der Beschriftung *Bioskop* in schrägen Goldbuchstaben öffnete sich vor einem erwartungsvollen Publikum. Dann erschien auf der Bildwand die erste Szene: Kinder vollführten einen italienischen Bauerntanz. Insgesamt wurden acht Filmchen gezeigt, die unter anderem ulkige Reckübungen, ein boxendes Känguruh und einen Ringkampf zeigten. Das Publikum saß 15 Minuten lang wie gebannt. So etwas hatte es zuvor noch nicht gesehen. Überlebensgroße Fotografien, und die Menschen darauf bewegten sich, sie tanzten, turnten und jonglierten.

Für Max und Emil Skladanowski waren diese Vorstellungen im November 1895 wahre Triumphe. Und sofort erhielten sie das Angebot, ihr Bioskop in Paris vorzuführen, und zwar in dem ebenfalls weltberühmten Varieté *Folies Bergère*. Im Dezember setzten sich die Brüder in einen Expreßzug und fuhren nach Paris. Sie sollten eine böse Überraschung erleben.

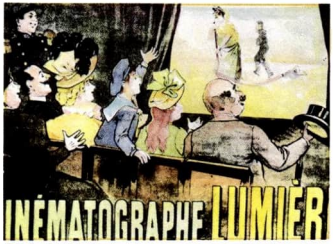
«Das Kino
ist ein unartiges Kind –
es hat mehrere Väter.»
Louis Lumière (1864–1948)

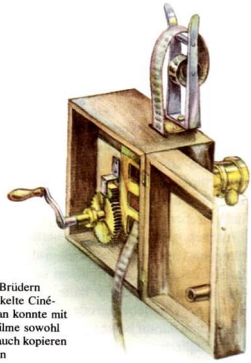
Am 28. Dezember 1895, die Brüder Skladanowski befanden sich noch auf der Reise, wurde in einem Pariser Kellerlokal das erste Kino eröffnet. Gegen einen Eintrittspreis von 1 Franc genoß man eine Vorstellung, die 20 Minuten dauerte. Sie brachte zum Beispiel *Die Ankunft eines Eisenbahnzuges auf dem Bahnhof.* Häufig sprangen die Leute von ihren Sitzen, wenn sie die Lokomotive auf sich zufahren sahen. Außerdem standen *Die Fütterung eines Babys*, eine *Schneeballschlacht* und der Kurzfilm *Der Gärtner mit dem Gartenschlauch* auf dem Programm. Der letztgenannte Film war besonders amüsant: Während ein biederer Gärtner die Blumenbeete besprengt, schleicht sich von hinten ein frecher Bube heran. Er tritt auf den Schlauch, und nun kommt kein Wasser mehr. Der Gärtner späht verwundert in das Spritzrohr. Da nimmt der Junge den Fuß von dem Schlauch, und dem Gärtner schießt das Wasser ins Gesicht.

Bereits die erste Vorführung wurde von den Parisern mit großer Begeisterung aufgenommen. Als die Brüder Skladanowski mit ihrem Bioskop in der französischen Hauptstadt ankamen, erlitten sie eine Enttäuschung. Die Direktoren des Varietés verzichteten auf die «lebenden Photographien» der beiden Deutschen, nicht zuletzt aus Nationalstolz. Sie zahlten ihnen allerdings das vereinbarte Honorar. Die Brüder wurden auch eingeladen, sich eine der Kinovorstellungen anzusehen. Es muß für sie niederdrückend gewesen sein, als sie den Vorführapparat sahen. Er hieß Cinématographe, war klein und leicht. Und er war verblüffend einfach – geradezu genial – konstruiert, denn man konnte ihn als Aufnahmekamera, als Filmkopiergerät und zur Wiedergabe der Filme verwenden.

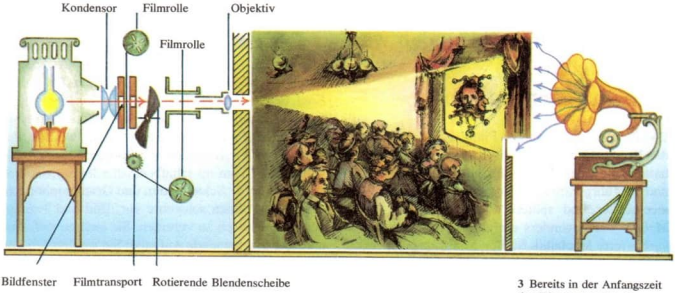
Die Erfinder des Cinématographen waren die Brüder Auguste und Louis Lumière, beide Chemiker. Sie besaßen eine Fabrik für fotografische Artikel, und damit verfügten sie über ausreichende Geldmittel, außerdem über Labors und Werkstätten, um ihre Ideen verwirklichen zu können.

Die Brüder Lumière verwendeten – wie Edison – einen schmalen Filmstreifen von nur 35 Millimeter Breite. Dieser ließ sich auf geringem Raum unterbringen, und die Abmessungen des Cinématographen





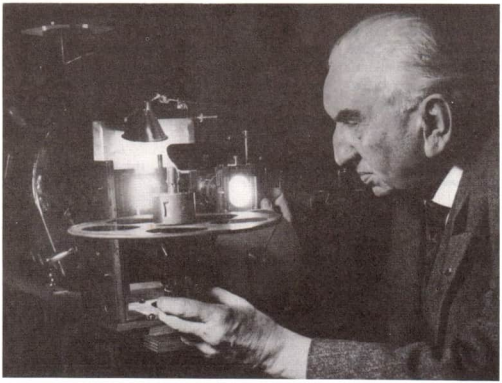
2 Der von den Brüdern Lumière entwickelte Cinématographe. Man konnte mit diesem Gerät Filme sowohl aufnehmen als auch kopieren und wiedergeben



3 Bereits in der Anfangszeit des Kinos erwachte der Wunsch, dem lebenden Bild auf der Leinwand auch eine Stimme zu geben. Dafür verwendete der Berliner Filmpionier Oskar Meßter im Jahre 1903 Grammophone mit großen Schalltrichtern. – Links der Filmprojektor. Mittels einer Handkurbel spulte der Vorführer den Filmstreifen von einer Rolle auf die andere. Ein sinnreicher Mechanismus zog den Filmstreifen ruckweise an dem Bildfenster vorüber. Dies geschah so rasch, daß den Zuschauern in jeder Sekunde 24 Bilder gezeigt wurden. Allerdings nahm das Publikum diesen Bildwechsel nicht wahr, denn die rotierende Blendenscheibe unterbrach den Lichtstrahl jedesmal, wenn der Filmstreifen weiterbewegt und das Bild gewechselt wurde. Moderne Kinomaschinen arbeiten nach dem gleichen Prinzip

konnten klein gehalten werden. Außerdem ließ er sich in dem Apparat sehr schnell transportieren, also in rascher Bildfolge. Ganz anders als das fast doppelt so breite Filmband in dem schwerfälligen und umständlichen Bioskop der Brüder Skladanowski.

Obwohl zu jener Zeit in einer Reihe von Ländern Filmpioniere mit mehr oder weniger großem Erfolg experimentierten, werden heute die Brüder Lumière allgemein als die Schöpfer des Kinos angesehen. Man hat sie später zu Rittern der Ehrenlegion ernannt und ihnen in Paris ein Museum eingerichtet. Damals, im Jahre 1895, drängten sich Menschenschlangen vor der Kasse ihres Kinos. Für die Brüder Skladanowski bedeutete dies, daß sie ihre Träume begraben mußten. Ihre Erfindung, für die sie soviel geopfert hatten, konnte sich nicht durchsetzen.



4 Der französische Filmpionier Louis Lumière. Noch im hohen Alter konstruierte er einen Apparat zur Vorführung plastischer Filme

Als schließlich auch der tönende Film erfunden war, da wollte ihn zunächst niemand haben

Das Problem des stummen Films war technisch von den Brüdern Lumière gelöst worden. In der Folgezeit hatten viele Techniker getüftelt, um die Filmkameras und Vorführgeräte zu verbessern. Der Berliner Feinmechaniker und spätere Filmunternehmer Oskar Meßter war besonders einfallsreich. Er schuf eine verbesserte Mechanik für den Filmtransport, drehte um 1910 die ersten deutschen Spielfilme und konstruierte eine Kamera für Luftbildaufnahmen. Bereits 1903 hatte er in seinem Atelier kurze Tonfilme hergestellt, Grammophon-Tonfilme. Der Ton wurde auf einer Schallplatte festgehalten und dann bei der Kinovorstellung abgespielt. Meßter benutzte zuweilen, um die Lautstärke zu erhöhen, bis zu fünf riesige Grammophone mit Schalltrichtern von 2 Meter Länge.

Die damaligen Kinos waren zumeist umgebaute Läden oder kleine Gaststätten und entsprechend lang und schmal. Hier ging es bei jeder Vorstellung auch ohne Grammophone recht geräuschvoll zu. Während im Hintergrund wie eine Kaffeemühle der Vorführapparat ratterte, stand vorn an der Kinoleinwand ein Mann mit Zylinder und Zeigestock und erklärte dem gedrängt sitzenden Publikum die Filmhandlung. Manchmal, etwa bei einer Prügelszene, machte er «Tonfilm»: Bei jeder Ohrfeige, die da verabreicht wurde, klatschte er in die Hände und stieß einen Wehlaut aus. Sein Vortrag wurde von einem Klavierspieler unterstützt, der die Tasten seines Instruments mehr oder weniger heftig traktierte, je nach Gang der Handlung. Dies alles hatte mit Filmkunst nichts zu tun; das Kino war eine Art Rummelplatzsensation. Erst viel später wurden künstlerisch bedeutende Stummfilme gedreht, und für die Begleitmusik in den großen Lichtspielhäusern sorgten namhafte Orchester.

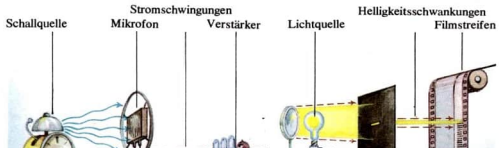
Im Jahre 1919 begegneten sich in Berlin drei junge Männer, die Mut hatten und von echter Erfinderleidenschaft beseelt waren: der Physiker Dr. Joseph Engl, der Techniker Hans Vogt und der Mechaniker Joseph Masolle. Diese drei schlossen sich zu einer Arbeitsgemeinschaft zusammen; sie wollten das bislang stumme Kinobild zum Sprechen bringen, sie wollten den Tonfilm schaffen. Allerdings gedachten sie nicht, dafür Schallplatten und Grammophone zu verwenden. Ihnen schwebte vor, Bild und Ton auf dem Filmstreifen zu vereinen. Sie stellten sich eine unlösbar erscheinende Aufgabe: Sie wollten den Ton – fotografieren.

Musik, Sprache und Geräusche werden durch Schallwellen an unser Ohr getragen. Schallwellen sind unsichtbar. Wie kann man etwas, was nicht zu sehen ist, fotografieren? Oder gar filmen?

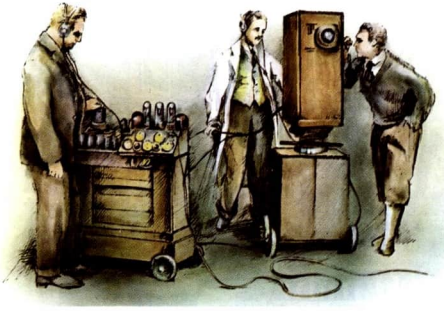
Dr. Engl war überzeugt, daß dies möglich sei: über einen Umweg, mit Hilfe des elektrischen Stromes. Wie er wußte, wandelt ein Mikrofon Schallwellen in elektrische Schwingungen um. Gelänge es, diese sehr schwachen Stromschwankungen zu verstärken, dann könnten sie in einem eigens dafür konstruierten Lämpchen Lichtschwankungen hervorrufen, eine Art Flackerlicht. Dieses müßte sich auf den lichtempfindlichen Film bannen lassen, und zwar als eine schmale Tonspur, die dicht neben den Filmbildchen verlief.

Bei der Vorführung des Films sollte die Tonspur den Schall wieder hervorbringen. Die Erfinder stellten sich das so vor: Die Tonspur wird von einem feinen Lichtbündel abgetastet. Dabei verursacht sie Helligkeitsschwankungen des Lichts. Eine Fotozelle wandelt dieses Flackerlicht in elektrische Schwingungen um. Führt man diese nun einem Lautsprecher zu, so gibt er die in der Tonspur gespeicherten Stimmen, die Musik und alle Geräusche wieder.

Im Keller eines Mietshauses richteten die Erfinder ihr erstes Laboratorium ein. Viele der komplizierten



1 So läßt sich der Ton fotografieren: Die Schallwellen treffen auf ein Mikrofon. Es entstehen elektrische Stromschwingungen, die verstärkt werden. Eine elektrische Spezialglühlampe wandelt die elektrischen Stromschwankungen in ein «Flackerlicht» um. Dieses belichtet den Filmstreifen; auf diese Weise entsteht die Tonspur

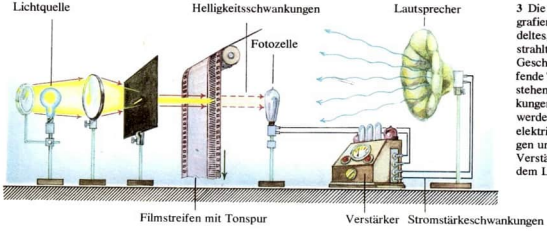


2 Dies war das erste Tonaufnahmegerät, das Joseph Masolle zusammen mit Dr. Joseph Engl und Hans Vogt im Jahre 1919 zu konstruieren begannen. Sie nannten ihr Verfahren Triergon, das Werk der drei

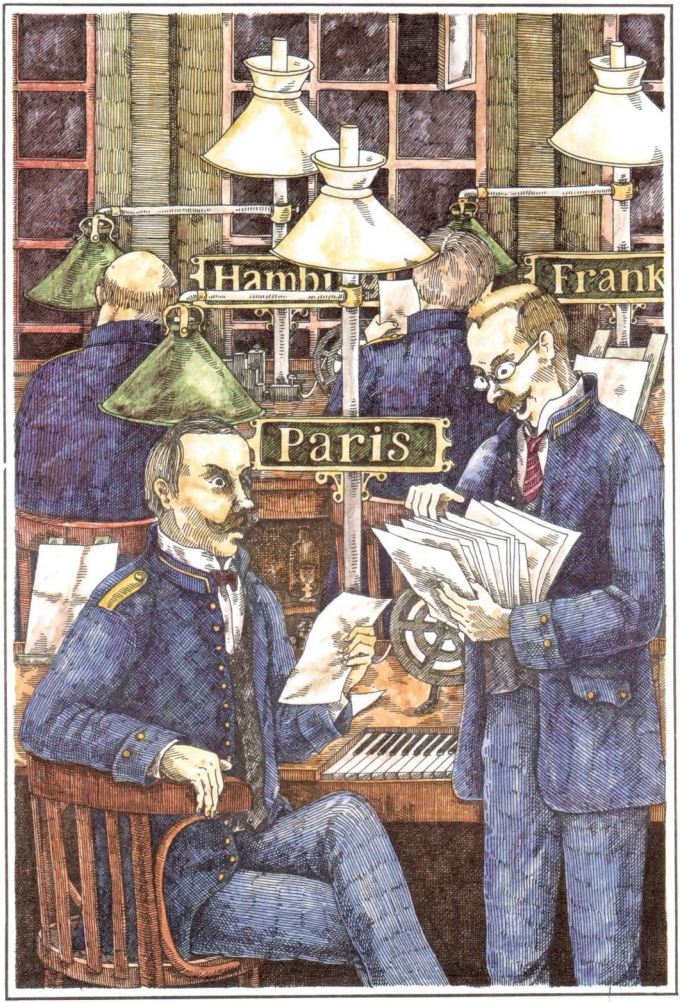
Geräte mußten sie für ihre Zwecke völlig neu entwickeln: Verstärkerröhren und -schaltungen, Fotozellen, Glimmlampen, Mikrofone und Lautsprecher, dazu kamen die Tonfilmkamera selbst und schließlich der Tonfilmprojektor. Das alles bereitete ihnen nicht nur Kopfzerbrechen und jahrelange harte Arbeit; es mußte auch bezahlt werden. Ihre Ersparnisse hatten sie längst aufgebraucht. Da gelang es ihnen, eine Elektrofirma, die *Lorenz AG*, für ihren Plan zu gewinnen. Sie erhielten Geld, doch sie mußten einen erpresserischen Vertrag unterschreiben. Danach durfte die Firma von dem zu erwartenden Gewinn den Löwenanteil kassieren. Nur 25 Prozent sollten die drei Erfinder erhalten.

Im Juni 1920 hörten sie in den Kopfhörern den ersten noch von einem störenden Rauschen begleiteten Satz: «So spricht der sprechende Film.» Nach zwei Jahren konnten sie die ersten kurzen Tonfilme drehen. Sie mieteten ein Lichtspieltheater. Für die erste Tonfilmvorführung luden sie Zeitungsreporter, Kinotechniker und Vertreter der Filmunternehmen ein. Ihre Vorstellung verlief ohne Panne, und sie erwarteten, man würde sich um ihre Erfindung förmlich reißen. Anderentags stand in den Zeitungen begeisterte Kritik. Doch die Filmunternehmen zeigten am Tonfilm kein Interesse. Weshalb? Sie ließen jährlich 220 Stummfilme drehen, das kostete sie 37 Millionen Mark. Dennoch strichen sie märchenhafte Gewinne ein, denn ihre Stummfilme ließen sich ohne Umstände in allen Ländern der Welt vorführen. Wozu sollten sie für eine kostspielige Tonfilmtechnik, für Tonfilmateliers und Tonfilmtheater Geld ausgeben?

Um leben zu können, verkauften die Erfinder des Tonfilms ihre Patente an eine Schweizer Bank, und ein amerikanischer Filmkonzern erwarb 1926 alle Rechte des Lichttonfilms. In den USA wurde die Erfindung ausgewertet und auf den neuesten Stand der Technik gebracht. Die ersten amerikanischen Tonfilme waren große Publikumserfolge. So mußte die deutsche Filmindustrie, um auf dem Weltmarkt konkurrenzfähig zu bleiben, die Lizenzrechte gegen viel Geld erwerben. Dennoch wurde der Tonfilm auch für die deutsche Elektroindustrie und die Filmkonzerne ein großes Geschäft. Dr. Joseph Engl, Hans Vogt und Joseph Masolle blieb zwar der Erfinderruhm, die Früchte ihrer Arbeit jedoch ernteten andere.



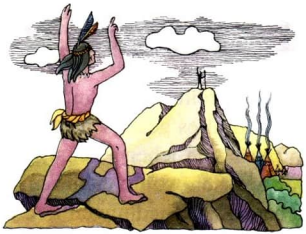
3 Die Wiedergabe des fotografierten Schalls: Feingebündeltes, sehr helles Licht durchstrahlt die mit gleichmäßiger Geschwindigkeit vorbeilaufende Tonspur. Die dabei entstehenden Helligkeitsschwankungen des Lichtstrahls werden von der Fotozelle in elektrische Stromschwingungen umgewandelt. Nach dem Verstärken führt man diese dem Lautsprecher zu


Hambu
Frank
Paris

11 Telegraf Telefon Television

Das Verbreiten und Empfangen von Nachrichten
ist ein uraltes gesellschaftliches Bedürfnis
und war von jeher lebensnotwendig.
Der Mensch wollte erfahren, was in seiner Umwelt vorging.
Benachbarte Siedlungen konnte er zu Fuß erreichen.
Aber oft mußten wichtige und dringliche Botschaften
an ferne Orte übermittelt werden, schneller als durch Läufer
oder Reiter.
Schall und Licht dienten als die ersten Informationsträger:
Trommeln dröhnten weithin durch die Urwälder,
Fackelsignale flammten von Berg zu Berg
und warnten vor Brand, Überschwemmung, Kriegsgefahr,
kündeten von Sieg oder Niederlage.
So begann die Geschichte der Telegrafie.

Feuerzeichen und Rufposten, Signaltrommeln und Tamtams bildeten die Anfänge der Telegrafie

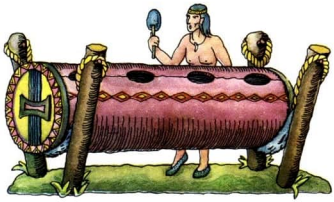


Im September des Jahres 490 v. u. Z. tobte in der Küstenebene des Ägäischen Meeres, nahe dem Dorf Marathon, eine erbitterte Schlacht. Eine kleine, gut ausgerüstete griechische Verteidigungsarmee kämpfte gegen ein zahlenmäßig weit überlegenes Perserheer und errang den Sieg. Die Geschlagenen retteten sich auf ihre Schiffe. Es bestand die Gefahr, die Perser würden Athen ansteuern und überraschend landen. Der griechische Heerführer sandte einen Kurier nach Athen. Nachdem der Läufer den rund 40 Kilometer langen Weg durcheilt hatte und in den Straßen Athens eintraf, brach er mit den Worten: «Freuet euch! Wir sind Sieger! ...» tot zusammen.

Eine derart dringende Nachricht hätte sich auch anders übermitteln lassen, mit geringerer Körperanstrengung und zudem schneller: Man stellt zwischen den beiden entfernten Orten, in diesem Falle zwischen Marathon und Athen, eine Postenkette auf. Jeder der Männer steht in Sichtweite zum anderen. Durch verabredete Zeichen, und zwar bestimmte Armhaltungen oder -bewegungen, können von Posten zu Posten Nachrichten wie: «Bringt Waffen», «Verstärkung nötig» oder «Sieg» weitergegeben werden.

Anfangs standen dafür lediglich akustische und optische Signalträger zur Verfügung, also hörbare und sichtbare Signalmittel. In waldreichen, schwer einsehbaren Gebieten entwickelte sich die Trommeltelegrafie, vor allem bei den Ureinwohnern Afrikas, Neuguineas und des tropischen Amerikas. Als in die Urwälder wissenschaftliche Expeditionen vordrangen, um diese Gebiete zu erforschen, wurden sie auf ihrem Weg durch den Busch von einem pausenlosen Dröhnen der Signaltrommeln begleitet. So eilte ihnen die Kunde von ihrem Kommen, ihren Absichten, ihrer Bewaffnung weit voraus.

Im alten China verwendete man als Nachrichtengerät das Tamtam, eine große, frei hängende, kreisförmige Metallplatte, einen Gong also. Beim Anschlagen erzeugte es einen weithin vernehmbaren Ton. Das alte Griechenland und das Römische Reich verfügten bereits über gut organisierte Telegrafensysteme. Man gab von Berg zu Berg oder von Turm zu Turm Feuersignale weiter. Der griechische Dich-



1 Signaltrommel
2 Übermittlung von Nachrichten durch Handzeichen
3 Fackeltelegrafie, um 470 v. u. Z. von Kleoxenos und Demokleitos erfunden

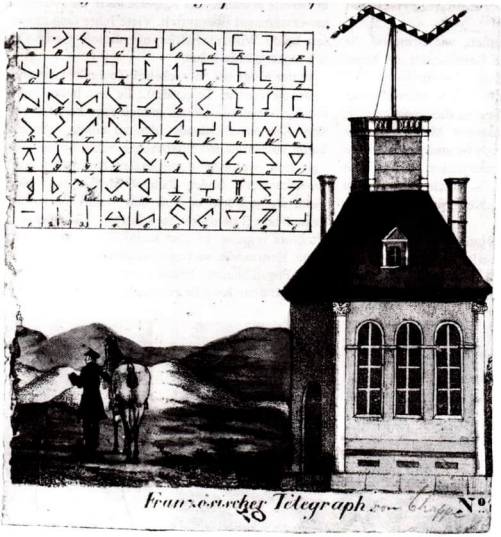
ter Aischylos, ein Kämpfer in der Schlacht bei Marathon, beschrieb in einer seiner Dichtungen eine «Feuerpost». Beinahe eine Art von «Richtfunkstrecke», wohl die erste der Welt. Durch sie soll der Fall Trojas nach Argos gemeldet worden sein.

Besonders sinnreich war ein Fackeltelegraf, den um 470 v. u. Z. die alexandrinischen Ingenieure Kleoxenos und Demokleitos erfunden hatten. Er wurde während des Nachtdienstes eingesetzt. Die Empfangs- und Aufgabestationen bestanden aus zwei auf Höhen angelegten Mauern. Jede trug Zinnen, in deren Lücken Fackeln gelegt werden konnten. Man entschlüsselte den signalisierten Buchstaben danach, wie viele Fackeln auf der rechten und wie viele auf der linken Mauer loderten. Für die Depesche «Einhundert Kreter desertiert» waren 173 Fackelzeichen erforderlich. Sie von einer Station zur anderen zu übermitteln benötigte eine halbe Stunde.

Zur Entwicklung einer brauchbareren optischen Telegrafie kam es erst um die Zeit der französischen bürgerlichen Revolution, also in der Epoche des entstehenden Kapitalismus. Das revolutionäre Frankreich war aufs ärgste von inneren und äußeren Gegnern bedroht. Dies weckte das Bedürfnis nach einem neuen Nachrichtensystem.

Der Bürger Claude Chappe, ein ehemaliger Priester, erfand einen mechanisch-optischen Telegrafen. Er bestand aus einer Säule mit einem beweglichen Querbalken. Dieser trug zwei ebenfalls bewegliche Arme. Mittels über Rollen laufender Seile konnten die Arme viele verschiedene Signalbilder darstellen, insgesamt 196. Darunter solche für große und kleine Buchstaben, Satzzeichen und Zahlen. Das Gerät stand auf Dächern und Türmen und war weithin sichtbar.

Die erste Telegrafenlinie dieser Art wurde 1794 in Betrieb genommen. Zu jener Zeit verteidigten Freiwilligenbataillone die französische Republik gegen Österreich und andere Feudalmächte. Die Telegrafenstrecke verband Lille über 22 Zwischenstationen mit der 240 Kilometer entfernten Hauptstadt Paris. Für die Übermittlung einer Nachricht waren nur 2 bis 6 Minuten notwendig; reitende Boten hätten dafür 30 Stunden gebraucht. Als 1894 die Revolutionsarmee die Stadt Le Quesnoy zurückeroberte, war diese Nachricht bereits eine Stunde nach dem Einmarsch der siegreichen Truppen in Paris.



4 Optischer Telegraf von Claude Chappe. Links oben die Tabelle mit dem Zeichenalphabet

Die Entdeckung des Elektromagnetismus brachte eine neue Nachrichtentechnik hervor

Im Juni 1815 kämpften bei dem belgischen Dorf Waterloo verbündete Truppen Großbritanniens und Preußens gegen das letzte große Aufgebot des französischen Herrschers Napoleon Bonaparte und bereiteten ihm eine vernichtende Niederlage. Die Schlacht war soeben entschieden, da sprengte ein geheimer Agent im gestreckten Galopp zur Nordseeküste und bestieg ein bereitstehendes Schiff, das Kurs auf England nahm. In London wurde er von einem der damals mächtigsten Männer Europas ungeduldig erwartet und sofort empfangen, von dem Bankier Nathan Rothschild. Dieser hatte die Ausrüstung der britischen Armee finanziert und wollte den Ausgang der Schlacht möglichst schnell erfahren. Ein anderer Bote, von General Wellington entsandt, traf erst einen Tag später in London ein. Inzwischen hatte Rothschild, den zeitlichen Vorsprung geschickt nutzend, an der Börse ein großes Geschäft eingefädelt.

Das Beispiel macht deutlich, wie dringend die aufstrebende kapitalistische Gesellschaft ein neues Nachrichtensystem brauchte. Fabrikanten, Geschäftsleute, Bankiers mußten sich untereinander verständigen können. Je schneller dies möglich war, desto gewinnbringender konnten Meldungen aus aller Welt genutzt werden, zum Beispiel Nachrichten über Rohstoffpreise und Absatzmärkte. Der optische Telegraf von Chappe war für solche Zwecke zu umständlich, und bei Nacht, Nebel und Scheegestöber versagte er.

Im Jahre 1820 entdeckte Hans Christian Oersted den Elektromagnetismus. Nun lag der Gedanke nahe, die magnetische Wirkung des elektrischen Stromes für die Telegrafie zu nutzen. Die Grundidee schien einfach: Ein Elektromagnet liegt mit einem Schalter und einer elektrischen Stromquelle in einem Stromkreis. Der Schalter dient als *Zeichengeber*, der Elektromagnet als *Zeichenempfänger*. Die Drahtleitung zwischen dem Schalter und dem Magneten kann 5 Kilometer betragen, aber ebensogut 500 oder gar 5 000 Kilometer. Mit Hilfe des Schalters, des *Gebers*, öffnet und schließt der Telegrafist den Stromkreis. Bei geschlossenem Kreis fließt Strom durch die Drahtwicklungen des Elektromagneten und baut sofort ein Magnetfeld auf. Wird der Stromkreis geöffnet, bricht das Magnetfeld zusammen. Auf diese Weise könnte man über große Entfernungen hinweg Magnetnadeln, Lichtzeiger oder Hebel in bestimmter Weise bewegen, also verabredete Zeichen übermitteln.

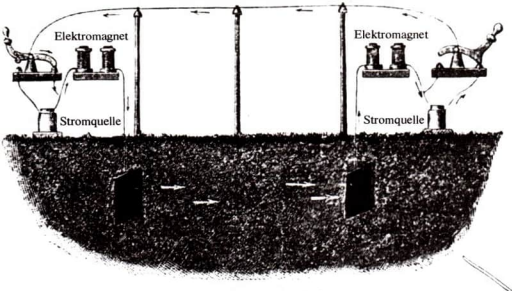
Den ersten brauchbaren Telegrafen schufen 1833 zwei befreundete Wissenschaftler, der Mathematiker Carl Friedrich Gauß und der Physiker Wilhelm Weber. Sie verbanden ihre Laboratorien, die einige Kilometer voneinander entfernt lagen, durch eine doppelte Drahtleitung. Dann schickte Gauß den Labordiener auf den Weg und sandte an Weber das erste Telegramm: «Michelmann kommt.» Als der Labordiener Michelmann bei Weber eintraf, wurde er bereits erwartet; der Apparat hatte die Nachricht unverstümmelt übermittelt. Viele Jahre lang tauschten beide Wissenschaftler mit diesem Gerät Forschungsergebnisse aus.

In der Folgezeit entwickelten Techniker verschiedene elektrische Telegrafen, die uns heute merkwürdig anmuten, damals jedoch rege benutzt wurden. Die entscheidende Idee zu einem robusten, kaum störanfälligen elektrischen Schreibtelegrafen, der sich weltweit durchsetzte, hatte der nordamerikanische Maler Samuel Morse. Auf einer Schiffsreise hörte er von den vielen Versuchen, brauchbare Telegrafen zu schaffen. Da ihn dieses Problem fesselte, er aber kaum über wissenschaftliche Kenntnisse verfügte, studierte er zwei Jahre lang Physikbücher. Seine ersten Versuche schlugen fehl; dann bastelte er ein plumpes Gerät zusam-

1 Carl Friedrich Gauß (1777 bis 1855)
2 Wilhelm Eduard Weber (1804–1891)
3 Samuel Morse (1791–1872)

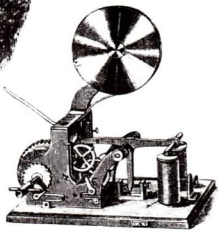
men, das tatsächlich funktionierte und zu dem er sogar seine Malerstaffelei verwendete.

Mit einigen technisch begabten Freunden entwickelte er 1837 den nach ihm benannten Morseapparat: Der Zeichengeber war die sogenannte Morsetaste, ein zweiarmiger Hebel, der beim Niederdrücken den Stromkreis schloß. Als Empfänger diente ein Schreibapparat, dessen Elektromagnet bei geschlossenem Stromkreis einen Schreibstift gegen einen vorbeilaufenden Papierstreifen drückte. So konnte man lange und kurze Striche zeichnen. Allerdings mußte man, um mit diesem Telegrafen Buchstaben, Zahlen und Satzzeichen zu übermitteln, ein aus Punkten und Strichen bestehendes Buchstabensystem entwickeln, das noch heute gebräuchliche Morsealphabet.

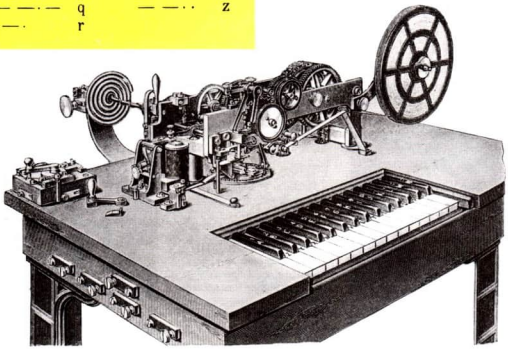


4 Prinzip eines älteren elektromagnetischen Telegrafen. Die niedergedrückte Morsetaste rechts schließt den Stromkreis zum Gegenapparat. Die Rückleitung erfolgt durch die Erde

· —	a	· — — —	j	· · ·	s
— · · ·	b	— · —	k	—	t
— — ·	c	· — · ·	l	· · — —	u
— · ·	d	— —	m	· · · —	v
·	e	— ·	n	· — —	w
· · — ·	f	— — —	o	— · · —	x
— — ·	g	· — — ·	p	— · — —	y
· · · ·	h	— — · —	q	— — · ·	z
· ·	i	· — ·	r		



5 Empfänger eines Morsetelegrafen um 1900. Für das gleichmäßige Abspulen des Papierstreifens sorgte ein Federwerk



6 Erster brauchbarer Typendruck-Telegraf, konstruiert im Jahre 1855 von Edward Hughes. Er druckte Buchstaben auf einen Papierstreifen. Das erforderliche Räderwerk wurde von einem ablaufenden Massenstück angetrieben

«Das Pferd frißt keinen Gurkensalat.» Mit diesen Worten wurde im Jahre 1861 das erste Telefon der Welt getestet – eine Erfindung des Lehrers Philipp Reis

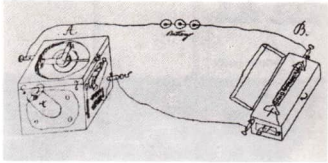
Weltausstellung zu Philadelphia (USA) im Jahre 1876. Hinter einem bescheidenen Stand, den man kaum beachtet, steht ein junger Mann, der Taubstummenlehrer Graham Bell. Er will der Öffentlichkeit eine Erfindung vorführen – seinen Fernsprecher. Ab und an kommen Besucher, sprechen in die sonderbare Muschel, lauschen. Wie reizend! So etwas Hübsches sollte man mal den Kindern schenken. Niemand ahnt, welche großartigen Möglichkeiten dieses «Spielzeug» bietet. Da erscheint, umgeben von seinem Gefolge, Dom Pedro, der Kaiser von Brasilien. Er hört die Erläuterungen Bells an, ohne sie recht zu begreifen. Schließlich hält er die Hörmuschel an sein Ohr. Bell spricht in den Gegenapparat einige Worte. Dem Fürsten fällt der Hörer aus der Hand.

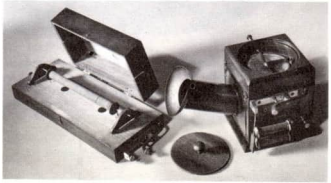
«Mein Gott – es spricht!»

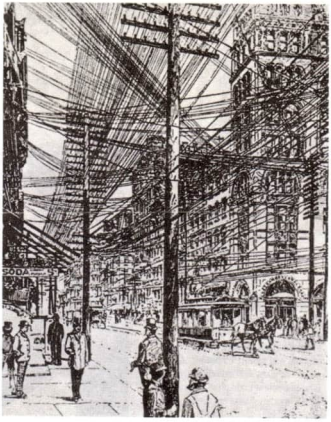
Dieser Vorfall lenkte endlich die Aufmerksamkeit der Besucher auf Bells Ausstellungsstand. Der Erfinder konnte jetzt die vielen Neugierigen kaum zufriedenstellen.

Natürlich war Graham Bell daran gelegen, seinen Fernsprecher breiten Kreisen bekannt zu machen. Eine New-Yorker Zeitschrift berichtet über ein «seltenes Extra-Vergnügen», das Graham Bell den Gästen einer vornehmen Gesellschaft bot, und zwar «durch experimentelle Erklärungen über ein neues Telephonsystem, welches dieser Gentleman kürzlich erfunden hatte. Die Instrumente wurden aufgestellt, das eine in der Vorhalle des Hauses und das andere in einem Schuppen in der Nähe. Die Verbindung zwischen ihnen wurde mit Draht hergestellt. Musikalische Töne, die menschliche Stimme und Lieder, gesprochen und gesungen vor dem einen Instrument, waren klar zu hören, wenn man das andere Instrument an das Ohr hielt.»

Jeder, der diese Zeilen las, fragte sich, wie dieses Wunder funktionieren mochte. Nun, die Schallschwingungen, erzeugt von den Stimmbändern, wurden durch ein elektromagnetisches Mikrofon in







1 Philipp Reis (1834–1874)
2 Handskizze von Reis, ein Entwurf seines Telefons
3 Das von Philipp Reis gebaute Telefon
4 Netz von Telefon- und Elektrizitätsleitungen in New York 1890

elektrische Schwingungen umgewandelt. Der Leitungsdraht übertrug diese Schwingungen zum Empfangsgerät, das wie ein kleiner Lautsprecher arbeitete, denn er wandelte die elektrischen Schwingungen in Schallschwingungen zurück.

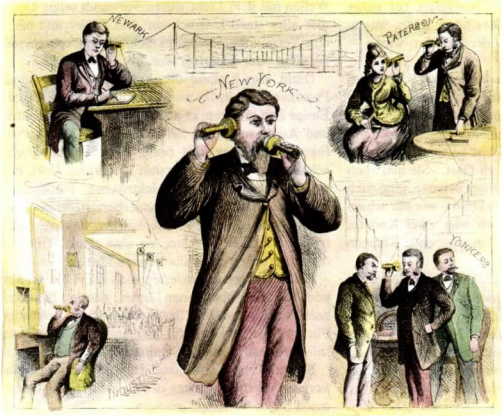
Doch wie so viele Erfindungen ist auch das Telefon nicht das Werk eines einzelnen. Der Amerikaner Dr. C. G. Page hatte 1837 entdeckt, daß ein Eisenstab, der in raschem Wechsel magnetisiert und entmagnetisiert wird, Summtöne erzeugt. Zwei Jahrzehnte später beschäftigte sich der französische Forscher Laborde mit dieser Erscheinung. Ihm gelang es, Summtöne von beliebig gewünschter Tonhöhe hervorzurufen. Und die Umwandlung Schall – elektrische Schwingungen – Schall wurde nicht von Graham Bell erstmalig entwickelt, sondern von dem deutschen Lehrer Philipp Reis. Er prägte auch das Wort *Telefon*, das übersetzt *Fernhörer* bedeutet.

Dieser Schulmeister lebte um 1860 in Friedrichsdorf, einem Ort im Taunus, und unterrichtete Chemie, Mathematik und Physik. Er war besessen von der Idee, Sprache mit Hilfe der Elektrizität in die Ferne zu übertragen. Ein Jahrzehnt lang experimentierte er und erlitt dabei immer wieder Rückschläge. Wenn ihm ein geringer Erfolg gelang, freute er sich übermäßig. Ging ihm jedoch, was häufiger geschah, etwas daneben, geriet er in eine zutiefst niedergedrückte Stimmung. Einmal zerschlug er vor Enttäuschung sein Telefonmodell, wobei auch die galvanische Batterie entzweiging. Säuredämpfe erfüllten sein Laboratorium. Freunde retteten ihn, doch die Folgen der erlittenen Vergiftung führten 1874 – Reis war erst 40 Jahre alt – zu seinem Tod.

Seine erste «Telefonapparatur» stellte Philipp Reis 1861 vor. Sie bestand aus einem Geber und einem Empfänger. Der Geber war ein Holzkasten mit einem Schalltrichter. Wenn man in ihn hineinsprach, brachten die Schallwellen eine dünne Haut aus Schweinedarm zum Schwingen. Sie war in einem Loch des Kastens eingespannt. Eine zwischen dem Geber und dem Empfänger geschaltete galvanische Batterie hielt die Apparatur unter Strom. Redete jemand in den Trichter hinein, so wurde die Stromstärke im Rhythmus der Schallwellen verstärkt oder geschwächt. Diese Stromstärkeschwankungen gelangten zum Empfänger. Er bestand nur aus einer mit einem Draht spulenförmig umwickelten Stricknadel. Diese geriet im Rhythmus der Stromstärkeschwankungen in Schwingung. Ein Holzgehäuse wirkte als Resonanzkasten. Er machte die sehr schwachen Schwingungen der Nadel hörbar.

Reis kannte die Mängel seines Gerätes. Freimütig bekannte er: «Es war bisher nicht möglich, die Tonsprache der Menschen mit hinreichender Deutlichkeit wiederzugeben.» Dennoch gebührt ihm das große Verdienst, erstmals «Worte durch Drähte» übertragen zu haben.

Den letzten Schliff gab den Erfindungen Reis' und Bells Thomas Alva Edison. Er erfand das Kohlemikrofon, und indem er es mit einem elektromagnetischen Hörer vereinigte, schuf er die Grundform des heutigen Telefons.



5 Das Telefon von Bell, vorgestellt in einem amerikanischen technischen Journal aus dem Jahre 1877

Phantasten Propheten Physiker

1 Hermann von Helmholtz (1821–1894)

Um 1635, als in Deutschland der Dreißigjährige Krieg wütete, griffen Söldner einen hessischen Bauernjungen auf und schleppten ihn mit zum Soldatendienst. Als Musketier nahm er an Schlachten und Schrecknissen jenes furchtbaren Krieges teil. Später schrieb er seine Erlebnisse und Gedanken nieder. Er hieß Hans Jakob Christoffel von Grimmelshausen. Berühmt ist sein Roman *Abenteuerlicher Simplizissimus.* Darin prophezeit er, beflügelt von seiner unerschöpflichen humorvollen Phantasie, ein Instrument, «mittels dessen man, besonders bei stiller Nacht, wunderbarerweise alles hören kann, was in unglaublicher Ferne tönt oder geredet wird.» – Welch ein Wunschtraum!

Rund zweieinhalb Jahrhunderte später schrieb der nordamerikanische Schriftsteller Edward Bellamy seinen Zukunftsroman *Ein Rückblick aus dem Jahre 2000.* Der Autor läßt seine Leser schier unglaubliche Dinge erleben. So ist beispielsweise sein Romanheld bei einer Dame zu Gast. «Sie ließ mich auf einem bequemen Sessel Platz nehmen, ging nach der anderen Seite des Zimmers und – wie mir schien – drückte hier nur auf einen oder zwei Knöpfe. Sofort war das Gemach mit den erhabenen Klängen eines Orgelchors erfüllt ...»

Als Bellamy diese Zeilen zu Papier brachte, gab es bereits das Telefon, und man konnte miteinander sprechen, «soweit der Draht reichte». Doch phantastisch mutete die Idee an, Morsezeichen und menschliche Stimmen, Musik und warum nicht gar Bilder ohne jegliche Drahtverbindung nach überallhin senden und überall empfangen zu können.

Bellamys Roman erschien 1887. Zu jener Zeit wirkte an der Universität Karlsruhe Heinrich Hertz, ein junger Professor, einer der genialsten Physiker seiner Zeit.

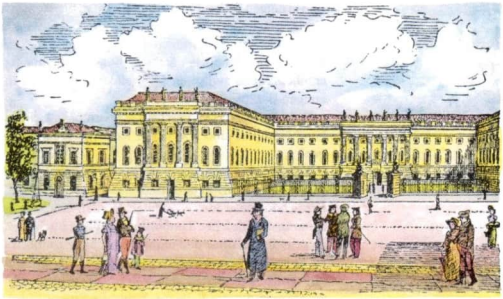
Heinrich Hertz, 1857 in Hamburg geboren, war Sohn eines Senators. Eigentlich hatte er Architekt werden wollen, doch dann entschied er sich für Mathematik und Physik. Er studierte in Berlin. Hier lehrte der bedeutende Physiker Hermann von Helmholtz. Dieser Professor war ein weitblickender Forscher und Lehrer. Ungelöste wissenschaftliche Probleme machte er zum Gegenstand von Preisaufgaben, die er auch seinen Studenten vorlegte. Eine Reihe dieser Aufgaben bezog sich auf die noch wenig erforschte Elektrizität. Heinrich Hertz beantwortete schon im ersten Jahr seines Studiums eine dringende Frage auf diesem Gebiet, eine weitere Preisaufgabe seines Lehrers wollte er später lösen. Es handelte sich um folgendes: Um 1830 hatte Michael Faraday die magnetischen und elektronischen Kräfte untersucht, die – von stromdurchflossenen Leitern und elektrischen Ladungen ausgehend – in den umgebenden Raum wirken. Er prägte die Begriffe *elektrisches* und *magnetisches Feld.* Mit Hilfe von Feldlinien machte er diese Felder anschaulich.

Der hervorragende englische Physiker James Clerk Maxwell entwickelte Faradays Erkenntnisse weiter. In den Jahren 1868 und 1869, nach gründlichen Überlegungen und Berechnungen, konnte er voraussagen, daß sich elektromagnetische Energie in den Raum ausstrahlen und empfangen lassen müsse. Und zwar durch Wellen, elektromagnetische Wellen. Seine Gleichungen besagten außerdem, daß diese Wellen mit dem Licht wesensverwandt seien. Doch dies alles stand lediglich auf dem Papier und blieb eine Vermutung, solange es nicht durch Experimente bestätigt oder widerlegt war.

Darin also bestand die Aufgabe, die der junge Physiker Hertz in der weiteren Zukunft lösen wollte. Einige Zeit arbeitete er als frischgebackener Doktor und Assistent an der Seite seines berühmten Professors. Im Jahre 1884 berief man ihn als Hochschullehrer an die Universität Karlsruhe. Dort, bei einem Experiment mit elektrischen Funkenentladungen, machte er eine sonderbare Beobachtung: In der Nähe seines Versuchsgeräts, das die elektrischen Funken sprühte, lag eine Spule. Und an dieser sprangen ebenfalls Funken über.

Eines Morgens wunderten sich seine Studenten und Kollegen über einen Zettel, der im Physikalischen Institut an der Tür des jungen Gelehrten hing: Für 14 Tage ist Hertz für niemanden zu sprechen; seine Vorlesungen und Seminare fallen aus.

Niemand ahnte, was hinter der verschlossenen Tür vorging. Vor die Fenster des Laboratoriums waren meist dicke Vorhänge gezogen.



2 Die Berliner Universität um 1850, an der Helmholtz lehrte
3 Dieses Bild ist einem alten Zukunftsroman entnommen. Der Schriftsteller sagte damals, um 1900, ein technisches Wunderwerk voraus: Arktisforscher sind über das Fernsehen mit der Heimat verbunden

Der elektrische «Funkenzauber» des Heinrich Hertz

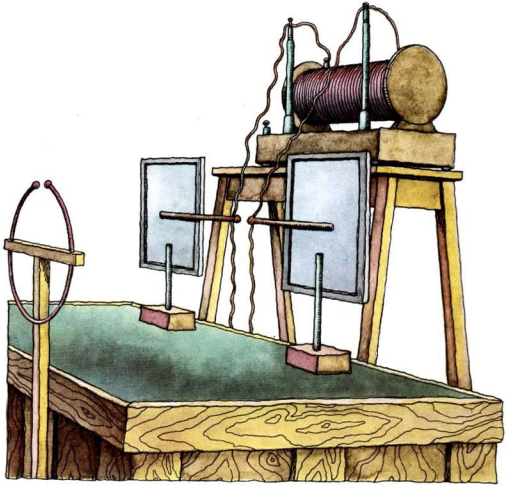
1 Heinrich Hertz (1857–1894)

Es vergingen weit mehr als nur 14 Tage, bis Heinrich Hertz, geblendet vom hellen Tageslicht, aus seinem abgedunkelten Laboratorium herauskam. In sein Tagebuch vermerkte er: «Gelungen, Resonanzerscheinungen zwischen zwei elektrischen Schwingungen darzustellen.»

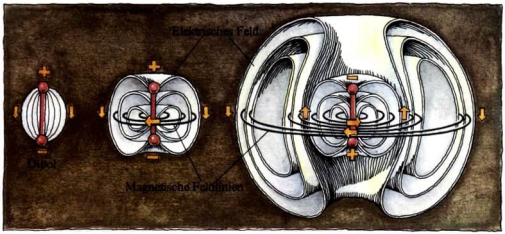
Was hatte Hertz in seinem Laboratorium getrieben? Und was sind überhaupt *Resonanzerscheinungen*?

Schlägt man zum Beispiel eine Stimmgabel an, so gerät sie in Schwingung und erzeugt Schallwellen. Erreichen diese ausgesendeten Wellen eine zweite Stimmgabel gleicher Tonhöhe, so beginnt auch diese zu schwingen, ohne daß man sie anschlagen muß. Sie ist sozusagen ein «Empfänger». Sie schwingt, weil mit Hilfe der Schallwellen Energie transportiert wurde – in diesem Falle mechanische Energie – und weil beide Stimmgabeln gleiche Frequenzen haben, in jeder Sekunde die gleiche Anzahl von Schwingungen vollführen.

Ein ähnlicher Resonanzvorgang war Hertz mit elektromagnetischen Schwingungen gelungen. Als Sender benutzte er einen Funkeninduktor, ein Gerät, das hohe Wechselspannungen erzeugt und mit dem man anhaltende starke Funkenentladungen hervorrufen kann. Diese sogenannte Funkenstrecke diente ihm als Erreger von elektromagnetischen Schwin-



2 Die Geräte, mit denen Hertz 1886 elektromagnetische Wellen nachweisen konnte



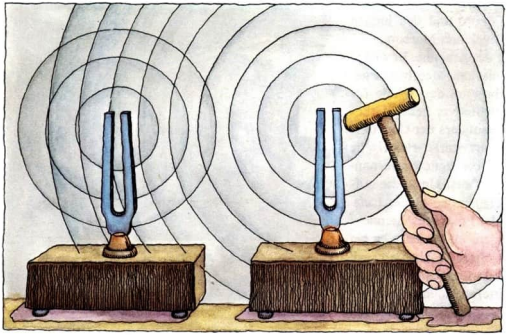
3 Modell eines sich unsichtbar in den Raum ausbreitenden elektromagnetischen Feldes. Es wird von einem Dipol ausgesendet. Das elektrische Feld ist blau dargestellt, das magnetische schwarz. Die gelben Pfeile veranschaulichen die Richtungen der magnetischen beziehungsweise elektrischen Feldlinien

gungen. Als Empfänger ersann er einen kreisförmigen Drahtbügel, der an den Enden um Bruchteile eines Millimeters geöffnet war. An dieser kleinen Strecke mußten Funken überspringen, wenn sich im Raum tatsächlich elektromagnetische Wellen ausbreiteten und mit dem Drahtbügel empfangen ließen. Diese winzigen Funken waren nur in völliger Finsternis mit einer Lupe zu sehen. Daher verdunkelte Hertz nicht nur die Fenster, er deckte auch die Funkenstrecke mit einem Pappkarton ab. Vor einer Metallwand, in bestimmten Entfernungen von ihr, zeigten sich die erwarteten Fünkchen. Damit hatte Heinrich Hertz bewiesen, daß die Funkenstrecke seines Senders elektromagnetische Wellen aussandte. Die Metallwand warf sie zurück, und der Empfänger, der Resonanzkreis, fing sie auf.

Diesen glücklichen Erfolg erlebte Hertz Anfang Dezember 1886. Doch das war erst der Beginn einer jahrelangen intensiven Forschungsarbeit. Im Jahre 1888 gab Hertz seine Entdeckung der wissenschaftlichen Welt bekannt und wurde mit einem Schlage berühmt. Durch zahlreiche Experimente hatte er die Eigenschaften der elektromagnetischen Wellen erforscht: Sie durchdringen Isolatoren, also nichtleitende Stoffe, wie Holz, Glas, Mauerwerk. Von leitenden Stoffen, zum Beispiel Blechplatten und Metallgittern, werden sie zurückgeworfen, ähnlich wie Licht von einem Spiegel. Im übrigen verhalten sie sich wie Licht, denn sie lassen sich bündeln, brechen und beugen. Später konnte Hertz beweisen, daß sich seine Wellen ebensoschnell ausbreiten wie das Licht, nämlich mit der Geschwindigkeit von etwa 300000 Kilometern in der Sekunde.

Durch seine Entdeckungen hat Heinrich Hertz die Voraussage Maxwells glänzend bestätigt und darüber hinaus den Weg zur drahtlosen Telegrafie, zum Rundfunk und Fernsehen geebnet. Er hat damit auch eine sehr wesentliche Voraussetzung für die Raumfahrt und Raumforschung geschaffen.

Es blieb ihm versagt, diese großartige Entwicklung zu erleben. Im Alter von knapp 37 Jahren, in der Neujahrsnacht 1894, verstarb er an einer heimtückischen Krankheit. Ihm zu Ehren bezeichnet man den Bereich der elektromagnetischen Funkwellen als *Hertzsche Wellen*.



4 Resonanz zwischen zwei Stimmgabeln gleicher Schwingungszahl. Die angeschlagene Stimmgabel schwingt und erzeugt Schallwellen. Die zweite Stimmgabel gerät ebenfalls in Schwingung

Der erste Funkspruch, den Alexander Popow drahtlos übermittelte, lautete «Heinrich Hertz»

1 Alexander Stepanowitsch Popow (1859–1906)
2 Popows Morse-Schreibtelegraf

Um 1895 arbeiteten viele Physiker und Techniker daran, die von Hertz entdeckten Wellen für eine drahtlose Telegrafie zu nutzen. Besonders erfolgreich waren die Versuche des russischen Physikers Alexander Stepanowitsch Popow und des jungen italienischen Funkpioniers Guglielmo Marconi.

Popow gilt als der Erfinder der Antenne. Er wirkte in Kronstadt, einer im Finnischen Meerbusen gelegenen Hafenstadt, als Lehrer an der Schule für Minenwesen. Nebenher erarbeitete er neue Methoden der Wettervorhersage, besonders der Gewitterwarnung: Jeder Blitz ist ja eine starke elektrische Funkenentladung und sendet über weite Entfernungen elektromagnetische Wellen aus. Um diese aufzufangen, ließ Popow Drachen oder kleine Luftballons an Kupferdrähten – der Empfangsantenne – in die Höhe steigen. Außerdem entwickelte er ein Gerät, das die empfangenen «Blitzsignale» auf eine elektrische Klingel und einen Morse-Schreibtelegrafen übertrug. Bei jeder Gewitterentladung schlug die Glocke an, und der Morseschreiber zeichnete auf den Papierstreifen einen Strich.

3 Der Hafen von Kronstadt um 1890

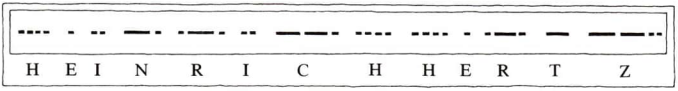
Dies brachte Popow auf eine großartige Idee. Waren nicht dieser Apparat und die elektromagnetischen Wellen geeignet, auch Morsesignale zu empfangen? Ohne jegliche Drahtverbindung. Die Telegrafieleitungen, die man für die Nachrichtenübermittlung verwenden mußte, waren teuer und störanfällig. Vor allem aber nutzte die Drahttelegrafie der Schiffahrt so gut wie nichts. Und gerade die Überseeschiffe, die, allein auf sich gestellt, die Meere befuhren, benötigten eine solche Signaleinrichtung, um Unwetterwarnungen empfangen, bei Seenot Hilferufe aussenden, ihre Position anderen Schiffen mitteilen zu können.

Natürlich benötigte Popow nun außer dem Empfänger auch einen Sender. Gemeinsam mit seinem Assistenten Pjotr Nikolajewitsch Rybkin entwikkelte und erprobte er dieses Gerät: Er versah den von Hertz verwendeten Sendeapparat mit einer Morsetaste und einer Antenne; damit schuf er den ersten Telegrafiesender der Welt. Die ausgestrahlten Morsesignale konnte Popow mit seinem Empfänger aufzeichnen.

Am 24. März 1896, nach schwierigen und anfangs erfolglosen Versuchen, führte er seine drahtlose Station der Physikalisch-chemischen Gesellschaft in Petersburg vor. Die Zuhörer umstanden den Empfangsapparat; der Sender befand sich in einem anderen Raum, 250 Meter entfernt. Der Morseschreiber begann zu ticken und zeichnete in Punkten und Strichen auf den Papierstreifen zwei Wörter: «Heinrich Hertz» – Dank und Anerkennung des russischen Gelehrten an den großen deutschen Physiker.

Ein Jahr darauf überbrückte Alexander Popow bereits 600 Meter, etwas später sogar 5 Kilometer. Es folgten Funkversuche mit Telegrafiestationen auf Schiffen, dabei gelang die drahtlose Verbindung über etwa 50 Kilometer. Trotz dieser Erfolge interessierte sich im zaristischen Rußland kaum jemand für die Forschungen und Experimente Popows. Erst 1901, wenige Jahre vor seinem Tod, erhielt der Physiker einen Lehrstuhl des elektrotechnischen Instituts in Petersburg. Zu dieser Zeit hatte Marconi, der in der Kolonial- und Handelsmacht Großbritannien experimentierte, bereits Telegramme über den Atlantischen Ozean senden können.

4 «Heinrich Hertz», das erste drahtlos übermittelte Funktelegramm der Welt



Im Jahre 1901 gelang die erste drahtlose Funkverbindung zwischen Europa und Amerika

Alexander Popow war ein bescheidener Mensch. Was er ersann, sollte der Wissenschaft dienen. Er kam gar nicht auf den Gedanken, seine Erfindung zum Patent anzumelden. In solchen Dingen dachte der Italiener Guglielmo Marconi völlig anders. Er war ehrgeizig, besaß ein starkes Organisationstalent und verstand es, mit originellen Großexperimenten für sich und seine Leistungen Reklame zu machen. Ein Beispiel: Im März 1930 – Marconi war längst weltberühmter Nobelpreisträger und ein reicher Mann – schaltete er auf seiner Jacht im Hafen von Genua mit einem Kurzwellensender die Beleuchtung des Rathauses im australischen Sydney ein. Heute, im Zeitalter der Raumfahrt, können wir Mondfahrzeugen von der Erde aus über Funkwellen Befehle erteilen; die Entfernung von 13000 Kilometern zwischen Italien und Australien erscheint uns dagegen unbedeutend. Doch zu jener Zeit war Marconis Experiment eine Pionierleistung.

Marconi wurde 1874 als Sohn eines reichen Großgrundbesitzers geboren. Angeregt durch den Physikprofessor Righi, dessen Vorlesungen er besuchte, beschäftigte er sich mit den Hertzschen Experimenten. Als Zwanzigjähriger begann er mit eigenen Sendeversuchen. Bereits 1896 ließ er sich ein von ihm entwickeltes Funksystem patentieren. Seine Geräte waren keine eigenen Erfindungen; schon Popow hatte sie verwendet. Doch Marconi stellte sie auf neue Art zusammen und verbesserte ihre Funktionstüchtigkeit. Anfang 1897 ging er nach Großbritannien, fand dort tüchtige Mitarbeiter, und schon im Mai begann er mit einem aufsehenerregenden Sendeversuch.

An der Küste des Bristolkanals wurde auf einer hohen Klippe ein Antennenmast errichtet. Am Fuße des Felsens stellte Marconi seinen Empfänger auf. Sendeort war das 5 Kilometer entfernte Eiland Flatholm, Standort eines Leuchtturms; der Sendeapparat stand in einem Bretterhäuschen. Marconi befand sich mit drei Mitarbeitern am Empfangsort. Zu dem Versuch hatte er den deutschen Funkpionier Adolf Slaby eingeladen, Professor für Elektrotechnik an der Berliner Technischen Hochschule.

Slaby berichtete, daß sie zunächst keine Morsezeichen auffangen konnten. Erst nach Tagen angestrengter Arbeit glückte – trotz eines heftigen Unwetters – das historische Experiment: «Es wird mir eine unvergeßliche Erinnerung bleiben, wie wir, des starken Windes wegen in einer großen Holzkiste zu Fünfen übereinandergekauert, Augen und Ohren mit gespanntester Aufmerksamkeit auf den Empfangsapparat gerichtet, plötzlich nach Aufhissen des verabredeten Flaggenzeichens das erste Ticken, die ersten deutlichen Morsezeichen vernahmen, lautlos und unsichtbar herübergetragen von jener felsigen, nur in undeutlichen Umrissen wahrnehmbaren Küste ... Es waren die Morsezeichen des *V*, welche der Verabredung gemäß herüberkamen, und der Liebenswürdigkeit meiner Gastgeber verdanke ich den Besitz dieser ersten Zeichen.»

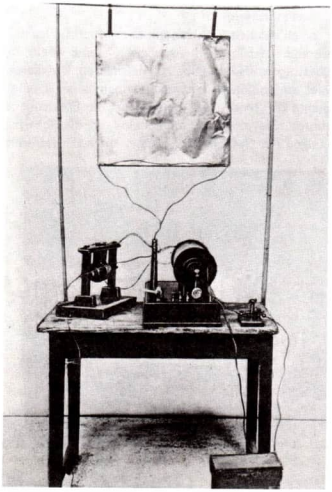
Dieser Erfolg ermutigte Marconi, immer größere Experimente zu wagen. 1899 überwanden seine Funkwellen zwischen Dover und Calais den Kanal; dann schuf er eine Verbindung über 175 Kilometer nach Korsika. Zielgerichtet bereitete er sich jetzt auf die Überbrückung des Atlantischen Ozeans vor.

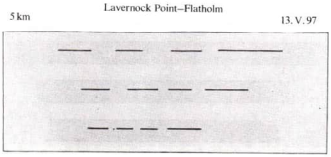
Im Jahre 1901 war es soweit. Die Sendestation stand in Polduh, einem Ort in der englischen Grafschaft Cornwall. Eine umfangreiche Antennenanlage, welche die Häuschen weit überragte, wurde aufgerichtet. Als Standort für die Gegenstation wählte Marconi das Cape Cod in Massachusetts (USA). Eine rund 3 500 Kilometer große Entfernung sollten die in Großbritannien ausgesendeten Funkwellen überwinden.

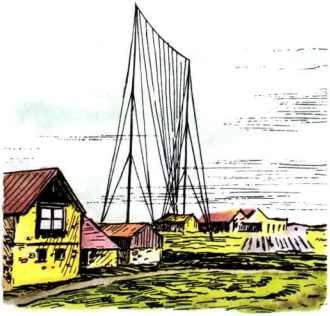
Am 12. Dezember 1901, lange vor dem vereinbarten Zeitpunkt, lauschen Marconi und seine Mitarbeiter in die Kopfhörer. Dann, auf die Sekunde genau, sind die verabredeten Zeichen da, die Morsezeichen für den Buchstaben *S*: kurz – kurz – kurz. Unverstümmelt hört der glückliche Marconi mehrmals hintereinander diese Signaltöne. Der erste Schritt zum weltweiten Funkverkehr ist geglückt.

1 Guglielmo Marconi (1874 bis 1937)

2 Marconi während seines Versuchs an der Küste des Bristolkanals, vor der Insel Flatholm
3 Marconis Funktelegrafie-Sender
4 Das originale Funktelegramm aus dem Jahre 1897, gesendet von der Insel Flatholm zur britischen Küste über eine Entfernung von 5 km. Es zeigt dreimal den Buchstaben *V*
5 Marconis Sendeantenne in Polduh (England), mit der es 1901 gelang, erstmals ein Funktelegramm über den Atlantik nach Massachusetts (USA) zu senden







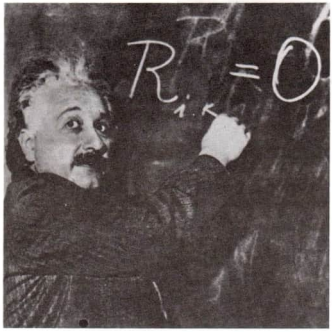
«Sehr geehrte An-
und Abwesende!
Wenn ihr den Rundfunk hört,
so denkt auch daran,
wie die Menschen in den Besitz
dieses wunderbaren Werkzeuges
gekommen sind.»

Mit diesen Worten eröffnete Albert Einstein, einer der bedeutendsten Physiker überhaupt, im Jahre 1930 eine Funkausstellung in Berlin. In seiner Ansprache erinnerte er an Oersted, der die magnetische Wirkung elektrischer Ströme entdeckte, an Bell und Reis, die als erste auf elektromagnetischem Wege Schall übertrugen, an die Physiker Maxwell und Hertz, und er gedachte «dankbar des Heeres namenloser Techniker, welche die Instrumente des Funkverkehrs vereinfachten und der Massenfabrikation anpaßten, daß sie für jedermann zugänglich geworden sind».

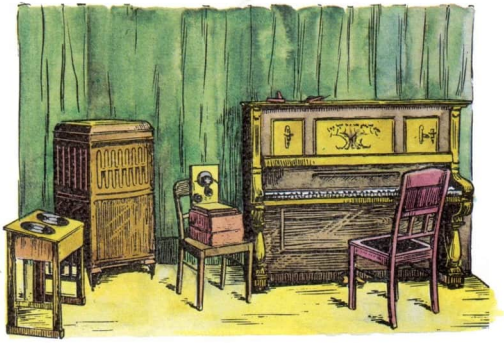
Als Einstein diese Rede hielt, war der Rundfunk erst wenige Jahre alt; dennoch gab es bereits Tausende begeisterte Rundfunkhörer und Radiobastler. Nur wenige von ihnen ahnten etwas von dem langen und mühsamen Weg, den die Funktechniker bewältigt hatten, bis zum ersten Mal Sprache und Musik ausgesendet und empfangen werden konnte.

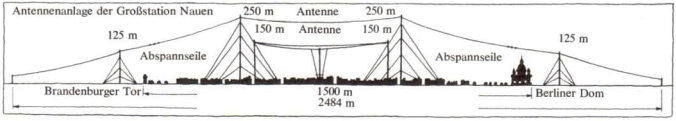
Vorangegangen war – bereits um 1910 – der Bau leistungsfähiger Sender für die Telegrafie, zu denen riesige Antennenanlagen gehörten. Küstenstationen zum Beispiel vermochten mit 400 Kilometer entfernten Schiffen Verbindung aufzunehmen. Bald verfügte jeder Überseedampfer über drahtlose Sende- und Empfangsgeräte. Der internationale Notruf *SOS* mit den Morsezeichen · · · — — — · · · half, vielen tausend schiffbrüchigen Seeleuten das Leben zu retten.

Nach solchen Erfolgen mit der Telegrafie lag der Gedanke nahe, die menschliche Stimme direkt zu übertragen, also drahtlos zu telefonieren. Um dieses Ziel zu erreichen, entwickelte man neue Bauelemente für Sender und Empfänger: die Elektronenröhren. Sie reagieren trägheitslos auf die Schwingungen der Sprache und können auch die feinsten



1 Albert Einstein (1879–1955)
2 Aus diesem Raum wurde 1923 in Berlin die erste Musiksendung ausgestrahlt





aufgefangenen Schwingungen kräftig verstärken und damit gut hörbar machen.

In der Gegenwart haben Halbleiterelemente die empfindlichen und platzraubenden Röhren weitgehend verdrängt. Doch die Geschichte des Rundfunks ist mit der Erfindung der Elektronenröhre eng verbunden. Sie hat, wie so viele andere technische Schöpfungen, mehrere Väter. Edison machte 1883 folgende Beobachtung: Von einem stromdurchflossenen Glühfaden, der sich in einem Vakuum befand, traten Elektronen aus, kleinste, negativ geladene Teilchen. Man nennt diesen Vorgang Glühemission.

Diese Entdeckung Edisons führte dazu, daß eine Reihe von Physikern in Europa und in den USA Elektronenröhren zum Gleichrichten und Verstärken elektrischer Schwingungen konstruierte. Dem österreichischen Physiker Robert von Lieben gelang die erste brauchbare Verstärkerröhre; sie war in einem Glaskörper von 32 Zentimeter Höhe untergebracht. Eine handlichere Röhre, kaum größer als eine Glühlampe, schuf der in den USA lebende Techniker Lee de Forest. Von diesen Konstruktionen ausgehend, entwickelten die Radiotechniker funktionstüchtige und leistungsstarke Röhrensender für die drahtlose Telefonie.

Um 1920 bestand in Königs Wusterhausen bei Berlin eine Hauptfunkstelle. Senderaum war ein mit schalldämmenden Wolldecken ausgekleidetes Badezimmer. Hier wurden Sprachübertragungen nach verschiedenen europäischen Empfangsstationen ausprobiert. So bestätigte zum Beispiel Moskau am 2. Februar 1920: «Bei Ihrem heutigen Telephonieversuch war der deutsche und russische Text gut zu hören. Wir hoffen, Ihnen auch bald per Telephonie antworten zu können.»

Der in Deutschland mit Spannung erwartete Unterhaltungsrundfunk begann im Berlin des Jahres 1923. Das Sendestudio wurde im vierten Stockwerk des Vox-Hauses eingerichtet, der Niederlassung eines britischen Schallplattenkonzerns. Das Mikrofon stand, erhöht durch dicke Adreßbücher, auf einem Stuhl. Außerdem befand sich noch ein Klavier und ein Grammophon im Senderaum. Am 29. Oktober 1923, kurz vor 20 Uhr, lauschten etwa 400 Rundfunkhörer in Berlin – weiter reichte der Sender nicht – in die Kopfhörer ihrer zumeist selbstgebauten Detektorempfänger. Etwas schnarrend gelangte die Stimme des aufgeregten Ansagers durch den Äther: «Achtung, Achtung! Hier ist Berlin, Vox-Haus, auf Welle 400. Die Funkstunde Berlin bringt ein Konzert ...»

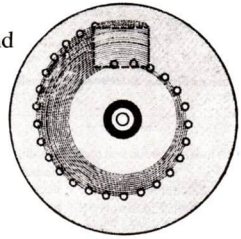
Ein Cellosolo und einige Gesangsdarbietungen mit Klavierbegleitung folgten dieser Ansage.

So wurde in Berlin der Rundfunk aus der Taufe gehoben.

3 Um 1920 waren riesige Antennenanlagen erforderlich, wenn man über weltweite Entfernungen senden wollte. Für den Amerika-Funkverkehr diente in Nauen eine Antenne von 1200 m Länge und 250 m Höhe. Die 150 m hohe Antenne wurde vorwiegend für den Funkverkehr innerhalb Europas benutzt. Die Abbildung zeigt die Ausmaße der Antennenanlage, gemessen an der Entfernung zwischen dem Brandenburger Tor und dem Dom in Berlin

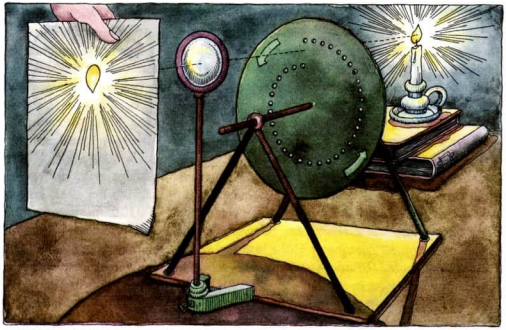
4 Rundfunkempfang im Jahre 1929

Ein Student macht an einem Weihnachtsabend eine bedeutsame Erfindung



3 Nipkowscheibe, die der Bildzerlegung in Zeilen diente
4 Fernsehen, wie man es sich im Jahre 1927 vorstellte. Zur Bildzerlegung in der Aufnahmekamera und zur Wiedergabe des Bildes im Empfänger sollten rotierende Keilscheiben aus Glas dienen. Zu diesem Zweck mußten die Elektromotoren sowohl in der Kamera als auch im Empfänger synchron laufen, das heißt die Scheiben mit der gleichen Drehzahl in Umlauf setzen

1 Paul Nipkow (1860–1940)



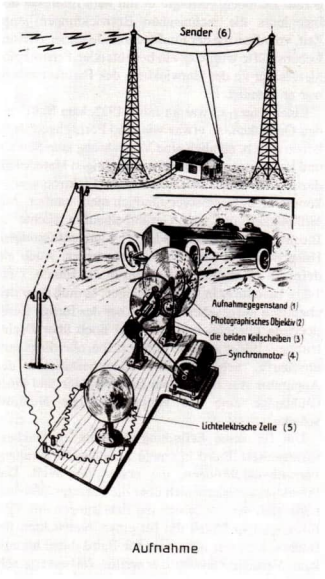
2 Nipkows Experiment am Weihnachtsabend 1883

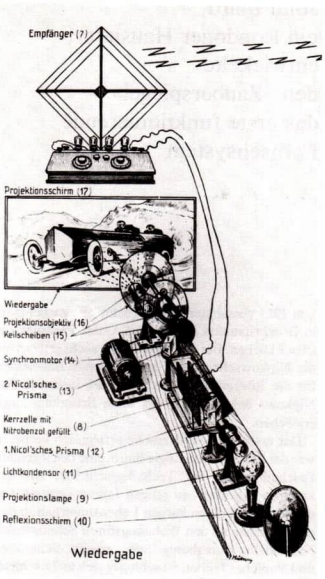
Schnee war gefallen an jenem Weihnachtsabend des Jahres 1883 in Berlin. Paul Nipkow, der hier die Naturwissenschaften studierte, saß beim trüben Licht einer Kerze in seiner kärglichen Behausung. Er hatte kein Geld, um nach Lauenburg zu seinen Eltern fahren zu können. Unter Langeweile litt er allerdings nicht. Es gab da ein Problem, das ihn in jeder freien Minute beschäftigte. Und an diesem Weihnachtsabend sollte ihm sogar eine Erfindung glücken.

Als Schüler hatte er mit einem Bellschen Telefon experimentiert. Dabei war ihm ein phantastischer Gedanke gekommen. Man konnte mit Hilfe der Elektrizität fernsprechen – warum sollten sich nicht auch Bilder in die Ferne übertragen lassen? Soviel war dem Studenten klar: Zwischen der Übertragung eines Tones und der eines Bildes bestünde ein wesentlicher Unterschied. Beim Hören empfängt das Ohr zeitlich *nacheinander* die Schallwellen. Ein Mikrofon wandelt diese in zeitlich ebenso aufeinanderfolgende Stromschwankungen um. Betrachten wir hingegen ein Bild, so empfängt das Auge alle Bildeindrücke *gleichzeitig*.

Ein Bild läßt sich nicht als Ganzes auf einmal übertragen. Folglich, so überlegte Nipkow, muß man es zuvor zerlegen: Wie der Blick beim Lesen einer Buchseite Zeile um Zeile abtastet, und zwar Buchstabe für Buchstabe, so soll es ähnlich mit dem zu übertragenden Bild geschehen. Es muß in Zeilen und jede Zeile in Punkte «zerstückelt» werden. Wie in winzige gleichmäßige Mosaiksteine. Aber wie läßt sich das bewerkstelligen?

Just an jenem Weihnachtsabend hatte Paul Nipkow eine glänzende Idee. Er schnitt aus Pappe eine kreisrunde Scheibe und versah sie mit einer Vielzahl von Löchern, die in einer Schneckenlinie angeordnet waren. Damit hatte Nipkow den Bildzerleger gefunden. Mit ihm könnte man ein Bild zeilenweise abtasten, Punkt für Punkt. Man brauchte die Scheibe lediglich zu drehen. Ein Drahtgestell für die Scheibe war rasch zurechtgebogen. Nipkow stellte sie zwischen die Kerze und eine Sammellinse. Bei einer bestimmten Drehzahl der Scheibe zeichnete die Linse das Abbild der Kerze auf ein Zeichenblatt, ohne daß die Zeilen zu unterscheiden waren.





Ein Jahr danach, am 15. 1. 1885, ließ Nipkow seine Erfindung beim Berliner Patentamt als «Elektrisches Teleskop» registrieren. Wie stellte er sich seinen Fernseher vor?

Der zu übertragende Gegenstand wird stark beleuchtet, und ein Linsensystem bildet ihn auf einem Bildfenster ab. Hinter der drehbaren Lochscheibe ist eine Selenzelle angeordnet. Mit ihrer Hilfe soll das auftreffende Licht einen elektrischen Strom steuern, und zwar je nach der Helligkeit des jeweiligen Bildpunktes in eine geringere oder entsprechend größere Stromstärke. Der so gesteuerte Strom gelangt über eine Leitung zum Empfangsgerät. Hier wandelt eine Glühlampe die Stromstärkeschwankungen in die ihnen entsprechenden Lichtschwankungen um. Betrachtet man diese durch eine zweite sich drehende Lochscheibe, dann müßte das Auge das übertragene Bild wahrnehmen. Voraussetzung ist, daß die Empfangsscheibe im gleichen Takt wie die Sendescheibe läuft.

Mit diesen Überlegungen hatte der junge Paul Nipkow das Grundprinzip des Fernsehens eigentlich gefunden. Aber seine Anlage funktionierte dennoch nicht. Dies lag an der Trägheit der damaligen Selenzellen, die einem so schnellen Wechsel von hellen und dunklen Lichtpunkten nicht folgten. Darüber hinaus wäre es notwendig gewesen, die schwachen Ströme bedeutend zu verstärken. Die Verstärkerröhre aber war zu jener Zeit noch nicht erfunden.

Paul Nipkow legte nach seinem Studium ein glänzendes Examen ab und arbeitete als Ingenieur bei der Eisenbahn. Doch die fälligen Patentgebühren konnte er nicht aufbringen, so daß er den Patentanspruch auf sein Fernsehverfahren mit der Lochscheibe, der *Nipkowscheibe*, verlor.

Im Jahre 1934 eröffnete die damalige Reichspost in Berlin den ersten deutschen Fernsehfunk. Er erhielt den Namen *Fernsehsender Paul Nipkow*. Ansonsten interessierte es die beteiligten Elektrokonzerne nicht, daß der alt gewordene Fernsehpionier in bitterster Not lebte. Gas und Strom hatte man ihm gesperrt. Er starb einsam 1940 mit 80 Jahren. Indessen trug das Testbild des Berliner Fernsehsenders nach wie vor seinen Namen.

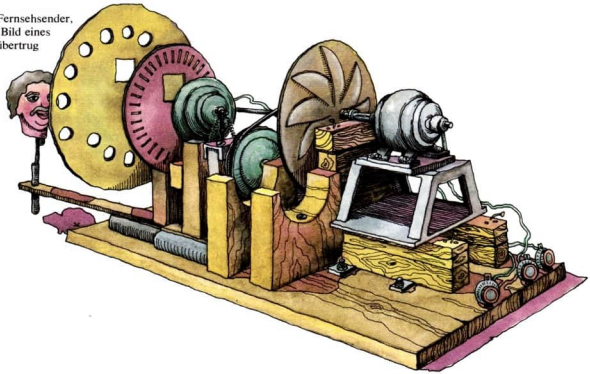
John Baird, ein Londoner Hausierer, entwickelte den «Zauberspiegel» – das erste funktionierende Fernsehsystem

Um 1925 versuchten einige Techniker, vornehmlich in Großbritannien und den USA, das Fernsehen zu verwirklichen. Bei den meisten Versuchsgeräten war die Nipkowscheibe das entscheidende Bauelement für die Bildzerlegung. Zu jener Zeit waren ja Paul Nipkows Schutzrechte auf seine Erfindung längst erloschen.

Der erste, dessen Versuche erfolgreich verliefen, war der Schotte John Logie Baird, eine fast legendäre Erscheinung in der Technikgeschichte. Als verkrachter Ingenieur, in jungen Jahren verarmt, verdiente er sich einen kargen Lebensunterhalt, indem er in London an den Wohnungstüren Schnürsenkel, Nähnadeln, Kunsthonig, Schmierseife, Schuhkrem und ähnliches feilbot. So schlug er sich mehr schlecht als recht durchs Leben, kränkelnd und stets hungernd. Dennoch verfolgte er mit dem Interesse des Ingenieurs die technischen Entwicklungen jener Zeit, vor allem die der Funktechnik. In seiner zweiten Lebenshälfte wurde er ein bedeutender Fernsehpionier. Sogar an der Entwicklung des Farbfernsehens war er beteiligt.

Eines Tages, es war im Jahre 1922, kam Baird auf den Gedanken, so etwas wie ein «Fernsehgerät» zu konstruieren, nämlich eine Vorrichtung zum Senden und Empfangen von Bildern. Die nötigen Materialien dazu – Bleche, Linsen, Lampen, Elektromotor – konnte er sich selbstverständlich nicht kaufen. Auf Müllplätzen und aus Gerümpelhaufen suchte er Blechbüchsen, Leitungsdraht, Lampenfassungen, Holzkisten und Pappkartons zusammen. Auch ein defekter Elektromotor fiel ihm in die Hände. Zwei Jahre bastelte er in seiner Kammer; es muß darinnen chaotisch ausgesehen haben. Aber das fertige Gerät übertrug tatsächlich – zunächst noch über Drahtleitung – Bilder auf eine Mattscheibe, allerdings sehr unscharfe, schemenhafte. Hauptbestandteil der Apparatur war neben dem Elektromotor und einer Glühlampe eine aus Pappe gefertigte Nipkowscheibe.

Um für seine Erfindung Reklame zu machen, veranstaltete Baird in einem Londoner Warenhaus Fernsehvorführungen, die ersten der Welt. Das Publikum amüsierte sich über die Schattenbildchen, hörte sich verständnislos die Erklärungen des Vorführers an und hielt ihn für einen «verrückten Erfinder». Das war alles, was für Baird dabei herauskam. Verbissen arbeitete er weiter, verbesserte sein Gerät, und am 2. Oktober 1925 gelang es ihm, den



1 John Bairds Fernsehsender, mit dem er das Bild eines Puppenkopfes übertrug

Kopf einer Bauchrednerpuppe, den er irgendwo aufgelesen hatte, auf dem «Fernsehschirm» verhältnismäßig deutlich abzubilden.

Monate darauf führte Baird sein Gerät den Gelehrten der Royal Society, der Königlichen Akademie der Naturwissenschaften, in London vor. Wenig später zeigte er, daß auch eine drahtlose Fernsehübertragung möglich ist. Nun wurde endlich die Industrie auf seine Erfindung aufmerksam. Er bekam verlockende Angebote und war als Fernsehtechniker begehrt. Seine Hungerjahre hatten ein Ende.

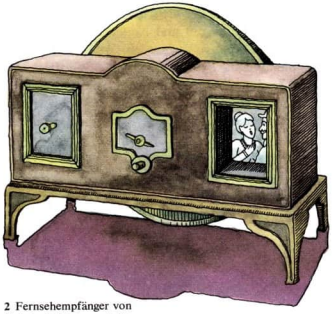
In Berlin fanden zu jener Zeit jährlich Funkausstellungen statt, auf denen stets das Neueste gezeigt wurde, was es auf dem Gebiet der drahtlosen Telegrafie und der Rundfunktechnik gab. Im Jahre 1928 führte man den Berlinern erstmals Fernsehgeräte vor. Es waren zwar große Kästen, doch die «Zauberspiegel», auf denen die Bilder geisterten, waren nur 3 Zentimeter hoch und 4 Zentimeter breit. Auch die Qualität der Bildchen war dürftig. Ein Augenzeuge berichtet, es seien Bilder gewesen «wie versponnene Nebelstreifen».

So blieb es auch in den folgenden Jahren. Es wurde über das Fernsehen viel geschrieben und geredet, aber es kam zu keiner Weiterentwicklung. Die mechanisch-optische Bildzerlegung ließ keine helleren und schärferen Bilder zu. Die Fernsehtechnik schien in eine Sackgasse geraten zu sein.

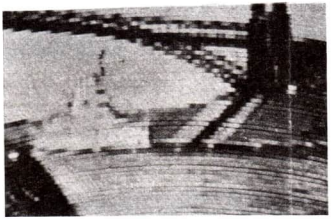
Doch im Herbst 1931 konnte die Berliner Funkausstellung mit einer Sensation aufwarten, mit einem neuartigen Fernsehsystem. Zwar hatte der Bildschirm auch nur kleine Abmessungen, doch in den Apparaten sausten keine Nipkowscheiben, summten keine Elektromotoren. Lautlos zeichnete ein haarfeiner Elektronenstrahl mit unvorstellbarer Schnelligkeit die Bildzeilen auf den Fernsehschirm. Es entstanden Bilder, die wesentlich heller und schärfer waren als alle bisher gekannten. Wichtigstes Bauteil war die sogenannte Braunsche Röhre.

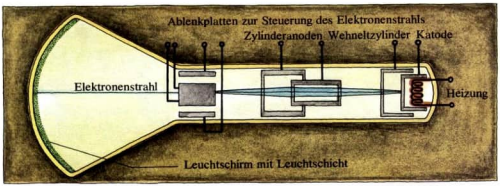
Der Physiker Ferdinand Braun hatte 1897 diese Röhre erfunden, um schnell veränderliche elektrische Vorgänge sichtbar zu machen. Es handelt sich um ein luftleer gepumptes längliches Glasgefäß. Aus einer Glühkatode treten Elektronen aus, das sind elektrisch negativ geladene Teilchen. Zu einem feinen Elektronenstrahl gebündelt, kann dieser durch magnetische und elektrische Felder gesteuert werden.

Vergeblich hatte man bisher versucht, die Braunsche Röhre für das Fernsehen einzusetzen. Hier, vor einem staunenden Publikum auf der Funkausstellung 1931, zeigte es sich verwirklicht: das elektronische Fernsehen. Entwickelt hatte dieses System ein 23jähriger Berliner Forscher, Manfred von Ardenne.



2 Fernsehempfänger von Baird mit Nipkowscheibe





3 So sahen die ersten Fernsehbilder aus. Deutlich sind die von der Nipkowscheibe verursachten Bildzeilen erkennbar
4 Aufbau der Braunschen Röhre

«Verträumt nicht euer Leben, sondern erlebt eure Träume!»
Manfred von Ardenne

Der Physiker Prof. Dr. h. c. Manfred von Ardenne ist der Begründer des weltberühmten Instituts auf dem Weißen Hirsch in Dresden, das zu den bedeutendsten Forschungsstätten der Gegenwart zählt. Eine Vielzahl von Erfindungen und Neuentwicklungen sind mit seinem Namen verbunden. Aus seiner Feder stammen wichtige wissenschaftliche Schriften.

Manfred von Ardenne wurde 1907 in Hamburg geboren. Von Jugend an fesselten ihn naturwissenschaftliche und technische Bereiche: die Astronomie und die Optik, die Physik überhaupt, außerdem die Chemie. Ganz besonders aber interessierte ihn die Elektrizität und die gerade in den Kinderschuhen steckende Funk- und Radiotechnik.

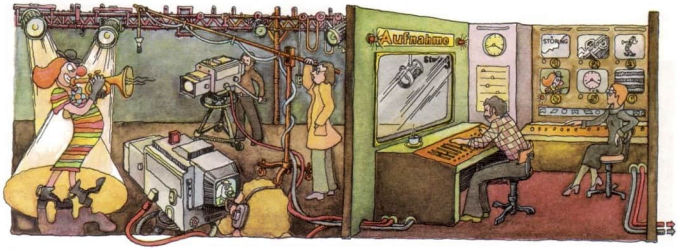
1 Der englische Fernsehpionier John Baird sieht im Laboratorium mit Manfred von Ardenne (rechts) erstmals Fernsehbilder auf dem Schirm einer Elektronenstrahlröhre

Wie er in seiner Lebensbeschreibung berichtet, bastelte er als Junge leidenschaftlich gern. Vom Großvater bekam er sein erstes Forschungsinstrument, ein Schülermikroskop, mit dem er den Mikrokosmos, die geheimnisvolle Welt des Kleinen, betrachten konnte: «Fliegenflügel, Bienenstachel und ähnliches in etwa hundertfacher Vergrößerung.» Damals war Manfred von Ardenne neun Jahre alt. Ein Onkel schenkte ihm ein Physikbuch, das er mit großem Fleiß studierte.

Seine Eltern waren vor dem ersten Weltkrieg nach Berlin übergesiedelt, und hier durfte er sich in der Wohnung sein eigenes Laboratorium einrichten. Er fertigte aus einfachsten Mitteln Himmelsfernrohre an. Er experimentierte mit elektrischen Ladungen und Röntgenstrahlen. Später baute er sich einen Detektorempfänger und erlernte das Morsealphabet, so daß er Funksprüche von Schiffen in der Ost- und der Nordsee mithören und entschlüsseln konnte. Mit seinem Gerät gelang es ihm sogar, die Zeichen einer afrikanischen Station zu empfangen.

Als Sechzehnjähriger machte Manfred von Ardenne eine Erfindung auf dem Gebiet der drahtlosen Telegrafie. Er bekam darauf sein erstes Patent zugesprochen. Außerdem schrieb er seine ersten beiden Bücher, zwei Fachbücher, die sich auf die Funktechnik bezogen. Mit 17 Jahren beschloß der junge Forscher, das Geld für seinen Lebensunterhalt und seine weitere Ausbildung selbst aufzubringen. – «Meinen Eltern zahlte ich die Miete für das große Zimmer, das sie mir überlassen hatten – und ich war sehr froh, ihren Haushalt in dieser Weise entlasten zu können ... Die notwendigen Mittel erhielt ich vorwiegend aus den Honoraren für meine ersten Bücher, für radiotechnische Veröffentlichungen und schließlich aus dem Erlös technischer Entwicklungen und Erfindungen.»

2, 5 Prinzip der Fernsehaufnahme und des Empfangs heute



Anfang 1928 mietete Manfred von Ardenne ein Haus, um darin ein eigenes Forschungsinstitut aufzubauen. Und hier, zwei Jahre danach, stellte er sich eine komplizierte Aufgabe: Er wollte das elektronische Fernsehen verwirklichen. Seit langem wußte man, daß die Fernsehtechnik mit der schwerfälligen mechanischen Bildzerlegung nicht weiterkommen konnte.

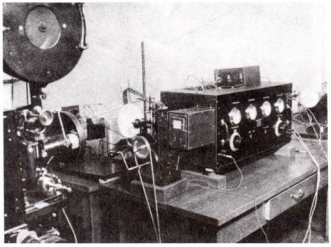
Bereits Jahre zuvor hatte der junge Physiker einen Breitband-Verstärker entwickelt, eine wichtige Voraussetzung für das Fernsehen mit hoher Bildschärfe. Und 1928 war es ihm gelungen, die Braunsche Röhre wesentlich weiterzuentwickeln, so daß sie vor allem einen vielfach helleren Leuchtfleck hergab. Manfred von Ardenne schildert die aufregenden Stunden, die er und einer seiner Mitarbeiter bei den ersten Fernsehversuchen im Institut erlebten.

«Ich erklärte Emil Lorenz meinen Plan. Jene Begeisterung packte uns, die man nur manchmal und meist vor großen Ereignissen empfindet. In fieberhafter Eile entnahmen wir dem Fertigungslager zwei Elektronenstrahlröhren, stellten zwei Einrichtungen zur Erzeugung der Ablenkspannungen aus Bestandteilen des Niederfrequenz-Labors zusammen, brachten einen der Breitband-Verstärker in Betriebsbereitschaft und entlehnten dem optischen Labor eine Linse hoher Lichtstärke und eine Fotozelle geringer Trägheit.

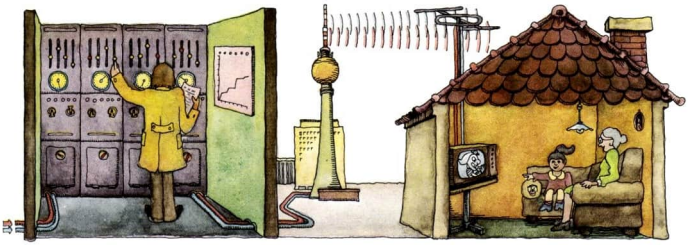
Noch am gleichen Abend, am 14. Dezember 1930, hatten Emil Lorenz und ich ein entscheidendes Erlebnis. Ich hielt eine Schere vor den Schirm meines ‹Leuchtfleck-Abtasters› und sah tatsächlich, wie ihre Konturen am anderen Ende des Zimmers auf dem Leuchtschirm der Empfangsröhre erschienen. Wir wiederholten den Versuch mit einem Diapositiv und erzielten einen noch viel eindrucksvolleren Erfolg.»

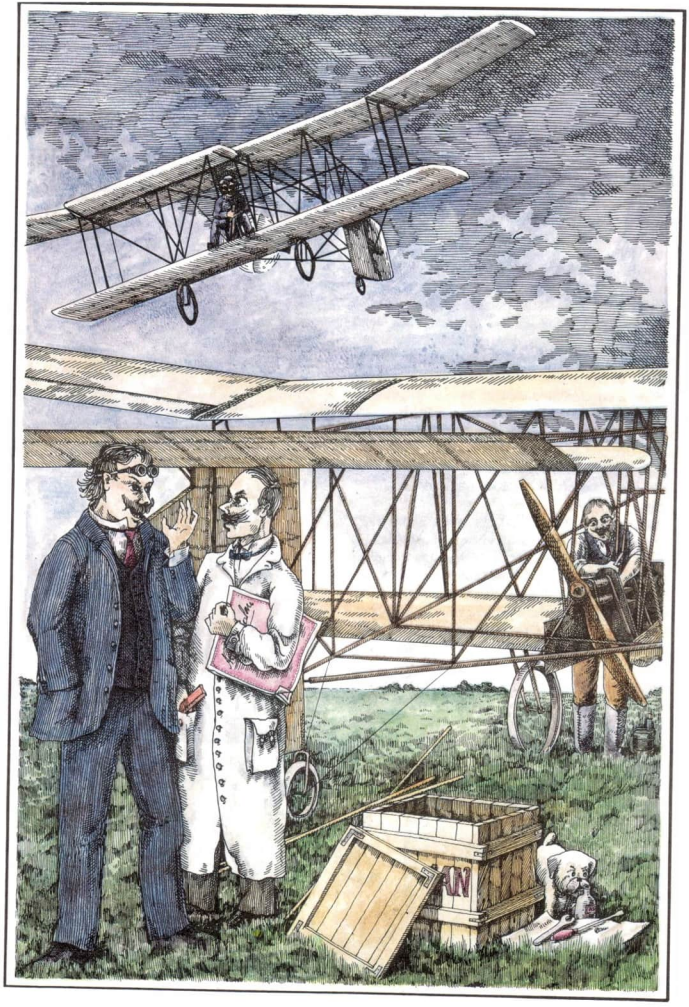
Nun begann eine fieberhafte Tätigkeit; im Frühjahr 1931 gelang Manfred von Ardenne die Übertragung von Kinofilmen. «Die öffentliche Vorführung dieser Anlage im Herbst 1931 auf der Berliner Funkausstellung wurde vierzig Jahre später in zahlreichen europäischen und amerikanischen Fach- und Tageszeitungen als ‹Weltpremiere des elektronischen Fernsehens› bezeichnet.»

3 Die von Manfred von Ardenne im Jahre 1931 vorgeführte Anlage, mit der erstmals Filmübertragungen auf rein elektronischem Wege gelangen



4 Eines der ersten von Manfred von Ardenne elektronisch übertragenen Bilder

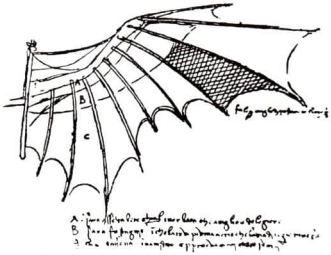




12 Das Flugzeug

Die Erfindung des Flugzeugs
gehört zu den größten kollektiven Leistungen.
Jahrtausendelang konnte der Mensch vom Fliegen nur träumen.
In neuerer Zeit folgten vier Jahrhunderte wiederholter,
mutiger, aber gescheiterter Versuche.
Endlich machte die zielbewußte Arbeit weniger Männer
den Traum wahr:
Der Mensch fliegt.
Keine andere Erfindung in der Technikgeschichte
verlangte höheren Einsatz an Kühnheit und Todesverachtung,
keine andere hat mehr Opfer gefordert.

Einst glaubte der Mensch, Götter und Dämonen beherrschten den irdischen Luftraum.



2 Flügelskizze von Leonardo da Vinci. Die Erläuterungen zu seinen Entwürfen pflegte der Erfinder in Spiegelschrift abzufassen

1 Mephisto führt Faust auf den Brocken. Illustration zum «Faust» von Peter von Cornelius

Faust
Wie kommen wir denn aus diesem Haus?
Wo hast du Pferde, Knecht und Wagen?
Mephisto
Wir breiten nur den Mantel aus,
Der soll uns durch die Lüfte tragen.

Johann Wolfgang Goethe (1749–1832)
Faust, Erster Teil

Goethe war 34 Jahre alt, als zum ersten Mal Menschen mit einem Ballon aufstiegen und damit die Eroberung der Luft begannen. Ein halbes Jahrhundert später, als Fahrten mit dem Ballon noch immer eine Sensation waren, beendete der greise Dichter seinen *Faust*, eines der bedeutendsten Werke der Weltliteratur.

Held dieses Schauspiels ist der von unstillbarem Wissensdrang getriebene Doktor Faust, ein Sinnbild des suchenden und schöpferischen Menschen. Er will aus der Enge seiner Studierstube hinaus, um die Welt zu ergründen. Faust verschreibt seine Seele Mephisto, seinem kalt berechnenden Gegenspieler, und gewinnt dafür seine Jugend zurück. Mephisto verfügt über magische Kräfte. Für ihn ist es ein

3 Der Flugapparat Jacob Degens

4 Ludwig Berblingers mißglückter Flugversuch in Ulm im Jahre 1811

leichtes, Faust an jeden beliebigen Ort der Welt zu versetzen – zum Beispiel mit Hilfe eines «Zaubermantels» – und ihm alle Wünsche zu erfüllen.

Goethe war nicht Dichter allein, sondern zugleich ein vielseitiger Naturforscher. Gewiß war er überzeugt, daß der Mensch eines Tages zielgerichtet um die Erde fliegen könne und nicht mehr nur mit dem Ballon im Luftmeer treiben würde. Doch zu seinen Lebzeiten gehörte das Fliegen zu den noch unerfüllten Sehnsüchten des Menschen.

Bereits in ferner Vergangenheit träumte der Mensch davon, sich frei wie ein Vogel in den Himmel zu erheben. Vielleicht, um bei der Jagd ebenso schnell zu sein wie ein Bussard, der überraschend auf seine Beute hinabstößt. Und nicht wenige Sklaven mochten sich Schwingen gewünscht haben, um in die Freiheit und ihre Heimat zu fliegen. Viele Legenden und Märchen künden davon. Jedoch über eine lange Zeit schien es, als sollte dem Menschen die Kunst des Fliegens versagt bleiben. So stattete er in seiner Phantasie Götter, Dämonen und andere phantastische Wesen mit dieser Fähigkeit aus. Auch Doktor Faust erlebt, von Mephisto in den Harz geführt, wie Hexen auf Besenstielen oder Ziegenböcken durch die Luft fahren, um sich zu einem zaubertollen Treiben auf dem Brocken zu versammeln.

Zu den ersten, die sich mit dem Flugproblem wissenschaftlich befaßten, gehört Leonardo da Vinci. Um 1500 beobachtete er den Vogelflug und erforschte den Luftwiderstand. Mit seinen Ideen der Zeit weit voraus, konstruierte er Schlagflügelapparate und Hubschrauber. Hunderte technische Zeichnungen lassen erkennen, wie er die Muskelkraft des Menschen für den Antrieb seiner Flugmaschinen einsetzen wollte.

Erst einige Jahrhunderte später fanden sich Waghalsige, die mit künstlichen Schwingen zu fliegen versuchten. Der Wiener Uhrmacher Jacob Degen hatte sich 1807 Flügel gebaut, die aus Bambus, Schilfrohr, Bindfäden und gefirnißtem Papier bestanden. Der Apparat war so konstruiert, daß sich beim Aufundabbewegen der Flügel einige tausend Ventilklappen öffneten oder schlossen. Die mit diesem Gerät erzielte Hubkraft war jedoch zu gering, um Degen und die Flugmaschine in die Höhe zu tragen. Seine Versuche zeigten, daß die Muskelkraft des Menschen nicht ausreicht, um genügend große Schwingen so kräftig zu bewegen, wie es zum Fliegen erforderlich ist.

Ein Nachahmer Jacob Degens war der Schneider Ludwig Berblinger, der in Ulm lebte. Seine Schwingen hatte er aus Rohrgeflecht gefertigt und mit Stoff überzogen. Im Jahre 1811 verkündete Berblinger, daß er über die Donau fliegen werde. Vor einer schaulustigen Menge stieg er auf einen Felsen, legte seine Schwingen an und stieß sich mit einem kräftigen Sprung ab. Aber auch seine Arme waren zu schwach, er konnte die Flügel nicht beherrschen. Sie klappten über ihm zusammen. Der mutige Mann stürzte in die Tiefe, zu seinem Glück in die Donau, aus der man ihn unter Hohngelächter herausfischte.

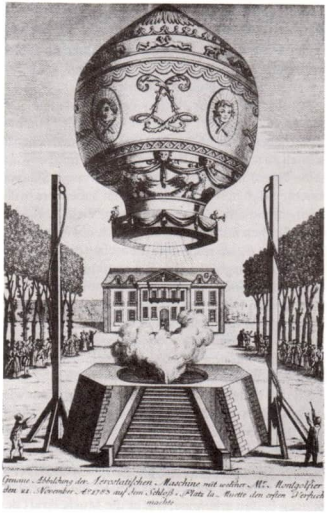
Zwei zum Tode verurteilte Schwerverbrecher sollten zu den ersten Luftfahrern bestimmt werden

Bereits im Altertum entdeckte Archimedes von Syrakus das Gesetz des Auftriebs. Er beobachtete, daß ein in Wasser getauchter Körper scheinbar leichter wird, und zwar um genau so viel, wie das Gewicht des verdrängten Wassers ausmacht. Also ist der Auftrieb gleich dem Gewicht der verdrängten Flüssigkeit. Daher können Hohlkörper, beispielsweise Unterseeboote, aus der Meerestiefe an die Oberfläche steigen. Für den Auftrieb in der Luft gilt das gleiche Gesetz. Das Fahren mit Ballonen und Luftschiffen beruht auf diesem Prinzip. Unsere Erde ist ja von einem Luftmeer umgeben, auf dessen Grund wir leben. Ein Ballon steigt darin auf, wenn er mit einem Gas gefüllt ist, das viel leichter als Luft ist. Dabei kann es sich beispielsweise um Wasserstoff, Helium oder erhitzte Luft handeln.

Von alledem hatten die Gebrüder Montgolfier, zwei französische Papierfabrikanten, nur geringe Kenntnis. Am Himmel dahinziehende Wolken regten sie an, sich mit der Luftfahrt zu befassen. Sie fertigten Papiersäcke an, die sie in die Höhe steigen lassen wollten. Einige Versuche, dies mit Wasserdampf zu erreichen, schlugen fehl. Es war um 1780, als Joseph Montgolfier einen alltäglichen Vorgang beobachtete: Rauch steigt in die Höhe. Das brachte ihn und auch seinen Bruder auf die Idee, einen Kissenbezug mit der Öffnung über ein Feuer zu halten. Die Hülle füllte sich mit heißer Luft und schwebte empor.

Die Brüder Montgolfier sagten sich, daß die Tragkraft eines Ballons auch von dessen Größe abhängen müsse. Sie leimten aus Stoffbahnen eine große kugelförmige Hülle zusammen. Nach einem von ihnen erfundenen «geheimen Rezept» vermengten sie 40 Kilogramm Stroh mit 2,5 Kilogramm Schafwolle, die sie auf einem unter dem Ballon angebrachten Eisenrost verbrannten. So erzeugten sie die erforderliche Heißluft. Allerdings bildeten sie sich ein, sie

1 Der Teststart eines Heißluftballons mit Tieren



2 Die erste Luftfahrt von Menschen mit einem Heißluftballon 1783 in Paris, dargestellt auf einem Kupferstich

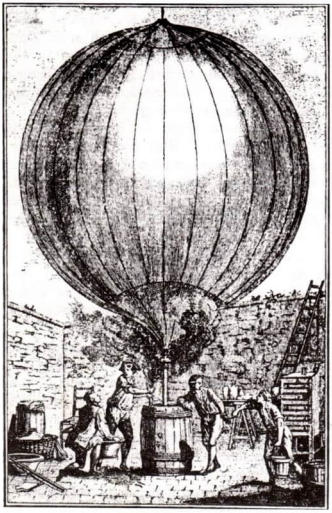
hätten ein bis dahin unbekanntes Traggas gefunden.

Im angehängten Korb dieses Heißluftballons ließen die beiden Montgolfiers erstmals Lebewesen in die Höhe steigen: einen Hammel, eine Ente und einen Hahn. Nach einer Luftreise von etwa 4 Kilometern landeten die Tiere, der Hahn mit einem gebrochenen Flügel. Die Gegner solcher Experimente behaupteten, der Luftdruck habe dem Hahn den Flügel zerquetscht. In Wahrheit war der Hammel bei der Landung nervös geworden und hatte dem Hahn einen Tritt versetzt.

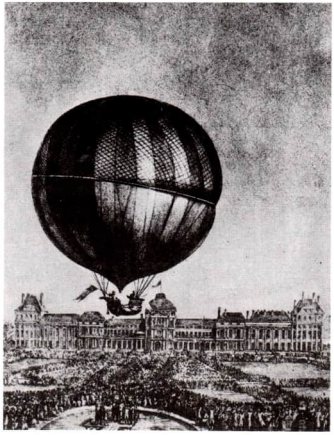
Nach diesem geglückten Tierversuch beschlossen die Montgolfiers, mit ihrem Heißluftballon Menschen aufsteigen zu lassen. Zu jener Zeit, wenige Jahre vor der Französischen Revolution, regierte in Frankreich König Ludwig XVI. Er bestimmte, diese Luftfahrt habe in Paris stattzufinden. Gleichzeitig befahl er, dazu zwei Verbrecher auszuersehen, die im Kerker auf ihre Hinrichtung warteten. Nun war jedoch der junge Naturforscher Pilâtre de Rozier, ein Freund der Brüder Montgolfier, förmlich besessen von dem Wunsch, sich durch den Ballon in die Höhe tragen zu lassen. Ein einflußreicher Adliger, der Marquis d'Arlandes, erwirkte eine Audienz beim König. Er brachte vor, es sei der Ehre Frankreichs nicht würdig, den ersten Ballonflug der Menschheitsgeschichte von Raubmördern ausführen zu lassen. Dies stimmte den König um.

In der Mittagsstunde des 21. Novembers 1783 erhob sich vor den Augen einer ehrfurchtsvoll staunenden Menge die prächtig bemalte Montgolfière in die Luft. An Bord waren de Rozier und der Marquis d'Arlandes. Zum ersten Mal blickten Menschen aus schwindelnder Höhe auf die Straßen und Dächer einer Stadt hinab. Nach 25 Minuten ging der Ballon in der Nähe von Versailles wohlbehalten nieder.

Nur wenige Tage nach diesem Ereignis, im Dezember 1783, erlebte Paris den Aufstieg des ersten Gasballons. Gebaut hatte ihn der Physiker Jacques Charles; zur Füllung des Ballons benutzte er den sehr leichten Wasserstoff. Gemeinsam mit einem Gefährten gelang ihm eine mehr als zweistündige Luftreise, nach der er 40 Kilometer von Paris entfernt landete. In einem wahren Triumphzug kehrte er in die Hauptstadt zurück. Seinen Bericht über seine erste Ballonfahrt schloß er mit dem Ausruf: «Der Himmel gehört uns!»

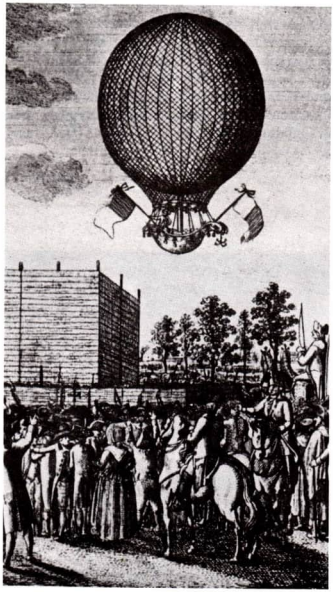


3 Professor Charles und die Brüder Robert füllen 1783 erstmals einen Ballon mit Wasserstoffgas



4 Aufstieg von Jacques Charles im ersten mit Wasserstoff gefüllten Ballon zu Paris

Die ersten bedeutenden Luftreisen wurden mit Ballons und Luftschiffen gewagt



1 Der französische Luftschiffer Blanchard startet im November 1787 in Nürnberg zu seiner 28. Luftfahrt
2 Vorschlag, einen Ballon mit Hilfe dressierter Adler lenkbar zu machen
3 Das lenkbare Luftschiff *La France* der Hauptleute Renard und Krebs, denen es 1884 erstmals gelang, zu ihrem Aufstiegsort zurückzukehren
4 LZ 129, das größte je gebaute Zeppelin-Luftschiff, auf seiner letzten Fahrt über New York am 6. Mai 1937

Der Kanal, ein breiter Meeresarm, trennt die britische Insel vom europäischen Festland. Zwischen den Städten Calais und Dover beträgt die Entfernung von Küste zu Küste nur 31 Kilometer. An dieser Stelle versuchten Unerschrockene es immer wieder, die Trennung des Inseilandes vom übrigen Europa auf mannigfache Weise zu überwinden. So messen sich seit 1875 ehrgeizige Sportler darin, den Kanal zu durchschwimmen. Seit der Zeit Napoleon Bonapartes werden Pläne entworfen und aufgegeben, hier einen Unterwassertunnel zu bauen. Und bereits einen der ersten erfolgreichen Ballonfahrer, den Franzosen Jean Pierre Blanchard, reizte es, mit seinem Luftfahrzeug von der einen Küste zur anderen zu reisen.

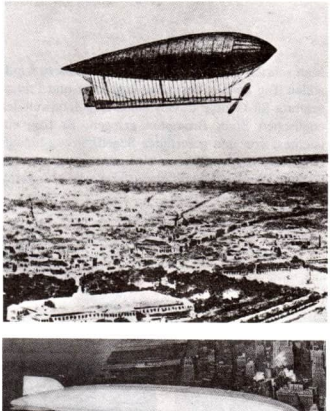
Blanchard war mit seinem Ballon durch halb Europa gezogen und hatte überall Vorstellungen gegeben, die ihm Geld einbrachten. An einem Januartag des Jahres 1785 stieg er in Begleitung des amerikanischen Arztes Dr. Jeffris in Dover auf. Ein eisiger Wind trieb ihren Ballon langsam über den Kanal, dem Festland zu. Schon lag die Küste fast greifbar vor ihnen, da ging der Ballon nieder; der Korb berührte die Wellen. Die Ballonfahrer warfen allen entbehrlichen Ballast über Bord, ja, sie mußten sich ungeachtet der Kälte ihrer Kleidung entledigen, um den Ballon zu erleichtern. Nach zweieinhalb Stunden abenteuerlicher Fahrt erreichten sie bei Calais die Küste und retteten sich durch einen Sprung an Land. Die Stadt bereitete den Bezwingern des Kanals einen begeisterten Empfang.

Jetzt entwickelte Pilâtre de Rozier, Aeronaut Nr. 1, den Ehrgeiz, ebenfalls den Kanal zu überfliegen. Er plante eine Luftfahrt in entgegengesetzter Richtung, also von Frankreich nach England. Doch als er aufgestiegen war, explodierte sein Ballon, und de Rozier stürzte in den Tod. Der erfolgreichere Jean Pierre Blanchard wurde das zweite Opfer der jungen Luftfahrt. Bei seinem sechzigsten Ballonaufstieg – vor den Augen einer schaulustigen Menge – verunglückte auch er tödlich. Etwa 120 Jahre sollten vergehen, bis es wieder jemand wagte, den Kanal zu bezwingen, diesmal mit einem Flugzeug.

«Der Himmel gehört uns!» hatte Jaques Charles triumphiert. In Wahrheit gehörte der Ballon den Launen und Tücken des Himmels. Sein Kurs war völlig von den Luftströmungen abhängig, und auch der tüchtigste Ballonfahrer konnte nicht vorherbestimmen, wo sein Fahrzeug niedergehen werde. Daher trachtete man danach, den Ballon lenkbar zu machen. Voraussetzung dafür war ein Antrieb. Manche Erfinder versuchten dies mit Schlagflügeln oder Rudern zu erreichen. Ja, es gab sogar Phantasten, die den Ballon mit Gespannen dressierter Adler oder Wildgänse regieren wollten.

Der französische Ingenieur Henry Giffard, Erfinder der Dampfstrahlpumpe, ließ einen langgestreckten Ballonkörper anfertigen. In die Gondel montierte er eine schwere Dampfmaschine, die lediglich 3 PS Leistung abgab und eine dreiflügelige Luftschraube drehte. Die so erreichte Geschwindigkeit war zu gering; selbst gegen einen mäßigen Wind konnte dieses Luftschiff nicht ankommen. Dennoch war der erste Schritt zum lenkbaren Luftschiff getan. Größere Erfolge erzielten die beiden französischen Offiziere Renard und Krebs. Sie verwendeten zum Antrieb der Luftschraube einen Elektromotor und erreichten eine Geschwindigkeit von 24 Kilometern je Stunde. In der Nähe von Paris unternahmen sie mit ihrem Fluggerät mehrere Fahrten, bei denen sie zur Landung meistens wieder den Aufstiegsort erreichten. Deshalb kann man ihre Konstruktion als das erste lenkbare Luftschiff bezeichnen.

Die unterschiedlichsten Luftschiffe wurden in der Folgezeit gebaut oder lediglich entworfen. Zu den erfolgreichsten gehören die des Grafen Ferdinand von Zeppelin. Mit Hilfe tüchtiger Konstrukteure und aufbauend auf die bereits gewonnenen Erfahrungen anderer, schuf er die in aller Welt berühmt gewordenen «Zeppelin»-Luftschiffe. Sie hatten starke Motoren und ein gut funktionierendes Steuersystem. Allerdings waren ihre Traghüllen mit dem feuergefährlichen Wasserstoff gefüllt.



Mit diesen silbernen Himmelsriesen gelang es bereits 1924, erstmals den Atlantischen Ozean von Europa nach New York zu überqueren. Fünf Jahre später erfolgte ein beispielloser Nonstop-Flug des LZ 127 *Graf Zeppelin* rund um die Erde; dabei wurde in 20 Tagen eine Strecke von 24 000 Kilometern zurückgelegt. Der Luftschiffahrt schien die Zukunft zu gehören. Doch da ereignete sich im Jahre 1937 ein entsetzliches Unglück. Das Luftschiff LZ 129 – es war das größte, welches je gebaut worden ist – befand sich mit 97 Menschen an Bord über dem Landefeld von Lakehurst (USA). Während des Landemanövers schoß plötzlich eine gewaltige Stichflamme aus dem Heck. Das Luftschiff stürzte hell lodernd zu Boden, wo es in Minutenschnelle verbrannte. Nur wenige Menschen entkamen den Flammen.

Unter dem Eindruck dieser Katastrophe ging die Luftschiffahrt zu Ende. Das Flugzeug hatte ohnehin eine zunehmend größere Bedeutung erlangt. Es wartete gegenüber den schwerfälligen und langsamen Luftschiffen mit einer ganzen Reihe von Eigenschaften auf, die es dem Luftschiff überlegen machten.

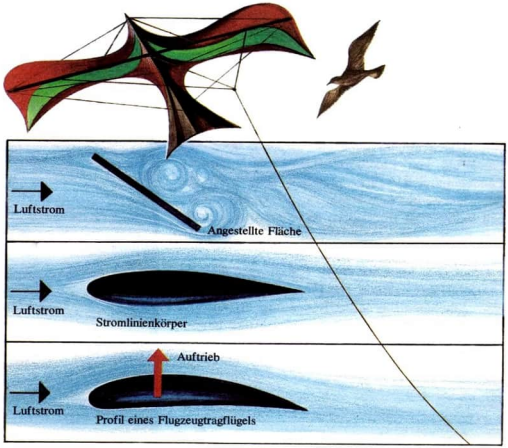
«Ein ununterbrochen schiffbarer Ozean, der zu jedermanns Türschwelle kommt, sollte zum Besten des menschlichen Vorteils und Nutzens nicht vernachlässigt werden.»
Sir George Cayley (1773–1857)

Man schrieb das Jahr 1804. An einem nahezu windstillen Tag bestieg der junge Ingenieur und Privatgelehrte Sir George Cayley einen Hügel, unweit der englischen Stadt Brompton gelegen. Er trug ein leichtes, von ihm gefertigtes Segelflugzeug hinauf. Oben angelangt, wählte er eine günstige, gegen den leichten Wind gerichtete Abwurfstelle. Das Flugzeug segelte zu Tal, unruhig und schwankend, aber dann setzte es sanft auf. Es war ein Flug des ersten Gleitflugmodells in der Geschichte der Luftfahrt.

Das Fahren mit den damals gerade aufgekommenen Luftballons, ebenso wie später mit Luftschiffen, glich einem Schweben im Luftmeer. Ein aktives Fliegen, wie man es bei jedem Vogel beobachten konnte, war es nicht. Im Gegensatz zum Ballon ist ein Vogel «schwerer als Luft». Der zu seinem Flug nötige Auftrieb entsteht an den Schwingen, wenn diese von Luft umströmt werden. Strömende Luft kann auch eine schräg gestellte Fläche emporheben. Ein mäßiger Wind genügt, um einen Drachen in schwindelnde Höhen aufsteigen zu lassen.

Der Drachen ist das einfachste und älteste Fluggerät. Durch ihn wurde Cayley auf den Gedanken gebracht, wie man das Flugproblem lösen könnte. Zugegeben, der an eine Leine gefesselte Drachen steht nur ruhig im Wind, er «fliegt» nicht von der Stelle. Was sich hier bewegt, das ist die strömende Luft. Doch wie verhielte sich der Drachen, überlegte Cayley, wenn er einen Antrieb hätte, der ihn gleichsam durch die Luft zieht? Der Drachen würde sich, auch bei Windstille, in einem Luftstrom befinden und fliegen. Cayley schrieb: «Die angestellte Fläche – ausgerüstet mit einem Vortriebsmechanismus –, das ist das wahre Prinzip der Luftfahrt.»

Damit hatte Cayley die grundlegende Konstruktion des zukünftigen Flugzeugs gefunden. Doch er



1 Sir George Cayley (1773 bis 1857)
2 Bei angestellten und gewölbten Flächen entsteht im Luftstrom ein Auftrieb, an Stromlinienkörpern nicht

konnte damals, im Zeitalter der schwerfälligen Dampfmaschine, mit einem kleinen und leichten Triebwerk nicht rechnen. So mußte er das Eigengewicht seiner Flugmodelle als «Antriebskraft» nutzen, indem er sie von einem erhöhten Ort hinabgleiten ließ. Er tat das bei jedem Wind und Wetter, und er wagte sich an den Bau immer größerer Modelle; Schmied und Zimmermann von Brompton Hall kamen kaum zur Ruhe. So entstand schließlich sein größtes Modell. Es hatte eine tragende Fläche von 30 Quadratmetern, war also ein ausgewachsenes Segelflugzeug.

«Wunderbar, diesen edlen weißen Vogel zu sehen», berichtet der Forscher, «wie er allein durch sein eigenes Gewicht von der Spitze des Hügels in die Ebene segelt, und zwar zu irgendeinem bestimmten Punkt, je nachdem sein Steuer gesetzt war.» Und bei starkem Wind geschah es: Ein Mann, der den Vogel bändigen wollte, wurde für Sekunden über den Boden getragen.

Cayley hatte sich ein Rundlaufgerät anfertigen lassen, mit dem er Messungen an Tragflügelmodellen vornahm. Er verglich den Auftrieb an ebenen Flächen mit dem, der an Flächen mit gewölbten Profilen auftritt. Dabei fand er heraus, daß an gewölbten Flächen ein weit größerer Auftrieb entsteht. Auch Stromlinienkörper untersuchte er. Da sie den geringsten Luftwiderstand bieten, schlug er sie als günstigste Bauform für Flugmaschinen vor.

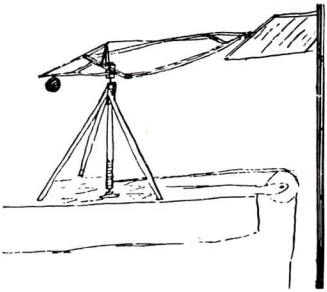
Mit den Ergebnissen seiner Forschungsarbeit wies Cayley in die Zukunft. Allerdings baute er auf den Teilerkenntnissen namhafter Physiker auf, die den Luftdruck, den Luftwiderstand und die Luftströmung untersucht hatten: des Deutschen Otto von Guericke, des Italieners Evangeliste Torricelli, des Holländers Christian Huygens, des Schweizers Daniel Bernoulli, des Franzosen Edme Mariotte ...

Cayley hat die wissenschaftlichen Erkenntnisse seiner Zeit bewußt auf das noch unerforschte Gebiet der Flugtechnik angewendet. Dies ist sein besonderes Verdienst. Das Fehlen eines leichten Triebwerkes ermöglichte es ihm nicht, auch mit maschineller Antriebskraft einen Modellflug zu verwirklichen. Doch er war nach seinen eigenen Worten völlig gewiß, daß die Kunst des Fliegens «bald vom Menschen beherrscht wird und wir fähig sein werden, uns und unsere Familien, Güter und Waren mit einer Geschwindigkeit von 36 bis 180 Kilometern in der Stunde durch die Luft zu befördern, sicherer, als dies auf dem Wasserwege möglich ist».

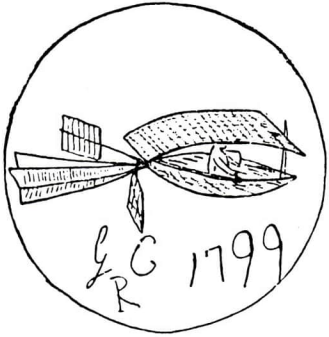
Nach seiner Überzeugung, die von einem humanistischen Denken geprägt war, sollte der Himmel, «der zu jedermanns Türschwelle kommt», zum Besten der Menschheit genutzt werden.

Sir George Cayley starb 84jährig im Jahre 1857. Zu dieser Zeit war Otto Lilienthal, der ein halbes Jahrhundert später Cayleys Erkenntnisse wiederentdecken und weiterführen sollte, gerade neun Jahre alt.

3 Dieses Flugmodell Cayleys aus dem Jahre 1804 weist bereits wesentliche Bauelemente eines Flugzeuges auf: Tragflügel, einen länglichen Rumpf und Stabilisierungsflossen am Heck

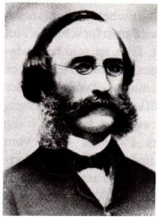


4 Aus Cayleys Notizbuch: Skizze zu einem Rundlaufgerät, das zur Messung des Auftriebs diente



5 Cayleys Entwurf eines bemannten Gleitflugzeugs aus dem Jahre 1799

Im vorigen Jahrhundert wurden Flugzeuge geplant und gebaut, die sich niemals in die Luft erhoben



1 William Samuel Henson (1805–1885)
2 Hensons Luftfahrzeug, wie man es sich im Flug über London vorstellte
3 Maxims dampfgetriebener Doppeldecker auf der zweifachen Schienenanlage

Das Londoner Patentamt erhielt 1842 eine Schrift mit beigelegten Zeichnungen; der Ingenieur William Samuel Henson bat um Patentschutz für einen Flugapparat, der «zur Beförderung von Gütern, Briefen und Passagieren von Ort zu Ort durch die Luft» dienen sollte. Henson war von einem Artikel Sir Cayleys zu diesem Plan angeregt worden. Sein Apparat erschien ausgereift, und tatsächlich hatte Henson ein Vorbild des Flugzeugs entworfen.

Die geplante Flugmaschine glich einem riesigen vogelartigen Drachen mit Tragflügeln von 45 Meter Spannweite. Für Passagiere, Besatzung und Güter hatte Henson eine Rumpfkabine vorgesehen. Außerdem sollte sie ausgerüstet werden mit einem dreirädrigen Fahrwerk, mit beweglichen Steuerflächen, zwei mehrflügeligen Luftschrauben und einer Hochdruckdampfmaschine als Triebwerk. Henson wollte diese mitsamt dem Dampfkessel und den Brennstoffvorräten in der Rumpfgondel unterbringen. Nach seinen Angaben würde die Maschine eine Leistung von 25 bis 30 PS haben. Das wäre für den Riesenvogel von 1,36 Tonnen Masse viel zuwenig gewesen. Die beiden Propeller hätten den Apparat auf der Startbahn kaum von der Stelle bewegt.

Henson versuchte, um das Flugzeug bauen zu können, eine Aktiengesellschaft zu gründen. Aber niemand fand sich bereit, Geld in dieses Projekt zu stecken – zu Hensons Guten, denn sein Luftfahrzeug wäre nicht vom Boden freigekommen.

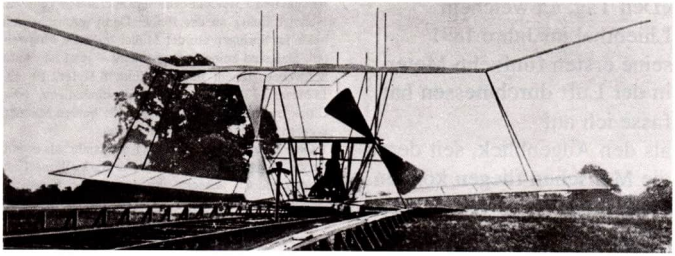
Während des Zeitraums zwischen 1840 und 1900 gab es mehrere Erfinder, die vom Gedanken des Fliegens geradezu besessen waren. Viele verbrachten ein halbes Menschenleben damit, unter großen Opfern *ihr* Flugzeug zu bauen. Dabei wußten sie nie, ob ihr Apparat jemals imstande sei zu fliegen. Sie gingen nicht den von George Cayley vorgezeichneten Weg; sie versuchten kaum, das Fliegen mit Hilfe wissenschaftlicher Methoden zu verwirklichen. Sie glaubten, durch geschicktes Basteln an ihren Flugmaschinen zum Ziel zu kommen.

Im zaristischen Rußland baute der Marineoffizier Alexander Fjodorowitsch Moshaiski das erste Flugzeug überhaupt. Seine Flugmaschine hatte übergroße Tragflügel, deren Profil nicht gewölbt, sondern eben war. Drei Luftschrauben wurden von zwei in England gebauten Dampfmaschinen angetrieben. Leider gibt es keine Aufzeichnungen über die Erprobung dieses Flugzeugs.

In Frankreich bezeichnet man häufig den Ingenieur Clément Ader als den Vater des Flugzeugs. Dieser Titel kommt ihm nicht zu. Seine Flugzeuge, darunter dampfgetriebene Ungetüme mit fledermausartigen Flügeln, blieben erfolglos. Zwar vollführte seine Maschine *Avion III* einige kleine Hopser, flugfähig war sie nicht.

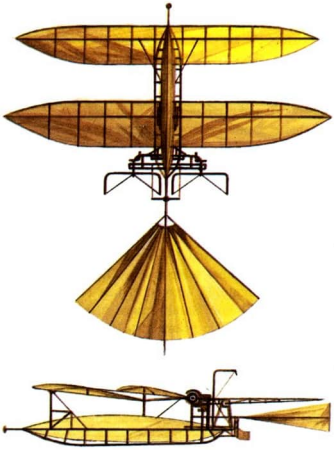
Der vielseitige Erfinder Hiram Stevens Maxim, ein englischer Ingenieur amerikanischer Herkunft, steigerte diese untauglichen Versuche ins Gigantische. Er hatte ein schnellfeuerndes Maschinengewehr entwickelt und war durch diese Erfindung steinreich geworden. Von der Erfindung eines Flugzeugs erhoffte er sich wiederum große Gewinne. Allerdings betrachtete er Flugmaschinen von vornherein als Waffe. «Ihre vornehmste Verwendung sollen sie jedoch im Kriege finden», schrieb er, «gar nicht zu reden von der Möglichkeit, an geeigneten Punkten Bomben fallen zu lassen.«

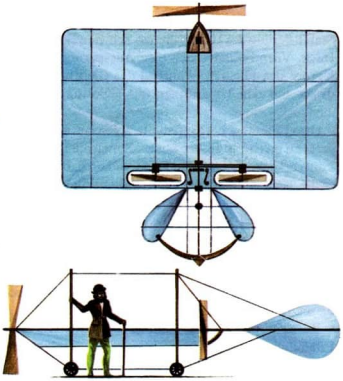
Im Jahre 1891 ließ Maxim auf seinem Landsitz ein Flugzeug mit fünf übereinanderliegenden Flächen herstellen – ein wahres Monstrum – und rüstete es mit zwei technisch hochgezüchteten Dampfmaschinen aus. Nachdem Flugversuche mit dem Fünfdecker erfolglos blieben, ließ Maxim ihn in einen Doppeldecker umbauen. Das Riesenflugzeug wurde



auf eine 550 Meter lange Schienenbahn gesetzt. Vor dem «Davonfliegen» sollte ein zweites, einen Meter darüber liegendes Gleis schützen. Maxim unternahm mit dem Apparat 1894 verschiedene Rollversuche; bei einer Geschwindigkeit von 50 Kilometern in der Stunde hoben die vier Laufräder von den unteren Gleisen tatsächlich ab. Infolge der Kraft des Auftriebs verbog sich eine Führungsrolle, das Flugzeug riß sich aus den oberen Gleisen und zerschellte am Boden. Da Maxim bereits eine halbe Million für das Luftfahrzeug ausgegeben hatte, stellte er die Versuche mit ihm jetzt ein. Er hatte gezeigt, daß es mittels Maschinenkraft möglich ist, einem schweren Körper Auftrieb zu verleihen. Aber er war weit davon entfernt geblieben, fliegen zu können.

Ein schweres Mißgeschick traf den Österreicher Wilhelm Kreß. Er hatte mit staatlicher Unterstützung ein großes Wasserflugzeug gebaut und wollte damit von einem bei Wien gelegenen Stausee aufsteigen. Lange wartete er auf den bestellten Motor, der 40 PS leisten und nur 200 Kilopond wiegen sollte. Die Antriebsmaschine, die endlich geliefert wurde, brachte nur 30 PS Leistung und war mit 380 Kilopond viel zu schwer. Wilhelm Kreß fuhr mit knatternden Propellern einige Male über den See, ohne daß seine Maschine abhob. Dann raste sie auf die Staumauer zu. Im letzten Augenblick konnte Kreß sie hart wenden, eine Windböe brachte sie zum Kentern. Die Maschine versank. Kreß konnte vor dem Ertrinken gerade noch gerettet werden.





4 Wasserflugzeug des Österreichers Wilhelm Kreß mit zwei Tragflügeln hintereinander (1901)
5 Dampfgetriebenes Flugzeug des russischen Offiziers Alexander F. Moshaiski (1883)

«Den Tag, an welchem Lilienthal im Jahre 1891 seine ersten fünfzehn Meter in der Luft durchmessen hat, fasse ich auf als den Augenblick, seit dem die Menschen fliegen können.»
Ferdinand Ferber (1862–1909), französischer Flugpionier

Und dies ist der Schauplatz: Eine spitze Erhebung der Krielower Berge, einer Hügelkette, die sich zwischen Werder und Groß Kreutz erstreckt. Es ist einsam hier oben, man hört den Wind und das Rumoren einer Mühle. Weitab im Heideland liegt das Dorf Derwitz.

Ein Pferdefuhrwerk quält sich den sandigen Weg herauf. Der Müller Wilhelm Schwach führt die Zügel, neben ihm sitzen der Fabrikant Otto Lilienthal aus Berlin und dessen Mitarbeiter Hugo Eulitz. Auf dem Berg angelangt, fiebrig vor Ungeduld, springt Lilienthal vom Wagen. Ein zusammengelegtes Gleitflugzeug wird abgeladen und startfertig gemacht.

Der Hängegleiter hat eine Spannweite von 11 Metern. Holme und Rippen sind aus Weidenholz gefertigt und mit lackiertem festem Tuch bespannt. Zur Stabilisierung des Fluges dienen Schwanzflossen am Heck. Vorn befindet sich eine Aussparung für den Körper des Fliegers. Während des Gleitfluges liegt dieser mit den Unterarmen auf gepolsterten Holmen.

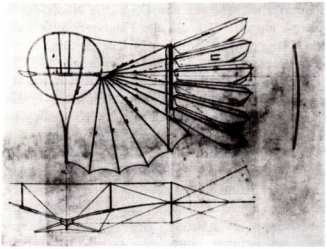
Otto Lilienthal hat systematisch gelernt, sein Fluggerät zu meistern. Er begann am Boden mit Steh- und Laufversuchen gegen den Wind. Schon dabei spürte er die Tücken unterschiedlich starker Windstöße. Er mußte sie abfangen. Seine große körperliche Kraft kam ihm dabei zustatten. Danach hat er in seinem Garten unzählige Male den Absprung von einem erhöhten Laufbrett geübt. Dabei sind ihm Weiten bis zu 7 Metern gelungen. Und heute nun will er mit seinem Flugzeug erstmals den Sprung von der Kuppe dieses Berges wagen.

Zu dritt prüfen die Männer die Windrichtung. Lilienthal hat seine Jacke abgelegt. Entschlossen stellt er sich in den Gleiter, packt die Handgriffe. Er spürt, wie der Wind unter die Tragflügel greift, läuft an, springt vom Hang ab. Der Wind trägt ihn. Zwei, drei Sekunden gleitet er durch die Luft, dann setzt er sanft auf. Eulitz und der Müller messen die Weite. Es sind fast 7 Meter! Bei diesem allerersten Versuch. Nun ist Eulitz an der Reihe. Dann wechseln sich beide im Springen ab; der Müller mißt die Flugweiten. Das sind keine Sprünge mehr – jetzt ist es ein Schweben, hinein in den Wind: 8 Meter, 10, 12, 15 Meter ... Und es sind keine einmaligen, vom Glück begünstigten Flüge, denn die beiden Männer können sie beliebig oft wiederholen.

Otto Lilienthal stand im 43. Lebensjahr, als er mit diesen Flugversuchen begann. Der starke Wunsch zu fliegen jedoch beseelte ihn seit seiner Kindheit. Geboren wurde er am 23. Mai 1848 in Anklam, einer kleinen norddeutschen Stadt. Mit seinem jüngeren Bruder Gustav durchstreifte er oft die Peenewiesen. Stundenlang beobachteten sie die Möwen und Bussarde und bewunderten den eleganten Segelflug der Störche. Aus Kiefernleisten, Brettchen und Leinwand bauten sie ihr erstes Fluggerät: 4 Meter Spannweite maßen die Tragflügel, die sie mit Riemen an ihre Arme schnallen mußten. So liefen sie einen Abhang hinunter, um zu fliegen. Des Nachts, weil sie dem Gespött der Schulkameraden entgehen wollten. Erfolgreich verliefen diese Flugversuche allerdings nicht.

Nach Beendigung seiner Schulzeit fand Otto Lilienthal eine Anstellung in einer Berliner Maschinenfabrik, zuerst als Arbeiter, später als Konstrukteur. Sein Bruder Gustav kam ebenfalls nach Berlin, denn sie wollten gemeinsam Flugexperimente betreiben. Sie hausten in einer windschiefen Dachkammer; trockene Semmeln, eine Handvoll Obst bildeten oft ihre einzige Mahlzeit. In den Nächten lasen sie alle Schriften, die sie über das Fliegen auftreiben konnten, und diskutierten darüber. Zu jener Zeit studierte Otto Lilienthal unter großen Entbehrungen Maschinenbau und entwickelte sich zu einem tüchtigen Ingenieur und Erfinder, der bald mehrere Patente innehatte. Unter anderem hatte er einen Schlangenrohrkessel konstruiert, einen idealen Dampferzeuger für die Antriebsmaschinen mittlerer Betriebe. Da dieser Kessel sehr gefragt war, konnte Lilienthal eine kleine Fabrik erwerben. Jetzt verfügte er über Zeit und Geld für seine Flugforschungen.

Jahre vergingen mit unzähligen Untersuchungen an Flügelprofilen und Experimenten mit Flugdrachen, bis Lilienthal seine ersten Flüge bei Derwitz ausführen konnte. Er entwarf danach etwa 20 Gleitflugzeuge, die von Handwerkern in seiner Fabrik gebaut wurden. Die gelungenste Konstruktion war ein Doppeldecker. Mit ihm erreichte er in den Rhinower Bergen bei Rathenow Flugstrecken bis zu 350 Metern. Lilienthal steuerte, die Segelgleiter, indem er beim Fliegen sein Körpergewicht verlagerte. Diese Methode war nicht ungefährlich; sie erforderte körperliche Gewandtheit und großen Mut.

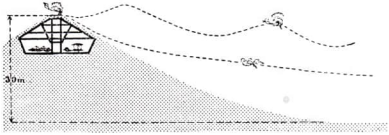


1 Lilienthals Konstruktionszeichnung eines Gleit- und Schlagflügelapparates
2 Otto Lilienthal (1848–1896)
3 Ein von Lilienthal gebautes Gleitflugzeug. In den bei Rathenow gelegenen Rhinower Bergen fand Lilienthal vorzügliche Bedingungen für seine Gleitflüge

Aber Lilienthal ging von dem Gedanken aus, ein Fluggerät sei nur zu vervollkommnen, indem man dessen Verhalten während des Fluges kontrolliert.

Am 9. August 1896 fuhr Lilienthal mit seinem Monteur Paul Beylich wie schon so oft in die Rhinower Berge. Zwei Flüge mit seinem Eindecker verliefen glücklich. Nach dem dritten Start erfaßte eine Bö den Apparat. Lilienthal beging einen Steuerfehler und stürzte aus 20 Meter Höhe ab. Tags darauf erlag er seinen Verletzungen.

Der französische Flugpionier Ferdinand Ferber schrieb später auch im Gedenken an Lilienthal: «Eine Flugmaschine zu erfinden bedeutet wenig, sie zu bauen nicht viel, sie zu versuchen alles!» Im Jahre 1909, bei der Landung mit einem seiner Motorflugzeuge, sollte auch Ferber der Fliegertod ereilen.



4 Um den Gleitflug möglichst täglich üben zu können, ließ sich Lilienthal in Lichterfelde, damals noch ein Vorort von Berlin, einen Hügel aufschütten, den «Fliegeberg», wie er ihn nannte

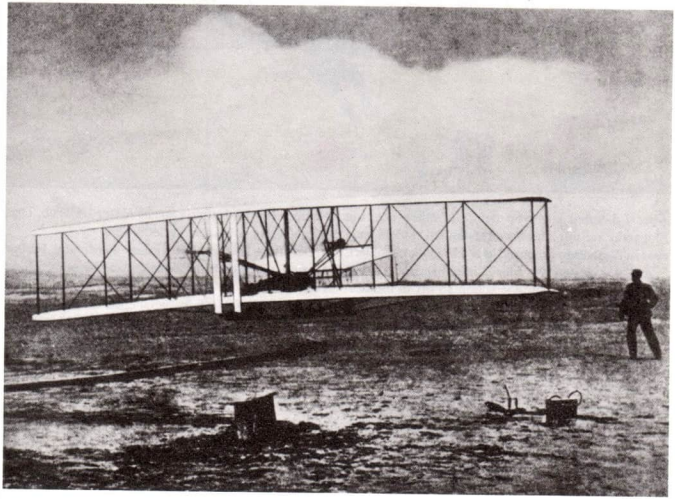
Propeller knattern am *Kill Devil Hill*, dem *Schlag-den-Teufel-tot-Hügel*, an der Sandküste von Nordkarolina

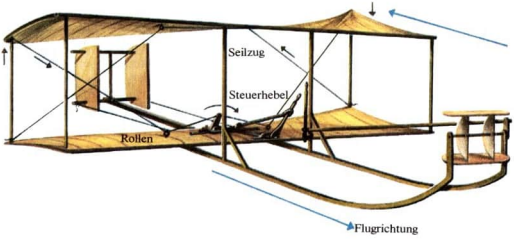
Um die Jahrhundertwende baute in Frankreich Ferdinand Ferber einige Gleitflugzeuge und erprobte sie. Er war ein begeisterter Anhänger Otto Lilienthals. Nach seiner Überzeugung hatte der deutsche Ingenieur eine Methode des Fliegenlernens entdeckt, aus der «unverzüglich die Flugtechnik herauswachsen mußte». Im Jahre 1904 fühlte sich Ferber bei seinen Flugversuchen so sicher, daß er erwog, in einen seiner Gleiter ein Triebwerk einzubauen. Der 6-PS-Motor, der ihm zur Verfügung stand, war jedoch zu leistungsschwach, um für ein Flugzeug den Vortrieb zu liefern. Erst im Jahre 1905 erhielt Ferber einen geeigneten Motor von 24 PS. Aber noch ehe er den ersten Flugversuch unternehmen konnte, wurde bei einem Unwetter sein im Freien abgestellter Apparat zertrümmert.

Inzwischen war aus den USA eine Nachricht in Europa eingetroffen, die alle Flugbegeisterten wie deren Gegner gleichermaßen aufhorchen ließ.

Es geschah am 17. Dezember des Jahres 1903. In der Einsamkeit der Sanddünen von Kitty Hauwk, bei eisigem Wind, gelang der erste Motorflug in der Geschichte. Einige Männer von der Küstenwache waren in jener abgelegenen, von abergläubischen Menschen gemiedenen Gegend die einzigen Zeugen. Das Flugzeug, ein großer Doppeldecker von 12,3 Meter Spannweite und fast 3 Meter Höhe, stand mit seinen Gleitkufen startbereit auf der hölzernen Leitschiene. Zwei Brüder, Besitzer einer Fahrradreparaturwerkstatt, hatten den Apparat gebaut: die Mechaniker Orville und Wilbur Wright. Der Wurf einer Münze hatte bereits vor Tagen entschieden, wer von beiden bei diesem Flugversuch starten würde.

Orville Wright legte sich auf den für den Piloten vorgesehenen Platz. Der angeworfene Motor lärmte, die Propeller wirbelten Sand auf. Dann, nachdem der Motor warmgelaufen war, gab Orville Vollgas. Das Halteseil wurde gekappt, und das Flugzeug schoß in den Wind. Wilbur Wright lief neben der Maschine her. Für 12 Sekunden löste sie sich vom Boden. John Daniel, ein Mann von der Küstenwache, drückte, wie verabredet, im entscheidenden Moment auf den





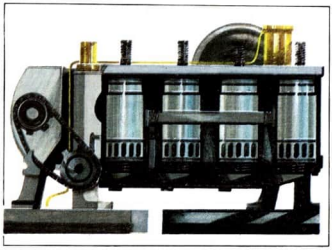
1 Der erste Motorflug in der Geschichte. Er dauerte 12 Sekunden
2 Nach dem Vorbild in der Natur konstruierten die Brüder Wrigth eine Quersteuerung für ihren Doppeldecker
3 Durch die Verwindung ihrer Schwingen beseitigen Möwen, Bussarde und andere Segler die Schräglage während des Fluges
4 Der erste brauchbare Flugmotor, gebaut von den Brüdern Wrigth

Auslöser einer Kamera. Und so ist uns dieses historische Ereignis bis auf den heutigen Tag im Bild überliefert. Der vierte und letzte Flug an jenem Tag, zu dem Wilbur startete, dauerte schon eine knappe Minute: 3 Meter hoch flog der Pilot über den sandigen Boden dahin und landete nach einer Flugstrecke von 255 Metern.

Diesem Erfolg waren Jahre harter Arbeit vorausgegangen. Die Brüder Wright hatten bereits als Kinder eine wahre Meisterschaft beim Bau von Drachen entwickelt. Später, als Mitglieder eines aerodynamischen Vereins, kamen sie auch mit dem Werk Lilienthals in Berührung. Die Nachricht vom Tod des deutschen Flugpioniers veranlaßte sie, alle ihnen zugänglichen Bücher über das Fliegen zu studieren. Sie wollten die Ursache von Lilienthals Absturz herausfinden. Sie kamen immer wieder zu dem Schluß, daß Lilienthals Steuertechnik nicht ausreichte, um einen Gleiter vollkommen zu beherrschen. Wilbur Wright machte eine wichtige Beobachtung: «Die Bussarde gewinnen ihre Querlage durch eine Verdrehung der Enden ihrer Flügel wieder. Wird das hintere Ende des rechten Flügels nach oben und das des linken nach unten gedreht, so rollt der Vogel um eine vom Kopf zum Schwanz führende Achse.»

Nach diesem Vorbild konstruierten die Brüder Wright eine Quersteuerung für ihre Gleitflugzeuge. Mittels Seilzug konnte die elastische Hinterkante am äußersten Ende des Flügels von dem Piloten herabgezogen werden. Dadurch vergrößerte sich der Auftrieb an diesem Flügelteil, das Flugzeug wurde auf dieser Seite gehoben und um die Längsachse gedreht.

Im Oktober 1900 begannen die Brüder in aller Stille am Kill Devil Hill mit ihren Gleitflügen. Bevor sie sich ihrem Flugzeug anvertrauten, erprobten sie es als gefesselten Drachen. Fast drei Jahre brachten sie in ihrem spartanisch einfachen Fliegerlager zu. Nachdem sie sich in rund 1000 Gleitflügen mit der Steuerung völlig vertraut gemacht hatten, bauten sie



ihr erstes Motorflugzeug. Ein großes Problem war es, einen geeigneten Motor zu beschaffen. Er sollte möglichst 8 PS Leistung erbringen und nur 110 Kilopond schwer sein. Da sie einen solchen Motor nirgends auftreiben konnten, bauten sie ihn selbst. Zu ihrer Freude leistete er beim ersten Probelauf sogar 12 PS. Eingebaut in ihr Flugzeug, das sie *The Flyer* (Der Flieger) tauften, trieb der Motor mit Hilfe von Fahrradketten zwei Luftschrauben an.

The Flyer wurde, nachdem er abgestellt war, von einer Sturmbö erfaßt und zerstört. Das entmutigte die Brüder Wright nicht im mindesten. Sie bauten die verbesserten und mit stärkeren Motoren ausgerüsteten Doppeldecker *Flyer II und Flyer III*. Knapp zwei Jahre nach ihrem ersten Motorflug ging es schon über eine Strecke von 45 Kilometern bei einer Flugzeit von 38 Minuten.

Zu Recht haben die Brüder Wright als Pioniere des Motorfluges ihren Platz in der Geschichte der Luftfahrt gefunden.

«Wenn man vollkommene Sicherheit wünscht, dann tut man gut, sich an ein Fenster zu setzen und die Vögel zu beobachten ...» *Wilbur Wright (1867–1912)*

Was war zu jener Zeit ein Flugplatz? Zum Starten und Landen diente eine stoppelige, einigermaßen ebene Wiese. Im Halbdunkel der aus rohen Brettern gezimmerte Schuppen, wo es nach Benzin, Schmieröl und Leim roch, bauten die Aviatiker ihre Flugmaschinen und bastelten an den Motoren, viele unter großen Opfern und ohne zu wissen, ob sich ihr Apparat jemals in die Luft oder wenigstens über die Spitzen der Grashalme erheben würde. Und mit einem Mut, der an Tollkühnheit grenzte, stiegen sie in ihre zerbrechlichen «Kisten». Denn eine heftige Bö, ein reißender Spanndraht, ein Versagen des launenhaften Motors bedeutete Lebensgefahr. Es kam vor, daß nach dem Start der Propeller davonflog; dann stürzte das antriebslos gewordene Flugzeug mit dem Piloten wie ein Stein zur Erde. Viele, allzu viele haben das Wagnis Fliegen mit ihrem Leben bezahlt. Bis zum 1. Juli 1912 sind als Pioniere der Luftfahrt 155 Männer und drei Frauen tödlich verunglückt.

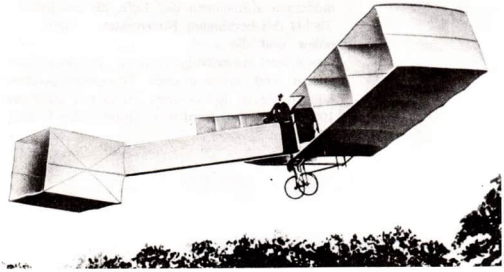
Da die Brüder Wright ihr erfolgreiches Flugzeug zunächst geheimhielten, geschah es, daß Aviatiker in Europa das Motorflugzeug noch einmal erfanden. Der Däne Jacob Ellehammer konstruierte ein Flugzeug, daß einer großen Fledermaus ähnelte. Ihm glückte damit am 12. September 1906 auf der Insel Lindholm ein Luftsprung von 42 Metern. Einige Wochen darauf unternahm in Frankreich Alberto Santos-Dumont, ein brasilianischer Plantagenbesitzer, seine Flugversuche. Er hatte einen Doppeldekker gebaut, der einem Kastendrachen glich. Die Luftschraube zog nicht das Flugzeug, sondern sie schob es; nach unserer Vorstellung bewegte sich der Apparat «rückwärts». Santos-Dumont flog beim ersten Versuch 82 Meter weit; Flugzeit 7 Sekunden. Wenig später blieb er 21 Sekunden in der Luft, wobei er 220 Meter zurücklegte. Dies waren die ersten Motorflüge in Europa.

Aus einer Fülle der unterschiedlichsten Konstruktionen von Flugzeugen bildeten sich dann zwei Grundtypen heraus: Doppeldecker – gebaut nach dem Vorbild der Wrightschen Maschinen – und Eindecker.

Mit der zunehmenden Betriebssicherheit ihrer Flugapparate wuchs bei vielen Piloten der Ehrgeiz, besondere Flugleistungen zu zeigen. Sie schraubten im Kreisflug ihre Maschinen höher und höher, sie stellten Geschwindigkeits- und Streckenrekorde auf. Und im Jahre 1909 kam es zu einem herausragenden fliegerischen Ereignis. Die englische Zeitung *Daily Mail* versprach 1 000 Pfund Sterling demjenigen, der als erster den Kanal zwischen Calais und Dover in der Luft überquere.

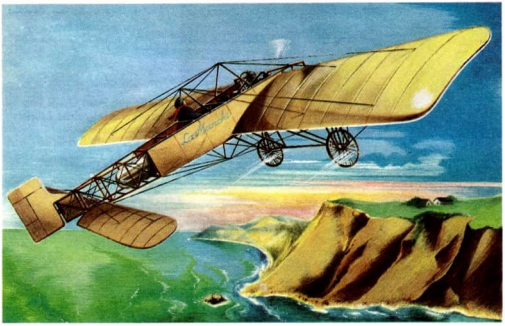
Es bewarben sich drei Franzosen: Der Graf de Lambert kam mit einem Wrightschen Doppeldecker; als unschlagbaren Favoriten sah man Hubert Latham an, der seinen *Antoinette*-Eindecker flog; der dritte, Louis Blériot, galt als Pechvogel und wurde als Konkurrent nicht ernst genommen. Er hatte fast sein gesamtes Vermögen für seine Flugleidenschaft ausgegeben und ein Flugzeug nach dem andern gebaut. Auch das zehnte wurde ein Mißerfolg. Mit letzten eigenen Geldmitteln baute er die elfte Maschine, und mit ihr fuhr er an die Kanalküste.

1 Der Flugapparat des Dänen Jacob Ellehammer (1906)



2 Santos-Dumont während eines Fluges im Jahre 1906. (Flugrichtung im Bild: von rechts nach links)

3 Louis Blériot (1872–1936)
4 Blériot überfliegt am 25. Juli 1909 den Ärmelkanal



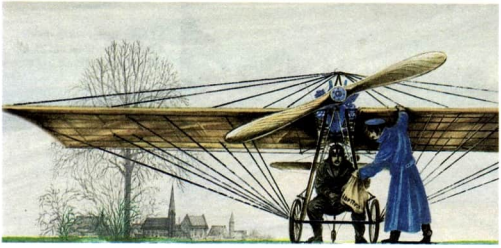
Hubert Latham war bereits am 19. Juli gestartet. Mitten über dem Kanal setzte der Motor aus. Die Besatzung eines Torpedobootes fischte den Flieger und seine Maschine aus dem Wasser. Einige Monate später bewältigte Latham übrigens den ersten Überlandflug in Deutschland. Er flog vom Tempelhofer Feld nach Berlin-Johannisthal, eine Strecke von 10 Kilometern. Für diese fliegerische Leistung erhielt er von der Berliner Polizei ein Strafmandat wegen «groben Unfugs».

In Calais sah Blériot nach der Notwasserung Lathams eine Chance. Aber es herrschte ein stürmischer Wind, der jedes Fliegen verbot. Blériot postierte einen Freund als Wetterbeobachter an der Kanalküste. Am frühen Morgen des 25. Juli ließ das Unwetter nach. Im Morgengrauen startete Blériot. Er geriet in einen Nebel, landete dennoch glücklich nach 31 Minuten Flugzeit auf englischem Boden. Buchstäblich über Nacht wurde jetzt die Fliegerei ernst genommen, denn zum ersten Mal hatte ein Flugzeug Ländergrenzen und Küsten überflogen. Der glückliche Sieger Blériot erhielt zahlreiche Aufträge zum Bau seines Eindeckers.

Ein Jahr danach unternahmen ehrgeizige Flieger den Versuch, von der Schweiz aus startend, die Alpen zu überfliegen und in Italien zu landen. Heftige Sturmböen zwangen auch die Tollkühnsten, den Flug abzubrechen. Resignierend sagte der peruanische Flieger Geo Chavez: «Der Sieger gewinnt den Tod.» Er startete, schraubte seinen *Blériot*-Eindecker auf 2 200 Meter Höhe und besiegte das Simplonmassiv. Auf italienischer Seite erwartete ihn eine begeisterte Menschenmenge. Als er sich 15 Meter hoch über dem Landefeld befand, knickten die Tragflügel seiner Maschine ab. Er wurde aus den Trümmern des Flugzeugs tot geborgen.

Anneliese eröffnet den Weltluftverkehr

Ein halbes Jahrhundert ist zwischen den Aufnahmen dieser Bilder vergangen, sie kennzeichnen 50 Jahre Entwicklung der Verkehrsfliegerei. Da sind sie, die modernen Königinnen der Luft, die sowjetische *Tu-144* des berühmten Konstrukteurs Andrei Tupolew und die englisch-französische *Concorde*. Ausgerüstet mit mächtigen Strahltriebwerken, Computern und automatischen Navigationsgeräten, können sie in 20 Kilometer Höhe mit mehr als 100 Menschen an Bord in 18 Stunden den Erdball umrunden.



1 Die von Hans Grade konstruierte erfolgreiche *Libelle* aus dem Jahre 1909

2 Die Junkers *J 1*, das erste Ganzmetallflugzeug (1915)

3 Das erste Verkehrsflugzeug der Welt, die berühmt gewordene Junkers *F 13* (1919)

4 Das Überschall-Verkehrsflugzeug *Tu-144* aus der Sowjetunion auf dem Flughafen Schönefeld bei Berlin

5 Die englisch-französische *Concorde* startete im Jahre 1969 zu ihrem ersten Probeflug

Und hier ist auch das erste Verkehrsflugzeug der Welt, eine Propellermaschine, von Piloten liebevoll *Anneliese* getauft. Es beförderte außer einer zweiköpfigen Besatzung vier Passagiere mit einer Geschwindigkeit von 170 Kilometern in der Stunde. So bescheiden hatte im Jahre 1919 der Luftverkehr begonnen.

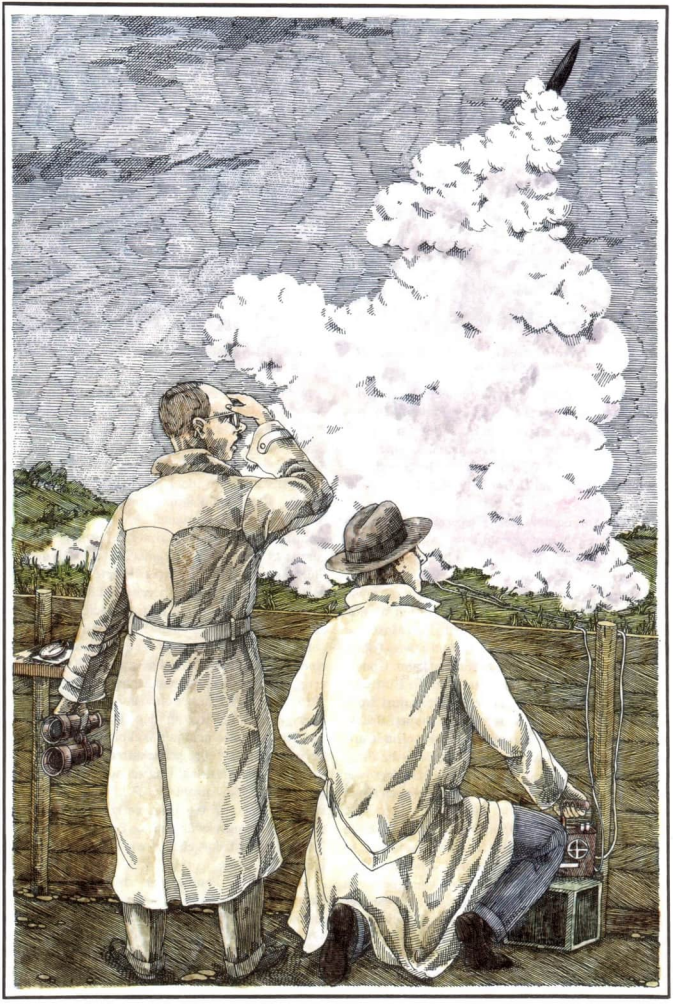
In der Anfangszeit der Fliegerei kam es den Aviatikern nur darauf an, mit ihren Apparaten aufzusteigen und danach glücklich zu landen. Das Fliegen galt als eine risikoreiche Sportart. Doch der deutsche Flugpionier Hans Grade zeigte bereits, wie das Flugzeug wirtschaftlich genutzt werden könnte. Eines Tages nahm er in einer zweisitzigen Maschine drei Liliputaner mit auf einen Flug und bewies damit, daß ein Flugzeug Passagiere befördern kann. Und im Jahre 1912 eröffnete er die erste deutsche Luftpoststrecke zwischen dem märkischen Heidedorf Bork und dem 10 Kilometer entfernten Städtchen Brück. Aber dies blieben Einzelunternehmen. Ein Luftverkehr entwickelte sich noch nicht, denn die Flugmaschinen waren sehr teuer. Verkehrsträger wie Eisenbahn, Auto und Pferdelastwagen blieben ihnen zunächst überlegen.

Doch dann startete 1915 in Deutschland das erste Ganzmetallflugzeug der Welt. Dieser «Blechesel», so nannte man die Maschine scherzhaft, erreichte schon beim ersten Probeflug eine Geschwindigkeit von 170 Kilometern in der Stunde. Die Nachricht darüber rief ungläubiges Staunen hervor. Die Kurzbezeichnung für dieses Flugzeug lautete *J 1* und wies auf den Erbauer hin, auf Professor Hugo Junkers, der in seiner Person einen vielseitigen Ingenieur und einen geschäftstüchtigen Unternehmer vereinte.

Junkers zählt zweifellos zu den bedeutendsten deutschen Erfindern. Er forschte erfolgreich auf verschiedenen Gebieten der Technik, er konstruierte Gas- und Schwerölmotoren, Raumheizgeräte, Durchlauferhitzer, und er verstand es, seine in die Zukunft weisenden Ideen äußerst profitbringend zu nutzen. Rund 180 Patente wurden ihm im Laufe seines Lebens zugesprochen. Mit den konstruktiven Vorarbeiten für seine Ganzmetallflugzeuge hatte er bereits 1913 begonnen. Zu einer Zeit also, als man die Flugzeugzellen nur aus Holz fertigte und mit Leinwand überspannte, san er bereits im Leichtmetall das zukünftige Baumaterial und entwickelte zugleich eine völlig neue Technologie für den Flugzeugbau.

Im Jahre 1919 überraschte er die Öffentlichkeit mit einem gänzlich aus Metall gefertigten Kabinenflugzeug, der ersten Verkehrsmaschine der Welt. Diese *F 13* war ein Tiefdecker ohne äußere Verstrebungen oder Verspannungen an den Tragflächen. Flügel und Rumpf hatte man mit Wellblech beplankt. Ihre hervorragenden Flugeigenschaften erbrachten mehrere Weltrekorde. Bald flog sie auf allen Kontinenten; eine große Anzahl der *F 13* wurde an die Sowjetunion und an die USA verkauft. Dieses Flugzeug galt als unverwüstlich; es bewährte sich in der Tropenhitze Afrikas ebenso wie in den kältesten Regionen der Erde.

Mit der *F 13* konnte man also am Anfang der Verkehrsfliegerei eine Maschine einsetzen, die alle damals angestrebten Bedingungen an Sicherheit und Wirtschaftlichkeit erfüllte und die den Fluggästen eine gewisse Bequemlichkeit bot. Ihre Grundkonstruktion wurde zum Vorbild für die des modernen Verkehrsflugzeuges.



13 Die Raumfahrtrakete

Von jeher erschien den Menschen die Sternenwelt
als etwas Wunderbares, das Rätsel aufgab.
Mit bloßem Auge beobachteten Gelehrte der alten Kulturvölker
– Inder, Babylonier, Ägypter und Griechen –
den Lauf der Gestirne.
Sie schufen die Grundlagen der Astronomie.
Seit dem 17. Jahrhundert halfen Fernrohre und Spiegelteleskope,
tiefer in die Geheimnisse des Sternenhimmels einzudringen.
Das Licht, ein Bote aus dem All,
gab Astronomen und Physikern Kunde von der materiellen Natur
der Himmelskörper und der Unermeßlichkeit des Weltalls.
Es erwachte der Wunsch,
sich von der Erde zu lösen und zu den Sternen zu reisen.
Der forschende Mensch wollte seinen Fuß
auf den Mond und den Mars setzen
oder von Bord eines Raumfahrzeugs aus Fernrohre
und Meßinstrumente auf seinen Heimatplaneten Erde richten.

Fernrohre und Spiegelteleskope erschlossen das Sternensystem

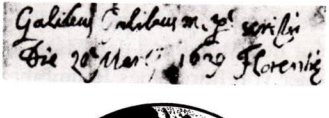
«Ich befinde mich jetzt in Venedig, um einige Beobachtungen, die ich mit meinem Fernglas am Himmel gemacht habe, drucken zu lassen. Ich bin vor Verwunderung ganz außer mir und sage Gott unendlichen Dank, daß es ihm gefallen hat, so große und allen Jahrhunderten unbekannte Wunder durch mich entdecken zu lassen.»

Diese Zeilen schrieb der italienische Naturforscher Galileo Galilei im Jahre 1610 an den Staatssekretär des Großherzogs von Toskana. Welche Entdeckungen, von denen er so begeistert berichtet, sind gemeint? Unter welchen Bedingungen hat er sie gemacht?

Ein niederländischer Brillenmacher hatte 1608 durch Zufall ein einfaches Handfernrohr erfunden. Die Kunde von diesem Wunderinstrument, mit dem man weit entfernte Gegenstände «wie von nah» betrachten konnte, verbreitete sich rasch. Sie gelangte auch in die Republik Venedig, einem bedeutenden Handelszentrum an der Adria. Galilei stand in venezianischen Diensten; er lehrte in Padua Mathematik, Astronomie, Mechanik und Optik. Als Wissenschaftler genoß er einen hohen Ruf. Durch aufsehenerregende Experimente – wie man sagt, auf dem Schiefen Turm zu Pisa – hatte er die Gesetze des freien Falls ergründet. Die Venezianer zahlten ihm allerdings ein kärgliches Gehalt. Daher gab er reichen Studenten Privatunterricht. Und in seiner eigenen Werkstatt stellte er von ihm erfundene Meßinstrumente her und verkaufte sie.

Die Nachricht von dem holländischen Fernrohr ließ ihn aufhorchen. Er dachte darüber nach, und gleichsam über Nacht baute er ein ähnliches Instrument mit einer Vergrößerung von eins zu drei; dies entspricht etwa der eines Opernglases. Im August 1609 machte er der Republik Venedig, das heißt den Vertretern der reichen Kaufherren, ein Fernrohr zum Geschenk. Er hatte die Vergrößerung auf eins zu zehn verbessern können und damit ein leistungsfähiges Teleskop geschaffen. Da es ihm um eine Erhöhung seiner Bezüge ging, gab er vor, diese Erfindung sei die Frucht siebzehnjähriger Forschung. Dem tief beeindruckten Senat von Venedig führte er das Instrument auf dem Glockenturm der Stadt vor. Von dieser Höhe aus konnte man mit dem Fernrohr Schiffe, die noch zwei Segelstunden weit entfernt waren, genau ausmachen. Dies muß den venezianischen Geldhändlern sehr wichtig gewesen sein; die Republik ernannte Galilei auf Lebenszeit zum Professor und erhöhte seine Besoldung von 500 auf 1 000 Goldskudi jährlich.

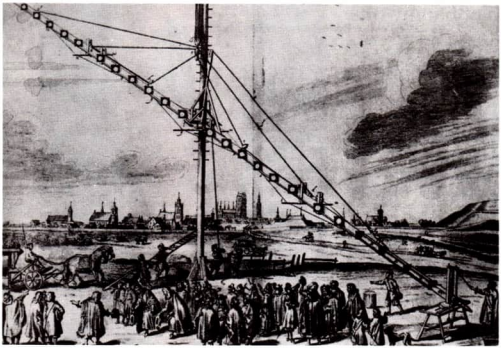
1 Galileo Galilei (1564–1642)
2 Fernrohre aus der Werkstatt Galileis



3 So pflegte Galileo Galilei die in seiner Werkstatt hergestellten Fernrohre zu signieren

4 Eine der ersten Mondzeichnungen von Galilei

«Groß ist nicht alles, was ein großer Mann tut ...» – so kennzeichnet der Dichter Bertolt Brecht in seinem Stück *Leben des Galilei* den listigen Schwindel des Gelehrten. Nun, Galilei brauchte Geld, denn



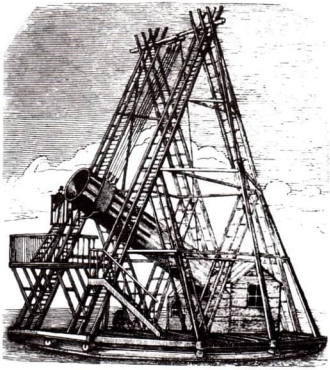
5 Riesenfernrohr des Astronomen Johannes Hevelius aus der Zeit um 1670
6 Ein großes Spiegelteleskop des Astronomen und Fernrohrbauers Friedrich Wilhelm Herschel, der im Jahre 1781 den Planeten Uranus entdeckte

Essen und Trinken waren ihm wichtig. Ein gutes Mahl beflügelte seine stets mit Forschen und Entdecken beschäftigten Gedanken.

Galilei gilt als der Schöpfer einer neuen wissenschaftlichen Methode des Forschens, bei der das Experiment mit dem dazu notwendigen Gerät große Bedeutung hat. Im September 1609 – Galilei war 45 Jahre alt – kam er auf den Gedanken, das Fernrohr zu einem Instrument der Himmelsforschung zu machen. Zu jener Zeit war ein derartiger Weg, Wahrheiten auf die Spur zu kommen, völlig neu. Galilei steigerte die Vergrößerung seines Fernrohres auf eins zu dreißig und richtete es auf den nächtlichen Sternenhimmel.

In seinem Buch *Die Sternenbotschaft* veröffentlichte er seine Beobachtungen: «Myriaden von Sternen habe ich gesehen, die mein Auge nie zuvor wahrgenommen hat und die an Zahl die zuvor bekannten Sterne um mehr als das Zehnfache übertreffen dürften. Aber was bei weitem das größte Erstaunen hervorrufen wird und was mich schließlich bestimmte, die Aufmerksamkeit aller Astronomen und Philosophen auf diese Tatsache zu richten ist, daß ich vier Planeten entdeckt habe, die vor meiner Zeit weder einem Astronomen bekannt waren noch von irgendeinem beobachtet worden sind.»

Bei diesen Himmelskörpern, die Galilei entdeckt hatte, handelte es sich um Monde des Planeten Jupiter. Galilei richtete sein Fernrohr auch auf die Milchstraße, die Sonne und den Mond. Seine Beobachtungen führten sprunghaft zu einer Erweiterung der astronomischen Kenntnisse. Er erkannte, daß die Milchstraße aus ungezählten Himmelskörpern bestehen müsse. Galilei beobachtete die Sonnenflecken und kam zu der Überzeugung, daß sich



die Sonne um sich selber drehe. Mit Vorliebe beobachtete er den Erdenmond. Mit Hilfe des Fernrohres erkannte er Ringgebirge und Täler und fertigte die ersten Mondkarten in der Geschichte der Astronomie an. In seiner *Sternenbotschaft* beschreibt er den Erdtrabanten: «Es ist wunderschön und ergötzlich, den Körper des Mondes wahrzunehmen. Er besitzt gewißlich keine glatte und eingeebnete Oberfläche, sondern eine rauhe und unebene. Wie das Gesicht der Erde, ist er überall bedeckt mit großen Vorsprüngen und tiefen Schluchten sowie wellenförmigen Verwerfungen.»

Fast greifbar nahe erschien jetzt der erdnächste Himmelskörper, unser Mond.

400 000 Pfund Schießbaumwolle treiben ein bemanntes Weltraumgeschoß zum Mond

Im Jahre 1865 erschien in Paris ein Zukunftsroman, der den Buchhändlern förmlich aus den Händen gerissen wurde. Er stammte aus der Feder des vielgelesenen französischen Schriftstellers Jules Verne und erzählt von einer phantastischen Unternehmung.

Einige Amerikaner haben den verwegenen Einfall, einen «Eisenbahn-Luftwaggon» auf den Mond zu schießen. Sie lassen in einer unwirtlichen Gegend Floridas einen tiefen senkrechten Schacht ausheben. Dorthinein wird ein eisernes Kanonenrohr gegossen, 275 Meter lang, Kaliber 3 Meter. Entsprechende Ausmaße hat das Raumfahrzeug, ein Hohlgeschoß, dessen Wandung aus 30 Zentimeter starkem Aluminium besteht. Drei unerschrockene Männer wollen die Reise mitmachen. Meßinstrumente, lebende Tiere und Proviant werden an Bord gebracht. Indessen hat man 400 000 Pfund Schießbaumwolle in die Tiefe des Kanonenrohres hinabgelassen. Ein Kran setzt das reisefertige 9-Tonnen-Geschoß auf diese hochexplosive Ladung. Die Raumfahrer,

1 Jules Vernes Mondreisende im Zustand der Schwerelosigkeit

2 Abschuß des «Eisenbahn-Luftwaggons» in Richtung Mond

in eleganter Reisekleidung, begeben sich in die Kabine. Zu einem festgesetzten Zeitpunkt zündet ein elektrischer Funke die 200 Tonnen Sprengstoff.

«Da! Ein entsetzlicher Knall! Ohrenbetäubender als das Krachen des Donners! Schlimmer noch als das Getöse eines vulkanischen Ausbruchs! Eine ungeheure Flammengarbe schoß zum Himmel, und die Erde erbebte. Wohl niemand konnte das Geschoß erkennen, das inmitten von Flammen und Dämpfen in die Lüfte stieg.»

Jules Verne gilt als der Begründer des wissenschaftlich-utopischen Romans. Er verfügte über naturwissenschaftliche Kenntnisse, und wenn er seine phantastischen Abenteuerromane entwarf, ahnte er manche technische Entwicklung voraus, zum Beispiel das U-Boot und das Luftfahrzeug, das Radio, Radar und Fernsehen. Ob er überzeugt war, daß seine Mondreisenden die Tortur eines solchen Starts überleben würden?

Das Geschoß sollte das Kanonenrohr mit einer Geschwindigkeit von 16 Kilometern in der Sekunde verlassen und dann vom Luftwiderstand auf 11 Kilometer in der Sekunde abgebremst werden. Infolge der starken Luftreibung hätte sich die Aluminiumkapsel in einen verglühenden Feuerball verwandelt. Die Insassen jedoch wären bereits beim Abschuß ums Leben gekommen, denn ein Andruck von etwa 35 Meganewton hätte sie auf ihre Unterlage gepreßt und augenblicklich plattgedrückt. Allein der Zylinderhut, den einer der Männer trug, hätte das Gewicht eines Güterwagens angenommen, das Gehirn das einer Lokomotive.

Aus diesen und noch einigen anderen Gründen kann ein Körper niemals durch einen Kanonenschuß von der Erde zum Mond gelangen. Dies wußten selbstverständlich auch die Pioniere der Raumfahrt, und dennoch haben sie sich an Jules Vernes Buch *Von der Erde zum Mond* begeistert – vielleicht gerade deshalb, weil sie nach technisch *möglichen* Wegen ins All suchten. Der russische Wissenschaftler Nikolai Kibaltschitsch erlernte, nur um dieses Buch lesen zu können, die französische Sprache. Er war Revolutionär und hatte sich an einem Attentat auf den verhaßten Zar Alexander II. beteiligt. In der Todeszelle, auf seine Hinrichtung wartend, entwarf er Raketenfluggeräte, die für den Aufstieg in große Höhen bestimmt sein sollten. Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski, der «Vater der Raumfahrt», saß als Jüngling in Moskaus Bibliotheken und ließ sich von Vernes Geschichten fesseln. Auch ihn regten sie an, von dem Flug zu den Sternen zu träumen. Und der amerikanische Raketenpionier Robert Goddard las als Dreizehnjähriger dieses Buch mit der gleichen Leidenschaft wie der deutsche Raumfahrtwissenschaftler Hermann Oberth.

3 So stellte sich Kibaltschitsch sein rückstoßgetriebenes Raumfahrzeug vor

4 Nikolai Kibaltschitsch auf dem Weg zu seiner Hinrichtung am Galgen, Petersburg 1881

«Beim heutigen Stand der Wissenschaft und der Technik ist der Bau von Maschinen möglich, die höher steigen können, als die Erdatmosphäre reicht.»

So begann Hermann Oberth sein Buch *Die Rakete zu den Planetenräumen.* Es erschien 1923 und machte den jungen Wissenschaftler weltbekannt. Die einen hielten ihn für einen überspannten Träumer, andere dagegen waren von seinen Gedanken begeistert. Hermann Oberth legte in seiner Schrift überzeugend dar, daß ein Start von der Erde in den Kosmos nur mit Raketenantrieb möglich ist, denn nur die Rückstoßwirkung ausströmender Verbrennungsgase könne Flugkörper sowohl innerhalb der irdischen Lufthülle als auch im luftleeren Raum beschleunigen. Allerdings war zu dieser Erkenntnis bereits zwei Jahrzehnte zuvor der russische Wissenschaftler Ziolkowski gekommen, von dem jedoch Oberth zunächst nichts wußte.

Das Prinzip der Rückstoßwirkung ist seit alters bekannt, auch die Rakete. Als chinesische Soldaten 1232 ihre Hauptstadt Kaif-Funk-Fu (heute Peking) gegen die Mongolen verteidigten, setzten sie Raketenpfeile ein. Von China aus gelangte die Erfindung über Indien und Arabien nach Europa. Hier wurde die Rakete für Feuerwerke, vornehmlich aber als Kriegswaffe verwendet.

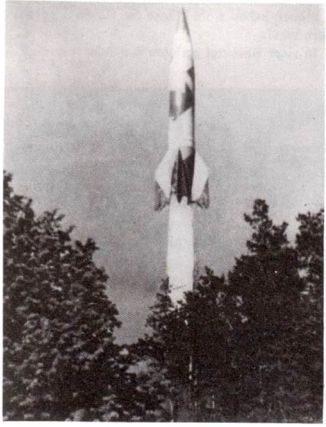
Zu einem Großangriff mit Raketen kam es 1807. Mitten im Frieden überfielen britische Kriegsschiffe die dänische Hauptstadt Kopenhagen mit 25 000 Brandraketen. Im selben Jahr fand die Rakete auch eine neue, eine friedliche Aufgabe, als man sie erstmals zur Bergung von Schiffbrüchigen einsetzte. Eine Rakete brachte ein dünnes Seil auf ein gestrandetes Schiff, an dem die in Seenot geratenen Matrosen ein dickeres Tau an Bord zogen, das ihnen dann zur Rettung diente.

Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts gab es einzelne «Phantasten», die mit Raketen den Weltraum erobern wollten. Im Mai 1891 verkündeten Plakate an den Berliner Litfaßsäulen, ein Herr Hermann Ganswindt hielte einen Vortrag «über sein Weltenfahrzeug, mit dem er zu den Gestirnen fliegen will». Die Berliner kamen und machten sich einen Spaß daraus, den Redner in Verlegenheit zu bringen. Wie auch sollten sie sich Weltraumflüge vorstellen? Damals gab es ja weder lenkbare Luftschiffe noch Flugapparate. Hermann Ganswindt, nebenbei Erfinder eines erfolglosen Hubschraubers, wollte sein «Weltenfahrzeug» nicht durch den Antriebsstrahl von Verbrennungsgasen starten. Geschosse, in rascher Folge abgefeuert, sollten die Rückstoßkraft liefern.

Im Jahre 1928 konstruierte der deutsche Industrielle Fritz von Opel durch Feststoffraketen angetriebene Rennwagen. Bei Testfahrten erzielte er kurzzeitig eine Spitzengeschwindigkeit von 230 Kilometern in der Stunde. Für die Raumfahrt hatten diese Versuche jedoch keine Bedeutung. Der in Deutschland wirkende Techniker Max Valier, ein Pionier der Raketentechnik und des Raumfahrtgedankens, konstruierte ebenfalls rückstoßgetriebene Fahrzeuge. Er erprobte auch flüssige Treibstoffe, um leistungsfähigere Raketentriebwerke zu schaffen. Aus Geldmangel war er gezwun-

1 Hermann Oberth (geb. 1894)
2 Raketenartillerie des 14. Jahrhunderts feuert in eine befestigte Stadt

3 Max Valier (1895–1930) bei einem Brennkammerversuch. Zur Messung der Schubkraft diente ihm eine Küchenwaage
4 Eine Rakete vom Typ Aggregat 4, der ersten Großrakete mit Flüssigkeitstriebwerk, vier Sekunden nach dem Abheben vom Starttisch in Peenemünde, Sommer 1943
5 Seenot-Rettungsrakete
6 Probefahrt eines Rennwagens mit Raketenantrieb im Jahre 1928 in Berlin

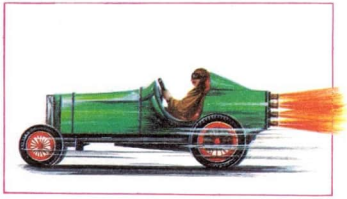


gen, unter primitivsten Bedingungen zu experimentieren. Bei einem Triebwerksversuch explodierte die Brennkammer; Max Valier wurde tödlich verletzt.

Aus den USA kam 1935 die Nachricht, eine 4,5 Meter lange Flüssigkeitsrakete des Physikers Robert Goddard habe eine Höhe von 2 285 Metern erreicht. Goddard hatte bereits 1920 begonnen, Flüssigkeitsraketen zu erproben. Seine erste, 3,3 Meter lange Versuchsrakete war am 16. März 1926 aufgestiegen; es war der Start der ersten Flüssigkeitsrakete der Erde. Sie flog 54 Meter weit und 27 Meter hoch. In Europa wurde die erste Flüssigkeitsrakete von dem deutschen Raumfahrtpionier Johannes Winkler gebaut und 1931 in der Nähe von Dessau erfolgreich gestartet.

Diese Versuche hatten friedlichen Zwecken gedient. Doch mit Beginn des Hitlerfaschismus stand in Deutschland jede Weiterentwicklung der Raketentechnik im Schatten der Kriegsvorbereitung. An der Ostsee, bei Peenemünde, entstand eine Heeresversuchsanstalt. Hier entwickelte eine Gruppe deutscher Techniker die ersten Großraketen mit Flüssigkeitstriebwerk. Im Jahre 1942 gelang dann erstmalig ein Start. Mehrere tausend dieser Raketen wurden als Terrorwaffe gegen die Zivilbevölkerung Londons und anderer Städte eingesetzt. Doch nicht alle Raketen erreichten mit ihrer tödlichen Ladung das Ziel. Widerstandskämpfern gelang es, wichtige Apparaturen bei der Montage funktionsunfähig zu machen, so daß viele Raketen versagten.

Im Oktober 1957 überraschte ein sensationelles Ereignis die Weltöffentlichkeit: Eine sowjetische Trägerrakete hatte einen von Menschenhand geschaffenen Körper in den Kosmos befördert; *Sputnik 1* umkreiste als künstlicher Satellit die Erde. Der Traum vom Flug in den Weltraum begann Wirklichkeit zu werden.



«Die Erde ist die Wiege
der menschlichen Vernunft,
doch die Menschheit wird nicht
ewig auf der Erde bleiben.
Sie wird, zuerst zaghaft,
aber dann immer kühner,
den gesamten Raum
um die Sonne erobern.»
Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski (1857–1935)

In Kaluga steht noch das Haus, in dem der Lehrer Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski gelebt und gearbeitet hat. An diesem schlichten Schreibtisch entwickelte er seine Raketentheorie. Meist des Nachts, beim Schein der Petroleumlampe, schrieb er seine Gedanken nieder, die grundlegende Bedeutung für die Raumfahrt haben. Er arbeitete unter ständigen Geldsorgen, isoliert von der wissenschaftlichen Welt, denn im zaristischen Rußland fand er keinerlei Unterstützung. Der einfache Lehrer ohne akademische Ausbildung wurde nicht ernst genommen; seine in die Zukunft weisenden Ideen hielt man für die Phantastereien eines Wirrkopfs.

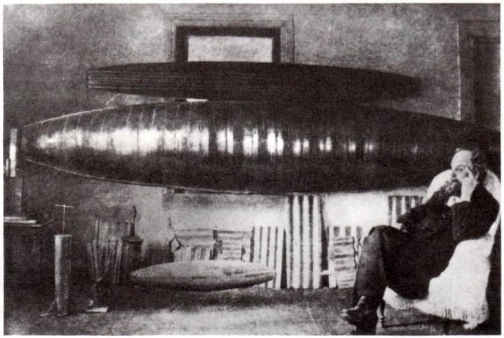
Ziolkowski wurde 1857 geboren. Mit neun Jahren erkrankte er an Scharlach. Nach seiner Genesung war er fast völlig taub, ein Leiden, das sein ganzes Leben überschattete. Da er nun keine Schule besuchen konnte, lehrte ihn die Mutter lesen und schreiben. Als er 15 Jahre alt war, schickte ihn der Vater nach Moskau, in der Hoffnung, der Junge könne dort studieren. Doch die Bewerbung wurde abgelehnt. Ziolkowski blieb dennoch in Moskau; hier gab es Bibliotheken, hier konnte er wissenschaftliche Werke lesen – der einzige Weg für ihn, sich Wissen anzueignen.

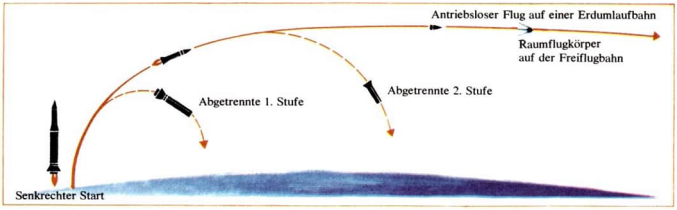
Bei einer Waschfrau fand er eine Schlafstelle. Er lebte von Schwarzbrot und Milch. Von den wenigen Rubeln, die sein Vater ihm monatlich zusenden konnte, kaufte er Bücher sowie Chemikalien und Geräte zum Experimentieren. Bald war sein Anzug von Säuren derart durchlöchert, daß Moskauer Straßenjungen ihm nachliefen.

«Ihnen haben wohl Mäuse die Hosen angeknabbert, was?»

In einer Bücherei gerieten ihm Jules Vernes Zu-

1 Der Schreibtisch des Gelehrten in Kaluga
2 Ziolkowski mit Versuchsgeräten und Modellen
3 Prinzip des Dreistufenantriebs für Raumfahrtraketen
4 Eine Seite aus Ziolkowskis wissenschaftlicher Abhandlung *Der freie Raum* (1883). Rechts der Entwurf eines Raumfahrzeugs





kunftsromane in die Hände. Diese Geschichten beflügelten seine Phantasie, und seine Gedanken begannen immer wieder um das gleiche zu kreisen: Irgendwann wird der Mensch zu den Sternen reisen. Aber *wie* wird ihm das gelingen? – Eines Nachts, er wanderte mit knurrendem Magen durch das winterliche Moskau, kam ihm ein Gedanke. Er sah gewaltige Kreisel. Massenkörper, die um ihre Achse rotieren. Die mächtigen Fliehkräfte, die dabei auftreten, müßten die Erdanziehung aufheben ...

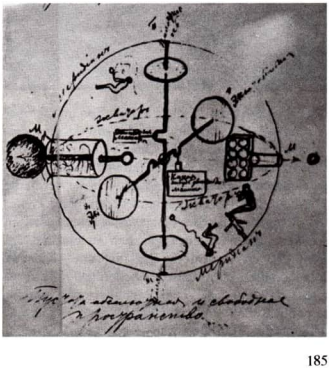
«Ich war so erregt, ja erschüttert, daß ich die ganze Nacht nicht schlafen konnte und immer wieder an die großen Folgen meiner Entdeckung dachte. Aber schon am nächsten Morgen überzeugte ich mich, daß meine Erfindung unrichtig war. Meine Enttäuschung war ebenso grenzenlos wie meine anfängliche Begeisterung... Noch nach 30 Jahren träumte ich manchmal davon, wie ich auf meiner Maschine zu den Sternen fliege, und ich fühlte genau dieselbe Begeisterung wie damals.»

Seine erste Lehrerstelle trat Ziolkowski in dem Städtchen Borowsk an. In der Dachkammer des Häuschens, in dem er wohnte, richtete er ein kleines Laboratorium ein. Jede Kopeke hungerte er sich vom Munde ab, um Bücher und Material zum Experimentieren zu kaufen. Selbständig erarbeitete er eine Theorie über Gase, ohne zu wissen, daß die von ihm aufgestellten Gesetze bereits von anderen Wissenschaftlern entdeckt worden waren. Außerdem entwarf er ein lenkbares Ganzmetall-Luftschiff und einen freitragenden Eindecker, eine Flugzeugkonstruktion, mit der er seiner Zeit weit vorauseilte.

Im Jahre 1892 wurde er nach Kaluga versetzt. Unter dem Dach seines Hauses richtete er sich wieder eine Werkstatt und ein Laboratorium ein. Hier widmete er sich fast ausschließlich den Problemen der Raumfahrt. Mehrere Jahre arbeitete er an einem Manuskript, das er 1903 in einer Zeitschrift unter dem Titel *Die Erforschung des Weltraums mit Reaktionsapparaten* veröffentlichen konnte. In den Jahren 1911 bis 1914 erschienen weitere Teile seiner Arbeit.

Ziolkowski legte darin dar, daß nur die Rückstoßkraft von Raketen es erlaubt, die Erde zu verlassen. Da Feststoffraketen für diesen Zweck zu leistungsschwach sind, schlug er Weltraumraketen mit Flüssigkeitstriebwerken vor. Allerdings müßten diese neben dem Brennstoff auch den zur Verbrennung notwendigen Sauerstoff in flüssiger Form mitführen. Vor allem aber war es Ziolkowski gelungen, eine wichtige Formel zu entwickeln, mit deren Hilfe sich die ideale Endgeschwindigkeit einer Rakete berechnen läßt. Aus dieser Gleichung geht allerdings auch hervor, daß eine einstufige Rakete den Weltraum nicht zu erreichen vermag. Ziolkowski sah in «Raketenzügen» eine Lösung: Mehrere nacheinander zündende Brennstufen sollten den Raumflugkörper in den Kosmos tragen. Bis zum heutigen Tag wird für Trägerraketen dieses Prinzip des mehrstufigen Antriebs angewandt.

Obwohl Ziolkowskis Schriften alle wesentlichen Fragen der Raumfahrt theoretisch beantworteten, fanden sie im zaristischen Rußland kaum Beachtung. In den Augen seiner Lehrerkollegen blieb Ziolkowski ein verschrobener Sonderling, wenn nicht gar ein harmloser Verrückter.



Die Raumfahrt eröffnete ein neues Zeitalter der Wissenschaft und Technik

1 Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski (1857–1935)
2 Der Konstrukteur Sergej Koroljow mit Juri Gagarin, dem ersten Raumfahrer der Welt

Der Sieg der sozialistischen Revolution im Oktober des Jahres 1917 brachte für Ziolkowski eine entscheidende Lebenswende. Das Schaffen des sechzigjährigen, von Enttäuschungen und Entbehrungen gezeichneten Gelehrten fand endlich die verdiente Würdigung. Obwohl in jenen schweren Jahren Papier sehr knapp war, ließ der Staatsverlag seine Schriften drucken, um sie allen zugänglich zu machen. Im Jahre 1919 wurde er in die Sozialistische Akademie aufgenommen und damit als bedeutender Wissenschaftler anerkannt. Doch er blieb der pflichtbewußte Lehrer und schlichte Mensch, der er zeit seines Lebens gewesen war.

Bis zu seinem 65. Lebensjahr arbeitete er im Schuldienst. Die sowjetische Regierung beschloß, ihm auf Lebenszeit eine großzügige Rente zu zahlen. Er erhielt elektrisches Licht und Telefon. In all dem spürte er die Fürsorge, die man ihm jetzt entgegenbrachte. Frei von materiellen Sorgen, konnte er sich ganz der Raumfahrtforschung widmen. Sein Schaffen erhielt neuen Auftrieb. Am deutlichsten läßt sich dies aus der Anzahl seiner Schriften ablesen: Nach seinem Tode im Jahre 1935 hinterließ er der wissenschaftlichen Welt über 580 Arbeiten; etwa 450 davon hatte er erst nach der Oktoberrevolution verfaßt, in seiner fruchtbarsten Schaffenszeit.

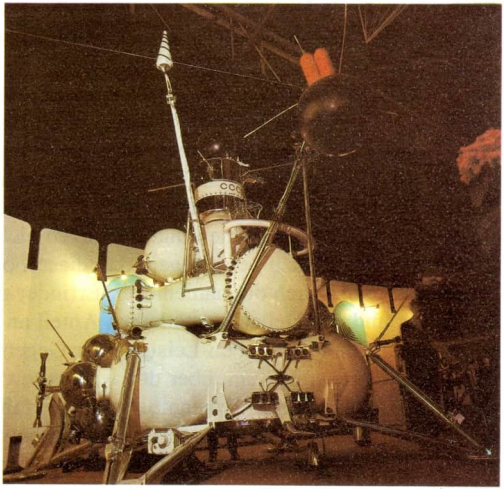
Ziolkowski äußerte mitunter, daß wohl mindestens ein Jahrhundert vergehen müsse, ehe der Mensch in den Kosmos fliegen könne. Als ihn 1931 der junge Pilot und Flugzeugkonstrukteur Sergej Koroljow in Kaluga besuchte, ahnte der greise Gelehrte nicht, daß er dem Mann gegenübersaß, der seine Jugendträume bereits viel früher in die Tat umsetzen würde. Unter Koroljows Leitung als Chefkonstrukteur entstanden wenige Jahrzehnte später die Raumflugkörper vom Typ *Wostok* und *Woßchod*, in denen erstmals Menschen in den Kosmos gelangten. Und er konstruierte dafür auch die mächtigen Trägerraketen.

Als er Gast bei Ziolkowski war, hatte er gerade seine Pilotenprüfung und sein Ingenieurexamen abgelegt. Die Begegnung mit Ziolkowski begeisterte ihn für die Raketentechnik. Unter seiner Leitung entwickelte eine Gruppe junger Techniker die ersten sowjetischen Raketen mit Flüssigkeitstriebwerk. Sie wurden 1933 von einem Versuchsgelände bei Moskau gestartet. Die Rakete «GIRD X» – sie hatte eine Länge von 2,2 Metern – stieg bei diesen Versuchen auf 5,5 Kilometer Höhe. Tiefbewegt nahm Ziolkowski die Nachricht von den geglückten Raketenstarts auf. Für den Sechsundsiebzigjährigen bedeutete dieser bescheidene Anfang die Krönung seines Lebenswerkes.

Genau 26 Jahre danach trug eine sowjetische Trägerrakete die Sonde *Lunik 3* in den Kosmos. Nach zweitägiger Reise durch das All umflog sie den Mond. Ihre automatischen Kameras richteten die Objektive auf die Oberfläche des Erdtrabanten. Sie «sahen», was bis dahin noch kein Mensch zu Gesicht bekommen hatte: die Rückseite des Mondes.

Lunik 3 übermittelte die Aufnahmen zur Erde. Sowjetische Wissenschaftler werteten die Bilder aus; sie entdeckten Ringgebirge und Krater und benannten sie nach hervorragenden, verdienstvollen Persönlichkeiten, die wegen ihrer wissenschaftlichen Leistungen in aller Welt Verehrung finden, wie Galilei, Verne, Gagarin, Archimedes, Guericke, Watt, Gauß, Maxwell, Hertz, Popow und auch Ziolkowski.

3 *Sojus*-Trägerrakete auf der Startrampe



4 Das vollautomatische Raumfluggerät «Luna 16» wurde 1970 gestartet. Es landete auf der Mondoberfläche, schürfte Mondgestein und brachte diese wertvolle Fracht zur Erde

Das ist die Erde, unser Heimatplanet, die «Wiege der menschlichen Vernunft», wie Ziolkowski sie genannt hat. So zeigt sie sich dem, der sie im Weltraum aus einer kaum vorstellbaren Entfernung sieht. Raumfahrer tauften sie den blauen Planeten.
Dieses Farbfoto wurde im Weltraum von einer automatischen Kamera aufgenommen. Das Bild fand in aller Welt Verbreitung, und erstmals konnten Erdbewohner aller Kontinente das Antlitz ihres Heimatplaneten betrachten. Es löste Erstaunen aus, nicht nur wegen der überraschenden Schönheit, mit der sich der Erdball einem außerirdischen Betrachter darbietet. Die Bewunderung galt vor allem den sowjetischen Wissenschaftlern und Technikern, die dieses Experiment zum Erfolg geführt hatten.
Doch einst wurde Heron von Alexandria, als er sein automatisches Theater vorführte, nicht weniger bewundert. Und als Archimedes den Auftrieb entdeckte, den Kreis berechnete, als er das Hebelgesetz aufstellte, da beeindruckte er die wissenschaftliche Welt im gleichen Maße, wie es Jahrhunderte danach Michael Faraday und Albert Einstein mit ihren Entdeckungen taten.
Sie und die forschenden Techniker aller Jahrhunderte, die in diesem Buch genannten und die vielen nicht genannten, haben dazu beigetragen, daß diese Fotografie gelingen konnte. Auch die namenlosen Erfinder der Walze, des Rades und des Hebebaumes haben Anteil an jeder wissenschaftlich-technischen Leistung der Gegenwart.
Denn der Wissensreichtum, über den wir heute verfügen, ist die Summe der vielen Erkenntnisse und Erfahrungen, die die Menschheit in Jahrtausenden zusammengetragen hat, um sich zum Beherrscher ihres Heimatplaneten zu erheben.

50000–2000 v. u. Z.

1 Geschichte 2 Wissenschaft 3 Technik

1

Sippen der Jäger, Sammler und Fischer

Sippen und Stämme der Pflanzer und Tierhalter

Zunehmende Arbeitsteilung

Um 10000: Dörfer und befestigte Großsiedlungen entstehen

Ackerbauern und Viehzüchter

Anfänge des Handwerks und des Handels

2

Himmelsbeobachtungen führen zu den Anfängen der Astronomie

3

Speer

Feuererzeugung mittels Quirl

48000: Feuerbohrer

40000: Messer, Harpune Floß, Einbaum

38000: Meißel

35000: Nähnadel, Riemen, Seil

32000: Angelhaken, Netz

25000: Pfeil und Bogen

10000: Geschliffenes Beil

9000: Schleife, Schlitten

8000: Hausbau

5000: Töpferscheibe

50000 35000 15000 5000

2000–1 v. u. Z.

1

Antike Sklavenhaltergesellschaft

Um 1800: In Vorderasien erringt Babylonien eine beherrschende Stellung

Weiterentwicklung des Fernhandels mit Lastwagen und Schiffen

2

Weitere neue Erkenntnisse in einzelnen Wissenschaftszweigen, in der Geographie, Biologie und Astronomie, werden gewonnen

1400: Die Phönikier verwenden ein Alphabet mit 22 Buchstaben anstelle der alten Bilderschrift. Seefahrende Händler verbreiten die Buchstabenschrift

3

1900: Blasebalg

Um 1800: Das Speichenrad findet Verbreitung

1800: Hakenpflug mit Tierbespannung

1600: Pergament

1400: Segelschiff

Alphabet in Phönizien

1200: Beginn der Verhüttungstechnik des Eisenerzes

2000 1800 1600 1400 1200

Erste Klassengesellschaft
im Alten Orient

Entstehen eines
ständigen Mehrprodukts
Herausbildung
des Staatswesens

Seit 2400:
Stark gegliederte Klassengesellschaft, Großreiche in Vorderasien, Ägypten und Indien, später in China
Staatliche Be- und Entwässerungsbauten, Stauwerke, Kanäle und Häfen

Um 3000:
Entstehung der Schrift.
Kalender. Erste Anfänge
der Wissenschaft

Ägypten um 2500:
Astronomen stellen
die Sternbilder dar
Der Ablauf des Jahres
wird genau errechnet
Berechnung
des Rauminhalts
der Pyramide

2400:
Tempel- und Palastbibliotheken. Schulen
entstehen. Einzelne
Wissenschaftszweige
bilden sich heraus

4000:
Rad

3200:
Karren, Bohrer

3500:
Schall- und
Lichtsignale

3000:
Wasserleitung
Schrift
Kalender

2900:
Bergbau und
Bronzeguß in Ägypten
Seidenherstellung
in China

2700:
Ruderschiff
Küstenschiffahrt

2600:
Schleusen
Bau der Pyramiden
zu Giseh

2500:
Wasserrad
zur Förderung
von Wasser

2200:
Balkenwaage

2100:
Reisanbau in China

2000:
Rolle
Geneigte Ebene
Keil

4000 3000 2800 2600 2400

Um 800:
Der athenische Sklavenhalterstaat und der
makedonische Staat
entstehen

Sklavenhaltergesellschaft in Griechenland,
ausgebeutete Sklaven
sind Hauptproduzenten

336–323:
Alexander der Große
erobert Persien und
zieht nach Indien

74–71:
Sklavenaufstand unter
Spartacus gegen das
Römische Reich

Erste Anfänge der Chemie

600:
Thales entdeckt die
Anziehungskraft von
Magneten und
elektrisierten Körpern

470:
Leukipp und Demokrit
stellen die Lehre von
den Atomen auf

300:
Euklid erforscht
die Gesetze
von der Reflexion
des Lichtes

250:
Eratosthenes berechnet
den Erdumfang

200:
Archimedes entdeckt
den Auftrieb
und das Hebelgesetz

1000:
Göpel
Glasierte Ziegel

978:
Phönikier
stellen Purpurfarbe aus
Purpurschnecken
her

700:
Metallanker
Griechen erfinden
die erste
Notenschrift

500:
Eisenwerkzeuge:
Zahnrad, Axt,
Schere, Flaschenzug
Eiserne Waffen

470:
Fackeltelegrafie
in Rom

370:
Chinesische
Seefahrer benutzen
Magneteisen
zur Navigation

200:
Archimedische
Schraube
Winde
Wurfmaschinen

100:
Tretrad und Wasserrad
als Antriebsmaschinen
Zahnradgetriebe

1000 800 600 400 200

1

Größte Ausdehnung des römischen Sklavenhalterstaates

9:
Schlacht im Teutoburger Wald

79:
Untergang Pompejis durch Vulkanausbruch des Vesuvs

Um 375:
Beginn der germanischen Völkerwanderung

Niedergang der römischen Sklavenhalterordnung
Zerfall des Römischen Reiches

Ende des 4. Jh.:
Das Christentum wird Staatsreligion im Römischen Reich

Um 450:
Zerschlagung des Weströmischen Reiches und Gründung von Germanenreichen

Herausbildung des Feudalismus

2

Um 100:
Heron von Alexandria beschreibt mechanische Geräte und Automaten, darunter solche, bei denen Dampfkraft verwendet wird

Um 150:
Ptolemäus faßt das astronomische Wissen seiner Zeit zusammen und begründet das irrige geozentrische Weltbild:
Die Erde bildet den Mittelpunkt des Planetensystems

Um 400:
Die ersten alchimistischen Schriften werden bekannt

8. Jh.:
Die Grundlagen der Optik werden erforscht

3

Beginn u. Z.:
Römer verwenden Taschensonnenuhren

Postkutsche der römischen Staatspost eingeführt

105:
Erfindung des Papiers in China

Um 200:
Herstellung von Talg- und Wachskerzen

250:
Verwendung von Fensterglas

350:
Erste Herstellung von Seife

475:
Oberschlächtiges Wasserrad als Antrieb von Getreidemühlen

560:
Erfindung des Karussells in der Türkei

624:
Der Gänsekiel wird als Schreibfeder verwendet

Um 650:
In China wird das Porzellan erfunden

Um 670:
Ein byzantinischer Kriegsbaumeister mischt Erdöl, Harz, Schwefel, Salz und gebrannten Kalk zu einem Explosivstoff

Um 700:
Chinesische Kriegsgefangene bringen das Geheimnis der Papierherstellung ins Reich der Araber

0 200 400 600 700

Um 800:
Übergang zur Dreifelderwirtschaft Rodungen in Mitteleuropa

800:
Kaiserkrönung Karls des Großen

861:
Wikinger entdecken Island

Beginn des Frühfeudalismus in Byzanz

919:
Wahl Heinrichs I. zum deutschen König. Entstehung des deutschen Staates

1096–1099:
Erster Kreuzzug

Herausbildung von Handel und Handwerk Stadtgründungen

1147–1149:
Zweiter Kreuzzug (gegen die Westslawen)
1189–1190:
Dritter Kreuzzug

1242:
Schlacht auf dem Eise des Peipussees

827:
Arabische Astronomen messen einen Meridianbogen

Um 900:
Arabische Ärzte entdecken, daß durch die Destillation des Weines ein berauschendes, alkoholisches Getränk entsteht

Um 1000:
Der arabische Astronom Ibn Jûnus gibt die «Hakimibischen Tafeln» heraus, das bedeutendste Werk der arabischen Astronomie, benannt nach Al-Hâkim, einem Kalifen, der eine große Sternwarte bauen ließ

1215:
In England wird ein einheitliches Maß- und Gewichtssystem eingeführt

Gegen Ende des 8. Jh.:
Dreifelderwirtschaft auch östlich des Rheins

900:
Beginn der offenen Seefahrt mit Galeeren

950:
Verbessertes Geschirr für Zugtiere

Einsatz von Windmühlen in Europa

Um 1000:
Beginn des Kupfer- und Silberbergbaues im Harz

Um 1110:
Schlösser aus Metall kommen auf

1200:
Pflug mit Bespannung

800 900 1000 1100 1200

1

Feudalismus

1273:
Otto von Habsburg wird zum Kaiser gewählt

1300–1301:
Türken unterwerfen große Gebiete Kleinasiens

1337–1453:
England und Frankreich führen gegeneinander einen mehr als hundertjährigen Krieg

1410:
Schlacht bei Grunwald

1453:
Konstantinopel wird von den Türken erobert

1488:
Gründung des Schwäbischen Bundes

2

1271–1295:
Durch die Entdeckungsreisen Marco Polos erfahren europäische Völker von den fernen großen Ländern China und Indien

Einführung arabischer Ziffern in Europa

1340:
v. Megenberg verfaßt «Das Buch der Natur», die erste Naturgeschichte in deutscher Sprache

1386:
Gründung der Universität Heidelberg, der ältesten deutschen Universität

1419:
Gründung der Universität Rostock

1456:
Gründung der Universität Greifswald

1471:
In Nürnberg wird die erste deutsche Sternwarte errichtet

Um 1490:
Leonardo da Vinci erkennt im Schall eine Wellenbewegung der Luft

3

1250:
Pferd als Hauptzugtier in Europa

Um 1270:
Papierfabrikation in Italien

1300:
Baukran mit Tretradantrieb
Schubkarre

Um 1310:
Antrieb von Schleifsteinen durch Wasserkraft

Um 1320:
Oberschlächtige Wasserräder kommen auf

1350:
Erste große Räderuhren

Um 1350:
Wasserkraft wird zum Drahtziehen eingesetzt.
Die ersten eisernen Öfen werden gebaut

1400:
Erfindung der Brille in Italien

Um 1410:
Die Drehbank mit Wippe und Handkurbel wird konstruiert

1448:
Gutenberg erfindet ein Gerät zum Gießen beweglicher Lettern für den Buchdruck

1455:
Gutenberg beendet den Druck der Bibel

1250 1300 1350 1400 1450

Um 1500:
Herausbildung
des Frühkapitalismus
in Deutschland

1524–1526:
Deutscher Bauernkrieg

1580–1885:
Jermak überschreitet
mit einigen hundert
Kosaken den Ural und
erobert Westsibirien

1618–1648:
Dreißigjähriger Krieg

1640–1688:
Englische bürgerliche
Revolution

1660:
In Leipzig erscheint die
erste Tageszeitung

1683–1698:
Großer Türkenkrieg

1543:
Copernicus
veröffentlicht seine
Forschungsergebnisse:
Nicht die Erde,
sondern die Sonne
steht im Mittelpunkt
des Planetensystems

1555:
Agricola
gibt die erste
systematische
Darstellung
von Bergbau
und Hüttenwesen

1610:
Galilei verwendet als
erster ein Fernrohr
zur Beobachtung
des Sternhimmels

1656:
Huygens erfindet
die Pendeluhr

1663:
Guericke
experimentiert
mit einer
Elektrisiermaschine

1700:
Gründung der Akademie
der Wissenschaften in
Berlin

1718:
Halley weist
die Bewegung der
Fixsterne nach

1752:
Franklin entwickelt
den Blitzableiter

1510:
Henlein konstruiert
eine tragbare
Federuhr

1515:
Leonardo da Vinci
erfindet
den Fallschirm
und entwirft die Feilenhaumaschine, Schleifmaschine und den Gewindebohrer

1550:
Wasserräder als
Antriebsmaschinen
allgemein verbreitet

Um 1550:
Schienenbahn auf Holzgleisen in Bergwerken

1590:
Janssen konstruiert
das Mikroskop

1621:
Der Holländer Drebbel
unternimmt auf der
Themse mit einem
hölzernen U-Boot
erfolgreiche Tauchversuche

1642:
Pascal stellt die
erste Rechenmaschine
her

1650:
Guericke erfindet
die Luftpumpe

1690:
Papin konstruiert
ein Versuchsgerät
mit Dampfzylinder
und Kolben

1708:
Böttger stellt
erstmals Porzellan
in Europa her

1711:
Newcomens erste
atmosphärische
Maschine zum Antrieb
von Pumpen

1767:
James Hargreaves
konstruiert
die erste brauchbare
Spinnmaschine

1500 1550 1600 1650 1700

1

1772:
Erste Teilung Polens unter Preußen, Österreich und Rußland

1776:
Unabhängigkeitserklärung der USA

1789–1795:
Französische bürgerliche Revolution

1799:
In Frankreich gewinnt Napoleon Bonaparte durch einen Staatsstreich die Macht

1804:
Napoleon ernennt sich zum Kaiser der Franzosen und erringt die Vorherrschaft in Europa

1812–1815:
Befreiungskrieg gegen die Napoleonische Fremdherrschaft

1815:
Bei Waterloo wird Napoleons Armee vernichtend geschlagen

2

1772:
Rutherford entdeckt den Stickstoff

1774:
Sauerstoff, Chlor und Mangan werden entdeckt

1775:
Die Akademie der Wissenschaften in Paris gibt bekannt, sie werde keine Vorschläge für ein Perpetuum mobile mehr prüfen

1780:
Cavendish beweist, daß sich Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser verbinden

1781:
Herschel entdeckt mit seinem selbstgebauten Teleskop den Planeten Uranus

1796.
Erstmalig wird eine Pockenschutzimpfung vorgenommen

1798:
Rumford untersucht die Zusammenhänge zwischen Wärme und Bewegung

1798:
Cavendish mißt mit Hilfe einer Drehwaage die Dichte der Erde

1800:
In Frankreich wird das Meter zur gesetzlichen Längeneinheit bestimmt.

Gauß untersucht das magnetische Feld der Erde

1804:
Forscher lassen für physikalische Messungen einen Freiballon über 7000 Meter hoch steigen

1810:
Goethe stellt seine Farbenlehre auf

1816:
Fresnel weist die Wellennatur des Lichtes nach

3

1770:
Der Spiralbohrer wird erfunden

1776:
Watt baut seine erste Dampfmaschine

1779:
Bau der ersten Eisenbrücke in England

1780:
Schreibfeder aus Stahlblech

1783:
Erster Heißluftballon durch die Brüder Montgolfier

1784:
Die erste in Deutschland gebaute Dampfmaschine wird aufgestellt

1785:
Cartwright läßt einen mechanischen Webstuhl patentieren

1792:
Murdock verwendet Steinkohlegas für eine Gasbeleuchtung

1794:
Optische Telegrafenlinie von Chappe

1795:
Bramah konstruiert die hydraulische Presse. Erste Pferdeeisenbahn in England für den öffentlichen Verkehr

1801:
Die erste Rübenzuckerfabrik nimmt ihren Betrieb auf

1804:
Trevithick baut die erste Lokomotive

1807:
Fulton konstruiert das erste Dampfschiff

1811:
Der Flugversuch des «Schneiders von Ulm» mißglückt

1817:
Drais erfindet das Laufrad

1821:
Trevithick baut die erste Dampfmaschine für landwirtschaftliche Zwecke

Ressel entwirft die Schiffsschraube

1770 1780 1790 1800 1810

1822:
Nach jahrhundertelangem Zögern erkennt die katholische Kirche das heliozentrische Weltbild des Copernicus an

Manifest
der
Kommunistischen Partei.

1848/49:
Bürgerlich-demokratische Revolution in Deutschland

1848:
«Manifest der Kommunistischen Partei»
von Marx und Engels erscheint

Um 1850:
Durchsetzung des Kapitalismus in den fortgeschrittensten Ländern

1861–1865:
Amerikanischer Bürgerkrieg zwischen den Nord- und den Südstaaten

1864:
In Europa wird die Organisation «Rotes Kreuz» gegründet

1865:
USA-Präsident Lincoln wird von Anhängern der Sklavenhalter ermordet

---

1822:
Niepce gelingt die erste Fotografie

1825:
Faraday entdeckt, daß Leuchtgas Benzol enthält

1826:
Oersted entdeckt den Elektromagnetismus

1831:
Faraday entdeckt die elektromagnetische Induktion

1832:
Stampfer führt «lebende Bilder» vor

1842:
Mayer stellt das Gesetz von der Erhaltung der Energie auf

1846:
Die Äthernarkose wird in der Medizin verwendet

Astronomen entdecken auf Grund des vorausberechneten Standorts den Planeten Neptun

1850:
Plücker entdeckt die Katodenstrahlen

1851:
Foucault weist durch einen Pendelversuch die Erddrehung nach

1856:
Die ultraviolette Strahlung wird nachgewiesen

1867:
Siemens entdeckt das dynamo-elektrische Prinzip

1869:
Maxwell sagt das Vorhandensein elektromagnetischer Wellen voraus

---

1825:
Die erste Bahnlinie wird in England eröffnet

1827:
Erster dampfgetriebener Kran

1829:
Ressel meldet ein Patent auf Kugel- und Rollenlager an

1831:
Die elektrische Klingel wird erfunden

1832:
Zwischen Berlin und Koblenz wird eine optische Telegrafenlinie eröffnet

1832:
Pixii konstruiert den ersten Stromerzeuger

1835:
Eröffnung der ersten deutschen Eisenbahn (Nürnberg–Fürth)

1840:
Morse erhält ein Patent auf seinen Schreibtelegrafen

1841:
Das Schweißen mit der Sauerstoffflamme wird eingeführt

1843:
Talbot gelingt die erste fotografische Vergrößerung

1846:
Zeiß gründet in Jena eine Werkstatt für optische Geräte

1850:
Erster Kran aus Stahlblech

1854:
Göbel konstruiert eine Glühlampe

1860:
Der Gasmotor von Lenoir wird patentiert.
Die Milchzentrifuge wird erfunden

1863:
Die Londoner U-Bahn wird eröffnet

1820 | 1830 | 1840 | 1850 | 1860

1870–1970

1 Geschichte 2 Wissenschaft 3 Technik

1

Herausbildung des Imperialismus

1871: Gründung des Deutschen Reiches unter Führung Preußens

1871: Pariser Kommune

1889: Gründungskongreß der II. Internationale in Paris
Der 1. Mai wird Kampftag der Arbeiterklasse

1896: In Griechenland finden die ersten Olympischen Spiele der Neuzeit statt

1905–1907: Bürgerlich-demokratische Revolution in Rußland

1914–1918: Erster Weltkrieg

1917: Große Sozialistische Oktoberrevolution

1918: Novemberrevolution in Deutschland

2

1871: Darwin veröffentlicht seine Schrift «Die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl»

1872: Abbe entwickelt eine Theorie zum Bau leistungsstarker Mikroskope

1875: Pasteur entwickelt einen Impfstoff gegen die Tollwut

1882: Koch entdeckt mit Hilfe des Mikroskops den Tuberkelbazillus

1884: Koch entdeckt den Erreger der Cholera

1886: Hertz entdeckt die elektromagnetischen Wellen

1893: Entwicklung der Fotozelle

1895: Röntgen entdeckt die nach ihm benannten Strahlen

1896: Popow erprobt den ersten Telegrafiesender der Welt

1898: Marie und Pierre Curie entdecken das Radium

Um 1900: Ziolkowski entwickelt die Theorie des Raumflugs

1906: Entwicklung der Verstärkerröhre durch Forrest und Lieben

1908: Magnetische Felder in den Sonnenflecken werden nachgewiesen

1911: Rutherford stellt ein Atommodell vor

1912: Die Höhenstrahlung wird entdeckt

1915: Einstein verkündet seine allgemeine Relativitätstheorie, die das gesamte physikalische Denken revolutioniert

1919: Rutherford gelingt die erste künstliche Atomkernumwandlung

3

1875: Das Fahrrad mit Vollgummireifen, Freilauf und Rücktrittbremse wird konstruiert

1879: Siemens konstruiert die erste Elektrolokomotive, eine elektrische Gesteinsbohrmaschine und den Elektrostahlofen

1884: Erste elektrische Blockstation Europas (Berlin)

1885: Daimlers Petroleum-Reitwagen, das erste Motorrad

1886: Bell erfindet ein Telefon

1887: Otto führt seinen atmosphärischen Gasmotor vor

1891: Erster Gleitflug Lilienthals

1895: Erste Kinovorstellungen in Berlin und Paris

1897: Marconi telegrafiert drahtlos über eine 5 km lange Strecke

1901: Marconi stellt eine funktelegrafische Verbindung zwischen Europa und Amerika her

1903: Erster Motorflug durch die Brüder Wright

1915: Bau des ersten Ganzmetallflugzeugs

1915: Versuche mit drahtloser Telefonie zwischen Frankreich und den USA

1917: An der deutschen Westfront Versuche mit Röhrensendern

1918: In den USA wird der Luftpostverkehr aufgenommen

1870 1880 1890 1900 1910

1920:
Ein gesamtrussischer Sowjetkongreß nimmt den GOELRO-Plan zur Elektrifizierung an

1922:
In Italien gelangen unter Mussolini die Faschisten an die Macht

1933:
Beginn der faschistischen Herrschaft in Deutschland

1935:
Allgemeine Wehrpflicht und Aufrüstung in Deutschland

1939–1945:
Zweiter Weltkrieg

1945:
Zerschlagung des Hitlerfaschismus.
Abwurf zweier Atombomben auf Japan durch die USA

1949:
Gründung der DDR

1950:
Der III. Parteitag der SED beschließt den ersten Fünfjahrplan

1955:
Abschluß des Warschauer Vertrages

1964:
Zwischen der DDR und der UdSSR wird ein Vertrag über Freundschaft, gegenseitigen Beistand und Zusammenarbeit unterzeichnet

1920:
Bohr entwirft ein Atommodell

1923:
Oberth veröffentlicht sein Buch «Die Rakete zu den Planetenräumen»

1928:
Die Schallaufzeichnung mittels Magnetband wird entwickelt

1930:
v. Ardenne führt erstmals eine vollelektronische Bildübertragung vor

Der Planet Pluto wird entdeckt

Piccard erreicht mit einem Stratosphärenballon 15 700 Meter Höhe

1938:
Hahn entdeckt die Kernspaltung

1942:
In Chicago läuft der erste Kernreaktor an

1944:
Die erste automatische Wetterstation in der Arktis wird von der UdSSR errichtet

1945:
Astronomen untersuchen Radarechos vom Mond

1951:
André-Thomas entwickelt die Herz-Lungen-Maschine

1955:
Ausbrüche von Radiostrahlung auf dem Jupiter werden entdeckt

1957:
v. Ardenne entwickelt eine elektronische Magen-Darm-Sonde.
In Rossendorf läuft der erste Kernreaktor in der DDR an

1960:
Das Tauchboot «Trieste» von Piccard erreicht nahezu 11 000 Meter Tiefe

1965:
Kosmonaut Leonow hält sich als erster Mensch frei im Weltraum auf

1969:
Arzimowitsch gelingt in Dubna die erste gesteuerte Kernfusion

1923:
Erste Rundfunksendung in Berlin

1926:
Schaffung des Tonfilms

1926:
Goddard startet die erste Flüssigkeitsrakete

1928:
Erprobung eines Raketenrennwagens

1930:
Erste elektronische Fernsehübertragung

1930:
In der UdSSR unternimmt Zander erste Versuche mit Flüssigkeitstriebwerken.
Bei Dresden wird das erste Pumpspeicherwerk der Welt errichtet

1932:
Der elektrische Rasierapparat wird erfunden

1942:
Start der ersten Großrakete mit Flüssigkeitstriebwerk

1947:
Erstmals überschreitet ein Strahlflugzeug die Schallgeschwindigkeit

1948:
Erfindung des Transistors

1954:
Erstes Kernkraftwerk der Welt

1957:
«Sputnik-1», der erste künstliche Himmelskörper, umkreist die Erde

1958:
Erste Unterquerung des Nordpols mit einem Atom-U-Boot

1961:
Gagarin startet zum ersten bemannten Raumflug

1969:
Als erster Mensch betritt Neil Armstrong einen anderen Himmelskörper, den Mond

1970:
Sowjetische Mondsonde entnimmt Bodenproben vom Mond und bringt sie zur Erde

1920 1930 1940 1950 1960

Personen- und Sachregister

Ader *166*
«Adler» *46*
AEG *102–104*
Aggregat *4, 183*
Antenne *144, 146f., 149*
Archimedes *14, 76f., 160, 186, 188*
Ardenne, von *153, 154f.*
Astronomie *177, 178f.*
Atmosphärische Maschine *25, 28, 29, 66f.*
Auftrieb, dynamischer *164*
Auftrieb, statischer *76, 160, 188*

Baird *152f., 154, 155*
Beleuchtung, elektrische *84f., 100–103*
Bell *138, 149, 152*
Benz *70f., 72*
Berblinger *159*
Bergbau *22f., 26*
Beßler *111*
Bildwerfer *117*
Bioskop *126f.*
Black Mary *124*
Blanchard *162*
Blenkinsop *39*
Blériot *172f.*
Bosch *72*
Branco *32*
Braun *153*
Braunsche Röhre *153*
Brecht *178*
Brunton *39*

Camera obscura *120*
Canaletto *120*
Cayley *164f., 166*
Chappe *135*
Charles *161, 163*
Chavez *173*
Cinematograph *128*
Cugnot *60*

Daguerre *120f.*
Daimler *67–69, 72*
Dampfmaschine *17, 23, 29–33, 60–63, 65, 103, 163, 165, 166, 167*
Dampfturbine *32, 103*
Dampfwagen *36, 60, 62f.*
Degen *158, 159*
Drachen *164, 168, 171*
Drais *52f.*
Dunlop *56f., 72*
Dynamo *89, 91, 98f.*

Edison *84–89, 100f., 124f., 126, 139, 149*
Einstein *5, 148, 188*
Eisenbahn *37, 42, 46f., 175*
Eisenbahnschienen *9, 37, 38f., 43, 45*
Elektrisiermaschine *92f.*
Elektromagnetismus *94, 136, 138*
Elektromotor *79, 94, 98, 99, 163*
Elektronenröhre *148f.*
Elektronenstrahlröhre *153, 155*
Ellehammer *172*
Energie *9, 20, 29, 32, 36, 48, 65, 93, 95, 100f., 104, 105, 142*
Energie, elektrische *48, 84f., 104*
Engl *130f.*
Erde *188, 189*

Fahrrad *12, 51–57, 113*
Faraday *94f., 188*
Ferber *168, 169, 170*
Fernrohr *177, 178f.*
Fernsehen *119, 141, 150–155*
Filmkamera *124f., 126, 128*
Filmprojektor *126–129*
Flaschenzug *77, 78f.*
Fliehkraftregler *30*
Flugzeug *157, 164, 166f.*
Fotografie *120–123, 188*
Fotozelle *131*
Funktelegrafie *146f.*

Gagarin *186*
Galilei *178f., 186*
Ganswindt *182*
Gasbeleuchtung *65, 101*
Gasmotor *64–69, 71, 113*
Gauß *136, 186*
Generator *103–105*
Giffard *162*
GIRD *186*
Gleitflugzeug *165, 168f., 171*
Glühlampe *83–85, 88f., 100, 101*
Göbel *88*
Goddard *181, 183*
Goethe *158*
Goodwin *122*
Göpel *20–22*
Grade *174, 175*
Guericke, von *25, 92, 165, 186*
Güterumschlag *80f.*

Hebel *8, 76f., 77, 111*
Heißluftballon *160f.*
Helmholtz *111, 140, 141*
Henson *166*
Heron von Alexandria *14, 108, 188*
Herschel *179*
Hevelius *179*

Induktion, elektromagnetische *94f.*

Jacobi *98, 99*
Joule *110*
Junkers *175*

Kamera, fotografische *120–123*
Kettentrieb *14, 55*
Kibaltschitsch *181*
Kinderarbeit *33*
Kinetoskop *87, 125*
Kino *115, 119, 122, 125, 126 bis 131*
Kircher *116*
Kleist *92*
Koroljow *186*
Kraftstation *101, 102f.*
Kraftwagen *59, 68–73, 175*
Kraftwerk *84, 105f.*
Kran *75, 77–81*
Krebs *163*
Kreß *167*
Ktesibios *109*

Ladung, elektrische *92f.*
Langen *66–67*
Laterna magica *117*
Latham *172f.*
Laval *32*
Lenoir *65*
Leonardo da Vinci *20, 60, 111, 120, 158, 159*
Leuchtgas *64f., 66*
Lilienthal *165, 168f., 171*
Lodygin *88f.*
Lokomotive *35–49*
Lokomotive, elektrische *48, 100*
Lokomotivwettfahrt *43–45*
Luftballon *160f., 161, 164*
Luftdruck *25*
Luftpost *175*
Luftpumpe *25*
Luftreifen *56f., 72*
Luftschiff *163, 164, 185*
Lumière *128f.*
«Luna 10» *187*
«Lunik 3» *186*

Magnetismus *92, 94, 98f.*
Marconi *144, 145, 146f.*
Masolle *130f.*
Maxim *166f.*
Maxwell *140, 143, 149, 186*
Maybach *67–68*
Mayer *110f.*
Meßter *129, 130*
Miller *100–105*
Mond *179, 186*
Mondsonde *186, 187*
Montgolfier *160f.*
Morse *136f.*
Morsetelegraf *137, 144*
Moshaiski *166*
Murdock *64*

Newcomen *26*
Niepce *120f.*
Nipkow *150f.*
Nipkowscheibe *150–153*
Normalfilm *124, 126*

Oberth *181, 182*
Oersted *94, 136, 149*
Opel *182*
Otto *66–67*
Ottomotor *66–67*

Papin *26*
Perpetuum mobile *110f.*
Pferdebahn *37, 42, 43, 133*
Phonograph *86f., 124*
Popow *144f., 146, 186*
Produktivkräfte *10f., 12, 23, 30, 32f., 92, 96f., 122*
«Puffing Bill» *39*
Pyramiden von Gizeh *8, 9*

Rad *7f., 72, 188*
Rakete *177, 182–187*
Raketenauto *182, 183*
Rathenau *100–104*
Raumfahrt *177, 180–187, 188*
Reibung *8, 9, 38, 39, 111*
Reis *139, 149*
Renard *163*
Resonanz *142f.*
Riementrieb *4, 69*
Robertson *118*
«Rocket» *44f.*
Rollfilm *122*
Rozier *161, 162*
Rundfunk *148f.*

Santos-Dumont *172*
Savery *26*
«Saxonia» *48*
Schleife *8*
Schubert *46f.*
Schwungrad *30, 67*
Siemens *95–101*
Siemens & Halske *96–101, 102, 137*
Skladanowski *126–129*
Slaby *146*
«Sputnik 1» *183*
Stampfer *119*
Stephenson *40–45*

Telefon *138f., 140, 148f.*
Telegrafie *86, 96, 133–147*
Tempelwunder *107, 108f.*
Thales von Milet *92*
Tonfilm *129–131*
Trägerrakete *185, 186, 187*
Tragflügel *164f.*
Tretrad *20–23, 79*
Trevithick *36, 41*
«Tu-144» *174*
Tupolew *174*

Vakuum *25*
Valier *182, 183*
Verne *180f., 182*
Vogt 130f.
Volta *93*
Vox-Haus *130f.*

Wagen *11, 12, 13*
Walze *9, 10, 188*
Wasserrad *18, 19, 22, 23*
Watt *28–32, 186*
Weber *136*
Wellen, elektromagnetische *140, 143, 145*
Wilde *98*
Windmühle *20, 21*
Winkler *183*
Wrigth *170f., 172*

Zahnrad *14, 15, 37, 39, 55*
Zeichenkamera *120f.*
Zelluloid *122*
Zeppelin *163*
Ziolkowski *181, 182, 184–186, 188*

ab 12 J.

Wer hat das Rad erfunden? Wer die Dampfmaschine? Warum gewann Stephenson das berühmte Lokomotiv-Rennen von Rainhill? War es wirklich Edison, der die erste Glühlampe konstruierte? Und wie kam es, daß Lilienthal und andere Flugpioniere tödlich verunglückten? – Dieses Buch erzählt von Erfindern und ihren Ideen, von Männern, die sich dem technischen Fortschritt verschrieben hatten. Wir erleben, wie sie mutig und beharrlich arbeiteten, zu Mißerfolgen und Triumphen gelangten.

DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN