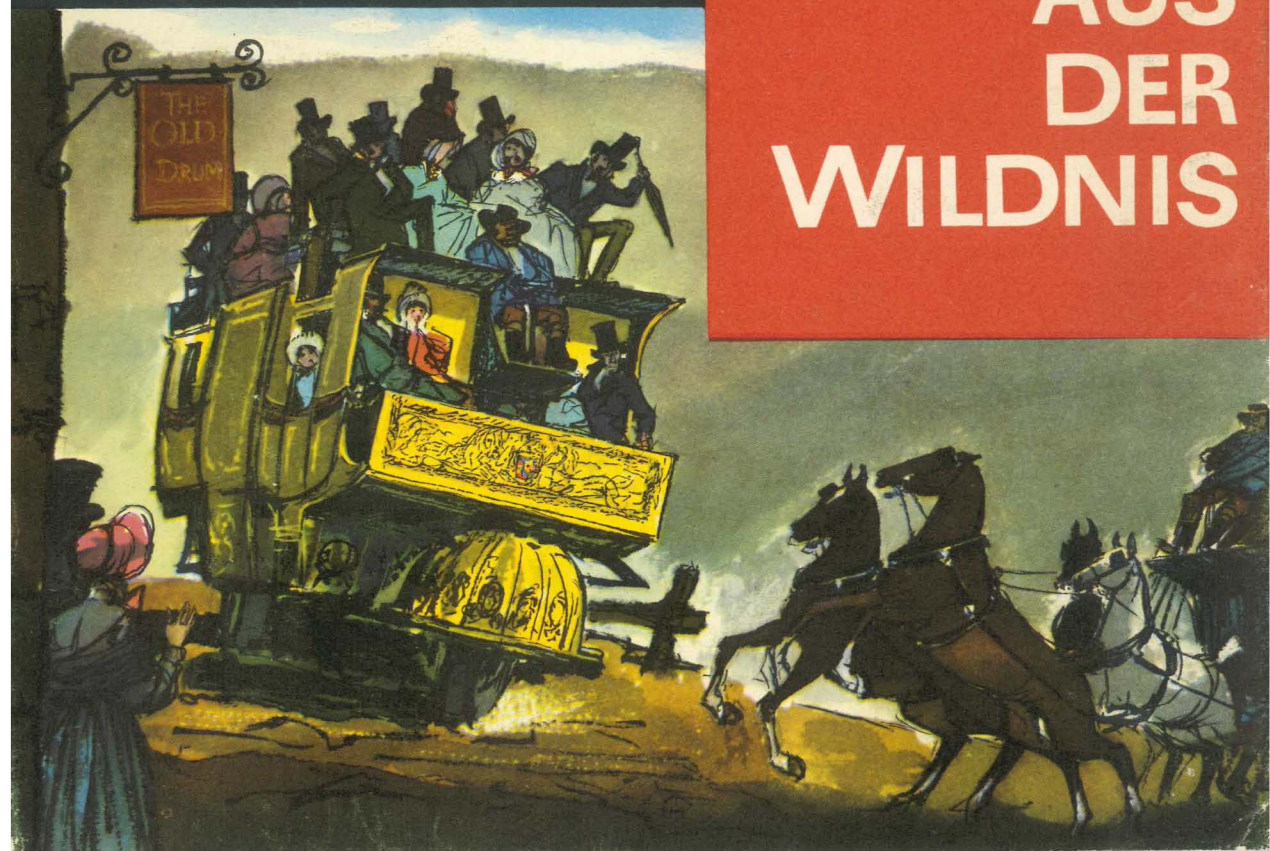


GESCHICHTEN AUS 100000 JAHREN TECHNIK

PETER KLEMM

# DER WEG AUS DER WILDNIS



Humphrey Potter, ein dreizehnjähriger englischer Junge, steht an einer unförmigen Maschine. Ein großes Rad dreht sich. Lange Stangen bewegen sich im Rhythmus. Die Maschine zischt und faucht. Weiße Dampfwolken strömen zum Schuppendach. Etwas abseits befindet sich ein großer Wasserkessel, unter dem ein gewaltiges, hell leuchtendes Feuer brennt. Der Kessel ist mit der Maschine durch Röhren verbunden. Die Maschine, die die Pumpen eines Bergwerkes treibt, verrichtet die Arbeit von fünfzig Pferden. Es ist eine der ersten Dampfmaschinen.

Aber was macht Humphrey Potter an dieser Maschine? Ohne ihn könnte sie nicht arbeiten! Er hat eine wichtige Aufgabe. Er öffnet und schließt die Dampf- und Kaltwasserhähne, um das regelmäßige Kolbenspiel zu sichern. Es ist eine langweilige Beschäftigung! Immer das gleiche. Die Hähne öffnen — die Hähne schließen!

Anfangs hat ihm diese Tätigkeit viel Spaß gemacht. Er war stolz, er bediente das technische Wunderwerk, von dem man in der Stadt sprach, und oft kamen feine Herren, die sich die Maschine ansahen. Aber bald schwand sein Interesse. Der lange Tag wollte nicht vergehen, und manchmal schlief er vor Müdigkeit fast ein; denn er stand von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang und auch oft bis in die Nacht an seinen Hähnen.

Im gleichen Rhythmus mußte Humphrey die Hähne öffnen und schließen. Er hatte dabei auf das große Rad zu achten. Wenn die rote Speiche eine

## DER WEG AUS DER WILDNIS





PETER KLEMM

# DER WEG AUS DER WILDNIS

GESCHICHTEN AUS 100000 JAHREN TECHNIK



DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN

**Dieses Buch wurde beim Preisausschreiben für Kinder- und Jugendliteratur  
des Ministeriums für Kultur 1962 mit einem Preis ausgezeichnet.**

**ILLUSTRATIONEN VON HANS BALTZER UND HEINZ-KARL BOGDANSKI**

Alle Rechte vorbehalten · Printed in the German Democratic Republic

Издано в Германской Демократической Республике

Lizenz-Nr. 304-270/300 /74-(57)

Satz: Grafischer Großbetrieb Völkerfreundschaft, Dresden

Druck und Verarbeitung: Karl-Marx-Werk Pößneck V 15/30 · 6. Auflage  
LSV 7820

Für Leser von 13 Jahren an

Best.-Nr. 628 369 1

EVP 12,80 M

*Für Katrina*

UND ALLE JUNGEN MENSCHEN

DIE DAS JAHR 2000

ERLEBEN

UND GESTALTEN WERDEN





## **DIE WELT, IN DER WIR LEBEN**

wurde vom Menschen mit den Mitteln der Technik geschaffen. Fast alles, was uns umgibt, was wir benutzen und womit wir umgehen, gehört zur Technik, ist ein technisches Erzeugnis oder wurde durch die Technik gestaltet: vom Taschenmesser bis zum Fernsehgerät, vom Flitzbogen bis zum Strahltriebwerk. Unsere Wohnungen, Häuser, Städte, ja — die ganze uns umgebende Kulturlandschaft mit ihren Äckern und Wäldern, alles das sind Ergebnisse der Arbeit des Menschen, die er mit der von ihm geschaffenen Technik vollbrachte.

Wir leben und bewegen uns in einer vom Menschen geschaffenen oder seinen Bedürfnissen angepaßten Umwelt, auf einer von der Technik bewohnbar und nutzbar gemachten Erde.

Und da wir in diese so beschaffene Umwelt hineingeboren wurden, in ihr aufwachsen und das Vorhandene und Neuentstehende allmählich begreifen lernen, erscheint uns alles selbstverständlich. Wir wundern uns gar nicht darüber, daß man Bilder durch die Luft übertragen, Raketen in den Weltraum befördern oder Kleiderstoffe aus Kohle herstellen kann. Bestenfalls wundern wir uns, daß vor ein paar Jahrzehnten die Menschen das noch nicht konnten.

Schwer nur können wir uns eine Zeit ausmalen, zu der die Menschen ohne elektrisches Licht, ohne Eisenbahnen und Druckereimaschinen auskommen mußten, zu der sie nicht einmal stählerne Äxte oder richtige Stiefel hatten — und so etwas auch im Laden nicht kaufen konnten.

Und gar nicht auszudenken wäre, wie es uns erginge, wenn wir plötzlich aus unserer heutigen Umwelt versetzt würden in diese Zeit. So romantisch es auch manchem Jungen erscheinen könnte, etwa als steinzeitlicher Wildbeuter zu leben oder als kühner Mammutjäger, der vielleicht sogar zum Häuptling seiner Sippe wird — in Wirklichkeit gäbe es sicherlich eine Katastrophe. Denn wie würden solche Jungen wohl leben wollen ohne die uns bekannten Werkzeuge und Hilfsmittel, ohne Wohnung, ohne Kleidung, ohne die Möglichkeit, sich in der gewohnten Weise zu ernähren?

Der Mensch hat im Verlaufe der Jahrzehntausende nicht nur mit den Mitteln der Technik seine Umwelt verändert, er hat sich unter den Bedingungen dieser immerwährenden Veränderungen auch selbst verändert. Er hat sich so sehr verändert, daß er nun — würde er zurückgeschleudert bis in die Anfänge dieser Entwicklung — gar nicht mehr so leben könnte wie damals seine vorzeitlichen Ahnen. Er könnte mit seinen viel höher entwickelten Fähigkeiten und Fertigkeiten in dieser Wildnis nichts anfangen, dafür aber fehlten ihm fast alle Voraussetzungen, die die Menschen der Vorzeit besaßen.

So vieles uns Heutige aber auch unterscheidet und trennt von diesem kampf- und entbehrungsreichen Leben unserer Vorfahren, wir sind dennoch mit ihrem Dasein untrennbar verbunden. Einmal natürlich durch die verwandtschaftliche Kette der Generationen und durch die vielen Entwicklungslinien auf allen Gebieten des Lebens. Zum anderen aber auch durch die vom Leben selbst hervorgerufene Notwendigkeit, die Erde, die Heimat des Menschen, immer noch mehr zu verändern, entsprechend den ständig wachsenden Bedürfnissen des Menschen. Es gilt, sie wohnlicher und das Leben für alle reicher und schöner zu machen. Diese Notwendigkeit deckt sich mit der großen Aufgabenstellung für die Technik.

Mit der vom Menschen geschaffenen, beständig verbesserten und immer höher entwickelten Technik sichert der Mensch sein Dasein, gestaltet er seine Umwelt, verändert er die Erde — und sich selbst.

Diese Technik, mit der der Mensch zum Schöpfer und Gestalter unserer Welt wurde, die mit dem steinernen Faustkeil begann und deren Entwicklung auch mit automatischen Fabriken noch längst nicht beendet sein wird, ist also ein Teil der großen Entwicklungsgeschichte der Menschheit selbst — und sicherlich sogar der interessanteste Teil.

## **DIE TECHNIK IN DER WILDNIS**

Die Hand des Urmenschen — Wie das Feuer gezähmt wird — Entdecken und Erfinden — Fangmaschinen der Steinzeit — Bauen und Pflügen — Das Rad

### **Die Hand des Urmenschen**

vollbrachte Leistungen, die heute wahrscheinlich kaum noch zu imponieren vermögen, obwohl sie das Unerhörteste darstellen, was bis dahin in der Entwicklungsgeschichte des Lebens geschehen war. Sie begannen mit dem Auflesen eines Steins, einem vom Baum gebrochenen Ast und einer knorrigen Wurzelkeule.

Und auch der Mensch, der nach diesen Dingen griff — dieser erste Techniker — hatte nichts Imponierendes an sich. Genaugenommen war er noch kein richtiger Mensch und auch kein richtiger Techniker. Er war eigentlich mehr noch ein Affe als schon ein Mensch — aber er ging auf zwei Beinen, und er konnte mit einem scharfkantigen Stein die härteste Nuß und den härtesten Markknochen aufklopfen, um an den begehrten Inhalt zu kommen.

Das hatten seine tierischen Vorfahren nicht gekonnt.

Er und die mit ihm in der Horde zusammenlebenden anderen Affenmenschen konnten sich auch durch wohlgezielte Steinwürfe des gefürchtetsten Raubtieres erwehren, ja sie konnten ihm sogar den Garaus machen, wenn sie ihm mit mörderischen Keulenhieben den Schädel zertrümmerten. Alles das vermochten sie, weil sie mit ihren Händen ein sehr brauchbares Organ besaßen, das sich durch handliche Werkzeuge noch wirksamer machen ließ.

Wie schwer es aber war, mit dieser Hand die Geschicklichkeit zu gewinnen, die wir heute als ganz natürlich ansehen, wird deutlich, wenn wir versuchen, mit der linken Hand eine Scheibe Brot abzuschneiden. Mit der Rechten geht das so einfach, und links wird es fast unmöglich. Jahre würden wir brauchen, um als Rechtshänder mit der linken Hand die gleiche Fertigkeit zu erreichen.

Jahrzehntausende dauerte es, bis aus den Händen der Affenmenschen die Arbeitshände des heutigen Menschen wurden. Diese Handfertigkeit entwickelte sich im Verlaufe der immerwährenden Arbeit. Und so ist diese bewundernswerte menschliche Hand tatsächlich, wie Friedrich Engels einmal schrieb, „nicht nur das Organ der Arbeit, sie ist auch ihr Produkt“.

Und noch mehr kam hinzu: Der Mensch lernte sprechen.



Die menschenähnlichen Affen vermochten — genau wie andere in Herden lebende Steppentiere — durch Lautäußerungen Angst und Freude oder Abscheu und Lockung auszudrücken, sie vermochten zu warnen und nach Hilfe zu kreischen. Aber erst beim Menschen wuchs im Verlaufe seiner völligen Herauslösung aus dem Tierreich das Bedürfnis, einander mehr mitzuteilen. Und dieses Bedürfnis wiederum entstand zwangsläufig aus der gemeinsamen Arbeit.

Unter dieser gemeinsamen Arbeit müssen wir die Jagd und die Sicherung des Lebens der Horde verstehen. Der Mensch ist kein Raubtier. Er ist, was Schnelligkeit, Gewandtheit und Kraft anbelangt, jedem Raubtier unterlegen. Nur in der Gemeinschaft waren die Menschen überlegen — gemeinsam konnten sie auch die Tiere erjagen, die ihnen zur Nahrung dienten. Dieser gemeinsamen Jagd kommt eine große Bedeutung bei der Herausbildung und Festigung der menschlichen Gemeinschaft zu.



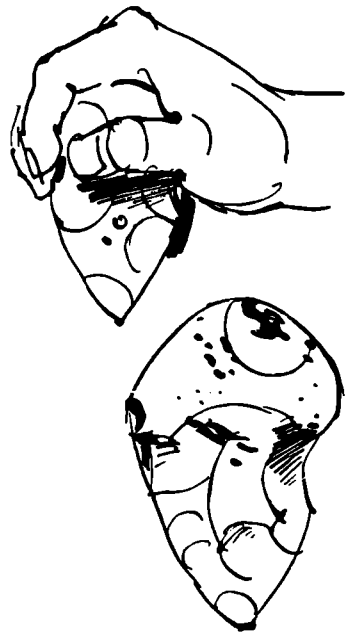
Bei der Jagd wurden nicht nur immer wieder neue und geeignetere Werkzeuge erdnen, aus ihr erwachsen auch immer wieder neue Situationen, auf die sich die Jäger schnell einzustellen hatten und über die sie sich verständigen mußten, um gemeinsam handeln zu können. Das Bedürfnis, einander etwas mitteilen zu müssen, erwuchs also aus der Gemeinsamkeit des Lebens und der Sicherung des Lebensunterhaltes. So schuf sich die gemeinsame Arbeit gewissermaßen ihr Organ: die Sprache. Die Sprache ist mit dem Denken eng verbunden. Menschliches Denken ist ohne Sprache, ist ohne Worte und Begriffe nicht möglich. Unter diesem Einfluß entwickelte sich auch die Denkfähigkeit und das menschliche Gehirn überhaupt.

Alles das, was hier in wenigen Sätzen gesagt wurde, vollzog sich in vielen hunderttausend Jahren. Und sicherlich verging ebensoviel Zeit, bis aus dem ersten aufgehobenen und später grob geschärften Stein der sorgsam behauene, an den Seiten messerscharfe und unten zugespitzte Faustkeil aus Feuerstein wurde, der handlich im Griff war und sich zum Schneiden und Bohren, Schaben, Stechen und Wühlen gleichermaßen eignete.

Dieser Faustkeil war bereits eine Erfindung, ein technisches Produkt des Menschen, ein Werkzeug, das es in der Natur nicht gab. Aber der Mensch wäre nicht zum Erfinder dieses Werkzeuges geworden, wäre er vordem nicht ein Finder gewesen. Mit dem von der Natur gebotenen bloßen Knüppel und mit dem einfachen Stein hatte er sein Dasein behauptet und sich auf den Weg gemacht, dieses Dasein besser zu gestalten und aktiven Einfluß auf seine Umwelt zu nehmen.

Sowenig imponierend uns diese allereinfachsten Hilfsmittel des werdenden Menschen zu Anfang auch erscheinen mögen — sie waren die Mittel zur gewaltigsten Umwälzung, die bis dahin in der Natur stattgefunden hatte. Mit diesen ersten Werkzeugen wurde der Mensch zum Menschen, und mit ihnen wurde er — Techniker.

In einer Ausgrabungsstätte in der Nähe von Peking wurden Skelette von Affenmenschen entdeckt, die vor rund einer halben Million Jahren dort lebten. Es wurden auch die Knochen der Tiere gefunden, von deren Fleisch sie sich ernährten, dazu ihre grobbehauenen Steinwerkzeuge und dicke Schichten von Asche, durchsetzt mit angekohlten Knochen.



Mit dem Faustkeil, dem ersten vom Menschen geschaffenen Werkzeug, begann vor ungefähr 700 000 Jahren die ertümliche Technik

## Wie das Feuer gezähmt wird

haben diese Affenmenschen also bereits gewußt. Gewiß war für ihre Vorfahren, wie für alle Kreatur, das Feuer zunächst etwas Entsetzliches gewesen! Denn der als Blitz aus den Wolken stürzende Feuerstrahl, der den Wald in Brand setzte, oder die unter der Sonnenglut auflodernde dürre Steppe lösten Katastrophen aus. Viele Tiere kamen im Flammenmeer um.

Die Erfahrung, wie nützlich dieses zerstörerische feindliche Feuer aber auch sein konnte, mußte erst gewonnen werden.

Daß es zu wärmen vermochte und Licht spendete, wurde wahrscheinlich zuerst entdeckt. Dann nämlich, als eine Horde solcher Affenmenschen sich auf eine Brandstätte wagte, nachdem die lodernden Flammen zusammengesunken waren. Der Erdboden strahlte wohlige Wärme aus, und ein geruhsam brennendes Feuerchen, das sich als Überbleibsel des großen Brandes an einem kienigen Wurzelstock festgefressen hatte, schickte flackerndes Licht in die Nacht. Dieses Feuerchen war nützlich, denn es vertrieb selbst die angriffslustigen Raubtiere. Im Umkreis dieses Feuers, in der warmen Asche, konnte man behaglich und sicher vor Feinden schlafen.

Die Feuersbrunst hatte aber noch mehr bewirkt. Die Früchte, Knollen und Wurzeln, die jetzt geröstet, geschmort und gedünstet auf der Brandstätte gefunden wurden, schmeckten anders und besser, sie waren leichter zu kauen. Auch das Fleisch des im Feuer umgekommenen Kleingetieres und Wildes war leichter genießbar und wohlschmeckender geworden.

Lange Zeit mochte man sich damit begnügt haben, solche Brandstätten aufzusuchen und das zu nehmen, was sich an nützlichen Überbleibseln des großen Feuers bot.

Wir sehen, wie im Gegensatz zum instinktiv reagierenden Tier der werdende Mensch seiner Umwelt überlegend gegenüberstand. Er lernte es, immer besser alle Erscheinungen daraufhin zu überprüfen, ob sie ihm nützlich oder schädlich waren. Und er lernte es auch, auf die zunächst schädlichen Erscheinungen einzuwirken, so daß sie ihm nicht nur keinen Schaden mehr, sondern dauernden Nutzen brachten.

Durch die Beobachtung, daß ein knorriger Baumstamm oftmals tagelang glimmen blieb, wenn er mit Asche bedeckt war, und sofort wieder in helle Flammen gesetzt werden konnte, wenn man ihn freilegte und trockenes Laub und dürres Holz auf die Glut brachte, wurde die Möglichkeit entdeckt, einen solchen glühenden Stamm mitnehmen zu können in die Wohnhöhle und sich das Feuer zu erhalten — mitsamt der erhöhten Sicherheit und den Annehmlichkeiten, die es bot.

So wurde aus dem wilden, ungezähmten Feuer, das aus den Wolken gefallen oder aus einem Vulkan dem Erdinnern entsprungen war, das



zahme Höhlenfeuer. Es mußte natürlich beständig mit dürrer Holz genährt werden, und derjenige, der das Feuer hütete, hatte eine besonders verantwortungsvolle Aufgabe — es durfte ja nie erlöschen.

Das Feuer wurde immer mehr zum Küchensklaven.

Auf den im Feuer liegenden Steinen ließen sich Fleischstücke braten, Knollen, Früchte und Kerne konnten geröstet werden, und wenn man sie zerquetschte und aufweichte, waren sie auch für die kleinsten Kinder genießbar. Der frühe Mensch konnte außerdem mit Hilfe des Feuers manches eßbar machen, was vordem nicht zu genießen war. Und auch Vorräte ließen sich jetzt anlegen, denn im Feuer gedörrtes Fleisch wurde für eine längere Zeit haltbar, und die Tage, an denen kein Tier erlegt werden konnte, mußten nun nicht unbedingt auch Hungertage sein.

Wenn die Horde ihren Wohnplatz wechselte, weil sie ein wildreicheres Jagdgebiet gefunden hatte, nahm sie natürlich das Feuer mit. Nicht als einen brennenden Ast, sondern als ein Stück Glut, das mit Hilfe von trockenem Holzmehl in einem hohlen Knochen oder einem Horn glimmend erhalten wurde und sich so leicht transportieren ließ. Das bedeutete nicht nur, daß die Menschen den Küchensklaven und ihren sichersten Beschützer vor Raubzeug mit sich führten, sie hatten dadurch auch Wohnlichkeit und Behaglichkeit bei sich. Denn sogar in den unwirtlichsten Gebieten ließ es sich erträglich hausen und schlafen, wenn das Feuer wärmte.

Die Sippen der altsteinzeitlichen Wildbeuter und Sammler konnten nun, unabhängig vom Klima, in solche Gegenden der Erdoberfläche vordrin-

gen, die bis dahin für sie völlig unbewohnbar gewesen waren. Sie hatten ja gewissermaßen ihr eigenes Klima — ihr Feuer — bei sich. Sie konnten in natürlichen Felsenhöhlen, in Erdgruben oder in aus Zweigen und Rinden erbauten Hütten kältere Nächte und strengere Winter überstehen.

Es läßt sich gar nicht genug betonen, wie wichtig — wie ungeheuer wichtig — die Entdeckung und die erste Nutzbarmachung des Feuers für die Höherentwicklung der Menschen war.

Das Feuer stärkte den Zusammenhalt der Sippe, und sein Unterhalt machte Überlegungen erforderlich, die wiederum zu gewissen Einteilungen in der Arbeit führten.

Das für uns Selbstverständlichste, das Herdfeuer, war für die Entwicklung der Menschheit zu einem Wendepunkt geworden. Feuer war von nun an gleichbedeutend mit Leben überhaupt.

Immer jedoch war sein Besitz gefährdet — und geschah einmal das große Unglück, daß das Feuer einer Sippe erlosch, dann war es selbstverständlich, daß sie sich Glut an jeder anderen Feuerstelle holen konnte. Aber wie weit war mitunter der Wohnplatz der Nachbarsippe entfernt! Das Feuer wurde — und wird auch heute bei den Naturvölkern — niemals verwehrt, selbst dann nicht, wenn sich die Stämme feindlich gesonnen sind.

Kein Wunder, daß bei allen Völkern das Feuer in Sagen, Märchen und Legenden — die allerdings erst viel, viel später aufgezeichnet wurden — eine besonders große Rolle spielt. In der griechischen Sage war es Prometheus, der den Göttern das Feuer raubte und den Menschen brachte. Zur Strafe dafür wurde er von den Göttern an den Kaukasus geschmiedet. Und im australischen Busch erzählen sich noch heute die Ureinwohner, daß es vor langer, langer Zeit der kleinste Vogel, der Zaunkönig, gewesen sei, der unter seinem Schwanz den Funken vom Himmel heimlich herabgetragen habe.

Noch **b e s a ß e n** die Menschen nur das Feuer. Jahrtausendlang mußte es als lodernde Flamme oder als Glut vorhanden sein, wenn man es besitzen wollte. Die Möglichkeit, selbst Feuer zu machen, Feuer aus dem „Nichts“ herzustellen, war unbekannt. Das „Feuermachen“ mußte erst erfunden werden.

Es ist nun gewiß nicht anzunehmen, daß sich vielleicht ein besonders gescheiter Mann hingesetzt und darüber nachgedacht hätte, wie man wohl das Feuermachen erfinden könnte. Vielmehr wird eine andere Erfahrung, die im Zusammenhang mit der Werkzeugherstellung gewonnen wurde, zu Hilfe gekommen sein.

Wir sprechen zwar von der „Steinzeit“ und meinen damit, daß die hauptsächlichsten Werkzeuge aus Stein angefertigt wurden. Daneben gab es aber Werkzeuge aus Knochen, aus scharfkantigen Muschelschalen oder aus Holz. Das Holz war in erster Linie der Werkstoff, der mit den Werkzeugen bearbeitet wurde. Aus Holz war der Speer, mit dem der Jäger



sozusagen seinen Arm verlängerte, und aus Holz waren Bogen und Pfeil, mit dem das flüchtige Wild niedergestreckt wurde.

Beides sind übrigens echte Erfindungen, sie sind ohne Vorbild in der Natur. Vielleicht war es die Elastizität zurückschnellender junger Bäumchen, das Schwingen gespannter Tiersehnen, die die Anregung gaben für das jahrtausendlang fast unverändert bestehende wichtigste Jagdgerät: den Bogen.

Wir wissen es nicht; aber wir wissen, daß mit den steinernen Werkzeugen — die allmählich für immer speziellere Verrichtungen aus dem Faustkeil entwickelt wurden und die schließlich nur noch als Beil oder Messer, als Schaber oder Kratzer, als Bohrer oder Dolch oder Pfeilspitze verwendet werden konnten — Holz und Fell und wiederum der Feuerstein selbst bearbeitet wurden.

Jeder weiß, daß beim Bohren oder beim Schaben Wärme entsteht. Und daß aus dieser Art des gewissermaßen versteckten Feuers auch offenes Feuer entstehen kann, mag entdeckt worden sein, als mit einem im Feuer besonders gehärteten spitzen Holzbohrer ein Loch in ein anderes, weiches Holz gebohrt wurde. Der wie ein Quirl zwischen den Handflächen gedrehte Holzbohrer erhitze nicht nur das Bohrloch, er setzte schließlich das zerriebene Holzmehl in glimmenden Brand. Und daß man in einen Funken, der sich mit einem dünnen Rauchfähnchen verrät, nur vorsichtig hineinzublasen braucht, um ihn zur offenen Flamme anzufachen, das wußte man, seitdem man vor Jahrtausenden das Feuer zu hüten begonnen hatte.

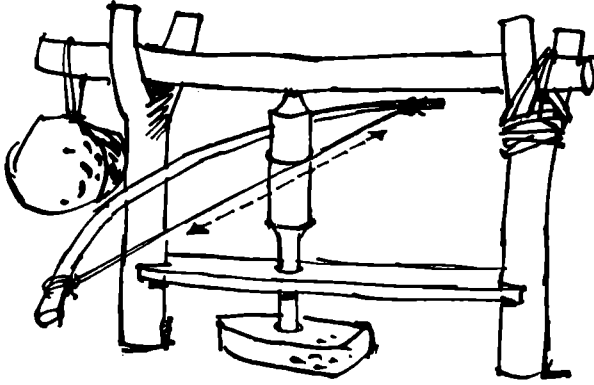
So also lernte man, selbst Feuer zu machen. Das Feuermachen war — erfunden worden. Aus der Gabe der Natur hatte der Mensch einen technischen Vorgang gemacht.

Und nun, da er es jederzeit zu entfachen vermochte, besaß der Mensch das Feuer ganz.

Solche speziell entwickelten Feuerbohrer, Feuerschaber oder auch Feuersägen, mit denen durch hartes Holz weiches in Brand gesetzt wird, sind übrigens auch heute bei einigen Völkern in Gebrauch, die — wie die Indianer im brasilianischen Urwald — fast noch auf einer solchen Stufe der steinzeitlichen Kultur leben wie vor Jahrtausenden die gesamte Menschheit.

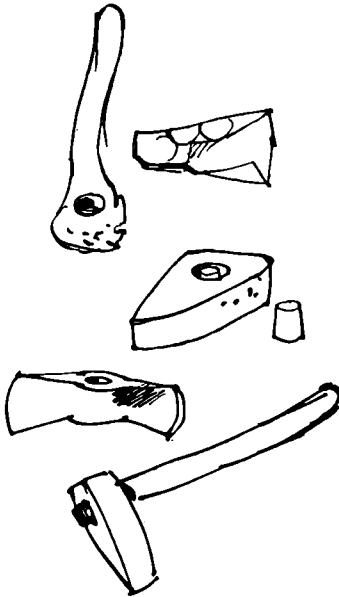
Manche verbanden den mit der Hand betriebenen Feuerquirl mit einem Bogen. Die Sehne des Bogens wurde mit einem geschickten Griff einmal doppelt um den Bohrstab gelegt, so daß der Stab sich schnell nach links und rechts drehte, wenn der Bogen wie ein Fiedelbogen hin- und hergezogen wurde. Auf diese Weise wurde das trockene Zunderholz bald zum Glühen und Brennen gebracht, wenn man nur recht tüchtig mit der durch einen flachen Stein geschützten Handfläche auf den Bohrstab drückte.

Genauso war die erste vorgeschichtliche Werkzeugmaschine beschaffen, die Bohrmaschine nämlich. Aus dem Fiedelbohrer wurde eine richtige



Steinbohrmaschine, wie sie vor ungefähr 5000 bis 6000 Jahren erfunden wurde

Werkbank. Der Bohrer wurde in einem rahmenartigen Holzgestell derart geschickt befestigt, daß er durch Steine beschwert werden konnte. Der Antrieb erfolgte durch zwei sich gegenüberstehende Männer, die den Fiedelbogen hin- und herbewegten. Und zwischen ihnen drehte sich der Bohrstab mit dem steinernen Bohrer. Durch feinen Sand, der in das Bohrloch gedrückt wurde, und Wasser wurde die Wirksamkeit des Bohrers erhöht, daß nicht nur Holz durchbohrt werden konnte, sondern auch Knochen und Steine. Bis dahin mußte man, um sich ein Werkzeug zu schaffen, das als Axt oder Hammer dienen konnte, einen steinernen Keil durch Tiersehnen mit einem hölzernen Stiel verbinden. Nun konnte man Löcher in den Stein bohren und den Holzstiel viel haltbarer mit dem Steinbeil verbinden. Diese Hämmer, Beile und Äxte sahen schon so aus wie unsere jetzigen, nur daß sie eben aus Stein waren. Aber ihre Form wurde vor Jahrtausenden von den Menschen der Steinzeit so weit vervollkommenet, daß wir auch heute noch nicht wüßten, wie wir sie besser, zweckvoller machen sollten.



Der kleine Bohrkern neben dem mittleren Steingerät zeigt, daß die Löcher nicht immer voll ausgebohrt wurden. Man verwendete auch Hohlbohrer, so daß als Kernstück ein kleiner Steinzylinder übrigblieb

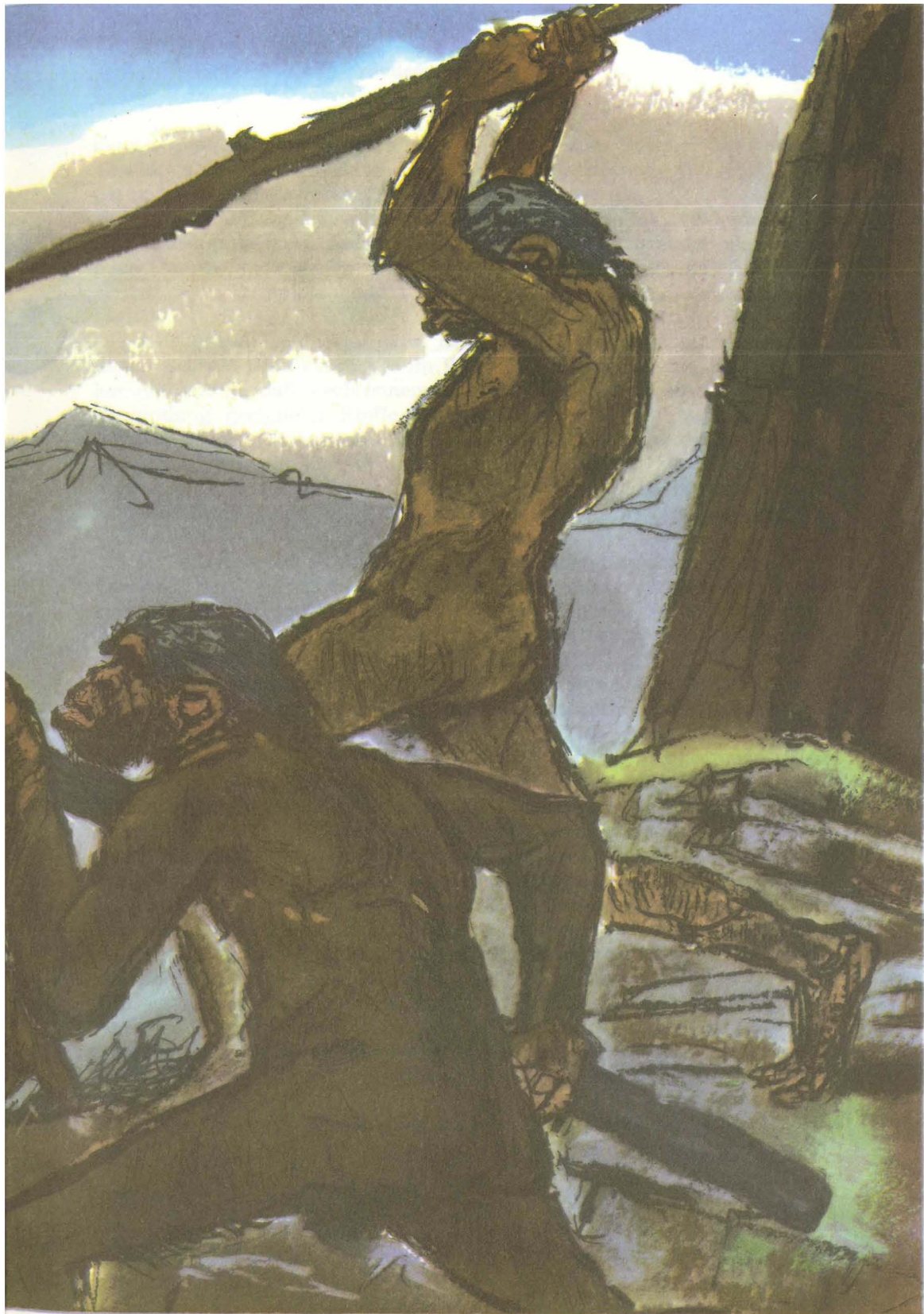
Nicht nur in diesen Werkzeugen oder in der primitiven Bohrmaschine, sondern auch in vielerlei anderen, uns völlig vertrauten Geräten und Vorgängen stecken Prinzipien, die bereits vor Jahrtausenden entdeckt und durch Erfindungen genutzt wurden.

An dieser Stelle ist vielleicht zu sagen, daß ein großer Unterschied besteht zwischen

Die Jäger der Urzeit mußten ihre Kräfte geschickt vereinigen. Nur gemeinsam waren sie stärker als das stärkste Tier. Das gemeinsame Handeln zwang aber auch zur Verständigung – zur Herausbildung der Sprache.









## Entdecken und Erfinden

denn wir wissen: Der Mensch **e n t d e c k t e** zum Beispiel das Feuer, aber er **e r f a n d** eine Methode, die es ihm gestattete, mit Hilfe von dafür geeigneten Gerätschaften selbst Feuer zu machen.

Entdecken kann man also nur, was in der Natur selbst vorhanden ist: eine bisher unbekannt gewesene Insel, eine neue Pflanzenart oder aber auch Gesetze, nach denen das natürliche Geschehen oder das mit dem Menschen in Zusammenhang stehende gesellschaftliche Geschehen abläuft.

Die Astronomen entdeckten zum Beispiel die Gesetzmäßigkeiten, nach denen sich die Himmelskörper im Weltraum bewegen; oder die Chemiker entdeckten, daß Verbrennen nichts anderes ist als eine chemische Verbindung geeigneter Stoffe mit dem Sauerstoff der Luft, bei der Wärme, Glüherscheinungen und Flammen entstehen; und die Archäologen schließlich, die Vorgeschichtsforscher, entdeckten durch ihre Ausgrabungen und die wissenschaftliche Deutung der unscheinbarsten Einzelheiten ihrer Funde, wie das Leben der Menschen in vorgeschichtlicher Zeit aussah.

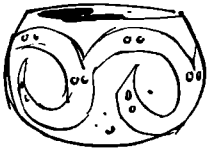
In der Technik wird erfunden, es wird vom Menschen etwas geschaffen, was es in der Natur nicht gibt: ein Werkzeug, eine Maschine, eine Vorrichtung, ein Hilfsmittel, mit dem er einen höheren Nutzeffekt seiner Arbeit erzielt. Zur Technik gehören also im weitesten Sinne alle sogenannten Produktionsinstrumente und dazu natürlich auch die Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten, die der Mensch besitzen muß, um sie sinnvoll anzuwenden und um diese Arbeitsmittel immer weiter zu verbessern.

Natürlich hängen Entdecken und Erfinden sehr eng zusammen. Sie waren am Anfang, als es nur Naturbeobachtungen gab und noch keine Wissenschaft, untrennbar. Und heute ist unsere moderne Technik ohne Wissenschaft nicht denkbar und umgekehrt keine hochentwickelte Wissenschaft ohne entsprechende Technik. Den meisten Erfindungen mußten erst bestimmte Entdeckungen vorausgegangen sein.

Der frühe Mensch gewann also durch Naturbeobachtungen solche Erkenntnisse oder Erfahrungen, die sich in Erfindungen technisch verwerten ließen. Wie das zugegangen sein mag, wird uns am Beispiel der Töpferei klar.

Die ersten vom Menschen hergestellten Gefäße waren vermutlich geflochtene Körbchen aus Binsen- oder Rindenstreifengeflecht; manche von ihnen wurden haltbarer und bis zu einem gewissen Grade auch wasser- und durchlässiger dadurch gemacht, daß man sie von beiden Seiten mit Lehm bestrich.

Sicher war es ein großes Unglück, als ein solches Gefäß einmal ins Feuer fiel. Erstaunlicherweise war aber das Gefäß nicht verdorben. Es war



Verschiedene Töpferelformen, wie die sogenannte Bandkeramik zu Beginn oder die Schnurkeramik aus dem Ende der jüngeren Steinzeit, bezeichnen einzelne Hauptabschnitte der steinzeitlichen Kultur

sogar haltbarer als vordem, es war richtig fest geworden und weichte auch im Wasser nicht mehr auf. Aus dem Feuer war ein ganz anderes Material herausgekommen, als hineingefallen war; aus dem grünlichen Lehm war ein neuer brauner, steinartiger Stoff geworden.

Als diese seltsame, aber sensationelle Entdeckung gemacht wurde, wußte man natürlich nicht, warum das alles so war. Kein Mensch hätte erklären können, welche Verwandlung sich unter dem Einfluß der Hitze im Gefüge des Materials, im Lehm oder im Ton, vollzogen hatte. Das konnte erst die Wissenschaft in viel späterer Zeit enträtseln. Aber daß diese Verwandlung nützlich war, hatte man entdeckt.

Freilich gab es noch keine technische Anweisung, wie man die Tongefäße am besten feuerhärtet, sie brennt. Erst die Erfahrungen, das Geschick und die gescheiterten Köpfe vieler Generationen brachten schließlich die Fülle der Erfindungen hervor, die dazu gehörten, um die Töpferei, die Herstellung feuergehärteter, zweckvoll geformter und reich verzierter Tongefäße zu einem festen Bestandteil der materiellen Kultur der jüngeren Steinzeit zu machen.

In frühester Zeit wurden also bereits durch Beobachtungen und Erfahrungen Naturerkenntnisse gewonnen, die später zum Aufbau der Naturwissenschaften führten. Viele solcher Entdeckungen regten zu technischen Erfindungen an, oder sie halfen bei ihrer Verwirklichung.

Für manche Erfindungen bot die Natur auch unmittelbare Anregungen; der Mensch hatte gewissermaßen nur die Aufgabe, sie entsprechend seinen Bedürfnissen abzuwandeln. Dazu gehören ohne Zweifel die Behausungen, die der Mensch sich schuf.

Die Anregungen dafür empfing er nicht nur von Säbelzahn, dem Höhlentiger, der sich mit der sicheren Felsenhöhle begnügte, die er fertig vorfand. Die Nester der Vögel, aus zusammengetragenen Halmen, Federn und Reisern kunstvoll gebaut, die Erdhöhlen der Füchse und Dachse und die Burgen der Biber gaben genügend Vorbilder ab.

So entstanden der primitive Windschirm, der aus Zweigen grob zusammengesteckt und mit Gras und Laub abgedichtet war, die Hütten aus geflochtenen Bastwänden oder Rindenmatten, über die noch Tierfelle

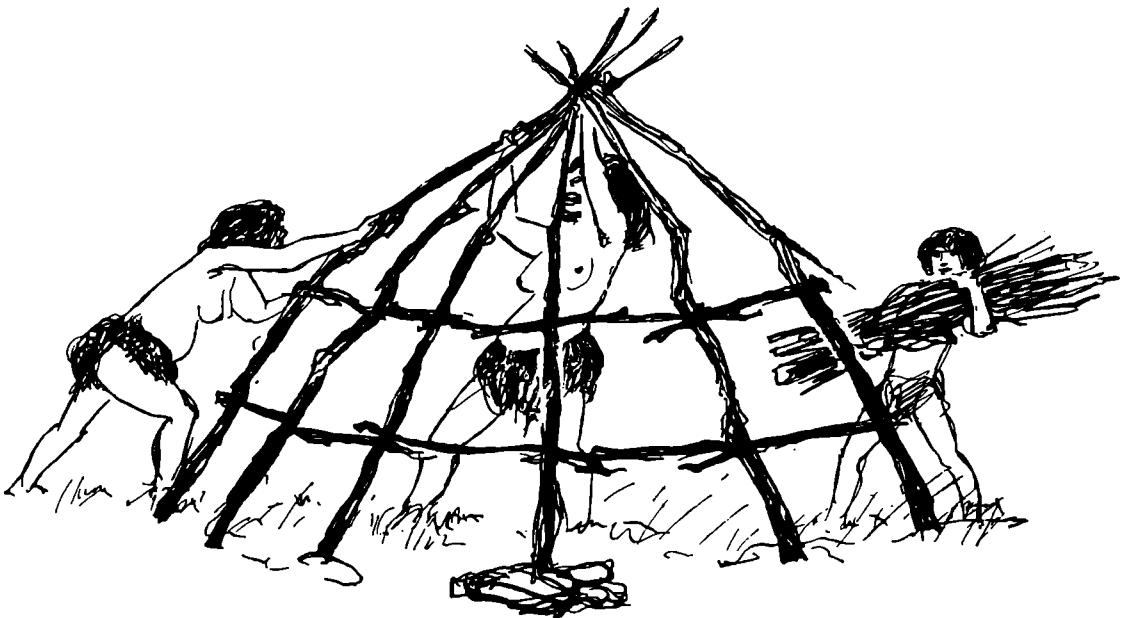
gelegt wurden, wenn es regnete, und die Erdgruben, über die man zeltartig Tierfelle spannen oder dünne Baumstämme legen konnte.

War der Windschirm, der sich sehr schnell aus überall greifbarem Material anfertigen ließ, eigentlich noch mehr ein Schutzschild für die Feuerstelle gewesen als ein Schutz für die dahinter lagernden Menschen, so war er immerhin schon die erste Wand einer künftigen Behausung. Die freistehenden, zeltartigen oder halb in den Erdboden gegrabenen Hütten hatten zu späterer Zeit schon rundum Wände. Aber ebenso wie der Windschirm waren sie verhältnismäßig schnell zu errichten, und man konnte die Teile, die besonders wertvoll waren — die Matten, Felle und passenden Zeltstangen — auf einzelne Lasten verteilt mit sich führen, wenn die Sippe wieder weiterzog.

Denn unterwegs waren diese Jäger und Sammler ja fast immer. Sie zogen den wandernden Herden nach, errichteten ihr Lager in der Nähe einer Tränke, und wenn dorthin kein Wild mehr kam, suchten sie nach einem neuen Jagdgebiet. Ebensooft mußte weitergewandert werden, weil die nach Früchten und Knollen suchenden Frauen in der Umgebung des Lagerplatzes nichts Eßbares mehr fanden und nun darauf drängten, daß ein neues Sammelgebiet erschlossen wurde.

Der Mensch nährte sich also von dem, was er erjagen, einsammeln oder im Flusse finden konnte. Und alles, was die Angehörigen der zusammenlebenden Sippe erbeuteten, gehörte allen Mitgliedern, sie verzehrten es gemeinsam; war einmal längere Zeit die Jagd erfolglos, dann hungerten sie freilich auch gemeinsam. Jeder half, entsprechend seinen Fähigkeiten, damit die kleine Gemeinschaft möglichst gut versorgt war.

Die Männer gingen auf Jagd, und die besten von ihnen unterwiesen die heranwachsenden Jungen in der Kunst des Fährtenlesens, des Bogen-





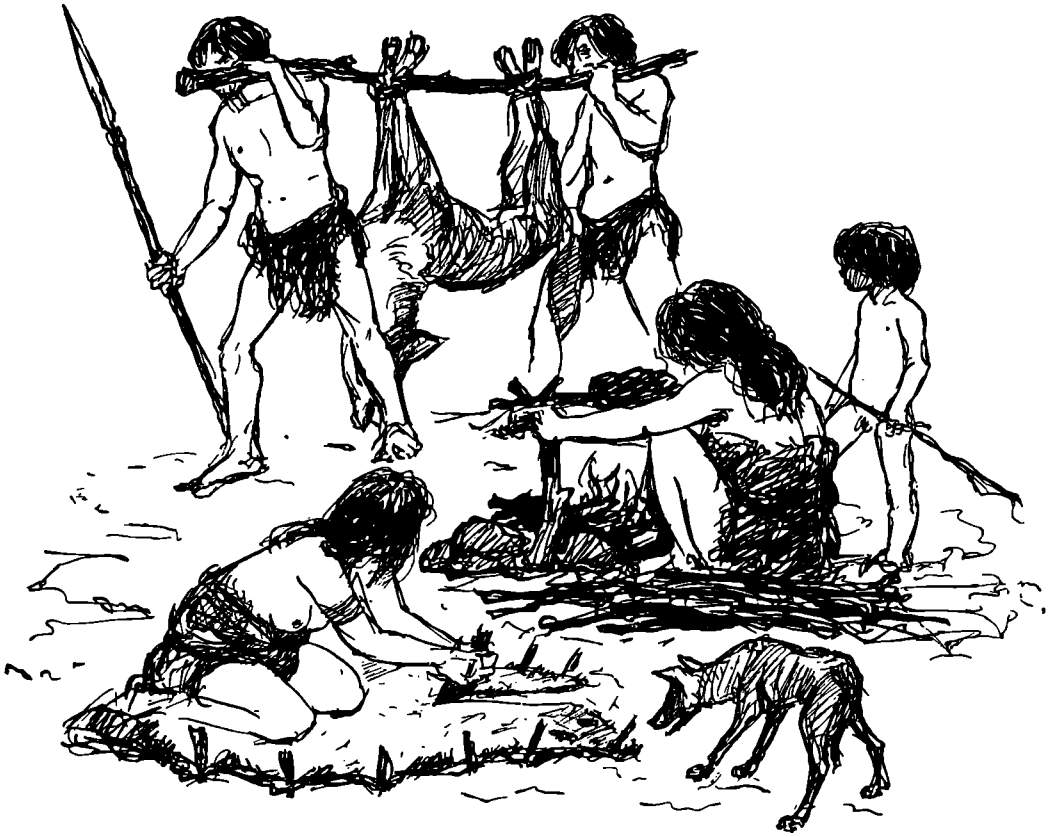
Von einem Kernstück durch Abschläge gewonnene Feuersteinklingen wurden zu Stacheln und Schabern, Jagdmessern oder Speer- und Pfeilspitzen

schießens und vermittelten ihnen alle Geschicklichkeiten, die sie selbst besaßen im Aufspüren, Stellen und im Ausweiden der erlegten Tiere.

Andere waren besonders gewandt in der Bearbeitung des Feuersteins, des Materials also, aus dem hauptsächlich die Messer und Dolche, die Pfeilspitzen, die mit Widerhaken versehenen Harpunen und Fellschaber hergestellt wurden. Sie sprengten mit geschickten Schlägen von einem Feuerstein schmale Splitter ab, die fast so scharf waren wie geschliffene Messer; und aus dem besonders harten Kern des Feuersteins, der sich nicht weiter in splitternde Abschläge verwandeln ließ, stellten sie durch genau geführte Hiebe die scharfen Klingen der Äxte oder Keile her.

Sicherlich gab es auch Männer, die sich in der Kunst des Fallenbaues hervortaten. (Was es mit diesen geschickt aufgebauten Tierfallen für eine Bewandnis hat, werden wir noch genauer erfahren.) Und schließlich wird es auch solche Jäger gegeben haben, die sich auf die Fischjagd mit der Harpune vom schwankenden Einbaum aus am besten verstanden und andere, die aus Binsen Fischreusen herstellen konnten und sie auch an genau der richtigen Stelle im Flusse versenkten, so daß die Fische gerade ins Netz schwimmen mußten.

Die Frauen wiederum hatten alle Hände voll zu tun, um aus dem Wald die Beeren, Knollen und Wurzeln zu holen, die genießbar waren, dazu die Samenkörner wilder Grasarten, die saftigen Blätter wilder Gemüsepflanzen oder die süßen Kerne aus Fruchtkapseln. Daneben verwandelten sie die mit Schabern und Kratzern gereinigten Felle in wärmende und schützende Bekleidungsstücke, sie flochten in einem Rahmen die Matten für die Wände der Hütte und die Lagerstatt, sie zauberten mit flinken Fingern aus schmiegsamen Ruten oder festen Binsen die Körbe. Sie sorgten



für die Kinder, hielten die Hütten sauber, die sie zumeist auch selbst gebaut hatten, und sie trugen schließlich das Holz zusammen, das die Alten, die als Hüter des Feuers bestellt waren, brauchten.

So half jeder der Gemeinschaft nach bester Kraft. Die Arbeit war auf natürliche Weise, je nach ihrer Schwere, aufgeteilt zwischen den Männern und Frauen. Aber sie war ebenso eine selbstverständliche Pflicht für alle, wie es ein selbstverständliches Recht war, daß jeder den gleichen Anteil am gemeinsam Errungenen hatte. Das Leben vollzog sich innerhalb der Sippe.

Ein Leben außerhalb wäre undenkbar gewesen und ein Robinsondasein unmöglich. Denn nur die vereinten Kräfte und Fähigkeiten vermochten die gemeinsame Existenz zu sichern.

Nur wenn viele Pfeile und Speere trafen, konnten die flüchtigen Rentiere erjagt oder der Bär zur Strecke gebracht werden. Und nur wenn viele kräftige Männerfäuste zupackten, konnten die Fallen aufgebaut werden, diese

## Fangmaschinen der Steinzeit,

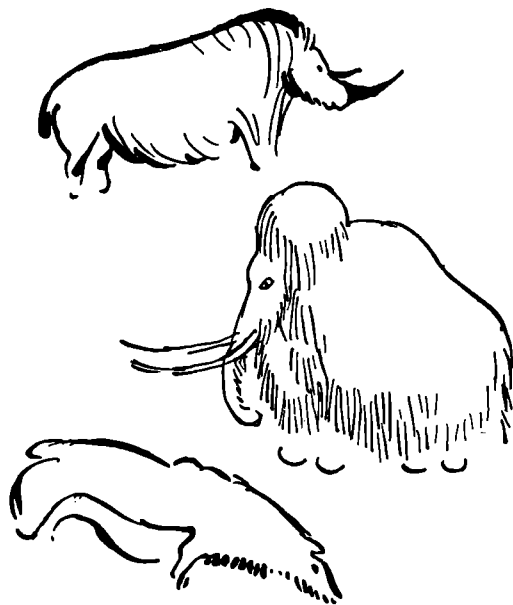
die wir als die vielleicht imponierendsten Erfindungen der menschlichen Frühgeschichte ansehen müssen. In ihnen stecken Prinzipien, die wir noch heute anwenden.

Freilich würde es keinem, der in einen Schokoladenautomaten ein Geldstück einwirft, einfallen, daß in diesem Automaten das gleiche Schwerkraftprinzip wirksam ist wie in den Schwerkraftfallen, die schon vor Jahrzehntausenden die Menschen der Steinzeit erfunden haben.

Die massige Schwere der Tiere, der Mammuts oder Nashörner, hatte den Jägern schon immer die Jagd auf sie besonders erschwert. Diese wandelnden Fleischberge waren zwar sehr begehrt, aber solche dickfelligen Ungetüme waren selbst mit einem Hagel von Speeren und Pfeilen kaum zu erlegen. Sie wurden vom Schmerz nur wütend und zerstampften und zerfetzten, wen und was sie erwischen konnten.

Am leichtesten ließen sie sich töten, wenn sie schon gefangen waren — das heißt, wenn sie in einen Felsspalt gerutscht, in einer verlassenen Wohngrube eingeklemmt festsaßen oder im Sumpfe langsam versackten. Dann kam man an sie heran und konnte sie an ihren empfindlichsten Stellen tödlich treffen, ohne selbst gefährdet zu sein.

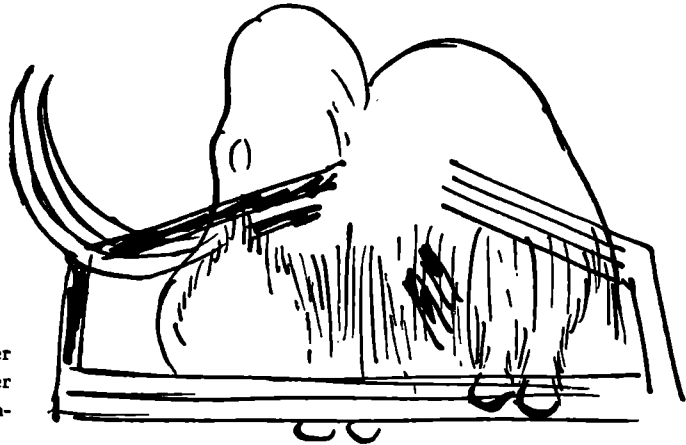
Gelegentliche Unfälle — hervorgerufen durch das riesige Gewicht und die Schwerfälligkeit dieser Tiere — mochten die Jäger dazu angeregt haben, solche Situationen vorsätzlich herbeizuführen. Denn schon vor rund 20 000 Jahren hoben die Männer der Altsteinzeit auf den Wild-



Die urgeschichtliche Kunst beginnt mit den sogenannten Höhlenzeichnungen, auf denen die jagdbaren Tiere — Nashorn, Mammut, Höhlenbär, Riesenhirsch, Wildpferd usw. — dargestellt wurden



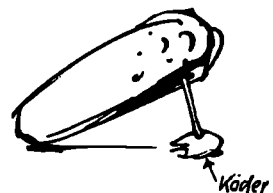
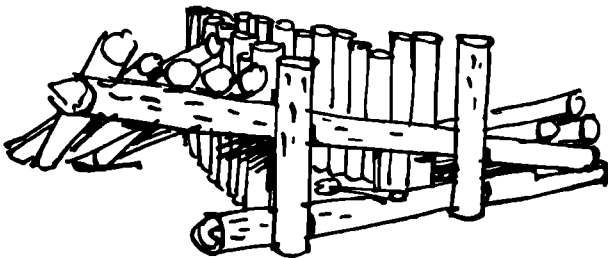
Höhlenzeichnung mit der Darstellung eines in der Falle gefangenen Mammut



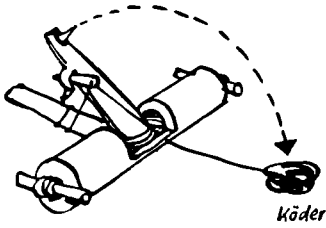
pfaden zur Tränke tiefe Gruben aus, die sie mit Zweigen, Erde und Moos gut bedeckten. Die sich langsam heranschiebenden Fleischberge gingen arglos darauf zu, und mit der zusammenbrechenden dünnen Tarndecke stürzten sie in die Gruben. Jetzt waren sie verhältnismäßig wehrlos, und der Jubel im Lager war groß, wenn man einen solchen Koloß gefangen und für viele Tage Fleisch hatte.

Aus dem Eigengewicht der Tiere war also ein technischer Nutzen gezogen worden.

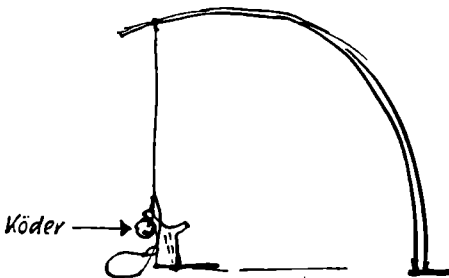
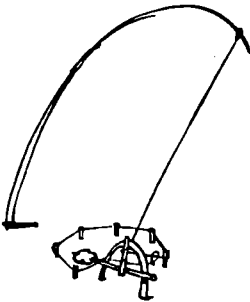
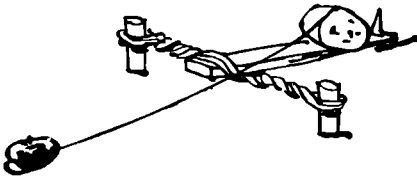
Aber damit nicht genug. Aus der Beobachtung von herabbrechenden Felsen, von Steinschlägen, die mit zerstörerischer Gewalt steile Abhänge herunterrasten, oder von stürzenden Baumstämmen wird der Gedanke entstanden sein, solche vernichtenden Kräfte willkürlich auszulösen und sie zugleich auf ein Tier zu lenken, dem man sonst nur schwer bekommen konnte. Es entstanden Schwerefallfallen: Die in eine bestimmte Fallhöhe gebrachte Schwere von Steinen oder Baumstämmen — also die Lageenergie — wurde ausgenutzt. Jetzt brauchte der durch einen süßen Köder angelockte Bär nur auf den geschickt angelegten Mechanismus, einen Holzstab, zu treten oder ihn ein wenig zur Seite zu drücken, wenn er schnüffelnd den Kopf zum Köder zwängte, und schon löste er die Sperren und Hebel aus, die bis dahin die aufgetürmten Felsbrocken oder Baumstämme in ihrer genau ausbalancierten gefährlichen Lage



Solche Schwerefallfallen erwarteten an Stelle des Jägers die Beute



Köder



Köder

Ähnliche Torsions- und Schwippgalgenfallen werden noch heute von den Eskimos und in den afrikanischen und südamerikanischen Urwäldern zur Jagd verwendet

gehalten hatten. Auf der Stelle brachen die massigen Gewichte über den Bären herein und erschlugen ihn.

Später wurde die Erfahrung gewonnen, daß irgendein elastisches Material, eine Tiersehne etwa, immer wieder in seine alte, ursprüngliche Lage zurückstrebt, wenn es um seine Querachse gedreht wird. Verstärkt wird diese Drehspannung, wenn man mehrere solcher Stränge zusammendreht, sie drillt.

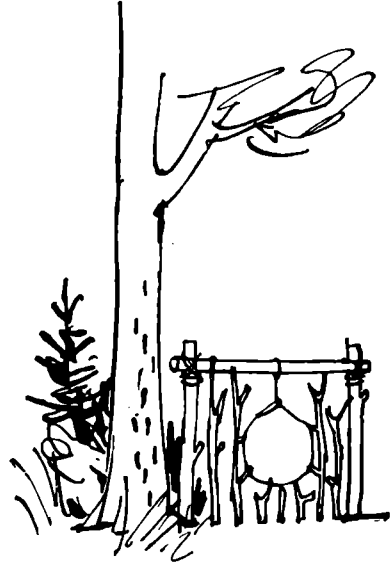
Nach diesem sogenannten Torsionsprinzip funktioniert übrigens auch der Gummimotor, der ein Spielzeugschiffchen treibt. Er wird einfach dadurch aufgezogen, daß man an der „Schiffsschraube“ dreht und damit die Gummistränge drillt und spannt. Setzt man das Schiffchen ins Wasser und läßt die Schraube los, löst sich die Spannung, die Schraube dreht sich nach der anderen Seite und treibt das Schiff vorwärts.

Welche Schubspannung durch diese Torsion erreicht werden kann, wird deutlich an jeder Tischlersäge, deren Sägeblatt gespannt wird von gedrillten Strängen, die durch ein verklemmtes Querholz in ihrer Spannung erhalten werden. Löst man unvorsichtigerweise diese Spannung aus, indem man das Querholz verschiebt, so daß es herumschlagen kann, gibt es blaue Flecke, wenn die Hand dazwischen ist.

Schon vor Jahrtausenden wurden durch den wuchtigen Hieb einer von der Torsion gespannten Schlagfalle die Tiere getötet oder durch ein niedersausendes Netz, durch einen zuschnappenden Greifer gefangen. Mit geschickt angebrachten Sperren mußte die erzeugte Spannung so lange gehalten werden, bis ihre Kraft von dem Tiere ausgelöst wurde, das gefangen oder erschlagen werden sollte.

Es gab noch vielerlei Fallen. Es gab Schlingen, die durch einen Schwippgalgen genau dann zusammengezogen wurden, wenn das

Eine Schlingenfalle,  
geschickt als Durchschlupf getarnt



Tier mit dem Kopfe in der Schlinge saß. Es betätigte den Auslösemechanismus, indem es am Köder zerrte, der mit diesem Mechanismus in Verbindung stand. Und es gab kombinierte Fallen, bei denen mehrere der hier beschriebenen Prinzipien zusammenwirkten.

Aus alledem sehen wir, wie der Mensch bereits in der Urzeit lernte, mit Hilfe physikalischer Prinzipien Kräfte zu speichern, die von geeigneten Mechanismen im richtigen Moment ausgelöst und selbsttätig wirksam wurden. Er sammelte durch Beobachtungen Erfahrungen, noch längst ehe es eine physikalische Wissenschaft gab, die diese Vorgänge erklären, ihre Gesetze begründen konnte.

Diese Fallen waren technische Meisterleistungen ersten Ranges, sie waren gewissermaßen die ersten Automaten. Sie verrichteten — nachdem der Mensch durch seine Arbeit die nötigen Kräfte in ihnen aufgespeichert hatte — selbsttätig Arbeit. Sie lagen, in Stellung gebracht und durch hunderte Kniffe gut getarnt, sozusagen für den Menschen auf der Lauer. Sie jagten, ohne daß der Mensch selbst anwesend sein mußte. Die Jäger konnten inzwischen neue Fallen aufstellen, Baumstämme zu Einbäumen ausbrennen oder ihre Waffen verbessern.

Seit diesen frühen Tagen der Technik wird auch der Wunsch lebendig sein, sich für alle Arbeiten Maschinen und Geräte zu schaffen, die die Kräfte speichern, sie verdoppeln und vervielfachen oder die sogar Menschenkräfte zu ersetzen vermögen. Und sicher ist, daß diese technischen Träume nicht nur ein Ansporn zum weiteren Erfinden waren, sondern sie führten vom Traum zum Märchen und zu den zauberischen Vorstellungen, die wir aus dem alten Sagen- und Märchenschatz aller Völker kennen. In vielen von ihnen steckt der Wunsch, ohne körperliche Plage sein Essen und Trinken, seine Wohnung und seinen Lebensunterhalt zu haben, und dazu sollten das erträumte Tischleindeckdich oder der Zauberranzen, die Wunderlampe oder der Zauberstab verhelfen.

Viele dieser Träume hat der Mensch im Verlaufe der Jahrtausende mit seiner Arbeit verwirklichen können — ohne Zauberei und ohne die Hilfe überirdischer Kräfte — er selbst vollbrachte durch seinen Erfindungsreichtum, seine Geschicklichkeit, seinen Mut und seine unverdrossene Arbeit viel größere Wunder, als sie je ein Zauberer im Märchenbuch vollbracht hätte.

Ehe richtige Häuser gebaut werden konnten, ehe es möglich war, mit

### Bauen und Pflügen

zu beginnen, mußten die Werkzeuge so weit vervollkommnet sein, daß man mit fest im Schaft steckenden Äxten dicke Bäume fällen konnte, und man mußte scharfe Hacken haben, um die Stämme zu bearbeiten.

In dieser Zeit entstanden auch die ersten Sägen: Spitze Steinsplitter wurden dicht nebeneinander so in einem Holz verklemmt, daß man damit sägen konnte. Und die Schneiden der Steinwerkzeuge wurden nun schon geschliffen, das heißt, auf einem anderen Stein mit Hilfe von feinem Sand so lange poliert, bis sie glatt und scharf waren. Bis dahin hatte man sie ja nur durch Abschläge schärfen können, und da blieb es nicht aus, daß die Schneiden schartig waren und leicht ausbrachen.

Jetzt entwickelten sich die technischen Fertigkeiten, die zum groben Blockhausbau gebraucht wurden.

Bevor der Wunsch entstand, in einem festen Haus zu wohnen, mußte überhaupt erst das Bedürfnis vorhanden sein, an einem Flecke für längere Zeit bleiben zu wollen. Und die Voraussetzung für dieses Bedürfnis wiederum war, daß die Menschen nicht mehr ausschließlich auf die Nahrungsmittel angewiesen waren, die die Natur ihnen mehr oder weniger freiwillig bot und die sie sich, auf ständiger Wanderung begriffen, erbeuten konnten.



Das traf zu, als der Mensch entdeckt hatte, daß es besser war, nicht alle gefangenen Tiere sofort zu töten, sondern sie zu füttern und sich vermehren zu lassen.

Die Männer brachten junge Tiere mit in die Siedlung. Die Ferkel von Wildschweinen, die Kälbchen von wildlebenden Rindern oder die kleinen Ziegen und Wildschafe waren vielleicht zunächst nur zum Spielen für die Kinder gedacht gewesen. Aber sie wuchsen in den Gehegen aus Pfählen heran, wurden zahm und vermehrten sich sogar in der Gefangenschaft. Natürlich ließ sich nicht jede Art von wildlebenden Tieren zähmen, aber die hauptsächlichsten unserer Haustiere wurden bereits zu dieser Zeit domestiziert, wie man die allmähliche Umwandlung wildlebender Tiere in Haustiere nennt.

So wurden aus Jägern allmählich Hirten, die durch die Pflege und Aufzucht nicht nur viel mehr Fleisch gewinnen konnten als durch die Jagd, sondern die zudem entdeckten, daß ja auch die Milch der Muttertiere für den Menschen höchst nahrhaft ist.

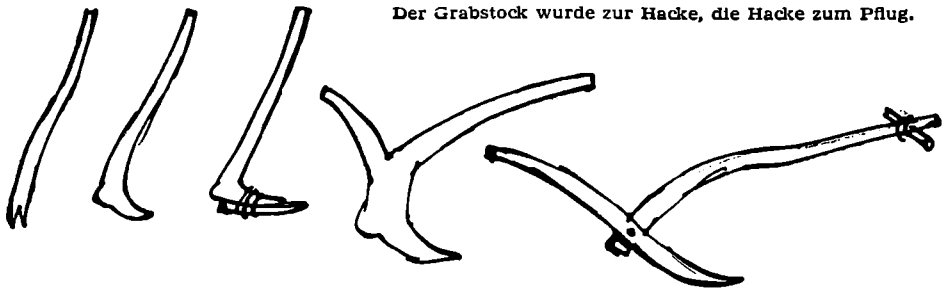
Die Frauen machten zu dieser Zeit ebenfalls eine Entdeckung. Sie fanden nämlich, als man einmal für längere Zeit an einem besonders ergiebigen Jagd- oder Weideplatz wohnen blieb, daß einige der zufällig verschütteten Grassamen und in den Abfallhaufen geratene Knollen aufgegangen waren. Sie hatten geblüht und trugen nun eben wieder die Früchte, dicht vor der Tür sozusagen, nach denen man sonst stundenweit in den Wald laufen mußte.

Das Geheimnis von Saat und Ernte war entdeckt worden, und der Mensch begriff, daß der Boden nach seinem Willen Frucht zu tragen vermochte, wenn er nur ein wenig dafür vorbereitet wurde.

Manche der Sippen und Stämme, die bisher nur von dem gelebt hatten, was sie sich beim Sammeln von Früchten und bei der Jagd aneignen konnten, begannen nun, ihre Nahrung selbst zu produzieren. Galt bisher die Hauptaufmerksamkeit der Verbesserung der Jagdwerkzeuge, so nahm nun die Entwicklung der Gerätschaften einen Anfang, die für die Bearbeitung des Bodens benötigt wurden.

Bis dahin hatten die Frauen mit einem zumeist in der Spitze gegabelten und im Feuer gehärteten Grabstock nach wildwachsenden eßbaren Knollen und Wurzeln gesucht. Jetzt wurde aus dem Grabstock der Pflanzstock, mit dem sie die Löcher in die Erde stachen, in die sie dann die Samen versenkten. Und aus einem Stock, der sich durch ein am Ende im Winkel abstehendes Aststück besonders gut zum Auflockern der Erde, zum Furchenziehen und zum Heraushacken der Knollen eignete, wurden allmählich die haltbarere steinerne Hacke und der Furchenstock.

Natürlich wußte man noch nichts von Fruchtwechsel und Düngung, und so war es kein Wunder, daß nach einigen Ernten der Boden erschöpft war und keine Frucht mehr trug. Aber das war nicht schlimm, dann nahm die Sippe ein anderes Stück Land in Kultur, hackte und bepflanzte es, und das übrige besorgten Sonne und Regen.



Der Grabstock wurde zur Hacke, die Hacke zum Pflug.

Wir könnten uns denken, daß eines Tages ein Mann einen Ochsen auf den zu bestellenden Acker führte und ihn an den Stiel der Hacke anband, die er tief in den Boden geschlagen hatte. Als der Ochse anzog, wurde die Hacke, die infolge ihrer Winkelstellung nicht aus dem Boden konnte, in der Erde entlanggezogen und das Erdreich in einer Furche aufgerissen. Wir wissen nicht, ob auf eine solche Art der Pflug oder besser gesagt, das Prinzip des Pflügens erfunden wurde. Und wir könnten dem betreffenden Manne oder der Frau kein Denkmal setzen, obwohl sie es verdient hätten, denn mit dem Pfluge begann der Mensch erst richtig, sich die fruchttragende Erde untertan zu machen. Wahrscheinlich müßten wir nämlich einer ganzen Anzahl von Steinzeitmenschen dafür Denkmäler setzen, denn sicherlich ist auch der Pflug, wie vordem alle übrigen Werkzeuge, Geräte, Fallen usw., an vielen Stellen der bewohnten Erde und mehrmals erfunden worden.

Wir haben ja gesehen, daß Erfindungen den Menschen nicht etwa aus heiterem Himmel überkommen wie ein unverhoffter Gewitterregen, sondern daß sie das Ergebnis bestimmter wirtschaftlicher, gesellschaftlicher und klimatischer Zustände und Erfordernisse sind und einen ganz bestimmten Stand der Entwicklung der materiellen und geistigen Kultur zur Voraussetzung haben.

Dort, wo diese für den speziellen Fall notwendigen Bedingungen bestehen, werden die erforderlichen Erfindungen beinahe zwangsläufig gemacht — und woanders nie. Die Bewohner Innerafrikas haben beispielsweise den Schlitten deshalb nicht erfunden, weil sie ihn nicht brauchten. Und die Eskimos haben den Pflug nicht erfunden, weil sie damit nichts hätten anfangen können.

Dafür aber wurden Bogen und Speer in allen Erdteilen erfunden und überall die Wurfkeule, Fallen oder Feuerbohrer, die Töpferei und die Flechtkunst, eben weil für diese Erfindungen überall gleichermaßen die Notwendigkeit und die Möglichkeit bestand.

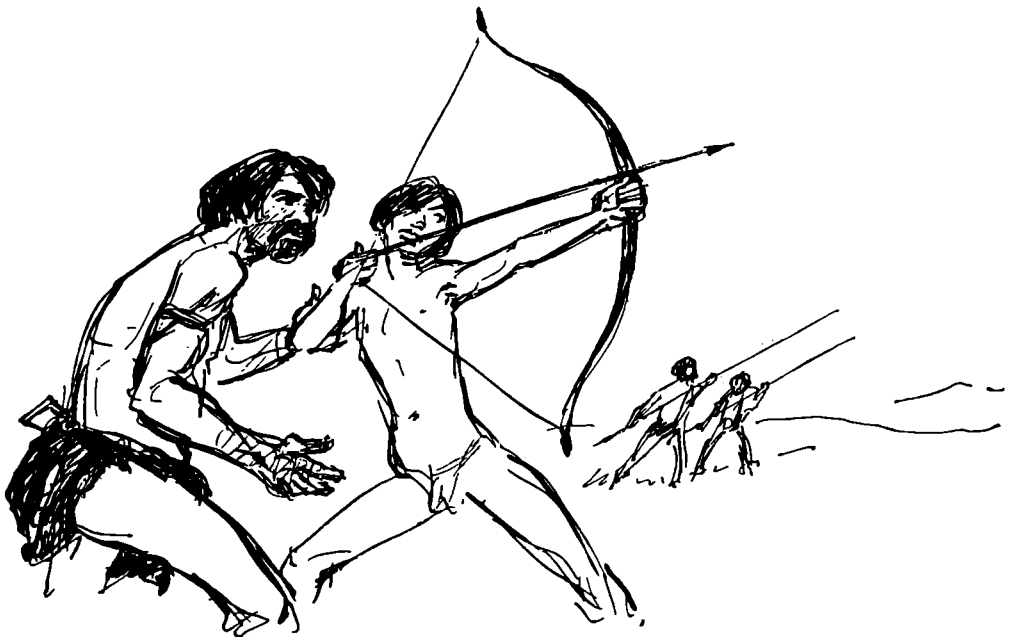
Wir können überhaupt sagen, daß bis zu diesem Entwicklungsstand der steinzeitlichen Technik überall in den bewohnten Teilen der Erde eine ziemlich gleichmäßig hohe Stufe erreicht worden war. Unterschiede ent-

standen erst, als an verschiedenen Stellen — zunächst im vorderen Orient, in Indien und China etwa 6000 Jahre vor unserer Zeitrechnung und 3000 Jahre später in Mittel- und Osteuropa — der allmähliche Übergang zur Vieh- und Feldwirtschaft stattfand.

Aber auch bei den Sippen der ersten Viehzüchter und Ackerbauern galten zunächst noch die jahrzehntausendealten Gewohnheiten der sogenannten Urgemeinschaft. Alles gemeinschaftlich Produzierte war auch gemeinschaftliches Eigentum. Ebensowenig wie vordem die mit vieler Mühe aufgebaute Falle etwa das Eigentum eines einzelnen gewesen wäre, war jetzt die Herde oder der Acker Eigentum des einzelnen.

Im privaten Besitz befanden sich natürlich auch damals schon die persönlichen Waffen, die schmückende Kette aus Bärenzähnen oder die Gerätschaften des Hauses. Aber die hauptsächlichsten Produktionsmittel waren gemeinschaftliches Eigentum.

Auch die technischen Kenntnisse waren Allgemeinbesitz wie alle anderen Kenntnisse. Was ein Mann konnte, konnten alle Männer, und was eine Frau wußte, wußten alle Frauen. Die Jungen und Mädchen wurden unterwiesen in den Fertigkeiten, die sie besitzen mußten, um im Leben bestehen zu können wie die erwachsene Generation. Das gesammelte Wissen der Alten wurde weitergegeben an die Jungen, bereichert um die Erkenntnisse und Erfahrungen des eigenen Lebens. Nichts ging verloren an Wissen und an Traditionen der Sippe oder des größeren Stammes. Aber immer Neues kam von Generation zu Generation hinzu.



Nach diesen urgemeinschaftlichen Prinzipien vollzog sich das Leben über Hunderttausende von Jahren.

Es wäre jedoch grundfalsch, dieses urgemeinschaftliche Leben mit romantischen Vorstellungen zu verbrämen oder mit ihm die Legende vom „goldenen Zeitalter“ zu verbinden. Wissenschaftler haben ermittelt, daß die Menschen der Steinzeit nur selten älter als 18 Jahre wurden. Diese geringe Lebenserwartung beweist, wie gefahrvoll und entbehrungsreich das Dasein auf dieser Stufe der Entwicklung der Menschen gewesen ist.

Kennzeichnend für die Sippenordnung war, daß die Männer nicht innerhalb der eigenen Sippe, also der eigenen Verwandtschaft, heiraten durften. Sie mußten ihre Frauen aus einer anderen Sippe des gleichen Stammes wählen.

Die Männer verließen ihre Sippen und zogen zu denen der betreffenden Frauen. So blieben die Frauen ihr ganzes Leben hindurch bei ihrer Verwandtschaft, denn alle Frauen der Sippe waren ja miteinander verwandt, während ihre Männer aus fremden Sippen kamen.

Eine große Rolle spielten die gemeinsamen Versammlungen, auf denen alles beraten wurde, was die Gemeinschaft betraf. Hier wurde der Häuptling gewählt, der mit dem Rat der besten Jäger und der tüchtigsten Frauen die gemeinsame Arbeit organisierte, der die Aufgaben an die einzelnen Mitglieder der Sippe verteilte und der auf die sinnvolle Einhaltung der Ordnung des Lebens achtete. Später wurden durch ihn auch der Ackerboden und die Viehweiden vergeben.

Aus den Sippenhäuptlingen setzte sich der Rat der Stammeshäuptlinge zusammen, an deren Spitze ein ebenfalls gewählter Stammeshäuptling stand.

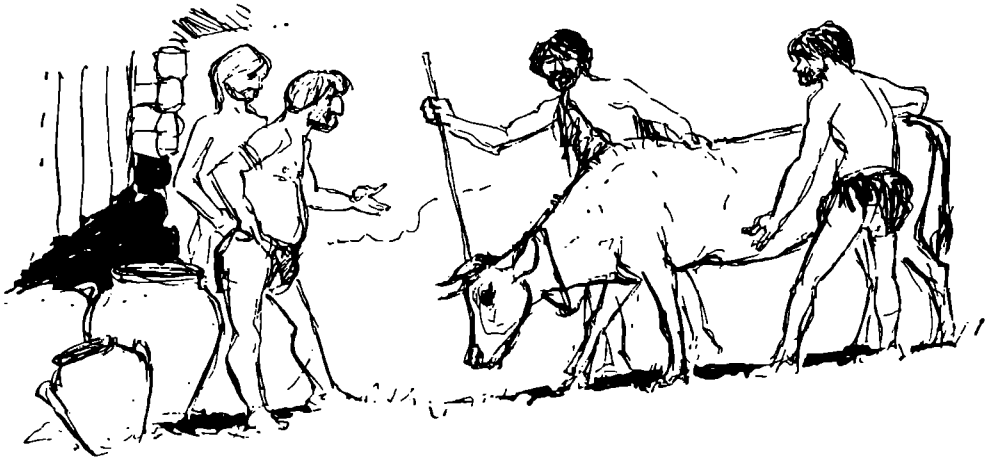
Über das Zusammenleben der Menschen in der Urgemeinschaft schrieb Friedrich Engels:

„Es ist eine wunderbare Verfassung in all ihrer Kindlichkeit und Einfachheit. Ohne Soldaten, Gendarmen und Polizisten, ohne Adel, Könige oder Richter, ohne Gefängnisse, ohne Prozesse geht alles seinen regelten Gang. Allen Zank und Streit entscheidet die Gesamtheit derer, die es angeht. Die Beteiligten entscheiden, und in den meisten Fällen hat jahrhundertalter Gebrauch alles geregelt. Arme und Bedürftige kann es nicht geben. Alle sind gleich und frei.“

Erst in der vergleichsweise historisch kurzen Zeit der letzten 6000 bis 8000 Jahre wurde das alles ganz anders.

Es begann damit, daß die weiteren Fortschritte auf dem Gebiete der Nahrungsmittelproduktion zu einer ersten gesellschaftlichen Teilung der Arbeit führten. Das heißt, es bildeten sich Stämme heraus, die sich speziell der Vieh- und Weidewirtschaft widmeten. Sie züchteten besonders leistungsfähige Tierrassen, hauptsächlich Rinder und Schafe, und sie sonderten sich von den Ackerbauern ab.





Natürlich brauchten sie auch die Nahrungsmittel, die man durch die Bearbeitung der Äcker und Felder gewinnen konnte. Diese beschafften sie sich, indem sie Vieh, Milchprodukte, Wolle oder Häute gegen Getreide und Früchte eintauschten.

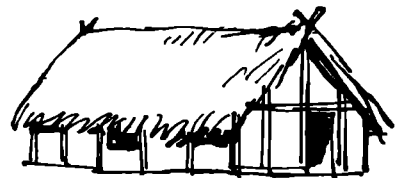
Die Tatsache, daß sowohl von den Ackerbauern wie von den Viehzüchtern nun mehr produziert werden konnte, als sie selbst brauchten — nämlich schon für den jeweiligen Tauschpartner mit —, leitete eine Entwicklung ein, die von folgenschwerer Bedeutung werden sollte.

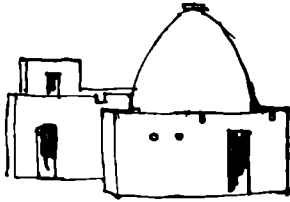
Im Bereiche der seßhaften Ackerbauern, die weiterhin in gewissem Umfange ihre Haustiere hielten, vollzog sich in sehr schnellem Tempo ein Aufschwung der Technik, der auch dadurch nicht aufgehalten wurde, daß sie von Zeit zu Zeit mit Sack und Pack weiterziehen und neues Land roden mußten, weil die alten Äcker unfruchtbar geworden waren und brach blieben. An dem neuen Fleck wurden wieder die festen Blockhäuser errichtet, an die sich die Menschen inzwischen gewöhnt hatten.

Aus dem Lager war die Siedlung, das Dorf geworden.



Im zeltartigen Haus finden wir den Urtyp der hölzernen Blockhäuser oder Pfostenhäuser, deren Flechtwände mit einem Lehmewurf bedeckt wurden





Verschiedene Formen des Hausbaues zeigen eine dem Material und dem Klima entsprechende unterschiedliche Bautechnik.

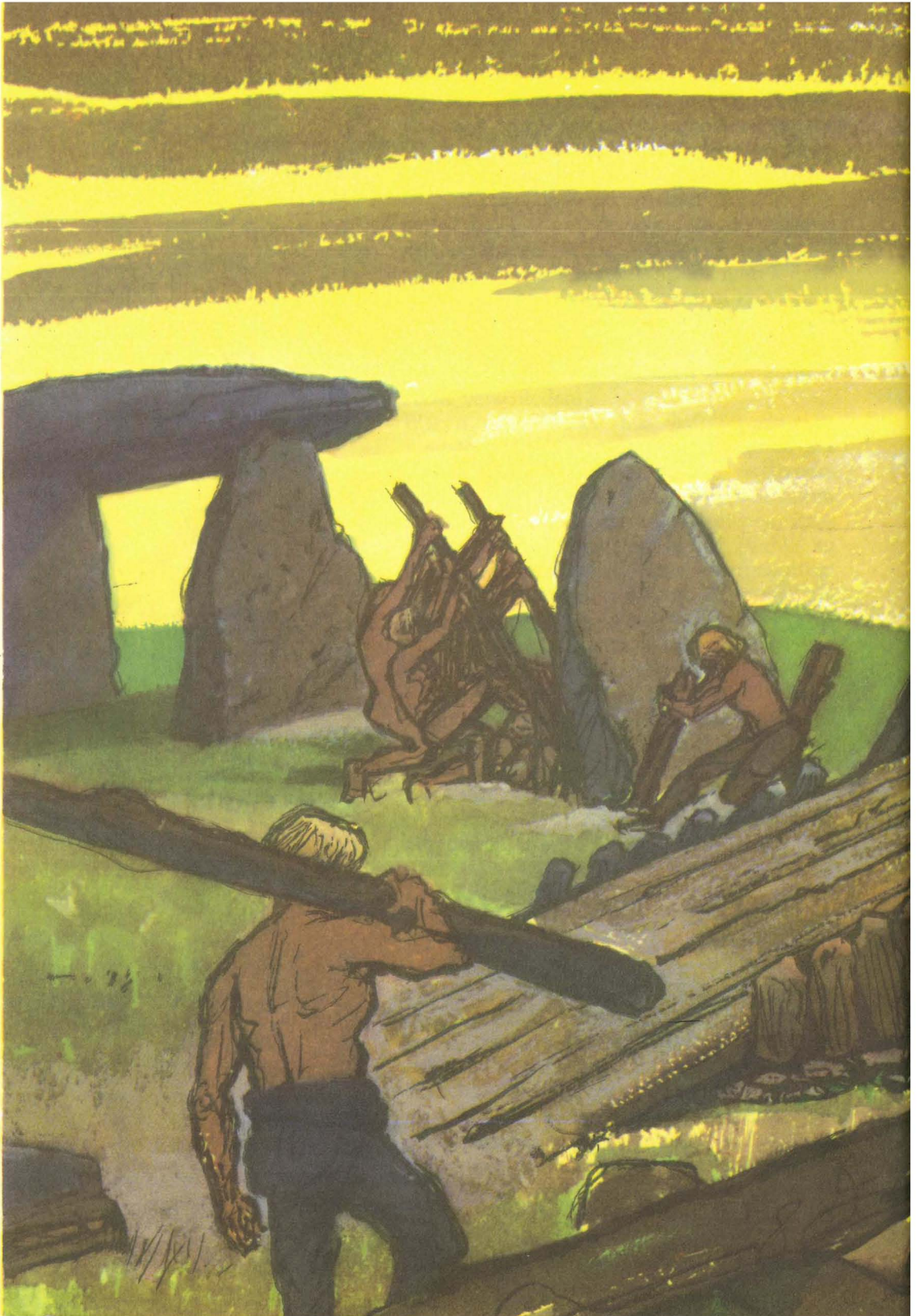
Sehr bald entdeckte man, daß die Hauswände nicht unbedingt aus stabilen Baumstämmen erbaut werden mußten. Es genügte, vor allem da, wo die Winter nicht allzu streng waren, nur Pfosten und Träger aufzustellen und dazwischen Wände aus geflochtenen Zweigen zu errichten, die fest mit Lehm verstrichen wurden. Auch Lehmziegel ließen sich herstellen, die man an der Luft trocknen oder auch brennen konnte. Überhaupt war nun die Entwicklung der Lebensweise unter den verschiedenen geographischen und klimatischen Bedingungen recht verschieden.

Waren die Häuser aus luftgetrockneten Ziegeln dem Klima im wärmeren Orient besonders gut angepaßt, so war es zweckmäßig, wenn man an den fruchtbaren Ufern eines noch dazu fischreichen Sees wohnen wollte, die Häuser auf Pfähle zu setzen, damit sie vor Hochwasser geschützt waren. Anderswo wurden die Hütten in die Wipfel großer Bäume oder auf hohe Pfähle über der Erde gesetzt, weil man sich vor den reißenden Tieren des nahen Dschungels bewahren mußte. Standen die dorfähnlichen Ansiedlungen im flachen Land, wurden sie durch Palisaden, Wälle und Gräben gegen Feinde aller Art gesichert. Auf diese Weise entwickelten sich die unterschiedlichsten Formen des Hausbaues, die bis in unsere Tage hinein erkennbar sind.

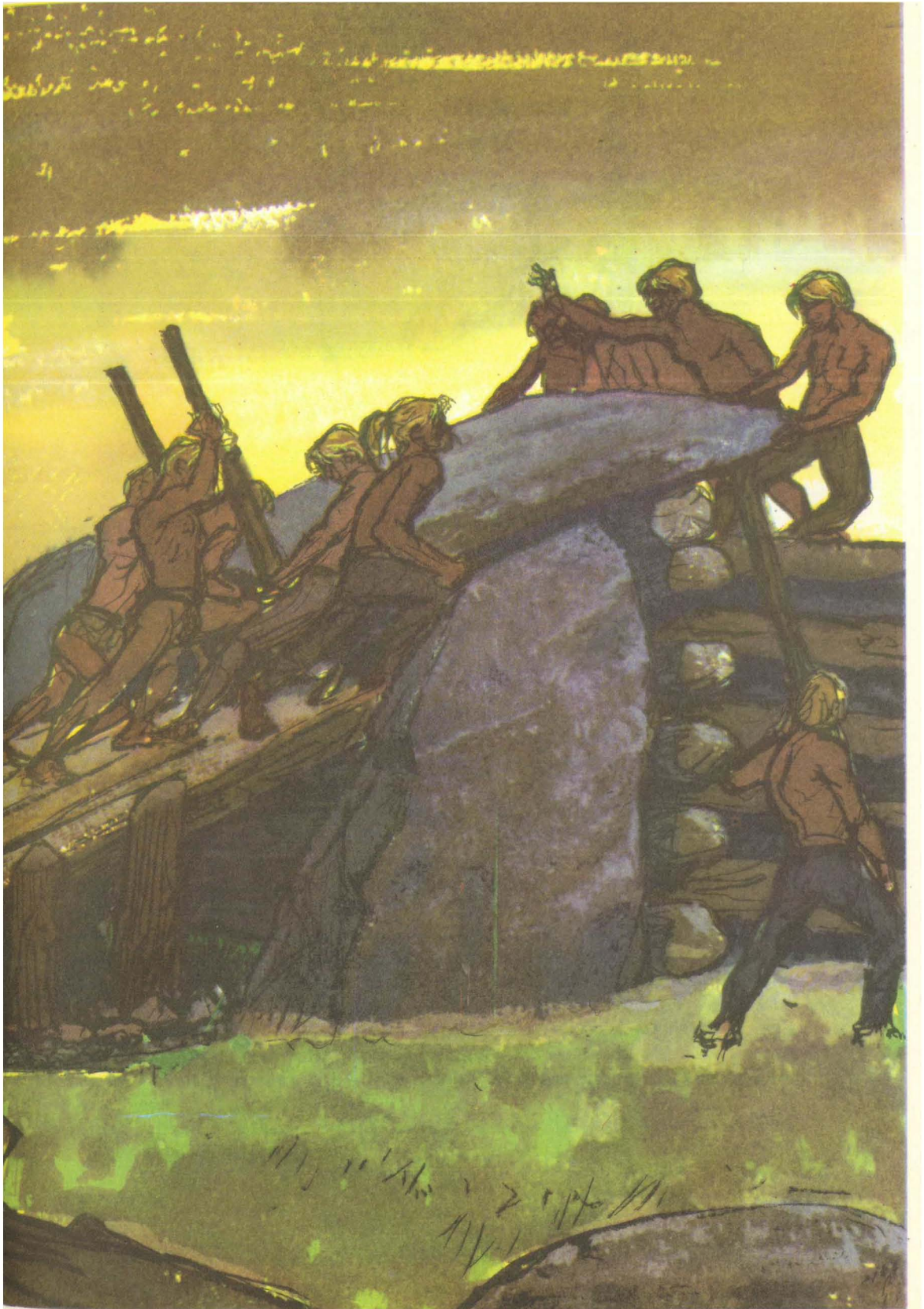
Das Leben der frühen Völker war nicht schmucklos und ohne alle Bequemlichkeiten. Die Häuser waren wohnlich — natürlich entsprechend den gegebenen materiellen Möglichkeiten und dem Stand der handwerklichen Technik. Die aufgefundenen Reste von geflochtenen Matten, von Tongefäßen, Waffen und Gerätschaften beweisen, daß sich künstlerischer Formensinn und Freude am schmückenden Zierat, an ornamentalen Mustern und bildhaften Darstellungen schon sehr früh entwickelten.

/

In gemeinsamer Arbeit und unter Anwendung von schiefer Ebene und Hebel entstanden die ersten großen Bauwerke der urtümlichen Technik.











Aus dem Flechten hatte sich die Spinn- und Webtechnik entwickelt. Vor allem wurden tierische Wolle oder Pflanzenfasern, wie Flachs oder Baumwolle, verarbeitet.

Die Frauen hatten gelernt, wie man aus den kurzen Haaren der Tier- und Pflanzenfasern einen Faden herstellt. Das Hilfsmittel dafür war die Handspindel mit dem wie ein kleines Schwungrad wirkenden Spinnwirtel aus Stein oder gebranntem Ton. Aus dem Garn webten die Frauen dichte Stoffe.

Das ging zunächst nach einer sehr einfachen Methode vor sich. Sie hingen auf einen waagrecht vom Baum strebenden Ast eine große Anzahl von Fäden nebeneinander, und jeder einzelne Faden wurde durch einen Stein straffgezogen. Durch diese senkrechten Fäden flochten sie andere Fäden waagrecht hindurch und schoben sie so dicht aneinander, daß ein fester Woll- oder Leinenstoff entstand. Ehe der Stoff zu Röcken oder kurzen Jacken verarbeitet wurde, erhielt er sogar häufig noch eine Färbung aus Pflanzensäften.

Auch an die Töpferei wurden höhere Ansprüche gestellt, weil größere Vorratsgefäße gebraucht wurden, in denen man vor allem das Saatgut

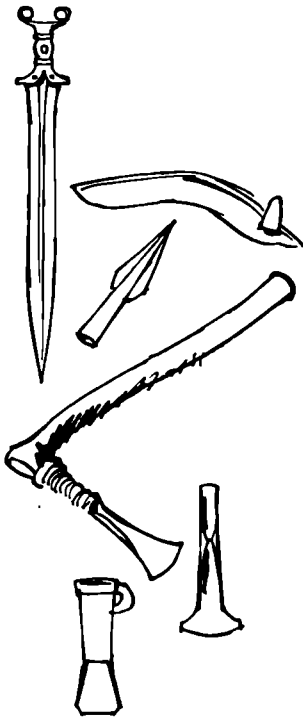
vor Ungeziefer sichern konnte. Das Gerben von Häuten war zu einer eigenen Technik geworden, denn es war nicht einfach, gutes Leder herzustellen. Und vor allem die Metallurgie, die Erfindungen also, die mit der Entdeckung und Nutzbarmachung der Metalle zusammenhingen, erforderten einen ganz neuen Typ von Handwerkern.

Vor etwa 6000 bis 7000 Jahren begannen die Menschen, zuerst im Vorderen Orient und in Indien, Erze zu schmelzen und zu verarbeiten. Eine Voraussetzung dafür war, daß man es gelernt hatte, das Feuer in einem geschlossenen Ofen zu unterhalten. Nur in diesen aus Steinen und Lehm aufgeführten Öfen konnten die Temperaturen erzeugt werden, die zum Hartbrand von Töpfererzeugnissen so notwendig waren wie zum Brotbacken — in Ägypten wird seit fast 6000 Jahren Brot gebacken — und natürlich erst recht zum Erschmelzen von Metallen.

In einem solchen Brenn- oder Backofen mögen zunächst durch einen Zufall Steine mit hineingeraten sein, die sich unter dem Einfluß der Hitze auf seltsame Weise veränderten. Sie wurden flüssig, um dann bei zunehmender Abkühlung wieder zu erstarren.

Aus diesen ersten Erfahrungen mit den sich verändernden „Steinen“ entstand die Metallurgie und die Metalltechnik. Zunächst waren nur Gold und Silber in Schmuckstücke, in Ketten und Armreifen verwandelt worden, weil sie für einen praktischen Zweck nicht taugten. Später wurde auch das in der Natur vorkommende gediegene Kupfer dafür verwendet und schließlich das Kupfererz.

Hatte schon die Erschmelzung des Kupfers aus Erz große Anforderungen an den Erfindungsreichtum und das Geschick der ersten Hüttenleute und Schmiede gestellt, so wurden sie noch größer, als 1000 Jahre später durch die Beimischung von Zinn die Bronze erfunden war. Aus der harten Bronze ließen sich aber nun auch die Werkzeuge und Waffen schmieden, die an Schärfe, Haltbarkeit und Vielfalt den steinernen überlegen waren. Kein Wunder, daß der Bedarf an bronzenen Waffen, Messern und Schwertern, Äxten und Speerspitzen immer mehr wuchs. Seit Ende des 3. Jahrtausends vor unserer Zeitrechnung hatte sich die Kunst, dieses kostbare Metall Kupfer und die Kupfer-Zinn-Legierung zu verarbeiten, bis nach Mitteleuropa verbreitet.



Schwert, Messer, Speerspitze, Bell und Bellklingen aus der Bronzezeit



Und im Orient, in Indien wie in Mitteleuropa errangen sich die Handwerker, die sich auf diese Arten der Arbeit verstanden, die das Erz aus der Grube holten, es verhütteten, es zu Werkzeugen und Waffen schmiedeten, es in Schmuck verwandelten, eine Sonderstellung im Leben der frühen Völker. Noch heute begegnet uns ja in unseren Sagen und Märchen der Schmied als ein außergewöhnlicher Mensch — als Halbgott oder als Höllensohn.

Die Metallwerker besaßen Kenntnisse von ganz speziellen Techniken, die nun nicht mehr zum Allgemeinbesitz der Sippe oder des Stammes wurden — die sie im Gegenteil ängstlich hüteten. Nur an ihre Söhne oder an ausgewählte Gehilfen wurden sie weitergegeben. Ihre eigens von ihnen entwickelten Produktionsinstrumente wurden zu ihrem Privatbesitz, ebenso wie ihre technischen Kenntnisse nun zu ihrem Privatbesitz geworden waren.

Durch die verbesserten bronzenen Werkzeuge wurden die übrigen Handwerker leistungsfähiger; vor allem die Arbeit zur Erzeugung von Nahrungsmitteln — zum Beispiel Feldbau und die Jagd — wurde produktiver, ergiebiger.

Diese Steigerung der Arbeitsproduktivität hatte eine gewaltige Bedeutung. Es brauchten nicht mehr alle Menschen mitzuhelfen, um Nahrungsmittel zu schaffen, ein Teil von ihnen konnte sich in handwerklichen Berufen spezialisieren und den ganzen Tag für diese Arbeit verwenden. Dadurch wiederum wuchs die Geschicklichkeit der Handwerker; sie konnten mehr und bessere Geräte und Werkzeuge herstellen.

Sie produzierten nun mit der Absicht, andere Produkte — vor allem Nahrungsmittel — dafür einzutauschen. Und umgekehrt — die Nahrungsmittelproduzenten hatten die Möglichkeit, bei ihrer Arbeit im Voraus den Teil zu bestimmen, den sie über ihren eigenen Nahrungsbedarf hinaus produzieren wollten, um Geräte und Werkzeuge dafür einzutauschen.

Es entstand die Produktion von Waren, die Warenproduktion, das heißt, es wurden Produkte direkt für den Austausch hergestellt. So vollzog sich allmählich die sogenannte zweite gesellschaftliche Teilung der Arbeit. So zerfiel mit der technischen Entwicklung, mit dem Wachstum der Produktivkräfte, die Urgesellschaft.

Die neue Fähigkeit, mehr zu produzieren, als zum unmittelbaren Lebensbedarf erforderlich war, machte es möglich, daß nicht mehr alle Menschen für ihre Ernährung arbeiten mußten. Dieser oder jener



Bronzearbeiten, die eine besonders große Kunstfertigkeit verraten

konnte sich mit einem Handwerk beschäftigen oder mit dem Handel. Die übrigen schufen die Nahrungsmittel für diejenigen mit, die nicht selber Nahrungsmittel produzierten. Und damit war auch die Möglichkeit entstanden, daß eine kleinere Gruppe von Menschen zum Teil oder sogar völlig frei war von Produktionsarbeit, daß sie andere für sich arbeiten ließ, sich gewissermaßen deren Arbeit aneignete, sie ausbeutete. Die Gemeinschaft von gleichberechtigten Menschen der Urgemeinschaft zerfiel in eine Klasse von Ausbeutern und eine Klasse von Ausgebeuteten. Es entstand die Klassengesellschaft mit dem Privatbesitz an Produktionsmitteln. Diese Klassengesellschaft, in der sich zunächst Sklaven und Sklavenhalter gegenüberstanden, hat später — wie wir noch sehen werden — ihren Charakter einige Male geändert; sie blieb aber in der Welt bis auf unsere Tage. Erst in den sozialistischen Ländern ist mit der Beseitigung des Privatbesitzes an Produktionsmitteln auch Ausbeutung und Unterdrückung beseitigt und auf einer weit höheren Stufe der Entwicklung die Gemeinschaft gleichberechtigter Menschen wieder hergestellt worden.

Mit der Klassengesellschaft wurde auch das Wissen Privatbesitz. Die technischen Kenntnisse wurden nur innerhalb bestimmter Grenzen weitergegeben und weiterentwickelt.

Auch die Naturerkenntnisse blieben im alleinigen Besitz derjenigen, die sich in eine Mittlerrolle zwischen die Menschen und die Erscheinungen der Natur gedrängt hatten — der Priester. Sie hatten sich zu Vollstrekern der den Göttern und Götzen angedichteten Gewalt gemacht.

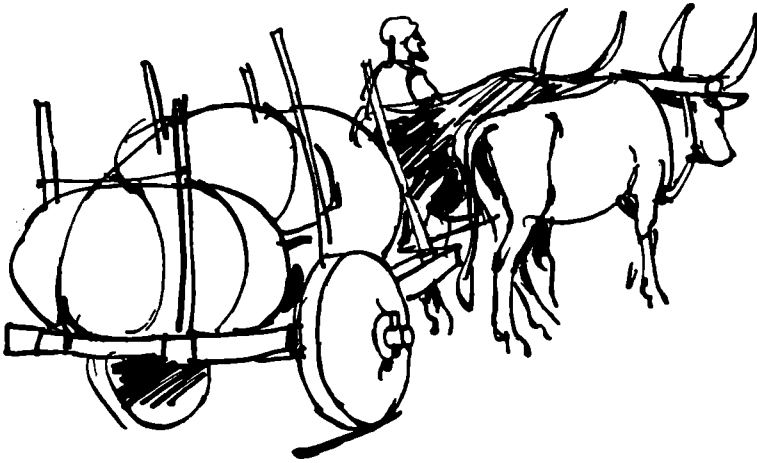
Aber bevor wir das Wirken dieser Menschengruppe in den ersten großen Sklavenhalterstaaten der Geschichte näher kennenlernen, wollen wir noch einmal zurückkehren zu den unbekanntem Erfindern der Vorzeit.

### **Das Rad**

ist ebenfalls eine der wichtigen Erfindungen, die wir ihnen zu verdanken haben.

Auch das Rad wurde überall da erfunden, wo es gebraucht wurde. Die Entwicklung vom rollenden Stamm bis zum Speichenrad ging zwangsläufig vor sich, so wie der allmählich zunehmende Stand technischer Mittel und Kenntnisse es gestattete, das Transportmittel immer mehr zu verbessern. Die Gruppen der Jäger und Sammler kamen wahrscheinlich nur selten in die Verlegenheit, größere Lasten transportieren zu müssen. Wenn sie ein Mammut erlegt hatten, so ließ sich das Tier an Ort und Stelle ausweiden und in einzelnen Lasten wegtragen.

Allerdings mußten und wollten sie mitunter auch große Felsbrocken bewegen, zum Beispiel wenn Steine gebraucht wurden zum Bau der Fallen oder zum Bau von Begräbnisstätten und kultischen Anlagen.

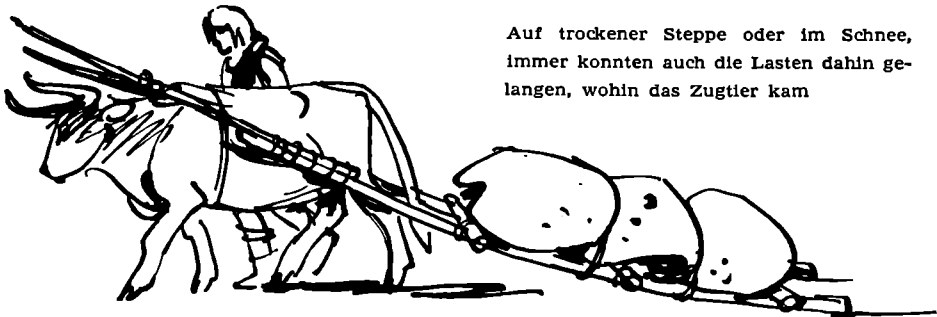


Die mitunter tonnenschweren Lasten wurden wahrscheinlich mit Hilfe von behauenen Baumstämmen bewegt, die als Walzen unter die massigen Steine geschoben wurden. Mit anderen Stämmen, die als Hebel unter den Stein gelegt und von vielen Männern hochgedrückt wurden, trieb man den Stein Stück um Stück auf den rollenden Walzen vorwärts.

Sollten die Steine nun gar noch quer über bereits aufgestellte Steine gelegt werden, so wie wir es von den Hünengräbern her kennen, dann mußte man so viel Erde aufschütten, daß eine schräge Rampe entstand, die bis über die Höhe der aufrechtstehenden Steine führte. Auf den rollenden Walzen oder auf schlittenartigen Kufen wurde nun der Riesenstein die schiefe Ebene hinaufgedrückt und geschoben.

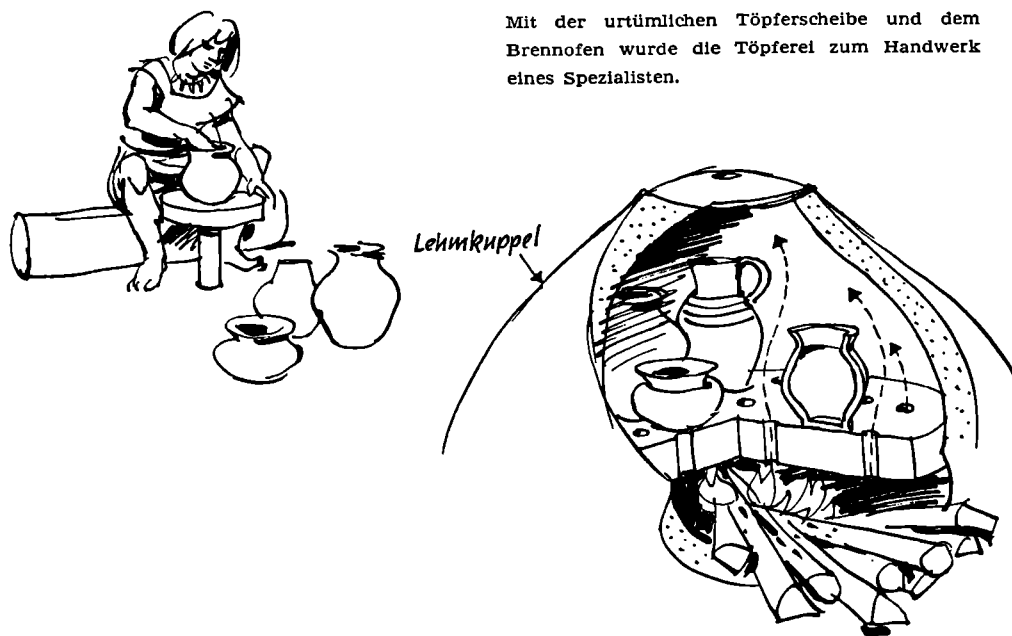
Hatte man schließlich auch noch mit der Kraft vieler Menschen, die durch geschickt angesetzte Hebel, nämlich Hebebäume, verstärkt wurde, den Stein quer über die anderen geschoben, dann wurde die aufgeschüttete Erde wieder abgetragen, und das Bauwerk erhob sich frei über den Boden.

Noch heute wundern wir uns, selbst dann, wenn wir wissen, wie es beim Bau zugegangen ist, über diese technische Leistung. Die urtümlichen Bauten verraten uns, daß die Menschen zu dieser Zeit schon Prinzipien der Mechanik wie schiefe Ebene und Hebel kannten und daß sie damit



Auf trockener Steppe oder im Schnee, immer konnten auch die Lasten dahin gelangen, wohin das Zugtier kam

Mit der urtümlichen Töpferscheibe und dem Brennofen wurde die Töpferei zum Handwerk eines Spezialisten.



einige der Grundelemente beherrschten, die zum Aufbau der späteren Maschinen notwendig waren.

Erst in der jüngsten Zeit des Abschnittes der urtümlichen Technik, über den wir in diesem Kapitel sprechen, wurde entdeckt, daß man die verhältnismäßig ungefügten Walzen, die zudem noch einen großen Reibungswiderstand boten, ersetzen konnte durch von der Walze abgeschnittene Scheiben. Es entstanden die ersten hölzernen Scheibenräder, große, ungefügte Räder, die fest verkeilt auf einer Achse saßen.

Diese Räder wurden in China ebenso wie in den Ländern Mitteleuropas verwendet. Eines der ältesten wurde im Lande der Sumerer, in Mesopotamien, ausgegraben.

Sicher ist, daß bereits zwischen dem 2. und 3. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung mit Rädern versehene Fahrzeuge in Mesopotamien, in Syrien und auch am Indus und in Turkestan in Gebrauch waren. Diese von Ochsen gezogenen zweirädrigen Karren oder vierrädrigen Wagen dienten wahrscheinlich zunächst zum Transport von Lasten und Waren. Mit ihnen wurden Baumaterial oder Brennholz transportiert und die zu tausenden oder als Tribute abzuliefernden Güter weggefahren.

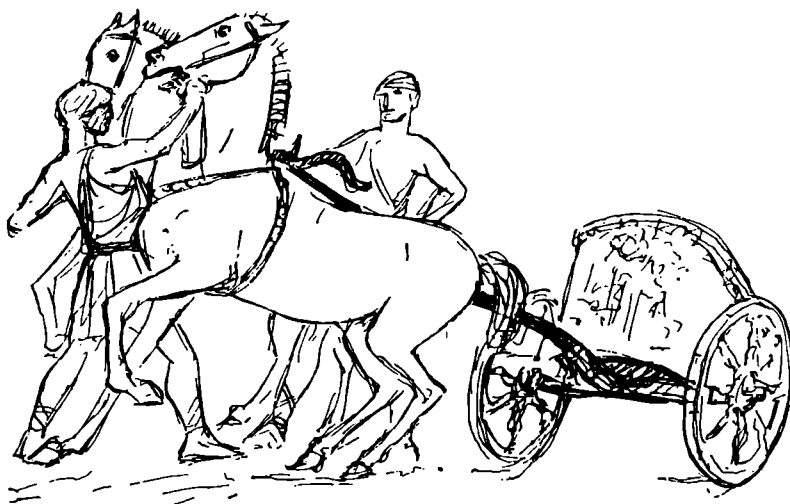
Bemerkt werden soll noch, daß die Viehzüchterstämme, die Nomaden, die mit ihren Herden von Weideplatz zu Weideplatz zogen, wahrscheinlich das erste Transportmittel für den Hausgebrauch entwickelt hatten — die Schleife: zusammengebundene lange Stöcke, die vom Rücken des Zugtieres aus bis weit nach hinten auf den Boden hingen. Zwischen die

mit ihren Enden am Boden schleifenden Stangen wurden die Lasten gebunden: Zelte, Fellbündel, Holz oder kleine Kinder. Auf dem Zugtier saß selbstverständlich ein Reiter.

Diese jahrtausendealten Schleifen wurden bis in die jüngste Zeit noch bei den nordamerikanischen Prärie-Indianern und im Fernen Osten verwendet.

Aber die Viehzüchterstämme hatten wenig Anteil an der weiteren Entwicklung der Technik genommen. Das ist leicht zu erklären mit den Bedingungen, unter denen sie lebten. Sie waren in ihrer Lebensweise zu sehr auf ein Gebiet beschränkt — und die Viehzucht und Weidewirtschaft stellte sie nicht vor solche Aufgaben, wie sie die seßhaft gewordenen Stämme der Ackerbauern zu erfüllen hatten.

Bei den Ackerbauern spielte das Scheibenrad auch in anderer Hinsicht eine wichtige Rolle, allerdings in einer Form, in der es gar nicht als „Rad“ zu erkennen ist — nämlich als Töpferscheibe. Bisher mußten die Tongefäße frei in der Hand geformt werden. Das war eine sehr langwierige Arbeit, die zuerst von den Frauen im Hause erledigt wurde. Mit der Einführung des Rades wurde die Töpferei zum Handwerk eines Spezialisten. Er vermochte innerhalb von Minuten auf der sich drehenden Scheibe aus einem Tonklumpen ein Gefäß zu formen. Er konnte Gefäße serienweise herstellen und mit seiner Ware alle versorgen, die solche Gefäße brauchten. Im Austausch dafür erhielt er Nahrungsmittel. Die Karren und Wagen wurden mit der Vervollkommnung der Metalltechnik dadurch verbessert, daß sie an Stelle der Scheibenräder bronzene Speichenräder bekamen. Mit den leichten Streitwagen und dem Bronzerad rollen wir aber nun schon in die städtischen Kulturen der alten Sklavenhalterstaaten.



## WER BAUTE DAS SIEBENTORIGE THEBEN?

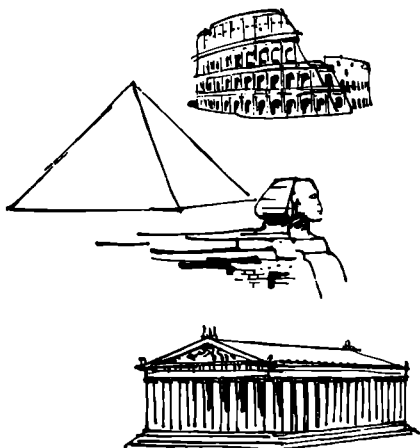
Bertolt Brecht – Wie die Sklavenhalter ihre Macht gewannen – Bau der Staudämme – Die erste Drehmaschine – Fessel des Fortschritts

### Bertolt Brecht

Der große deutsche Dichter fragt:

„Wer baute das siebentorige Theben?  
In den Büchern stehen die Namen von Königen.  
Haben die Könige die Felsbrocken herbeigeschleppt?  
Und das mehrmals zerstörte Babylon —  
Wer baute es so viele Male auf? In welchen Häusern  
Des goldstrahlenden Lima wohnten die Bauleute?  
Wohin gingen an dem Abend, wo die chinesische Mauer  
fertig war  
Die Maurer? Das große Rom  
Ist voll von Triumphbögen. Wer errichtete sie? Über wen  
Triumphierten die Cäsaren? Hatte das vielbesungene Byzanz  
Nur Paläste für seine Bewohner?“

Wie oft lesen und hören wir auch heute noch von den Wundern der alten Welt. Wir kennen von Bildern her die ägyptischen Pyramiden oder die prächtigen Tempel Griechenlands.



Berühmte Bauwerke der Antike

Und sicherlich fragten wir uns schon manchmal — genauso wie Brechts lesender Arbeiter — wer wohl diese Bauten ausgeführt haben mag, wer die Baumeister waren, welche Maschinen verwendet wurden und welche Werkzeuge. Vielleicht fragten wir uns auch, wie das Leben der Menschen gewesen sein mochte, die für den toten Leib eines Königs Grabmäler bauen mußten, die Jahrtausende überdauerten.

Wir wissen zwar nun schon, welche technischen Behelfe, Werkzeuge und Maschinen, welche Erfindungen aus der Zeit der Urgemeinschaft als technische Voraussetzungen vorhanden waren. Und wir erfuhren auch, daß diese Urgemeinschaft zerfiel, daß die Klassen entstanden.

## Wie die Sklavenhalter ihre Macht gewannen

wissen wir jedoch noch nicht.

Den Anfängen der Sklaverei begegnen wir überall, wo die Viehzüchter und Ackerbauern erkannten, daß es besser war, die bei einem Streit eingebrachten Kriegsgefangenen nicht mehr zu töten, sondern sie zum Hüten der ständig größer werdenden Herden, zum Ackern und Unkrautjäten zu verwenden.

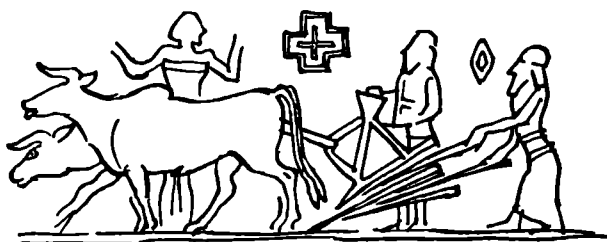
Wenn die Freien gut aufpaßten, daß die Sklaven tüchtig arbeiteten, dann gewannen sie durch deren Arbeit mehr Fleisch von der Weide, mehr Früchte vom Felde, denn jeder Sklave konnte ja bereits mehr produzieren, als er selbst afaß. Und wenn die Sklavenbesitzer darauf achteten, daß die Sklaven möglichst wenig aßen, wurde der Gewinn noch größer.

Diese patriarchalische Art der Sklaverei, wo der Sklave zur Familie der Freien gehörte, führte zu den Sklavenhalterstaaten — in denen auch viele der ehemals Freien zu Sklaven wurden.

Aber diesen Weg müssen wir genauer verfolgen.



Zwischen Euphrat und Tigris lag Sumer ...



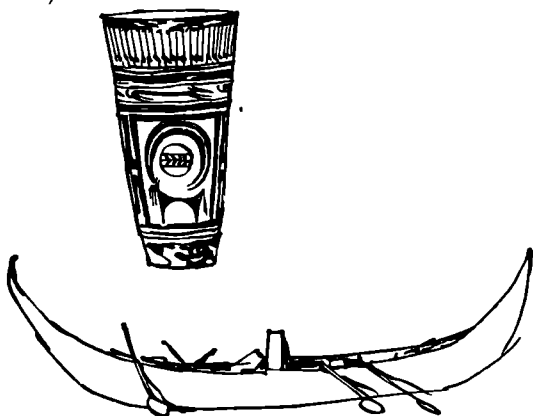
Pflügen mit Ochsen und einem  
Pflanzflug mit Saattrichter

In den fruchtbaren Tälern und Mündungsgebieten des Euphrat und Tigris, des Nil oder im Tale des Indus waren die Bedingungen gegeben, daß die Ackerbau und Viehzucht betreibenden Stämme Jahr für Jahr dieselben Weiden nutzen, die gleichen Felder bestellen konnten. Denn die periodischen Überschwemmungen sorgten dafür, daß die Äcker auf natürliche Weise gedüngt wurden und ihre Fruchtbarkeit behielten.

Diese Form der festen Siedlung und der dauernden Selbsthaftigkeit ließ die Fortschritte, die aus der Ackerbau- und Viehzüchterwirtschaft entsprangen, noch spürbarer werden als bei den Sippen, die zu ständigem Wechsel ihrer Wohnplätze und Felder gezwungen waren.

Die Sumerer, die sich in der sumpfigen Ebene des Mündungsgebietes zwischen Euphrat und Tigris angesiedelt hatten, brachten reiche Ernten ein.

Sie hatten gelernt, die alljährlichen Überschwemmungen durch Dämme zu stauen, das Wasser in Bassins aufzuhalten und die Felder nach Bedarf damit zu tränken. Sie hatten Sumpfgebiete trockengelegt und Dürregebiete durch Kanäle bewässert. Mit ihren geschickten wasserbautechnischen Anlagen haben sie also die natürliche Fruchtbarkeit noch erhöht, so daß sie auf ihren Feldern und Weiden viel mehr Nahrungsmittel zu erzeugen vermochten, als sie selbst verbrauchten.



Tongefäß aus Susa mit stilisier-  
ten Darstellungen von Hunden  
und einer Ähre.

Silbernes Schiffsmodell aus Ur



Auch ihre Handwerker waren äußerst tüchtig. Die Metallurgie war bei ihnen hochentwickelt, sie bedienten sich bronzener Werkzeuge. Ihre Waffen, Lederwaren und Webarbeiten, ihre Tongefäße und Schmuckgegenstände waren berühmt und begehrt bei den Nachbarstämmen und den Gebirgsvölkern, so daß ein lebhafter Handel im Gange war.

Natürlich zog dieser Reichtum auch Feinde an. Und der Umstand, daß raubgierige Bergstämme ab und zu in das Land einfielen, verhalf den Kriegshäuptlingen mit ihren beständig unter Waffen gehaltenen Kriegern zur Macht.

Sehr bald kehrten die Häuptlinge der Sumerer den Spieß um und überfielen ihrerseits andere Stämme und Völker, um sie auszurauben und, wenn es sich lohnte, ihr Land in Besitz zu nehmen. Die eingebrachte Beute behielten sie zum größten Teil für sich. Die wichtigste Kriegsbeute — neben Grund und Boden — wurden allmählich die mitgeschleppten Gefangenen. Als Sklaven mußten sie auf den Feldern der Häuptlinge und Kriegsfürsten arbeiten.

So wurde für die Befehlshaber der Krieg zu einem lohnenden Geschäft, und sie gewannen damit auch die Überlegenheit über ihre eigenen Stammesgenossen. Sie waren die Mächtigsten, sie befahlen den Bewaffneten und konnten sich nach und nach die Herrschaft über immer mehr Land und Menschen aneignen.

Auch Stammesmitglieder wurden zu Sklaven — soweit sie nicht als Unterführer der Krieger oder als Priester mit zur Klasse der Herrschenden gehörten und Sklavenhalter waren oder sich als sogenannte „freie Arme“, nämlich als Handwerker oder kleine Bauern, ihre persönliche Freiheit erhalten konnten.

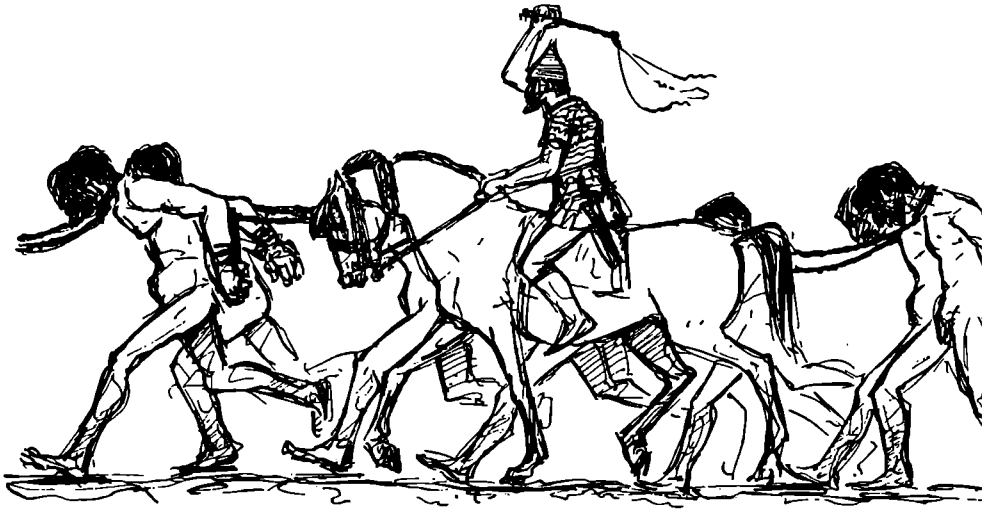
Die Sklaven nannte man „redende Werkzeuge“, im Gegensatz zu den „stummen“ — der Axt oder dem Pflug — und den „brüllenden“ — den Haustieren.

Mit diesen Sklaven verfahren die Sklavenhalter, wie es ihnen in den Sinn kam. Sie ließen sie arbeiten bis zum Umfallen, mißhandelten sie, töteten oder verkauften sie.

Die „freien Armen“ mußten zwar auch für die Sklavenhalter arbeiten, aber sie besaßen gewisse Rechte, und ihre Leistungen wurden entlohnt. Aus dieser Schicht der „freien Armen“, die mitunter selbst zu kleinen Sklavenhaltern wurden, rekrutierten sich die Truppen, und die Handwerker wurden zu Trägern der handwerklich-technischen Fortschritte.

Die Sklavenhalterwirtschaft entstand also aus der Ungleichheit des Besitzes, und als Instrument zur Sicherung der Herrschaft der Sklavenhalter entstand der Sklavenhalterstaat. In ihm wurden mit den Truppen und dem Beamten- und Verwaltungsapparat das eigene Volk versklavt und die zumeist noch zahlreicheren Sklaven fremder Völker unterdrückt und ausgebeutet.

Fast alles Land gehörte den Häuptlingen, die sich zu Stammesfürsten und später zu Königen aufgeschwungen hatten. Mit ihrer Familie und



mit den von ihnen bevorzugten Kriegsführern, die sie zu Fürsten machten, mit den Priestern und den obersten Verwaltungsbeamten bildeten sie den erblichen Adel. Denn sie ließen sich natürlich schon längst nicht mehr wählen, sondern vererbten ihre persönliche Macht, ihren Reichtum und ihren Herrschaftsanspruch auf ihre Kinder.

Alle demokratischen Formen der urgemeinschaftlichen Gesellschaft waren vernichtet.

Alles, was geerntet wurde, floß in die Speicher der Priester, Fürsten, Könige und Pharaonen. Ihnen gehörte das Vieh auf der Weide, das Korn auf den Feldern, ihnen gehörten die Weinberge und die Haine voller Ölbäume. Sie richteten Werkstätten ein und Ziegeleien, in denen die in die Sklaverei geratenen Handwerker arbeiten mußten. Sie besaßen die Bergwerke, Gruben und Steinbrüche, aus denen die Sklaven Gold und Silber, Kupfer oder später Eisenerze zutage förderten oder den Marmor brachen.

Ihnen gehörten auch die Schiffe in den Häfen, die Werften, auf denen sie gebaut, und die Spinn- und Webstuben, in denen die Segel hergestellt wurden. Mit diesen Schiffen betrieben sie den Handel mit allen Erzeugnissen, die von den Feldern und aus den Werkstätten kamen.

Zu dieser Zeit — und das sollte man sich gut merken — als die Produktivkräfte soweit entwickelt waren, daß die Menschen hätten satt werden können, litten die Menschen wiederum Hunger, weil jetzt die gesellschaftlichen Verhältnisse zum Hungern zwangen.

Die natürlichen Ursachen des Hungers, die in der Primitivität der Werkzeuge und Naturerkenntnisse, in der Erfolglosigkeit bei der Jagd oder in einer schlechten Ernte von den kärglichen Feldern der ersten Ackerbauern begründet lagen, waren in diesen Gebieten der großen Fruchtbarkeit



beseitigt. Aber alles, was die Sklaven produzierten, gehörte nicht ihnen, sie bekamen von all dem Reichtum, der unter ihren Händen, durch ihren Fleiß und ihre Geschicklichkeit entstand, nur so viel, daß sie sich gerade kümmerlich am Leben erhalten konnten — und mitunter nicht einmal das, denn große Hungersnöte waren von nun an in den Sklavenhalterstaaten an der Tagesordnung.

Die reichen Ernten verwandelten sich in goldenen Zierat, in kostbare seidene oder baumwollene Gewänder, die aus China und Indien bezogen wurden, in Weihrauch, der in Kamelladungen aus dem südlichen Arabien kam, in edle Hölzer aus dem Libanon, die zur Täfelung der Wände der Paläste verwendet wurden.

Mit den Ernten finanzierten die Könige und Pharaonen Eroberungskriege, die sie zur Unterwerfung und Versklavung anderer Stämme führten. Und mit ihnen ernährten sie auch die Tausende Sklaven, die sie zum Aufbau ihrer Paläste, Grabmäler und Tempel brauchten.

Die Bedürfnisse der Menschen in der Urgemeinschaft waren primitiv. Nahrung und Schutz vor den Unbilden der Natur waren die hauptsächlichsten, und die Menschen hatten bereits die Fähigkeit entwickelt, diese Bedürfnisse in gemeinsamer Arbeit zu befriedigen. Mit der Klassenherrschaft entstanden bei der herrschenden Klasse immer größere Bedürfnisse. Um sie befriedigen zu können, schränkten sie die Erfüllung der allereinfachsten Lebensbedürfnisse der anderen, eben der von ihnen unterdrückten Klassen ein. Unter ihrem Zwang mußten die Ausgebeuteten ihnen ein Leben in Überfluß, Pracht und Luxus bereiten.

Die ständig steigenden Ansprüche der Herrschenden förderten zwar objektiv die Höherentwicklung der Technik — diesen Gesichtspunkt darf

man nicht außer acht lassen — aber die aller ihrer Rechte und der Ergebnisse ihrer Arbeit beraubten Sklaven waren natürlich unzufrieden. Zur herrschenden Klasse gehörten jedoch auch die Zauberpriester, und diese boten nun ihre ganze Macht auf, um durch Mystik und Götterkult die Völker willfährig zu machen. Sie hatten nicht nur die Götter und Dämonen erfunden, die hinter den Naturkräften und Naturerscheinungen stehen sollten, sie verkündeten außerdem, daß die Könige und Pharaonen lebende Götter seien. Und so mußten die Sklaven ihre schrecklichen Herrscher auch noch anbeten.

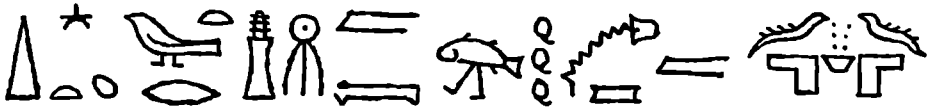
Die Priester, hervorgegangen aus den Geisterbeschwörern oder den Medizinmännern, die es gelernt hatten, Krankheiten durch heilkräftige Kräuter zu behandeln, waren zu einem Teil der im Sklavenhalterstaat herrschenden Klasse geworden.

Überall in diesen alten Staaten — in Mesopotamien, in Ägypten, in China oder Indien — waren es nun die gleichen Umstände, die dazu beitrugen, die Macht der Priester noch weiter zu stärken. Überall waren sie es nämlich, die begannen, die bisher gewonnenen Naturerkenntnisse zusammenzutragen. Die Beobachtung und Deutung der Naturerscheinungen wurde zu einem Vorrecht der Priester.

Nur sie wußten schließlich noch, wie man zum Beispiel an der Stellung der Gestirne erkennen konnte, wann die Überschwemmungswasser den Strom herabkamen. Sie wußten, wie man den Kalender berechnen und verschiedene Krankheiten heilen konnte. Sie bestimmten die Zeit für Landbestellung und Ernte, sie errechneten die Menge der abzuliefernden Produkte und die Höhe der Steuern.

In ihrem Dienste entstanden die Schriftzeichen und Hieroglyphen, mit denen man das Wissen festhalten und damit auch einsperren konnte in die Tempel. Astronomie, Medizin und Mathematik — das waren die ersten Wissenschaften, die hier ihren Anfang nahmen — wurden gewissermaßen eingemauert in die Kultstätten. Sie wurden durchsetzt mit mystischem Aberglauben und von den Priestern be-





Aus der Bilderschrift wurden stilisierte Zeichen von bestimmter Wortbedeutung

nutzt, um ihre Macht über die Völker zu behaupten und auszudehnen. Diese schriftkundigen Priester hatten die Muße zur Sammlung aller Wissensströme; sie konnten gründlich beobachten, untersuchen, vergleichen, über viele Jahrhunderte hin Kenntnisse sammeln und sie aufspeichern.

Die Anfänge der Wissenschaft entstanden also im Dienste der herrschenden Klasse und wurden von ihr als Monopol, als ihr alleiniger Besitz behauptet mit der Absicht, ihre Herrschaft zu stärken. Das Volk durfte nicht in den Besitz dieser Kenntnisse kommen, es mußte unwissend gehalten werden, dann konnte man es mit Hilfe der entstehenden Wissenschaften noch besser beherrschen. Damit wurden dem Volke — den Handwerkern und Bauern — aber auch die Quellen verstopft für die Weiterentwicklung ihrer Arbeit, nämlich die neuen Naturerkenntnisse, die bis dahin, wie wir im vorigen Kapitel gesehen haben, die Entwicklung der Technik am stärksten beeinflußt hatten.

So wurden Wissenschaft und praktische Technik, so wurden Entdecken und Erfinden durch die Klassenherrschaft getrennt.

Alles das muß man wissen, um zu begreifen, wie es geschehen konnte, daß während des jahrtausendelangen Bestehens der großen Sklavenhalterstaaten nur wenig technische Neuerungen und Erfindungen gemacht, wenige neue Prinzipien der Physik genutzt wurden. So imposant zum Beispiel die Pyramiden sind, in Wirklichkeit dienten zu ihrem Bau doch nur die Kenntnisse, Maschinen, mechanischen Geräte und Werkzeuge, die bereits vorher erfunden und benutzt wurden — allerdings verbessert durch die sich vervollkommnenden handwerklichen Techniken und vermehrt um die Kräfte Hunderttausender Sklaven.

Darauf beruhte überhaupt die Überlegenheit gegenüber der Urgemeinschaft und der anfängliche Fortschritt der neuen Produktionsweise, der Sklaverei. Die Sklavenheere machten die Anwendung der technischen Mittel, Erfahrungen und Kenntnisse im größten Ausmaße und die Verwirklichung solcher gigantischer Projekte möglich, wie sie in der Urgesellschaft undenkbar gewesen wären.

Hatten die am Nil oder im Zweistromland siedelnden Sippen zunächst nur auf kleinen Gebieten das Hochwasser dämmen und regulieren können, so war es mit dem organisierten Einsatz der Sklaven möglich geworden, gewaltige wasserbautechnische Aufgaben zu lösen. Deshalb sind es auch keineswegs etwa die Pyramiden, die Paläste oder Tempel, sondern die Fortschritte in der Wasserbautechnik, im

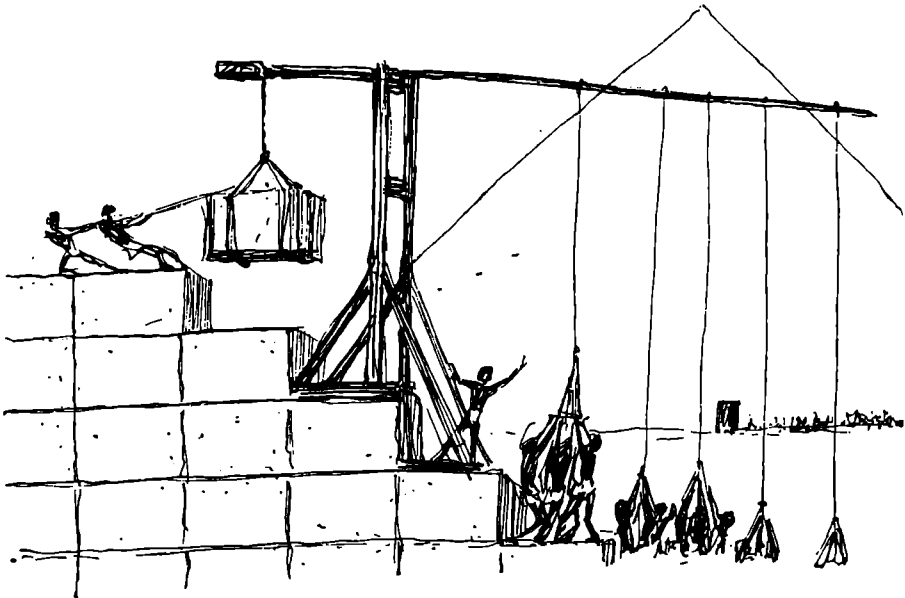
## Bau der Staudämme

die als typische Kennzeichen für den Aufschwung der Produktivkräfte in den alten Sklavenhalterstaaten betrachtet werden müssen.

Als das gesamte Gebiet Ägyptens etwa um 3200 vor unserer Zeitrechnung gewaltsam unter die Herrschaft des Königs Menes von Oberägypten gezwungen wurde, begann man sofort, die einzelnen eingedeichten Bassins, in denen sich die Hochwasser des Nil sammelten, zu einem großen System zu vereinigen. Die einzelnen Abschnitte wiederum wurden der Aufsicht einzelner Gaufürsten unterstellt, entsprechend den technischen Belangen, die zum Unterhalt der Dämme und Kanäle erforderlich waren.

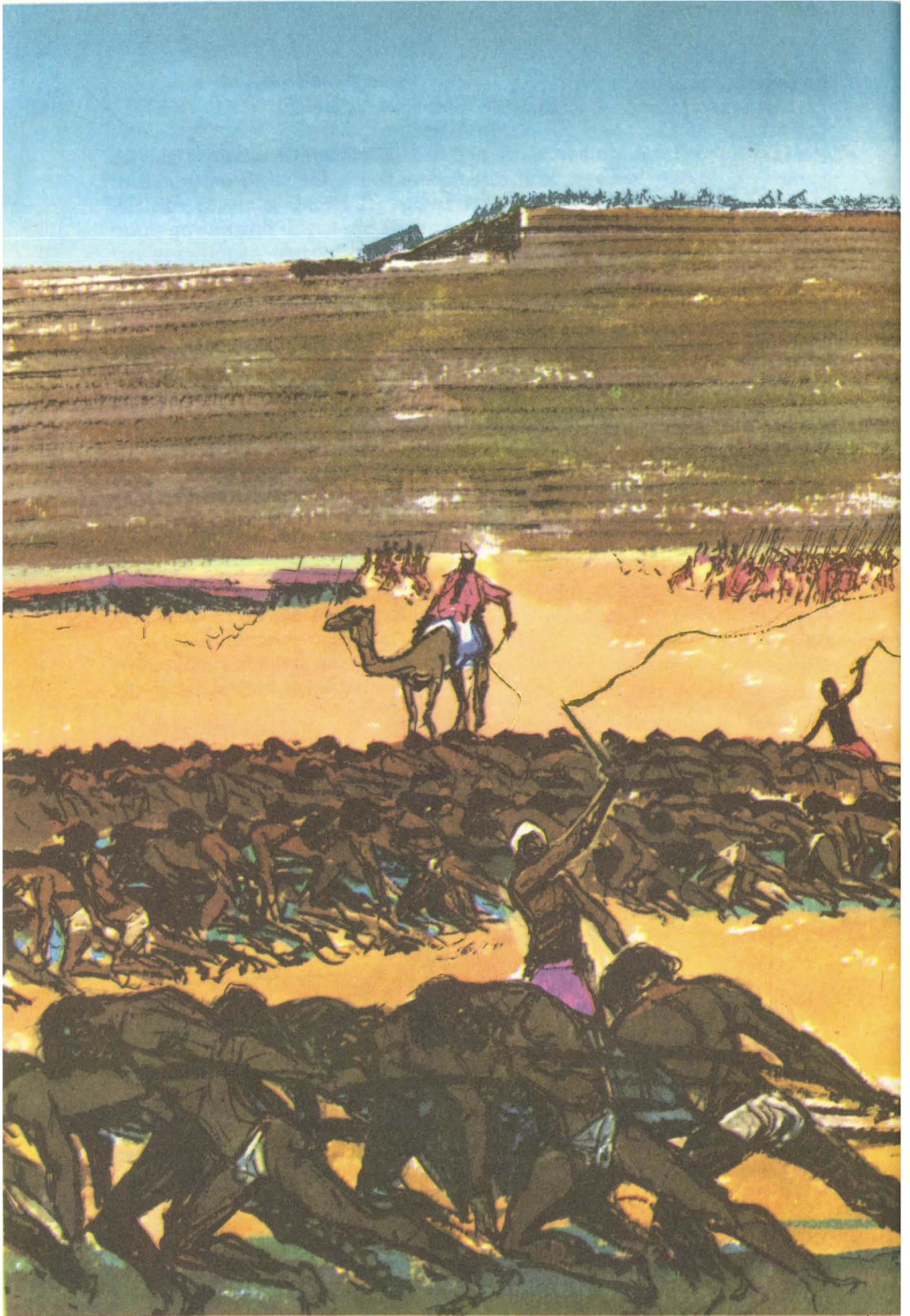
Der Fluß führte nur einmal im Jahre Hochwasser. Jedesmal dann, wenn die Sonne im Zeichen des Sirius stand; das hatten die himmelskundigen Priester genau beobachtet. Aber da sie nicht wußten, daß das Hochwasser nichts anderes war als die gesammelten Sturzfluten, die zur alljährlichen Regenzeit über das abessinische Hochland herabschwemmten, glaubten sie, der Sirius selbst bewirke die Überschwemmung.

Ebenso wie sie glaubten, daß der Tau ein Abfluß der Mondscheibe sei, denn es hatte ja nachts nicht geregnet, und woher sonst sollte der Tau kommen, wenn nicht vom Mond? Aber das nur nebenbei, um zu zeigen, wie groß zu diesen Anfangszeiten der Wissenschaft die Gefahr war, daß Dinge miteinander verknüpft wurden, die gar nicht zusammengehörten. Sehr zum Schaden der Wissenschaft haben sich solche Irrtümer allerdings lange Zeit erhalten.

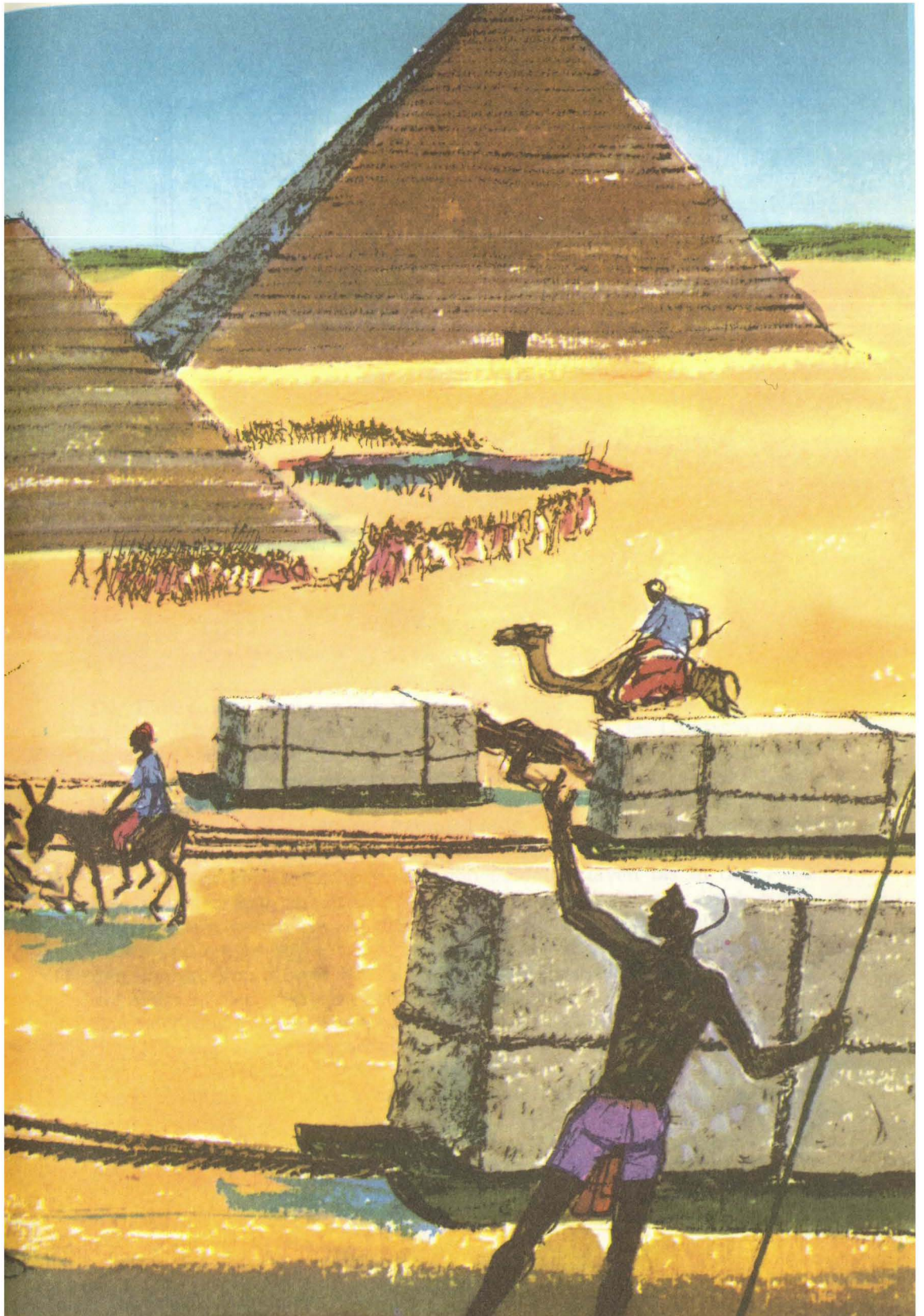


Am Bau der ägyptischen Pyramiden waren viele tausend Sklaven zu gemeinsamer Arbeit vereinigt. Aus den Steinbrüchen mußten die behauenen Steine in Schleppzügen zum Bauplatz gezogen werden.







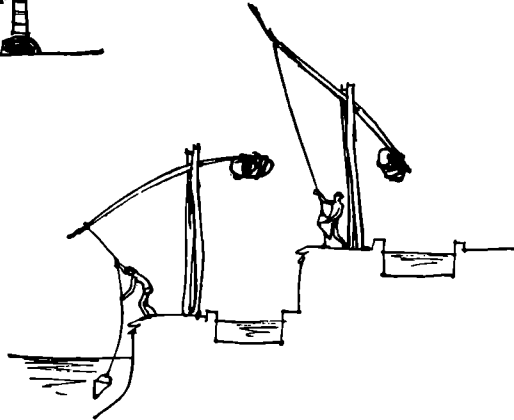






Tagaus, tagein wurde mit dem Schaduff, dem ägyptischen Wasserhebezeug, das Wasser...

... von Stufe zu Stufe vom Nil hinauf bis auf die Felder gehoben



Der Fluß führte also nur einmal im Jahre Hochwasser. Es konnte demnach auch nur einmal geerntet werden. Kleine Teile des Landes wurden aber schon mit Wasserhebezeugen das ganze Jahr über bewässert, und man konnte dort zwei- oder gar dreimal ernten.

Diese Wasserhebezeuge waren sehr einfache, nach dem Hebelprinzip gebaute Vorrichtungen: dünne Baumstämme, die wie Wippen beweglich auf einem Gestell saßen. Am längeren Hebelarm des Stammes hing an einem Strick ein Ledereimer, der von einem Sklaven bis in den Fluß herabgezogen und gefüllt wurde. Der kurze Hebelarm war durch einen großen Stein beschwert, so daß der volle Eimer ziemlich leicht aufgehoben und einige Meter höher in ein kleines Wasserbassin entleert werden konnte. Von diesem Bassin aus wurde mit einem gleichen Hebezeug das Wasser wiederum eine Stufe höher gehoben.

So „floß“ das Wasser Stufe um Stufe den Uferhang hinauf, bis es auf die Höhe der Felder gebracht worden war, wo es in kleinen Gräben das Land bewässerte.

Diese Schaduff genannten Wasserhebezeuge sind übrigens noch heute am Nil in Betrieb.

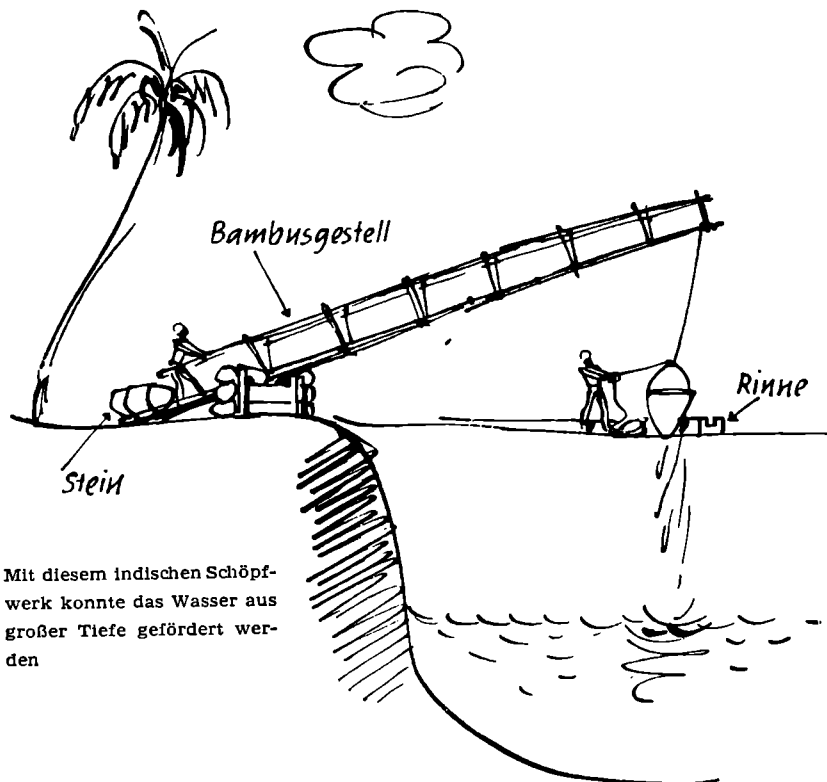
In Indien haben die Schöpfwerke eine Vervollkommnung erfahren. Dort gibt es den allerdings größeren Wipp-Baum, den ein oder zwei Männer

nur durch einfaches Hin- und Hergehen bewegen. Sie laufen — innerhalb eines Gestells — auf dem längeren Teil des Hebels so weit nach vorn, bis sich der große Ledereimer ins Wasser gesenkt und gefüllt hat. Dann gehen sie zurück bis auf den kurzen, ebenfalls noch durch einen Stein beschwerten Hebelarm, und unter ihrem Gewicht hebt sich mühelos der lange Arm. Der viele Liter fassende Eimer kommt aus dem Brunnenloch oder dem Fluß heraus, wird hoch hinaufgehoben und das Wasser in die Gräben des zu bewässernden Terrassenfeldes gegossen.

Die ägyptischen Herrscher wurden zwar angereizt von der Möglichkeit, durch zwei oder drei Ernten ihre Einkünfte zu erhöhen. Aber so viele Hebewerke und Sklaven ließen sich unmöglich aufstellen, um das ganze Land bewässern zu können.

Ihre Baumeister planten und errichteten statt dessen mit Hilfe von wer weiß wie vielen Sklaven eine Staumauer, die einen Teil der Wassermassen der Nilflut zurückhielt. Zur Zeit des niedrigen Nilstandes konnte dann von dort aus nach und nach das Wasser in die Bewässerungsbassins abgelassen werden.

Der Bau dieser Staumauer, der etwa 2000 Jahre vor unserer Zeitrechnung ausgeführt wurde, ist sicherlich die großartigste technische Leistung im alten Ägypten, weil sie zudem noch einen außerordentlichen wirtschaftlichen Nutzen brachte, wenn auch in erster Linie für die Pharaonen, ihre Priester, Gaufürsten und Beamten aller Ränge.



Mit diesem indischen Schöpfwerk konnte das Wasser aus großer Tiefe gefördert werden

Herodot, ein berühmter griechischer Reisender und Geschichtsschreiber, schilderte viele Jahrhunderte später aus eigener Anschauung diese Anlage. Eine ungefähre Vorstellung von ihr können wir uns machen, wenn wir von ihm hören, daß das Staubecken eine Fläche von etwa 686 Quadratkilometern einnahm und die Stauhöhe 8 bis 12 Meter betrug.

Durch die Staumauer wurden nicht nur mit einem Schläge die Ernteträge in ganz Ägypten verdoppelt, mit ihr wurde außerdem den Gefahren einer allzu hohen Nilüberschwemmung begegnet.

An anderer Stelle, im heutigen Jemen auf der arabischen Halbinsel, ließen um etwa 1700 vor unserer Zeitrechnung die Könige von Saba einen ähnlichen Staudamm anlegen. Er soll 3,2 Kilometer lang und 36,5 Meter hoch gewesen sein, und an der Sohle war die Staumauer 152 Meter dick. Dieser gewaltige Steinbau stand etwa 2000 Jahre, dann stürzte er ein und verursachte eine riesige Überschwemmung.

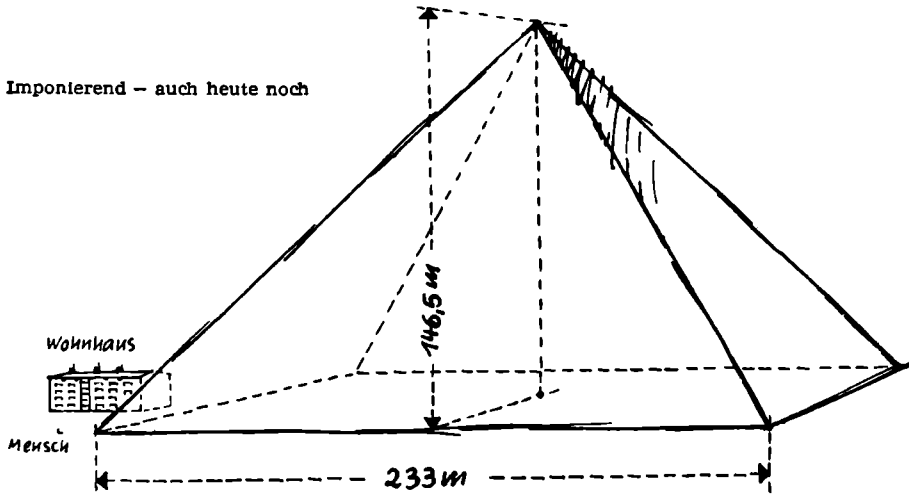
Solche Bauarbeiten konnten natürlich nicht ohne Hilfsmaschinen bewältigt werden. Wenn wir uns erinnern, wie die Erbauer der Hünengräber verfahren waren und wie die einfachen Wasserhebezeuge funktionierten, so werden wir uns gleich vorstellen können, wie die Verfahren und Maschinen aussahen, die beim Bau dieser Mauern angewandt wurden. Es waren schiefe Ebenen und Hebezeuge.

An einer der Pyramiden fand man Reste von aus Ziegelsteinen gemauerten Rampen. Auf diesen schrägen Rampen wurden die großen Bausteine aufwärts gezogen. Wahrscheinlich lagen die Steine auf niedrigen Schlitten, unter deren Kufen Wasser gegossen wurde, damit sie besser glitten. Mit dem fortschreitenden Bau wurden natürlich auch diese Rampen immer höher und länger. Hatte man die Spitze erreicht, riß man die Rampen wieder ab.

Wenn man annimmt, daß auf einer solchen schiefen Ebene je vier Sklaven einen Stein, der etwa 660 Kilo wog, emporschleppten und diese Züge sich in Abständen von vier Minuten folgten, dann konnten in zehn Stunden rund 150 Schleppzüge nach oben gehen. Errechnet wurden für diese Pyramide etwa 1 430 000 Steine und Schleppzüge. Es wäre also — bezieht man die Zeit zur Erhöhung der Rampen mit ein — etwa 30 Jahre ununterbrochen an dieser Pyramide gebaut worden!

Später baute man auch ohne Rampen. Der schon erwähnte griechische Geschichtsschreiber Herodot sagt in einer Reisebeschreibung aus der Zeit um 440 vor unserer Zeitrechnung: „Man baute die Pyramide mittels einer Art von Stufen, wie eine Treppe mit Tritten oder Absätzen. Nachdem sie den ersten Absatz gemacht hatten, hoben sie die anderen Steine durch Maschinen mit kurzen hölzernen Armen, indem sie die Steine zunächst vom Boden auf die erste Stufe hoben. Nachdem der Stein da hinaufgebracht war, übernahm ihn eine andere Maschine, die auf der ersten Stufenreihe stand, durch welche er zur zweiten Stufenreihe emporgehoben wurde. Denn so viele Stufen es gab, ebenso viele Maschinen gab es; oder sie brachten dieselbe Maschine, da sie einfach und leicht zu ver-

Imponierend – auch heute noch



setzen war, auf jede andere Stufenreihe, sooft man den Stein wieder heben wollte.“

Es wurde errechnet, daß auf einer großen Pyramide bis zu 600 solcher Hebezeuge mit je 50 Sklaven standen, daß also 30 000 Mann allein beim Bau dieser Pyramide beschäftigt waren und ebenso viele sicherlich zum Antransport der Steine, zur maßgerechten Bearbeitung der Blöcke und in den Steinbrüchen. Herodot behauptete, daß in den Steinbrüchen bis zu 100 000 Sklaven gleichzeitig gearbeitet hätten.

Die Cheopspyramide — sie maß ursprünglich in der Basis 233 mal 233 Meter und in der Höhe 146,5 Meter — ist aus 2 300 000 Kalksteinblöcken erbaut, die bis zu 35 Tonnen wiegen. Rechnet man den Felskern ab, auf dem die Pyramide steht, so sind es etwa 2 520 000 Kubikmeter Mauerwerk.

100 000 Sklaven sollen 20 Jahre lang an ihr gearbeitet haben. Von ihnen wurden — merkwürdigerweise sind gerade dafür die Zahlen entdeckt worden — während der Bauzeit Rettiche, Zwiebeln und Knoblauch im Werte von 1600 Silbertalenten verzehrt. Ein Talent entspräche etwa 5000 Mark.

Mit dem gleichen Aufwand an Sklavenheeren und primitiven Hilfsmitteln müssen wir uns auch den Bau der großen Stauanlagen, Hafenanlagen, Paläste, Tempel und Speicher vorstellen. Nicht anders wurden die Deiche, Kanäle und Aquädukte errichtet.

Erstaunlich ist die Fertigkeit, mit der die Steinblöcke bearbeitet wurden. Fast nahtlos paßten sie aneinander, daß kaum ein Riß zu erkennen ist, obwohl Berührungsflächen und Fugen nicht mit Mörtel verstrichen wurden.

An den römischen Bauten zu viel späterer Zeit wurde Mörtel verwendet. Dort wurde dann auch die Maurerkelle erfunden, die erst in unseren Tagen ihre Bedeutung als hauptsächlichstes Handwerkszeug des Maurers verliert.

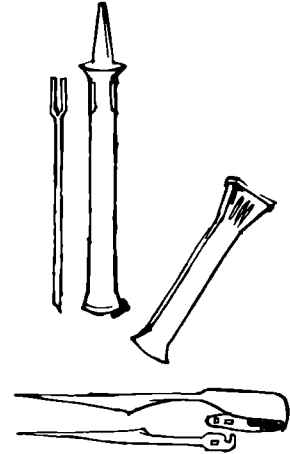
In Ägypten benutzte man übrigens beim Bau der ersten Pyramiden noch Steinwerkzeuge, obwohl bronzene Werkzeuge bereits hätten hergestellt werden können. Aber die Bronze wurde nur in der Waffentechnik verwendet. Mit bronzenen Schwertern, Dolchen, Pfeil- und Speerspitzen sicherten sich die Krieger der Pharaonen ihre Überlegenheit über die angrenzenden Stämme der Viehzüchter und über die von dort in die Sklaverei verschleppten Männer und Frauen. Die Herrschenden wagten es nicht, den Sklaven bronzene Werkzeuge zu geben — denn die Gefahr war groß, daß sich diese Hämmer, Äxte oder Meißel unter den Händen der Sklaven in Dolche und Messer verwandelten!

Erst als die Sklavenhalter ihre Macht gesichert glaubten, wurden den Sklaven auch die bronzenen und später die eisernen Werkzeuge der Steinmetze oder Schiffsbauer in die Hand gegeben. Diese Werkzeuge wurden von den Handwerkern zu einem solchen Grad der Vollkommenheit geführt, daß die Hämmer und Zangen, die Meißel oder Pinzetten hier ihre den verschiedensten Verwendungszwecken angepaßten Formen erhielten und bis heute nicht weiter verbessert werden konnten.

Hier wurden auch — auf der Grundlage des uns schon bekannten Fiedelbohrers — bereits solche Bohrer verwendet, die durch Korund geeignet gemacht waren, um Granit, Porphy und Basalt zu bearbeiten. Auch röhrenförmige Bohrer wurden verwendet. Bei Ausgrabungen fand man häufig die von solchen Bohrern aus dem Stein herausgefressenen zylindrischen Kerne. Allerdings sind der Wissenschaft auch Bohrkerne bekannt, die aus der jüngsten Steinzeit stammen; schon damals waren angeschliffene Röhrenknochen zum Durchbohren von Steinen verwendet worden.

### Die erste Drehmaschine

— ebenfalls angetrieben durch einen Fiedelbogen — treffen wir auch bei den Drechslern Ägyptens. Das abzdrehende hölzerne Werkstück wurde waagrecht zwischen zwei eiserne Spitzen eingespannt, die in kurzen Pfählen saßen. Der Drechsler hockte hinter seinem direkt am Boden befestigten Maschinchen, bewegte mit der linken Hand den Fiedelbogen, der das Werkstück drehte, während er mit der Rechten den Meißel gegen das sich drehende Holz führte. Den rechten Fuß brauchte er noch, um mit ihm den Meißel gegen eine hölzerne Vorlage zu drücken.



Bronzemeißel, Quermeißel  
und zweiteilige Pinzette



Noch heute kann man zum Beispiel in den Werkstätten Indiens die fast gleichen Drehmaschinen in Betrieb sehen.

Wenn wir lesen, daß der Bau eines Lastschiffes aus Akazienholz in einer Länge von 60 Ellen und einer Breite von 30 Ellen innerhalb von 17 Tagen ausgeführt wurde, so können wir uns denken, daß die Schiffsbauer, die Zimmerleute und Tischler über ein großes Sortiment von Werkzeugen und über große praktische Fertigkeiten verfügen mußten. Die einzelnen Holzstücke, Bretter und Pfosten verband man durch in Zapflöcher eingetriebene Pflöcke. Aber selbstverständlich waren auch schon Holznägel und Splinte in Gebrauch. Die Oberfläche des Holzes wurde mit flachen Poliersteinen fein bearbeitet, ebenso wie man die Oberfläche der Steine mit harten Poliersteinen und Quarzsand glättete.

Bei der Errichtung der Bauten wurde mit Senkblei und Richtmaß gearbeitet. Maße zur Körperberechnung entstanden beim Erdaushub, bei der Bewegung großer Massen; und Vermessungsmethoden ergaben sich aus den Praktiken der Landmesser.

Die Harpedonapten, die Seilspanner — so hießen die Landmesser —, mußten nach jeder Nilüberschwemmung, bei der sich ja auch fruchtbarer Schlamm auf den Feldern ablagerte, die Felder neu vermessen, damit die Erträge und Abgaben richtig berechnet werden konnten. Ohne Zweifel lieferten ihre Beobachtungen, die sie mit ihren messenden Seilen gewannen, und die Berechnungen der Bauleute die ersten Grundlagen für die Mathematik.

Ebenso trugen die Himmelsbeobachtungen, aus denen sich die Kalenderberechnungen ergaben, zur Vermehrung der Kenntnisse einer praktischen Mathematik bei. Aber zur Ableitung allgemeiner Rechenregeln, zur Aufstellung von Formeln und Lehrsätzen ist es bei den Ägyptern noch nicht gekommen. Das brachten erst die Griechen zuwege, wie ja überhaupt Griechenland als das Land gelten muß, in dem aus den vereinzelt Anfängen der wissenschaftlichen Systematisierung die Wissenschaften als Systeme entstanden.

In Ägypten treffen wir auf einige der ältesten eisernen Gegenstände. Es sind „Perlen“ einer Halskette, Eisenstücke oder einzelne Werkzeuge, die in Gräbern, Tempeln und Pyramiden gefunden wurden. Die ältesten



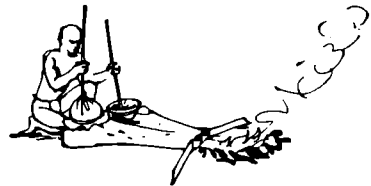
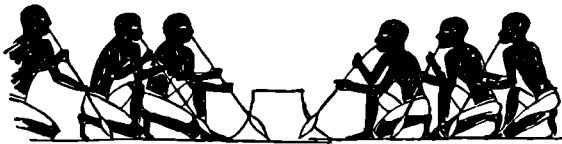
Eisenfunde sollen aus der Zeit um 3200 vor unserer Zeitrechnung stammen. Aber damals war das Eisen ganz gewiß noch kein Gebrauchsmetall. Erst zu Beginn des letzten Jahrtausends vor unserer Zeitrechnung dürfte in Ägypten die eigentliche „Eisenzeit“, die eigentliche Erzeugung eiserner Werkzeuge und Waffen begonnen haben. Und von etwa 600 vor



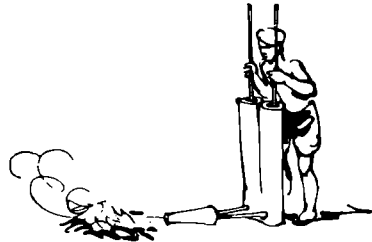
Griechische Schmiede nach einem antiken Vasenbild

unserer Zeitrechnung ab war Eisen häufiger als Bronze. Das jedenfalls läßt sich aus den Fundstücken schließen. In Armenien und im Südkaukasus soll bereits ein Jahrtausend vorher Eisen erzeugt und verarbeitet worden sein, und nach Ansicht vieler Forscher hat auch in Afrika lange vor Beginn der geschriebenen Geschichte die Eisenerzeugung begonnen.

Das Eisen wurde überall im sogenannten Rennverfahren gewonnen. Der Name leitet sich ab von zerrennen oder zerrinnen, das heißt schmelzen. Kleine Stücke des weitverbreiteten Brauneisensteins oder Raseneisenerzes wurden in einer Herdgrube in Holzkohle eingebettet. Die in Brand gesetzte Holzkohle wurde durch natürlichen Luftzug oder eine Gebläsevorrichtung zur hellen Glut gebracht. Aus der zähflüssigen Schlacke trieb es die Eisenkristalle heraus, die sich zu einer schwammigen Masse zusammenballten.



Im alten Ägypten waren Blasrohre die „Gebläse“, In Indien und Afrika erfand man Schlauch- und Stempelblasebälge, mit denen Luft in die Herdgrubenfeuer geblasen wurde



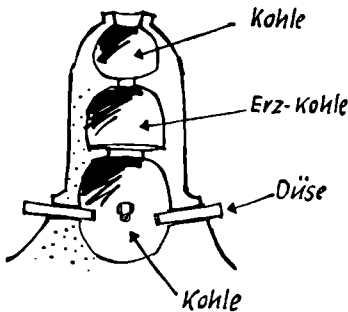
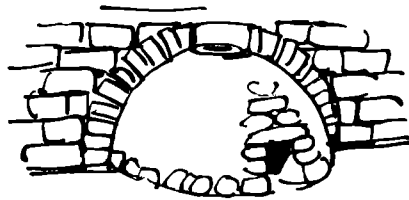
Die Gewinnung eines solchen Eisenklumpens war einfacher als die des Kupfers oder der Bronze. Seine Verwandlung in brauchbares Schmiedeeisen war jedoch schwierig. Der teigige Eisenklumpen, der noch reichlich mit Schlacke durchsetzt war, mußte durch Hämmern von der Schlacke befreit, „verdichtet“ und, noch ehe das Metall erkaltet war, durch weiteres Schmieden in die gewünschte Form gebracht werden. Aber auch dann waren die Werkzeuge oder Waffen solchen aus Bronze noch nicht ebenbürtig. Sie waren viel weicher. Gelang es, aus phosphorreicherer Erzen ein härteres Eisen zu gewinnen, dann war es brüchig und spröde.

Das neue Metall verlangte eine ganz andere Behandlung als Kupfer und Bronze. Erst als nach wahrscheinlich jahrtausendelangen Bemühungen die Kunst des Härtens erfunden wurde, war das Schmiedeeisen der Bronze in jeder Hinsicht überlegen.

Urkundliche Nachrichten über die alte Eisenerzeugung sind sehr selten. Dem griechischen Dichter Homer, der etwa 800 Jahre vor unserer Zeitrechnung lebte, verdanken wir ein wichtiges dokumentarisches Zeugnis. Er schreibt in der „Ilias“:

„... wenn ein Eisenschmied die Zimmeraxt oder das Hausbeil  
Unter lautem Zischen in eisiges Wasser hineintaucht,  
Um es zu härten; denn das vermehrt die Stärke des Eisens.“

Spätere Schriftsteller, wie Hippokrates und Plutarch, berichten, daß man die warmen Schmiedestücke in Öl ablöscht. Es war also bereits in früher

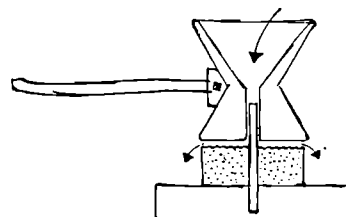
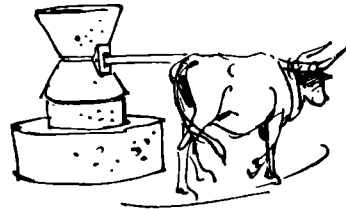
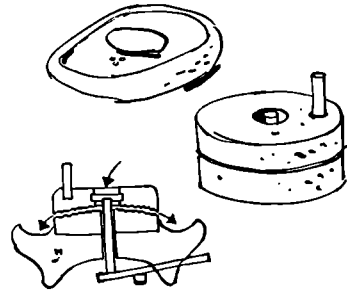
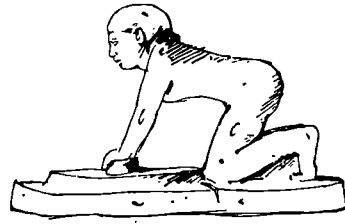


Altrömischer und afrikanischer Eisenschmelzofen

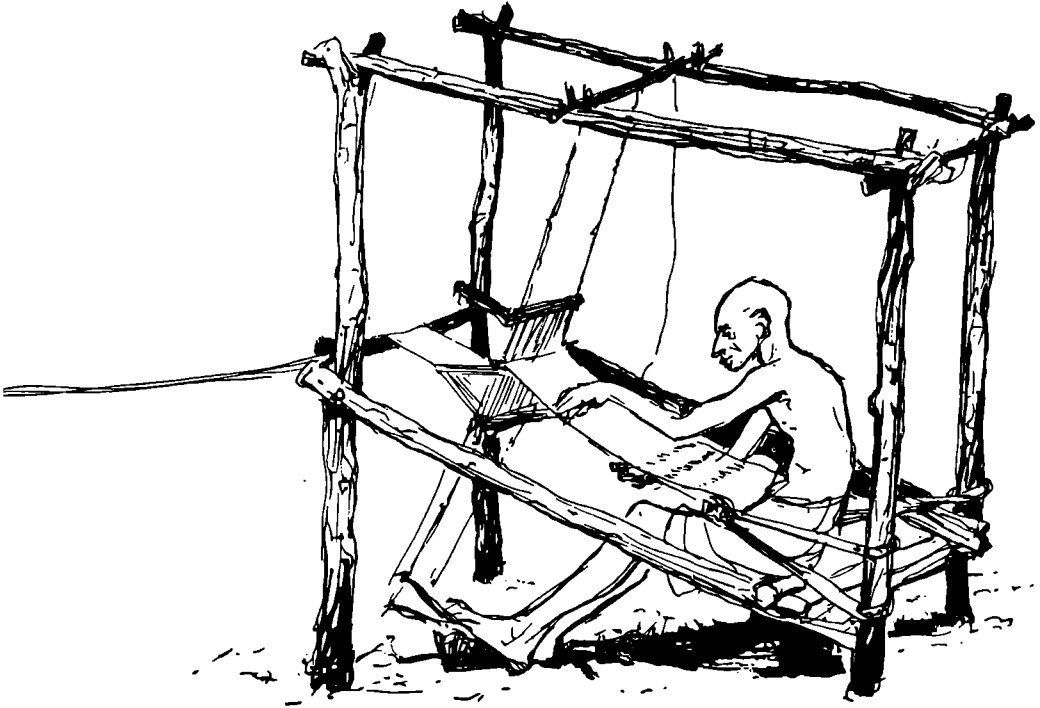
Zeit entdeckt worden, daß das Metall durch eine solche Härtung geschmeidiger wird. Die Fortschritte in der Metalltechnik führten nicht nur zu besseren Waffen, zu Schwertern, Schilden oder — zu eisernen Halsbändern und Ketten für die gefangenen Sklaven, sie brachten dem hölzernen Hakenpflug auch einen eisernen Dorn und später das eiserne Pflugschar.

Die mit der Nahrungsmittelproduktion zusammenhängende Technik entwickelte sich auch in anderer Weise. War zunächst in Ägypten, Mesopotamien oder auch in Indien und China — wie bei den ersten Ackerbauern und Viehzüchtern — lange Zeit der Reibstein zum Bereiten des Mehles benutzt worden — ein flacher, muldenförmiger Stein, auf dem die vorher gerösteten Körner mit einem walzenförmigen Stein wie einem Nudelholz nach und nach zerkleinert wurden — so entwickelte sich später daraus die Handmühle. Das waren zwei aufeinanderreibende Mühlsteine, deren oberer mit einem Stock als Handgriff gedreht wurde.

Aber erst in Rom hat man, wie Ausgrabungen in Pompeji zeigten, Trichtermühlen benutzt, die durch ein Zugtier angetrieben wurden. Auf einem gemauerten Sockel lag ein Unterstein — er war geriffelt, damit das Mahlgut an der Seite herausrieseln konnte. Der Oberstein mit den Trichtern, aus denen das Getreide zwischen die Steine rann, wurde durch einen Hebelarm, an dem ein Zugtier angeschirrt war, im Kreise gedreht. Im alten Ägypten gab es auch noch keine Pressen. Ölfrüchte wurden in einem festen Leinentuch ausgedrückt, dessen Enden man mit Hilfe von Knüppeln so fest zusammendrehte, daß wir von einer Wringpresse sprechen können. Später, in Rom, gab es dann bereits richtige Ölmühlen, in denen durch ballige Steine in schrägen Kollergängen die Ölfrüchte zerquetscht und ausgepreßt wurden.



In Ägypten wurde, wie überall bei den frühen Ackerbauvölkern, das Korn auf einem Reibstein zerrieben. Als die Handmühle mit dem sich drehenden Mühlstein erfunden war, hatte man ein weiteres Prinzip zur Nutzung tierischer Kraft entdeckt



Die Webtechnik dagegen war in Ägypten, ebenso wie in den anderen Sklavenhalterstaaten, bereits so hoch entwickelt, daß auf regelrechten Webstühlen gearbeitet wurde.

Aus dem Webrahmen oder den freihängenden Garnen, an die später ein hölzerner Querstab kam, war ein zweipfähliger Webstuhl geworden. Durch drehbare Walzen, zwischen denen die senkrechten Kettfäden liefen, war es möglich geworden, unbegrenzt lange Stoffbahnen herzustellen. Das zwischen den Kettfäden steckende waagerechte Querholz konnte so hin- und herbewegt werden, daß der mit Hilfe eines sogenannten Schützens durch die Kettfäden hinüber und herüber geworfene waagerechte Schußfaden immer abwechselnd vor oder hinter einem Kettfaden durch das Gewebe lief.

Die baumwollenen Gewebe, die auf diesen Webstühlen in Indien hergestellt wurden, oder die reichgemusterten seidenen Gewebe aus China und die Leinwandstoffe aus Ägypten waren von ganz außerordentlicher Schönheit und Haltbarkeit.

In den königlichen Webstuben wurde aber nicht etwa dafür gearbeitet, daß die Sklaven etwas anzuziehen hatten. Diese Stoffe waren Luxuswaren, mit denen sich die Herrschenden schmückten oder die ihnen als Handelsgüter dienten. Die Sklaven, die auf den Feldern, bei den Dammbauten, an den Pyramiden oder in den Bergwerken arbeiteten, mußten

froh sein, wenn sie einen Lendenschurz hatten und ein wenig Stroh, in das sie des Nachts kriechen konnten. Denn wärmende Decken waren ebensowenig für sie da wie all das andere, das von ihnen oder ihresgleichen geschaffen wurde.

Die stolzen Nubier, die aus den Gebieten des oberen Nils von den ägyptischen Sklavenjägern eingefangen worden waren und die als die kräftigsten Sklaven einen besonders hohen Preis auf den Sklavenmärkten in Theben oder anderen großen Städten erzielten, litten nicht nur unter ihrem elenden Sklavenleben — sie waren auch Entwurzelte. Zuvor hatten sie in ihrem Stammesverband gelebt, waren völlig eins gewesen mit ihrer Sippe und den Traditionen eines freien, urgemeinschaftlichen Lebens.

Jetzt, gewaltsam herausgerissen aus diesem Leben, verschleppt in eine fremde Welt, von der sie nichts gewußt und nichts geahnt hatten, mußten sie in einem Steinbruch, auf einem Feld, bei einem Bau oder in einer Werkstatt Arbeiten verrichten, deren Zweck sie nicht kannten. Sie verstanden nicht, wozu das gut sein sollte, was sie tun mußten, sie verstanden nicht die Sprache oder die vielen Sprachen, die unter den aus allen Gegenden zusammengetriebenen Sklaven gesprochen wurden.

Sie begriffen weder ihr Tun noch ihre Lage.

Sie verstanden die Gesetze nicht, nach denen sich dieses merkwürdige Leben vollzog, das für sie aus Hunger, Arbeit und Peitschenhieben der Aufseher bestand. Und sie hatten noch nie etwas gehört von den steiner-

Amenophis I., Pharao am  
Anfang der Periode des  
Neuen Reiches, die vom 18.  
bis 12. Jahrhundert v. u. Z.  
reichte



nen und lebenden Göttern, die sie nun anbeten sollten. Sie wußten mit Sicherheit nur eines: daß alles, was in diesen Staaten geschaffen wurde — die Paläste für die Reichen, die Schiffe auf dem Nil und die Ernten, die sie davonführten — das Werk ihrer Hände war. Und sie wußten, daß diejenigen, die sich das alles aneigneten und deren Eigentum sie selbst geworden waren, nichts taten.

Wie nahe liegt nun der Gedanke, daß sich die fremden Sklaven erhoben und ihre Peiniger beseitigten!

Aber da sie keine gemeinsame Sprache hatten, sehr unterschiedlich eingesetzt waren — auf großen Baustellen, auf den Äckern, im Hause oder als Stafettenläufer — und demzufolge auch unterschiedlich behandelt wurden, kam es zunächst nur selten zu gemeinsamen Aktionen.

Dagegen wurden sehr oft die durch hohe Abgaben ausgeplünderten „freien Armen“, die im Kriegsdienst zermürbten oder in den königlichen Werkstätten eingesperrten Handwerkersöhne durch ihre Not zu Aufständen getrieben. Ihnen schlossen sich dann auch Sklaven an.

Und hier nahm der Kampf der Unterdrückten gegen die herrschende Klasse neue, bewußtere Formen des Klassenkampfes an.

In einem Papyrus aus dem Jahre 1750 vor unserer Zeitrechnung wird zum Beispiel von einem Aufstand berichtet. Wir können lesen, daß die Aufständischen die Hauptstadt innerhalb einer Stunde einnahmen, sich des Königs bemächtigten, die Höflinge verjagten, die Beamten töteten und ihre Schriftstücke verbrannten. Sie zerrissen die Steuerregister, vertrieben die Richter und holten das Korn aus den königlichen Speichern.

Nachdem die Hauptstadt gefallen war, ergriff der Aufstand ganz Ägypten, und die Freude auf der einen Seite war so groß wie das Entsetzen auf der anderen.

Aber wir können auch lesen, wie es weiterging.

Die Dämme der Bewässerungsanlagen verfielen, die Kanäle verschlammten. Es war nicht mehr möglich, die Felder zu bewässern.

Und wir erfahren auch, daß nun die Hyksos ins Land einbrachen, die Völker wieder unterwarfen und nun ihrerseits die Herrschaft über Ägyptens Sklaven errichteten.

Wohl hatten die Armen den König abgesetzt, die Reichen verjagt und deren aus Priestern, Richtern, Soldaten und Aufsehern bestehenden Machtapparat zerschlagen. Aber sie waren nicht imstande gewesen, ihre errungene Macht festzuhalten. Sie wußten nicht — und konnten es nicht wissen — wie das Leben nun aufgebaut werden sollte. Die kleine Gruppe der Wissenden — denn das waren die Herrschenden ja zugleich — war beseitigt. Die Herrschaft hatte jetzt die Masse — aber sie war unwissend. Sie konnte nicht lesen, nicht schreiben; sie wußte die Bestell- und Erntezeiten nicht zu nutzen, wußte nichts über die Zusammenhänge des Bewässerungssystems, konnte weder das Fallen noch das Steigen des Wasserstandes vorhersagen und erst recht nicht regulieren.

Und noch etwas kam hinzu: Die Sklaven lebten in einer Gesellschaft, in der die Arbeit geächtet war, sie selbst galten als verachtenswert, als redende Werkzeuge. Wie hätten sie — als die alten Machthaber beseitigt waren — diese verachtete Arbeit freiwillig weiter tun können, die Schmach, Sklavendienste zu verrichten, weiter ertragen sollen?

Ohne eine straffe Organisierung der Arbeit, ohne planende Maßnahmen, die weit über die einzelnen Dörfer hinweggingen, und ohne zentrale Leitung mußte alle Ordnung zusammenbrechen.

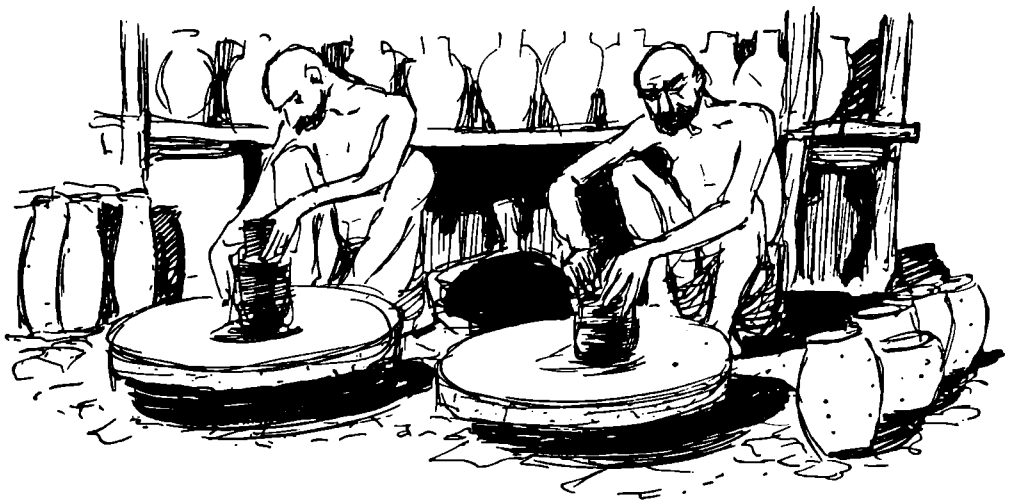
So erwuchs aus dem Chaos eine Lage, die die Menschen schutzlos gegenüber den äußeren Feinden machte, die nun über sie hereinbrachen und sie und das Land aufs neue versklavten.

Sie hatten viel gewollt — aber nichts erreicht, weil sie keinen Weg zum Aufbau einer neuen Gesellschaft finden konnten.

Die Wissenschaft kennt manche hochentwickelte alte Kultur, die fast schlagartig versank, ohne daß ein ersichtlicher Grund für den Untergang gefunden werden konnte. Hier drängt sich die Vermutung geradezu auf, daß sich solche Tragödien ereignet haben könnten wie die in Ägypten. Die kleine Zahl der Besitzenden war schnell beseitigt — aber da sie auch das Wissen besaßen und an ihre Stelle kein neues, kein weitergehendes Wissen, keine neuen Vorstellungen über eine bessere Organisation des gesellschaftlichen Lebens treten konnten, war der Zusammenbruch ein allgemeiner.

Mit der Sklaverei, dem Einsatz von Massenheeren von Arbeitern, waren — wie wir sahen — großartige Leistungen möglich geworden.

Die sich herausbildende weitgehende gesellschaftliche Arbeitsteilung und das Entstehen einer großen Anzahl von Berufen, die sich aus dieser



Arbeitsteilung ergaben, die allgemeine Spezialisierung in diesen Berufen und der Umgang mit den dazu notwendigen Werkzeugen — alles das vergrößerte noch die Fortschritte. Mit der gesetzlichen Festlegung, daß die handwerklichen Berufe der „freien Armen“ vom Vater auf die Söhne vererbt werden mußten, wurde ein hoher Stand der handwerklichen Technik erreicht.

In ihrer speziellen Handfertigkeit konnten die Werkleute des Altertums auch Jahrtausende später kaum übertroffen werden.

Damit war vom Menschen eine ganz entscheidende Stufe in der Entwicklung seiner Technik erklimmen worden.

Die Zeit der großen Fortschritte wurde jedoch allmählich abgelöst von einer Zeit, zu der die Sklavenhalter nur noch darauf bedacht waren, in Reichtum, Pracht und Herrlichkeit zu leben und ihre Macht zu behaupten. Diese Macht war nicht nur beständig gefährdet durch die explosive Lage im Innern ihrer Staaten, die Sklavenhalter waren ja auch fast pausenlos in Kriege verwickelt mit anderen Herrschern, die gleich ihnen durch Eroberungszüge neue Macht und neuen Reichtum zu erringen hofften.

Die ungeheuren Kosten für die endlosen Kriege wurden in Form von Steuern von den freien Bauern und Handwerkern durch die Sklavenhalter erpreßt.

Die Entwicklung der Technik — von Werkzeugen, Maschinen und Vorrichtungen, von Arbeitsverfahren und Kenntnissen — war zu einem gewissen Stillstand gekommen. In einer Zeit nämlich, in der den freien Bauern und Handwerkern so viel von ihrem Einkommen weggesteuert wird, daß sie kaum genug zum Leben behielten, konnten sie kein Interesse mehr daran haben, besonders gut zu produzieren oder gar ihre Produktionsinstrumente noch zweckvoller zu machen, so daß — wie wir heute sagen — ihre Arbeitsproduktivität gestiegen wäre. Denn sie selbst hatten keinen Nutzen, keinen Anteil, keinen Gewinn an einer Verbesserung ihrer Arbeit, ob sie viel oder wenig machten.

Mitunter waren reiche Handwerker — in Griechenland und Rom — selbst Sklavenhalter geworden. Sie betrieben Werkstätten, in denen Dutzende von Sklaven arbeiteten. Natürlich waren sie nun zu Aufsehern und Ausbeutern geworden. Sie versuchten, aus den zumeist ungelernten Sklaven, die nur für eine bestimmte Verrichtung innerhalb des ganzen Arbeitsprozesses angelernt waren, möglichst viel herauszuholen. Aber die Sklaven, für die es sowieso gleichgültig blieb, ob das Ergebnis ihrer Arbeit groß oder klein war, weil sie selber gar nichts davon hatten, taten nur soviel, wie notwendig war, um nicht vom Aufseher erschlagen oder vom zornigen Herrn in Fischfutter verwandelt zu werden, wie es zuweilen vorkam.

Unter diesen Umständen konnte also keine nennenswerte Entwicklung der Produktionsinstrumente oder der Produktionstechnik mehr erfolgen. Die Sklaverei war zu einer



## Fessel des Fortschritts

geworden, und wenn die reichen Handwerker neue Werkzeuge und Techniken einführen wollten, dann verdarben die uninteressierten Sklaven die feineren Geräte, stellten sich besonders ungeschickt bei allem, was auf eine Vervollkommnung der Arbeit abzielte und damit auf eine größere Ausbeutung ihrer Fähigkeiten hinausgelaufen wäre.

Auf den Feldern der reichen Latifundienbesitzer war es nicht anders. Die Sklaven, die bei guten oder schlechten Ernten hungern mußten, kümmerten sich keinen Deut um den Zustand der Äcker. Auch als durch das eisenbeschlagene Pflugschar, durch Walzen und Eggen und durch Düngung eine erhebliche Verbesserung der Bodenbearbeitung möglich war, blieben die Erträge gering.

Die ländlichen Sklaven waren ebensowenig wie die städtischen Sklaven an einer Intensivierung der Arbeit, an der Entwicklung der Produktionstechnik und Vervollkommnung der Werkzeuge interessiert.

„Die Sklaven fügen den Getreidefeldern den größten Schaden zu; sie verleihen die Ochsen, weiden sie und das übrige Vieh schlecht; sie pflügen den Boden nachlässig“, so beklagte der römische Schriftsteller Columella die Zustände.

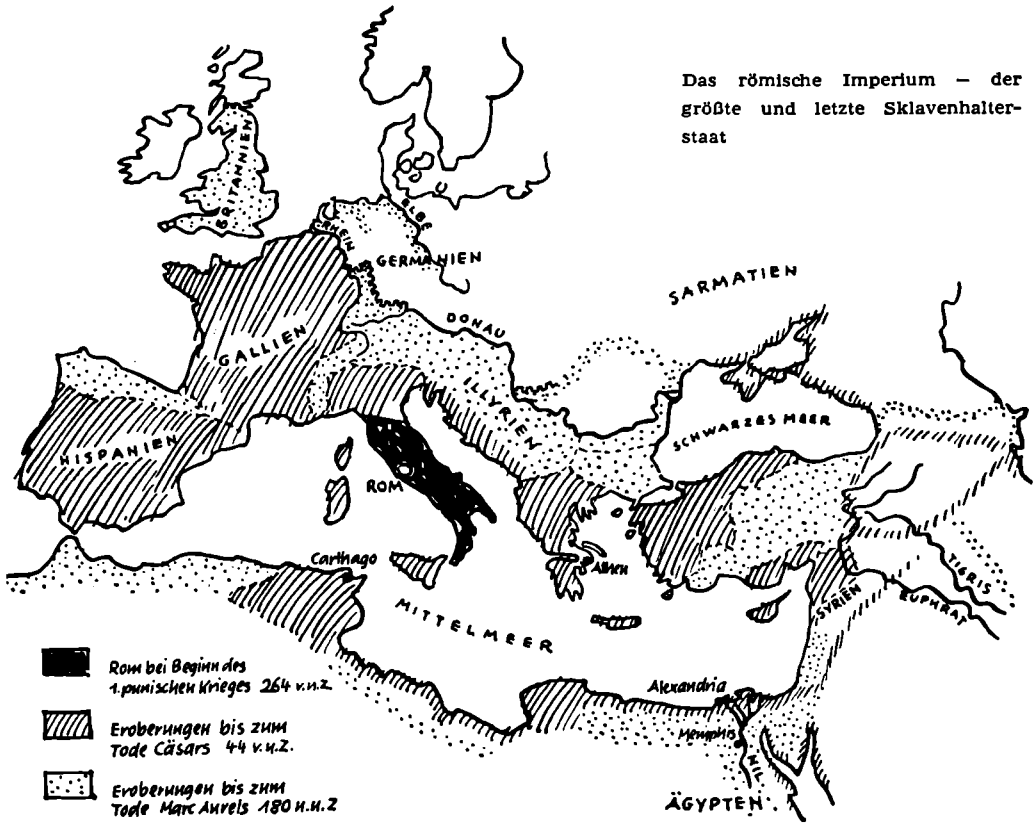
Das großmächtige Rom hatte zwar in seiner Blütezeit alle Gebiete erobert, die vorher zu den alten Sklavenhalterstaaten am Mittelmeer gehörten, es hatte durch seine Legionen von Nordafrika bis Kleinasien, von Griechenland bis zur Pyrenäenhalbinsel alle Völker unterworfen, sie tributpflichtig gemacht und ihre Länder in römische Provinzen verwandelt.

Römische Legionäre standen am Nil, am Rhein und an der Themse, alle Straßen führten nach Rom, und Rom war in der Tat das Herz der alten Welt geworden — aber dieses Herz war krank. Die Sklavenhalterwirtschaft hatte ihre Grenzen erreicht.

Die Sklavenhalter konnten aufsässige Sklaven ans Kreuz nageln — überall an den Wegen nach Rom standen solche schrecklichen Todeskreuze —, aber sie konnten die Sklavenmassen nicht zwingen, ihre Arbeit und ihre Ketten zu lieben. Die Sklaven haßten die Arbeit, die Werkstätten, Bergwerke und Steinbrüche, die Felder; das Vieh und ihre Herren.

Bald boten die Äcker der Latifundien, der großen Sklavenhaltergüter, auf denen Hunderte von Sklaven arbeiteten, einen traurigen Anblick. Für immer mehr Latifundienbesitzer — das waren zumeist vermögende Bürger, die in Rom wohnten, Senatoren, Finanzleute oder millionenreiche Feldherren — erschien es sehr bald nützlicher, Sklaven freizulassen, ihre riesigen Sklavengüter in Parzellen aufzuteilen und den Boden an entlassene Soldaten, freigelassene Sklaven oder auch an kleine Bauern zu verpachten.

Das römische Imperium — der größte und letzte Sklavenhalterstaat



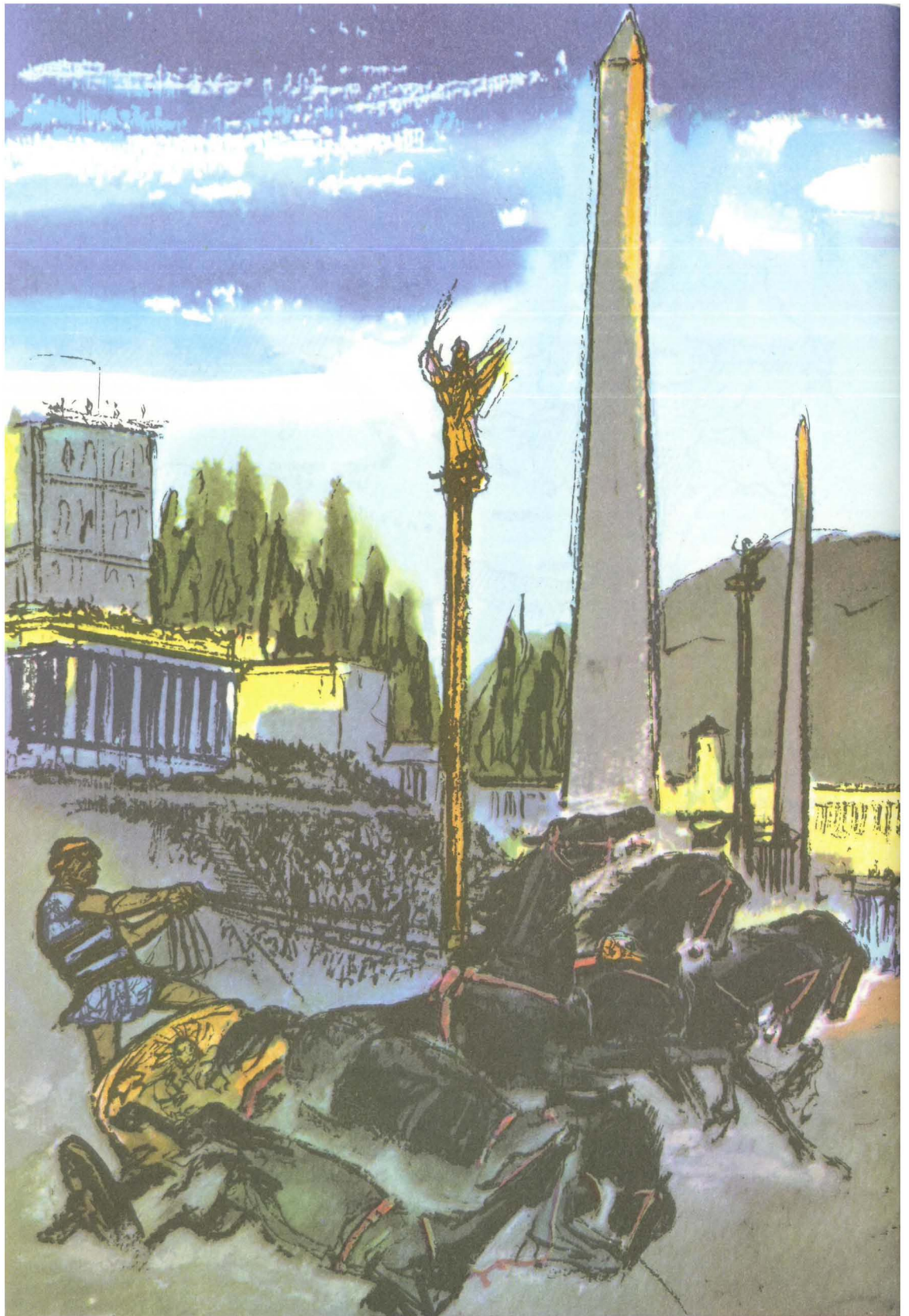
Durch Gesetze wurden diese Bauern — sie hießen Colonen — so an ihre Felder gebunden, daß sie praktisch zu einem Teil des Bodens selbst wurden. Sie durften ihn nicht verlassen und konnten mit ihm zusammen weiterverkauft werden an einen anderen Großgrundbesitzer. Aber sie brauchten nur einen Teil ihrer Ernten, des Getreides, Weines, Öls, des Viehs oder der Milchprodukte, als Pacht abzuliefern. Das übrige gehörte ihnen. Gewiß, die Abgaben waren sehr hoch; wenn sie sich jedoch anstrebten, ihre Felder gut bearbeiteten, das Vieh, die Gärten und die Weinberge pflegten, dann gewannen sie auch mehr für sich selbst — und so arbeiteten sie gut.

Damit entstand innerhalb der Sklavenhalterwirtschaft bereits der Keim zu einer neuen Produktionsweise, der des Feudalismus, in der aus dem Sklaven der leibeigene, hörige Bauer wurde.

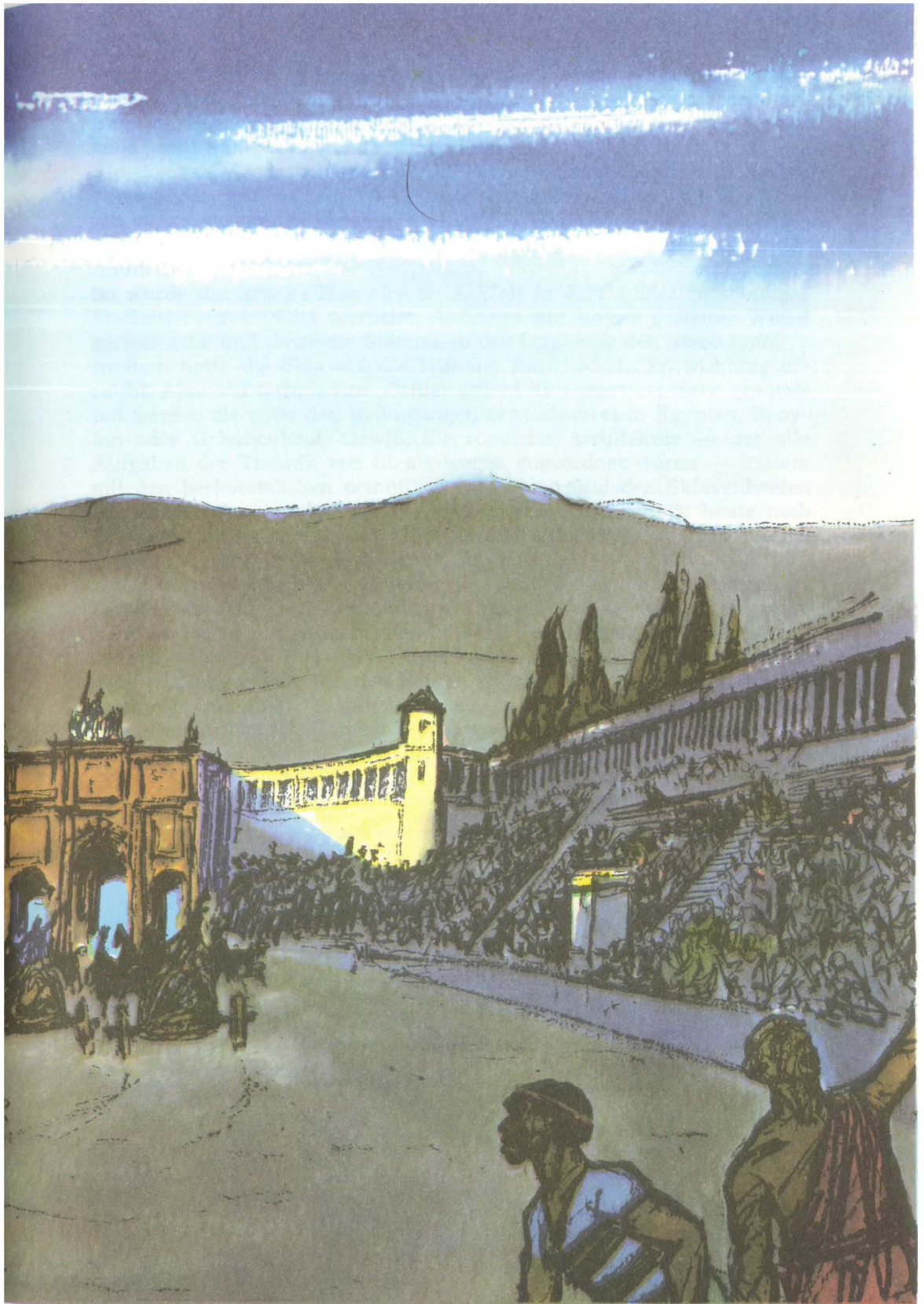
Zu dieser von innen her die wirtschaftlichen Grundlagen der Sklaverei sprengenden Umwälzung kamen äußere Einflüsse, die das mächtige römische Reich schließlich zerstörten.

Immer schwieriger wurde es, die weit entfernt liegenden Grenzen militärisch zu sichern. In den unterdrückten Provinzen erhoben sich die Völ-

Höhepunkte der römischen Zirkusspiele waren die Wagenrennen. Drei, vier oder sechs Pferde zogen die leichten Rennwagen. Der siegreiche Wagenlenker wurde mit einem Lorbeerkranz geschmückt.









ker gegen ihre Zwingherren; die von dorthier fließenden Nahrungsmittel, Bodenschätze und Tribute blieben aus. Durch die verlorenen Kriege erlitten die Finanzleute Einbußen; es kam zu Militärrevolten, und immer neue große Sklavenaufstände brachen aus.

Die Colonen, denen von ihren Grundherren ständig mehr Pacht abverlangt wurde, weil sie nun die Verluste ausgleichen sollten, die ihre Herren in den verlorenen Provinzen hatten, verbündeten sich mit den Sklaven; dazu kamen die Handwerker aus den Städten und die Massen der städtischen Proletarier, der Besitzlosen.

So wurde das kranke Herz der alten Welt in Jahrhunderten ständiger Erschütterungen völlig zerrüttet. Als dann mit immer größerer Wucht germanische und slawische Stämme in das Land einfielen, starb Rom.

In Rom hatte die Sklavenhalterordnung ihre höchste Entwicklung erreicht. Aber auf technischem Gebiet war nicht wesentlich mehr geschaffen worden als unter den Bedingungen der Sklaverei in Ägypten, Babylon oder Griechenland. Gewiß, die römische Architektur — der alle Aufgaben der Technik von Staats wegen zugeordnet waren — leistete mit den herkömmlichen primitiven Maschinen und den Sklavenheeren Hervorragendes und im Städte-, Brücken- und Straßenbau heute noch Bewundernswertes, aber fast alles beruhte auf den technischen Kenntnissen, die schon früher angewandt wurden.

Die römischen Ingenieure schufen ein 300 000 Kilometer umfassendes Straßennetz. Die Legionen und die Kutschen der Verwaltungsbeamten konnten bis in die entferntesten Winkel des Reiches auf gepflasterten Wegen gelangen. Aus zehn Aquädukten, hochgebauten kanalartigen Wasserleitungen, die, von den Bergen kommend, in stetem sanftem Fall kilometerweit Täler, Hügel und Ebenen überspannten, flossen täglich etwa eine Million Kubikmeter Wasser nach Rom. Das war dreimal mehr,

Meisterwerke der römischen Ingenieurkunst — die Aquädukte



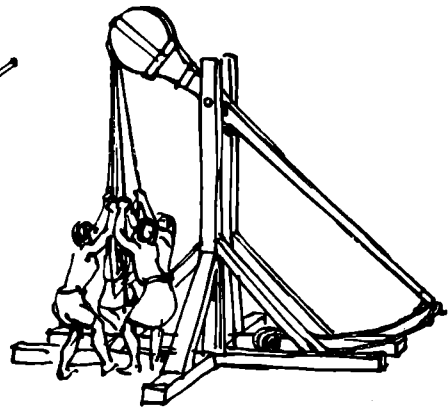
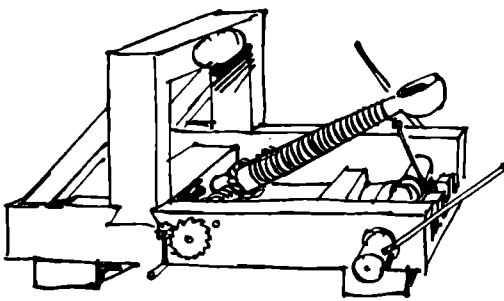
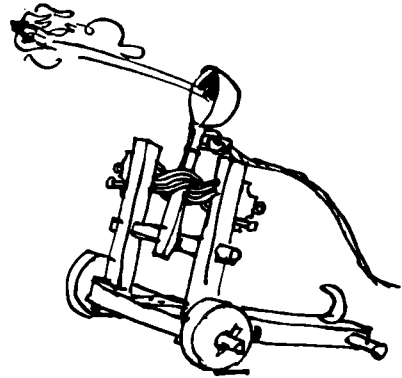
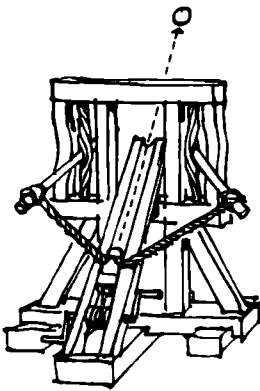


als Rom heute erhält. Sie speisten die Thermen — die Bäder, die Brunnen auf den Straßen und die Trinkwasserspeicher in den Häusern. Auch im Bau von Kriegsmaschinen taten sich die römischen Ingenieure hervor. Große Schleudergeschütze wurden nach dem Prinzip der bereits in der Urzeit entwickelten Torsionsfallen konstruiert. Die in gedrehten Seilen gespannte und auf einen Schlag ausgelöste Kraft wurde mit Hilfe



eines Schleuderbrettes benutzt, um mit großen Steinbrocken belagerte Städte oder die Reihen der Feinde zu bombardieren. Aus dem urtümlichen Bogen war das Katapult-Geschütz geworden, mit dem schwere eisenbewehrte Pfähle oder Brandsätze gegen die Feinde geschossen wurden.

Was nicht, wie diese Staatstechnik, den Belangen des Reiches direkt diente, mußte zumindest der Bequemlichkeit oder dem Vergnügen der herrschenden Schicht dienen, wenn es Anerkennung finden sollte. Das war der Fall bei den unter den Steinfußböden liegenden Heizungskanälen in den Villen der Reichen, bei den Fahrstühlen, den Speisenaufzügen, konstruiert nach dem Prinzip der Schwerkraftfalle, oder bei den technischen Spielereien in den Theatern.



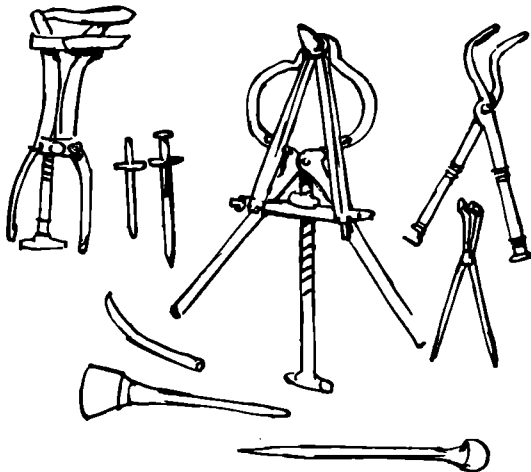
Mit solchen Kriegsmaschinen wurden Steine, Pfeile oder Brandsätze in belagerte Städte katapultiert oder geschleudert. Die größte Weite der Katapult-Geschosse soll bei 850 Metern gelegen haben

Die Werkzeuge der Bauarbeiter, Steinmetze und Bildhauer hatten sich gegenüber denen, die im alten Ägypten und vor allem in Griechenland verwendet wurden, kaum verändert. Aber zu welcher Meisterschaft in der Herstellung von Instrumenten man in Rom gelangt war, das zeigen die chirurgischen Instrumente, die in Pompeji ausgegraben wurden. Uns liegt ein Sortiment von solchen ganz speziellen Werkzeugen vor, die höchste Vollkommenheit verraten.

Das, was hier für die Hände der operierenden Ärzte geschaffen worden ist, zeigt, wieweit die Entwicklung immer speziellerer Werkzeuge und Techniken auch auf den anderen Gebieten hätte gedeihen können, wenn das im Interesse der mit ihnen umgehenden Arbeiter gelegen hätte.

Die Möglichkeiten dazu waren also vorhanden, aber die auf Sklavenarbeit beruhenden Produktionsverhältnisse ließen ihre Ausnutzung nicht zu.

Auch die Maschinenteknik wurde nicht weiterentwickelt, obwohl die experimentierenden und beobachtenden Naturwissenschaftler bereits neue Prinzipien, neue Naturkräfte entdeckt hatten. Auf der Muskelkraft der Sklaven war die Sklavenhalterordnung begründet worden, die Muskelkraft blieb über mehr als 4000 Jahre hinweg die hauptsächliche Antriebskraft, und sie wurde auch dann noch auf die grausamste Weise ausgebeutet, als zu einem Teil bereits der uralte Traum von der großen Kraft hätte verwirklicht werden können, dem die geplagten Menschen seit alters her nachsannen, den sie in Zaubermärchen ausmalten.



Hochentwickelte chirurgische Instrumente aus Pompeji

## VON DER GROSSEN KRAFT

Mit den Muskeln ihrer Schultern — Menschen im Tretrad — Wasserrad und Windmühle — Frohnauer Hammer — Die Heronsche Dampfstrahlmaschine — Das Vakuum — Neuartige Wasserhebemaschinen — Auf den Schultern vieler Erfinder

### Mit den Muskeln ihrer Schultern

ihrer Arme und Beine hielten die Sklaven den technischen Mechanismus des Altertums in Gang. Wie oft mögen sie, die im engen Stollen der Bergwerke kriechend Erz schürften, die Mühlsteine trieben, Lasten schleppten oder Blasebälge zogen, um das Schmiedefeuer anzufachen, wie oft mögen sie sehnsüchtig von einer Kraft geträumt haben, die ihnen ihre Arbeit abnahm.

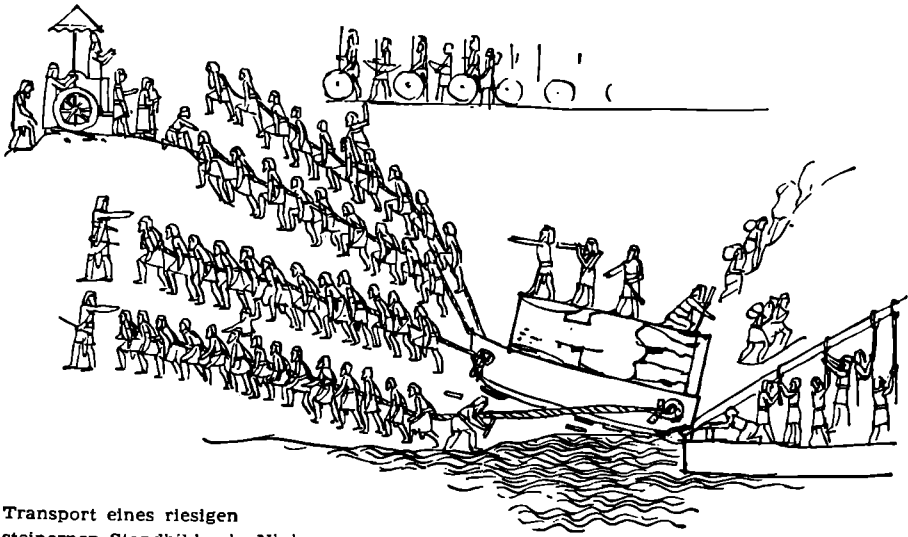
Auch dort, wo die menschliche Energie nicht so furchtbar ausgebeutet wurde wie in den Sklavenhalterstaaten, standen den Menschen nur ihre eigenen Muskeln als Energiequelle und Antriebskraft zur Verfügung. Das heißt — zur Verfügung standen zwar schon alle die Energiequellen, die wir heute kennen: die tierischen Zugkräfte, die unermesslichen Kräfte des fließenden Wassers und des strömenden Windes, und bereit lagen die unterirdisch eingeschlossenen Kräfte der Kohle und des Erdöls.

Kurzum: Zur Verfügung stand alles, was die Sonnenenergie aufgespeichert hatte oder tagtäglich im Wasserkreislauf oder in der Atmosphäre in Bewegung hielt. Titanische Kräfte waren vorhanden, aber der Mensch verstand noch nicht, sie zu nutzen. Er hatte noch nicht zu einem Tausendstel die Kräfte in seinen Dienst gestellt, die wir heute als selbstverständlich betrachten.

Natürlich waren Esel und Kamel zu Lastträgern geworden. Vor den leichten zweirädrigen Streitwagen der ägyptischen, griechischen oder römischen Krieger liefen schnelle Pferde, und schwerfällige Ochsen drehten Göpelmühlen, zogen den Holzpflug oder den Dreschschlitten, der über die ausgebreiteten Ähren fuhr und nach und nach die Körner aus ihnen herausbrach.

Aber die Kräfte all dieser Tiere konnten nur für verhältnismäßig leichte Dienste verwendet werden, denn die Zuggurte wurden ihnen einfach um den Hals gelegt, und große Lasten hätten sie gar nicht ziehen können, ohne sich zu erwürgen oder sich die Schlagadern abzusperren.

Erst im 9. bis 10. Jahrhundert unserer Zeitrechnung wurden das Brustblattgeschirr, Kummet und Sielen erfunden, und der Hufbeschlag verbreitete sich. Damit begann erst die rationelle Nutzung der tierischen



Transport eines riesigen  
steinernen Standbildes in Ninive

Muskelkraft. Bis dahin war ihnen jede Sklavenkolonne oder jede Gruppe gemeinsam ziehender Männer an Leistungsstärke überlegen.

Deshalb werden wir auch finden, daß auf Darstellungen von Kriegswagen oder von berühmten römischen Wagenrennen immer mehrere Pferde, zumeist vier oder sechs, nebeneinander vorgespannt sind, obwohl nach unseren Vorstellungen ein oder bestenfalls zwei Pferde für diese leichten Wagen völlig ausgereicht hätten.

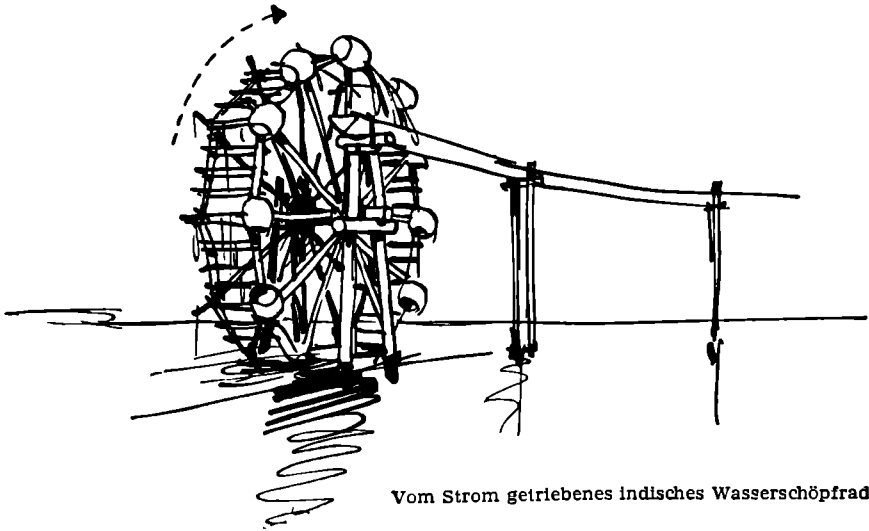
Andererseits werden wir Pferde oder Zugtiere überhaupt stets vermissen, wenn auf Bildern oder Zeichnungen der Transport von großen Massen, also von Steinen, Standbildern oder Obelisken, festgehalten wurde.

Auch Wasser und Wind verströmten so gut wie nutzlos, das heißt, ohne daß sie als Antriebskraft verwendet worden wären. Nur vereinzelt wurde das Wasserrad benutzt, so selten, daß wir, eben weil es ganz besondere Ausnahmen waren, darüber in den Überlieferungen ziemlich genau unterrichtet werden. Im alten Griechenland wurde ein solches sensationelles Wasserrad mit einem Gedicht gefeiert, in dem es hieß: „Laßt eure Hände ruhn, ihr Frauen! Schlaft ruhig, möge der Hahn vergebens euch zu wecken suchen, den Tag ankündigend. Eure Arbeit ist den Flußnymphen übertragen. Flink hüpfen die Najaden über die Räder, die Räder aber drehen den schweren Mühlstein.“

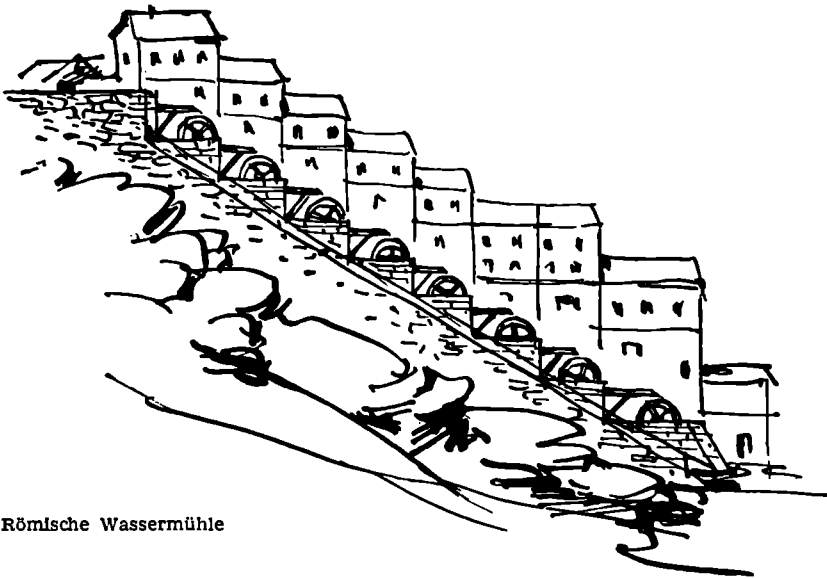
Im ersten Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung machten zwar die Römer mit dem Wasserrad Bekanntschaft, aber es wurde kaum verwendet. Nur von einer größeren römischen Anlage zum Getreidemahlen

wissen wir. Sie stand um 200 unserer Zeit in Barbegal bei Arles in der Provinz Gallien. In ihr trieben 16 Wasserräder 32 Mahlwerke an, die in 24 Stunden etwa 28 Tonnen Mehl erzeugen konnten.

Es gab außer in Indien auch kaum Wasserschöpfräder. Das waren große Speichenräder, die so in einen Bach oder Fluß gestellt wurden, daß die sich im Strom drehenden Räder in Schöpfemern das Wasser heraus hoben und die Eimer auf dem höchsten Punkt der Umdrehung auskippten — zumeist in eine hölzerne Rinne, in der das Wasser dann auf die höhergelegenen Felder floß. Statt dessen aber gingen fast überall



Vom Strom getriebenes indisches Wasserschöpfrad



Römische Wassermühle

## Menschen im Tretrad

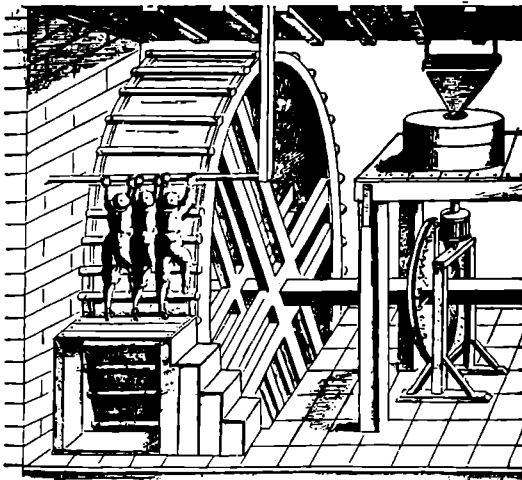
Sklaven, die sich an einer waagerechten Stange festhielten und mit ihren Füßen in die Sprossen traten. Durch zwei hölzerne Radreifen waren die Sprossen so miteinander verbunden, daß sie fast wie eine aus Latten bestehende Walze aussahen. Beständig das Rad tretend, also gewissermaßen immer wie auf einer Leiter kletternd, deren Sprossen sich nach unten wegdrücken, beförderten die Sklaven in hölzernen Querrinnen oder Eimern das Wasser aus dem Fluß.

Anstatt also die Wasserkraft auszunutzen, wurde die Muskelkraft der Sklaven gegen sie eingesetzt.

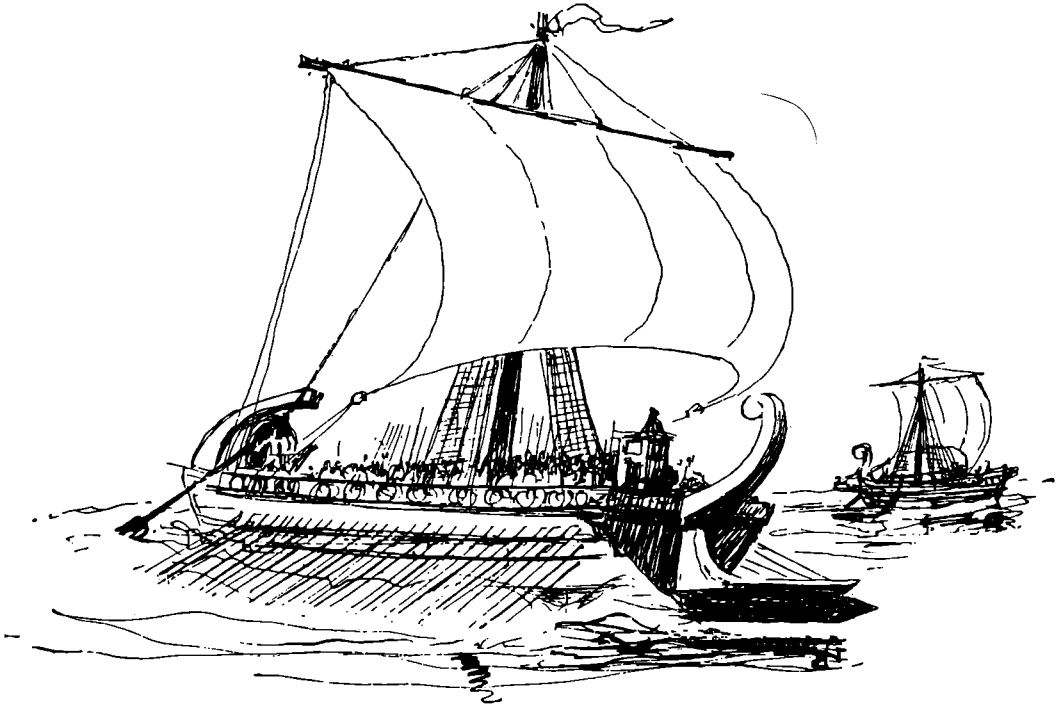
Mit Tretmühlen wurden in China Flußboote vorwärts bewegt, und Treträder bewegten die Kräne, mit denen in Rom die Bausteine emporgehoben wurden. Im Inneren des trommelförmigen Tretrades hasteten Sklaven, oft mehr als zwanzig, mit keuchenden Lungen die Stufen hinauf, die sie so unter sich wegtraten, daß sie, immer am Flecke laufend, das große Rad drehten. Das Rad wickelte ein Seil auf eine Winde, und das Seil zog über eine Rolle des aufstrebenden Kranes den Stein in die Höhe.

Solche Treträder gab es bis weit ins Mittelalter auf Baustellen und in den Häfen. Auch im berühmten alten Danziger Krantor wurden mittels eines Tretrades die Lasten nach oben gezogen.

Im Zuchthaus zu Toulon in Frankreich waren noch zu Anfang des vorigen Jahrhunderts Tretmühlen in Betrieb. Von hier wissen wir, daß die Sträflinge in den Treträdern fast regelmäßig nach fünf bis sieben Monaten starben. Bis 1870 gab es in 54 englischen Zuchthäusern und Straf-



Tretrad zum Antrieb eines Mahlwerkes. Zeichnung aus Veranzios „Machinae novae“, Venedig 1616 .



anstellen noch solche Treträder und bis in unsere Zeit hinein auch noch in den Gefängnissen der englischen Kolonien!

Es gab sie also wirklich, über Jahrtausende, diese schreckliche Tretmühle, die noch heute als sprichwörtliches Instrument der schamlosesten Ausbeutung und der stumpfsinnigsten Marter gilt — ebenso wie die Galeere.

Denn auch die Schiffe mußten ja durch Muskelkraft mit Rudern vorwärts bewegt werden. Die Segel konnten — ebenfalls über Jahrtausende — nur dann verwendet werden, wenn der Wind direkt in Fahrtrichtung blies. Noch hatte man es nicht gelernt, den Wind durch besondere Segelstellungen und durch Kreuzen zu überlisten. Steuerungseinrichtung und Bauart waren nicht geeignet, um die Schiffe nur als Segler zu fahren. Die Haupttriebkraft waren die an ihre Ruderbänke angeschmiedeten Galeerensklaven, die in einem vom Aufseher auf dröhnende Holzplatten gehämmerten Rhythmus die massigen Ruder bewegten.

Mit Menschenkraft wurde also gegen die Kräfte des Windes angekämpft — statt sie zu nutzen.

Solange man immer neue Sklaven auf Kriegszügen oder aus den unterworfenen Ländern herbeizuschleppen vermochte, die in den Tretmühlen oder auf den Ruderbänken zu Tode gehetzt werden konnten, solange sah die herrschende Klasse der Sklavenhalterstaaten keine Veranlassung, nach einer besseren Nutzung der Wind- oder Wasserkräfte zu suchen. Ebenso wie bei den Werkzeugen und mechanischen Einrichtungen,

wurde auch auf dem Gebiet der Energieausnutzung die Sklaverei zu einem Hemmnis.

Die praktische Technik wurde also bewegt mit allem Kraftaufwand, zu dem ein geschundener Mensch nur fähig war. Die gelehrten Naturwissenschaftler und Philosophen dachten nicht daran, die Arbeit der Sklaven zu erleichtern. Die Sklaven waren für die herrschende Klasse, und dazu gehörten die Gelehrten, keine Menschen, und eine aufs Praktische gerichtete Tätigkeit — das aber ist eben die Technik — galt als unwürdig.

Die griechischen Wissenschaftler, sie waren die ersten, denen wir zu Recht diese Bezeichnung geben können, hatten zwar zu einem guten Teil die Anfänge der Wissenschaften aus dem Tempel geholt und sie von vielem mysteriösen Beiwerk befreit. Sie waren aber weit davon entfernt, die Wissenschaften nun etwa dem Volke zu bringen oder sie überhaupt mit dem Zwecke zu betreiben, daß ein praktischer Nutzen aus ihnen gezogen werden konnte.

In der griechischen Sage wird Dädalus, der Vater des fliegenden Ikarus, der abstürzte, als die Sonne das Wachs seiner Vogelschwingen erweichte, als ein großer Ingenieur, Mechaniker, Baumeister, Erfinder und Künstler verehrt. Er galt als der Schöpfer von Bauten, Säulen, Bädern, automatischen Spielereien, als der Begründer handwerklicher Techniken und auch als Beherrscher des Vogelfluges — so vieler Werke, daß er gar nicht alles vollbracht haben kann, was ihm zugeschrieben wird. Und es kann kein Zweifel bestehen, daß Dädalus gar keine historische Person, sondern vielmehr gewissermaßen ein Gesamtname ist, auf den die Überlieferung des Volkes alle die ältesten Erzeugnisse der Technik vereinigte, deren eigentliche Urheber unbekannt waren, deren Werke aber hochgeschätzt wurden.

Zu der Zeit, als es nicht mehr notwendig gewesen wäre, für technische Schöpfungen nach einem sagenhaften Urheber zu suchen — als es nämlich kluge Gelehrte gab — blieben die Schöpfungen aus, die das Volk hätte gebrauchen können.

In manchen Darstellungen erscheint Archimedes als einer der Väter der modernen Technik. Nun, er war ein ganz bedeutender griechischer Mathematiker, und er veröffentlichte auch zwei Werke über die mathematische Mechanik. Aber über die Anwendung der gewonnenen Lehren schrieb er nichts, obwohl er den Flaschenzug und die Wasserschraube und auch die geradezu legendär gewordenen Kriegsmaschinen entwickelt hatte, mit denen sich das belagerte Syrakus lange Zeit gegen die Römer verteidigen konnte.

Schon zuvor hatten Platon und Aristoteles verlangt, daß alle die freien Bürger, die etwa einem Handwerksgeschäft mehr zuneigten als der Sorge für ihre innere Tüchtigkeit, ihre schöngeistige Bildung, durch Schmach und Schande aller Art bestraft werden sollten. Nur Fremde und Sklaven sollten Handwerke verrichten. Die Bürger sollten sich der Muße, den freien Künsten und den Wissenschaften hingeben.



Welche Verachtung auch in Rom die Gelehrten für alle diejenigen Arbeiten hatten, die mit gebeugter Körperhaltung und auf den Boden gerichteter Aufmerksamkeit vollbracht wurden, geht aus einem Brief des römischen Philosophen Seneca hervor, in dem er schrieb:

„Die Weisheit sitzt auf hohem Thron: Sie lehrt nicht die Handfertigkeit, sie ist die Lehrerin des Geistes . . . sie ist, um es nochmals zu sagen, keine Verfertigerin von Werkzeugen für den notwendigen Lebensbedarf. Alles das sind Erfindungen untergeordneter Geister.“

Wir dürfen uns nicht wundern, daß die meisten Gelehrten des Altertums, die die Arbeit als eine menschenunwürdige Beschäftigung für die nicht den Menschen zuzurechnenden Sklaven betrachteten, nun auch keine Veranlassung fanden, ihre mechanischen und physikalischen Kenntnisse auf solche praktischen Aufgaben zu lenken, die im Interesse der Sklaven, Handwerker und Bauern zu lösen gewesen wären. Mit den Klassengegensätzen wurde auch die Kluft zwischen Entdecken und Erfinden, zwischen Theorie und Praxis immer tiefer.

In Alexandrien wurden in den Jahrhunderten vor und nach unserer Zeitrechnung bemerkenswerte mechanische Apparate gebaut, die von Wasserkraften, Druckluft oder über Rollen laufenden Zuggewichten bewegt wurden. Der Mechaniker Ktesibios erfand die Wasserpumpe, die Wasserorgel und die Wasseruhr. Philon von Byzanz und sein Nachfolger Heron von Alexandrien schufen und beschrieben wahre Meisterwerke feinmechanischer Apparaturen.

Heron baute Springbrunnen und Wasserkünste, und er beschrieb Automaten, die nach dem Einwurf eines Geldstückes Weihwasser spendeten. Er gab Anweisungen zum Bau eines Tempels, dessen Türen sich selbsttätig öffneten, wenn ein Opferfeuer angezündet wurde, und sich schlossen, wenn das Feuer erlosch. Er ließ Figuren auf Altären tanzen und sie Opfer verrichten, er baute pneumatische Automatentheater mit Figuren, die sich bewegten und musizierten, die Spiele aufführten, bei denen es stürmte und donnerte. Er ließ mechanische Vögel in den Zweigen zwitschern und Wind- oder Wasserorgeln flöten.

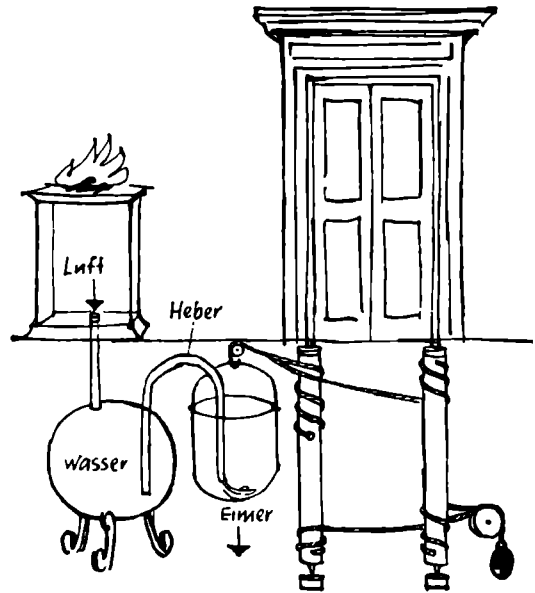
Er beschrieb und trieb eine solche Fülle mechanischer Spielereien, daß er mit Recht als ein großer Wunderkünstler galt, als ein Thaumaturg, wie die alten Griechen diese Mechaniker nannten.

In seinen sogenannten Druckwerken wurden durch Zylinder mit eingepaßten Kolben, durch Ventile, Hähne, Zahnräder, Hebel und Schrauben die Kräfte zusammengepreßter oder erwärmter Luft und die Kräfte des Wassers oder Wasserdampfes benutzt. Er baute Windkessel und die ersten kleinen Dampfstrahltriebwerke, von denen die Geschichte weiß.

Aber nicht eine einzige seiner Erfindungen und nicht ein Apparat diente einem praktischen Zweck oder half, die Arbeit der Sklaven zu erleichtern und ihre Muskelkraft zu ersetzen. Daran dachte Heron nicht einmal.



Das Altarfeuer wird vom sich entwickelnden Wasserdampf selbsttätig gelöscht oder es bewirkt, daß die erhitzte Luft das Wasser in den Eimer drückt, der absinkend die Tempeltüren öffnet



Für ihn und die Gelehrten seiner Zeit war es lediglich interessant, Wasser — entgegen der Natur — in die Höhe steigen zu lassen; das war das Wunder, und dem allein galt die Anerkennung.

Auch die übrigen Apparaturen und Mechanismen waren in erster Linie gebaut worden, um Bewegungen auszuführen oder auszulösen, die sonst menschlicher Kräfte oder aber „dämonischer Gewalten“ bedurften. Dieser auf „totem Wege“ hervorgerufenen Bewegung galt die Bewunderung der Gebildeten. Für einen anderen, einen nützlichen Zweck waren diese Selbstbeweger, die „Automaten“, nicht gedacht.

Wir sehen: Solche Mechanismen waren herstellbar, sie waren technisch und ideenmäßig auszuführen. Sie mußten aber, mit den Augen von heute betrachtet, Spielereien bleiben, weil es die in den antiken Sklavenhalterstaaten herrschende Wirtschaftsweise und die damit im Zusammenhang stehende Denkweise gar nicht gestatteten, sie zum Dienst für praktische Zwecke zu entwickeln.

Unter anderen wirtschaftlichen Bedingungen sollten die Heronschen Wunderwerke allerdings noch zu einer bedeutenden Rolle kommen. Denn es war das Heronsche Dampfmaschinchen, das viele Jahrhunderte später einen wesentlichen Einfluß auf die Erfindungsgeschichte der Dampfmaschine nahm.

Bevor jedoch diese Entwicklung einsetzte, mußten erst mit Wasserrad und Windmühle die notwendigen technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen dafür geschaffen werden.

Nachdem mit dem römischen Reich die Antike zu Ende gegangen war, dauerte es viele Jahrhunderte, bis sich die neue feudalistische Wirtschaftsweise durchsetzte und festigte.

Zu dieser Zeit wurden in Mitteleuropa sehr viele der alten technischen Errungenschaften vergessen. Oder man konnte sich ihrer nicht mehr bedienen, weil es an der zentralen Gewalt fehlte, ohne die weder Straßen noch Aquädukte, Kanäle oder städtische Anlagen unterhalten werden konnten.

Hinzu kam, daß das aufkommende Christentum mit allen „heidnischen“ Überlieferungen auch die antiken Wissenschaften ausrottete, so daß sich über das Abendland die Nacht des Aberglaubens und des Mystizismus senkte. Statt die Natur zu zwingen, ihre Geheimnisse preiszugeben, suchten die Gelehrten nach biblischen Offenbarungen. Die Naturwissenschaft, von den Griechen aus den Tempeln geholt, wurde wieder in die Kirche gesperrt, und alles, was den biblischen Vorstellungen und den Auslegungen der Kirchenväter nicht entsprach, war verboten und geächtet. Die Aufmerksamkeit der Gläubigen sollte auf das Jenseits, das Himmelreich, gerichtet werden, nicht aber auf die Erde und die Verbesserung ihres Daseins auf der Erde.

Zu dieser Zeit waren die Araber, oder besser gesagt die Völker, welche die Araber von Kleinasien bis Gibraltar unterworfen und zum islamischen Reich vereinigt hatten, die Bewahrer und Vermehrer des antiken wissenschaftlichen und technischen Erbes geworden. Hier blühten Mathematik und Astronomie, Medizin und Chemie, hier wurden die ersten großen geographischen Werke geschaffen, wurde Biologie und Zoologie betrieben, und hier standen auch Technik und Mechanik in hohem Ansehen.

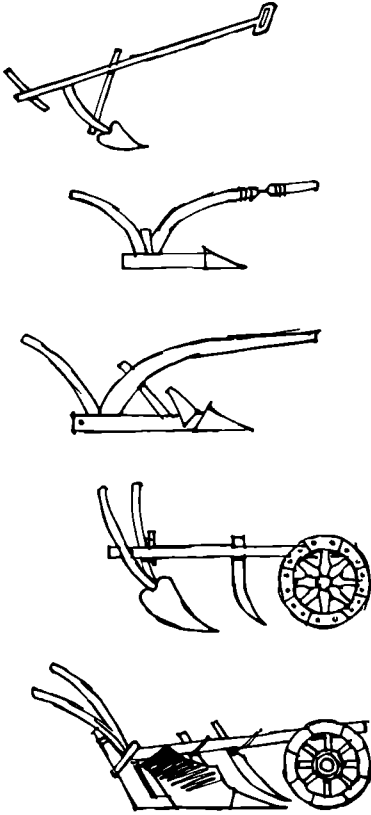
Erst auf dem Umwege über Arabien wurde das Abendland mit den Energiemaschinen bekannt, mit

### **Wasserrad und Windmühle**

die nun seit dem 11. und 12. Jahrhundert zu neuen Triebkräften der mittelalterlichen Produktion werden sollten.

Auch das moderne Kummergeschirr der Pferde, die feste Holz- und Lederkonstruktion, die auf den Schultern des Pferdes ruht und ihm gestattet, seine volle Kraft zur Geltung zu bringen, wurde als eine wahrscheinlich asiatische Erfindung in Mitteleuropa eingeführt. Hatte bisher die Zugleistung eines Pferdes nur etwa 30 Kilogramm betragen, so war sie jetzt vervierfacht worden.

Als sich diese Erfindung durchsetzte, konnte zu einer besseren Art der Feldbestellung übergegangen werden. Der neue schwere Räderpflug war ausgerüstet mit dem Messer zum Aufreißen der Grasnarbe, einem hori-



Jahrtausende liegen zwischen Hackenpflug und schwerem Räderpflug

zontalen Pflugschar, das die Furche zog, und dem Streichbrett, das die Erde umlegte und zerkrümelte. Mit ihm konnten nun die schweren Böden tief gepflügt oder überhaupt erst in Bewirtschaftung genommen werden. Und vor allem — man brauchte nur noch eine Furche zu ziehen.

Bisher wurde nämlich zweimal gepflügt: Die Furchen des zweiten schnitten die Furchen des ersten Pflügens im rechten Winkel, so daß die Felder wie ein Gitter gepflügt waren.

Gleichzeitig damit erfolgte der Übergang von der Zweifelderwirtschaft — bei der zwischen Brache und Bebauung gewechselt wurde, damit der brachliegende Acker sich erholen sollte, um nach einem Jahre wieder Frucht tragen zu können — zur Dreifelderwirtschaft. Nach der Brache wurde das Feld als Wiese genutzt und erst dann wieder mit Getreide bestellt.

Wir sehen, welche Bedeutung allein die bessere Ausnutzung der tierischen Zugkraft hatte. Nun kamen noch die Kräfte des Wassers und des Windes hinzu.

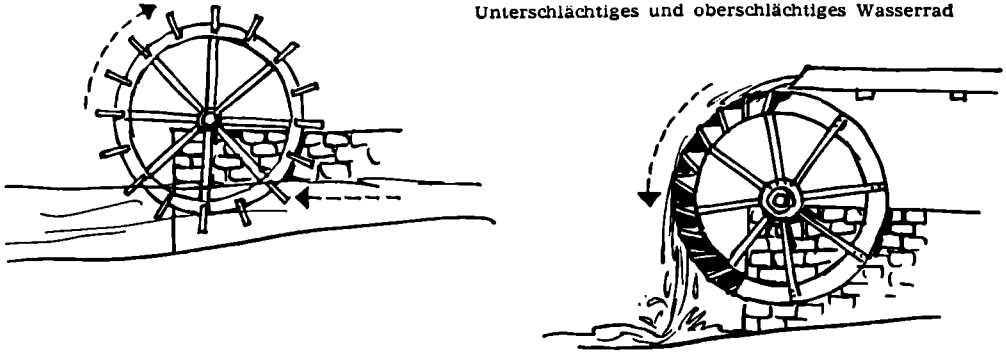
Man muß wissen, daß in der vollausgebildeten Feudalwirtschaft die werktätige Bevölkerung aus Bauern und Handwerkern bestand. Es gab keine Sklavenheere mehr,

deren tausendfache Muskelkraft man hätte verwenden können. Deshalb wurde alles getan, um neben den tierischen Kräften auch die Naturkräfte in den Dienst des Menschen zu stellen. Wasser und Wind wurden jetzt notwendige Voraussetzungen für die Produktion.

Nur auf den Galeeren im Mittelmeer erhielt sich noch lange die Sklavenarbeit. Dort wurden Sträflinge oder Gefangene noch an die Ruderbänke geschmiedet, als schon längst große Segelschiffe die Meere kreuzten.

Die neuen Wasserräder wurden unter- oder ober-schlächtig angetrieben, je nachdem, ob sie so im Strome hingen, daß sie von unten her durch das gegen die Schaufeln drückende Wasser getrieben wurden oder ob das Wasser von oben auf die Schaufeln stürzte und mit seinem Gewicht das Rad bewegte.

Die unermüdlich klappernden Wassermühlen waren bald keine Seltenheit mehr. Aber sie blieben doch lange Zeit hindurch eine Stätte, wo Geheimnisvolles vor sich zu gehen schien.



Aus vielen Märgen wissen wir, daß oftmals alte Mühlen von Legenden umwoben wurden — und der Müller galt als böser Mann. Er stand im Verdacht, mit Gnomen und Wassergeistern auf vertrautem Fuße zu leben, und nicht um alle Schätze der Welt wäre man des Nachts in die Mühle gegangen oder hätte diesen unheimlichen Raum betreten, wenn der Müller nicht dabei war. Was Wunder, daß der in solchem Ansehen stehende Müller dann vielleicht wirklich ein wenig wunderbar wurde oder sich auf seine Sonderstellung etwas zugute hielt und die Bauern ein wenig foppte.

Im übrigen hat die Mühle im Sachsenspiegel, der ersten deutschen Gesetzessammlung, die zwischen 1198 und 1235 verfaßt wurde, Erwähnung gefunden mit dem klassisch gewordenen Satz: „Wer zuerst zur Mühle kommt, mahlt auch zuerst.“

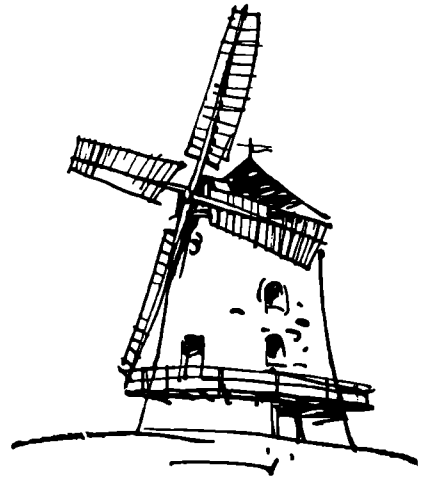
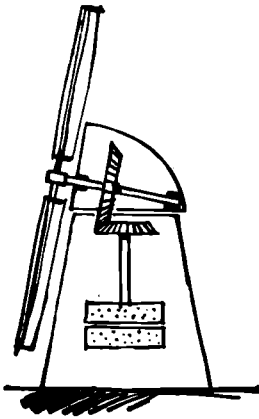
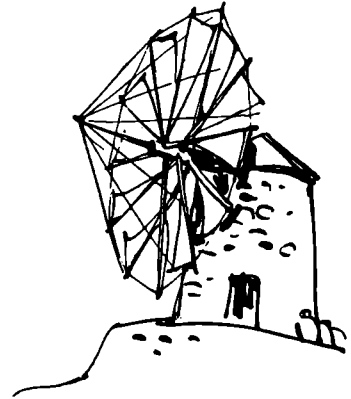
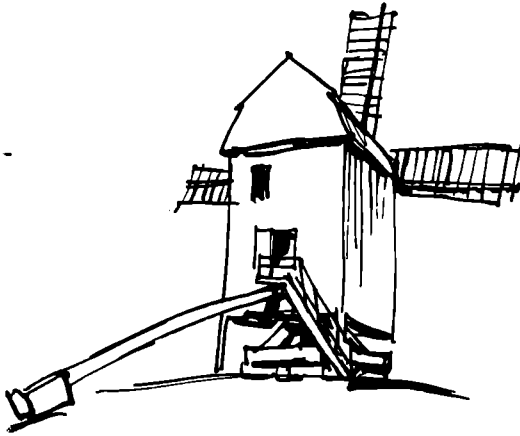
Hier galten nicht Vetternwirtschaft, nicht der Einfluß des Wohlhabenderen — vor der Mühle waren alle gleich. Die Mühle war nicht irgendeine Anlage, sie war und galt als etwas Besonderes. Das geht auch daraus hervor, daß diejenigen, die eine Mühle beschädigten, plünderten oder zerstörten, mit den schweren Strafen belegt wurden, wie sie sonst nur die Kirchenräuber trafen.

Die Windmühle wurde im Sachsenspiegel noch nicht erwähnt. Wenn man den Chroniken glauben darf, wurde die wahrscheinlich erste auf deutschem Gebiet 1222 in Köln gebaut. Vorher waren Windmühlen aber schon in der Normandie, in Flandern und Holland verbreitet.

In Holland wurden sie — ebenso wie in den orientalischen Ländern — auch zum Antrieb von Schöpfwerken benutzt. Während im Orient die Windmühlen mit einem horizontalen Windrad arbeiteten, standen die Windmühlenflügel in Europa senkrecht.

Jahrhundertelang, bis in unsere Tage hinein, behielt die Windmühle als Getreidemühle ihre Bedeutung.

Die erste Windmühle mit einer drehbaren Haube, mit der der Oberteil der Mühle mitsamt den Flügeln immer in die richtige Windrichtung gedreht werden konnte, finden wir in den Aufzeichnungen Leonardo da



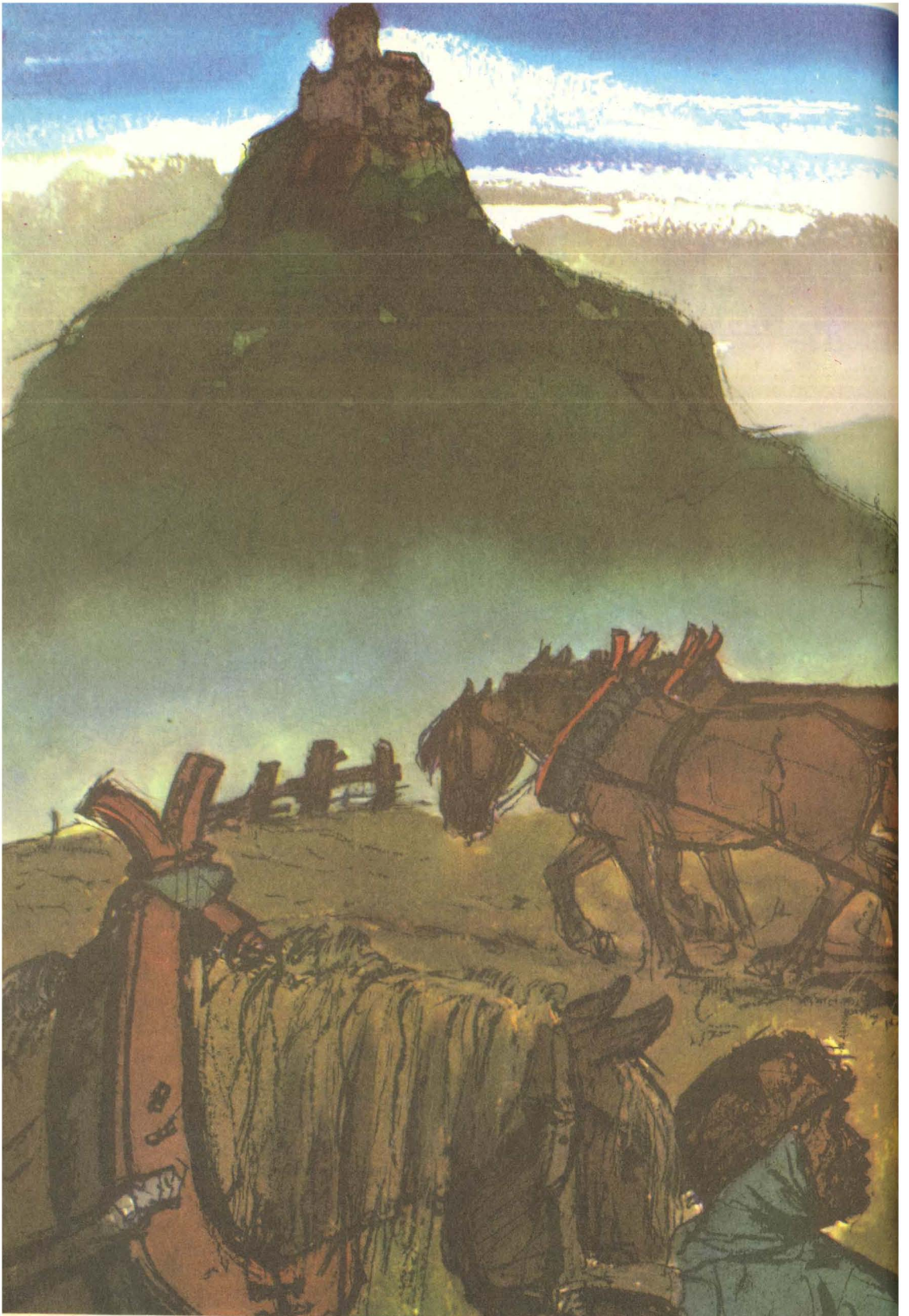
Drehbare Bockwindmühle, alte griechische und holländische Mühle mit drehbarem Oberteil

Vincis, des großen italienischen Malers und Ingenieurs, dem wir in der Geschichte der Technik noch oftmals begegnen werden.

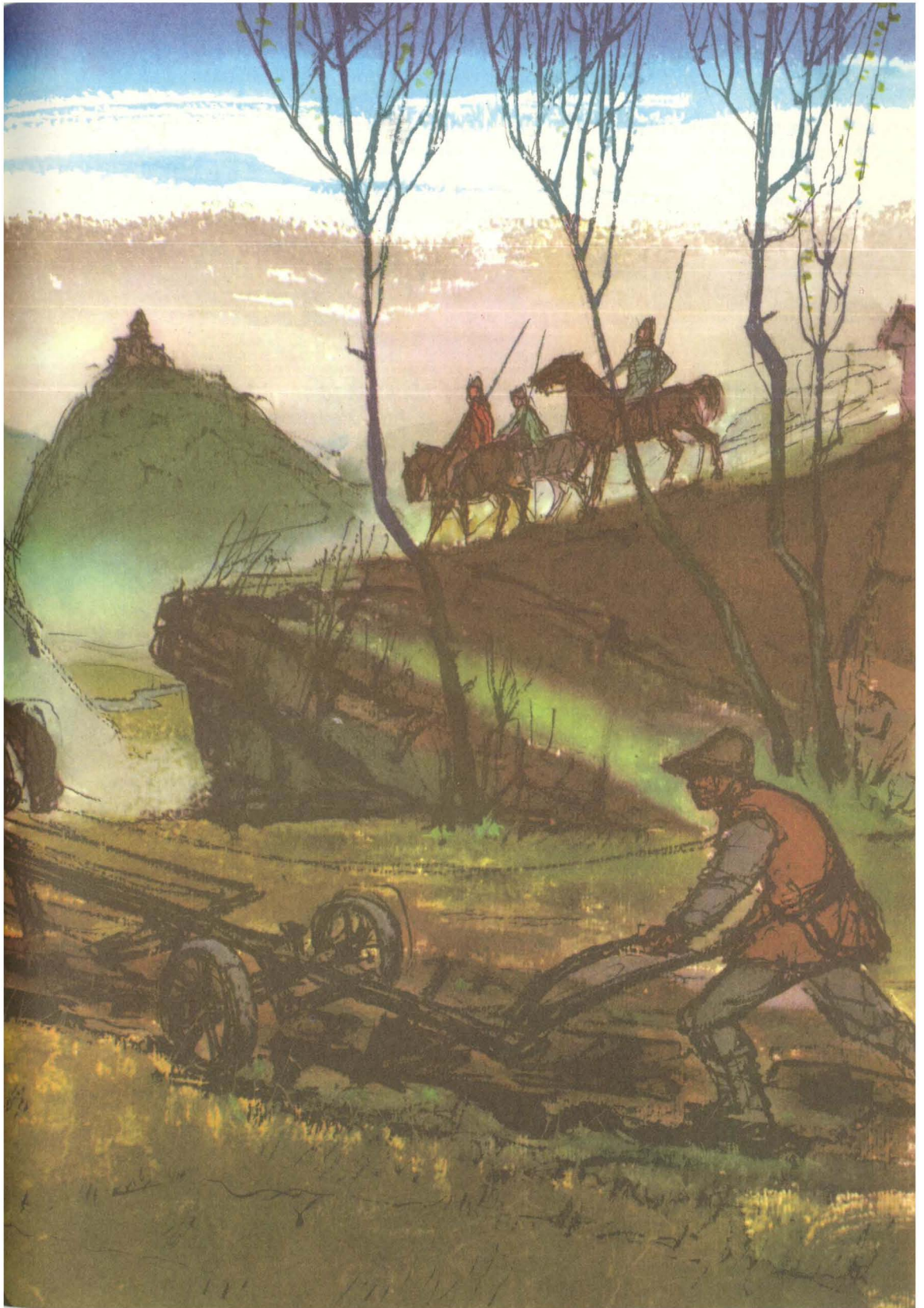
Die Wasserräder blieben nicht darauf beschränkt, nur Mühlsteine zu drehen, sie trieben sehr bald Sägewerke, Schmiedehämmer und Walkvorrichtungen, bewegten Blasebälge der Hütten und Pochwerke, in denen das Erz zerkleinert wurde, ehe es in die Schmelzöfen kam.

Durch holzgeschnitzte Zahnräder und ganze Systeme von Übersetzungen wurde die Nutzung der mechanischen Energie des Wassers und ihre Umwandlung in die Bewegungsenergie der sich drehenden Räder und Wellen immer mehr verbessert. Dadurch und natürlich in erster Linie durch die vielfältige Verwendung der neuen Energiequellen erhöhte

Die tierischen Zugkräfte konnten erst nach der Einführung des Brustblattgeschirrs mit Kummer und Sielen richtig genutzt und auch zum Tiefpflügen schwerer Böden verwendet werden.









sich auf verschiedenen Gebieten der handwerklichen Produktion die Arbeitsleistung ganz beträchtlich.

Durch die von der Wasserkraft betriebenen Schmiedehämmer war es möglich geworden, große Metallstücke zu schmieden und größere eiserne Maschinenteile herzustellen.

Zu welcher imponierenden Arbeitsleistungen die aus dem Wasser gewonnene Energie verwendet werden konnte, sehen wir in einem alten Hammerwerk, wie etwa im

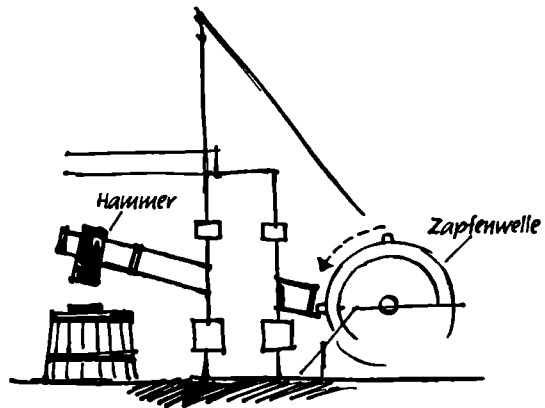
### Frohnauer Hammer

bei Annaberg. Dieses bedeutende technische Denkmal des Mittelalters ist uns erhalten geblieben, und es steht, wie alle technisch-historischen Objekte, unter Denkmalschutz.

Der Frohnauer Hammer entstand kurz nach 1400, und er war nur eines der über hundert Hammerwerke, die es im Erzgebirge gegeben haben soll.

In den Schmelzhütten wurde in Rennfeuern das Eisenerz geschmolzen, und die zentnerschweren Luppen kamen dann zur Weiterverarbeitung in diese Hammerwerke. Hier wurden die mit Schlacken durchsetzten Luppen mehrfach in Frischfeuern geglüht und durch wiederholtes Schmieden von der Schlacke befreit. Auf diese Weise entstand in den Hammerwerken Schmiedestahl.

Die riesigen Frohnauer Hämmer, sie wiegen zwei, drei und fünf Zentner, sind beweglich in einem Lagergerüst befestigt und werden von einer mächtigen hölzernen Zapfenwelle aufgehoben. Die Zapfen der Welle drücken auf die Hebelarme der Hämmer, heben diese hoch, und wenn die Zapfen am Hebelende vorbeigeglitten sind, dann sausen die Hämmer



Jeder Zapfendruck ein Hammer-  
schlag – solange das Wasserrad sich  
dreht

mit voller Wucht auf den Amboß zurück. Der kleine Zweizentnerhammer kann bis zu 120 Schlägen in der Minute vollführen!

Die Zapfenwelle wird betrieben von einem Wasserrad, und ein zweites bewegt die Blasebälge der Frischfeuer.

Aus diesen Hammerwerken kam jahrhundertlang das Vormaterial für die Blechschmiede, die Waffen- und Schloßschmiede oder die Löffel- und Nagelschmiede.

Wir können uns denken, wie schwer die Arbeit der Hammerschmiede gewesen sein muß. Wir brauchen uns nur umzusehen, um festzustellen, daß es zum Beispiel keine Hebezeuge für den Transport der schweren Schmiedestücke gab.

Ein Chronist beschrieb den Hammerschmied dieser Zeit:

„Ein kräftiger Menschenschlag mit weißschimmernden Zähnen: Die Hände innen bedeckt mit hufartiger Rinde, die Finger krumm und ungelent, häufig schwerhörig und blödsichtig infolge Hammergetöses und Ofenhitze. Arbeitstiere, die als Kinder mit zehn Jahren schon in die Hütte mußten, niemals eine Schule besuchten, nur die Arbeit des Vaters nachahmten, heirateten, wiederum — von wildwachsenden Kindern umgeben — alterten und ‚wegkamen wie alte Hammerschmiede‘.“

Als dieses Porträt eines Berufsstandes gegeben wurde, waren im Schoße der feudalen Verhältnisse bereits in verschiedenen Zweigen die Keime der kapitalistischen Produktionsweise entstanden. Auch in der Bergbautechnik waren nämlich — wie wir in einem späteren Kapitel sehen werden — wesentliche technische Fortschritte erzielt worden, die genauso wie die verbesserte Hütten- und Schmiedetechnik die Produktivität beträchtlich zu steigern vermochten. Diese neue Technik, von der die Wasserräder als Energiemaschinen ein wichtiger Teil waren, erforderte eine immer weitergehende Zergliederung des Arbeitsprozesses und viel größere finanzielle Mittel, als die Berg- und Hüttenleute besaßen, die bis dahin auf eigene Faust geschürft und ihr Erz verhüttet hatten.

Nun legten erfolgreiche Kaufleute ihr Geld im gewinnversprechenden Bergbau an, oder die Hammermeister kauften noch Hütten und Schächte hinzu und verwandelten die Berg- und Hüttenleute, die von ihnen beschäftigt wurden, in Lohnarbeiter.

Welchen Einfluß diese Hammerherrschaft auf den Gang des Bergbaues nahmen, werden wir an anderer Stelle erfahren.

Jetzt wollen wir noch sehen, welchen Einfluß die von der Wasserkraft betriebenen Blasebälge auf die Verbesserung der metallurgischen Verfahren hatten.

Die Hüttenleute und Schmiede trieben ihr geheimnisvolles Handwerk zumeist auf den bewaldeten Höhen der Berge, dort, wo es Brennholz gab in Hülle und Fülle und wo der Wind in ihre Schmelzöfen blasen konnte. Natürlich half man in diesen Öfen mit dem Blasebalg nach. Der Blasebalg wurde durch im Göpel gehende Pferde oder Ziegen bewegt.



Als man sich die Wasserkraft zum Antrieb dieser Blasebälge nutzbar zu machen begann, zogen die Waldschmiede hinunter in die Täler, an die Flüsse. Sie bauten — in der Steiermark und im Rheinland — neue größere Öfen, damit sie mit der erhöhten Luftzufuhr in einem Arbeitsgang auch mehr Eisenerz einsetzen konnten.

Sie konnten aber nicht voraussehen, daß nun — zum ersten Male in der Geschichte dieses Metalls — in diesen Öfen das Eisen seine Schmelztemperatur erreichen und flüssig werden würde.

Das Wasserrad klapperte, die Blasebälge fauchten, über den hohen Öfen glühte es rot, und als der Ofen geöffnet wurde, da geschah das große Unglück: Das Eisen rann wie Wasser davon, es war flüssig geworden!

Bisher war aus dem Stückofen das Eisen halbzäh und wächsern gekommen; gewiß, es floß einiges ab, aber das war wenig, und der Schaden war nicht allzu groß. Denn ein Schaden war es, weil sich dieses flüssiggewordene Eisen zu nichts verwenden ließ. Es war nach dem Erkalten spröde, und wenn man mit dem Hammer daraufschlug, zersprang es. Es war kein Schmiedeeisen. Schweineisen nannten die Schmiede das unbrauchbare Zeug.

Nachdem sich das Entsetzen über das verpfuschte Eisen gelegt hatte, kam man dahinter, daß dieses flüssige Eisen ja jetzt ebenso in Formen gegossen werden konnte wie die anderen schmelzbaren Metalle, wie Bronze oder Blei.

Damit begann im 14. Jahrhundert die Entwicklung der Eisengußtechnik. Mit Hilfe der Gebläseluft war aber nicht nur die beständige Erzeugung von Gußeisen möglich geworden, es wurde auch die zweistufige oder indirekte Herstellung von Schmiedeeisen möglich.

Das war eine Erfindung von sehr weittragender Bedeutung.

Die Hüttenleute entdeckten zunächst, daß sich das zum Schmieden unbrauchbar gewordene Roheisen wieder in ganz hervorragendes Schmiedeeisen verwandelte, wenn man es ein zweites Mal im Windstrom schmolz, es frischte.

Diese neue Technologie wurde sehr schnell so weit entwickelt, daß der Hochofen nicht nur zum Lieferanten des Gußeisens wurde, sondern auch das Roheisen für die Umschmelzhütten lieferte, in denen dann Schmiedeeisen von besserer Qualität als je zuvor hergestellt wurde.

Auch diese Entwicklung hat also ihren Ursprung im Wasserrad, das die Blasebälge trieb. Das fließende Wasser war als Energiequelle erschlossen — aber niemand konnte ahnen, daß die Wassermühle einmal zur Großmutter der modernen kapitalistischen Industrialisierung werden sollte.

Noch wurde von den unerschöpflichen Wasserkräften der Erde gewissermaßen nur ein Bächlein genutzt. Mit dem Exempel, daß schon bei dem geringen Höhenunterschied von 100 Metern eine Wassermenge von 4 Kubikmetern in der Sekunde 4000 PS zu liefern vermag oder so viel zu leisten imstande ist wie ein Heer von 80 000 Muskelarbeitern, hätte niemand etwas anfangen können. Denn es gab weder die Hochleistungsturbinen, um diese Energiemengen aus dem Wasser zu holen, noch überhaupt den Bedarf, an einer Stelle die Kraft von soviel Muskelarbeitern als Antrieb einzusetzen.

Es gab nur das einfache Wasserrad und den verhältnismäßig geringen Energiebedarf, der für den Antrieb von Mühlsteinen, Schmiedehämmern, Blasebälgen oder eines Sägegatters notwendig war.

An einer Stelle allerdings hätte man gern die Kräfte vieler hundert Menschen zu einem Zwecke vereinigt — an den Wasserhebwerken in den Gruben. Je tiefer und ergiebiger nämlich die Bergwerke wurden, desto mehr Mühe hatte man, das Wasser aus ihnen herauszubringen. Immer drohten sie zu ersaufen, und mit den alten Wasserhebekünsten war den Wassermassen, die mitunter in die Stollen hereinbrachen, nicht mehr beizukommen. Man brauchte kräftige, neuartige Pumpen und für die Pumpen einen starken Antrieb.

### **Die Heronsche Dampfstrahlmaschine**

wie wir sie einmal nennen wollen, oder der Äolsball, wie sie damals genannt wurde — hatte bis dahin als technische Spielerei in manchem Kabinettchen seinen Platz gehabt.

Dieser Apparat bestand aus einer kleinen hohlen Metallkugel, die sich zwischen zwei Zapfen drehen konnte. Die Kugel und die sie haltenden Zapfen befanden sich über einem wassergefüllten Behälter, unter dem ein Feuer unterhalten wurde. Wenn das Wasser im Behälter zu kochen

begann, konnte der sich entwickelnde Dampf durch einen der die Kugel haltenden hohlen Zapfen in ihr Inneres eindringen.

Hatte sich in der Kugel so viel Dampf angesammelt, daß er nun wieder nach einem Ausweg suchte, so boten sich zwei Röhren zum Entweichen an, die, sich gegenüberstehend, auf beiden Seiten der Kugel hinausführten. Ihre Enden waren aber so nach den entgegengesetzten Richtungen umgebogen, daß aus dem einen der Dampf im rechten Winkel nach oben und aus dem anderen nach unten zischte. Durch den sich daraus ergebenden Rückstoß begann die Kugel sich zu drehen, schnell und immer schneller.

Solchen „Reaktionsturbinen“, die ebenso mit Luft- oder Wasserdruck betrieben werden können, begegnen wir noch heute in mancherlei Gestalt. Jeder sich vom Druck des herausgeschleuderten Wassers selbsttätig drehende Rasensprenger funktioniert nach diesem Prinzip. Indes, ihre Kraftentwicklung ist nicht so groß, daß sie als Antrieb verwendet werden könnten.

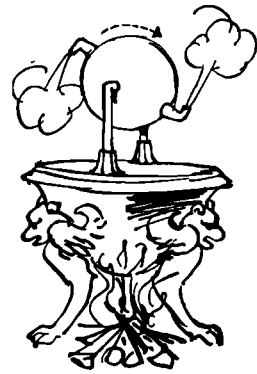
Lange Zeit wurden die Kräfte des Dampfes nur für kunstvolle Spielereien oder zum Betrieb von allerlei Blendwerk benutzt — und das nicht nur in griechischen Tempeln. Auch der „Püsterich“ war ein solches „Kunst“-Werk. In einer hohlen Götterfigur konnte von den Priestern, ohne daß jemand es merkte, Wasser erhitzt werden, bis der Dampfdruck einen großen Holzpfropfen mit lautem Krachen aus dem Munde der Götterfigur trieb und sich eine heiße Wolke auf die erschrockenen Gläubigen ergoß. Verständlich, daß ein solcher offenkundiger Zornesausbruch der Gottheit die Versammelten tief beeindruckte und sie nun alles taten, was die „zauberkundigen“ Priester zur Besänftigung des zornigen Gottes von ihnen verlangten.

Während der folgenden Jahrhunderte treffen wir noch manche Spielerei, die mit Hilfe der Dampfkraft bewerkstelligt wurde — wie tönende Orgelpfeifen oder Dampfkanonen. Nun aber reizten diese physikalischen Spielzeuge auch dazu an, eine wirklich brauchbare Dampfmaschine zu schaffen.

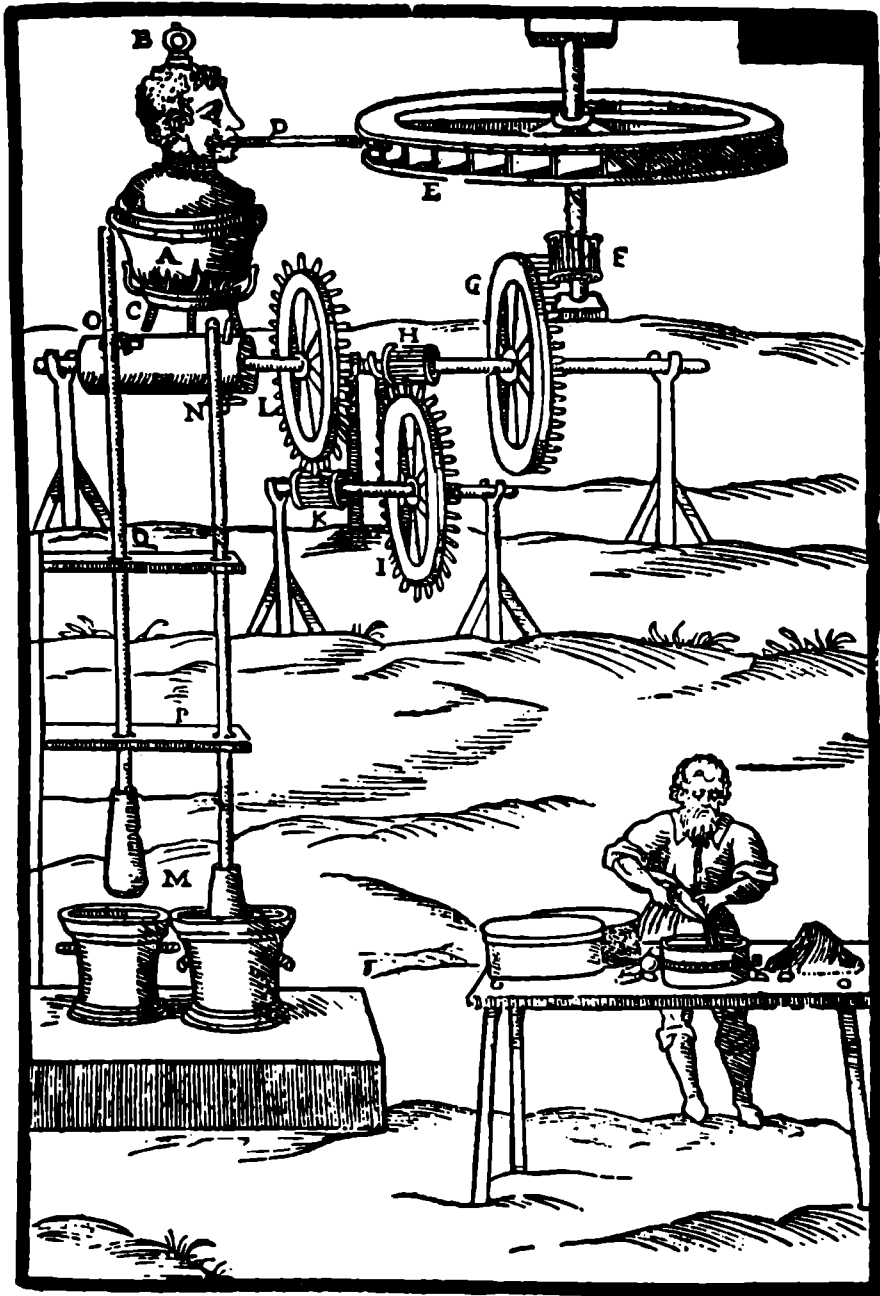
Giovanni Branca kam im 17. Jahrhundert auf eine bemerkenswerte Idee. Er beschrieb in seinem 1629 in Rom veröffentlichten Buch „Le Machine“ ein Dampfrad, bei dem der Püsterich und ein Wasserrad miteinander gekoppelt waren. Der Püsterich sollte den Dampf auf die Schaufeln eines Rades strahlen und es samt dem mit ihm verbundenen Räderwerk in Bewegung setzen.

Die Leistungsfähigkeit dieser Maschine wäre allerdings nur gering gewesen, und sehr bald hätte dem Püsterich die Puste ausgehen müssen.

Erst 250 Jahre später ist diese Idee auf neue Weise in den Hochleistungs-



Der Heronsche Äolsball  
— eine Spielerei



Giovanni Brancas Dampfrad, bei dem ein Püsterich über Schaufelrad und Getriebe ein Stampfwerk in Bewegung setzen sollte. (Le Machine, 1629)



dampfstrahltriebwerke verwirklicht worden, bei denen durch eine kontinuierliche Dampfzuführung große metallene Turbinenschaufeln in Bewegung gesetzt werden.

In England erhielt 1630 David Ramsey ein Patent — das erste auf eine Dampfmaschine erteilte Patent überhaupt.

Aus der Urkunde ist allerdings nicht zu ersehen, wie sich David Ramsey seine Maschine gedacht haben mag.

Dafür aber bezieht sich das Patent auf so viele Dinge gleichzeitig, daß man aus der Vielseitigkeit eine recht gute Vorstellung davon erhält, was zu dieser Zeit in England bereits als erfindenswert angestrebt wurde. Zum Beispiel

1. die Herstellung von Salpeter,
2. das Heben von Wasser aus tiefen Gruben durch Feuer,
3. den Antrieb von Mühlen an stehenden Gewässern durch ständige Bewegung, ohne Benutzung von Wind, Bedienungsmannschaften oder Pferden,
4. die Herstellung von Teppichen ohne Webstuhl,
5. die Herstellung von Schiffen, Booten und Barken, die sich gegen starken Sturm und Strömung fortbewegen,
6. die Erhöhung der Fruchtbarkeit des Erdbodens,
7. die Hebung des Wassers aus tief gelegenen Orten und Kohlengruben auf eine neue Art,
8. das Weichmachen von Eisen und Kupfer,
9. das Bleichen von Wachs.

Ohne Zweifel ging es David Ramsey in erster Linie darum, sich durch das Patent die Ideen für diese Erfindungen zu sichern. Denn er selbst hatte nicht einmal für einen Punkt seines Patentbesitzes eine technisch brauchbare Lösung gefunden. Aber andere, die nach ihm sich die eine oder andere, vielleicht sogar praktisch brauchbare Erfindung patentieren lassen wollten, hatten das Nachsehen, weil die Rechte auf diese Erfindungen ja bereits Ramsey besaß. In diesem Falle wären seine Rechte allerdings nur sehr schwer zu begründen gewesen, seine Vorstellungen waren allzu unklar und zu allgemein.

Wir werden es noch in manch anderen Fällen erleben, wie sich der Patentschutz als ein Hemmnis erweisen kann, wenn nur die Idee von technischen Lösungen, aber nicht die technische Lösung selbst — die erst die Erfindung ausmacht — patentiert wird.

Andererseits war und ist natürlich der Schutz der Erfindung, oder besser gesagt: die Sicherung der Eigentumsrechte des Erfinders an seiner Erfindung, eine wichtige Sache. Ende des 15. Jahrhunderts wurde zunächst in Venedig ein Patentsystem entwickelt, das dem Erfinder die Privilegien auf seine Schöpfung sicherte und sie vor Nachahmung schützte. Später folgten die Niederlande und Kursachsen.

Am genauesten wurde das Patentwesen in England gehandhabt. Hier wurde bereits 1624 im Statut über die Monopole verfügt:

„...Patente und Privilegien sind künftig innerhalb dieses Königreichs auf die Dauer von vierzehn Jahren oder weniger nur für die Herstellung irgendwelcher Art neuer Gewerbeerzeugnisse oder die Anwendung neuer Verfahren dem wirklichen und ersten Erfinder dieser Produkte oder Prozesse zu gewähren, die von anderen zur Zeit des Erlasses des Patents nicht benutzt wurden.“

Das aufstrebende englische Bürgertum war auf die Dauer auch keineswegs damit zufrieden, daß die Vergebung eines Erfinderprivilegs so etwas wie ein Gnadenakt des Königs blieb. Und am Ende des 18. Jahrhunderts wurde den Erfindern der Rechtsanspruch auf ein Patent eingeräumt.

Alles das sollte sich außerordentlich fördernd auf die Entwicklung der Technik in England auswirken.

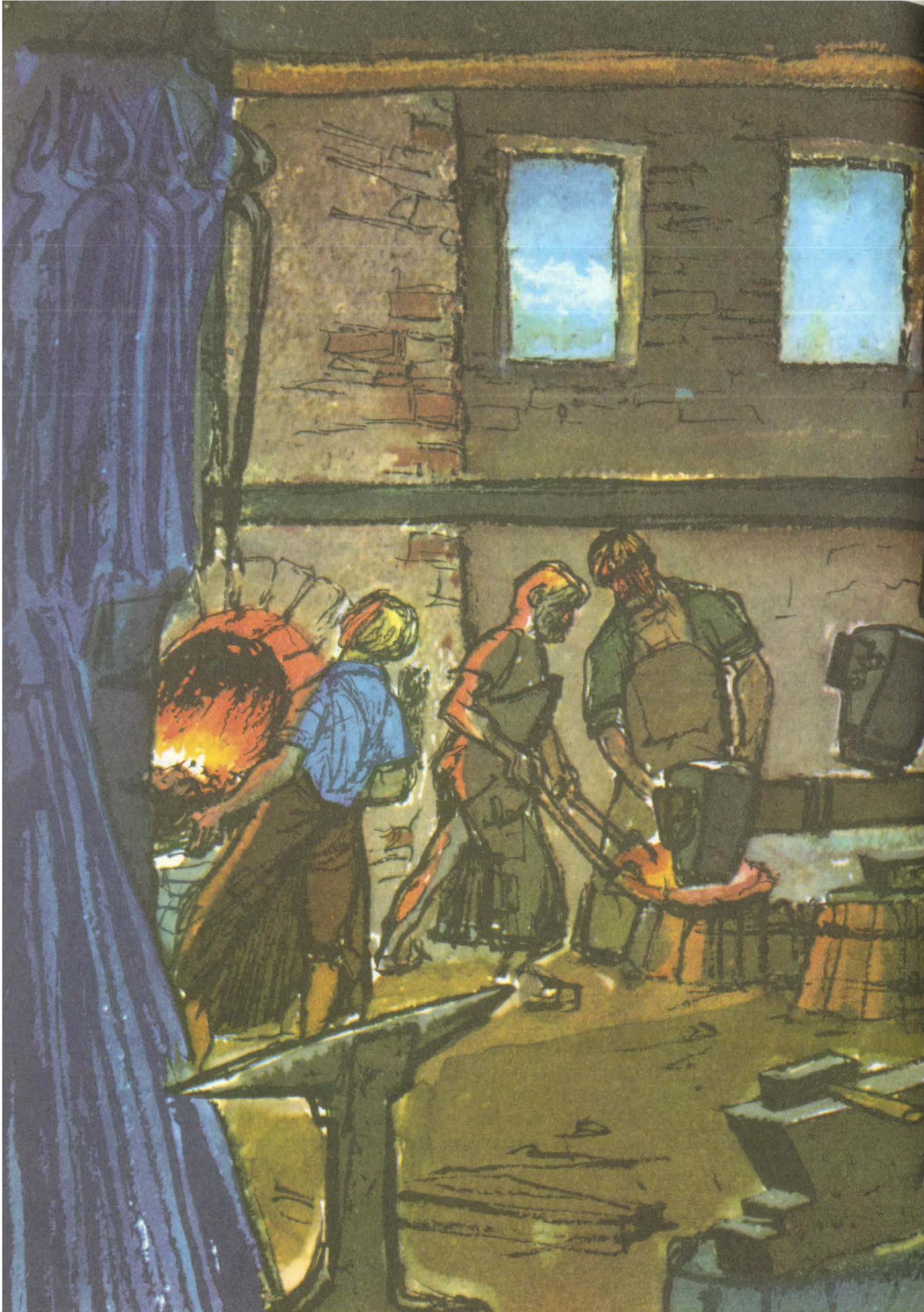
Wenn wir den Weg der Dampfmaschine weiterverfolgen, stoßen wir auf Edward Somerset, Marquis of Worcester, und seine Wasserhebemaschine, die er eine „halbballmächtige Maschine“ nannte:

„... wenn der bewegliche Teil vorwärts oder rückwärts, aufwärts oder abwärts, im Kreise oder winkelig, hin und her, gerade oder senkrecht sich bewegt, die angestrebte Wirkung ständig vor sich geht, ohne daß eine der vorgenannten Bewegungen die andere hindert oder vermindert... Ich kann daher diese Maschine mit Kühnheit das bewundernswerteste Werk der ganzen Welt nennen. Dieselbe vermag nicht nur mit kleinem Aufwande alle Sorten von Bergwerken zu entwässern, sondern selbst hochgelegene Städte mit Wasser zu versorgen.“

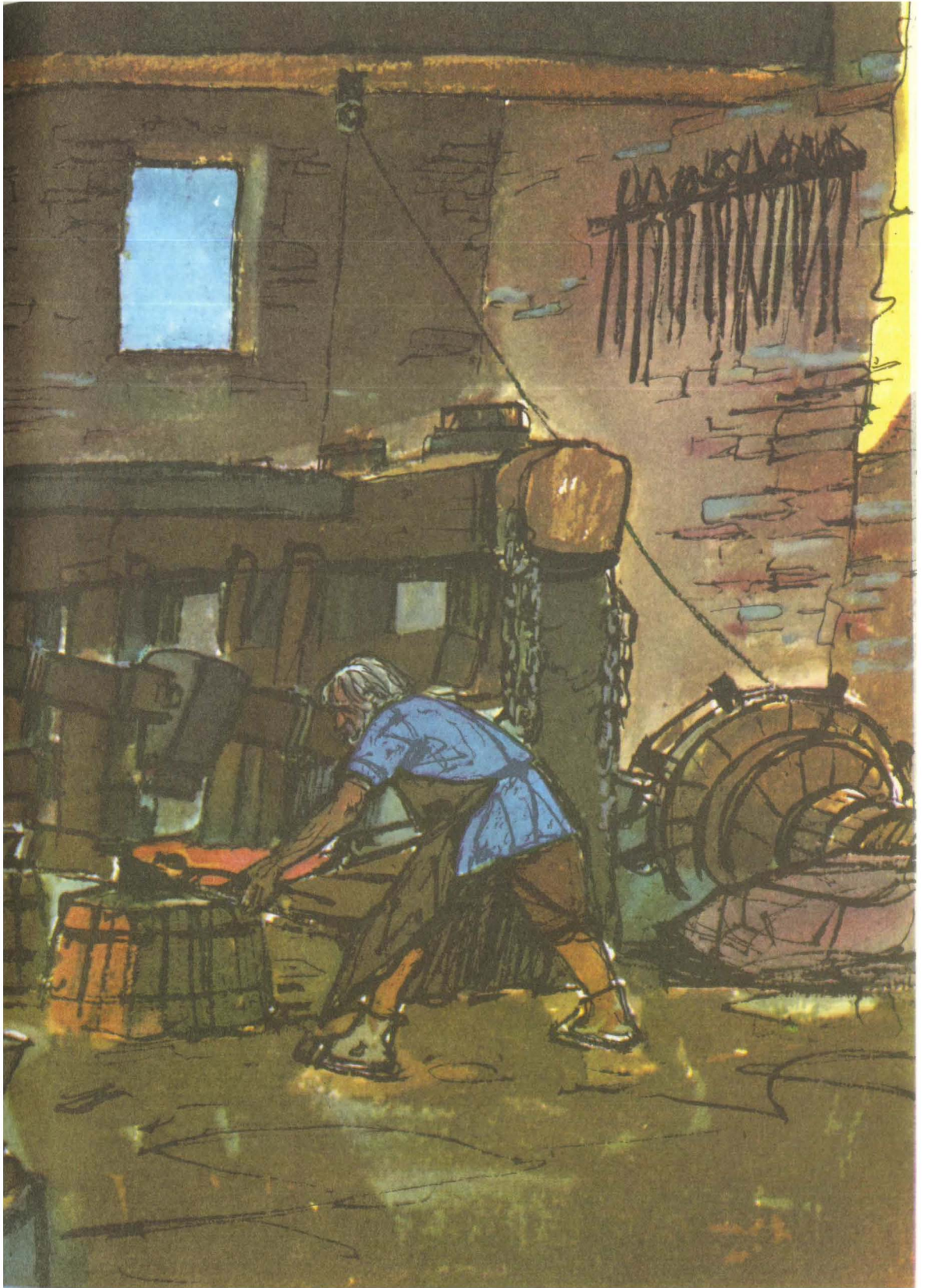
Auch dieses „bewundernswerteste Werk der ganzen Welt“ ist nicht zur Ausführung gekommen, obwohl am 3. Juni 1663 ein Patent darauf erteilt wurde. In diesem Patent heißt es:

„Edward Marquis of Worcester hat Seiner Majestät dem König die Versicherung gegeben, daß er auf Grund langer und unermüdlicher Anstrengungen und Eifers und unter erheblichen Aufwendungen ein Naturgeheimnis aufgedeckt habe, nämlich eine Wasserhebemaschine von größerer Stärke und größeren Vorzügen, als man bisher kannte. Diese Maschine ist keine Pumpe oder Kraftmaschine, wie sie jetzt in Gebrauch sind, noch ein Werk, das mit Saugern, Eimern oder Balgen arbeitet, wie man sie bisher zum Heben und Transportieren von Wasser benutzt hat, welche Maschine der Allgemeinheit einen großen Nutzen gewähren wird. Und da nun der Marquis of Worcester gewillt und bereit ist, Se. Majestät den zehnten Teil des ihm daraus erwachsenden Nutzens zu überlassen, soll ihm allein die Benutzung seiner Erfindung für 99 Jahre gewährt werden.“

Die von Wasserkraft betriebenen Hammerwerke, in denen ununterbrochen die Hämmer dröhnten, Schmiedefeuere brannten und rußgeschwärzte Männer mit glühendem Eisen hantierten, waren Stätten des technischen Fortschritts.

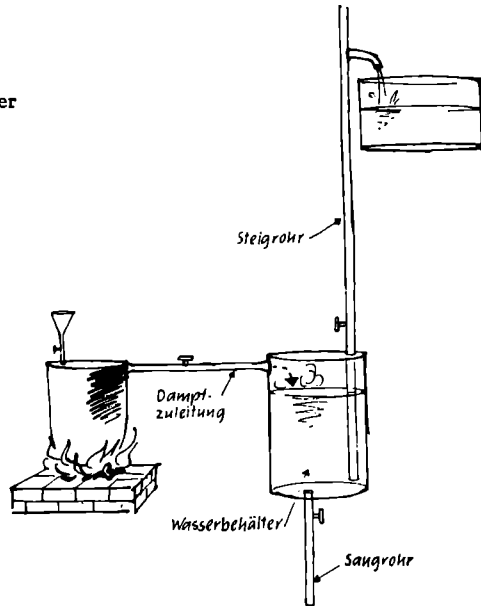








Somersets „halbalmächtige Maschine“ in einer  
vermutlichen Anordnung



Sollte jemand die Maschine nachahmen oder benutzen, so soll die betreffende Maschine dem Marquis verfallen sein. Und für jede Stunde, die jemand ohne Erlaubnis des Marquis die Maschine benutzt, soll dieser mit fünf Pfund Sterling bestraft werden . . .“

Nach den Plänen und Modellen kann man sich die Maschine als einen Zylinder vorstellen, in den Dampf eingelassen wurde, der sich an den Wänden niederschlug, also kondensierte. So entstand im Zylinder ein luftleerer Raum, in den Wasser gezogen wurde, wenn man ein Ventil öffnete. Durch Dampfdruck konnte das Wasser aus dem Zylinder hinaus und in die Höhe getrieben werden. Dann begann die Geschichte wieder von vorn. Verband man nun zwei Zylinder durch ein System von Ventilen, von Zu- und Ableitungen miteinander, dann war es möglich, im ununterbrochenen Strahl Wasser zu pumpen.

Es war also keine richtige Dampfmaschine, sondern eine Dampfpumpe, mit der man Wasser fördern konnte.

Das Zeitalter der Dampfmaschine begann nicht mit dieser mehr oder weniger großsprecherisch angepriesenen „halbalmächtigen“ Maschine, sondern eigentlich viel harmloser. Dabei muß man zunächst noch einmal überlegen, daß die Dampfmaschinen ja nicht nur vom Dampf angetrieben werden, sondern auch vom Luftdruck.

## Das Vakuum

im Zylinder ist nämlich — wie wir schon bei der Worcesterschen Dampfmaschine sahen — ebenso wichtig wie der treibende Dampf.

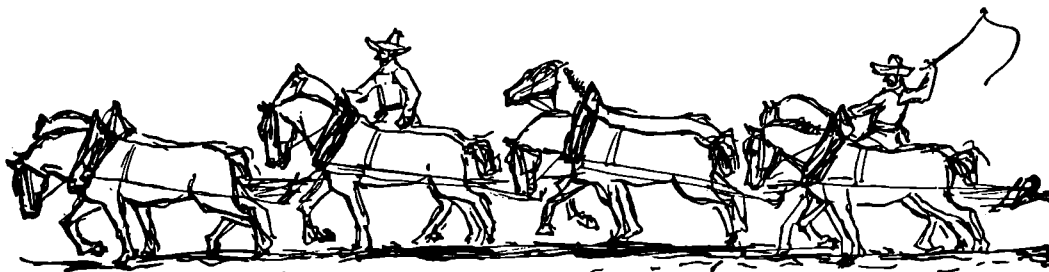
Einen luftleeren Raum, ein Vakuum, konnte es weder nach den Vorstellungen der Philosophen des Altertums noch nach den Grundsätzen des christlichen Gottesglaubens geben. Aber als Otto von Guericke, der Magdeburger Bürgermeister, über den luftleeren Raum nachdachte, war in die bisherigen religiösen Vorstellungen über die Beschaffenheit der Welt doch schon eine tüchtige Bresche geschlagen worden. Kopernikus, Kepler und Galilei hatten ein neues wissenschaftliches Weltbild geschaffen.

Die Erde konnte nun nicht mehr als der ruhende Mittelpunkt der Welt, als der Fußschemel Gottes angesehen werden. Sie war erkannt als das, was sie in Wirklichkeit ist — ein Planet im Planetensystem der Sonne, sich bewegend gleich den anderen Himmelskörpern.

Otto von Guericke hing diesem neuen Weltbild voller Eifer an. Ihn interessierte es nicht, ob Aristoteles der Meinung gewesen war, daß es einen leeren Raum deshalb nicht geben könne, weil der gleichgesetzt werden müsse mit dem Ungeschaffenen, die Erde aber bestehe und der vorhergegangene Zustand des Nichtbestehens vom Menschen nicht wiederhergestellt werden könne. Und auch die christlichen Theologen, die den leeren Raum bestritten, weil ja „Gott in der Welt allgegenwärtig sei und das Nichts daher nur außer der Welt Gottes bestehen könne“, hatten ihm auf der Universität keinen Beweis für ihre Spitzfindigkeiten geben können.

Otto von Guericke wollte beweisen, daß dieser luftleere Raum auf der Erde zu schaffen war.

Er gab sich nicht mehr mit dem Augenschein zufrieden, der lehrte, daß es ein Vakuum nicht gab, weil jeder Hohlkörper mit Luft angefüllt war, die man aus ihm nur verdrängen konnte, wenn man etwas anderes in ihn hineinfüllte. Er kam auf den Gedanken, daß es nichts anderes als der äußere, auf allem lastende Luftdruck ist, der jedes Vakuum ausfüllt.





Wenn es aber der Luftdruck ist, der alle Hohlräume füllt, dann brauchte man doch nur ein Gefäß zu schaffen, in das er nicht eindringen, das man aber leerpumpen und leer erhalten kann.

Nachdem er eigens für diesen Versuch die Luftpumpe mit Saug- und Druckventil erfunden hatte und nachdem schon einige leergepumpte, aber zuwenig stabile eichene und metallene Fässer unter dem Druck der äußeren Atmosphäre zerdrückt worden waren, ließ er die berühmt gewordenen Magdeburger Halbkugeln aus dickem Kupfer und Messing anfertigen. Als dieses Hohlgefäß leergepumpt war, wurde die Kugel vom äußeren Luftdruck so fest zusammengepreßt, daß es der Kraft von 30 Pferden bedurfte, um die beiden Hälften auseinanderzureißen.

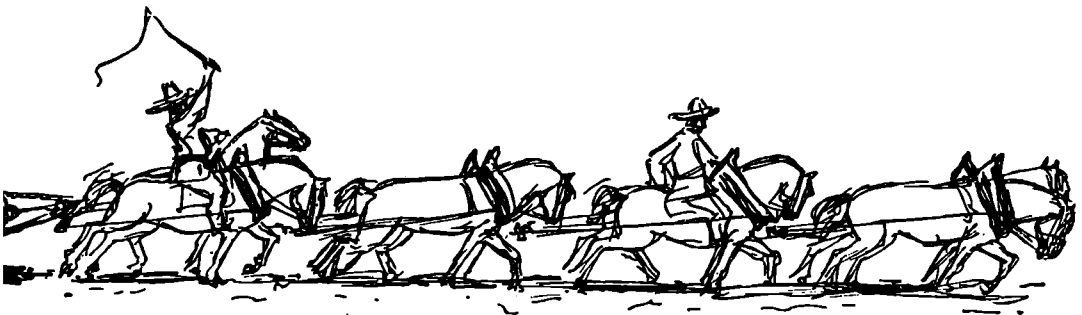
Damit war nicht nur das Vakuum auf der Erde geschaffen — es war auch entdeckt, welche Kraft in der Atmosphäre, im ständig auf uns lastenden Luftdruck steckt.

Otto von Guericke schrieb 1672 in einigen Sätzen die Erkenntnisse nieder, aus denen andere schon wenig später die praktischen Schlußfolgerungen ableiteten, die zu Erfindungen von Weltbedeutung führen sollten:

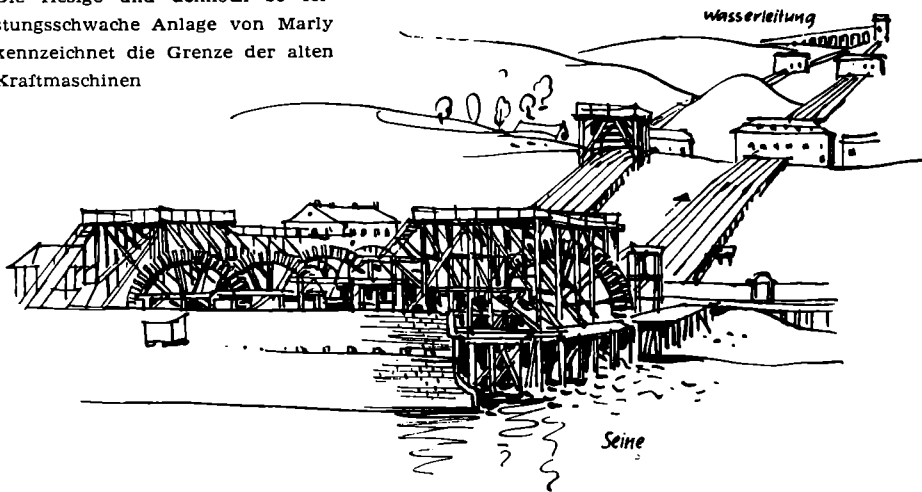
„Die Luft ist ein körperliches Etwas. Die Wärme dehnt sie aus, die Kälte verdichtet sie. Die Luft läßt sich zusammendrücken, und sie läßt sich verdünnen. Doch haben Verdichtung und Verdünnung praktische Grenzen. Die Luft besitzt Gewicht und drückt sich selbst. Sie drückt auf alles. Nur wird das von uns Menschen nicht bemerkt, weil wir in der Luft selbst leben, sie uns von allen Seiten gleichmäßig und sich das Gleichgewicht haltend umgibt und zugleich durchdringt.“

Auch Galilei und vor allem sein Schüler Torricelli waren schon hinter das Geheimnis des Luftdrucks gekommen. Aber so sinnfällig wie Otto von Guericke, der unabhängig von ihnen und ohne ihre Versuche zu kennen experimentierte, hatten sie das Vakuum nicht demonstriert.

Im Jahre 1678 ließ Ludwig XIV. durch Ausrufer in allen Städten Frankreichs verkünden, daß er von denjenigen seiner Untertanen, die in den technischen Künsten bewandert sind, Vorschläge zum Betrieb der Fontänen und Wasserspiele erwarte, die in den Parks seines Schloßneubaues von Versailles alles Dagewesene übertreffen sollten.



Die riesige und dennoch so leistungsschwache Anlage von Marly kennzeichnet die Grenze der alten Kraftmaschinen



Der Sonnenkönig, der das französische Volk durch unerträglich hohe Steuern ausplünderte und das Geld in prunkvoller Hofhaltung vergeudete, ließ in den Jahren 1681 bis 1685 in Marly eine Anlage errichten, die lange Zeit als ein technisches Wunderwerk galt, als eine „Huldigung der Technik an den Sonnenkönig“.

Vierzehn große, von der Seine angetriebene Wasserräder von 12 Meter Durchmesser betrieben insgesamt 221 Pumpen, die das Wasser stufenweise durch gußeiserne Röhren auf über 160 Meter hoben! Zunächst wurde es von 64 Pumpen 48,5 Meter hoch in einen Zwischenbehälter getrieben, von dort aus durch 79 Pumpen um 56,5 Meter in einen zweiten Zwischenbehälter gehoben und durch 78 weitere Pumpen nochmals um 57 Meter höher befördert.

Von hier aus konnte der Wasserdruck nun seine volle Wirksamkeit entfalten und — zum Vergnügen des Königs — die Fontänen und Springbrunnen der verschiedensten Art betreiben.

Diese Anlage, die mit ungeheurem Kostenaufwand errichtet wurde — sie soll mehr als 8 Millionen Franken gekostet haben — ist zwar die mächtigste Wasserhebemaschine, die je gebaut wurde — sie förderte täglich etwa 3200 Kubikmeter Wasser — aber sie leistete dennoch nach unserer Rechnung nur 80 PS. Das ist soviel, wie heute ein mittlerer Lastkraftwagenmotor schafft. Abgesehen davon war sie genausowenig nützlich wie etwa die Heronschen Druckwerke, weil eben ein Spielzeug auch dann nicht nützlich wird, wenn man es ins Riesenhafte vergrößert.

Mit diesem größten Wasserhebewerk, das der Prachtliebe und Verschwendungssucht eines feudalistischen absoluten Herrschers diente, ist aber zugleich der Gedanke der atmosphärischen Kolbenmaschine ver-

bunden, die mit ihrem schrecklichen Getöse dem industriellen Fortschritt den Weg bahnen sollte.

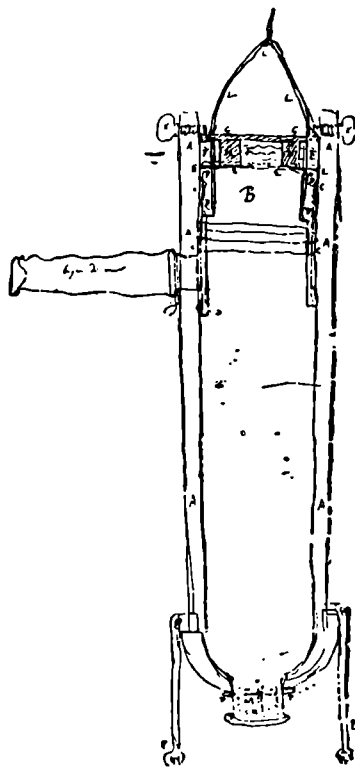
Unter den Bewerbern für den Bau der Wasserhebemaschine befand sich Christian Huygens, der holländische Naturforscher, der an der Pariser Akademie wirkte.

Huygens war ein großartiger Mathematiker, Physiker und Mechaniker. Er hatte die Pendeluhr erfunden und die stählerne Unruhe für die Taschenuhr, er stellte die Wellentheorie des Lichtes auf und beschäftigte sich damit, eine Maschine zu schaffen, bei der er die Kräfte technisch nutzen wollte, die Otto von Guericke entdeckt hatte. Er wollte durch den Druck der Luft, der auf ein Vakuum einwirkt, einen Kolben treiben lassen.

Seine Maschine bestand also aus einem Zylinder, in dem ein eingepaßter Kolben saß. Durch ein Loch im Boden des Zylinders wurde ein wenig Pulver unter den Kolben gebracht und entzündet. Vom Explosionsdruck wurde der Kolben bis zu einem Anschlag am oberen Zylinderrand in die Höhe geschleudert. Während die Verbrennungsgase durch seitliche Ventile aus dem Zylinder entwichen, drückte die Außenluft langsam auf den Kolben und trieb ihn schließlich mit Macht wieder in das durch den Explosionsdruck entstandene Vakuum im Zylinder zurück. Durch eine neue Pulverladung wurde der nächste Hub ausgelöst.

Der auf- und abgehende Kolben sollte ein Seil ziehen, das, über eine Rolle geführt, Gewichte zu heben vermochte, wenn der Kolben vom atmosphärischen Druck in den Zylinder hinuntergepreßt wurde.

Es gab diese Maschine. Aber praktisch verwendbar war der Explosionsmotor noch nicht. Die Schwierigkeit, ein gutes Vakuum zu erzeugen und „die Kraftwirkung dauernd aufs neue hervorzubringen“, war zu groß. Der Lauf dieses Motors war unregelmäßig und sein Betrieb auch gefährlich. Beteiligt am Bau dieser Huygensschen Pulvermaschine war Denis Papin, ein französischer Arzt und Naturwissenschaftler. Er hat übrigens auch den sogenannten Papinischen Dampftopf erfunden, den heute noch üblichen, unter hohem Druck stehenden Schnellkochtopf und das dazugehörige unerläßliche Sicherheitsventil.



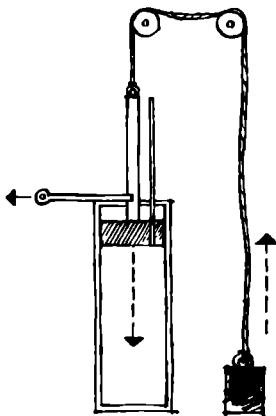
Schießpulvermaschine  
von Christian Huyghens. Eigenhändige Skizze von 1673

Denis Papin kam 1685 als Professor für Mathematik und Physik nach Marburg, und hier beschäftigte er sich weiter mit der erfolgversprechenden Pulvermaschine. Im hessischen Salzbergbau waren durch Wassereinbrüche manche Gruben schon völlig abgesoffen, und Wasserhebemaschinen waren hier genauso der ständige Gesprächsstoff der Bergleute und vor allem der Grubenbesitzer wie anderswo. Eines Tages gab Papin die Versuche auf, die lebensgefährliche Pulvermaschine in gleichmäßigen Gang zu bringen. Bei der Suche nach einem besseren Mittel, ein Vakuum zu erzeugen, war ihm der Dampf in den Sinn gekommen.

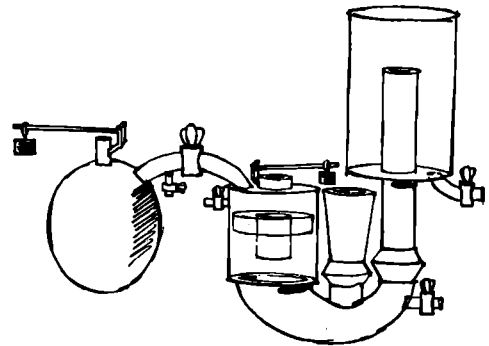
„Da das Wasser die Eigenschaft hat, durch Feuer in Dampf umgewandelt zu werden . . . und dann sich recht gut durch Kälte zu verdichten, habe ich gemeint, es müsse nicht schwierig sein, Maschinen zu bauen, in denen durch das Mittel einer mäßigen Wärme und mit geringen Kosten das Wasser jenes vollkommene Vakuum erzeugen würde, das man ohne Erfolg unter Anwendung des Schießpulvers herzustellen gesucht hat.“

So schrieb Papin an den Grafen Sinzendorf, dessen Bergwerke dringend einer Kraftquelle bedurften und der Papin um einen Ratschlag gebeten hatte.

In der Praxis machte es jedoch große Schwierigkeiten, einen geeigneten Zylinder mit genau eingepaßtem Kolben anfertigen zu lassen, so daß Papin über ein kleines Versuchsmodell nicht hinauskam. Es fehlte an einer Werkstatt, die solche Arbeiten hätte verrichten können. Als er später eine Dampfpumpe konstruierte, die das Wasser aus der Fulda in einen Turm im Schloß heben sollte, um Wasserspiele zu betreiben, waren die gußeisernen Steigrohre so schlecht abgedichtet, daß sie das Wasser nicht hielten. Der Landgraf wurde ungnädig, die Arbeiten gerieten ins Stocken und wurden schließlich eingestellt.



Innerhalb des Zylinders hat sich der Dampf, der den Kolben nach oben getrieben hat, niedergeschlagen. Löst man links die Haltevorrichtung, wird der Kolben durch den atmosphärischen Druck nach unten gestoßen und hebt dabei das Gewicht



Fapins zweite Dampfmaschine

Papin konnte die Pläne seiner atmosphärischen Kolbenmaschine in Hessen nicht verwirklichen. Es fehlte ihm ebensowohl an finanziellen Mitteln wie an Unterstützung und an fachkundigen Handwerkern, die solchen neuartigen Aufgaben gewachsen gewesen wären. Er ging nach England, wo er auf eine bessere Aufnahmebereitschaft hoffen durfte, denn er war ein hochangesehenes Mitglied der gelehrten Königlichen Gesellschaft zu London.

Und er wußte, daß die englischen Bergwerksbesitzer mächtige Anstrengungen machten, um zu einer verläßlich arbeitenden Wasserhebemaschine zu kommen.

Doch in England sollten sich zu guter Letzt alle seine Hoffnungen zerschlagen, nicht infolge des zu geringen, sondern des zu großen Interesses.

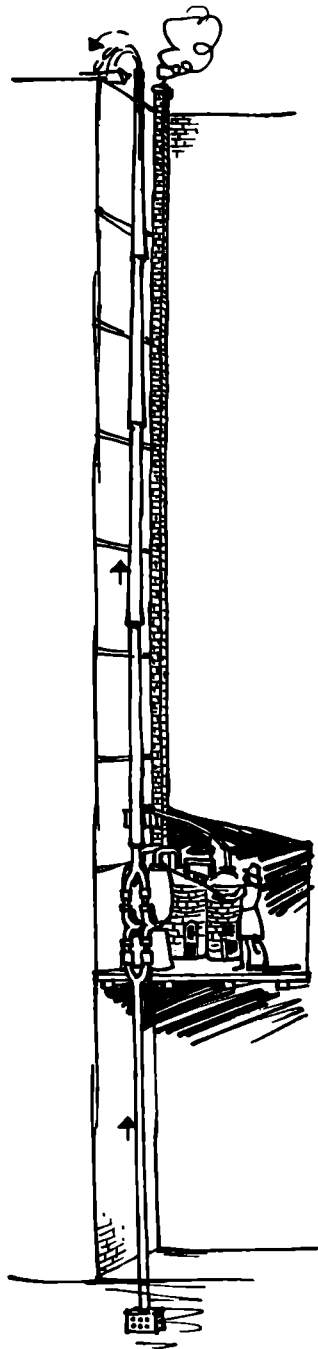
### Neuartige Wasserhebemaschinen

waren hier inzwischen mit Dutzenden Patenten bedacht worden. Die Grubenbesitzer wurden von Leuten überlaufen, die behaupteten, daß sie endlich die richtige Maschine erfunden hätten und nun lediglich noch Geld brauchten, um sie zu bauen. Die Maschine von Thomas Savery funktionierte sogar! Zunächst war es zwar nur ein Modell, das er vorführen konnte, aber das war schon weit mehr, als die übrigen Erfinder vorzuweisen hatten.

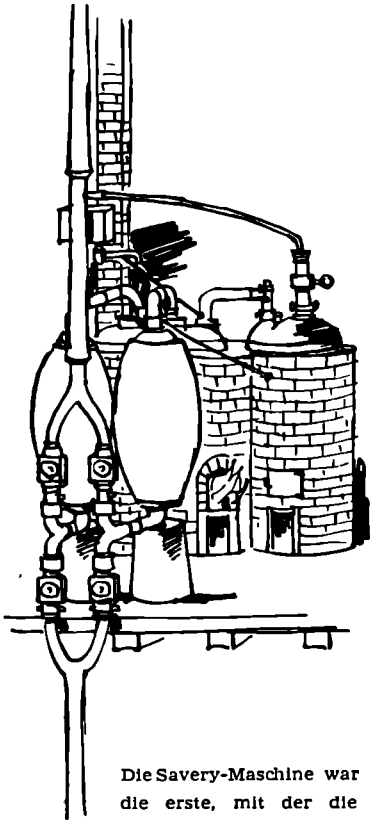
In den Berichten der Royal Society, der Königlichen Gesellschaft, steht:

„Herr Savery unterhielt am 14. Juni 1699 die Gesellschaft, indem er eine Maschine vorzeigte, die Wasser mit Hilfe des Feuers hob. Er erhielt den Dank der Gesellschaft für seine Vorführung, die den Erwartungen entsprach und Beifall fand.“

In dieser Saveryschen Maschine wurde nicht ein Kolben im Vakuum heruntergedrückt,



Saverys Dampfmaschine, wie sie zur Wasserhebung in einigen englischen Bergwerken angewendet wurde



Die Savery-Maschine war die erste, mit der die Spannkraft des Wasserdampfes technisch genutzt wurde

sondern das Vakuum saugte direkt Wasser an, das bei der nächsten Dampfzuführung in ein Steigrohr gepreßt wurde. Es war eine kolbenlose Dampfmaschine, die einen großen Dampfverbrauch hatte, weil der Dampf direkt mit dem zu hebenden Wasser in Berührung kam, so daß die Wärme nutzlos im Förderwasser verloren ging.

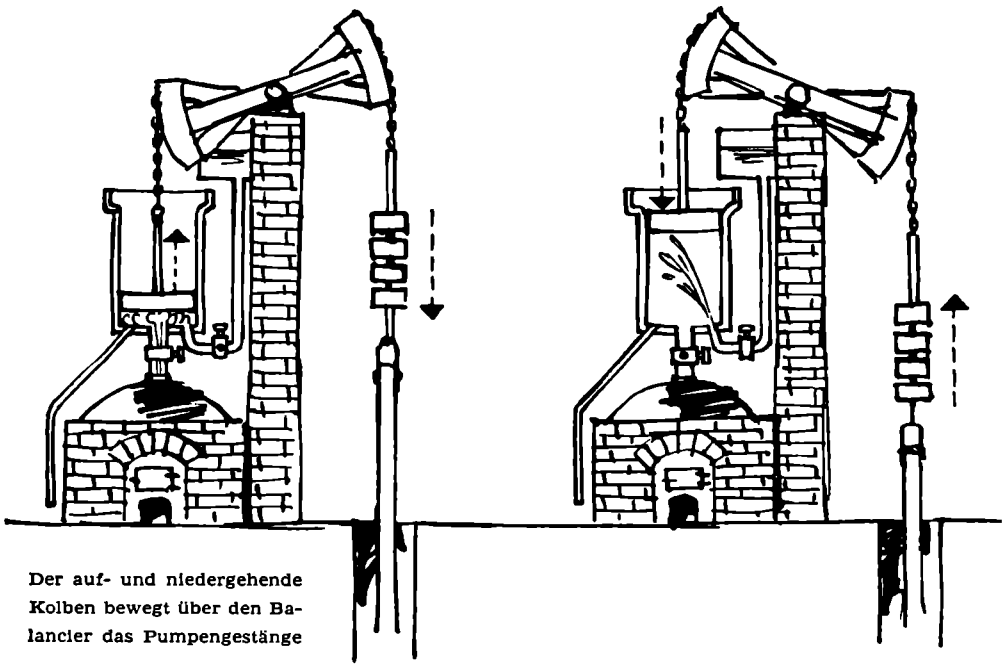
Die erste, 1706 in einem Bergwerk bei Broadwaters aufgestellte Maschine explodierte zwar, aber dieses Unglück hinderte nicht daran, daß innerhalb kurzer Zeit verbesserte Maschinen, die Savery „Freund des Bergmanns“ nannte, in anderen Bergwerken aufgestellt wurden.

Zur gleichen Zeit arbeiteten auch der Schmied Newcomen und der Glaser Cawley an einer Dampfmaschine, in der nach dem Vorbild der Papinschen Arbeiten und Veröffentlichungen und im Gegensatz zur Saveryschen Maschine ein Kolben gegen ein Vakuum arbeitete. Neu war, daß diese beiden Erfinder den Zylinder vom Dampfkessel trennten. Durch Einspritzungen von kaltem Wasser erreichten sie, daß der in den Zylinder eingelassene Dampf sich rasch verdichtete, so daß der Kolben sehr schnell in das entstandene Vakuum hinuntergedrückt und von einem neuerlichen Dampfstrahl im Zylinder wieder nach oben gejagt wurde.

Humphrey Potter, ein Junge von 13 Jahren, der wechselweise die Dampf- und Kaltwasserhähne zu öffnen und zu schließen hatte, um das regelmäßige Kolbenspiel der Maschine zu sichern, erfand unter Zuhilfenahme einiger Stricke und Waagebalken die selbsttätige Steuerung der Maschine und befreite sich von der geisttötenden Beschäftigung des Hähneschließens und -öffnens.

Die von dem Kolben ausgehende Bewegung wurde auf einen doppelt wirkenden Hebel, einen sogenannten Balancier, übertragen, der über das Pumpengestänge die auf der Sohle des Schachtes befindliche Saugpumpe betrieb.

Von der Leistungsfähigkeit solcher Wasserhebemaschinen und der Präzision, mit der sie hergestellt wurden, erhalten wir eine Vorstellung, wenn wir in den „Annales of Newcastle“ vom 26. Februar 1763 lesen, daß ein riesiger Dampfzylinder in der Stadt angekommen sei. Er wäre



Der auf- und niedergehende Kolben bewegt über den Balancier das Pumpengestänge

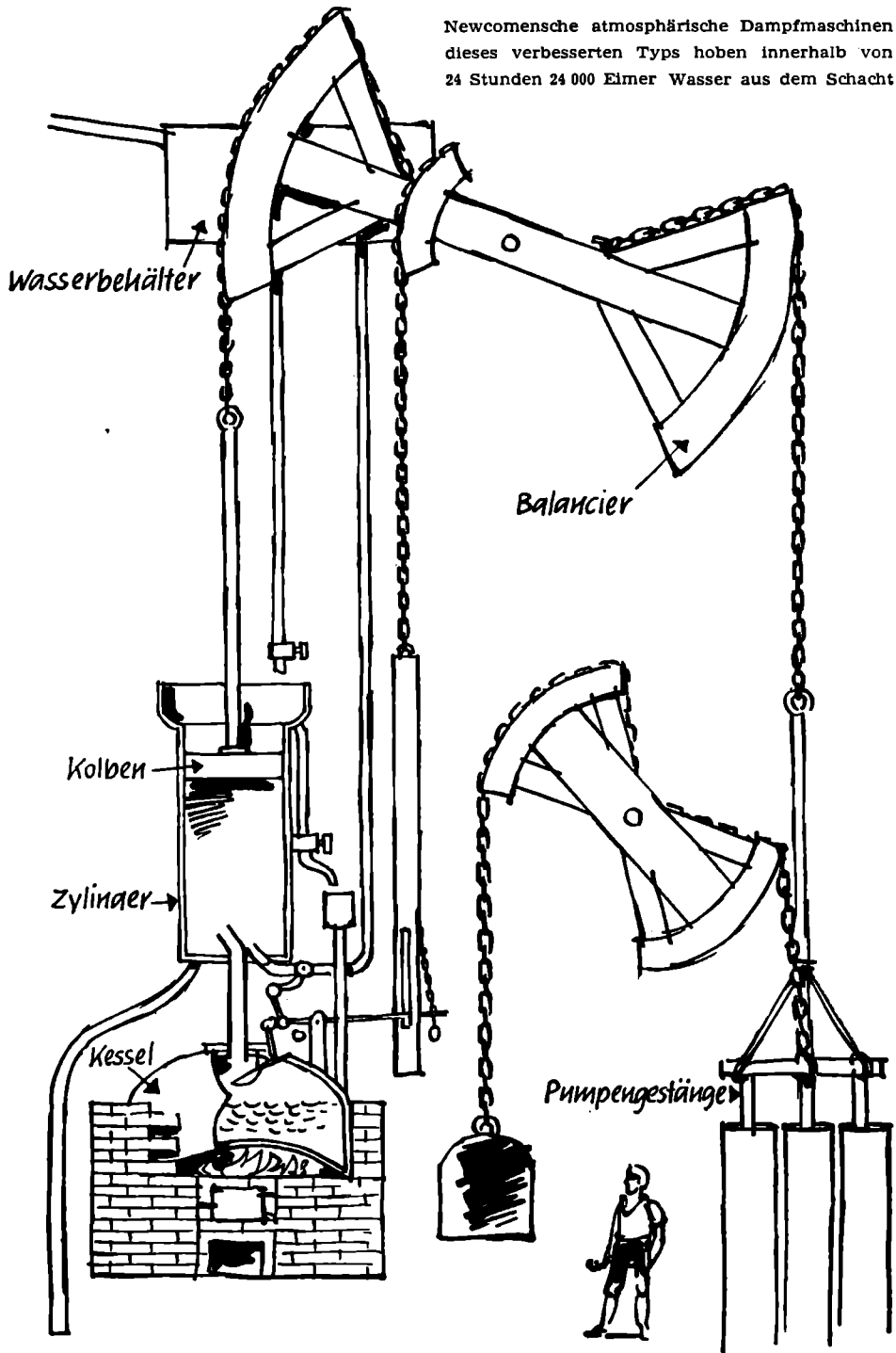
10½ Fuß lang, messe in der Bohrung 74 Zoll und wiege mit Boden und Kolben 11 Tonnen. Ohne Kolben und Boden wiege der Zylinder 6½ Tonnen. Die Newcomensche Maschine hebe bei jedem Hub 15½ Tonnen Wasser. Die Bohrung wäre völlig rund ausgeführt, schön poliert und mache dem herstellenden Werke, Colebrook Dale in Shropshire, alle Ehre!

Diese Newcomensche Feuermaschine machte in der Minute etwa 12 Hübe. Sie arbeitete für unsere Begriffe also außerordentlich langsam, aber dennoch weit besser und betriebssicherer als die von Savery. Bis 1769 waren in Nordengland schon rund hundert solcher Maschinen in Betrieb, die tatsächlich mit dem Grubenwasser einigermaßen fertig wurden. In einem Kohlenbergwerk bei Coventry ersetzte eine solche atmosphärische Maschine fünfzig Pferde, mit deren Kräften vordem über Göpelmühlen die Wasserhaltung betrieben wurde. 75 Maschinen im Kohlenbezirk Newcastle gestatteten, daß die Schächte tiefer niedergebracht und die Förderung beträchtlich erhöht werden konnte.

Thomas Newcomen war, wie es damals hieß, ein großer „Kunstmeister“, ein genialer Konstrukteur und ein geschickter Handwerker dazu, denn er selbst mußte ja zunächst alle Einzelteile seiner Maschine allein herstellen. Er schuf also die erste wirklich gebrauchsfähige Kraftmaschine, wenn sie auch in erster Linie nur im Bergbau eingesetzt war.

Eine vollgültige technische Lösung stellte diese Newcomensche Feuermaschine aber immer noch nicht dar.

Newcomensche atmosphärische Dampfmaschinen  
dieses verbesserten Typs hoben innerhalb von  
24 Stunden 24 000 Elmer Wasser aus dem Schacht





Ein Zeitgenosse schrieb:

„Durch Newcomens Maschine wurde es uns möglich, unsere Schächte doppelt so tief wie früher abzuteufen. Aber der Nutzen wird durch den ungeheuren Brennstoffverbrauch bedeutend vermindert. Jede Feuermaschine von einiger Größe verbraucht jährlich Kohle für 3000 Pfund Sterling, eine Summe, die so groß ist, daß die Anwendung beinahe nicht mehr lohnt.“

Die Wirtschaftlichkeit dieser Maschinen ließ also sehr zu wünschen übrig. Nur ein Bruchteil der zugeführten Brennstoffenergie wurde in mechanische Energie umgewandelt. Spätere Erfinder und Verbesserer vermochten zwar den Wirkungsgrad ein wenig zu erhöhen, aber er blieb trotzdem ungenügend.

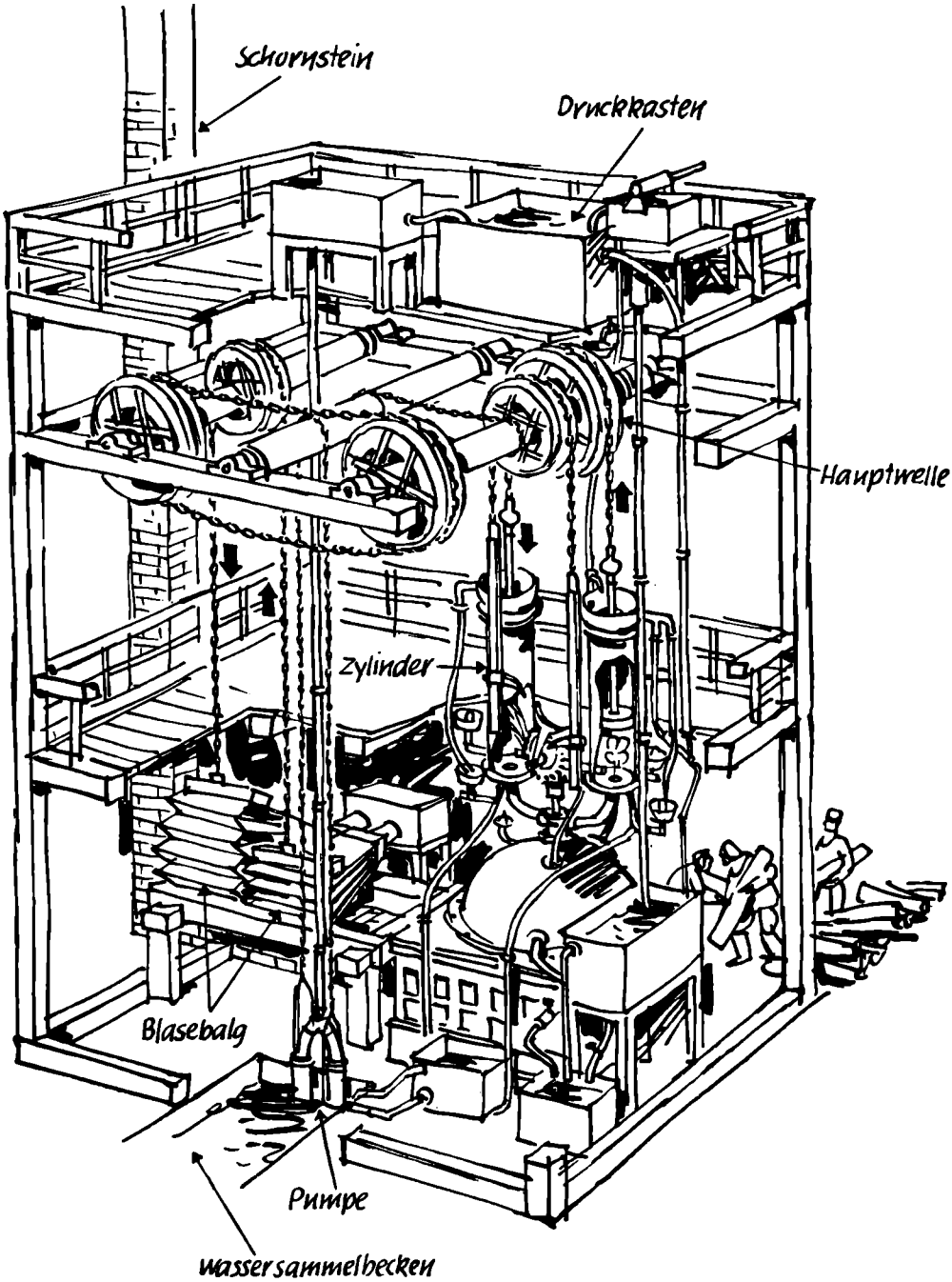
Zu dieser Zeit — um 1763 — hatte, unabhängig von dieser vornehmlich auf England beschränkten Entwicklung, in Rußland der Mechaniker Poldunow eine gleichmäßig laufende Dampfmaschine erfunden, die nicht zur Wasserhaltung im Bergbau, sondern zum Antrieb von Blasebälgen an Schmelzöfen benutzt wurde. Diese Maschine war ein ähnliches Ungetüm wie die Newcomens, denn auch für sie mußte ein Gebäude von vier Stockwerken errichtet werden.

Die russische Maschine wurde aber bereits im Jahre darauf auf Befehl zaristischer Beamter wieder abgerissen, weil dieses lärmende und dampfspeiende Teufelswerk angeblich Leib und Seele gleichermaßen gefährden würde. Einzelteile davon und ein Modell wurden in der Kuriositätensammlung der Petersburger Kunstkammer aufgestellt.

Weder im zaristischen Rußland noch im feudalistischen hessischen Ländle waren damals die Kräfte vorhanden, die, wie in England, ganz bewußt die Entwicklung der Maschinenteknik und der neuen Kraftmaschine förderten — das Bürgertum mit den kapitalistischen Unternehmern an der Spitze.

Nach all diesen genannten und noch einer Fülle von ungenannten Erfindern, die wichtige Einzelheiten zur Kraftmaschine hinzufügten, kam nun erst James Watt, den wir für gewöhnlich als Erfinder der Dampfmaschine bezeichnet finden.

Polsunows Dampfmaschine war 43 Tage lang in Betrieb. Der Erfinder erlebte den Erfolg seiner Arbeit aber nicht, er starb einige Tage vor dem Probelauf seiner „Feuerkraftmaschine“



## Auf den Schultern vieler Erfinder

vor ihm habe er gestanden, sagte James Watt zwar bescheiden von sich selbst. Aber ihm gebührt dennoch der Ruhm, die Frage der Wirtschaftlichkeit der Dampfmaschine gelöst und sie damit zur Triebkraft der industriellen Revolution gemacht zu haben.

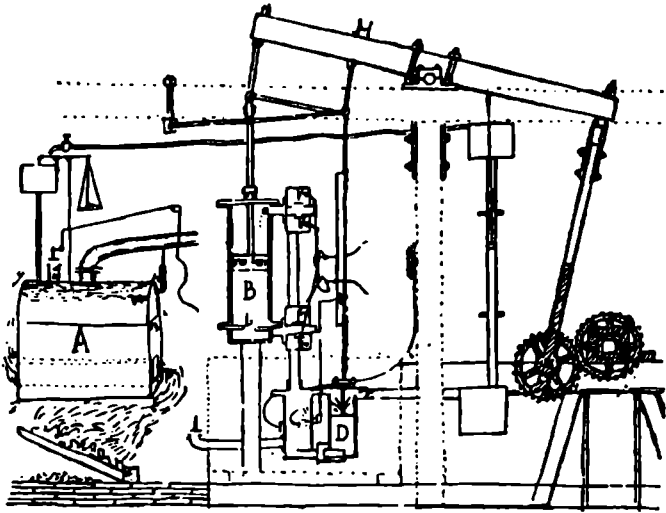
Bis dahin gaben die besten verbesserten atmosphärischen Maschinen nur 1,2 Prozent der aufgewendeten Brennstoffenergie als Bewegungsenergie weiter. Bei den zischenden und fauchenden Mammutmaschinen traten an allen Ecken und Enden solche Verluste ein, daß man, wie ein Spötter sagte, nicht nur eine kleine Eisenmine brauchte, um die Maschine herzustellen, sondern auch ein mittleres Kohlenbergwerk, um sie zu betreiben.

James Watt, der als Universitätsmechaniker in Glasgow die Instrumente und Apparate der Laboratorien und Sammlungen zu pflegen und in Gang zu halten hatte, bekam eines Tages den Auftrag, das Modell einer Newcomenschen Maschine in Betrieb zu bringen. Das war für Watt gar keine Schwierigkeit, und sehr bald lief der Apparat wieder, aber er konnte sich nicht damit abfinden, daß dieses kleine Maschinchen so unerhört viel Dampf verbrauchte.

Er las, was er zu dieser Frage finden konnte, experimentierte mit Dampf, beriet sich mit den Studenten und Professoren, die ihn in seiner Kellerwerkstatt besuchten. Schließlich kam er dahinter, daß es natürlich heller Wahnsinn war, wenn jedesmal die vom Dampfe heißen Zylinderwände durch eine Kaltwasserdusche auf 20 Grad Celsius abgekühlt wurden. Bei jeder neuen Dampfzuführung und jedem Kolbenhub ging die meiste Wärme schon dadurch verloren, daß der Dampf den Zylinder erst wieder auf 100 Grad Celsius erwärmen mußte.

Freilich: Der Dampf sollte sich sehr schnell niederschlagen — aber doch nicht so, daß der Zylinder sich dabei abkühlte. Das war jedoch nur zu erreichen, wenn man die Kondensation vom Zylinder trennte, sie in ein Kondensiergefäß außerhalb des Zylinders verlegte. Dann konnte der Zylinder heiß bleiben und der Kondensator kalt. Zweckmäßig wäre es sogar, den Zylinder noch durch eine Ummantelung zu schützen, damit nichts von der kostbaren Wärme verlorenging, und in den Kondensator könnte durch eine Pumpe kaltes Wasser eingespritzt werden, damit er recht kühl blieb.

Diese und noch einige andere Überlegungen faßte James Watt nach fünf Jahren harter experimenteller Arbeit zusammen als „Neuerfundene Methode der Verminderung des Verbrauches von Dampf und Brennstoff in Feuermaschinen“. Unter dieser Bezeichnung wurde ihm am 5. Januar 1769 ein „vorläufiger Schutz“ und am 25. April des gleichen Jahres das berühmt gewordene Patent 913 für die Feuermaschine erteilt, die zur ersten richtigen Dampfmaschine werden sollte.



Die doppelt wirkende  
Wattsche Dampf-  
maschine nach einer  
1791 von Georg Rei-  
chenbach heimlich an-  
gefertigten Skizze

Damit war die Maschine aber noch nicht gebaut. Es bereitete James Watt unsägliche Mühe, Geld für seine Versuche und für die Patentgebühren aufzutreiben. Hatte er endlich einen Geldgeber gefunden, taugten die Werkstätten nichts, in denen seine an die Präzision hohe Ansprüche stellenden Zylinder, Kolben, Kondensatoren und Pumpen hergestellt werden sollten. Fand er endlich ein paar tüchtige Maschinenbauer, die ihm zur Hand gehen wollten, machte sein Finanzier Pleite, das Geld blieb aus, und wieder war alles vergebens gewesen.

Am 19. Januar 1770 schrieb er voller Betrübniß: „Heute trete ich in mein 35. Lebensjahr ein, und ich habe meiner Ansicht nach der Welt noch nicht für 35 Pfennig genützt!“

Schließlich interessierte sich Matthew Boulton, der in Soho bei Birmingham eine Metallwarenfabrik betrieb, für die Dampfmaschine. 1775 wurde die neue Firma Boulton & Watt gegründet. Boulton sicherte sich im Gründungsvertrag zwei Drittel der Einkünfte des Patents, Watt bekam ein Drittel. Dafür trug Boulton die Kosten der Versuche, und die waren zunächst ziemlich hoch.

Nun hatte James Watt aber endlich die Handwerker, die er brauchte. Als der Mechaniker John Wilkinson ein Zylinderbohrwerk konstruierte, das den hohen Anforderungen des Maschinenbaues genügte, war es möglich, einen Dampfzylinder bis auf einen viertel Zoll genau zu bearbeiten. (Heute rechnet man mit einem tausendstel Millimeter Toleranz!)

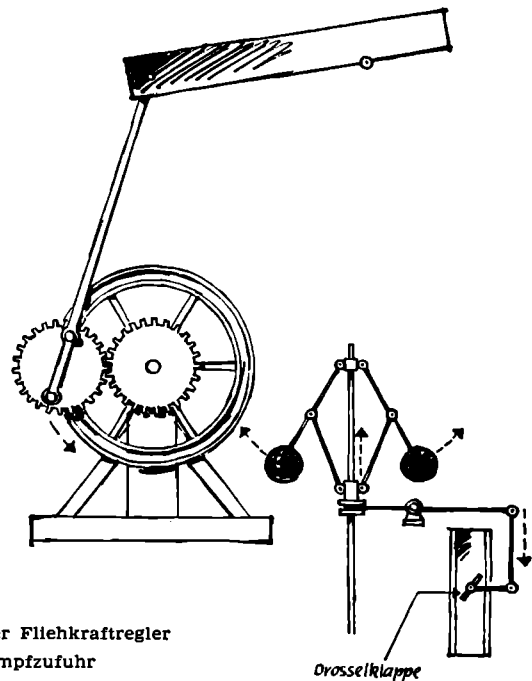
Nachdem die ersten Dampfmaschinen als Antriebsmaschinen für Pumpen liefen, verwandelte sie James Watt sehr bald auch in Antriebsmaschinen für andere Arbeiten. Wurde bisher die auf- und abgehende Bewegung des Kolbens lediglich auf den Balancier übertragen, so setzte Watt das Auf und Ab in eine drehende Bewegung um.

Schon vor Watt hatte man dasselbe bei den atmosphärischen Maschinen versucht, aber man fand keine andere Lösung als die, durch die Kraftmaschine Wasser heben zu lassen und das Wasser zum Antrieb eines Wasserrades zu benutzen.

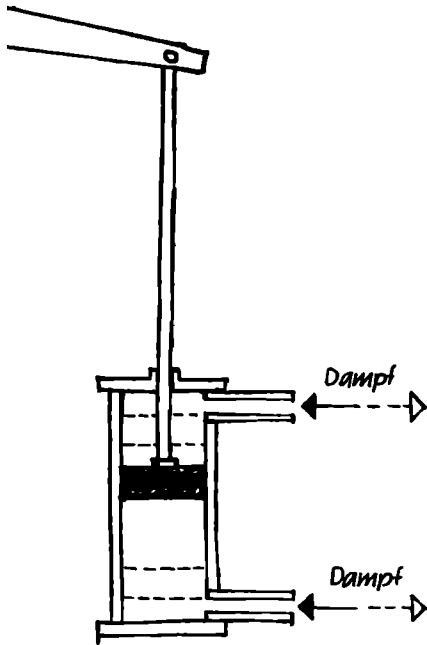
Naheliegender wäre eine Kurbel zur Umwandlung der Bewegung gewesen. Aber die altbekannte Kurbel hatte sich, in Verbindung mit der Feuermaschine, ein Knopffabrikant patentieren lassen. Watt konnte also, bis die Patentfrist abgelaufen war, dieses einfachste Prinzip nicht benutzen.

Deshalb entwickelte er das sogenannte Planetengetriebe, bei dem der auf- und abgehende Hebelarm ein starres Zahnrad so um ein auf einer Welle sitzendes größeres Zahnrad führt, daß dieses mitsamt der Welle gedreht wird. Ein Schwungrad sorgte für den gleichmäßigen Lauf dieses Getriebes. Über Räder oder Transmissionsriemen konnte nun von der Welle die Drehbewegung als Antrieb auf andere Maschinen übertragen werden.

Zur Regelung der Dampfführung, entsprechend der Belastung der Maschine, führte er die mit dem Fliehkraftregler verbundene Drosselklappe ein. Je schneller sich die beiden Bleikugeln des Fliehkraftreglers drehen, um so mehr streben sie nach außen, und dabei mindern sie durch die sich schließende Drosselklappe die Dampffuhr. Verringert sich die Drehbewegung der Kugeln, so sinken sie ab und veranlassen damit die Vergrößerung der Dampffuhr.



Das Wattsche Planetengetriebe und der Fliehkraftregler zur automatischen Regulierung der Dampffuhr



Der abwechselnd oben oder unten einströmende Dampf treibt den Kolben hinunter oder hinauf

Auf diese Weise ist eine gleichmäßige Dampfzuführung, die im richtigen Verhältnis zur Belastung der Maschine steht, gewährleistet, ohne daß ein Mensch kontrollierend und steuernd eingreifen müßte. Watt benutzte zum Antrieb nicht mehr nur den atmosphärischen Druck auf den Kolben, sondern die Kraft der Expansion, der Ausdehnung des Dampfes im Zylinder.

Vorher war man ja vom umgekehrten Prinzip ausgegangen. Man benutzte den Dampf, um ein Vakuum zu schaffen. Jetzt wurde der Kolben vom Dampfdruck und vom atmosphärischen Druck bewegt, und sehr bald ließ Watt die Kolben sogar nur vom Dampf hin- und herjagen, ohne daß er den atmosphärischen Druck auf den Kolben einwirken ließ.

Diese sogenannten doppelt wirkenden Dampfmaschinen brauchten nur noch den vierten Teil der Kohle, die von den alten atmosphärischen Dampfmaschinen verschlungen wurde.

Kein Wunder, daß sich diese Wattsche Dampfmaschine gegenüber allen anderen

rasch durchsetzte. Sie hielt mehr, als man sich von einer Dampfmaschine versprochen hatte.

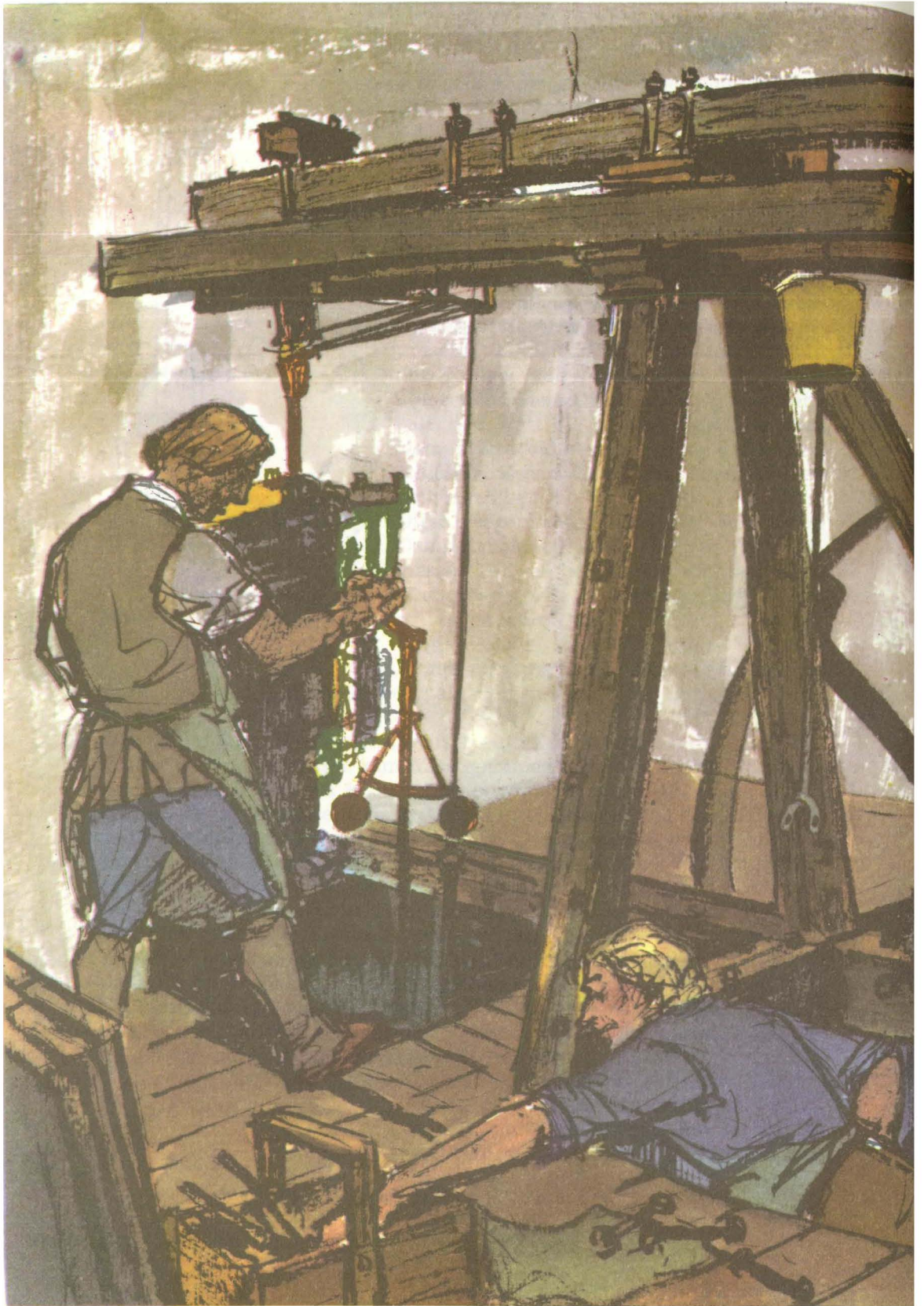
Das mußte auch ein Brauereibesitzer einsehen, der sich recht gern eine Wattsche Dampfmaschine zum Wasserpumpen angeschafft hätte, der aber doch einiges Mißtrauen in ihre Leistungsstärke setzte. Er wollte genau wissen, ob dieses teure, eiserne Ungetüm ebensoviel wie das Pferd leistete, das bisher das Pumpenwerk betrieb. Deshalb stellte er zunächst einmal die Arbeitsleistung des Pferdes fest. Er ließ es einen Tag lang unter ständigen Peitschenhieben und bis zur völligen Erschöpfung die Göpelmühle treiben und Wasser pumpen. Denn er wollte der Dampfmaschine natürlich eine hohe Leistung vorlegen. Dann rechnete er aus, daß das arme Tier in 8 Stunden 2 Millionen Kilogramm Wasser gefördert hatte.

James Watt setzte aus dieser gemessenen mechanischen Leistung als eine Pferdestärke nun die Kraft fest, die — etwa entsprechend dem Versuch des Brauereibesitzers — angewendet werden muß, um in einer Sekunde 75 Kilogramm Wasser einen Meter zu heben.

So kam die technische Maßeinheit PS — Pferdestärke — in die Welt.

Mit ihr wurde von James Watt nicht dem Pferde schlechthin ein Denkmal in der Technik gesetzt, sondern dem geschundenen und bis an die Grenze seiner Leistungsfähigkeit ausgenutzten Pferd. In Wirklichkeit

James Watt, der Bändiger der Dampfkraft, konnte sich zwar auf die Erfahrungen vieler Erfinder vor ihm stützen, aber noch viel mehr war er angewiesen auf die Kunstfertigkeit der Mechaniker, Schmiede und Zimmerleute, die ihm beim Bau seiner Maschine halfen.









entspricht nämlich die normale Pferdestärke nur etwa  $\frac{2}{3}$  PS, und die Dauerleistung eines Pferdes, wenn man es nicht von Kräften kommen lassen will, liegt bei  $\frac{1}{2}$  PS.

Auch James Watt selbst erhielt ein Denkmal — in der berühmten Londoner Westminsterabtei, „nicht, um seinen unsterblichen Namen zu ehren, sondern um zu zeigen, daß die Menschheit gelernt hat, die zu ehren, denen am meisten ihr Dank gebührt“.

James Watt starb 1819 als vermögender Mann. Er war zwar reich geworden wie die Unternehmer, die mit seinen Maschinen ihre Fabriken betrieben, er soll aber trotzdem ein bescheidener Mann geblieben sein, ein Ingenieur, der auch als Greis noch ohne seine Arbeit in der Werkstatt nicht leben konnte.

Die Grubenbesitzer und Textilfabrikanten hingegen, die als erste an der von ihm entfesselten großen Kraft des Dampfes verdienten, gründeten Clubs der Erfolgreichen, fuhren vierspännig durch die Straßen und schoben sich — zum Zeichen ihrer Erfolge — protzig eine Fünfpfundnote ins Hutband.

Bevor wir uns jedoch mit diesen „Industriellen“ und den weltumwälzenden Auswirkungen des Industriekapitalismus befassen, wollen wir erst noch einige andere Entwicklungslinien der Technik verfolgen. Denn daß die Dampfmaschinen, die neuen Werkzeug- und Textilmaschinen überhaupt gebaut und in so großer Zahl serienmäßig hergestellt werden konnten, ist das Ergebnis der schöpferischen Arbeit und der sich beständig erhöhenden Arbeitsgeschicklichkeit vieler Arbeiter- und Handwerkergenerationen, die auf den verschiedensten Gebieten die Voraussetzungen für das Entstehen der modernen Industrie und Technik schufen.

## VON KUNSTMEISTERN, INGENIEUREN UND MASCHINENBAUERN

Um die Dampfkraft zu bändigen – Vorgänger unserer Maschinenbauer – Zeitalter der Renaissance – Schießpulver, Kompaß und Papier – Schwarz auf weiß – Georgius Agricola – Schlägel und Eisen – „Fahrende Mühlenärzte“ – Kleinschmiede und Kunstuhrenbauer – „Androiden“

### Um die Dampfkraft zu bändigen

und um das Zeitalter der Maschinen heraufzuführen, hatte es auch der bis dahin erzielten beträchtlichen Fortschritte auf den Gebieten des Hüttenwesens, der Metallurgie, des Maschinen- und Instrumentenbaues bedurft. An diesen Fortschritten waren viele Generationen von Mechanikern und Schmieden, Zimmerleuten, Mühlenärzten und Kunstmeistern beteiligt gewesen.

James Watt hatte freimütig bekannt, daß er auf den Schultern vieler Erfinder gestanden habe, die sich vor ihm mit dem Problem der Dampfmaschine beschäftigten. Und dankbar war er auch für die Hilfe, die er von Naturforschern wie Black und Robison in Glasgow erhalten hatte, die ihn zur Klärung theoretischer Probleme anregten und ihn zum naturwissenschaftlichen Denken führten.

Freilich sind uns nur wenige dieser erfindungsreichen und geschickten Handwerker mit Namen bekannt; die meisten leben nur fort durch ihren namenlosen Anteil, den sie an der beständigen und auf vielen Gebieten beinahe unmerklichen Höherentwicklung der Technik hatten. Nur allzuoft wird vergessen, sie überhaupt zu erwähnen.

Vor allem in der Vergangenheit wurde der Blick immer wieder ausschließlich auf die Großen im Reiche der Technik gerichtet. Auf die, die ihre genialen Erfindungsideen verwirklichen konnten, die zum Ruhme zumeist auch den Reichtum gewannen und deren Name für immer mit einer die Technik revolutionierenden Umwälzung verbunden ist.

Unbeachtet blieb damit zumeist das Verdienst der namenlos gebliebenen Neuerer — ja, des ganzen werktätigen Volkes. Ohne die beständigen kleinen und kleinsten Fortschritte in allen Bereichen der handwerklichen Technik, ohne die zunehmende Arbeitsgeschicklichkeit und -genauigkeit und ohne den Einfallsreichtum der Handwerker, Bergleute und Arbeiter bei der Lösung der vielfältigen Alltagsaufgaben hätten aber sicherlich die Gedanken für neuartige technische Lösungen gar

nicht entstehen können. Ganz zu schweigen davon, daß dann natürlich auch die Möglichkeiten für die praktische Verwirklichung der Erfindung gefehlt hätten.

Darüber, daß selbstverständlich die bestehenden gesellschaftlichen Verhältnisse den Boden für den Erfolg einer Erfindung abgeben und über ihre Anwendung oder ihre Unterdrückung entscheiden, sprachen wir schon. Aber auch diese gesellschaftlichen Bedingungen sind ja ein Spiegel des Standes der Produktivkräfte, ihres Charakters und der bestehenden Produktionsverhältnisse.

Die technische und die gesellschaftliche Entwicklung müssen also reif sein für eine Erfindung. Das heißt, in einer mehr oder weniger langen Zeit müssen sich viele quantitative Veränderungen vollzogen haben, die fast unmerklich, aber beständig den großen Sprung vorbereiten, der sich dann als eine Revolution — eine technische oder gesellschaftliche Umwälzung darstellt.

Da dieser Sprung in die neue Qualität auch auf dem Gebiete der Technik immer mit den Namen der Menschen verbunden ist, die gewissermaßen alle Mittel und Möglichkeiten zusammenrafften und das Neue ans Licht brachten, so heißt es dann mitunter, sie — Watt, Arkwright oder Stephenson, um nur einige Namen zu nennen — hätten diese oder jene Seite der Technik revolutioniert oder überhaupt die industrielle Revolution hervorgerufen. Dabei — und das schmälert das Verdienst dieser Erfinder durchaus nicht — wurden sie in Wirklichkeit getragen von der Schöpferkraft des Volkes. Sie machten sich die Summe der bis zu ihrer Zeit zusammengetragenen Arbeitserfolge, technischen Fertigkeiten und Erfahrungen zunutze, und die wirtschaftlichen Bedingungen spornten sie an.

Kurzum: Die Zeit war reif, sie verlangte nach notwendig gewordenen Erfindungen, und sie begünstigte die Männer, die sie hervorbrachten.

Das technische Heranreifen des Maschinenzeitalters vollzog sich am sichtbarsten hauptsächlich auf den Gebieten, die schon im Altertum und im Mittelalter die meisten Anregungen für die technische Entwicklung und die Anwendung der einfachen Maschinen gaben. Wir finden die

### Vorgänger unserer Maschinenbauer

vor allem im Bauwesen, dem Bergbau und dem Mühlenbau.

Am Beispiel der Bauten des Altertums sahen wir bereits, wie aus der Anwendung einfachster Prinzipien der Mechanik einfache Maschinen, wie Hebezeuge, Flaschenzüge, schiefe Ebenen und ähnliche, entstanden waren.

Mit dem Bauwesen blieb die Entwicklung solcher Maschinen bis ins Mittelalter verbunden. Die Architekten oder Baumeister der Burgen,



Schlösser, Kirchen und Städte, der Lagerhäuser und Hafenanlagen waren zugleich auch „Maschineningenieure“ — allerdings gab es damals diesen Begriff noch nicht. Die von ihnen verwendeten Maschinen bestanden aus Holz, und demzufolge befaßten sich die Zimmerleute mit ihrer Herstellung. Nicht selten werden sie es sogar gewesen sein, die besser Bescheid wußten über die zweckvollsten Hebezeuge und Anlagen als die für das Maschinenwesen eigentlich Verantwortlichen.

Wenn wir also nach den Vorläufern der Maschinenbauer suchen, so gehören nicht nur die Baumeister, sondern ebenso ihre Gehilfen, die Zimmerleute — die Bautechniker — dazu.

Wir kennen viele bedeutende Baumeister des Mittelalters. Und wenn wir uns ihre Werke vergegenwärtigen, die Wartburg bei Eisenach, die Albrechtsburg in Meissen oder das Straßburger Münster, dann wird uns sofort klar, daß hier nicht nur großartige Baukünstler — Architekten, Steinmetze und Kunstschmiede — sondern auch hervorragende Techniker gearbeitet haben müssen.

Während uns aber die Baukünstler zumeist mit ihrem Steinmetzzeichen oder auf andere Art das Siegel ihrer persönlichen Arbeit hinterließen, wissen wir so gut wie nichts von den Zimmerleuten und Mechanikern,

die sich mit ihren technischen Hilfsmitteln in den Dienst des Bauwerkes stellten, die die Gerüste aufführten und die viele Tonnen schweren Quader an ihre Plätze setzten.

Welche Anforderungen an die Maschineningenieure und ihre Gehilfen gestellt wurden, können wir nicht nur von den himmelhohen Türmen der alten Kathedralen oder von den an schwer zugänglichen Stellen errichteten Burgen ablesen, wir erfahren es auch direkt aus einem alten Buche über die Architektur. Es wurde im Jahre 1452 von dem italienischen Gelehrten Leon Battista Alberti vollendet.

In ihm stellte er zunächst fest, daß ein Architekt nur der sein wird:

„der gelernt hat, mittels eines bestimmten und bewundernswerten Planes und Weges sowohl in Gedanken und Gefühl zu bestimmen als auch in der Tat auszuführen, was unter der Bewegung von Lasten und der Vereinigung und Zusammenfügung von Körpern den hervorragendsten menschlichen Bedürfnissen am ehesten entspricht . . .“

Alberti schrieb über die Arten der Gewölbe, über den Bau steinerner Brücken und über solche Fragen, die wir auch heute zum Bauwesen rechnen. Daneben widmete er aber auch ein Kapitel der Bewegung von Lasten, mitsamt den dazugehörigen Hilfsmitteln. Er schilderte den Bau geeigneter Bahnen, das heißt schiefer Ebenen oder Rollgängen, er erklärte Flaschenzüge, Schnecken und Hebebäume, gab Hinweise auf die Verwendung bestimmter Taue und ermahnte seine fachkundigen Leser noch zum Schluß:

„Hat man eine gewaltige Last zu heben, so gehe man ruhig, bedächtig und überlegt ans Werk wegen der vielerlei unsicheren und nicht wiedergutzumachenden Zufälle und Gefahren, welche bei einem solchen Beginnen auch den Erfahrensten ganz unvorhergesehen unterzukommen pflegen.“

Und es gilt für damals wie für heute, wenn dieser erfahrene Baumeister feststellte, daß

„das Lob und die Anerkennung deines Scharfsinnes, so dir etwas gelingt, was du im Vertrauen auf deine Einsicht unternommen hast, nicht so groß sein wird wie die Welle des Unwillens über deine Planlosigkeit und Leichtfertigkeit, wenn du Mißerfolg hast“.

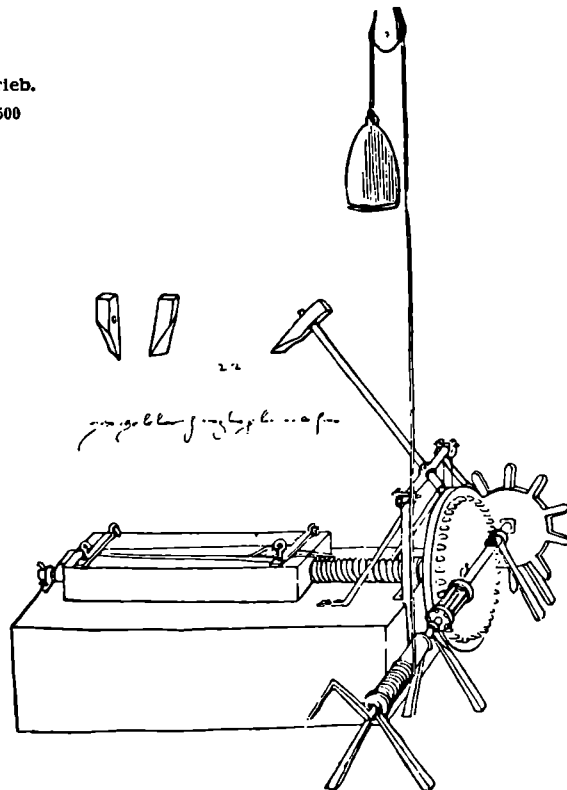
Auch der geniale Künstler Leonardo da Vinci war berühmt als Festungsbaumeister, Kriegersingenieur und Architekt. Eine Vorstellung von der Vielseitigkeit der Aufgaben eines mittelalterlichen Architekten erhalten wir, wenn wir uns durch einige Handzeichnungen Leonardo da Vincis die Breite seines Arbeitsgebietes vergegenwärtigen.

Er entwarf beispielsweise eine große Bohrmaschine zum Aushöhlen von Baumstämmen. Diese Holzrohre spielten eine wichtige Rolle beim Bau von Brunnen und Wasserleitungen. Da die Anlage solcher Leitungen eine Sache der Architekten war, verstand es sich, daß sie sich die Mittel,





Feilenhaumaschine mit Gewichtsanztrieb.  
Skizze von Leonardo da Vinci um 1500



die Maschinen und Techniken zur Erfüllung ihrer Aufgabe selbst auszudenken hatten.

Er skizzierte auch ein Blechwalzwerk, um „eine dünne und gleichmäßige Platte aus Zinn herzustellen“. An der Skizze kann man übrigens sehen, daß Leonardo da Vinci sogar schon daran gedacht hat, zur Erhöhung des Walzendrucks zwei Gegendruckrollen anzubringen. Dieses Prinzip: Die Arbeitswalzen des Gerüsts durch Stützwalzen abzusichern, hat sich erst viele Jahrhunderte später durchgesetzt.

Er machte sich Gedanken um die Konstruktion einer Feilenhaumaschine: Durch ein ziehendes Gewicht sollte eine Welle mit Getriebe und über dieses ein Kammrad mit einer Schraubenspindel bewegt werden. Der von einem Zapfenrad immer wieder zum Schlag ausgehobene Hammer ging in parallel nebeneinanderliegenden Hieben auf den Feilenrohling nieder, der von der Schraubenspindel in genau bemessenen Abständen herangezogen wurde.

Auch diese Maschine, oder genauer gesagt eine ähnliche, aber viel primitivere Maschine, wurde erst 200 Jahre später in Frankreich aufs neue erfunden.

Wir sehen also, daß viele Maschinen, die Leonardo erfand, zu seiner Zeit nicht in die Wirklichkeit umgesetzt wurden.

Er studierte alles Neue, das sich in der handwerklichen Technik bildete. Wie kaum ein anderer seiner Zeit beherrschte er die Prinzipien der Mechanik, den Bau und das Zusammenspiel von Maschinenelementen, und weil er die großartigen Möglichkeiten der Mechanisierung einzelner Arbeitsgänge erkannte, galt seine besondere Liebe der Schaffung ganz neuartiger Maschinen.

Er konstruierte Wasserräder in Form von Turbinen, entwarf selbstfahrende Wagen, Windmühlen mit drehbarem Dach, Spinnmaschinen, er richtete eine Münze mit selbstkonstruierten Prägemaschinen ein, erfand einen Tauchapparat, den Fallschirm und befaßte sich mit der Konstruktion von Flugapparaten.

Aber da zu seiner Zeit die Manufakturen noch in den Anfängen steckten und die entwickelte kapitalistische Produktionsweise in weiter Ferne lag, war das ökonomische Bedürfnis nach neuartigen Energie- und Werkzeugmaschinen noch nicht vorhanden. Leonardo war also der Entwicklung um einige Schritte voraus. So kam es, daß seine Maschinen und Apparate, obwohl sie technisch denkbar und — die meisten von ihnen jedenfalls — auch damals schon herstellbar waren, auf dem Papier stehenblieben

Und diese Papiere mußte Leonardo sogar noch geheim- und versteckt halten. Seiner Zeit fehlte nicht nur die Reife für seine Erfindungen, sie war auch noch so sehr überschattet von der finsternen Macht der Kirche, daß seine Maschinen als Teufelswerk galten. Da er ohnehin im Verdacht eines Gottesleugners stand und als Naturforscher Dinge trieb, für die ihn die Häscher der Inquisition — wären sie dahintergekommen — auf den Scheiterhaufen gebracht hätten, ging er so vorsichtig mit seinen Manuskripten um, daß die meisten erst Jahrhunderte später wieder zutage traten.

Da aber waren seine Erfindungen längst ein neues Mal — allerdings von anderen und zur rechten Zeit — gemacht und in die Praxis eingeführt worden.

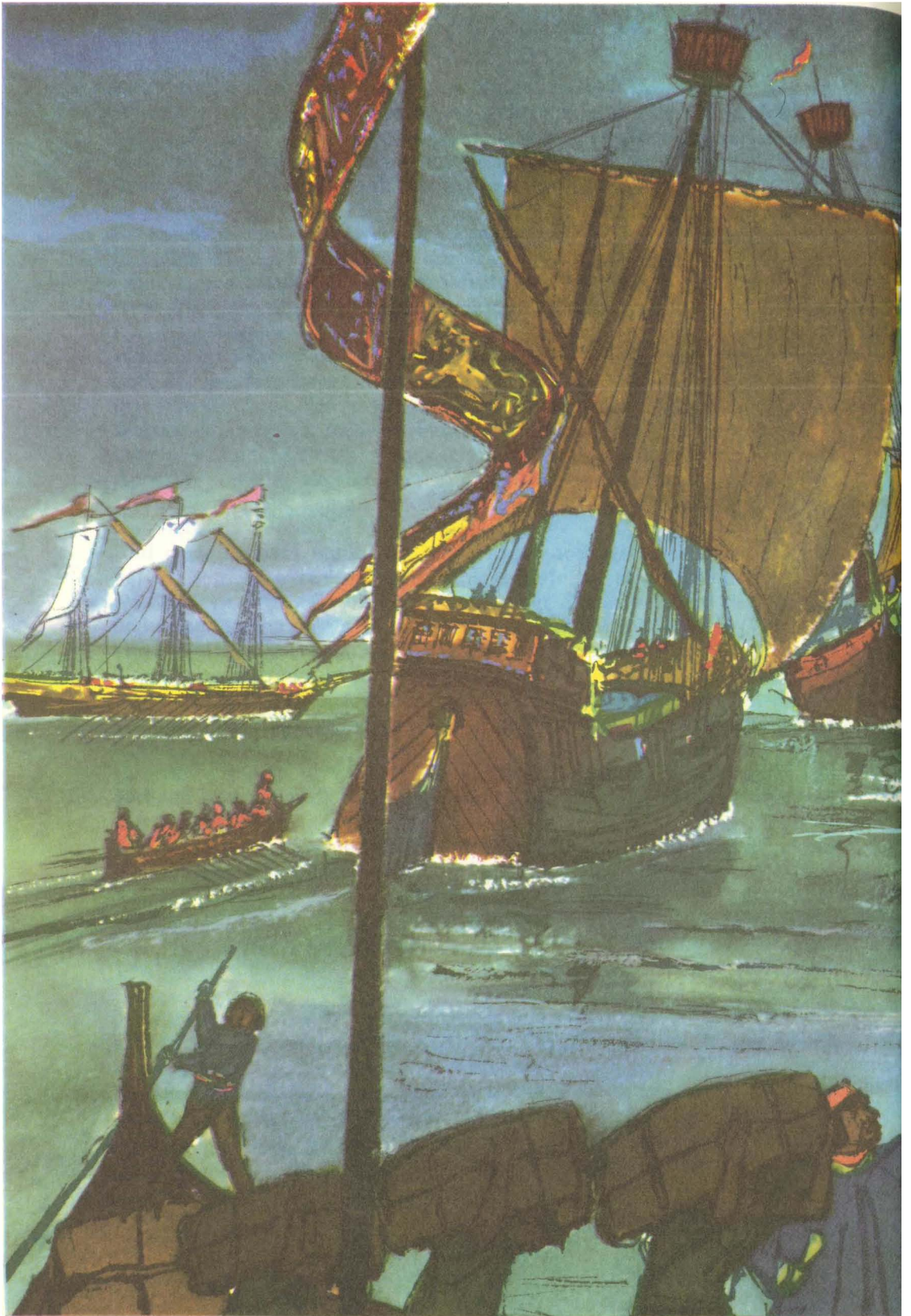
Am Beispiel Leonardo da Vincis wird verständlich, warum während des Überganges vom Mittelalter zur Neuzeit, also im

### **Zeitalter der Renaissance**

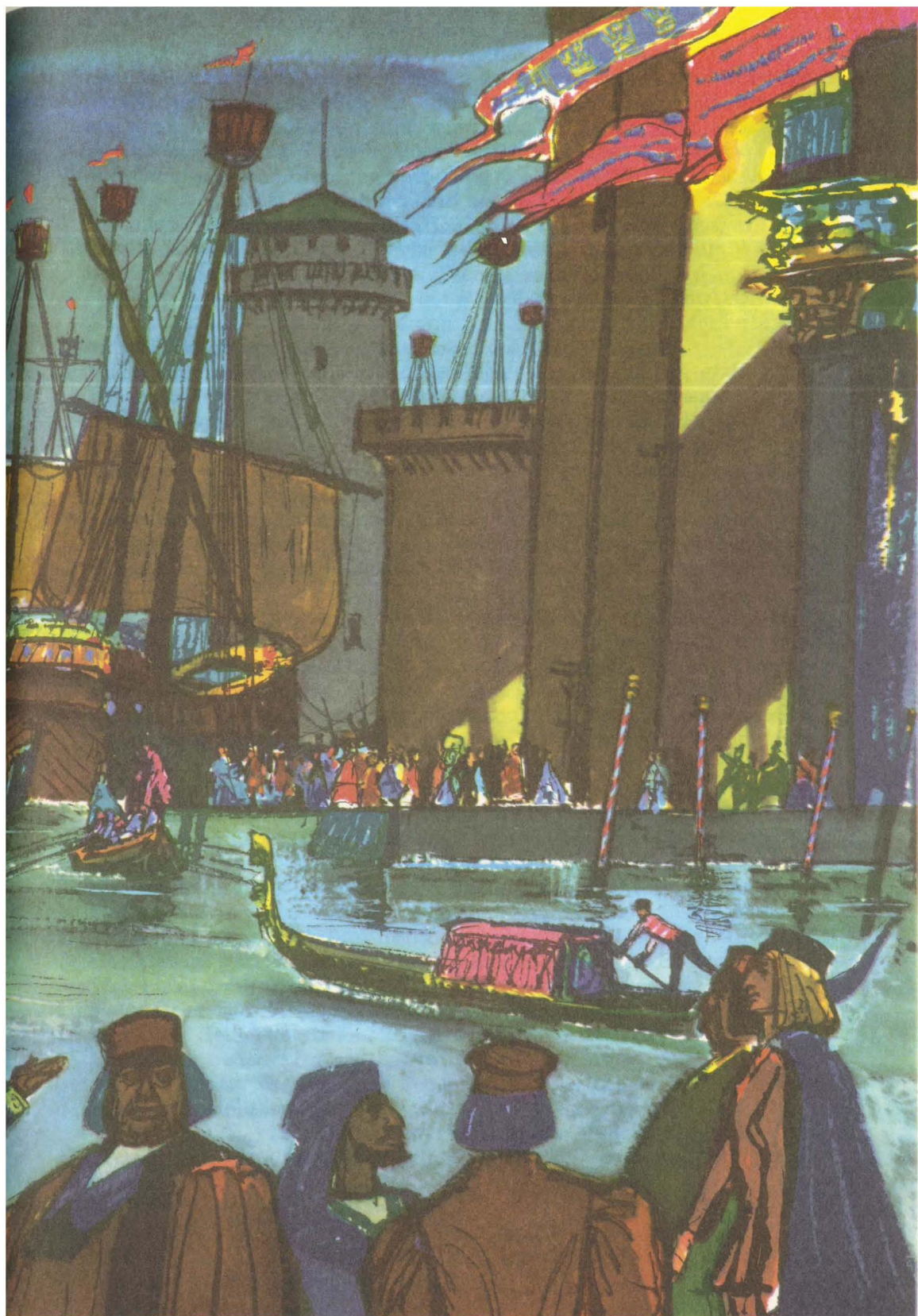
gerade die Künstler in so hervorragendem Maße ihre Aufmerksamkeit auf die Wirklichkeit, auf die weltlichen Dinge — die Natur, das Leben und die Arbeit des Menschen — richteten.

In den durch Handel und handwerkliche Produktion reich gewordenen italienischen Städten — wie Venedig, Florenz oder Mailand — waren die Handelsherrn, die Reeder und Bankiers sowie weltliche Adlige, die sich im ewigen Streit der italienischen Städte und kleinen

Venedig war die bedeutendste Hafenstadt Italiens und das Zentrum des mittelalterlichen Handels. Hier ankerten Schiffe fast aller Bauarten und Größen.









Staaten als Söldnerführer hervorgetan hatten, zur bestimmenden gesellschaftlichen Kraft geworden. Es waren weltaufgeschlossene Männer, die als wagemutige Seefahrer, unternehmende Kaufleute oder geschickte Finanzmänner sich auf ihre eigenen Verstandeskräfte verließen.

Ihre Interessen und Ideen unterschieden sich ganz wesentlich von denen, die das Denken der bis dahin allein herrschenden feudalen Klasse bestimmten. Hatte die katholische Kirche, die ja theologisches, wissenschaftliches und weltliches Oberhaupt in einem war, bisher die Wissenschaft wie eine Magd in ihrem Dienste gehalten und sie nur dazu benutzt, von ihr die Herrlichkeit und Allmacht Gottes beweisen und die bestehende Ordnung auf Erden preisen zu lassen, so forderte das aufsteigende Bürgertum von der Wissenschaft etwas anderes.

Die reichen Bürger wollten von den Gelehrten Fragen des praktischen Lebens beantwortet haben, die sich aus den sie interessierenden Bereichen der Produktion, der Verwaltung, des Finanzwesens, der Seeschifffahrt oder der modernen Kriegstechnik ergaben. Ihre Kapitäne wollten verlässliche Seekarten und Segelhandbücher, ihre städtischen Verwaltungen brauchten Rechtsgelehrte und Gesetze, die den Interessen des Großbürgertums entsprachen, und ihre Kriegshauptleute verlangten nach Artilleristen und Büchsenmeistern, die nicht nur Kanonen gießen konnten, sondern die die Flugbahnen der Kugeln auch zu berechnen vermochten.

Kurzum: Das Bürgertum wollte die in der Natur herrschenden Gesetzmäßigkeiten kennenlernen und wollte die Naturkräfte nutzbar machen. Dazu bedurfte es weltlicher Mathematiker, Astronomen und Geographen, und es bedurfte einer neuen wissenschaftlichen Grundeinstellung, die dem Diesseits, der materiellen Welt und den Bedürfnissen der Menschen zugewandt war, die sich an die Realitäten hielt und sich nicht in mystischen Schwärmereien verlor über Paradies und Hölle und über die Erde als das Fußschemelchen Gottes.

Hinzu kam der Drang der bürgerlichen Geldfürsten, die sich nicht selten durch Eroberungen, Eheschließungen oder aus eigener Machtvollkommenheit zu Grafen, Herzögen und Königen, ja zu Kardinälen oder Päpsten machten, ihren erworbenen Reichtum auch öffentlich zur Schau zu stellen. Sie wollten Paläste, Schlösser und Handelshäuser, kostbare Möbel und feine Goldschmiedearbeiten, sie wollten Gemälde, auf denen sie verewigt waren, marmorne Denkmäler und bronzene Büsten.

War bislang die Malerei ein Handwerk gewesen, bei dem man in der Hauptsache nach festgefügtten Vorstellungen für die kirchlichen Auftraggeber Heiligenbilder malte, so wurde diese Begrenzung durch den Einfluß der neuen bürgerlichen Auftraggeber gesprengt. Sie wollten sich und das Leben, das heißt die Schönheiten ihres Lebens und die Natur selbst dargestellt haben.

Wenn sich auch diese neuen Gedanken auf den Bildern zum guten Teil noch in religiösem Gewande oder in Anlehnung an antike Mythen dar-

stellten, so waren die Darstellungen doch vom weltlichen Geist des frühen Bürgertums bestimmt. Sie waren lebensfroh, stellten lebendige Menschen in den Vordergrund, schöne Frauen und Männer, die sich keineswegs mehr in weltabgewandter Askese verzehrten, sondern die von ganzem Herzen und mit allen Sinnen am Leben Freude hatten.

So wie also der aufkommende bürgerliche Geist der Wissenschaft neue Aufgaben zuwies, ihr half, sich allmählich aus der klösterlichen Beschränktheit und dem unfruchtbaren Schoß der Kirche zu befreien, den Mystizismus abzustreifen und nun wirklich zur Wissenschaft zu werden, die im Interesse des Menschen die Gesetzmäßigkeiten der Natur erforscht, so richtete er auch das Bestreben der Künstler auf die Wirklichkeit und die Schönheit des Lebens.

Und oftmals wurden nun durch ihre neuen künstlerischen Aufgaben die Künstler auch angeregt, sich selbst wissenschaftlich mit den Erscheinungen der Natur und des Lebens auseinanderzusetzen.

Die Maler studierten die Anatomie des menschlichen Körpers. Natürlich im geheimen, denn die kirchlichen Behörden hatten anatomische Studien verboten, so daß selbst die Ärzte kaum eine Vorstellung davon hatten, was sich im Organismus des Menschen vollzog. Sie befaßten sich mit botanischen und zoologischen Untersuchungen, und besonders Leonardo erforschte sehr gründlich den Vogelflug, die Luftströmungen, die Bewegungen des Wassers und andere Naturerscheinungen.

Da die forschenden und selbständig studierenden Künstler zumeist frei waren von aller dogmatischen Beschränktheit und weil von ihnen verlangt wurde, daß sie große schöpferische Aufgaben erfüllten, für die sie einfach mehr Wissen besitzen mußten, als die Vertreter der offiziellen Wissenschaft besaßen, so wurden Männer wie Alberti, Leonardo da Vinci, Raffael oder Michelangelo ebenso bedeutend als Gelehrte wie als Künstler. Sie waren Wissenschaftler, Baumeister, Ingenieure und Schriftsteller, Maler und Bildhauer in einer Person.

Vor allem in Leonardo vereinigte sich in geradezu universeller Weise der forschende mit dem gestaltenden Geist — der entdeckende mit dem erfindenden.

Selbstverständlich verewigten diese Künstler nicht nur den Ruhm der Geldfürsten und erbauten für sie Paläste oder machten ihre Städte und Häfen wehrhaft, auch die Kirche mußte sich dieser vom weltlichen Geist beherrschten Künstler bedienen, wenn sie sich schmücken, attraktiver machen wollte durch künstlerisch wie technisch gleichermaßen großartige Schöpfungen.

Die Kirche und ihre Gelehrten hatten kaum Impulse gegeben für die auf das Leben gerichteten Bemühungen, wie sie zum Beispiel in der Architektur und den mit ihr verbundenen naturwissenschaftlichen und technischen Zweigen zum Ausdruck kamen. Sie hatten den Menschen als geistigen und wirtschaftlichen Gestalter nicht gelten lassen wollen, sie hatten auf die Vögel unter dem Himmel und die Lilien auf dem Felde



verwiesen, die nicht säen und nicht ernten, und die der Herrgott dennoch ernährt.

Nun war im Gegensatz zu diesem lebens-, arbeits- und damit auch technikfeindlichen Denken, das sich nur auf die Erhaltung der Macht der Kirchenfürsten und der mit ihnen verbundenen feudalen Herrscher richtete, eine neue Weltanschauung entstanden. Ihre Träger: die reichen Bürger, die ihrer Kraft und ihrer Macht vertrauten; ferner die Gelehrten, die wieder aus den Quellen der von der Kirche als heidnisch verschrienen antiken Wissenschaftler zu schöpfen begannen, die auch wieder bei der Natur selbst in die Lehre gingen und im Experiment ihr Wissen überprüften; sowie die Künstler, die die vollendet schönen Bildwerke der Antike als Maßstab für ihr eigenes Schaffen entdeckten. Sie bereiteten der Antike eine Wiedergeburt.

Diese zum Begriff gewordene „Renaissance“ bezeichnet jedoch nur einen Teil der neuen Weltanschauung des Bürgertums; die umfassendere Bewegung der jungen, aufstrebenden Bürgerklasse war der „Humanismus“. Er vertrat die Rechte der Persönlichkeit gegenüber der kirchlichen Unterdrückung und verband das wiederbelebte Alte mit dem aus der frühkapitalistischen Produktion entstehenden Neuen. Dieser Humanismus, der die irdische Existenz als die einzig reale betrachtete und den Menschen als Herrn seines eigenen Schicksals ansah, verbreitete sich über ganz Europa.

Es war, wie Friedrich Engels über diese Zeit schrieb:

„die größte progressive Umwälzung, die die Menschheit bis dahin erlebt hatte, eine Zeit, die Riesen brauchte und Riesen zeugte, Riesen an Denkkraft, Leidenschaft und Charakter, an Vielseitigkeit und Gelehrsamkeit“.

Die Anfänge dieser neuen Weltanschauung des jungen Bürgertums liegen im 14. Jahrhundert, ihre höchste Entfaltung erlebte sie im 16. Jahrhundert. Ihre Entwicklung war während dieses ganzen Zeitraums mit Entdeckungen und Erfindungen verbunden, die in ihrer Gesamtheit dazu beitrugen, die kapitalistische Industrialisierung vorzubereiten und die kapitalistische Produktionsweise durchzusetzen.

Drei chinesische Erfindungen, die zu gewaltigen Veränderungen führen sollten —

### **Schießpulver, Kompaß und Papier**

— gelangten schon zu Beginn dieser Zeit auf dem Wege über die Araber in das Abendland.

Die arabischen Stämme waren von Mohammed, der als Prophet des Gottes Allah auftrat, im Glauben geeinigt worden, und auf sein Gebot hin hatten sie die unfruchtbaren Wüsten Arabiens verlassen. In einem

Raubzug ohnegleichen fielen sie über die angrenzenden Länder her und trugen innerhalb kurzer Zeit die grüne Fahne des Propheten von Vorderasien über ganz Nordafrika bis nach Spanien.

Die von Glaubenseifer und Eroberungslust getriebenen muselmanischen Reiterscharen waren als Barbaren ausgezogen. Als sie aber die zumeist kulturell viel höher entwickelten Völkerschaften unterworfen hatten und in den reichen Städten am Mittelmeer in Berührung kamen mit einer geistigen und materiellen Kultur, die noch aus den Quellen der Antike gespeist wurde, eigneten sie sich diese Errungenschaften sehr schnell an.

Da im gesamten Bereich ihrer Herrschaft Arabisch zur Behörden- und zur Gelehrtensprache wurde, war die Möglichkeit zu kulturellem und geistigem Austausch über ein vordem durch sprachliche und territoriale Grenzen zersplittertes Gebiet gegeben. Durch beständig neue Kriegszüge erweiterte es sich noch immer mehr und reichte schließlich vom Indus und der chinesischen Grenze bis an die Pyrenäen. Diese Berührung dreier Erdteile, das Zusammenfügen der praktischen, handwerklich-technischen Erfahrungen sowie der geschichtlichen und wissenschaftlichen Erkenntnisse so vieler Völker und Kulturen, führte zu einer ungemainen Bereicherung, ja, zu einer Blütezeit der Wissenschaft.

In diesem Bereiche wurde die Verbindung zu den Wissenschaftlern, Philosophen, Schriftstellern und Dichtern der Antike auch nicht abgebrochen, wie das im von der Kirche beherrschten mittelalterlichen Europa der Fall war.

Hier wurden die Schriften der griechischen Klassiker ins Arabische übersetzt — und auf diesem Umweg gelangten sie später erst wieder dem Abendland zur Kenntnis. Hier entstanden Hochschulen, große Bibliotheken und Observatorien; in Sternkarten, medizinischen Lehrbüchern, anatomischen Atlanten und Reisebeschreibungen schlug sich das Wissen der arabischen Forscher nieder.

Die Mathematik erlebte mit der Entwicklung der Geometrie und Trigonometrie einen großen Aufschwung. Die Lehre von den Gleichungen, die Algebra — arabisch „al gebr walmokabala“, das heißt „Verbindung und Vergleichung“ — wurde als eine neue Wissenschaft geschaffen. Das von

-	=	≡	ƒ	ā	ā̄	∩	∩	∩	
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	٠
١	٢,٣	٣,٣	٤	٥,٥	٦	٧	٨	٩	٠,٠
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	٠

Verschiedene Beispiele für die Entwicklung der arabischen „Sifr“, d. h. Ziffern

den Indern übernommene Ziffernsystem wurde um die Null erweitert, so daß es möglich wurde, jede beliebige Zahl in Ziffern auszudrücken.

Diese arabische Kulturperiode hat — wie August Bebel einmal schrieb —

„... eine große Bedeutung für die gesamte Menschheitsentwicklung. Ohne diese Kulturepoche wäre das ganze lange Mittelalter eine ungeheure Geistesöde, ein kaum zu überwindender Rückschlag in die Barbarei geworden.“

Mit der arabischen Kultur kamen nun die Ritter der Kreuzfahrerheere in Berührung, die mit der Absicht, neue Königreiche zu gründen und das Morgenland zu unterjochen — wo ja Milch und Honig fließen sollte — immer wieder gegen die Mohammedaner anrannten. Durch die Kreuzfahrer, aber noch mehr durch die klugen italienischen Mittelmeerhändler, die mit den Arabern wirtschaftliche Beziehungen unterhielten, und auch auf dem Wege über die enge spanisch-arabische Nachbarschaft kamen Kenntnisse, Schriften, Techniken und Erfindungen nach Mitteleuropa, die aus den arabischen Ländern oder aus noch fernerem, aus Indien, China und Mittelasien stammten.

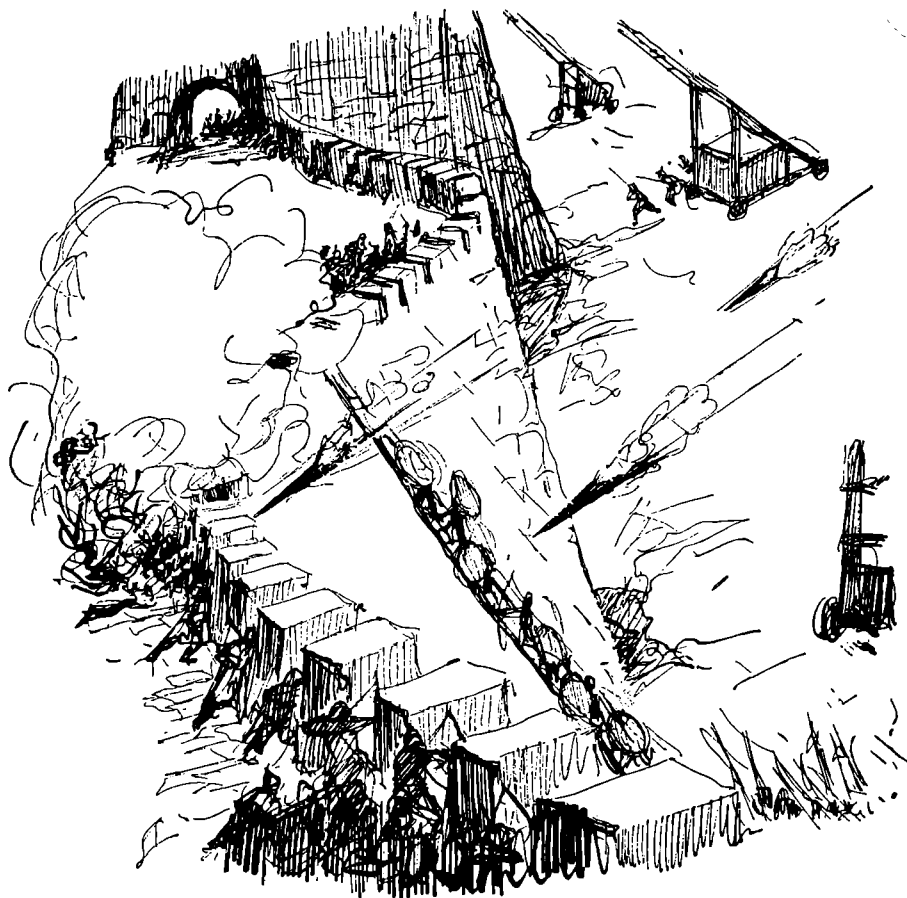
Welche Bedeutung allein die auf diese Weise in unsere Länder gekommene Windmühle hatte oder das Pferdegeschirr und der unscheinbare Steigbügel, wissen wir ja schon. Nicht weniger wichtig war das Schießpulver.

Mit „chemischen Waffen“ — wie wir heute sagen würden — hatten die beständig in Kriege verwickelten Araber schon im Kampfe gegen die Byzantiner unangenehme Bekanntschaft gemacht. Die Byzantiner setzten nicht nur, wie die Araber auch, Katapulte, fahrbare und gepanzerte Türme, Sturmböcke und ähnliche Kriegsmaschinen ein, sie besaßen auch das sogenannte „griechische Feuer“.

Bomben wurden mit einer leicht entzündlichen Mischung aus Salpeter, Ätzkalk, Naphtha und ähnlichen Stoffen gefüllt, und wenn solche feuerpeienden und qualmenden Geschosse zwischen den Angreifern niedergingen, war meist das Entsetzen größer als der Schaden, aber in jedem Falle wurde die Verwirrung zu einem Vorteil für die Byzantiner.

Weit gefährlicher war es, wenn sie die flüssigen Mischungen mit Hilfe von weitreichenden Pumpen auf die Befestigungen der Feinde spritzten. Mit dieser Flüssigkeit, die die Eigenschaft hat, bei Berührung mit Wasser zu explodieren, bereiteten sie schließlich auch den zur Landung sich nähernden feindlichen Schiffen ein grausiges Ende.

Die Araber gelangten natürlich doch einmal hinter das von den Byzantinern als „Staatsgeheimnis“ gehütete griechische Feuer. Und damit bekämpften sie dann in Ägypten und Palästina die ins „Heilige Land“ einbrechenden Kreuzritter. Sie vervollkommneten diese Waffe noch und verwandelten sie in eine Angriffswaffe. Eine besondere Truppe, die mit Brandbomben und Flammenwerfern ausgerüstet war, trug eine Asbestbekleidung, so daß sie ungefährdet die von ihr in Brand geworfenen feindlichen Städte erstürmen konnte.



Die Chinesen, mit denen die Araber in Mittelasien direkt in Verbindung kamen, verwendeten ebenfalls Feuerwerkskörper für Kriegszwecke, nämlich Pfeile, die durch Pulverraketen angetrieben wurden. Die sehr poetisch als „Lanzen des stürmenden Feuers“ bezeichneten Waffen werden 1130 das erstmal urkundlich erwähnt. Genaueres weiß man über den Einsatz der Feuerpfeile aus der Belagerung der chinesischen Stadt Oien King im Jahre 1232, und zur selben Zeit wurden in China auch mit Schießpulver gefüllte eiserne Bomben verwendet.

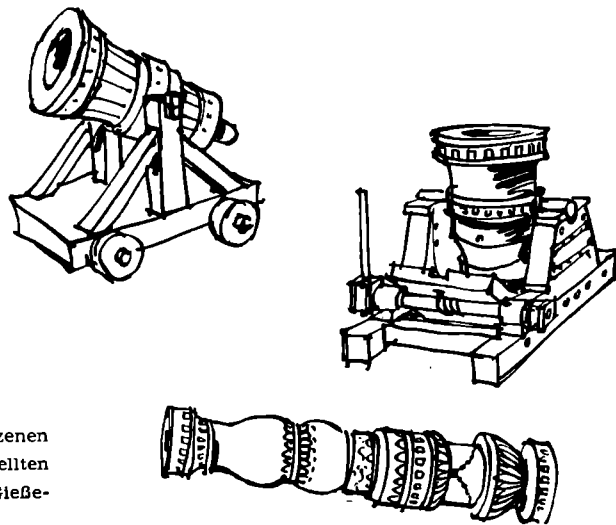
Ohne Zweifel gelangte mit dem Raketenprinzip, also der Kenntnis des Antriebs durch den Rückstoß der austretenden Verbrennungsgase, auch die Zusammensetzung des zur Verbrennung gebrachten Schießpulvers zu den Arabern. Denn schon 1285 schlug der Araber Hassan al Rammah in einem Buche, das den Titel „Pfeil von China“ trug, die Verwendung von Raketen zum Antrieb von Torpedos vor.

In Europa wird das Schießpulver erst 1366 in der Literatur erwähnt, und zwar in dem Buch des italienischen Dichters Francesco Petrarca, das er „Trostspiegel in Glück und Unglück“ nannte. Zum ersten Male soll jedoch das Pulver schon 1346, nämlich in der Schlacht von Crécy, angewendet worden sein. Nach anderen Übermittlungen sollen bereits 1331 deutsche Söldner bei der Belagerung der italienischen Stadt Cividale Feuerwaffen verwendet haben, während bei der Belagerung von Terni, 1340, schon gußeiserne Bombarden und drei Jahre später Bronzegeschütze und Mörser gefeuert haben sollen.

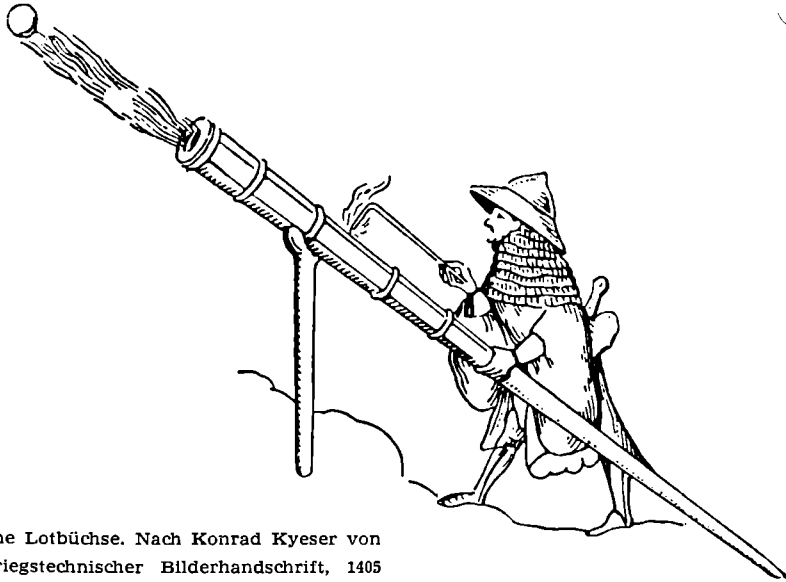
Wir sehen: Die ersten dünnen Rauchwolken dieser neuen furchtbaren Waffe verlieren sich im Schlachtengetümmel der sich bekämpfenden Ritter. Es ist jedoch gar nicht so wichtig, wann der erste Schuß fiel. Viel wichtiger ist, daß dessen nachhallendes Echo, das heißt die sich mit Pulver und Blei herausbildende neue Kriegstechnik, das Zeitalter der Ritter schließlich überhaupt beendete.

Der so häufig zitierte Berthold Schwarz hat also das Pulver — die Mischung aus Kalisalpeter, Schwefel und Holzkohle — nicht erfunden. Wir wissen auch nicht, wo die ersten Pulvermühlen in Europa standen, wahrscheinlich aber am Niederrhein. Daß jedoch Augsburg schon zu sehr früher Zeit, etwa um 1370, berühmt wurde durch die Mörser und Handfeuerwaffen, die hier hergestellt wurden, ist aktenkundig.

Ebenso sicher ist, daß die Verwendung des Pulvers als Triebkraft für eine aus einem Lauf herauszuschießende Kugel im Abendland aufkam, daß also die Erfindung von Handfeuerwaffen oder Geschützen im Abendland gemacht wurde.



Die gußeisernen oder bronzenen Mörser und Bombarden stellten neue Anforderungen an die Gießertechnik



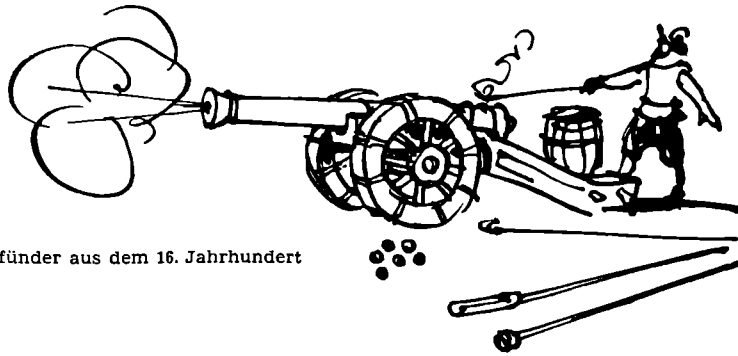
Mittelalterliche Lotbüchse. Nach Konrad Kyeser von  
Eichstätt's kriegstechnischer Bilderhandschrift, 1405

Aus der Zeichnung, eine mittelalterliche Lotbüchse darstellend, die eben abgefeuert wird, ist zu ersehen, wie wenig Ähnlichkeit die ersten Feuerwaffen mit den späteren Geschützen besaßen. Sie immer mehr zu vervollkommen, ihre Treffsicherheit zu erhöhen, ihre Reichweite zu vergrößern und ihre Bedienung zu vereinfachen, war das Werk der Kriegsingenieure und der Büchsenmeister.

Diese Techniker mußten über handwerkliche und wissenschaftliche Kenntnisse der verschiedensten Art verfügen. Sie mußten die großen Rohre der Mörser und die kleinen der Handbüchsen gießen können — die meisten von ihnen hatten das bei einem Glockengießer gelernt —, sie mußten Schmiede- und Zimmermannsarbeiten beherrschen, und sie mußten Pulver herstellen und Kugeln gießen können. Damit noch nicht genug. Da sie zugleich die Artilleristen waren, die ihre Kugeln treffsicher verschießen sollten, mußten sie auch Zieleinrichtungen schaffen und die Geschosßbahnen so berechnen, daß selbst bei großem Sturm die Kugeln ins Ziel trafen, bei Kälte oder Hitze, also bei den unterschiedlichen Bedingungen, die Einfluß auf den Flug der Geschosse nehmen.

Kein Wunder, daß diese kenntnisreichen Männer, deren Wissen und handwerkliches Können das bis dahin übliche weit überragte, in hohem Ansehen standen. Die Landesfürsten oder die Stadtväter, die sich der ständigen Überfälle und des ewigen Kleinkrieges der Raubritter erwehren wollten, mußten schon tief in den Säckel greifen, wenn sie einen der berühmten Büchsenmeister und seine Gehilfen anstellen wollten, damit sie mit Blitz und Donnerschlag die Burgen brachen und die Räubernester austräucherten oder die Städte verteidigen halfen.





Deutscher Zwölfpfünder aus dem 16. Jahrhundert



Kriege wurden noch grausamer, und vor allem wurden nun als Kriegführende nicht mehr adlige Ritter und ihre Kriegsknechte ins Feld geschickt, sondern die Söhne des Volkes, die Bauern und Handwerker, wurden zum Kriegsdienst gepreßt oder als Söldner angeworben.

War der Kampf mit Schwert, Lanze und Armbrust eine Sache der besonders dafür ausgebildeten Ritter und ihrer Reisigen gewesen, so wurde durch Arkebuse und Musketete, Mörser und Feldschlange der Krieg zu einem Kampf von Massenheeren.

Die Greuel, die Verluste und Blutopfer der Völker wurden immer größer, je mehr

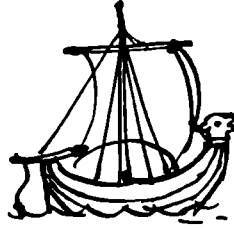
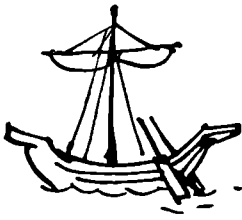
diese „bestialische Tobsucht“, wie Leonardo da Vinci die Entwicklung der Feuerwaffen nannte, um sich griff.

Eine nicht weniger wichtige Erfindung, wenn auch von ganz anderer Art, war der Kompaß — die sich nach Norden richtende Magnetenadel. Auch er kam aus China auf dem Wege über die Araber nach dem Abendland.

Es ist bekannt, daß es in China uralte sogenannte Kompaßwagen gibt, die sowohl die Chinesen wie auch die Inder in Gebrauch hatten. Die Seeleute dieser Völker begaben sich schon zu einer Zeit auf große Fahrt, als sich die Schiffer des Mittelmeeres aus dem Küstenbereich noch nicht hinausrauten. Aus alten Quellen und durch neuere Forschungen ist bewiesen, daß chinesische und indische Entdeckerschiffe schon lange vor Kolumbus nach Amerika gelangt waren.

Aus der Übereinstimmung künstlerischer Motive in der Bildhauerei und der Architektur, aus sprachwissenschaftlichen und anderen Untersuchungen geht hervor, daß enge asiatisch-amerikanische Beziehungen vom 5. Jahrhundert vor unserer Zeit bis zum 12. Jahrhundert unserer Zeit

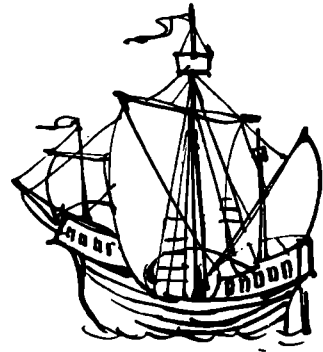
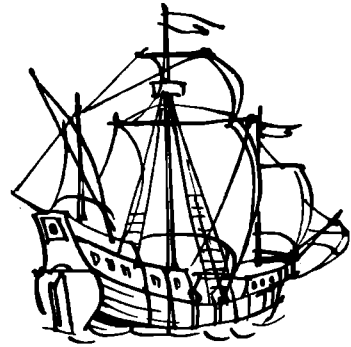




bestanden haben müssen. Während die Verbindung zwischen China und Altamerika wahrscheinlich nur eine sehr lose war, haben die Inder offenkundig in Peru eine regelrechte kolonisatorische Tätigkeit entfaltet. So weisen indische Forscher zum Beispiel nach, daß in der peruanischen Ursprache mehr als 1000 indische Sprachwurzeln enthalten sind.

Da auch die Wikinger auf ihren ausgedehnten Seereisen etwa im 11. Jahrhundert bis Amerika gelangten und dort Niederlassungen gründeten, ist die Frage berechtigt, ob nicht auch sie im Besitz des Kompasses gewesen sein müssen. Und tatsächlich: Sie besaßen ihren „leidarsteinn“, das heißt Leitstein, einen Vorläufer des Kompasses. Dieser Magnetstein — er war in eine Holzkapsel eingeschlossen und schwamm in einem Gefäß mit Wasser — zeigte genau die Nordsüdrichtung an. Hinzu kam, daß die Wikinger nicht mehr die langen, schlanken Ruderboote für ihre großen Fahrten benutzten, sondern breite, hochbordige Schiffe, die Sturm und schweren Seegang weit besser auszuhalten vermochten. Sie besaßen zwei Masten und an Bug und Heck hohe Aufbauten. Auch bei diesem Schiffstyp waren noch Ruderer notwendig.

Die größeren Segel machten es notwendig, daß die Schiffe mehr Tiefgang bekamen, also einen tiefergehenden Kiel, der das Schiff stabilisierte. Daraus mag sich der Gedanke abgeleitet haben, den hinteren Teil des Keils so beweglich zu machen, daß er als Heckruder, zur Steuerung, dienen konnte.



Aus dem Drachenboot der Wikinger entstanden Lastschiffe, sogenannte Nefs, und mit der Erfindung des Heckruders Schiffe vom Typ Knorr, Kogge und Hulk. Nach ihnen kam die Karavelle, die im Norden auch Kraweel genannt wurde

Die „Knorr“, ein Schiffstyp mit Heckruder und einem Mast, fuhr im 12. Jahrhundert als erstes reines Segelschiff. Aus ihm wurde die berühmte „Kogge“ entwickelt, die in der Nord- und Ostsee als Frachtschiff im Dienst des steigenden Warenverkehrs stand. Das Steuerruder am Heck verlieh diesen Schiffen eine hohe Manövrierfähigkeit und erlaubte den Seeleuten die Fahrt hart am Wind.

Das Heckruder, die bessere Betakelung und die damit verbundene Möglichkeit, jeden Wind ausnutzen zu können, hatte die Ruder knechte überflüssig gemacht.

Im Mittelmeerraum fuhren auch dann noch die Galeeren, als hier im 14. Jahrhundert die „Karavellen“, dreimastige Segelschiffe, aufkamen. So fuhren noch im Jahre 1423 zum Beispiel 45 Galeeren im Dienste der venezianischen Kaufleute; 11 000 Männer waren als Rudersklaven an die Bänke geschmiedet.

Im 14. Jahrhundert kam von Arabien der Kompaß in die Mittelmeerlande. Nun konnten sich auch die italienischen, spanischen und portugiesischen Schiffe aufs offene Meer wagen. Bisher hielt man sich möglichst in Küstennähe, ging des Nachts vor Anker, suchte bei drohendem Sturm schleunigst einen Hafen auf und scheute sich vor allen unbekanntem Gewässern. Besonders der Atlantik war ein Meer, auf das man sich nicht gern weit hinauswagte. Denn irgendwo dort, wo die Sonne hinter dem Horizont verschwand, hatte es ja ein Ende. Es hörte plötzlich auf, und dort würden die Schiffe unrettbar mit dem ins Nichts hinabstürzenden Wasser von der Scheibe herunterrutschen, die man Erde nannte.

Die Erde war eine Scheibe — so jedenfalls lehrten es die geistlichen Herrn, und kaum jemand sah einen Grund, daran zu zweifeln. Über dieser Scheibe aus Land und Wasser war — so stellte man es sich vor — wie eine Glasglocke der Himmel gestülpt. Dort oben besorgten die Engel die Sterne, das große und das kleine Himmelslicht. Sie waren es, die des Nachts auf unsichtbaren Nebelwegen die Sonne wieder zum Punkte ihres Aufganges zurückrollten. Sie trieben die Wolken wie Schafherden über die Himmelsweide, und wenn sie die Backen aufbliesen, hatten die Seeleute guten Wind.

Natürlich wußten einige Gebildete sehr wohl, daß schon im griechischen Altertum die These von der Kugelgestalt der Erde aufgestellt worden war, aber sie behielten diese ketzerischen Gedanken für sich.

Mit der Zunahme der aus arabischen Ländern übermittelten Kenntnisse und dem Bekanntwerden der dort erzielten neuen Forschungsergebnisse traten dann jedoch immer mehr Gelehrte gegen die naiven biblischen Vorstellungen auf.

In Arabien hatte der „Scheich der Wissenschaft“, Abd al Rahman, bereits Sternkataloge angefertigt. Es gab Himmelsgloben, und in der syrischen Wüste waren Messungen des Meridianbogens angestellt worden, aus denen der Umfang der Erde berechnet werden konnte. Die ersten Globen gaben ein ungefähres Bild der damals bekannten Welt.

Kolumbus war nun der erste Seemann, der aus dem Wissen um die Kugelgestalt der Erde die Schlußfolgerung zog, daß man auf einer Fahrt westwärts, um den noch unbekanntem hinteren Teil der Erde herum, nach Indien und Japan gelangen müsse.

In einem Gutachten bestätigte der berühmte Naturforscher Paolo Toscanelli aus Florenz, daß der genuesische Wollwebersohn und Seemann Colombo durchaus recht hatte mit seiner Annahme. Er schrieb:

„Auf dem Wege nach Westen müssen jene Gegenden durch Fahrten unterhalb der Erde gefunden werden, während sie bisher immer zu Lande und auf dem oberirdischen Wege nach Osten ausgesucht wurden. Der Weg dahin ist noch unbekannt, ebenso wie alle diese Seewege. Aber man kommt sicher hin.“

Daß sich in der Mitte des Weges zwischen Westeuropa und Ostasien noch ein Erdteil aus dem Meere erhob, konnten weder Toscanelli noch Kolumbus ahnen.

Als Kolumbus endlich — nach Kreuzverhören vor den Inquisitoren in Salamanka und nach 21 Jahren erfolgloser Bemühungen, vom portugiesischen oder spanischen König ein Schiff zu erhalten — in See stechen konnte, erschloß er Amerika für Europa. Bekanntlich war er bis zum Ende seines Lebens, das er als ein vom spanischen König betrogener, um Ruhm und Reichtum gebrachter Mann in Verbitterung und Armut erwartete, der Meinung, er habe den Seeweg nach Indien gefunden.

Erst die ihm folgenden Entdeckerschiffe beseitigten den Irrtum, erschlossen geographisch den neuen Kontinent, umsegelten die Erde und erkundeten auf einer Fahrt um Afrika herum den wirklichen Seeweg nach Indien.

Alles das war möglich geworden, weil zu den seegehenden Schiffen neben dem Kompaß auch nautische Instrumente wie Quadrant und Sternwinkelmesser hinzugekommen waren, die bis dahin allein die Astronomen in Gebrauch hatten.

Mit dem Zeitalter der Entdeckungen entstand ein neues, alle Zweige der Wissenschaft beeinflussendes Weltbild. Und daß die Kunde von den neuen Ländern, die neuen Auffassungen über die Welt, die neuen humanistischen Ansichten über das Leben, den Menschen und die Natur sich so rasch über Europa verbreiten konnten, war einer dritten Erfindung zu danken, die ebenfalls den Weg aus China über die Araber nahm.

Das Papier wurde von dem chinesischen Beamten Tsai Lun im Jahre 105 erfunden. Er war dahintergekommen, daß aus einem Faserbrei, der aus Lumpen, Rinde vom Maulbeerbaum, Hanf und Gras bestand, ein sehr schönes dünnes Vlies wurde, wenn man den aufgekochten Brei in dünnen Lagen über einem Sieb trocknete. Beizte man diese Blätter dann noch mit Alaun, so entstand eine glatte und doch griffige Oberfläche, auf der man sehr gut schreiben konnte.

In China war bis dahin auf Bambus oder geschliffene Holztäfelchen geschrieben worden. Von nun an breitete sich die Herstellung von Papier schnell aus. Da aber diese Fabrikation — ebenso wie Seidenraupenzucht und Seidenweberei — zu einem Staatsgeheimnis erklärt wurde und es unter Androhung der Todesstrafe jedem verboten war, mit Fremden darüber zu sprechen, beschränkte sich die Verbreitung auf das chinesische Reich. Als die Araber 753 Samarkand in Mittelasien eroberten, fielen ihnen chinesische Arbeiter in die Hände, die in einer Werkstatt Papier herstellten. Sie wurden als Gefangene davongeführt, gaben das Geheimnis preis, und wenige Jahre später arbeitete in Bagdad bereits eine Papiermühle.

Das bis dahin übliche Papyrus — das sind Bogen, die man aus dem in Streifen kreuzweis übereinandergepreßten Mark der Papyrusstaude gewann — wurde gänzlich verdrängt. In Arabien wurde das Papier schon in bestimmten Standardgrößen hergestellt. Es gab sieben Formate, dazu Packpapier, Servietten und so feines Papier, daß man es mit der damaligen Luftpost, den Brieftauben, befördern lassen konnte.

Über Sizilien und Spanien gelangte die neue Technik im 13. Jahrhundert nach Europa. Hier hatten bisher die Gelehrten und die mittelalterlichen Mönche, die mit dem Abschreiben von Schriften beschäftigt waren, Pergament benutzt. Pergament wurde hergestellt aus enthaarten und geglätteten, aber ungegerbten Tierhäuten. Die Erzeugung dieses Schreibmaterials war eine umständliche Prozedur, es war teuer und immer knapp.

Da es so kostbar war, kratzten die Mönche oftmals von alten Pergamenten, oder von solchen, die im ewigen Gezänk um theologische Fragen inzwischen als ketzerisch galten, die Schrift herunter, um das Blatt noch einmal beschreiben zu können. Allerdings konnten die Mönche nicht mit der Neugier der modernen Wissenschaftler rechnen, die heute in der Lage sind, durch Röntgenfotografie mitunter sogar zwei- oder dreimal ausgelöschte alte Schriften wieder lesbar zu machen. Das aber nur nebenbei.

Zur vollen Bedeutung kam das Papier jedoch erst, als mit der Erfindung der beweglichen Lettern der Buchdruck begann, als man

### **Schwarz auf weiß**

lesen konnte, was weitgereiste Leute aus fernen Ländern berichteten, wie sich die Gelehrten den Gang der Welt dachten und welche neuen Erkenntnisse sie gewonnen hatten.

Auch die Anfänge des Buchdrucks reichen zurück in das Land, dessen Menschen wir schon oft als Wegbereiter des Fortschritts erwähnt haben — nach China.

Hier wurden bereits im 9. Jahrhundert Blockbücher hergestellt. Die Seiten wurden gedruckt mit Hilfe von hölzernen Tafeln, auf denen man die Schriftzeichen und Bilder durch Schnitzen als erhabene Markierungen herausgearbeitet hatte. Der Schmied Pi Scheng soll dann um 1045 den Druck mit einzelnen, aus gebranntem Lehm hergestellten Lettern, also gewissermaßen den Stempeldruck einzelner Schriftzeichen, erfunden haben.

Aber auch in Europa wurden schon solche Stempel als Monogrammstempel benutzt; sogar in der Zeit des griechischen Altertums waren Stoffe mit Holz- oder Lehmstempeln bunt bemustert worden.

In China goß man zum ersten Male 1392 Schriftzeichen in Kupfer, und auch in Korea sollen 1407 solche kupfernen Lettern in Gebrauch gekommen sein. Daß davon jedoch Johannes Gutenberg etwas erfahren haben kann, ist höchst zweifelhaft. Sicher aber ist, daß in China wie in Europa das gleiche Bedürfnis bestand, durch ein arbeitsparendes Verfahren Geschriebenes zu vervielfältigen.

Das in der klösterlichen Stille betriebene Abschreiben brachte zwar zum Teil herrliche kalligraphische Werke hervor; da war fast jedes Buch, an dem ein Mönch viele Jahre lang schrieb, ein wahres Kunstwerk mit schön gemalten Initialen, verschnörkelter Schrift und goldenem Rankenwerk. Aber diese Bücher blieben zumeist in den Bibliotheken der Klö-

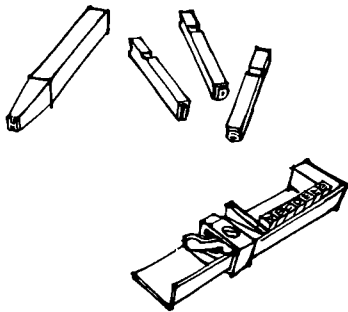


ster. Die Studenten, die Kaufherren, die Künstler oder Gelehrten mußten selbst zum Gänsekiel greifen oder sich für viel Geld einen Schreiber mieten, wenn sie die Schrift eines Kirchenvaters, eine lateinische Grammatik, eine Gesetzessammlung oder das Werk eines antiken Wissenschaftlers besitzen wollten.

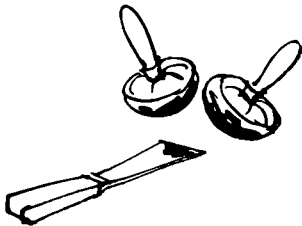
Viele gescheite Köpfe beschäftigten sich deshalb mit der Frage, wie man die Arbeit beschleunigen und vereinfachen könnte. Ein Weg zur Lösung war der Druck mit geschnitzten Holztafeln. Dieses Verfahren hatte jedoch den großen Nachteil, daß man, um die Buchstaben aus der Tafel zu schnitzen, bedeutend mehr Zeit brauchte als für einfaches Abschreiben. Außerdem hielt die Platte nur für eine begrenzte Zahl von Drucken.

Einen ganz anderen Weg ging Johannes Gutenberg. Er hatte als ein Goldschmied, der auch im Münzwesen wohlbeschlagen war, einen guten Einblick in alle Techniken des Metallhandwerks. Er war befähigt, seine Idee von den als Einzelbuchstaben gegossenen Lettern, die man immer wieder Wort um Wort und Zeile um Zeile zu einer neuen Druckseite zusammenstellen konnte, zu verwirklichen.

Wir wissen nicht, wie sich die Gutenbergsche Erfindungsgeschichte im einzelnen abgespielt hat. Wir wissen nur, daß Gutenberg selbst die



Buchstaben zunächst als Metallstempel „schnitt“, das heißt, sie kunstvoll feilte und schliff. Mit diesen Metallstempeln schlug er die Formen, in denen er dann in jeder Menge die Drucktypen gießen konnte, die dem stählernen Original genau entsprachen. Freilich mußten diese gegossenen Buchstaben noch ein wenig bearbeitet, ge- feilt und geglättet werden; aber wenn sie dann sortiert in den Fächern des Setz- kastens lagen, so war ein A wie jedes andere A, und auch alle übrigen Buch- staben glichen sich wie ein Wassertropfen dem anderen.



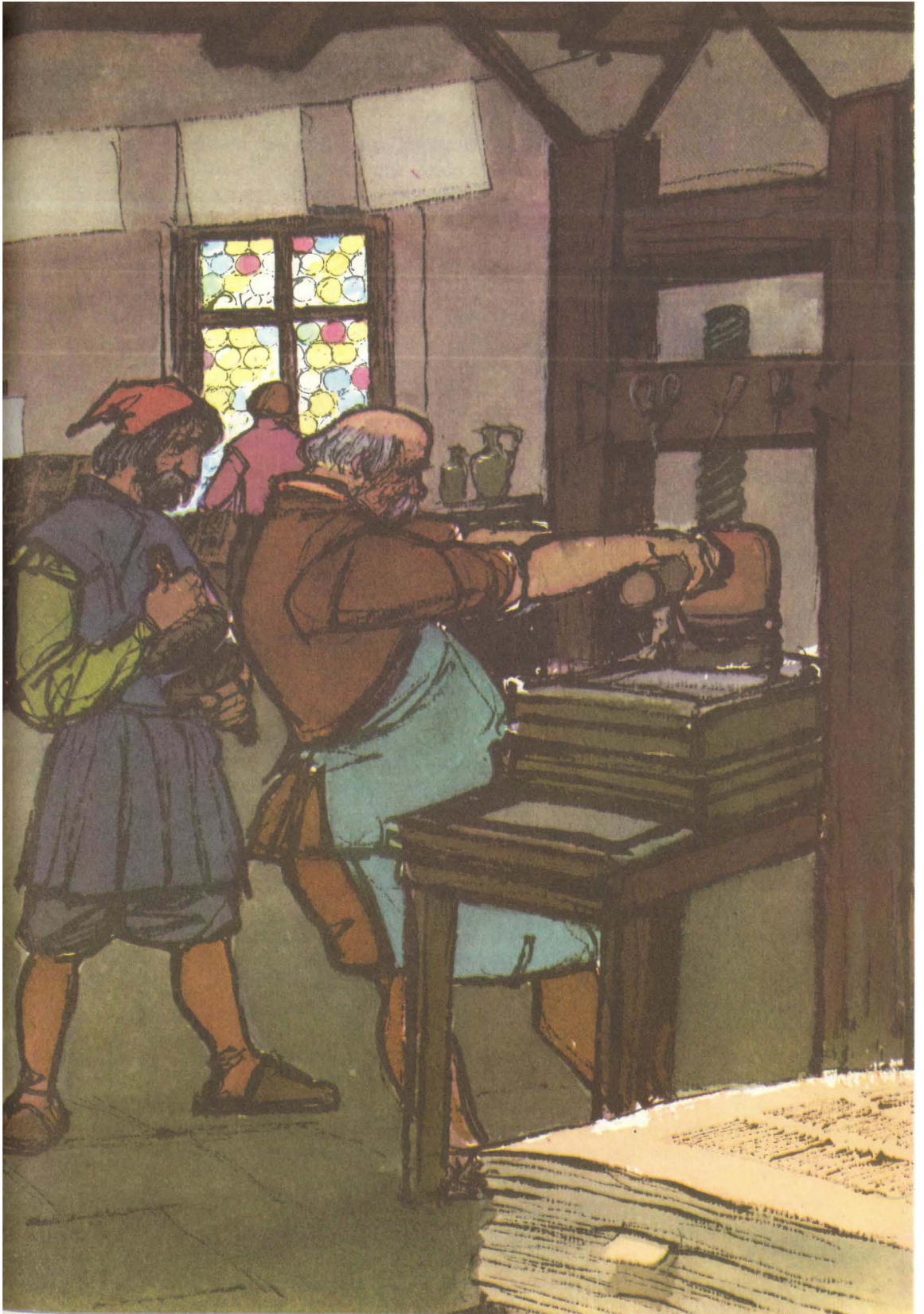
Im Winkelhaken, einem technischen Behelf, wurden die Lettern — in Spiegelschrift natürlich — zu einer Zeile des Textes zu- sammengestellt. War Zeile um Zeile ge- setzt und eine ganze Seite im Satz fertig, wurde der metallene Block so fest mit einem Strick umwunden, daß keine Letter sich verschieben oder herausrutschen konnte. Unter der Spindelpresse wurden nacheinander so viele Bogen von dem mit Druckerschwärze eingefärbten Satz abge-

Stempel, Lettern, Winkelhaken und die zum Symbol gewordenen Druck- ballen

In den Werkstätten der Jünger der „Schwarzen Kunst“ entstanden die ersten gedruckten Bücher. Mit ihnen verbreitete sich das Wissen unter den Völkern.









zogen, wie für die vorgesehene Anzahl Bücher gebraucht wurden.

Ehe man die Bogen seitenweise stapeln konnte, kamen sie erst zum Trocknen auf die Leine. Das Papier war, um einen besseren Druck zu erreichen, mit Wasser angefeuchtet worden, und auch die Farbe mußte ja erst trocknen.

So druckte Johannes Gutenberg zu Mainz im Jahre 1448 eine lateinische Grammatik und einen astronomischen Kalender. Und so nahm er auch den berühmten Bibeldruck in Angriff.

Die Gutenbergbibel gilt bis heute als ein unerreichtes Meisterwerk der Buchdruckerkunst; 44 Exemplare dieses kostbaren Buches sind noch vorhanden.

Der Bibeldruck ruinierte den Erfinder. Um sein Vorhaben ausführen zu können, war er gezwungen, Geld zu leihen, denn er war ohne Vermögen und ohne Besitz. Der reiche Patrizier Johannes Fust lieh ihm

nach und nach 1600 Gulden zu einem wucherisch hohen Zinssatz. Gutenberg mußte, wie man heute ausgerechnet hat, über drei Millionen Drucktypen gießen; die Bibel umfaßte zwei starke Foliobände mit 1282 Seiten. Für dieses umfängliche Vorhaben mußte er seine Werkstatt entsprechend ausrüsten und viele Jahre arbeiten, bevor er mit dem Druck beginnen konnte. 1455 war die so teure Bibel im Druck fertig, und Fust bestand auf Rückzahlung des Geldes. Natürlich hatte Gutenberg nicht annähernd soviel, und es kam zu einem Prozesse, den der Meister verlor. Damit hatte Johannes Fust seine Absicht erreicht: Der Erfinder war ruiniert, und er selbst konnte die Werkstatt übernehmen.

Vor dem Streite hatte Gutenberg noch ein neues Werk, den Druck der Psalter, begonnen. Wieder hatte er neue Lettern geschaffen und mit seinen Druckern ein gewaltiges Unternehmen in Gang gebracht. Vollendet hat es dann freilich der Drucker Peter Schöffer im Auftrage des betrügerischen Johannes Fust. Und sie setzten stolz in das Schlußwort:

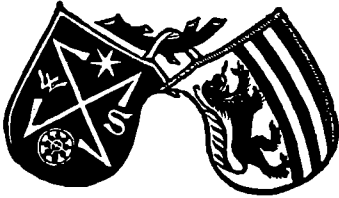
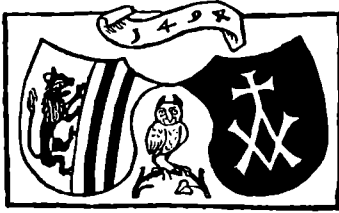
„Durch die künstliche Erfindung des Druckens und der Typenbildung, ohne einen Gebrauch der Feder ist dieses Werk so hergestellt und zu Gottes Ehre mit Fleiß vollendet durch Johann Fust, Bürger zu Mainz, und Peter Schöffer aus Gernsheim im Jahre des Herrn 1457 am Himmelfahrtsabend.“

Der Name Gutenbergs wurde verschwiegen.

Der Meister richtete eine weitere Druckerei ein, die Eigentum eines Mainzer Advokaten war, und hier stellte er noch mehrere Werke her.



Die Drucktypen oder Lettern wurden von Schriftgießern gegossen



Manche seiner Lebensabschnitte sind völlig in Dunkel gehüllt. Zwar hat die Forschung in jüngerer Zeit vieles wieder zutage gebracht, aber noch immer ist nicht einmal sein Geburtsjahr genau bekannt, man nimmt an, daß es das Jahr 1397 war, und auch sein Todestag ist ungewiß. Sicher ist auf jeden Fall, daß Johannes Gutenberg am 26. Februar 1468 nicht mehr am Leben gewesen ist.

Kriegerische Verwicklungen — zwei Erzbischöfe kämpften um den Besitz von Mainz — brachten es mit sich, daß viele Gutenbergsche Druckergesellen die Stadt verließen oder hinausgetrieben wurden. Sie hatten zwar geschworen, ihre Kunst geheimzuhalten, da sie aber auch in der Fremde ihren Lebensunterhalt finden mußten, gaben sie ihr Wissen gern preis, zumal überall große Aufnahmebereitschaft für diese Jünger der „Schwarzen Kunst“ bestand.

Schon 1470 schrieb der französische Gelehrte Guillaume Fichet:

„Sie strömen in die Welt, wie einst die Krieger dem Bauch des Trojanischen Pferdes entstiegen. Sie tragen von Deutschland das Licht in alle Teile der Erde.“

Um 1500 soll es an 208 verschiedenen Orten bereits 1213 Druckereien gegeben haben, in denen 16 299 Werke gedruckt worden sind!

Auch wenn diese Zahlen vielleicht etwas zu hoch gegriffen sein sollten, so geben sie doch ein Bild über den Umfang, den innerhalb ganz weniger Jahre der Buchdruck erreichte.

Der Hunger nach Büchern war grenzenlos. Die Schätze des in Jahrtausenden aufgesammelten Wissens ließen sich jetzt zugänglich machen. Und viele Menschen, die bis dahin fast nur auf mündliche Überlieferungen der Erfahrungen und des Wissens der Älteren angewiesen waren, das sie, vermehrt um die eigenen Erfahrungen und Kenntnisse, wiederum an die Jüngeren weitergaben, konnten sich nun mit dem gedruckten Wort eine neue Welt erschließen. Allerdings konnten das nur diejenigen, die lateinisch zu schreiben und zu lesen verstanden.

Latein war die Sprache der Gelehrten in Europa, Latein war die Kirchensprache, und an ihr hielten auch die humanistischen Wissenschaftler fest. Mit Latein war — ähnlich wie im arabischen Reich — eine gemeinsame Sprache gegeben, die einen Austausch über alle Sprachgrenzen der Völker hinweg samt deren Dialekten gestattete. Das war ein großer Vorteil. Zugleich wurde damit jedoch das Volk vom wissenschaftlichen Aufschwung ausgeschlossen.

Denn die Mehrzahl der Menschen konnte ja nicht einmal in ihrer eigenen Sprache schreiben und lesen lernen, geschweige denn in einer fremden. Das Volk verstand nicht, was die Pfaffen auf lateinisch in der Kirche predigten, und es wußte nicht, was es sang, wenn es die ohne Verständnis auswendig gelernten lateinischen Kirchenlieder anstimmte.

Einzelne Buchdrucker und Verleger nahmen es auf sich, lateinische Werke zu übersetzen und in der Sprache des Volkes herauszugeben. So druckte Anton Koberger in Nürnberg — der Pate von Albrecht Dürer — bereits 1483 eine deutsche Bibel und 1493 eine Weltchronik. Er arbeitete mit über hundert Gesellen an 24 Pressen und galt als der Fürst der Buchhändler.

Alle, die sich mit ihrem Anliegen an das Volk wenden wollten, zumindest an die des Lesens und Schreibens kundigen Bürger in den Städten, ließen ihre Bücher und Schriften in der Sprache des Volkes drucken. Auch Albrecht Dürers Buch „Unterweisung der Messung mit dem Zirkel und Richtscheit in Linien, Ebenen und ganzen Körpern“ erschien in Nürnberg in deutscher Sprache.

Als Martin Luther 1517 seine berühmten 95 Thesen in lateinischer Sprache an die Wittenberger Schloßkirche heftete, kennzeichnete er eigentlich damit, daß er sich gar nicht an das Volk wenden wollte, sondern an die Gelehrten und Studenten der Universität, an der er lehrte. Er griff in den Streitsätzen auch nicht direkt den Papst oder die kirchliche Obrigkeit an, sondern nur den übertriebenen Ablaßhandel.

Der Papst ließ durch Mönche dem Volk das Geld aus der Tasche locken, indem er versprach, daß jeder, der nur gehörig viel Geld für einen Ablaßzettel ausgab, seiner Sünden und der Verdammnis im Fegefeuer ledig sei.

Als jedoch dem Volke der Inhalt der Lutherischen Thesen übersetzt und bekannt wurde, sah es darin einen der damals häufig geführten Angriffe gegen die Herrschaft des Papstes und seiner großen und kleinen Würdenträger, die wie eine schwere Last auf den Seelen und den Taschen der Völker lagen. Diese Kleriker praßten, führten ein unheiliges Leben, logen und betrogen, so daß man sie geradezu haßte wie die Pest. Erstaunlich war nur, daß es nun ein Theologieprofessor war, der den Angriff führte.

Wie ein Lauffeuer verbreitete sich die Kunde davon. Die Menschen jubelten, jagten die Ablaßhändler davon und warfen ihre Zettel in den Wind.

Sicherlich war Luther selbst entsetzt über die Folgen seines Thesenanschlages. Er hatte einen gelehrten Disput hervorrufen wollen, und nun sah das Volk in ihm einen Führer im Kampf gegen die römische Mißwirtschaft. Da aber auch die meisten Fürsten — allen voran der sächsische Kurfürst — und die übrigen Adligen ihn in seiner Rolle bestärkten, weil sie hofften, sich die reichen Kirchengüter einverleiben zu können, wurde er mutiger.

Er verkündete in Schriften — die von nun an auch in deutscher Sprache erschienen — daß die Kirche auch ohne den Papst in Rom sehr gut bestehen könne. Und da er es lernte, „dem Volke aufs Maul zu schauen“, wie er sagte, wettete er auch gegen den Wucher, gegen die Völlerei und den Luxus überhaupt. Die Bannbulle des Papstes ließ er verbrennen, er fühlte sich stark. In theologischen Auseinandersetzungen wurde er Schritt um Schritt auf den Weg des Reformators gedrängt. Die Ritter und Bürger schützten ihn, und die Armen in den Städten und die Bauern vertrauten ihm, weil sie glaubten, daß er mit ihnen gemeinsam ihren



Kampf gegen Leibeigenschaft und Fron, gegen die reichen Zunftherrn und Patrizier, gegen das Unrecht und die Willkür in der Welt führen würde. Wir wissen, daß Luther diese Hoffnungen des Volkes sehr bald enttäuschte. Im Bauernkrieg verriet er den gerechten Kampf der Armen und Bauern — im Gegensatz zu Thomas Müntzer, der nach der blutigen Niederlage gemeinsam mit Tausenden anderen diesen Heldenkampf mit dem Tode besiegelte.

Aber Luther schuf die deutsche Schriftsprache.

Und das ist eigentlich der Grund, warum wir im Zusammenhang mit unserem Thema Martin Luther erwähnen. Die Technik des Buchdrucks und Luthers Bibelübersetzung, die er auf der Wartburg anfertigte, trugen zur Schaffung einer einheitlichen deutschen Schriftsprache bei.

Bis dahin wurde beispielsweise in Bayern in einer anderen Mundart gesprochen und geschrieben als im Rheinland, an der Wasserkante oder in Sachsen, so daß die Verständigung schwer war.

Luther wählte für seine Übersetzung natürlich die Sprache, in der er selbst schrieb und sprach, das war die kursächsische Kanzleisprache, in der auch am sächsischen Hof aller Schriftverkehr erfolgte. Im Bemühen, besonders anschaulich zu schreiben, bereicherte Luther sie noch um Ausdrücke und Formulierungen, die er der Umgangssprache entnahm. Die sich in allen deutschen Landen verbreitende Lutherbibel, Luthers übrige Schriften und sein Ansehen sorgten dafür, daß diese Schriftsprache sehr schnell überall verstanden und gelesen wurde.

Wer sich von nun an in Wort oder Schrift an Deutsche der verschiedenen Mundarten wenden wollte, tat es in dieser Sprache. So entstand aus dem Kursächsischen die einheitliche deutsche Schriftsprache.

In dieser bewegten Zeit und ebenfalls in Sachsen liegen auch die Wurzeln einer anderen Entwicklung, die naturwissenschaftlich und technisch von ähnlich großer Bedeutung ist. Denn hier begegnen wir

### **Georgius Agricola**

dem „Vater des deutschen Bergbaus“ und dem Begründer vieler mit dem Bergbau und dem Hüttenwesen verbundenen Wissenschaften.

Er war 1494 in Glauchau geboren worden als Georg Bauer. Aber später, als Gelehrter, folgte er der damaligen Sitte und nannte sich auf lateinisch Georgius Agricola.

Zu der Zeit, als er in Glauchau die Pfarrschule besuchte, verbreitete sich immer neue Kunde über die von Kolumbus entdeckten „indischen Länder“, und er wuchs hinein in eine Welt, die sich ins Unermeßliche zu weiten begann. Später ging er auf die Lateinschule in Zwickau, und als Zwanzigjähriger begann er schließlich in Leipzig Philosophie, das heißt Theologie und alte Sprachen zu studieren.

Vier Jahre später war er schon Griechischlehrer und stellvertretender Rektor an eben der Zwickauer Schule, die er selbst besucht hatte, und im Jahre darauf wurde er Rektor der neuen griechischen Schule. Auf den Bänken seiner Schule saßen sogar viele Magister und Doktoren, um noch Griechisch, die Sprache der Antike, zu lernen.

Agricola trat in Beziehung zu den großen humanistischen Gelehrten seiner Zeit, und in Zwickau lernte er auch Thomas Müntzer kennen. Aber der junge Gelehrte verstand, wie so viele Angehörige des Bürgertums, den revolutionären Thomas Müntzer nicht, der mit den Bauern und den kleinen Leuten gemeinsame Sache machte. Er sah nicht den nationalen Charakter der sich entwickelnden Volksbewegung. Er unterschied sich also gar nicht von den meisten anderen Humanisten, die zwar gegen die mittelalterlich-kirchliche Diktatur auftraten und für die Befreiung des Menschen und der Wissenschaft aus den Fesseln der Kirche kämpften, die aber dabei nur an die Rechte der Menschen der bürgerlichen Klasse dachten, zu der sie selbst gehörten.

1522 hängte Agricola die Theologie an den Nagel und begann das Medizinstudium, zuerst in Leipzig, dann zog er über die Alpen ins Geburtsland der Renaissance, nach Italien, und studierte in Bologna und Venedig.

Georgius Agricola studierte nicht nur in der modernen Universität, er übersetzte auch — gemeinsam mit anderen Gelehrten — die Schriften der berühmten Ärzte des Altertums Hippokrates und Galenos, die der Buchhändler und Drucker Aldus Manutius herausgab.

Während im fernen Deutschland der Bauernkrieg losbrach und zu einer weite Teile des Landes erfassenden Volksbewegung wurde, empfing Agricola in Venedig den Anstoß, sich mit dem Bergwerkswesen und der Mineralogie zu befassen.

Im Jahre 1526 kehrte Agricola als Doktor der Medizin nach Deutschland zurück. Thomas Müntzer war bereits hingerichtet, die Volksreformation war mit Luthers Segen niedergeschlagen, und die Reformation der Fürsten hatte begonnen — zu ihrem Vorteil und auf Kosten des reichen katholischen Kirchenbesitzes.

Agricola ging in die freie Bergstadt Joachimsthal im Erzgebirge. Hier hatte sich vor zehn Jahren ein „gar gewaltig Berggeschrey“ erhoben, das heißt, man war auf starke silberführende Adern gestoßen, und das Geschrei darüber verbreitete sich. Aus allen Ländern strömten die Bergleute hierher. Innerhalb weniger Jahre wurde aus dem kleinen Ort Joachimsthal eine Stadt, die 1521 schon 8000 Einwohner zählte und wenig später sogar 18 000.

Das Gebiet gehörte zur Herrschaft der Grafen von Schlick, die das Silber münzten. Sie prägten die Joachimsthaler — die zwei Lot schweren Silberguldengroschen — die später nur noch Taler genannt wurden.

Beim Studium der alten Schriften hatte Agricola entdeckt, daß im Altertum mit Erfolg Heilmittel aus dem Mineralreich angewendet worden waren, und diesen Mineralien wollte er in dem Bergbaugesbiet nach-



spüren. In erster Linie war er also als Arzt in die emporschießende Stadt gekommen. Nun drängte sich ihm die Erkenntnis geradezu auf, daß der Bergmann sehr vieler Künste und Wissenschaften kundig sein mußte, wenn er erfolgreich sein wollte.

Das entsprach durchaus nicht der allgemeinen Auffassung der gelehrten Leute seiner Zeit. Zwar stand der Bergbau in Deutschland in voller Blüte; vom Siegerland aus, wo bereits in vorgeschichtlicher Zeit die ersten Eisenwerker auf deutschem Boden tätig gewesen waren, hatte sich der Erzbergbau über den Harz und Oberharz bis ins Erzgebirge ausgebreitet. Es wurde vor allem Silber, Kupfer, Zinn und natürlich Eisen gefördert, und zu Recht galt Deutschland als das erste unter den bergbautreibenden Ländern.

Kaiser Karl V. bezeichnete 1525 die Bergwerke als „die größte Gabe und Nutzbarkeit, die der Allmächtige den deutschen Landen gegeben hatte“, und er veranschlagte den Wert der jährlichen Ausbeute aus den Bergwerken auf 2 Millionen Goldgulden — eine für damalige Zeiten ganz phantastische Summe. Kein Wunder, daß die Fürsten und die großen Handelsherrn und Bankiers, wie die Fugger, Welser oder Höchstetter, sich sehr angelegentlich um diese Produktion kümmerten. Sie trieben nicht nur Gold-, Silber- und Kupferhandel, sie steckten auch Kapital in die Bergbaubetriebe, um vollen Einfluß auf diese „Gold“-Gruben und Hütten nehmen zu können und die Produktion durch technische Verbesserungen erhöhen zu lassen.

So groß die wirtschaftliche Bedeutung auch sein mochte, für viele galt der Bergbau nicht nur als etwas Unheimliches, sondern auch als ein unehrenhaftes Gewerbe.

Agricola, der sich sehr bald in den Stollen, den Schmelzhütten und in den Werkstätten der Kunstmeister auskannte und überall eifrig beobachtete, untersuchte und notierte, ging in seinen Büchern und besonders in seinem Werke über die Bergbau- und Hüttentechnik „De re metallica“ auf diese falschen Vorstellungen seiner gelehrten Kollegen ein. Er schrieb:

„Viele sind der Meinung, der Bergbau sei etwas Zufälliges und eine schmutzige Tätigkeit und überhaupt ein Geschäft, das nicht sowohl Kunst und Wissenschaft als körperliche Arbeit verlange. Allein, wie mir scheint, wenn ich seine einzelnen Teile im Geiste durchlaufe, so verhält sich die Sache ganz anders . . . Weiter wirft man die Frage auf, ob der Bergbau ein ehrlicher Beruf für anständige Leute oder ob er verächtlich und unehrlich sei. Wir aber rechnen ihn zu den ehrlichen Künsten, denn jede Kunst, deren Erwerbungsweise nicht gottlos, widerwärtig oder schmutzig ist, können wir für ehrlich halten. Solcherart aber ist der Erwerb beim Berg- und Hüttenwesen; denn er vermehrt das Hab und Gut auf gute und ehrliche Weise . . .“

Der humanistische Gelehrte trat damit der bei vielen noch traditionsgemäß vorherrschenden „unglaublichen, ungereimten und närrischen“ Auffassung entgegen, die überhaupt jede praktische Arbeit als eines freien und gebildeten Menschen unwürdig ablehnte. In zwölf Kapiteln über Lagerstättenkunde, Bergbautechnik, Metallhüttenkunde, Vermessungskunst, Bergrecht usw. stellte er dann dar, wie kenntnisreich, klug und geschickt die Bergleute sein mußten, wie schwierig und wichtig ihre Arbeit war und welchen technischen Stand sie darin erreicht hatten.

Mit diesem Werke war das erste umfassende Lehrbuch der Bergbau- und Hüttentechnik entstanden, ein getreues Spiegelbild des Standes der Dinge zu seiner Zeit. Da er aber auch Verbindungen herstellte zwischen Naturerscheinungen und Prozessen, die vordem gar nicht als zusammengehörig betrachtet worden waren, und da er systematisierte, wo vorher nur verstreutes Einzelwissen war, entstand mit seinem Werke zugleich der Grundstein für das Lehrgebäude, das wir heute als die Montanwissenschaft bezeichnen.

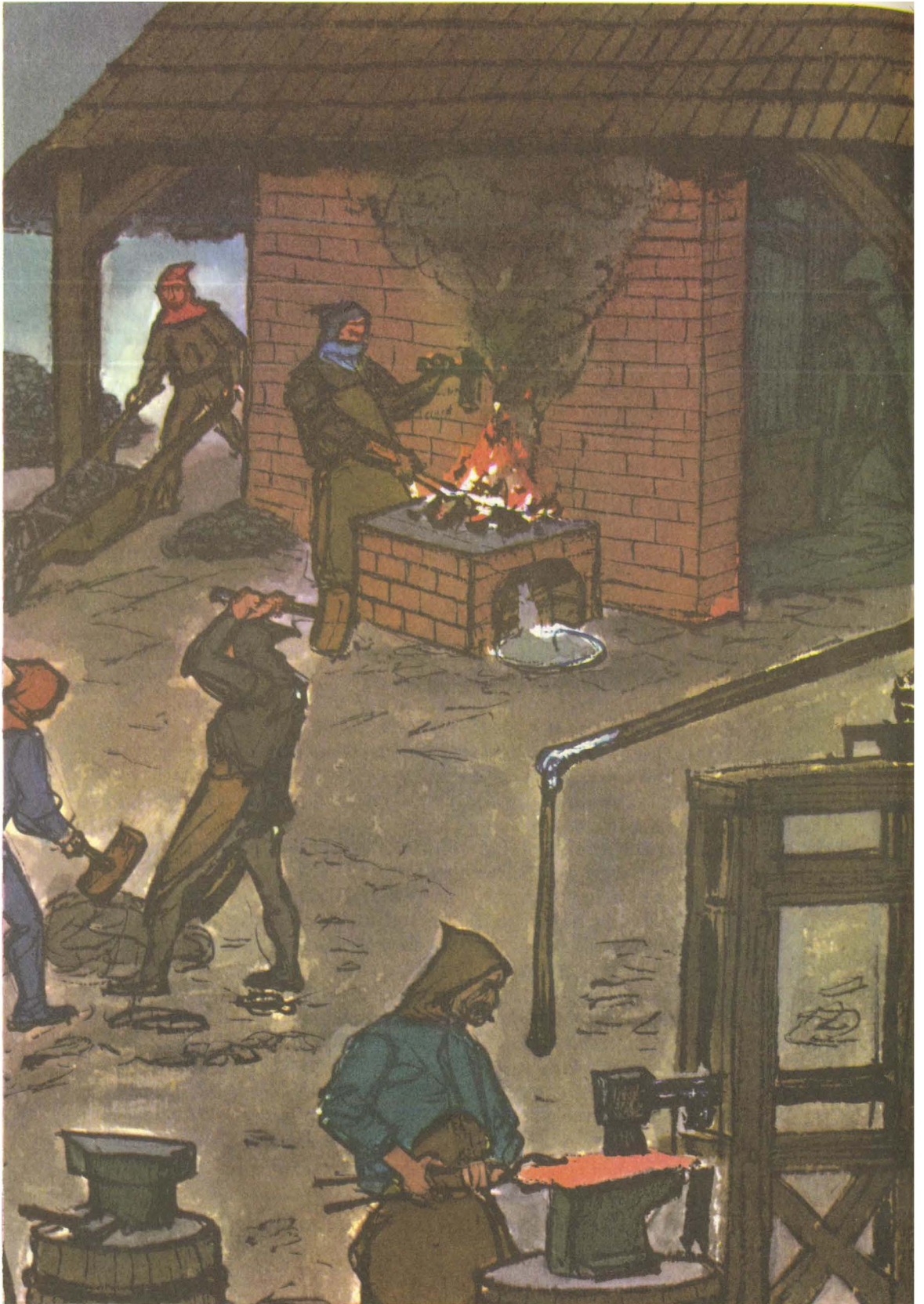
Agricola hat nichts erfunden, er hat sich nicht als ein technischer Neuerer auf einem Einzelgebiet hervorgetan, er wurde vielmehr als ein universell gebildeter Mann zum Bahnbrecher und Förderer von Naturwissenschaft und Technik überhaupt. Sein Buch wurde zu einer wahren Enzyklopädie des Bergbaues. Hatte er sich selbst im Erzgebirge, im Harz, im Mansfeldischen und in anderen Bergbaugebieten mit allen Seiten des Bergbaues unter den verschiedenen Bedingungen vertraut gemacht, so floß nun das von ihm zusammengetragene Wissen wieder in die Praxis zurück und befruchtete sie. Der Künster des Ruhms der Ingenieure und Techniker seiner Zeit wurde somit zugleich auch ihr Lehrer.

1550 vollendete er das Buch „De re metallica“. Er lebte damals in Chemnitz, dem heutigen Karl-Marx-Stadt, wo er viele Jahre als Bürgermeister wirkte. Wie er selbst schrieb, hatte er viel Mühe und Arbeit auf das Buch verwendet und auch keine Kosten gescheut, um es durch lebenswahre Abbildungen aus den Händen kundiger Zeichner zu beleben und verständlicher zu machen, „damit die mit Worten beschriebenen Dinge, die den gegenwärtigen oder zukünftigen Menschen unbekannt sind, keine Schwierigkeiten für das Verständnis bereiten“.

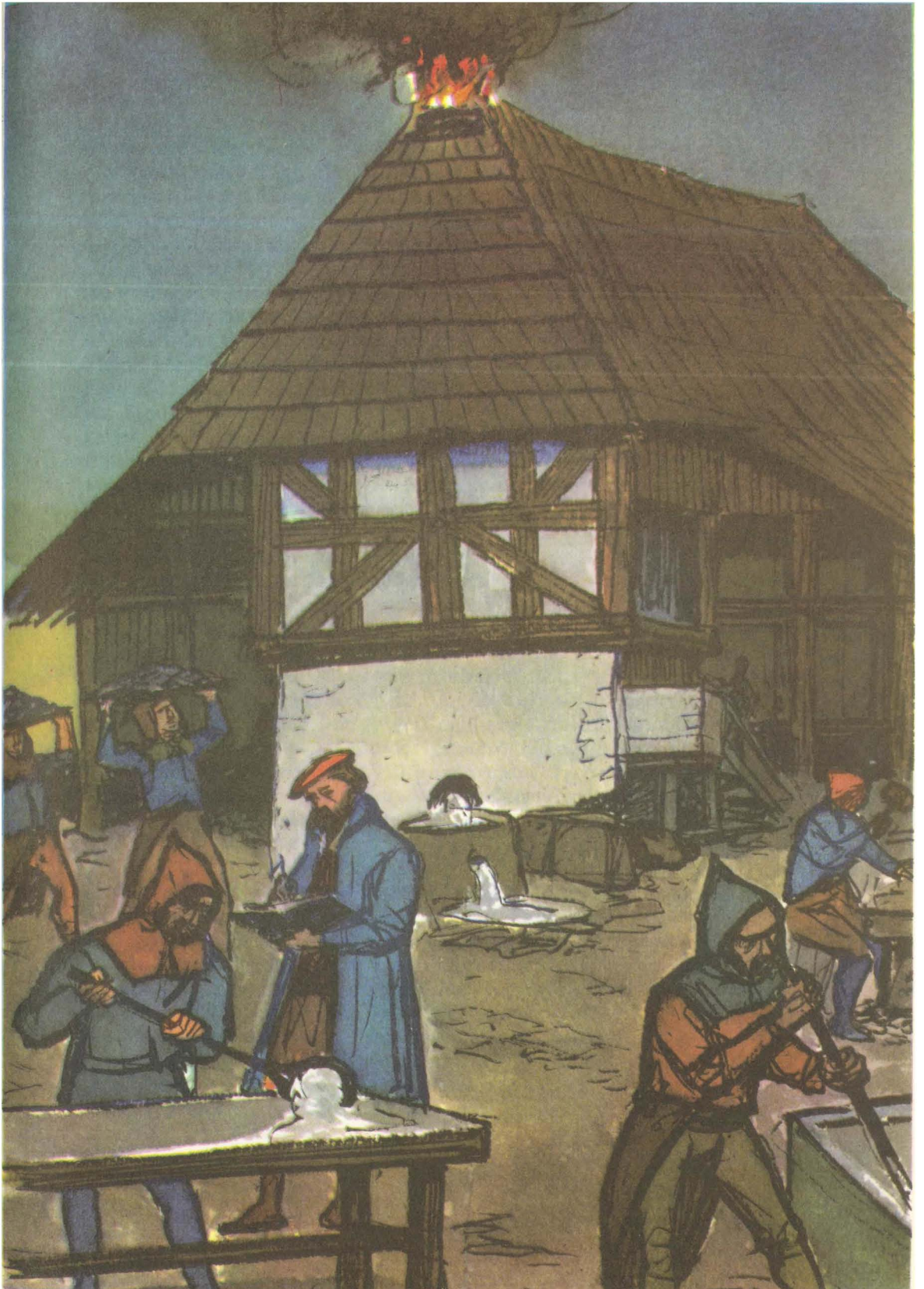
Und in der Tat — die Holzschnitte sind nicht nur von großer Anschaulichkeit, sie geben auch bis zu den Einzelheiten hin die Vorrichtungen, Anlagen und Maschinen oder die angewandten Techniken so genau wieder, daß sie als Bau- oder Arbeitsanleitungen gelten können.

Die 269 Zeichnungen sandte er mit dem Buchmanuskript nach Basel zum Drucker Froben. Dort wurden sie von Formenschnidern für den Druck in Holzschnitte verwandelt. An dieser umfangreichen Arbeit wird es wohl liegen, daß das Werk erst 1556, ein Jahr nach dem Tode des Gelehrten, erschien. Die von ihm vorgesehene deutsche Fassung konnte er nicht mehr anfertigen, aber der Baseler Professor Bech übersetzte das Werk sofort, so daß bereits 1557 die deutsche Ausgabe vorlag.

**Georgius Agricola lebte und arbeitete unter den erzgebirgischen Berg- und Hüttenmännern. Er beschrieb alle ihre Arbeiten, und am Zinnschacht-ofen war er ebenso bekannt wie am Rennfeuer oder am Schmiedehammer.**









## Schlägel und Eisen

waren seit alters her die gebräuchlichsten Werkzeuge der Bergleute für die Arbeit unter Tage. Sie waren und sind das Wahrzeichen des Bergmannes. Aber mit ihnen allein hätte er wohl nicht viel beginnen können.

War durch das Schürfen nahe der Erdoberfläche eine Lagerstätte gefunden worden, so mußte man durch einen senkrechten Schacht oder durch einen waagrecht in den Berg hineinführenden Gang, den Stollen, an die erzhaltige Ader heranzukommen suchen. Dazu brauchte man Hacken und Brechstangen, Keile und Schaufeln. Und man brauchte Ledereimer, in denen das Gestein aus dem Schacht nach oben gezogen wurde, oder kleine Wagen, um es aus dem Stollen ins Freie zu bringen.

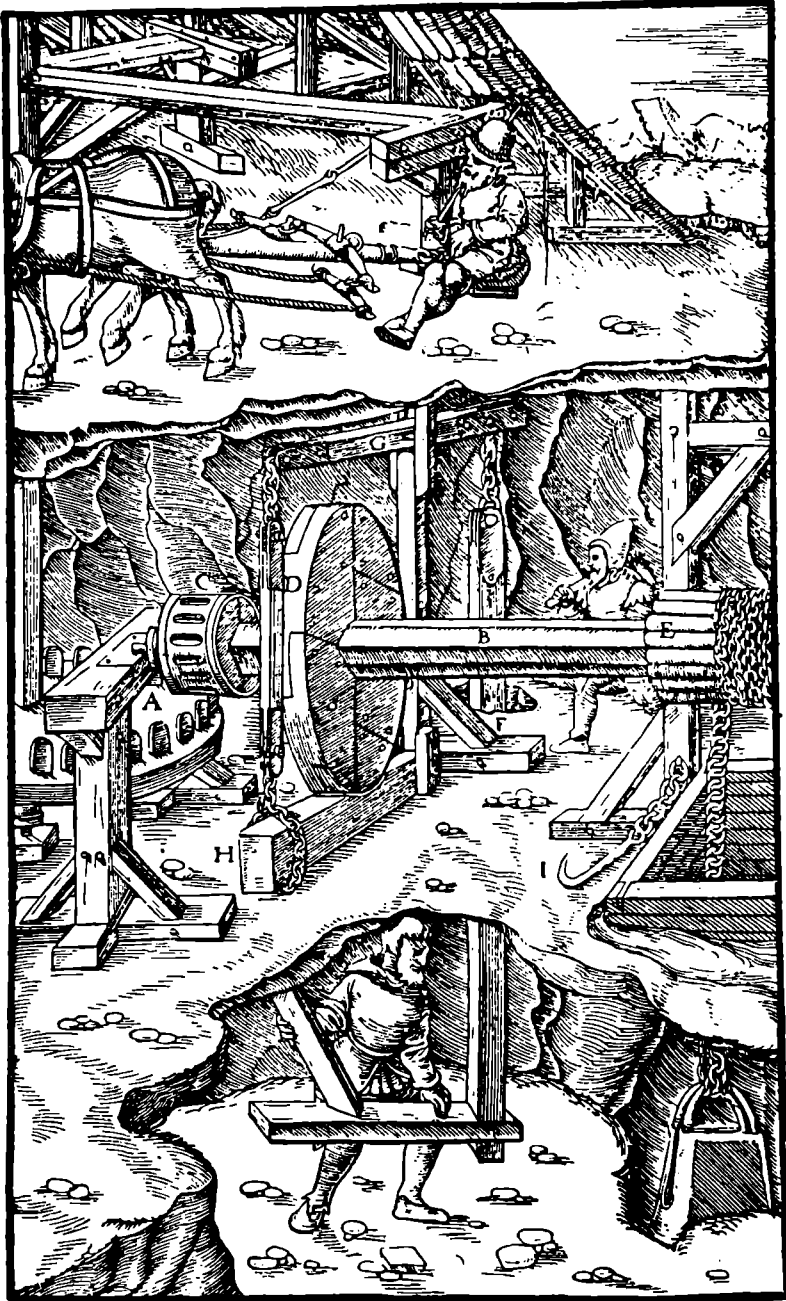
Eine Hilfe beim Vortrieb der Strecken, so nennt man das Weiterführen der Stollen, oder auch beim Abbau war das Feuersetzen. Besonders hergerichtete Holzscheite wurden an das Gestein oder den „Stoß“, die erzführende Ader, gestellt und angezündet. Die Flammen erhitzten den Fels oder das zu gewinnende Stoßgestein, und es bildeten sich Haarrisse. Wenn das Feuer abgebrannt war und der Qualm sich verzogen hatte, konnte der Bergmann mit dem „Gezähe“, seinen Werkzeugen, das gelockerte Gestein hereingewinnen.

Das Feuersetzen erforderte großes Geschick, denn wenn die Arbeit den rechten Erfolg haben sollte, mußten die Flammen ja genau dahin schlagen, wo der Nutzen am größten war: entweder gegen den Erzstoß direkt, gegen das über ihm „hangende“ oder das unter ihm „liegende“ Gestein.

Kam man bei geringer Tiefe und in kleinen Abbauen noch mit verhältnismäßig einfachen Fördereinrichtungen aus — Förderkübel, die an einem Seil hingen und mit einer Handhaspel hinaufgewunden wurden, und kleine Förderwagen, „Hunde“ genannt, die auf hölzernen Scheibenrädern liefen und mit deren Hilfe man unter Tage das Fördergut zum Füllort brachte — so wurden sie bei zunehmender Tiefe immer komplizierter. Da mußten schon Treträder oder Pferdegöpel als Kraftantrieb benutzt werden.

Und weil sich bei zunehmender „Teufe“, das ist der bergmännische Ausdruck für Tiefe, auch die Sorgen mit den Grubenwassern vergrößerten, mußte man Maschinen zur Wasserhaltung einsetzen.

Aus Agricolas Buch erfahren wir genau, wie diese Anlagen beschaffen waren. Da das Wasserrad in den Hammerwerken und den Hütten seine Nützlichkeit so großartig bewiesen hatte, benutzte man auch im Bergbau zum Herauspumpen des Wassers die Wasserkraft, wo sich nur immer die Möglichkeit dazu bot. Oftmals leitete man das Wasser über ein hölzernes „Gerinne“ von weither bis zur Grube, um hier ein Wasserrad vom Druck des fallenden Wassers treiben zu lassen. „Wasser wird durch Wasser gehoben“, dieser Satz hatte also zu Agricolas Zeiten seine Gültigkeit schon lange bewiesen.



Pferdegöpel. Holzschnitt aus Georgius Agricola „De re metallica“, 1556.



Wenn man von oben her, aus dem Gebirge, kein fließendes Wasser heranleiten konnte, so prüfte man, ob nicht an einem Bach im Tale ein Wasserrad aufgestellt werden konnte, dessen antreibende Bewegung den Berg hinauf, über rhythmisch hin- und herschwingende Treibstangen bis zur Grube fortzupflanzen war. Natürlich brachten diese Stangenkünste, die manchmal über mehrere Kilometer die Bewegungsenergie übertrugen, nur einen recht bescheidenen Wirkungsgrad hervor. Der unterwegs eintretende Reibungsverlust war zu groß.

Besonders imposant ist das von Agricola beschriebene große Kehrrad. Es stellt sicherlich die modernste Technik seiner Zeit dar.

Man mußte ja nicht nur Fördergut und Grubenwasser aus der Tiefe heraufholen, es mußten auch Lasten hinabbefördert werden — Grubenholz zum Abstützen und Verbauen der Strecken, Werkzeuge, Pumpen usw. Diesem Auf und Ab im Förderbetrieb war das Kehrrad angepaßt.

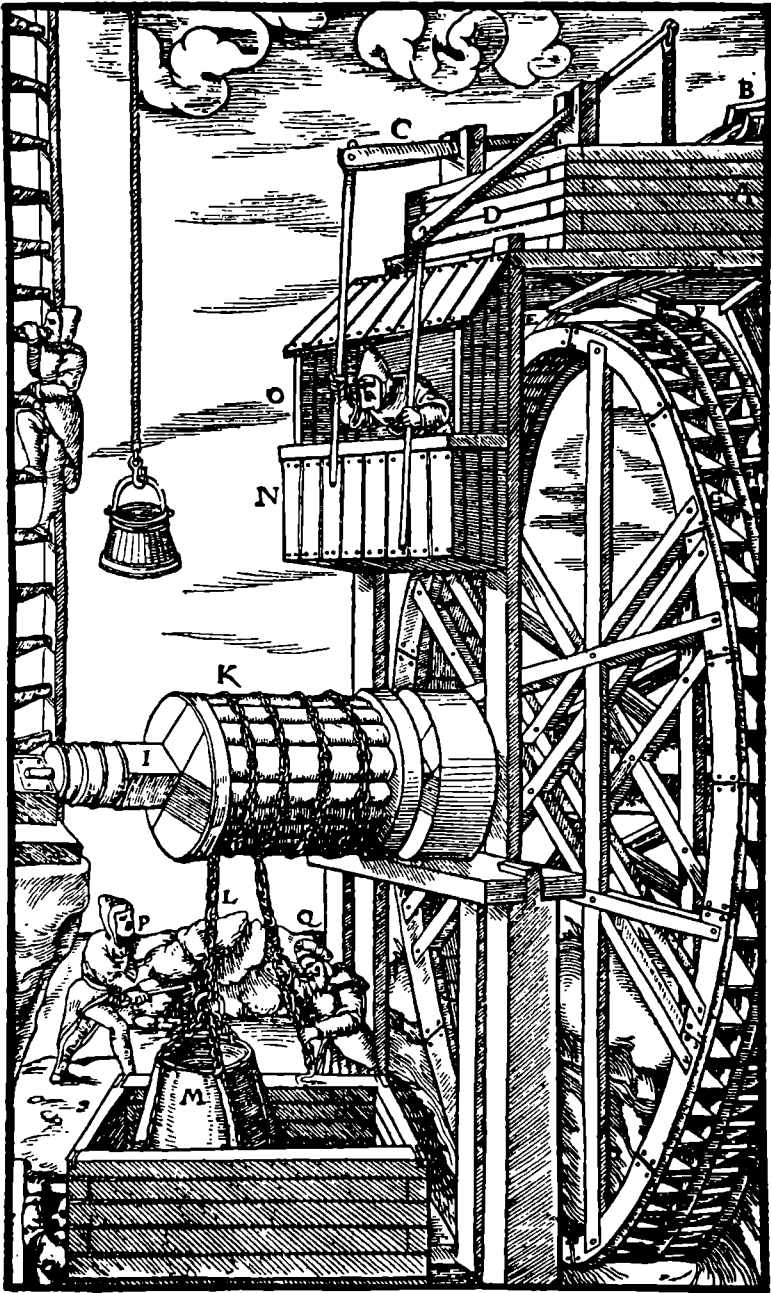
Wir sehen, daß das riesige Wasserrad — es mißt 10,50 Meter im Durchmesser — aus zwei Schaufelkränzen besteht, deren Schaufeln in entgegengesetzter Richtung angeordnet sind. Über zwei Schützen, die der Maschinist durch die beiden Hebel bedient, die er in der Hand hält, kann das Wasser beliebig auf die eine oder die andere Schaufelreihe des Kehrades geleitet werden, so daß sich das Rad jeweils in der gewünschten Richtung dreht.

Auf dem Bild sind die Bulgen, das sind die Ledereimer an der Kette, mit Grubenwasser gefüllt. Aber ebenso konnte mit dieser Förderanlage natürlich Erz zutage oder Werkzeug in die Tiefe gebracht werden.

Neben diesen Förder- und Wasserhaltungsanlagen mußten auch Anlagen in Betrieb gehalten werden, die für atembare Luft unter Tage sorgten. Denn wenn man auch über die Natur der Luft und des Sauerstoffes noch keine sehr genaue Vorstellung hatte, daß man „Frischwetter“, also Frischluft, in die Grubenbaue bringen mußte, wenn man nicht umkommen wollte, das wußte man.

Agricola beschreibt einfache Windfänge, die über Tage aufgestellt wurden und den Wind in den Schacht hinableiteten, ferner Wettertrommeln, in deren Innern sich Flügel drehten, die damit beständig einen Strom frischer Wetter ansaugten und ihn durch eine Holzlutte, eine Röhre, in den Stollen hineindrückten. Auch Blasebälge waren natürlich als Wettermaschinen schon in Betrieb, mit denen verschiedene Arten der Bewetterung möglich waren. Bemerkenswert ist, daß die im Fußbetrieb bewegten Bälge Stollen von 400 Meter Länge ausreichend bewetterten konnten.

Alle diese kunstvollen Anlagen und Maschinen, zu denen noch die Maschinen kamen, die in den Hüttenbetrieben gebraucht wurden, wie die Pochwerke zum Zerkleinern der Erzbrocken, wurden von den Kunstmeistern gebaut. Sie waren die Ingenieure jener Zeit. Sie mußten Zimmerleute und Schmiede, Mechaniker und Wasserbautechniker in einem sein. War im Bauwesen der Zimmermann wahrscheinlich zuerst zum



Großes Kehrrad. Holzschnitt aus Georgius Agricola „De re metallica“, 1556

„Maschinentechniker“ geworden, so wurden es seine Kollegen im Bergbau in einem noch viel höheren Maße. Aus dem Bergbau, der Entwicklung der Wasserhaltungsmaschinen, ergab sich, wie wir schon wissen, die Notwendigkeit zur Erfindung der Dampfmaschine.

Von den Kunstmeistern des Bergbaues wurden auch die Pumpenanlagen entwickelt, die schon mit einfachem „Kunstzeug“ immer wirksamer wurden und der Wasserhebung durch Dampf erst den Weg wiesen.

Man kann also gar nicht deutlich genug sagen, daß der Bergbau in jeder Hinsicht die Entwicklung der Maschinentechnik beeinflußt und gefördert hat. Und diese Entwicklung der Bergbautechnik übte eine starke Wirkung aus auf die Entwicklung der gesellschaftlichen Verhältnisse, der Produktionsverhältnisse.

Hatten in älterer Zeit die Bergleute zumeist einzeln geschürft und dann im Familienbetrieb oder in einer kleinen Gruppe, als „Eigenlehner“, einen Abbau betrieben, so wurde mit zunehmender Teufe, mit dem verstärkten Aufkommen der Maschinen der Betrieb solcher Eigenlehnerzechen immer schwieriger. Die einzeln arbeitenden Bergmänner konnten sich nicht die Einrichtungen schaffen und nicht die Kunstmeister bezahlen, mit deren Hilfe sie ihre Gruben hätten ergiebiger machen können. Immer mehr von ihnen schlossen sich zu „Gewerken“ oder „Gewerkschaften“ zusammen, das heißt, sie betrieben ihre Unternehmen gemeinsam. Und weil sie Geld für die Maschinen brauchten, mußten sie es sich gegen eine entsprechende Beteiligung am Gewinn von solchen Bankherren wie den Fuggern oder den reichen Hammerherrn beschaffen.

Die Gruben konnten modernisiert werden, und die Produktion stieg. Aber die ehemals freien Bergleute verloren mehr und mehr ihr Eigentum und wurden allmählich zu Lohnarbeitern.

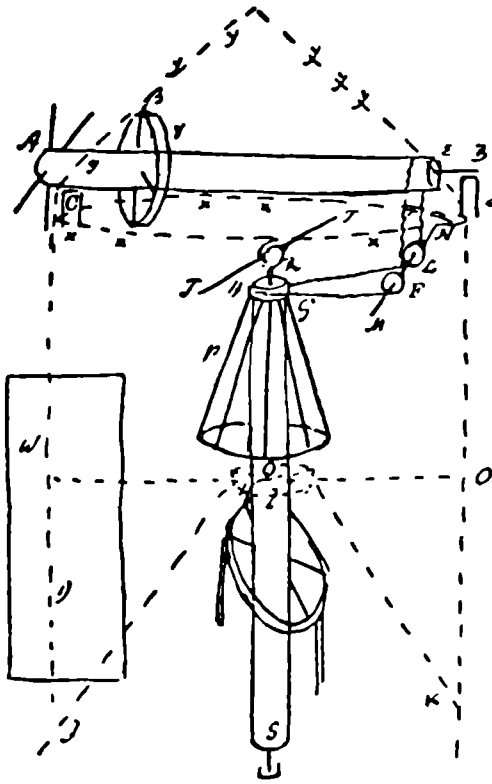
Die Anteilscheine an den Gewerken, die Kuxe, gerieten nach und nach in die Tresore der Finanzleute, die ohnehin den Verkauf, die Weiterverarbeitung oder das Münzrecht in der Hand hielten und durch entsprechende Manipulationen dafür sorgen konnten, daß der Löwenanteil des Gewinns in ihre Taschen floß.

Es entstanden kapitalistische Ausbeutungsverhältnisse im Bergbau. Die kleinen Eigenlehner und Gewerkschaften wurden im Laufe der Zeit ruiniert oder von den großen Gruben aufgesogen.

Bis zu 200 Meter Tiefe gelang es, der Grubenwässer einigermaßen Herr zu werden. Dann war zumeist eine Grenze gesetzt.

Wie so viele, befaßte sich auch der Philosoph und Mathematiker Gottfried Wilhelm Leibniz, der immer wieder betonte, daß die Wissenschaft der Praxis helfen müsse, wenn sie nützlich sein will, mit dem Problem der Wasserhaltung. Er versuchte sogar, mit einer von ihm konstruierten Windkraftmaschine die Grubenwässer zu heben.

1681 war es soweit, daß des Gelehrten Zimmerleute — darunter der Mühlenmeister Hans Linse — in Clausthal im Harz die „Probewindmühlenkunst zum ersten Male bei starkem Winde angehen ließen“.



Entwurf einer Windmühle zur Wasserhebung. Skizze von Leibniz aus dem Jahre 1678

Aber durch einen unglücklichen Umstand wurden die Türen, „die in die Flügel gemacht waren, um sich bei starkem Winde aufzutun“, heruntergeworfen, und man mußte mit Ketten die Flügel zum Stehen bringen. Auch bei den folgenden Malen geschah immer etwas, bald ging das Kammrad zu Bruch, dann wurden die Flügel zerschmettert, und des öfteren klagte der Hofrat Leibniz, „daß immer Leute mit Gewalt in die obere Windmühle brächen, alles, was man vorgestellet, hinweg täten, die Flügel umdreheten und gar Schaden täten“.

Und der Chronist vermerkt:

„Es ist hiebei höchlich zu verwundern, daß dieser große Mann solches Maschinenwesens, das ihm soviel Geld, Zeit, Mühe, Reisen, Streiten und Schreiben gekostet, nicht müde geworden, sondern bei so vielen vorgefundenen Schwierigkeiten immer neue Maschinen in Vorschlag gebracht . . .“

Dann spricht er von den ungetreuen Arbeitern, die oft widerspenstig gewesen seien, und er klagt, daß der Bau nicht unter der Aufsicht der Bergbedienten geführt worden und auch kein Kunstmeister zu Rate gezogen worden wäre. Vielleicht gehen wir nicht fehl in der Annahme, daß darin überhaupt der Grund liegt, warum die Windkunst nicht recht in Gang kam. Denn die Kunstmeister waren darauf bedacht, daß in ihrem Revier keine anderen Maschinenleute Umtrieb hielten. Und besonders zwischen ihnen und den anderen Maschinenmeistern, die das Volk

## „Fahrende Mühlenärzte“

nannte, bestand ein gespanntes Verhältnis. Es war beileibe kein feindseliges, aber da eine Gruppe die andere an Kunstfertigkeit zu überbieten versuchte und einer dem anderen zutraute, er könnte ihm etwas von seiner Geschicklichkeit abluchsen, so schlug man einen Bogen umeinander, oder man foppte und hänselte sich und spielte sich wechselseitig wohl auch manchen Schabernack. Ob allerdings nun deshalb die Leibnizsche Windmühlenkunst nicht ins Geschick kam, weil die Kunstmeister und ihre Gehilfen ein wenig mehr als nur ein Auge darauf geworfen hatten, das kann natürlich niemand mit Bestimmtheit sagen.

Die Mühlenbauer, das waren die Maschinentechniker, die sich außerhalb des Bergbaues mit den Mühlen und den dazugehörigen Künsten befaßten. Wir hörten schon, daß es keineswegs nur Getreidemühlen gab, wir sprachen auch von Papiermühlen und Pulvermühlen, und darüber hinaus nannte man viele Werkstätten und Manufakturen Mühlen, in denen die Kraft der Wasserräder zum Antrieb von Arbeitsmaschinen benutzt wurde — ob da nun Baumstämme von Sägen in Bretter zerschnitten oder Tuche gewalkt wurden.

In England hießen alle Fabriken auch dann noch „mills“ (Mühlen), als es schon längst keine klappernden Wasserräder mehr gab.

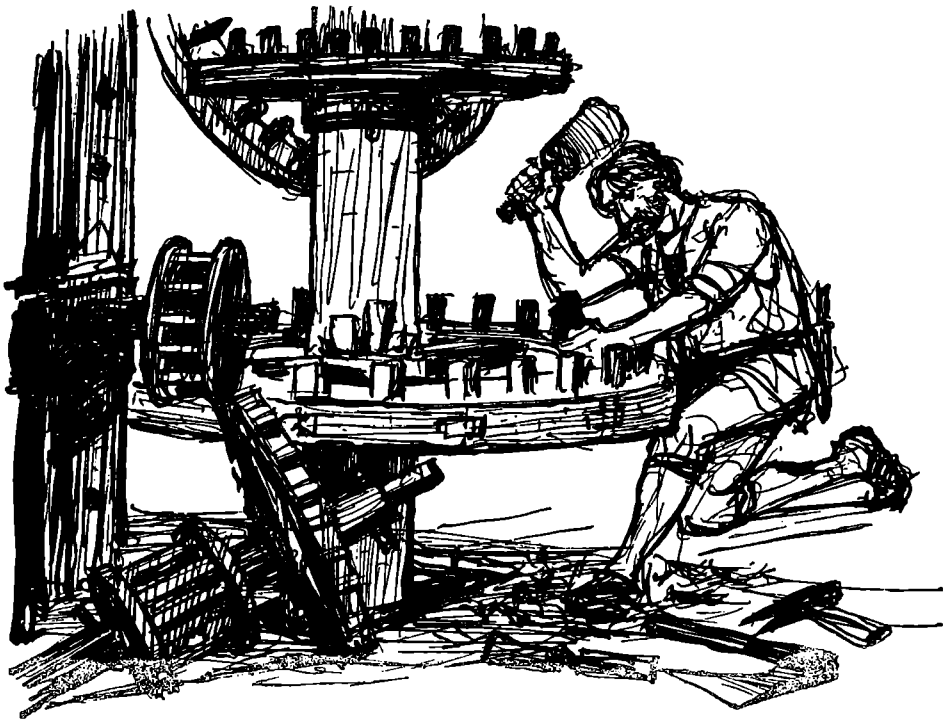
Die Mühlenbauer entstammten ebenso wie die Kunstmeister der großen Familie der Zimmerleute. Wie weit sie sich über die engen Schranken ihres Handwerks hinaus entwickelt hatten, geht schon daraus hervor, daß sie im Volksmunde Mühlenärzte genannt wurden. Zu dieser akademischen Benennung kam es sicherlich nicht nur deshalb, weil sie kaputte Mühlen reparieren — sie heilen — konnten, sondern bestimmt auch, weil sie in vielen Handwerken erfahren waren und schlechthin alles konnten. Zudem mußten sie die kompliziertesten Berechnungen beherrschen, damit alle die von ihnen geschaffenen Übersetzungen und Getriebe im Zusammenspiel der Maschinenelemente den höchsten Wirkungsgrad erreichten. Außerdem waren es weitgereiste Leute, die vieles zu erzählen wußten und die bestimmt die Welt und ihr Treiben so gut kannten wie die studierten Leute.

Ein englischer Ingenieur, William Fairbairn, der selbst aus diesem Stande hervorgegangen war, stellt sie uns in einem sehr anschaulichen Bilde vor. Er schreibt:

„Der Mühlenbauer vergangener Tage war bis zu einem gewissen Grade der alleinige Vertreter der Maschinenbaukunst; er wurde als Autorität in allen Fragen der Anwendung von Wind und Wasser betrachtet, wie auch immer diese Kräfte als Antrieb in den Werkstätten gebraucht werden mochten. Er war der Ingenieur des Gebietes, in dem er wohnte; er war eine Art Hansdampf in allen Gassen. Mit derselben Fertig-

keit vermochte er an der Drehbank, am Amboß oder an der Hobelbank zu arbeiten. In ländlichen Bezirken, fern von der Stadt, mußte er alle diese handwerklichen Betätigungen ausüben. So wurde er zu einem erfinderischen und ausgelassenen, umherstreifenden Gesellen, der überall Hand anlegen konnte. Wie andere wandernde Handwerker früherer Zeit zog er durch das Land, von Mühle zu Mühle, mit dem alten Spruch: ‚Kessel zu flicken‘, der sich hier aber auf die Bruchschäden an Maschinen bezog.

So war der Mühlenarzt des vergangenen Jahrhunderts ein umherziehender Ingenieur und Mechaniker, der hohes Ansehen genoß. Er konnte Axt, Hammer und Hobel mit gleicher Geschicklichkeit und Genauigkeit handhaben; er verstand zu drehen, zu bohren oder zu schmieden, so leicht und so schnell wie einer, der in einem dieser Handwerke ausgebildet worden war. Er vermochte die Riefen eines Mühlsteins aufzureißen und einzuschneiden mit einer Genauigkeit, die der des Müllers gleichkam oder sie sogar übertraf. Im allgemeinen war er ein tadelloser Rechner; er wußte einiges aus der Geometrie und Vermessungskunde. Er konnte Geschwindigkeit, Widerstandsfähigkeit und Kraft der Maschinen berechnen; er wußte



Risse und Schnittzeichnungen zu fertigen und verstand Häuser, Rohrleitungen oder Wasserrinnen zu bauen, von jeder Art und unter all den Bedingungen, welche die Praxis stellte. Er vermochte Brücken zu errichten, verstand Kanäle zu bauen und konnte vielerlei Arbeiten ausführen, die jetzt von Bauingenieuren geleistet werden. Von solcher Art waren die Männer, die in unserem Lande bis hin zur Mitte und zum Ende des vergangenen 18. Jahrhunderts den größten Teil der Maschinenbauten planten und ausführten. Es gab wohl nie eine nützlichere und selbständigere Menschengruppe als diese Mühlenbauer. Das ganze mechanische Wissen des Landes fand in ihnen seinen Mittelpunkt.“

Hatten es die Mühlenbauer und Kunstmeister mit mächtigen Räderwerken zu tun, die von der Mitte des 16. Jahrhunderts ab zum Teil schon aus Gußeisen hergestellt und durch stählerne Zähne verschleißfest gemacht waren, so beschäftigten sich die

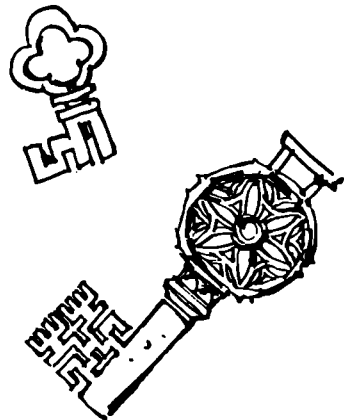
### Kleinschmiede und Kunstuhrenbauer

mit Räderwerken von kleinerer Abmessung, die aber deshalb nicht weniger bedeutend waren.

In den Händen der Kleinschmiede, Schlosser und Plattner lag die künstlerische Eisenarbeit im Mittelalter, und sie waren sicherlich die geschicktesten Metallhandwerker, die es gab. Noch heute erregen die von ihnen gebauten, höchst komplizierten Schlösser oder die eisernen Beschläge die größte Bewunderung.

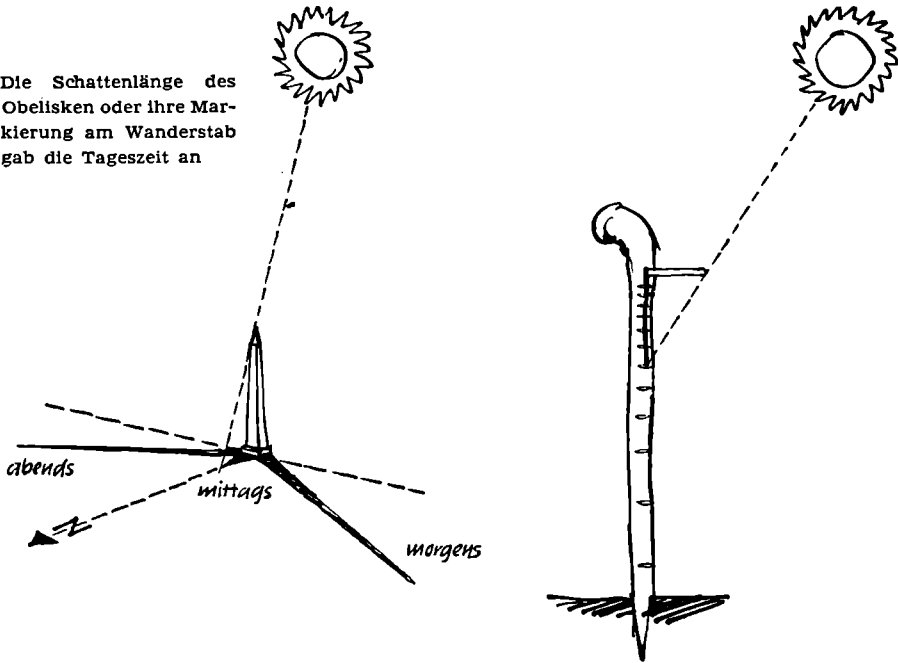
Ihre hohe Zeit begann jedoch erst, als sie sich auch mit dem Uhrenbau befaßten.

Das Bedürfnis, den zeitlichen Ablauf zu messen, bestand schon seit alters her, und je nachdem, wie hoch der Stand der materiellen und geistigen Kultur war, maß und bestimmte man ihn mehr oder weniger genau. Hatte es in älterer Zeit genügt, wenn man einfach den ungefähren Sonnen- oder Mondstand angab, um sich auf einen Zeitpunkt zu einigen, so genügte das bei zunehmender Teilung der gesellschaftlichen Arbeit schon bald nicht mehr. Man las den Sonnenstand genauer ab und maß die Schatten, die eigens dafür aufgestellte Säulen warfen. Solche „Sonnenuhren“ waren in allen alten Hochkulturen üblich.

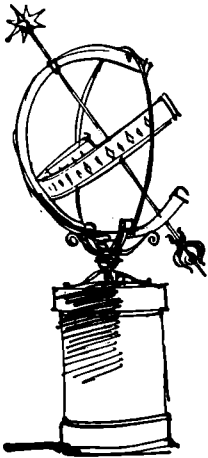


Kunstvoll wie die Schlösser – auch die Schlüssel

Die Schattenlänge des Obelisken oder ihre Markierung am Wanderstab gab die Tageszeit an



Der nächste Schritt zu noch größerer Genauigkeit war, daß man nicht die Länge des Schattens maß, sondern seine fast unmerkliche Wanderung entsprechend dem Wege der Sonne am Himmel. Der Schatten wurde gewissermaßen als Uhrzeiger benutzt und sein Weg in kleine Abschnitte eingeteilt, die man mit Ziffern markierte.



Sonnenuhr mit Schattenstab und Zifferblatt

Je vielfältiger — vor allem in den Städten — die Arbeit und das Leben wurden, um so ungenügender wurde aber die Sonnenuhr, die nicht einmal eine verlässliche Tagesuhr war, denn bei umwölktem Himmel versagte sie ihren Dienst.

Man suchte nach einer besseren Zeitmessung — eine neue Erfindung war notwendig geworden.

Das Wasser trug kein natürliches Zeitmaß in sich wie die Sonne. Aber die Beobachtung, daß das Wasser, wenn man es in einer bestimmten Menge aus einem bestimmten Gefäß durch eine bestimmte Öffnung ablaufen läßt, immer genau die gleiche Zeit braucht, führte wohl überall dazu, diesen stetigen Ablauf zur Zeitmessung zu benutzen. Noch heute — wo es doch längst keine Wasseruhren mehr gibt — sprechen wir vom Abfließen der Zeit. In China gab es bereits im Jahre 2700 vor unserer Zeitrechnung Wasseruhren. In Assyrien benutzte man sie um 600 vor unserer Zeitrechnung, und von da aus verbreitete sie sich wahrscheinlich über alle Mittelmeerkulturen.



Es gab die verschiedensten Systeme, und auch die Abschnitte, in die man von einem Sonnenaufgang bis zum nächsten die Zeit zergliederte, waren höchst unterschiedlich. Hinzu kam die Schwierigkeit, die längeren Sonnentage des Sommers und kürzeren des Winters gleichmäßig zu teilen. Denn daß ein Vierundzwanzigstel des Tages eine Stunde ist zu je sechzig Minuten, darauf begann man sich erst seit römischer Zeit, aber wahrscheinlich nach orientalischem Vorbild, zu einigen.

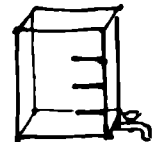
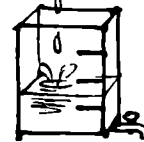
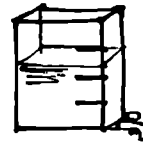
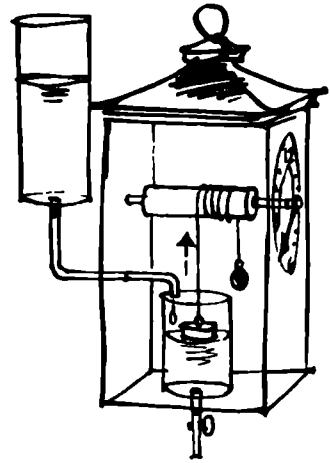
Am interessantesten sind vielleicht die Uhren, die mit kreisrundem Zifferblatt und sich drehendem Zeiger schon recht modern anmuten. Die Drehung wurde ohne alles Räderwerk auf folgende Weise erreicht:

Der Wasserspiegel eines kleinen Beckens steigt fast unmerklich an, weil aus einem höhergelegenen Behälter langsam Wasser zufließt. Auf dem Wasser im Becken schwimmt ein Stück Holz. Von diesem Schwimmer führt eine Schnur in die Höhe, die mehrfach um eine Welle gewickelt ist und an deren anderem Ende ein leichtes Gewicht herabhängt. So wie der Schwimmer langsam ansteigt, senkt sich das Gewicht auf der anderen Seite herab, und die Welle wird allmählich um sich selbst gedreht.

Alles das vollzieht sich in einem verschlossenen Behältnis. Von außen sind nur das Zifferblatt zu sehen und der Stundenzeiger, der, von der unsichtbaren Welle langsam gedreht, die Zeit angibt.

In Rom müssen solche Uhren ziemlich häufig gewesen sein. Wir wissen sogar von dem Wunsche des Römers Trimalchio, der ein ziemlicher Wichtigtuer gewesen sein muß, daß in die Mitte seines Grabmales eine Uhr gestellt werden sollte, „damit ein jeder, der die Stunde nachsieht, auch meinen Namen lesen muß, mag er nun wollen oder nicht“.

Wie so vieles, verschwand mit dem römischen Reich auch diese Kunstfertigkeit im Staub der Geschichte. Während in Europa der Bruder Glöckner die Zeit von der einen Andacht bis zum nächsten Messeläuten danach maß, wieviel Psalmen er inzwischen gelesen hatte — den Mönchen war es ja egal, wann er sie zum Gebet in die Kappelle läutete — wurde in Arabien der Uhrenbau weiterentwickelt.



Auch zu- oder ablaufendes Wasser diente zur Zeitmessung



799 erhielt Karl der Große vom Kalifen Harun al Raschid, demselben, den wir aus so vielen Märchen kennen, eine Uhr geschickt, die ihresgleichen im ganzen Abendland nicht hatte.

Eginhard, der schriftkundige und gelehrte Berater des Kaisers, berichtet uns:

„Abdallah, Gesandter des Königs von Persien, und zwei Mönche aus Jerusalem . . . die sich eines Auftrages entledigten, erschienen vor dem Kaiser. Die beiden Mönche, Georg und Felix mit Namen, brachten Karl einige Geschenke, die ihm der König von Persien sandte und die, außer anderen Dingen, in einer Uhr aus Gold bestanden, welche mit wundervoller Kunst ausgeführt war. Ein Gangwerk, welches von Wasser betrieben wurde, zeigte die Stunden an, und diese wurden noch verkündet durch eine gleiche Anzahl kleiner eherner Kugeln, die in ein kupfernes Becken fielen. Am Mittag sprengten 12 Reiter aus ebenso vielen Türen, die sich hinter ihnen schlossen, hervor. Noch andere wunderbare Dinge waren an dieser Uhr, doch würde es zuviel Zeit nehmen, von ihnen hier zu sprechen. Sie wurde dem Kaiser dargebracht in seinem Palast in Aachen.“

So wie das fließende Wasser, wurde der rinnende Sand ebenfalls schon im alten Griechenland zur Zeitmessung benutzt. Unsere Eieruhr hat also eine sehr lange und ehrwürdige Geschichte.

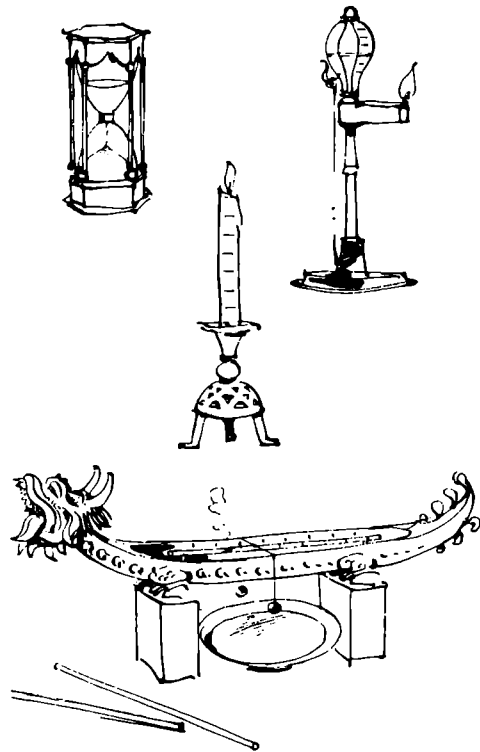
Für die Nacht gab es brennende Kerzen, an deren Gradeinteilung man ablesen konnte, wieviel von der Nacht vergangen war.

In China hatte man langsam brennende Glimmstäbe, die so über ein ausgehöhltes kleines Drachenboot gelegt wurden, daß man von den an der Bordwand befindlichen Markierungen die Zeit ablesen konnte. Auch als Wecker verrichteten diese Uhren ihre Dienste. Ein Faden, der Metallkugelchen an beiden Enden hatte, wurde an der Stelle, die den Zeitpunkt anzeigte, zu dem man geweckt sein wollte, quer über das Schiffchen gelegt. Zur richtigen Zeit verbrannte der Faden, und die Kugelchen fielen in eine lauttönende kupferne Schale.

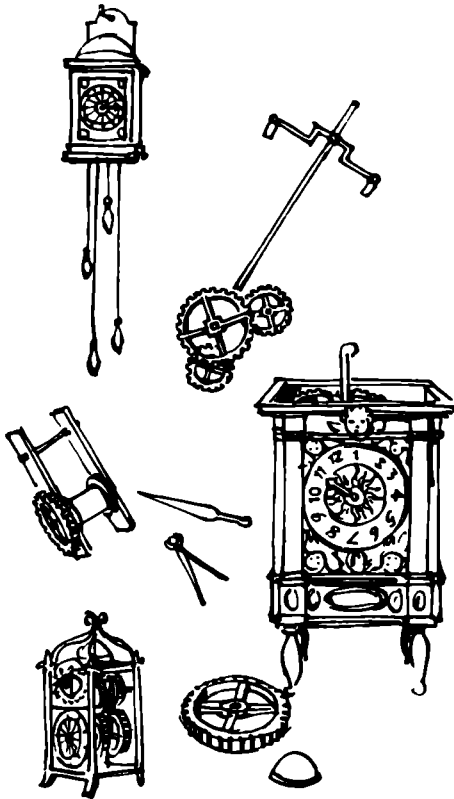
Seit Beginn des zweiten Jahrtausends unserer Zeitrechnung ist nun versucht worden, mit Räderwerken und Gewichten etwas Besseres an die Stelle des Sonnenstrahls und des Wasserfadens zu setzen. Es war zu beschwerlich, die Wasseruhren in Gang zu halten. Im alten China, in Ägypten oder Rom waren eigens Staatsbeamte, Priester oder Sklaven zur Überwachung der Uhren angestellt. Sie mußten sehen, daß das Wasser immer wieder erneuert oder umgefüllt wurde, daß nicht zuviel verdunstete, sich keine Sandkörnchen in die Abflußröhrchen setzten oder sonstige Störungen den Lauf hemmten, was oft genug eintrat. Sonnen-, Wasser- und Sanduhren entsprachen nicht mehr den wachsenden Bedürfnissen nach zuverlässigerer Zeiteinteilung.

Der Antrieb eines Zeigers durch ziehende Gewichte lag nahe. Aber wir wissen ja, was geschieht, wenn ein Gewicht an einem Faden über eine Rolle läuft: Es schnurrt im Nu herunter und fällt, so tief es kann. Im Handumdrehen hat sich die Lageenergie in Bewegungsenergie umgesetzt, aber sie ist nicht zu gebrauchen, um einen Zeiger hübsch gemächlich, innerhalb einer Stunde, von einer Zahl auf die andere zu bewegen.

Der Fall des Gewichtes mußte also gehemmt werden, so daß eine gleichmäßige beständige Drehbewegung erreicht wurde. Und das war kompliziert. Viele



Rieselnder Sand, brennende Kerzen oder Glimmstäbe waren „Uhren“, weil sie im gleichbleibenden Maße ihre Lage oder ihre Länge veränderten



Gewichtsräderuhren mit Schlagwerk, wie sie als Wand- oder Standuhren um die Mitte des 16. Jahrhunderts in Italien hergestellt wurden

Schlosser und Mechaniker mögen sich mit dem Problem befaßt haben, wie man das Räderwerk zwingen konnte, ganz kurze Schritte zu machen, wie man den begonnenen Gang des Werkes immer wieder aufheben, hemmen und aufs neue beginnen lassen konnte.

Die älteste Hemmung, auch Gangregler genannt, war die „Waag“, ein hin- und herschwingender Stab, der jedesmal, wenn er das Kronrad zum Weiterrücken eines Zahnes freigab, den Zug des Gewichtes hemmte, sofort aber beim Zurückschwingen das Zuggewicht wieder freigab und es von neuem hemmte, wenn er den nächsten Zahn des Kronrads durchschlüpfen ließ. Das ziehende Gewicht konnte also nicht mehr einfach abrollen, es mußte gegen eine Hemmung arbeiten, und ein langsamer und gleichmäßiger Gang kam in das Räderwerk. Der Gangregler wurde immer mehr verbessert und

abgewandelt, so daß sich die Zuverlässigkeit der Uhr erhöhte.

In den Regeln der Mönche des Zisterzienserordens aus dem Jahre 1120 wird den Sakristanen vorgeschrieben, daß sie dafür zu sorgen haben, „daß die Uhr vor der Frühmesse schlage und wecke“. Ob diese Bemerkung als Beweis dafür ausreicht, zu behaupten, diese Uhren seien bereits Gewichtsuhren mit Schlagwerk gewesen, möchten wir bezweifeln. Manche Forscher allerdings deuten diesen Hinweis so, und sie verlegen das Aufkommen der Räderuhren in Europa in diese Zeit.

Wir haben demgegenüber gesehen, daß Wasseruhren ebenso zu schlagen und zu wecken vermochten und daß sie der beständigen Wartung und Beaufsichtigung bedurften, damit sie ihrer Pflicht wirklich nachkamen. Die Sorge für Uhren solcher Art konnten die Sakristane recht gut tragen, die Uhren mit Räderwerk hingegen brauchten zunächst weit fachkundigere Hände, als sie die Sakristane besessen haben dürften.

Heinrich von Wiek, ein deutscher Uhrmacher, der 1334 bis 1370 lebte, baute für den französischen König Karl V. eine Gewichtsuhr mit Schlag-

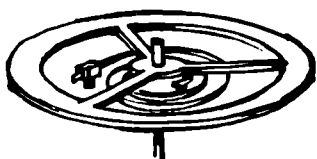
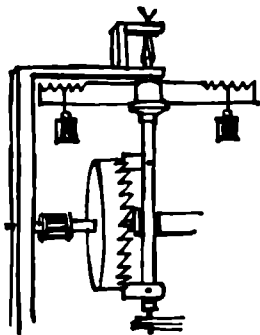
werk. Er arbeitete acht Jahre lang an ihr, und als sie dann vom Turm des königlichen Palastes in Paris die Stunden vermeldete, bedurfte sie noch so sehr der beständigen Aufsicht und Pflege, daß der Uhrmacher ein Zimmerchen im Turm bewohnen mußte, damit er immer zur Hand war. Dafür empfing er den „königlichen“ Lohn von 6 Sous pro Tag. Heinrich von Wiek und sein französischer Schüler Jean Jouvans waren die ersten uns namentlich bekannten Uhrmacher. In den folgenden Jahrhunderten befaßten sich immer mehr Kleinschmiede und Schlosser mit dem Uhrenbau. Vornehmlich wurden Turmuhren gebaut, und vor allem die Nürnberger und Augsburger Meister erwarben sich einen hohen Ruf als Kunstuhrenbauer. Manche der astronomischen Kunstuhren mit Figurenumlauf, Glockenspiel, krähenden Hähnen, mit der Angabe von astronomischen Daten,



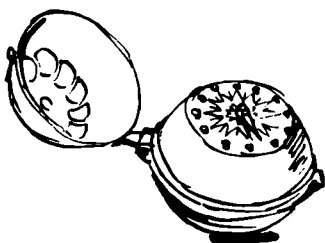
der Zeiten des Sonnen- und Mondauf- und -unterganges und des Laufes der Gestirne waren hervorragende Meisterwerke. Die Berechnungen der Kalenderscheiben, die auf viele Jahrzehnte im voraus erfolgen mußten und die auch die Schaltjahre zu berücksichtigen hatten, waren großartige wissenschaftliche Leistungen.

Betrachtet man das Herz einer solchen Uhr, so gerät man in Verwirrung, denn jede außen sichtbar werdende Zeigerstellung, jede Zahlenangabe, jedes Symbol und jedes Bild wird ja von einem eigenen Rad im Innern bewegt, während manche, wie die Räder, die den Sonnen- und Mondzyklus angeben, in ein paar Dutzend Jahren nur eine einzige Umdrehung machen, laufen andere wieder ganz schnell.

Wir hüten in Rostock eine solche mittelalterliche astronomische Uhr als ein besonderes Wahrzeichen der alten Handwerkskunst. Sie ist eine der wenigen, die in Deutschland noch erhalten und im Gange sind.



Waaguhr mit Schwingungsfeder



Nürnbergel mit einem Zeiger

Um 1500 erfand der Nürnberger Peter Henlein, Schlosser und „Horelmacher“ oder „Orelmacher“, wie die Uhrenbauer nun hießen, die tragbare Uhr, die Taschenuhr. Das hatte zur Voraussetzung, daß das ziehende Gewicht wegfiel und eine neue Art der Ganghemmung gefunden war.

Die alte Waag als Ganghemmung war tatsächlich für kleinere Uhren schon weggefallen, man hatte das kurze Wagstäbchen zum Ring zusammengebogen. Mit einer Schwingungsfeder, die sich bei jedem Hin- und Herschwingen des Rädchens spannte und das unruhige Ding in ruhige Mittellage zu bringen versuchte, wurde das Rädchen — Unruh genannt — so selbständig gemacht, daß es zu einem noch genaueren Regulator des Ganges wurde.

Peter Henlein benutzte als Schwingungsfeder für die Unruh eine Schweinsborste. Im Antrieb des Uhrwerkes selbst ersetzte er das Zuggewicht durch eine Spiralfeder — eine Zugfeder. Und das war eine wirklich großartige Sache. Die Kraft der aufgezogenen, gespannten Stahlfeder, in kleinsten Portionen auf das Räderwerk des Uhrleins übertragen, sorgte für einen sicheren und gleichmäßigen Gang der Uhren. Allerdings werden die ersten „Nürnberger Eyerlein“ noch nicht gleich genau gegangen sein, obwohl sie Henlein schon 1511 so weit

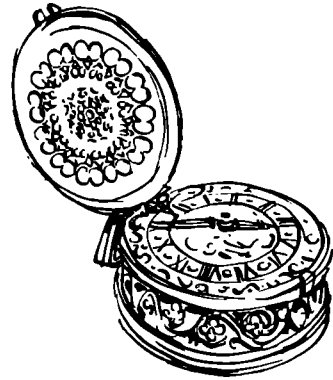
ausgebildet hatte, daß sie vierzig Stunden hintereinander gingen und auch schlugen, „gleichviel, ob sie im Busen oder in der Geldbörse getragen werden“.

Übrigens: Die Bezeichnung „Nürnberger Eyerlein“ beruhte auf einem sprachlichen Mißverständnis. Wahrscheinlich wurde das in Franken für Uhren gebräuchliche „Örlein“ durch des Dialektes Unkundige in „Eyerlein“ und schließlich in „Eier“ umgewandelt. Peter Henleins Uhren hatten die Form flacher runder Dosen. Erst später — wahrscheinlich um die durch den sprachlichen Irrtum entstandenen falschen Vorstellungen nun auch zu erfüllen — wurden in Nürnberg Uhren in Eiform hergestellt.

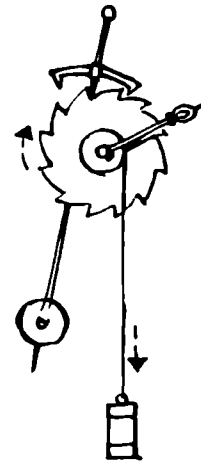
Mit der weiteren Entwicklung des Uhrenbaues sind viele Generationen tüchtiger Handwerker verbunden, die sich eine immer größere Arbeitsfertigkeit erwarben, sich Werkzeuge und Werkstatteinrichtungen schufen, die ihrer komplizierten Tätigkeit immer besser angepaßt waren. Aber nicht nur Handwerker, sondern auch Gelehrte, wie Galilei, der die immer gleichmäßige Schwingung des Pendels entdeckte, und Huygens, der die Pendelhemmung erfand und damit der noch heute üblichen Pendeluhr den Weg bereitete, wirkten auf diese technische Entwicklung ein. Huygens war, wie Galilei, ein Naturforscher, der sich mit Physik, Mathematik und Astronomie beschäftigte.

Die Astronomie war zu einem besonderen Brennpunkt der Auseinandersetzung unter den Gelehrten geworden. Kopernikus hatte durch seine Lehre die alten Vorstellungen von der Erde als dem unbewegten Mittelpunkt der Welt, um den sich alles dreht, erschüttert. Er behauptete, daß die Erde nur ein Planet unter den Planeten des Sonnensystems ist und sich, gleich ihnen, um die Sonne bewegt. Johannes Kepler bewies dann, daß sich diese Umläufe auf elliptischen Bahnen vollziehen.

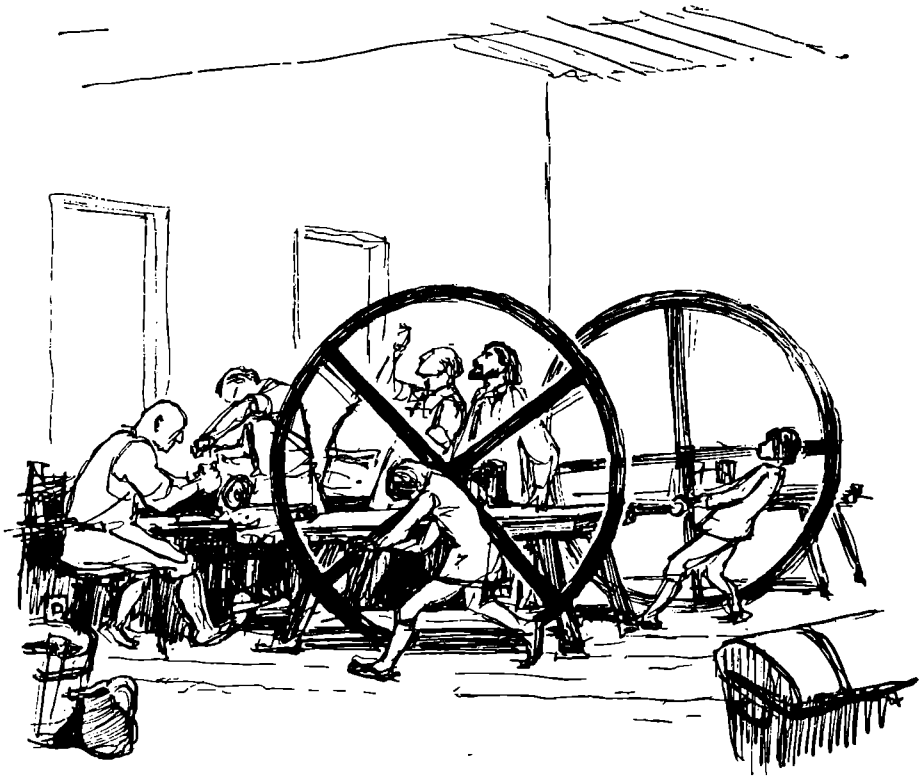
Damit war die Ausnahmestellung der Erde unterm Himmelsgewölbe beseitigt, das Fußschemelchen Gottes war umgestürzt, und die biblische Schöpfungsgeschichte war als das zu erkennen, was sie in Wahrheit ist: eine Vorstellung über die Entstehung der Erde aus jener vorwissenschaftlichen Zeit, als der Mensch die Zusammenhänge in der Natur zwar



Nürnberg Ei um 1650



Die Huygenssche Pendelhemmung



noch nicht ergründen konnte, aber sich doch ein begreifbares Bild von ihnen zu machen, sie zu erklären versuchte.

Natürlich betrachtete die Kirche dieses revolutionäre neue Weltbild als einen Angriff auf die Grundfesten ihres Glaubens. Sie ließ die Anhänger des Kopernikus verfolgen; Giordano Bruno wurde auf dem Scheiterhaufen verbrannt, und Galileo Galilei siechte im Gewahrsam der Inquisitoren dahin. Überall waren aber trotzdem mutige Gelehrte dabei, die Richtigkeit der neuen Theorie durch Beweise zu erhärten.

Den Astronomen kam dabei das um 1600 von niederländischen Glaschleifern erfundene Fernrohr zu Hilfe. Vor ihren Augen häuften sich nun in der Tiefe des sich erschließenden Sternenhimmels die Beweise für das neue astronomische Weltbild, und ein wahrer Entdeckerrausch kam über die Gelehrten.

Hatte ein technischer Behelf — das Fernrohr — die Wissenschaft ungemein befruchtet, so entstanden nun im Dienste dieser auf eine neue Stufe gehobenen Wissenschaft wiederum neue technische Mittel, die dann allgemein die Technik beeinflussten. Denn jetzt wurden neben den immer weiter verbesserten optischen Instrumenten von den Astronomen auch neue Meßinstrumente gebraucht. Eines davon war die Uhr.

Die astronomischen Beobachtungen erforderten genaueste Messungen des Zeitablaufs. Und solche Messungen waren mit Huygens' Pendeluhr und seiner neuen Spindelhemmung möglich geworden.



Da aber in zunehmendem Maße auch die Seeleute sich der astronomischen Instrumente bedienten, das heißt, den Standort des Schiffes nach der geographischen Breite und Länge durch Beobachtung der Gestirns Höhen bestimmten, mußten sie, wenn sie das „Besteck“ nahmen, über genau gehende Uhren verfügen. Mit der Pendeluhr, die fest und unverrückbar stehen und nach Möglichkeit gegen klimatische Einflüsse abgeschirmt sein muß, wenn sie verläßlich funktionieren soll, konnten die Seeleute natürlich nichts anfangen. Der Bau von Schiffschronometern wurde deshalb zu einer vordringlichen Aufgabe.

Huygens hatte die Unruhe bereits so weit verbessert, daß er an die Stelle der Schwingungsfeder, die bei Henlein aus einer Schweinsborste bestand, eine kleine stählerne Spiralfeder setzte. Damit war die Gangsicherheit und Genauigkeit schon beträchtlich erhöht worden. Später, als die Pariser Akademie und das englische Parlament hohe Preise für den Bau von einwandfrei arbeitenden Seeuhren aussetzten, machten sich die begabtesten Uhrmacher daran, diese Aufgabe zu lösen.

Dem Engländer John Harrison gelang es nach vierzigjähriger Arbeit, im Jahre 1761 eine Uhr herzustellen, die nach halbjähriger stürmischer Seereise nur eine Abweichung von einer Minute und dreißig Sekunden aufwies. Dafür erhielt er den Preis des englischen Parlaments, allerdings nur zur Hälfte, nämlich 10 000 Pfund Sterling statt der ausgesetzten 20 000, weil die Uhr eben doch nicht die Genauigkeit gezeigt hatte, die als Bedingung gestellt war.

Die hohen Anforderungen an die Präzision der Uhren bewirkten, daß diese kleinen Wunderwerke von den Uhrmachern und den Instrumentenbauern immer weiter vervollkommnet wurden und sich allmählich auch für den allgemeinen Gebrauch durchsetzten.

Die Kenntnisse in der Mechanik nahmen zu, und die Anwendung der Gesetze von Kraft und Bewegung, die man gefunden hatte, erlangte immer größere Bedeutung. Manche Wissenschaftler gingen sogar so weit, daß sie nun alles mit der Mechanik zu erklären versuchten.

Der französische Philosoph Lamettrie verstieg sich in seinem Buch „Der Mensch — eine Maschine“ zu der Behauptung, auch der Mensch sei gar nichts anderes als ein Mechanismus.

Wie nahe also mußte für viele der Gedanke liegen, daß ein solcher Mechanismus künstlich geschaffen werden konnte, wenn man sich nur die rechte Mühe gab und am lebenden Menschen genau studierte, wie bei ihm die „Mechanismen“ funktionierten.

In früherer Zeit, lange bevor diese philosophische Ausdeutung der Mechanik aufkam, hatten geschickte Bastler schon versucht, bestimmte Lebensäußerungen mechanisch nachzuahmen.

In den Palastgärten des alten Arabien soll es künstliche Vögel gegeben haben, die auf den Zweigen saßen, zwitscherten und mit den Flügeln schlugen. Heron von Alexandrien beschrieb und baute automatische Theater mit tanzenden Figuren und betrieb allerlei pneumatische und

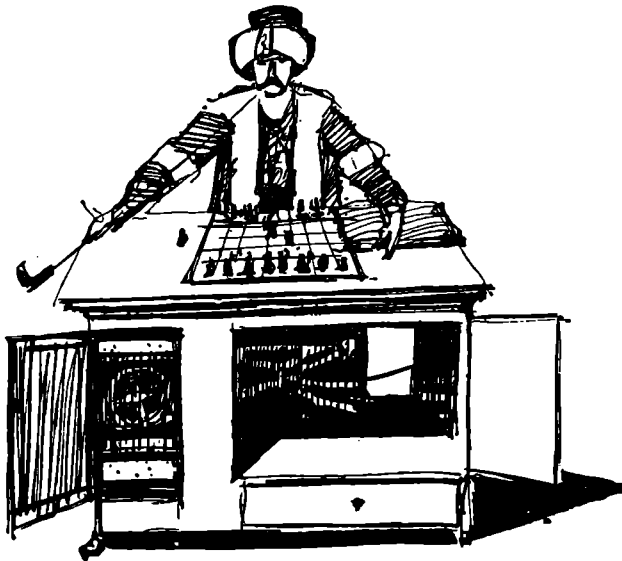
wasserbetriebene Wunderwerke. Archytos von Tarent soll eine hölzerne Taube gebaut haben und Ptolemäus Philadelphos sogar künstliche Menschen. Im Mittelalter muß es von solchen Kunstfiguren, die man

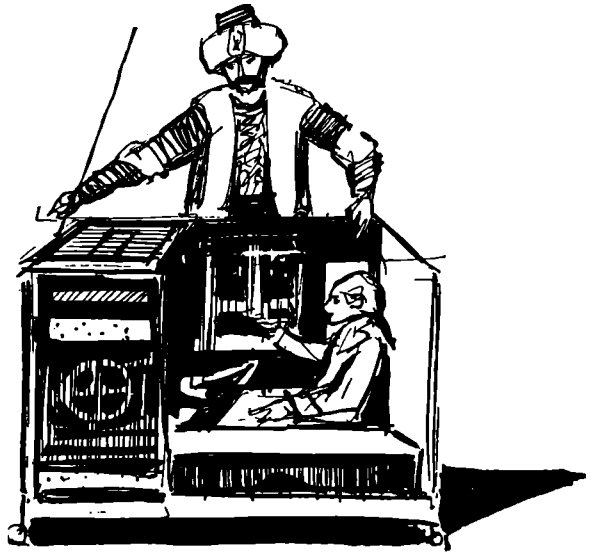
### „Androiden“

nannte, geradezu gewimmelt haben, wenn man den legendären Geschichten glauben will, die da von Geschöpfen aus Holz, Metall, Leder, Wachs und Glas handeln. Genaueres aber wissen wir aus dem 18. Jahrhundert, der Zeit also, zu der die Mechanik in hohe Blüte kam. Die Androidenbauer feierten wahre Triumphe. Es gelang ihnen, durch vollendete Mechanismen Bewegungen des Lebens so kunstvoll nachzuahmen und Stahlfedern, Drahtzüge, Hebel, Walzen, Blasebälge und Pfeifen so geschickt in ihre Androiden einzubauen, daß bei manchen sicherlich nicht sofort zu entscheiden war, ob man die genial erdachte Mechanik bewundern oder sich über den Betrug entrüsten sollte.

Im Stiefel manch eines hölzernen Riesenkerls, der als Weltwunder in der überfüllten Jahrmarktsbude gezeigt wurde, mag ein Zwerglein gesteckt haben, das für den Holzkopf rechnete oder die Drahtzüge bewegte.

Als der Freiherr von Kempelen mit seinem „schachspielenden Türken“, einer lebensgroßen Puppe, die hinter einem Schachbrett saß und beinahe gegen jeden Spieler gewann, viel Aufhebens machte, erschienen gelehrte Abhandlungen, die in den höchsten Tönen priesen, daß es der aufgeklärten Menschheit nun wirklich gelungen sei, ein denkendes Räderwerk zu





erfinden. Aber auch in dieser Puppe war ein lebendiger Mensch verborgen — allerdings soll es schwer gewesen sein, ihn zu entdecken.

Daß die künstlichen Menschen soviel Aufmerksamkeit erregten und Beifall fanden, wird nicht zuletzt darauf zurückzuführen sein, daß sich die Menschen künstliche Helfer, dienstbare Geister wünschten, die an ihrer Stelle die schwere Arbeit leisteten. In den Märcen aller Völker kommt dieser Wunsch zum Ausdruck, und überall gibt es nicht nur Heinzelmännchen und hilfreiche Gnomen, sondern auch solche wunderbaren Dinge wie das Tischleindeckdich, die immerzu mahlende und backende Wundermühle und Zauberstäbe, mit denen man Berge versetzen kann.

An einem Beispiel, das uns das Leben und die Arbeit von Jacques de Vaucanson liefert, können wir sehen, wie solche Wünsche zu erfüllen waren. Er galt als einer der berühmtesten Androidenbauer. Seine künstliche Ente vollführte nahezu alles, was ihre lebenden Schwestern konnten: mit den Flügeln schlagen, watscheln, schnattern und sich putzen, sie pickte Haferkörner aus der Hand und „verdaute“ sie sogar — solange das „lebenspendende“ Federwerk lief.

Er baute einen lebensgroßen Flötenspieler, „echt“ bis zu den Haarspitzen, der zwölf Stücke zu blasen vermochte, oder eine Mandolinenspielerin, die gar anmutig die Saiten zupfte.

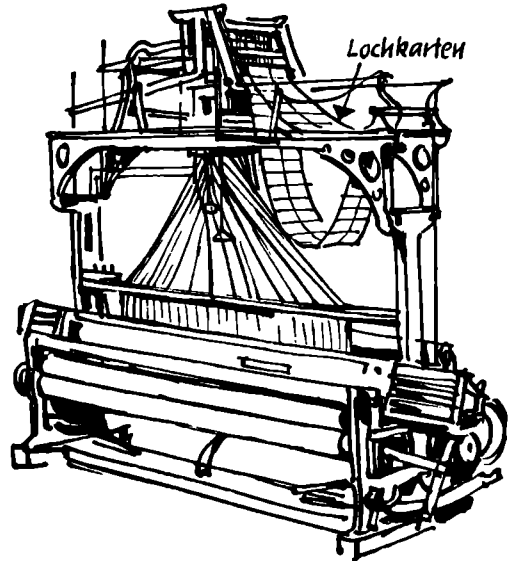
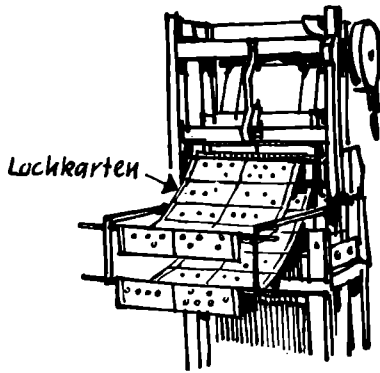
Vaucanson wurde zum Ehrenmitglied der französischen Akademie der Wissenschaften ernannt, und als er 1782 starb, wurde er als der hervorragendste Mechanikus seiner Zeit betrauert. Und das war er tatsächlich, ja, er verdient heute noch unsere Anerkennung, weil er nämlich auch einen mechanischen Webstuhl konstruierte, der so gebaut war, daß — entsprechend einer gelochten Musterrolle — der Webstuhl das Muster von selbst in das Webstück eintrug. Aber die Arbeit am Webstuhl ließ er liegen, die Androiden interessierten ihn mehr.

Es war Joseph Jacquard, ein ebenso geschickter Mann, der sich 1805 dieses Webstuhls annahm, weil er als Seidenweber wohl mehr Interesse daran hatte als Vaucanson, daß durch Maschinenwerk die Arbeit des Menschen wirklich vereinfacht werden konnte. Jacquard entwickelte den berühmten Musterwebstuhl, der nun in den französischen Seidenmanufakturen zur Massenherstellung durchgemusterter Stoffe angewendet wurde.

Auch die Schweizer Pierre und Henri-Louis Droz zählten zu den berühmten Androidenbauern. Sie sorgten für eine ganze Reihe technischer Sensationen. Über eine ihrer Vorführungen in Paris konnte man 1755 in der Vossischen Zeitung lesen:

„Eine Figur stellt ein Kind von zwey Jahren vor, es sitzt an einem Tische und schreibt an einem Pult. Es tunket seine Feder selbst in die Dinte, sprützt den Überfluß weg, und schreibt deutlich und correct alles, was man ihm vorsagt, ohne daß es von einer Person angeführt wird. Es setzt die Anfangsbuchstaben an den rechten Ort, und läßt zwischen den Worten den gehörigen Raum. Wann es eine Linie zu Ende hat, dann fängt es die folgende an und beobachtet auch die gehörige Entfernung zwischen den Linien. So lange es schreibt, wendet dasselbe die Augen auf sein Werk, wann es aber einen Buchstaben oder ein Wort beendigt hat, dann wirft es die Augen auf eine Vorschrift, wo es die Charactere nachzuahmen scheint. Ein anderes zeichnet und trägt nach den ersten Umrissen den Schatten auf, es verbessert auch die Unvollkommenheiten seines Werkes und sieht vollkommen natürlich, auch in allen Bewegungen aus. Eine Mädchenfigur von zehen bis zwölf Jahren spielt gut auf einem Flügel.“





Aus der Jacquardmaschine, die auf jeden Handwebstuhl aufgesetzt werden konnte, wurde später der mechanische Jacquardstuhl

Als Henri-Louis Droz mit den Automaten von Frankreich über England nach Spanien ging, um sie auch dort vorzuführen, geriet er 1786 in die Fänge der Inquisition. Er mußte lange im Kerker sitzen, weil die „Richter“ mit ihren geringen technischen und geistigen Fähigkeiten nicht zu begreifen vermochten, daß diese Automaten keineswegs „gotteslästerliche Machwerke des Teufels“ waren, sondern Menschenwerk. Nach seiner endlichen Freilassung starb er, gebrochen an Leib und Seele, 1791 in Neapel.

Vater Droz war aber nicht nur ein Androidenbauer, er wird auch heute noch in hohen Ehren gehalten, weil er in der Schweiz die Uhrenmanufakturen ins Leben rief.

Wir hätten über diese abseitigen Spielereien der Mechaniker nicht gesprochen, wären ihre „Kunstprodukte“ nur als Kuriositäten der Technik anzusehen. In ihnen steckt aber doch ein wenig mehr. Es bedurfte der Anwendung des gesamten mechanischen Wissens der Zeit, der höchsten handwerklichen Fertigkeiten und viel technischer Phantasie, um durch Mechanismen die Lebenstätigkeit des Menschen so vollkommen nachahmen zu können.

Obwohl diese Androiden freilich nicht nützlich zu werden vermochten, waren sie von Nutzen in dem Sinne, daß ihre Mechanik — und häufig auch die phantasievollen Mechaniker selbst — Anregungen dafür gab, wie man Mechanismen schaffen konnte, die zwar keine äußere Ähnlichkeit mehr mit Lebewesen hatten, die aber dafür in der Arbeit nützlich

wurden. Auch durch die Maschinen, die webten und spannen, die Wolle krepelten und Zylinder ausbohrten, wurde ja eine bestimmte, immer wiederkehrende Bewegung des Menschen auf einen Mechanismus übertragen.

Wir sahen, in wie vielen Handwerken die Menschen höchste Fertigkeiten erlangten und wie groß ihre Arbeitsgeschicklichkeit und -genauigkeit werden mußten, bevor Erfindungsideen für Dampfmaschinen, neue Textilmaschinen und Werkzeugmaschinen entstehen und mit Erfolg in die Praxis umgesetzt werden konnten.

In ihnen stecken die Fortschritte der alten Kunstmeister und Mechaniker, der Uhrmacher und Schmiede, in ihnen vereinigten sich tatsächlich die Schöpferkraft, das Wissen und der Einfallsreichtum des ganzen werktätigen Volkes. Es bedurfte einer Fülle geschickter Arbeiter, damit — wie es der Fall war — innerhalb kurzer Zeit diese Maschinen in so großer Anzahl hergestellt werden konnten.

Als aber diese neuen Maschinen geschaffen waren und immer mehr Fabriken entstanden, da explodierten Sprengladungen unter den Kesseln der Dampfmaschinen, gingen Fabriken in Flammen auf und wurden Werkstätten zertrümmert, in denen solche neuen Maschinen hergestellt wurden. Maschinenstürmer traten auf! Menschen, die gegen das Vordringen dieser neuen technischen Kräfte ankämpften.

## KETTE UND SCHUSS

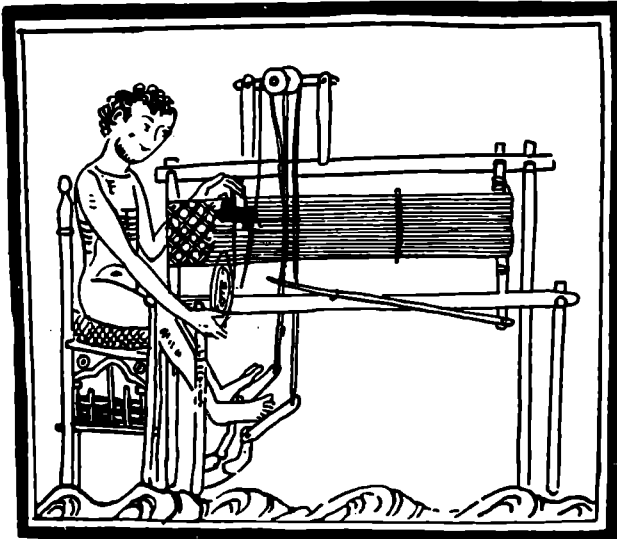
Der Handwebstuhl — Spinnen am Abend — Die Handwerker des Mittelalters — Das Bedürfnis, Maschinen zu erfinden — Mehr und schneller — Vermählung von Dampf und Baumwolle — Maschinenstürmer — Der Arbeitstag der Lohnsklaven

### Der Handwebstuhl

auf dem mit Kettfäden und Schußfäden die Gewebe hergestellt wurden, hatte durch die Jahrhunderte kaum eine Veränderung erfahren.

Wie fast alle Produktionsinstrumente, waren auch Webstuhl und Spinnrocken im frühen Mittelalter nicht über den Stand der Technik des Altertums hinausgekommen. In den Fronhöfen der Feudalherren mußten Frauen und Kinder — wenn sie auf dem Felde nicht unbedingt gebraucht wurden — spinnen. Denn das Garn von einem Dutzend Spinnerinnen war nötig, wenn ein Weber voll beschäftigt sein sollte.

Gesponnen wurde noch immer auf dieselbe Weise wie in der jüngeren Steinzeit. Unter dem linken Arm hielt man einen Stock festgeklemmt, den Rocken, auf den ein Bausch Wolle oder Flachs gebunden war. Mit den Fingern der linken Hand wurden die Fasern so zurechtgezupft, daß sich



Trittwebstuhl mit zwei Schäften. Zeichnung aus einer Handschrift des 12. Jahrhunderts

ein zusammenhängender Strang ergab, der durch die rechte Hand geführt wurde. Am Anfang dieses Stranges hing die Spindel, ein kurzer Holzstab, der unten mit dem runden Spinnwirtel aus Ton oder Zinn beschwert war.

Zwischen den Fingern der rechten Hand wurden Faserstrang und Spindel so gedreht, daß sich allmählich der Strang zum Faden auszog und zugleich zusammendrehte zum Garn. Dabei wurde die Drehbewegung durch den kreisenden Spinnwirtel verstärkt.

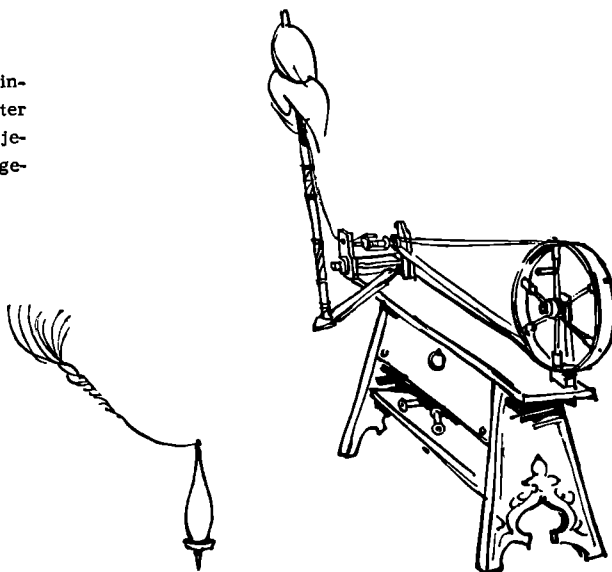
Am Prinzip dieses Vorgangs veränderte sich nichts, als im 13. Jahrhundert das wahrscheinlich in Indien erfundene Handspinnrad in Mitteleuropa eingeführt wurde. Bisher mußte man jedesmal, wenn die Spindel mit dem Garn den Fußboden erreicht hatte, mit Spinnen aufhören und das Garn erst auf die Spindel wickeln, damit sie wieder, knapp unter der rechten Hand hängend, durch ihr ziehendes Gewicht beim Spinnen mitwirken konnte. Jetzt wurde während des Spinnens das Garn durch das die Spindel drehende Rad aufgewickelt.

Schon Leonardo da Vinci hatte sich Gedanken über die Verbesserung dieses Handspinnrades gemacht. Er wollte das Rad durch einen Fußantrieb bewegen lassen, und er schlug auch eine hölzerne Gabel oder

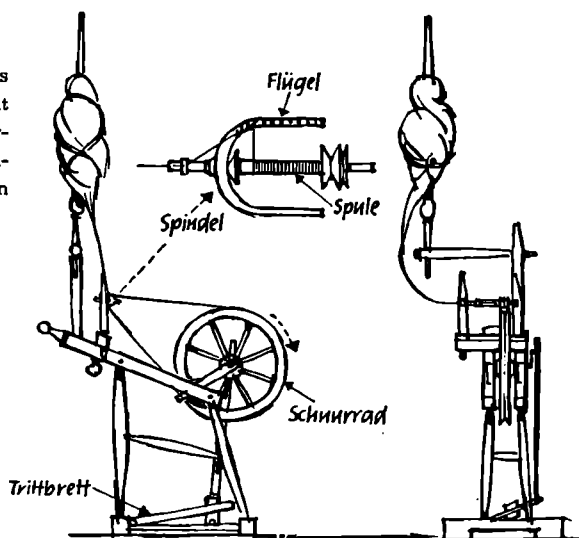




Neben der einfachen Handspindel benutzte man im Mittelalter das Handspinnrad, mit dem jedoch lediglich der Faden aufgewunden wurde



Ein großer Fortschritt war das um 1500 von Johann Jürgens mit Trittbrett und Flügelspindel versehene Spinnrad, mit dem ununterbrochen gesponnen werden konnte



eine Flügelspindel vor, mit deren Hilfe sich das Garn von selbst in gleichmäßigen Fadenwicklungen auf die Spindel legen würde, ohne daß die Hand die Wicklung führen mußte. Erst im 16. Jahrhundert setzte sich dieses so verbesserte Spinnrad als sächsisches Spinnrad durch.

Jetzt konnte auf vier oder fünf Spinnrädern so viel Garn hergestellt werden, wie auf einem Webstuhl verarbeitet wurde. Noch immer mußten freilich die Mägde in den Gutshöfen oder in den königlichen Spinnstuben bis in die Nacht hinein die Spinnräder schnurren lassen.

## Spinnen am Abend

sei erquickend und labend, hieß es. Wer hingegen am Morgen bereits am Spinnrad saß, hatte Kummer und Sorgen, denn er spann, um damit sein Brot zu verdienen.

Und wer allein aufs Spinnen angewiesen war, verdiente wahrlich kaum das Salz zur Suppe.

Früher hatte auf den alten Fronhöfen, auf denen die leibeigenen Bauern fronen, das heißt für den Feudalherren unentgeltlich arbeiten mußten, eine selbstgenügsame Naturalwirtschaft geherrscht, weil alles, was gebraucht wurde, an landwirtschaftlichen oder handwerklichen Erzeugnissen, selbst hergestellt wurde. Jetzt hatten sich diese Fronhöfe in junkerliche Gutshöfe verwandelt.

Die Bauern waren zwar immer noch zu bestimmten Fronarbeiten im Hof und auf den Feldern des Grundherrn verpflichtet, aber in der Hauptsache mußten sie aus ihren bäuerlichen Wirtschaften die vom Feudalherrn geforderten Naturalabgaben leisten. Und das war viel. Nicht nur Getreide und Gemüse, Geflügel und Fleisch verlangten die Junker, sie wollten auch Flachs und Wolle oder Häute und Weine.

Natürlich verbrauchten sie das nicht alles für sich, sie verkauften es an die Händler, die aus den Städten kamen und die ihnen dafür Luxuswaren, Geschmeide, Seide, Teppiche, schöne Waffen oder edle Pelze anboten.

Aus der Naturalwirtschaft war die Warenwirtschaft geworden.

Das Geld, für das man alles kaufen konnte, spielte nun eine große Rolle für die Fürsten und Grafen, die großen und kleinen Adelsherren, Äbte und Bischöfe, die wie die Raubvögel in ihren Burgen, Schlössern, Gutshöfen oder in den Klöstern hockten und sich auf alles stürzten, was klingende Münze versprach.

Sehr bald wollten sie von den Bauern nicht mehr nur die Abgaben in Form von Produkten, sie wollten auch bares Geld.

So wuchs die Ausbeutung der Bauern mehr und mehr und wurde schließlich so unerträglich, daß es allerorts zu Bauernaufständen kam. Mochten dann die Feudalherren untereinander auch eben noch im Kriege gelegen haben, weil einer dem anderen Land oder eine Stadt abjagen wollte, so verbündeten sie sich sofort, wenn die Bauern sich erhoben, und gingen gemeinsam mit ihren Ritter- und Söldnerhaufen gegen sie vor.

Immer wieder, ob in Rußland oder Frankreich, in England oder Deutschland, standen die Bauern auf gegen ihre Unterdrücker und forderten den ihnen ehemals geraubten Boden zurück, forderten die Abschaffung der Frondienste und Abgaben sowie die Beseitigung aller Vorrechte der herrschenden feudalen Klasse. Dann gingen Gutshöfe und Klöster, Schlösser und Burgen in Flammen auf, und mitunter gelang es den mit



Dreschflegeln, Sensen und nur wenigen Armbrüsten kämpfenden Bauernheeren, weite Landesteile zu befreien und die wohlgerüsteten Söldner und Ritter zu vertreiben.

Die kämpfenden Bauern waren vor allem dann erfolgreich, wenn die Handwerksgesellen in den Städten, die armen Berg- und Hüttenleute sich ihnen anschlossen. Denn auch die hatten unter der Willkür der Fürsten und Standesherrn zu leiden, und sie standen außerdem noch unter dem Zwang der reichen Zunftmeister, der Patrizier in den Städten oder unter dem Druck wucherischer Kaufleute und Grundherrn, die die Gruben und Hüttenwerke betrieben.

Das wiederum hatte ein Bündnis der Patrizier mit den Rittern und Fürsten zur Folge, so daß Adel, Kirche und das reiche Bürgertum gemeinsam alles aufboten, um die Volksaufstände niederzuwerfen. Hunderttausende wurden erschlagen, gefählt, aufgespießt und verbrannt. Entsetzlich wüteten jedesmal die Feudalherren gegen die Anhänger der großen Bauernführer wie Thomas Müntzer in Deutschland, Stepan Rasin in Rußland oder Wat Tyler in England.

Um die Geldforderungen ihrer Grundherrn erfüllen zu können, mußten die Bauern über den eigenen Bedarf hinaus weben. Reiche Kaufleute — die Fugger und Welser in Augsburg und viele andere — kauften die Stoffe auf und lieferten den Hauswebern dafür das Garn. Es entstand

das sogenannte Verlegerssystem; die Kaufleute, die diese Heimarbeiter beschäftigten, hießen Verleger.

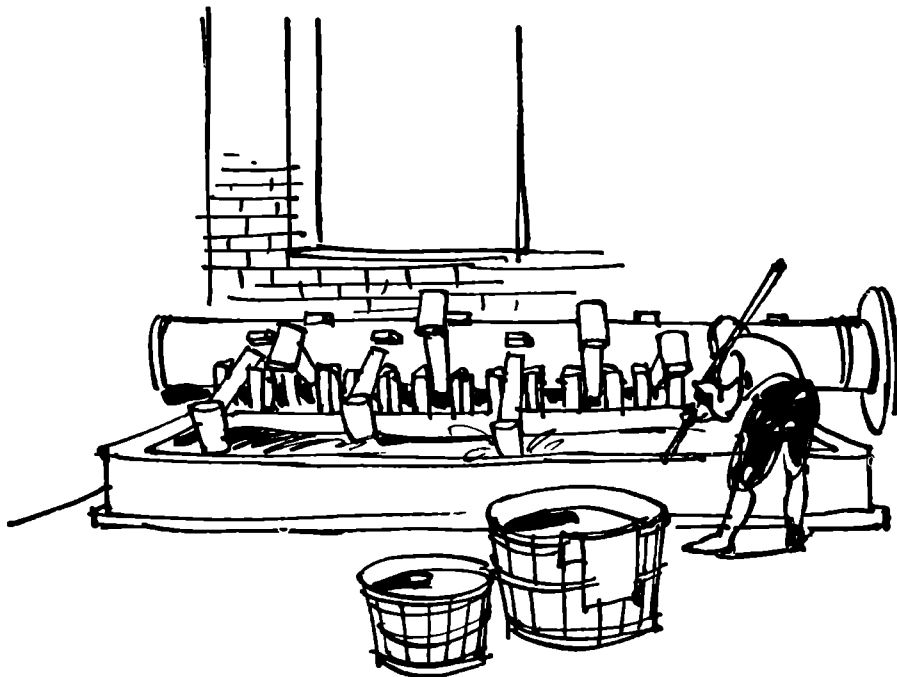
Vor allem Leinen und Barchent wurden auf diese Weise hergestellt. Besonders in den ärmsten Gegenden Deutschlands, wo kleine Bauern und Kätner nur schlechte Böden hatten, aber hohe Abgaben an ihre Grundherren leisten mußten, „blühte“ jahrhundertlang dieses Hausgewerbe.

Weil die Bauern arm waren, mußten sie nicht nur doppelt arbeiten, sie wurden auch doppelt ausgebeutet. Vom feudalen Grundherrschaft und vom kapitalistischen Verleger.

In den aufstrebenden Städten des Mittelalters war die Herstellung wol-lener Tuche und feiner Stoffe zur Sache der Handwerker geworden. Dabei wurde jeder Arbeitsgang von einer bestimmten Gruppe von Hand-werkern ausgeführt, die jeweils ihrer bestimmten Zunft, das heißt der diesen Handwerkszweig verwaltenden Organisation, angehören mußten. Das Reinigen der Rohwolle, das Krempeln oder Kämmen und das Spin-nen war anderen Zünften vorbehalten als das Weben. Die Zunft der Weber wieder hatte mit der Zunft der Walker und Färber nichts zu tun.

Gewalkt wurde das Gewebe übrigens, damit es durch das Schlagen und Pressen im Wasser einlief und eine höhere Dichte erhielt. Das Tuch wurde „verfilzt“ und dabei fester, glatter und weicher.

Bis zur Einführung des Wasserrades mußten die Bahnen und Ballen mit den Händen bearbeitet, mit den Füßen unter Wasser getreten und zu



guter Letzt mit Keulen geschlagen werden. Später ließ man die Arbeit durch hölzerne Hämmer verrichten, die von einer wasserradgetriebenen Zapfenwelle in Bewegung gesetzt wurden. Sie hieben auf die in den Trögen hin- und hergezogenen Tuche ein. Nun konnte ein einziger Walker soviel leisten wie vordem ein Dutzend kräftiger Männer.

Schon mit dieser primitiven Walkmaschine begann eine drohende Gefahr sich anzukündigen. Als eine solche Walkmühle in England eingerichtet wurde, waren die Walker, deren Arbeit nun überflüssig zu werden drohte, so aufgebracht, daß sie die Mühle zerstörten. Sie wollten damit verhindern, daß noch mehr solche Arbeitskräfte sparenden Anlagen gebaut würden, die ihr Handwerk ruinieren könnten.

### **Die Handwerker des Mittelalters**

hatten ihre Geschicklichkeit hoch entwickelt. Die Meister übermittelten ihren Lehrlingen nicht nur die überlieferten Techniken, die sich aus der Führung und Anwendung der Werkzeuge ergaben, sondern dazu auch alle praktischen Kenntnisse aus dem Schatz ihrer eigenen Erfahrungen. So wurde innerhalb der Zünfte das Erprobte erhalten und ständig weitergegeben: Handgriffe und Arbeitsmethoden ebenso wie die zünftlerischen Formen, die sich aus den Regeln der Zunftverfassung ergaben.

Nach diesen „zünftigen“ Bedingungen durfte zum Beispiel kein Lehrling angenommen werden, „wenn er nicht zuvor sich durch seine Geburtsbriefe nachweist, daß er in ordentlicher Ehe erzeugt sey“. Für die Dauer der fünf- oder sechsjährigen Lehrzeit mußte dem Meister ein Lehrgeld gezahlt werden, 10 oder 20 Taler im Jahr. Während der Lehrzeit ging die Erziehungsgewalt völlig auf den Meister und zugleich auf die Meisterin und die Gesellen über. Die Lehrburschen mußten „willig zu jedem Dienst seyn“, gleichviel ob in der Werkstatt, in der Küche oder im Keller.

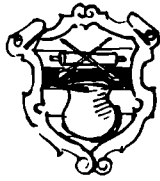
Hatte der Lehrbursche seine Zeit beendet, „declariret der Meister bey versammelten Gewerk, daß solcher das Handwerk gehörig erlernt, worauf denselben alsdenn die Lehrbriefe ausgefertigt werden und er feierlich losgesprochen wird“.

Der Geselle ging nun zumeist auf Wanderschaft, das heißt, er arbeitete bei einer Reihe von Meistern „in der Fremde“. In vielen Zünften bestand ein direkter Wanderzwang; die Gesellen mußten den Ort, an dem sie gelernt hatten, verlassen. Damit verbanden die eingesessenen Meister den Wunsch, daß die neuen Gesellen in der Fremde blieben und nicht in der Heimatstadt die Zahl der Meister vergrößerten.

Bevor der Geselle zum Meisterrecht gelangte, mußte er gewisse Jahre als Geselle gearbeitet und schließlich ein vorgeschriebenes Meisterstück angefertigt haben.



Weber



Färber



Gerber



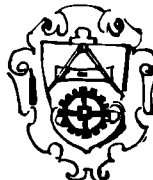
Grobschmied



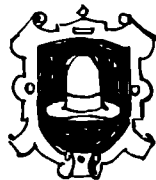
Bäcker



Böttcher



Müller



Hutmacher

Alles — vom Losspruch bis zur Aufnahme als Meister — war mit Gebühren verbunden, die an die Zunftkasse zu zahlen waren.

Die nach Überlieferung und Brauch betriebene praktische Technik der Handwerker und ihre Zunftordnung reichten aus, als es galt, einen kleinen Markt zu versorgen, die Bedürfnisse einer kleinen Stadt, eines Marktfleckens zu befriedigen.

Anders wurde das, als die Handwerksmeister ihre Erzeugnisse nicht mehr nur direkt an ihre Kunden verkauften, sondern auch oder vor allem an Händler, die diese Erzeugnisse, die Tuchballen, die Messerklingen, Seilerwaren oder Wachskerzen, in Planwagen packten und damit in andere Städte fuhren oder sie sogar über die Grenzen in ferne Länder brachten.

Diese Erweiterung des Marktes führte dazu, daß einzelne Meister der Zünfte, die besonders viel verkauften, reicher wurden als die anderen. Jetzt waren sie darauf bedacht, den Geldstrom der Händler auch weiterhin in ihre Werkstatt zu lenken. Sie nutzten deshalb ihren Reichtum und den sich daraus ergebenden Einfluß in der Zunft aus, um sich selbst alle Vorteile zu verschaffen, den übrigen Meistern aber die Arbeit so

zu erschweren, daß sie nicht zu einer Konkurrenz für ihr gutes Geschäft werden konnten.

Sie verschärfen die Aufnahmebedingungen für die Zunft, verringerten die Zahl der Lehrlinge, erschwerten die Meisterprüfungen und verbanden sie mit einer so hohen Geldleistung, daß nur die Söhne reicher Meister ebenfalls Meister werden konnten. Aus der großen Zahl der „ewigen“ Gesellen suchten sie die besten aus für ihre Werkstatt.

Diese Gesellen, die nun keine Aussicht hatten, sich jemals selbständig machen zu können, organisierten sich in Gesellenverbänden, in denen sie kämpften gegen die Willkür der reichen Meister und die Zunftbestimmungen, die sich gegen ihre Interessen richteten.

Die Zunftfessel führte zur völligen Erstarrung der handwerklichen Technik.



Als zum Beispiel ein geschickter Mann namens Anton Müller aus Danzig um 1579 einen Bortenwebstuhl erfand, auf dem vier bis sechs Bänder gleichzeitig gewebt und der noch dazu von jedem Ungelernten betätigt werden konnte, weil nur eine Treibstange hin- und herzustößen war, erging es ihm ganz schlecht:

„...weil der Stadtrat aber besorgt war, diese Erfindung möchte eine Masse Weber zu Bettlern machen, so hat er die Erfindung unterdrückt und den Erfinder heimlich ersticken oder ersäufen lassen.“

Als diese Erfindung auch in anderen Städten gemacht oder übernommen wurde, verhinderten die reichen Vorsteher der Zünfte, daß man sie anwendete. Die Maschine wurde verboten, in einem symbolischen Akt auf dem Marktplatz öffentlich verbrannt oder heimlich zertrümmert.

1685 wurde sogar durch einen kaiserlichen Befehl ihr Gebrauch in ganz Deutschland untersagt.

Die reichen Meister wollten verhindern, daß es den ärmeren Meistern durch solche oder andere Maschinen möglich wurde, ebenfalls ihre Produktivität zu erhöhen, mehr herzustellen und vielleicht sogar durch ein steigendes Warenangebot auf die Preise zu drücken.

Aber auch die Gesellen wollten die Maschine nicht, denn sie fürchteten, daß durch sie viele von ihnen gänzlich brotlos würden.

Als in England dieser Bortenwebstuhl aufkam, löste das ebenfalls Unruhen unter den Handwerkern aus — wie vorher bei der Walkmühle. Aber in England unterdrückte die herrschende Klasse nicht die Maschinen, sondern die Unruhen. Denn im Gegensatz zum feudalistischen Deutschland und den dort das Handwerk beherrschenden Zünften verlangte das englische Bürgertum nach Maschinen.

Hier war — genau wie in den italienischen Stadtstaaten und in Flandern — eine bemerkenswerte Entwicklung im Gange. Die Verleger kauften nicht nur die Stoffe bei den bäuerlichen Hauswebern auf, sie richteten auch große Manufakturen ein. In diesen Werkstätten arbeiteten keine selbständigen Handwerker mehr, sondern Gesellen oder verarmte Meister als Lohnarbeiter, die jeweils Teilarbeiten ihres früheren Handwerks verrichteten. Die einzelnen Arbeitsgänge wurden in den kapitalistischen Manufakturen ständig weiter zergliedert, um die einfachen Verrichtungen durch ungelernete Arbeiter und Kinder ausführen lassen zu können.

### **Das Bedürfnis, Maschinen zu erfinden**

entstand hier geradezu, damit diese gleichförmigen Einzelprozesse mechanisch ausgeführt werden konnten.

Während also die Zünfte an einer Weiterentwicklung der Technik nicht interessiert waren, legten die kapitalistischen Manufakturbesitzer größten Wert darauf, ihre gegenüber dem Handwerker schon weitaus erhöhte Produktivität noch weiter zu steigern und damit natürlich auch ihre Profite.

Der englische Markt wurde durch die Handelskompanien und die kolonialen Unternehmungen in Amerika und Asien ständig erweitert, so daß vor allem die Ausfuhr an Tuchen und Wolle in die anderen Länder Europas und auch nach Übersee ständig zunahm.

Die Großgrundbesitzer und Landedelleute verwandelten immer mehr Ackerland in Weiden, weil die Schafzucht und der Wollhandel viel mehr einbrachten als der Anbau landwirtschaftlicher Kulturen. Und sie trieben die Bauern davon, da die Schafhaltung außerdem nur weniger Arbeitskräfte bedurfte. Die Fabrikanten wiederum richteten immer mehr Manufakturen ein, denn aus den in die Städte strömenden Bauernfamilien waren billige Arbeitskräfte zu gewinnen.

Mit der Vertreibung der kleinen Bauern und mit ihrer Verwandlung in Tagelöhner auf den Gütern oder in Lohnarbeiter in den Manufakturen und Werften begann auf dem Lande und in den Städten im 16. und 17. Jahrhundert die Entwicklung der kapitalistischen Produktionsweise.

Durch die Ausplünderung der Kolonien, den Sklavenhandel und die Seeräuberei floß so viel Reichtum nach England, daß die Kaufleute, Bankiers, kapitalistischen Unternehmer und Großgrundbesitzer für ihr Geld nun auch die Regierung haben wollten, die ihren Interessen besser diene als die absolutistische Herrschaft eines Monarchen und seiner Höflinge. Nach langen wechselvollen Kämpfen, deren Hauptlast natürlich das Volk zu tragen hatte und auch trug, weil es glaubte, mit der Beseitigung der feudalistischen Herrschaft auch eigene Rechte zu gewinnen, eroberte das Bürgertum die Macht.





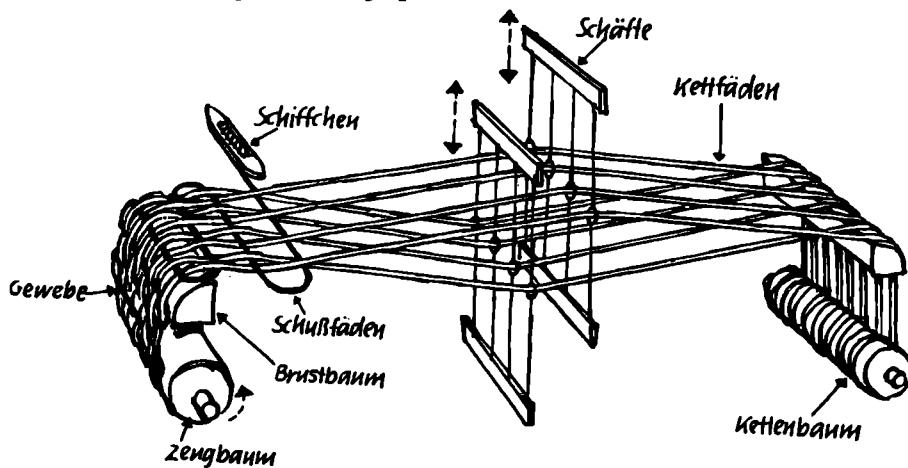
Nach der Umwälzung im Jahre 1688 war die Stellung des englischen Parlaments so gesichert, daß mit ihm die Handels- und Kolonialgesellschaften, die Kaufleute, Manufaktur- und Großgrundbesitzer uneingeschränkt herrschten.

In den folgenden Jahrzehnten setzte auf dem Lande und in den Städten eine mächtige Ausweitung der kapitalistischen Produktionsverhältnisse ein. Den kleinen Bauern und Handwerkern wurden nach und nach die Grundlagen ihrer alten Lebens- und Arbeitsweise Stück um Stück zerstört. Die meisten von ihnen hatten zwar gewünscht, daß die Reste der feudalistischen Fronverhältnisse beseitigt oder die engherzigen Zunftbestimmungen aufgehoben würden, aber die Fron auf den Feldern, die Ausbeutung oder Unterdrückung durch die reichen Zunftmeister verwandelte sich nun in eine kapitalistische Lohnsklaverei.

Sie wurden frei von feudalen und zünftlerischen Bindungen, aber dafür aufs neue gefesselt durch die unsichtbaren Ketten der kapitalistischen Produktionsverhältnisse. Ihr einziger Besitz war ihre Arbeitskraft, die sie Tag für Tag an diejenigen verkaufen mußten, die nun alleinige Eigentümer der Produktionsmittel, des Grund und Bodens, der Manufakturen mit den Webstühlen und Färbbottichen waren.

Diese Umwälzung wurde noch beschleunigt, vertieft und besonders kompliziert gemacht durch den nun einsetzenden Konkurrenzkampf der einzelnen Manufakturbesitzer. Die Kapitalisten sahen, welche Möglichkeiten des Verdienens bestanden, wenn sie die Technik weiterentwickelten und damit die Produktivität noch mehr erhöhten; im Gegensatz

Schematische Darstellung des Webvorgangs



zu den Zunftmeistern, die versuchten, die Art ihrer Produktion zu retten, indem sie die Produktivität durch einschränkende Bestimmungen zu hemmen suchten.

Bis zu dieser Zeit war der Handwebstuhl noch fast unverändert so beschaffen wie in den alten Sklavenhalterstaaten. In einem Holzrahmen liefen die Kettfäden horizontal von einer Walze, dem Kettenbaum, über den Brustbaum zum Zeugbaum, wo das fertige Gewebe aufgewickelt wurde. Durch Schäfte, die von Fußhebeln bedient wurden, entstanden „Fach“ und „Gegenfach“, so daß der Weber zum Durchwerfen des „Schiffchens“ mit dem Schußfaden und zum Auffangen beide Hände gebrauchen konnte.

1733 erfand John Kay den „Schnellschützen“. Durch eine sinnvolle Vorrichtung wurde das Weberschiffchen nicht mehr mit der Hand durch die Fächer geworfen, sondern mechanisch hinüber- und herübergeschleift. Damit erhöhte sich zum ersten Male die Leistungsfähigkeit der Weber um das Doppelte, und auch sehr breite Tücher konnten nun gewebt werden.

Diese Erfindung mobilisierte sofort die Handwerker, die noch als selbständige Meister arbeiteten, und auch die Manufakturarbeiter. Die einen, weil sie schon jetzt schwer gegen die Konkurrenz der billigeren Manufakturstoffe zu kämpfen hatten und fürchteten, daß dieses „fliegende Weberschiffchen“ ihren völligen Ruin herbeiführen würde; und die anderen, weil sie Angst haben mußten um ihren Arbeitsplatz als Weber in den Großmanufakturen.

John Kay konnte sich nur mit Mühe den tätlichen Angriffen der Weber und Arbeiter entziehen, aber die Manufakturen führten natürlich die Verbesserung ein.

## Mehr und schneller

wurde nun gewebt, und die Hausweber, die es sich irgend leisten konnten, griffen ebenfalls zum Schnellschützen, um nicht noch mehr ins Hintertreffen zu geraten. Aber hier wie dort hatte man darunter zu leiden, daß der Garnverbrauch, jedoch nicht die Produktivität der Spinner größer geworden war. Oftmals standen die Webstühle still, weil erst neues Garn aufgetrieben werden mußte. Zehn bis zwölf Spinner hatte man nötig, um einen der schneller gewordenen Webstühle mit Garn zu versorgen.

Die Royal Society, die Königliche Gesellschaft, in der die angesehensten Gelehrten Mitglieder waren, hatte ebenso wie die Manufakturbesitzer oder die Kaufleute ein Interesse an der Ausweitung der wirtschaftlichen Macht Englands. Deshalb war die gelehrte Gesellschaft sehr bemüht um den wissenschaftlich-technischen Fortschritt und setzte sogar einen Preis aus für eine Erfindung, die der Beschleunigung des Spinnprozesses diene.

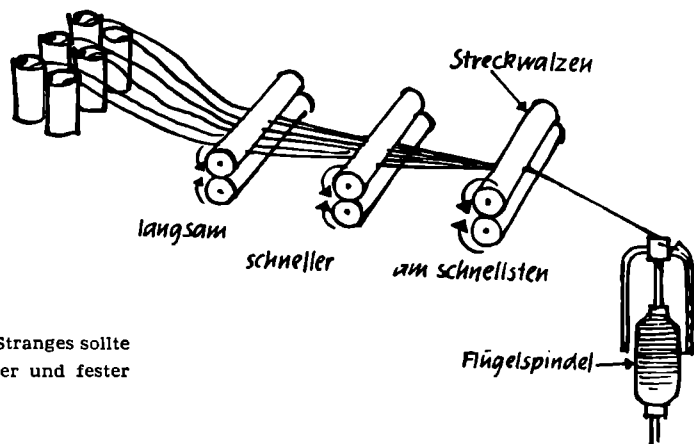
John Wyatt kam auf den Gedanken, das Spinngut statt mit den Fingern durch Riffelwalzen zum Strang ausziehen zu lassen.

Lewis Paul ließ den Strang noch durch Walzen strecken, ehe er von der Flügelspindel gezwirnt wurde.

Das war ein Anfang. Als aber in Northampton eine erste Spinnerei mit 250 solcher Spindeln arbeitete, war die Leistung höchst ungenügend. Das Garn war ungleichmäßig, bald dünn, bald dick und häufig gerissen.

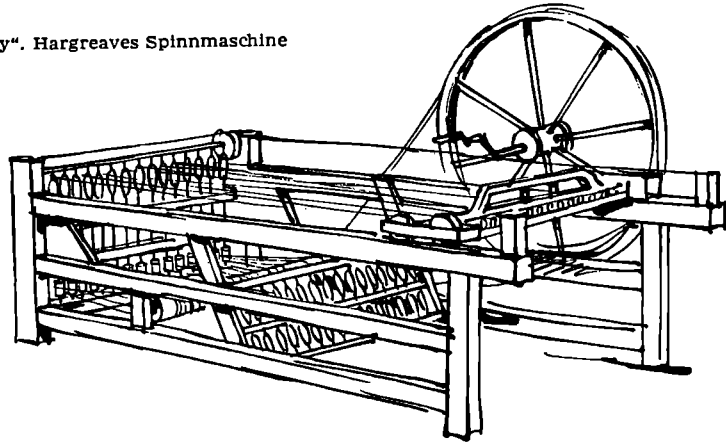
Angetrieben wurden die Maschinen durch von Eseln gedrehte Göpelmühlen, und wenn die Tiere bockten, dann geriet die ganze Mechanik durcheinander.

Eine wirklich brauchbare Spinnmaschine entstand erst im Jahre 1764. James Hargreaves beobachtete, als das Spinnrad seiner Tochter Jenny einmal umfiel, daß die Spindel sich noch einige Male weiterdrehte und



Mit dem Strecken des Stranges sollte ein gleichmäßig starker und fester Faden erzielt werden

Die „Spinning-Jenny“. Hargreaves Spinnmaschine



ein Stück Faden allein spann. Dabei kam ihm der Gedanke, daß es möglich sein müsse, mehrere Spindeln durch eine Antriebsschnur sich so drehen zu lassen, daß sie das gezwirnte Garn heranziehen und um sich wickeln.

An den ersten Maschinen, die er zu Ehren seiner Tochter „Spinning-Jenny“ nannte, wurden nur einige Spindeln von einem Antriebsriemen gedreht. Aber bald konnte man mit dem Riemen und mit dem von einem Wasserrad betriebenen Antriebsrad bis zu 80 Spindeln in Gang setzen.

James Hargreaves hatte es versäumt, seine Erfindung rechtzeitig patentieren zu lassen, und so bauten ungestraft alle möglichen Werkstätten seine Maschinen nach. Als er Prozesse gegen diese unlauteren Konkurrenten begann, büßte er noch sein letztes Geld ein. Weil er die Gerichtskosten nicht mehr bezahlen konnte, gab er schließlich den Kampf auf.

Er starb zu der Zeit im Armenhaus, als bereits auf 20 000 seiner Spinnmaschinen, vor allem in den Manufakturen, buchstäblich pures Gold für die Besitzer gesponnen wurde.

Seit 1767 bastelte auch der Barbier und Perückenmacher Richard Arkwright in einer alten Scheune an einer Spinnmaschine. 1769 erhielt er ein Patent auf seine „Wassermaschine“, denn sein „Apparat, der mit Streckwalzen versehen, aus Rohbaumwolle feine Fäden spinnt“, wurde mit Wasserkraft angetrieben, und das Garn nannte man auch bald Wassergarn.

Mit dem Gelde eines Bankiers, der in den englischen Kolonien in Amerika große Baumwollplantagen besaß und an der Entwicklung der Baumwollverarbeitung besonders interessiert war, richtete Arkwright in Cromford eine Fabrik ein. Im Jahre 1771 lief die erste durch Wasserkraft betriebene mechanische Spinnerei.

Zur Spinnmaschine erfand Arkwright noch die Krempelmaschine. Dadurch entfiel die mühevoll Handarbeit, mit der bisher die Fasern aufgelockert und in eine Richtung gebracht wurden, damit sie sich parallel

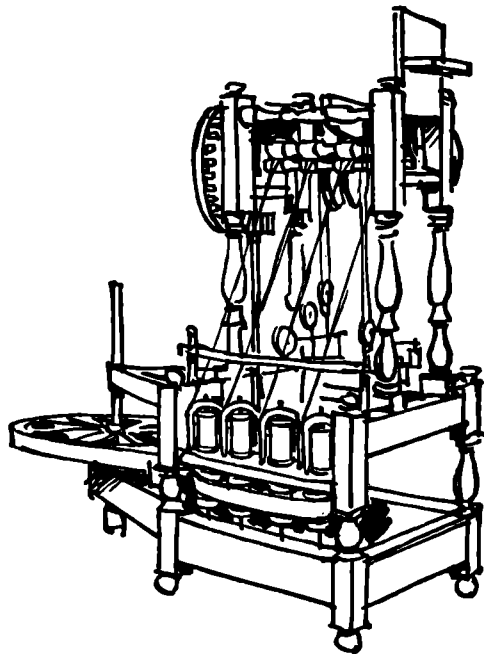
zusammenliegend zu einem Strang vereinigen und verspinnen ließen. Krempeln und Spinnen konnte nun in einer Fabrik erfolgen.

Samuel Crompton vereinigte die Vorzüge der Maschinen von Hargreaves und Arkwright zu einer neuen verbesserten Spinnmaschine, auf der Garne verschiedener Qualität hergestellt werden konnten. Denn die auf der Spinning-Jenny erzeugten Garne waren recht weich, die auf der Arkwrightschen Wassermaschine gesponnenen dagegen waren stark und grob.

Überall in England entstanden sehr schnell neue mechanische Spinnereien — 1783 beschäftigte allein Arkwright schon mehr als 3000 Arbeiter in seinen Fabriken! In eigenen Werkstätten stellte er außerdem noch Spinnmaschinen her, die er verkaufte. Durch immer speziellere Konstruktionen zergliederte er den ganzen Spinnprozeß so, daß er vom Krempeln über das Strecken und die Herstellung des Vorgarns bis zu den Spinnmaschinen für die verschiedensten Garnqualitäten alles mechanisiert hatte.

Die Baumwollfäden konnten jetzt nicht nur so fein, wie man immer sie wünschte, hergestellt werden, sie waren auch so fest, wie man sie brauchte.

Durch all diese enormen Verbesserungen waren nun die Weber trotz des Schnellschützen wieder zu langsam geworden. Es wurde mehr Garn hergestellt, als verwebt werden konnte. Verständlich, daß die Manufakturbesitzer auf eine Mechanisierung des Webens drängten.



Die Arkwrightsche Spinnmaschine

1784 machte sich neben vielen anderen auch der Landgeistliche und Dichter Edmund Cartwright Gedanken darüber, wie man die drei hauptsächlichsten und immer gleichförmigen Bewegungen des Geschirrs, des Schützens und der Lade des Webstuhls, mechanisieren könnte. Eines Tages besprach er mit einem Schmied und einem Tischler, wie er sich die Vorrichtung dachte. Im Jahre darauf lief, schwerfällig zwar, aber von selbst, der mechanische Webstuhl, und Cartwright erhielt sein erstes Patent.

Er selbst und andere Erfinder, wie Radcliffe, Johnson, Horrocks und Roberts, verbesserten den mechanischen Webstuhl in den nächsten Jahren noch beträchtlich, so daß auf ihm zehnmal mehr Stoff hergestellt werden konnte als auf dem alten Handwebstuhl.

Mit diesen neuen Textilmaschinen, die innerhalb weniger Jahrzehnte in England entwickelt wurden, vollzog sich eine Umwälzung in der gesamten Baumwoll- und später auch in der Wollverarbeitung. Als sich zu ihnen noch die Dampfmaschine von James Watt gesellte — seit 1785 betrieben die ersten beiden Dampfmaschinen Arkwrightsche Fabriken — hatte die

### **Vermählung von Dampf und Baumwolle**

die Großindustrie zur Folge.

Die frühkapitalistischen Manufakturen verwandelten sich in industriekapitalistische Fabriken, während die als selbständige Handwerker tätigen Weber und Spinner nun vollständig — und oft buchstäblich — ausstarben.

Das in der Textilindustrie begonnene Maschinenwesen pflanzte sich auf andere Produktionszweige fort.

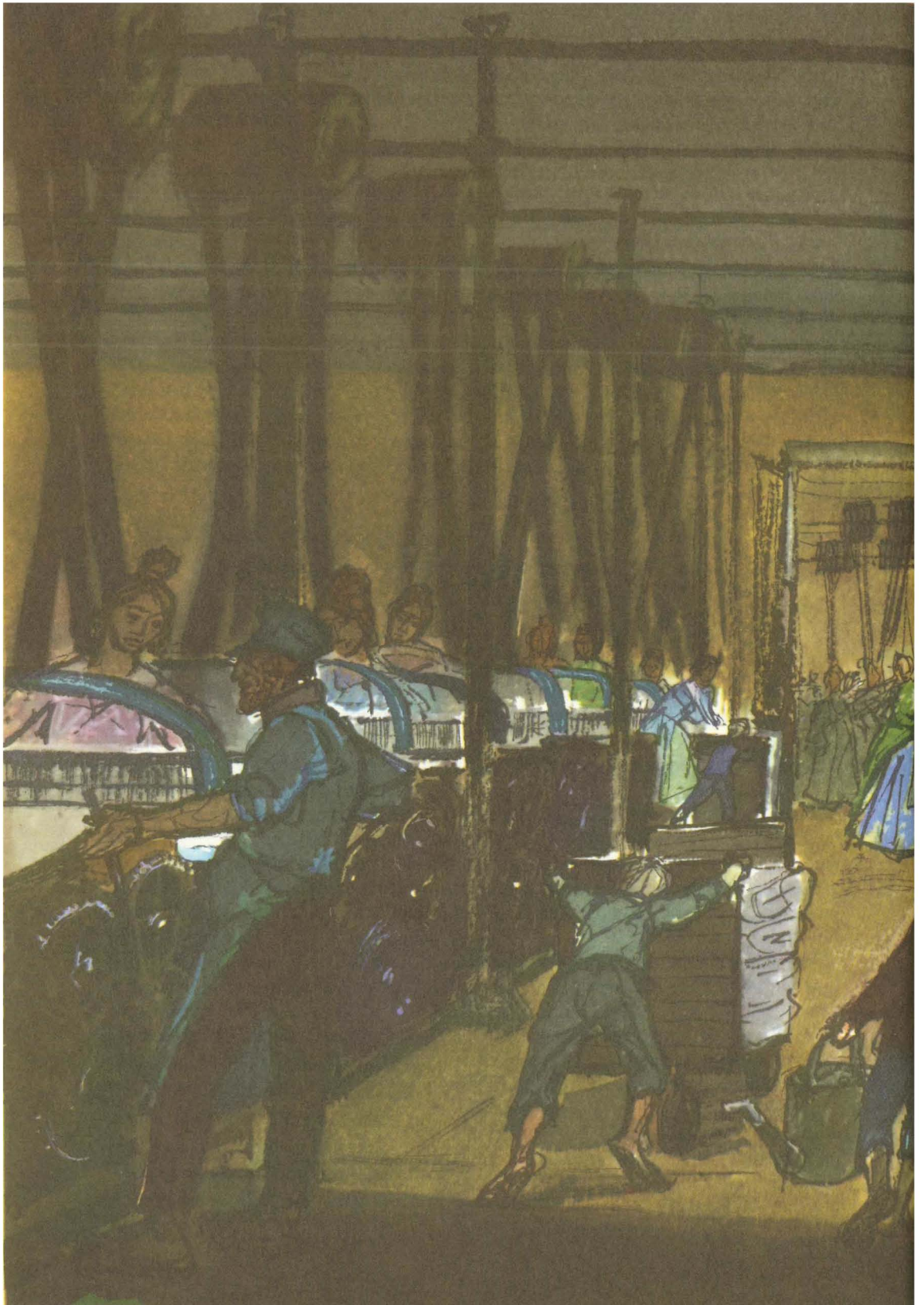
Waren zunächst die neuen Maschinen aus Holz in kleinen Werkstätten hergestellt worden, so begann man bald, die Maschinenteile zu gießen. Damit nahm die Eisen- und Stahlindustrie einen Aufschwung, und Maschinenfabriken entstanden, in denen ebenfalls wieder mit Hilfe neuer Werkzeugmaschinen jetzt die Textilmaschinen serienmäßig hergestellt wurden.

So bedingte, wie Karl Marx über diesen Vorgang schrieb, die Umwälzung der Produktion in einer Sphäre der Industrie auch die Umwälzung in anderen.

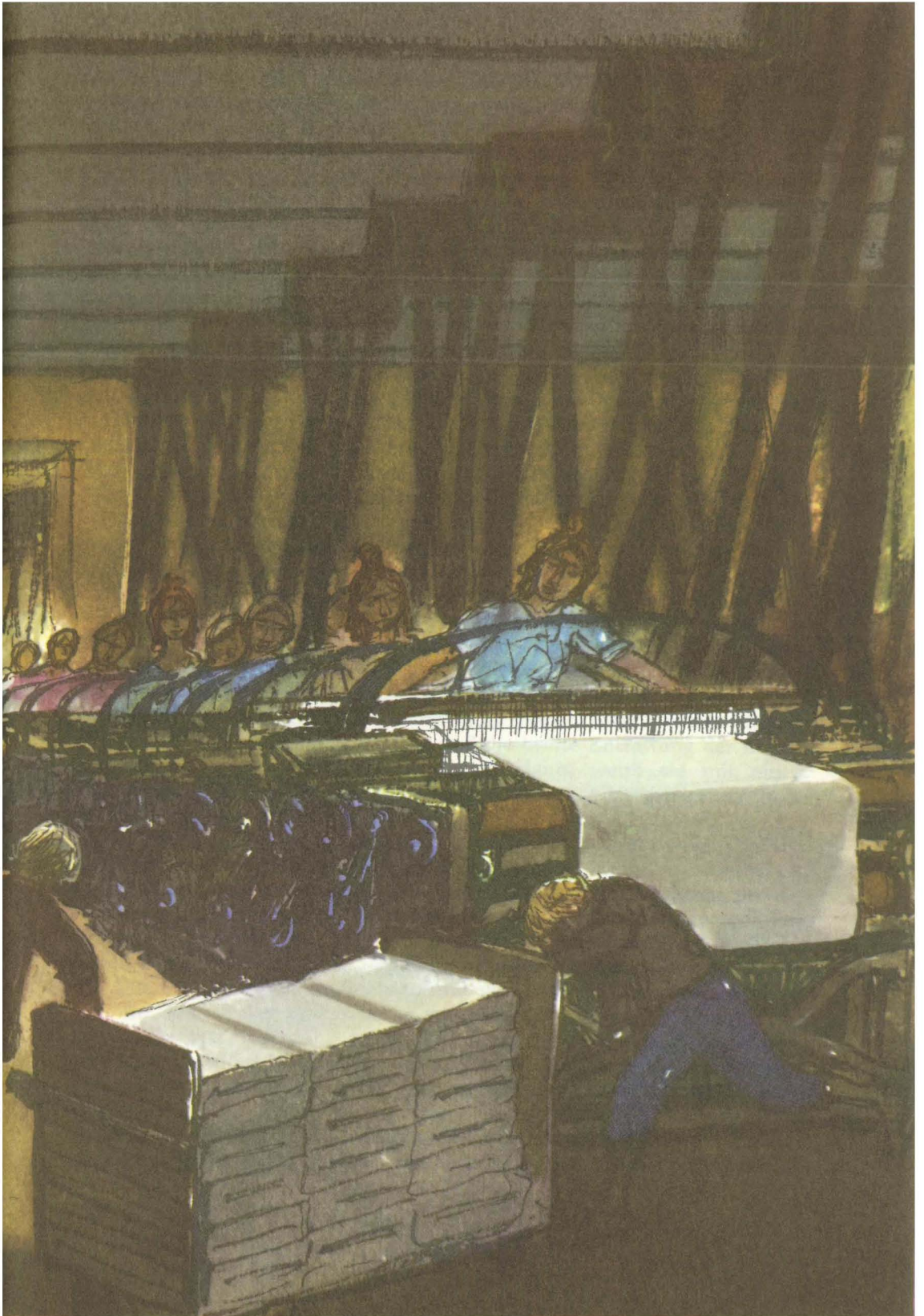
Diese Umwälzung, die als „industrielle Revolution“ in die Geschichte eingegangen ist, brachte nicht nur immer Neues hervor, sie zerstörte auch das Alte, sie vernichtete die herkömmlichen Formen des Lebens und des Arbeitens.

Schon mehrmals waren in der vorangegangenen Geschichte der Menschheit die überlieferten Formen des Wirtschaftens über den Haufen ge-

In den Betrieben der Baumwollindustrie wurden Kinder als billige Arbeitskräfte beschäftigt. Während die Eltern oftmals arbeitslos waren und hungern mußten, zwangen die Fabrikbesitzer die Kinder, bis zu sechzehn Stunden am Tage zu arbeiten.









worfen worden. Die Fortschritte der Technik, die erhöhten Produktivkräfte veränderten wiederum die Produktionsverhältnisse.

Das war die Ursache für den Zerfall der Urgemeinschaft und das Entstehen der Klassengesellschaft gewesen, die dann in den großen antiken Sklavenhalterstaaten ihre erste Ausprägung fand. Wir sahen, daß diese Gesellschaftsordnung gute Seiten hatte, sie machte die breite Anwendung der Erfindungen, Erfahrungen und Kenntnisse der urtümlichen Technik möglich, in ihr entstanden die Wissenschaften, und die Menschheit ist heute noch mit Recht stolz auf die Hochkulturen des Altertums, die am Anfang unserer geschriebenen Geschichte stehen. Wir wissen aber auch, welche Not für die Massen der Sklaven und ausgebeuteten Freien dieser Fortschritt hervorrief.

Und diese Not wurde nicht wesentlich gemildert, als in der feudalen Gesellschaftsordnung aus den Sklaven leibeigene Bauern wurden. Die Formen der Ausbeutung änderten sich entsprechend den handwerklichen und technischen Fortschritten, aber die Ausbeutung selbst blieb.

Auch als die Kapitalistenklasse an die Stelle des herrschenden Adels trat, als den sich entwickelnden kapitalistischen Produktivkräften die kapitalistischen Produktionsverhältnisse und der kapitalistische Staat folgten, blieb die Ausbeutung des Menschen durch den Menschen.

Trotzdem waren alle diese gesellschaftlichen Umwälzungen zu ihrer Zeit, wenn sie auf revolutionäre Weise eine neue Ordnung durchsetzten, echte Fortschritte auf dem Wege der Höherentwicklung der gesamten Menschheit. Sie beseitigten alte, überlebte Arbeits- und Lebensformen und beseitigten jeweils die reaktionär gewordenen, nur auf die Erhaltung ihrer Macht bedachten herrschenden Klassen.

In diesem fortschrittlichen Stadium jeder neuen Gesellschaftsordnung dienten die technischen Fortschritte und die breite Entfaltung der neuen Technik der gesamten Menschheit, auch dann, wenn sie mit einer Zunahme des Elends der Werktätigen und mit einer Vergrößerung ihrer Ausbeutung verbunden waren.

Es ist aber keineswegs ein Wunder, daß die Handwerker und Arbeiter Englands den gesellschaftlichen Fortschritt nicht erkannten. Sie sahen nur, daß die neuen Maschinen für die Fabrikbesitzer Reichtum produzierten, während sie für die Arbeiter zunehmendes Elend erzeugten. Erst später wurden von Karl Marx die Entwicklungsgesetze der menschlichen Gesellschaft erforscht. Zunächst wurden die Maschinen selbst als die Quellen des Übels angesehen, und gegen ihren Vormarsch setzten sich die Handwerker und Arbeiter zur Wehr.

Gleich die erste Spinning-Jenny, die Hargreaves gebaut hatte, wurde von einer erregten Menge Manufakturarbeiter und Spinner zerschlagen. Hargreaves Haus wurde demoliert, der Erfinder aus der Stadt vertrieben.

Arkwright suchte sich vor einem gleichen Schicksal zu schützen, indem er allen, die es hören wollten, erzählte, daß er an einem Perpetuum

mobile arbeite. Da sich damals noch viele mit dem Problem einer immerfort und ohne Antrieb laufenden Maschine beschäftigten, glaubte man ihm und ließ den „armen Verrückten“ in Ruhe. Als aber seine Spinnmaschinen in Cromford erst liefen, kam es sofort zu Tumulten, und später wurde in Birkacre eine seiner Fabriken völlig zerstört. Sogar Menschen kamen um bei dieser Schlacht in der mechanischen Spinnerei, weil Militär gegen die Maschinenstürmer eingesetzt wurde.

In Doncaster zertrümmerten Manufakturarbeiter und Weber Cartwrights erste mechanische Weberei mit 19 Webstühlen. Cartwright ging als erledigter Mann nach London.

Die herrschende bürgerliche Klasse ließ sich natürlich die Angriffe auf ihr Eigentum und diesen Widerstand gegen eine Entwicklung, die ja erst richtig beginnen sollte, nicht gefallen. Schon 1769 hatte die englische Regierung ein Gesetz erlassen, nach dem jeder mit dem Tode bestraft werden konnte, der Maschinen oder Fabrikgebäude zerstörte.

Aber auch das Gesetz hielt den Haß gegen die neuen Maschinen nicht auf.

In Nottingham zerstörte Ned Ludd einen neuartigen Strumpfwirkstuhl, und in seinem Namen rotteten sich überall die

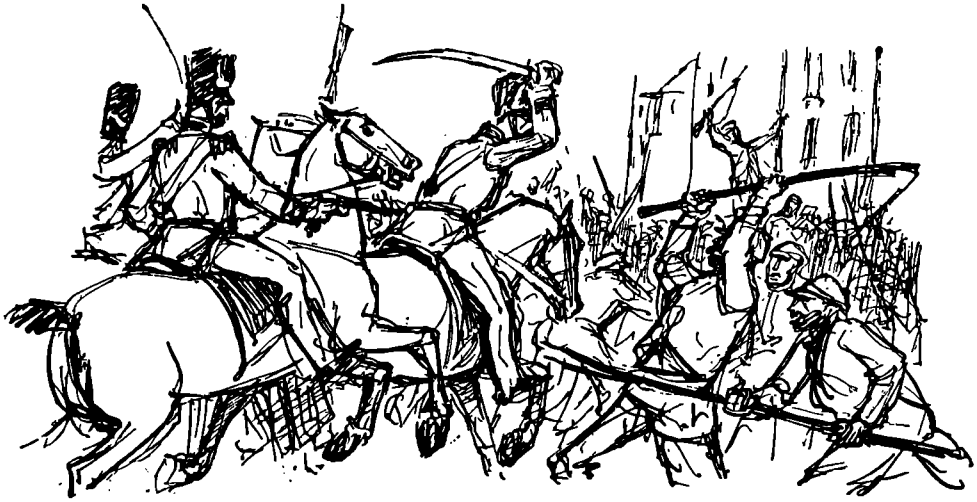
### **Maschinenstürmer**

zusammen. Die Ludditen, wie man sie nun nannte, zertrümmerten systematisch die neu aufgestellten Maschinen oder legten Brände in den Werkstätten, in denen sie hergestellt wurden.

Gegen die oftmals zu Tausenden anrückenden Arbeiter wurden Soldaten aufgeboten. Es kam zu erbitterten Kämpfen, bei denen es viele Tote und Verwundete gab. Schließlich wurden die Garnisonen direkt in die Industrieorte verlegt, damit die Fabriken dauernd unter militärischem Schutz stehen konnten.

Im gleichen Maße, wie immer mehr Hausweber und Spinner für sich und ihre Familien den Hungertod vor Augen sahen, denn so billig und so schnell wie die Fabriken konnten sie trotz aller Anstrengungen nicht arbeiten, wuchs auch die Bewegung gegen die Maschinen.

Verstärkt wurden die Aktionen, als in den Fabriken viele Arbeiter entlassen wurden. Ihre handwerklichen Fertigkeiten waren gebraucht worden, als die Fabriken noch Manufakturen waren. Jetzt wurden diese Arbeiter mit ihren Fähigkeiten kaum gebraucht, und an ihre Stelle traten Frauen und Kinder, deren Kräfte ausreichten, um die Spinn- und Webmaschinen zu bedienen. Die Fabrikanten ließen sich aus Waisenhäusern oder aus ländlichen Bezirken immer neue Kindertransporte kommen, die sie in ihren Spinn- und Websälen für einen Hungerlohn beschäftigten.



Hunderte von Textilfabriken liefen schon, und die Firma Boulton & Watt stellte in jeder Woche neue Dampfmaschinen in den Industriorten auf und installierte damit Kräfte, die wieder neue Maschinen betreiben und Arbeiter überflüssig machen konnten. Da wurde im Jahre 1812 das Gesetz gegen die Maschinenstürmer erneuert, weil die Überfälle auf die Dampfmaschinenmonteure, weil Sprengungen und Brände nicht mehr abrisen.

Als man über dieses Gesetz im Parlament abstimmte, nahm Lord Byron, der große englische Dichter, der später auf der Seite der griechischen Freiheitskämpfer gegen die türkische Fremdherrschaft kämpfte und in Griechenland sein Leben ließ, die ersten Male an den Sitzungen des englischen Oberhauses teil. Er sprach sich als einziger gegen die Annahme dieses Gesetzes aus.

In seiner Rede schilderte er die Verzweiflungsstimmung der Arbeiter, die sich durch die Maschinen ihrer Arbeitsplätze beraubt sähen. Er beschrieb die Not der Weber, die dem Untergang geweiht seien, und beklagte das Elend der Frauen und Kinder, die in den Fabriken unbegrenzt lange arbeiten und in unbeschreiblich erbärmlichen Quartieren hausen mußten, zusammengepfercht mit tausenden Leidensgenossen. Er habe — so sagte er — die im Kriege befindlichen Gegenden Spaniens besucht und die am härtesten unterdrückten Provinzen in der Türkei bereist, ohne je einem solchen himmelschreienden Elend begegnet zu sein wie in England.

Das Gesetz gegen die Maschinenstürmer wurde angenommen, und Anfang 1813 bestiegen die ersten 18 Ludditenführer, Arbeiter und brotlos gewordene Weber, das Schafott in York.

Die herrschende Klasse der Kapitalisten setzte die Fortschritte der industriellen Revolution mit brutaler Gewalt durch.

Auch in der Manufakturperiode des Frühkapitalismus hatte es den Kampf zwischen Kapitalisten und Lohnarbeitern gegeben. Aber „die Kämpfe um den Arbeitslohn innerhalb der Manufaktur setzen die Manufaktur voraus und sind keineswegs gegen ihre Existenz gerichtet“. So schrieb Karl Marx. „Erst seit der Einführung der Maschinerie bekämpft der Arbeiter das Arbeitsmittel selbst . . . Es bedarf Zeit und Erfahrung, bevor der Arbeiter die Maschinerie von ihrer kapitalistischen Anwendung unterscheiden und daher seine Angriffe vom materiellen Produktionsmittel selbst auf dessen gesellschaftliche Exploitations- (Ausbeutungs-) Form übertragen lernt.“

Ja, es bedurfte längerer Zeit und bitterer Erfahrungen, bis die Arbeiter ihren wirklichen Gegner erkennen und bekämpfen lernten. Welch heldenhaften Mut auch einzelne Ludditen bewiesen und so verständlich und bewunderswert uns ihre Aktionen erscheinen mögen — sie waren nicht fortschrittlich, denn sie versuchten, einen technisch, ökonomisch und gesellschaftlich überholten Zustand zu verteidigen.

Sie wie auch Lord Byron, der sich zweifellos von den besten Absichten geleitet fühlte, als er zusammen mit dem englischen Elend das sich ausbreitende Maschinenwesen anprangerte, waren sich nicht der Tatsache bewußt, daß sie den aussichtslosen Versuch machten, den Fortschritt aufzuhalten. Sie wandten sich gegen die Maschinen, dabei war die Maschinerie, die neue Technik, ja gar nicht schuld an der immer elender werdenden Lage des Industrieproletariats und der Handwerker.

Nach Maschinen, die ihre Kräfte ver Hundertfachen, die ihre Arbeit erleichtern und beschleunigen und mit deren Hilfe die Erzeugnisse billiger und besser hergestellt werden können, hatten sich doch die Menschen zu allen Zeiten der Vergangenheit gesehnt. Aristoteles hatte vom goldenen Zeitalter geträumt, das dann begänne, wenn jedes Werkzeug auf Geheiß oder auch vorausahnend das ihm zukommende Werk verrichten könne. Denn wenn erst die Weberschiffchen von selbst webten, so bedürfte es weder der Gehilfen für die Werkmeister noch der Sklaven für die Herren.

Jetzt waren diese erträumten wunderbaren Maschinen geschaffen. Aber Aristoteles, der weise Grieche, hatte nicht vorausgeahnt, daß diese Maschinen nicht im Besitze derjenigen sein würden, die sie herstellen, mit ihnen umgehen, auf ihnen Werte produzieren, sondern im Besitze einer kleinen Gruppe Kapitalisten. In ihren Händen waren diese neuen Produktionsmittel keine Hilfskräfte, die das Leben und die Arbeit erleichterten, den Reichtum der Allgemeinheit erhöhten, sondern Instrumente zu einer viel größeren Ausbeutung, als es sich jemals Sklavenhalter oder feudale Fronvögte träumen ließen.

Schuld war also die „gesellschaftliche Ausbeutungsform“, schuld war der Kapitalismus.

Die Fabrikanten ließen die Maschinen Tag und Nacht laufen, denn auf ihnen sollte viel produziert werden.

## Der Arbeitstag der Lohnsklaven

wurde bis zum Äußersten verlängert, um mit möglichst wenig Arbeitskräften auszukommen. Und da der Profit größer wurde, je niedriger der Lohn war, deshalb stellten sie die billigsten Arbeitskräfte an die Maschinen — Frauen, Halbwüchsige und Kinder.

In den Jahren, als die Fabrik Boulton & Watt bereits mehr als 10 000 Dampfmaschinen gebaut hatte und mit ihnen in England etwa 750 000 PS Leistung installiert waren — weit mehr also, als die Muskelkraft aller lebenden Engländer betrug — untersuchte Friedrich Engels in seinem berühmten Werk „Die Lage der arbeitenden Klassen in England“ den fürchterlichen Zustand, in den das Proletariat durch die Herrschaft der Kapitalisten geraten war.

Er stellte in allen Einzelheiten dar, wie durch die Kinderarbeit die Angehörigen ganzer Arbeitergenerationen, noch bevor sie erwachsen waren, zu Tode geschunden wurden. Vom 9. Lebensjahr an, mitunter auch schon vom 5. oder 6., mußten Kinder in den Fabriken 16 Stunden täglich arbeiten! Tag und Nacht mußten sie die Maschinen beaufsichtigen, mit flinken Fingern die gerissenen Fäden knoten, die klappernden Ungetüme ölen und die Säle sauberhalten.

Die Fabrikräume, in denen die Kinder arbeiten mußten, waren dumpfe und halbdunkle Maschinenställe, Brutstätten der Schwindsucht und anderer schrecklicher Krankheiten.

Zu einem Dutzend zusammengepfercht, hausten sie in Kellerlöchern, das Lager war aus Stroh oder Lumpen, die Hauptmahlzeit bestand aus Kartoffeln und Salz, zu mehr hätte der armselige Lohn nicht ausgereicht.

Ein Abgeordneter des englischen Parlaments erklärte in einer Rede, daß „innerhalb von 90 Jahren, von drei Generationen also, die Baumwollindustrie neun Generationen von Baumwollarbeitern gefressen hat.“

Und tatsächlich: Die durchschnittliche Lebensdauer der Arbeiter und Tagelöhner von Liverpool — dafür liegen genaue Zahlen vor — betrug im Jahre 1840 nur 15 Jahre! Mit dem Alter, in dem die Arbeit — und auch nur unter bestimmten Schutzbedingungen — erst beginnen dürfte, wurden die Kinder als Opfer der schrankenlosen Ausbeutung bereits begraben!

In den Arbeitervierteln der englischen Fabrikstädte wuchs aber nicht nur das grauenhafte Elend, es wuchs dort auch die Erkenntnis über die wahren Ursachen der verzweifelten Lage. Und hier entstanden nun die revolutionären Organisationen der Arbeiter, mit denen sie nicht mehr gegen die Maschinen, sondern gegen das schuldige kapitalistische System ankämpften.

Viele Arbeiter waren Mitglieder der Chartistenbewegung. So nannte man die große englische Arbeiterbewegung, weil sie in den Jahren von 1825 bis 1856 um die Einführung einer Volkscharta, eines Grund-

gesetzes, kämpfte. In diesem Grundgesetz waren solche Volksrechte wie das allgemeine Wahlrecht verankert.

Der Chartismus wurde zu einer echten Massenbewegung, weil er den Kampf um die politischen Rechte der Arbeiterklasse begann. Er wurde zu der proletarisch-revolutionären Vereinigung, aus der die sozialistische Arbeiterbewegung in England große Kräfte und Erfahrungen zog. Vom Chartismus wurden die Ludditen völlig verdrängt und die Arbeiter auf den richtigen, den revolutionären Weg gebracht.

Friedrich Engels schrieb dazu:

„Die großen Städte sind der Herd der Arbeiterbewegung, in ihnen haben die Arbeiter zuerst angefangen, über ihre Lage nachzudenken und gegen sie anzukämpfen, in ihnen kam der Gegensatz zwischen Proletariat und Bourgeoisie zuerst zur Erscheinung, von ihnen sind Arbeiterverbindungen, Chartismus und Sozialismus ausgegangen.“

In den Fabrikstädten schuf sich also der Kapitalismus mit der industriellen Revolution auch die Totengräber des kapitalistischen Systems: das Industrieproletariat. Und in den Fabrikstädten entstand der wissenschaftliche Sozialismus. Hier enthüllte Karl Marx den Charakter der kapitalistischen Ausbeutung. Hier bewies er, wie es zugeht, daß der Kapitalist beständig reicher und die Arbeiter im Vergleich dazu beständig ärmer werden.

Der kapitalistische Unternehmer, der die Arbeitskraft eines Arbeiters kauft, vermag aus dieser Arbeitskraft mehr Wert herauszuholen, als er für sie bezahlt hat. Dieser Mehrwert, den der Kapitalist für sich behält, ist es, aus dem sich die ständig wachsende Kapitalmasse in den Händen der besitzenden Klasse bildet.

Mit dieser Entdeckung des „Geheimnisses vom Mehrwert“ begreifen wir zugleich auch, daß das eigentliche Ziel der kapitalistischen Produktion die Erzeugung von Mehrwert ist. Es geht dem Fabrikanten gar nicht darum, Güter zu erzeugen — Stoffe, Möbel, Eisenwaren oder Maschinen — sondern lediglich um die Erzielung von Profit, den er auf dem Wege der Warenproduktion als Mehrwert aus den Arbeitern herausholt.

Nun wußten die Arbeiter, wie sie gegen die Ausbeutung und für die Beseitigung der Ausbeutung überhaupt kämpfen mußten. In unerhört opferreichen Streiks setzten sie zunächst durch, daß die Kinderarbeit eingedämmt, die brutalsten Formen der Lohnrückerei beseitigt und der Arbeitstag verkürzt wurde. Unter der Führung von Marx und Engels vereinigten sich die Proletarier aller Länder in der internationalen sozialistischen Arbeiterbewegung, um den schweren Kampf gegen die kapitalistische Klassenherrschaft zu führen und für die Abschaffung der Ausbeutung des Menschen überhaupt.

Sie wußten, daß das nur erreicht werden konnte, wenn die Arbeiterklasse die politische Macht eroberte und die Produktionsmittel, die Maschinen, Fabriken oder Bergwerke nicht mehr den Kapitalisten, son-



denen gehörten, die in den Fabriken und Werken arbeiteten — dem werktätigen Volk. Während die sozialistische Arbeiterbewegung mit diesem Wissen um die Zusammenhänge den politischen Kampf gegen die kapitalistische Klassenherrschaft begann, führten die Kapitalisten den Klassenkampf auf ihre Weise weiter. Im Interesse höherer Profite waren sie auf die Entwicklung immer besserer Maschinen bedacht.

Wenn sie schon keine Kinder mehr beschäftigen und keine 16 Stunden mehr arbeiten lassen durften, so wollten sie wenigstens durch eine Vervollkommnung der Maschinen den Ausnutzungsgrad der Arbeitskräfte so erhöhen, daß ihr Profit nicht nur blieb, sondern sich sogar noch vergrößerte.

Das, was in der Textilindustrie eingeleitet worden war, pflanzte sich nun sehr schnell auf alle Gebiete der Produktion fort.

Viele der an der industriellen Revolution beteiligten Ingenieure, Erfinder und Naturwissenschaftler, die sehr wohl die Not in den Fabrikstädten sahen und zutiefst bedauerten, glaubten, mit den Fortschritten in der Technik auch die sozialen Verhältnisse fortschreitend verbessern und die Arbeit durch die Maschinen erleichtern zu können. Sie glaubten, wenn mehr und immer mehr produziert wird, könnten auch die Arbeiter selbst einen größeren Anteil am Geschaffenen haben.

Diese Fortschrittsgläubigkeit, die von der Technik alles erhoffte, entsprach natürlich in keiner Weise dem wirklichen Charakter der kapitalistischen Ausbeutung. Zunächst aber gaben diese Einstellung und das Profitstreben der Fabrikanten, der Kampf der kapitalistischen Konkurrenten untereinander und der zunehmende Außenhandel der Technik einen mächtigen Auftrieb. Auch die mit dem Bürgertum verbundene Wissenschaft wurde nun immer mehr dafür eingesetzt, die technische Entwicklung zu unterstützen.

## AUF STRASSEN UND SCHIENEN

Das erste kapitalistische Land — Feuersteinstraßen — Der Postillon mit Horn und Posttasche — Selbstfahrer — Der Dampfwagen — Vier Erfindungen — George Stephenson — Wettkampf der Lokomotiven — Von Preußen abgewehrt — 1848 — Ein Laufrad

### Das erste kapitalistische Land

England — war zu einer großen Werkstatt geworden, zu einer Schule für die Technik und zu einem Land der Erfinder. Das zeigte sich sehr bald auch auf dem Gebiete des Verkehrswesens.

Wir leben in einer Welt, in der die Ferne alle Schrecken verloren hat und in der die Entfernungen zusammengeschrumpft sind. Wie ein dichtes Netz legen sich die Flugrouten der Luftfahrtgesellschaften über den Globus, stählerne Schienenpaare laufen kreuz und quer über die Kontinente, und asphaltierte Autobahnen führen durch Wüsten und Urwälder hinauf bis zum „Dach der Welt“, dem einst abgeschlossenen Tibet, und wieder hinunter bis in die vereisten Steppen des Nordens.

Mit großer Präzision werden tagtäglich Millionen Tonnen Güter von einem Teil der Erde in den anderen verfrachtet, von Millionen PS getrieben, läuft die weltumspannende Maschinerie des Verkehrs.

Eine Ozeanüberquerung ist heute im Flugzeug in so vielen Stunden möglich geworden, wie es zuvor Tage mit dem Dampfer und vordem Wochen mit dem Segelschiff gedauert hatte.

Aber als der Mensch noch nicht mit Riesenschritten über die Erde gehen konnte, als er sich noch keine Flügel geschmiedet hatte und die bewegende Kraft des Dampfes noch nicht kannte, gab es schon wagemutige Menschen, die in die Ferne zogen. Sie traten die Wege, die Jahrtausende später gewalzt, gepflastert und schließlich asphaltiert wurden.

An diese Reisenden aus den ältesten Tagen ist kaum eine Erinnerung geblieben. Versunken in der Wüste sind die Wegzeichen der Karawanenführer, die aus Arabien Weihrauch nach Ägypten und in die prunkvollen Städte am Mittelmeer brachten. Und wenn in unseren Breiten irgendwo ein Bagger ein paar verkohlte Stücke Holz aus der Erde reißt, denkt niemand daran, daß es vielleicht die Überbleibsel eines Lagerfeuers der Salzträger sein könnten, die vor 4000 Jahren hier ihre Straße zogen.

Die Notwendigkeit zum Tauschen zwang schon in der Frühzeit die Sippen und Stämme, Verbindung untereinander zu halten. An vielen Ausgrabungsorten erwies sich jedoch, daß bereits während der Steinzeit



nicht nur die benachbart wohnenden Sippen sich mit ihrem kostbarsten Rohstoff Feuerstein oder den daraus hergestellten Werkzeugen gegenseitig aushalfen, sondern daß Feuerstein auch über weite Entfernungen hin getauscht wurde.

Wie sollte es sonst zu erklären sein, daß Feuersteine, die nur von Rügen stammen können, in der Schweiz gefunden wurden oder Steinäxte, die aus dem heutigen Finnland gekommen sein müssen, in Mittelrußland?

Auch in Südengland und Belgien gab es besonders umfangreiche Feuerstein-Abbaustellen, die jahrtausendlang in Betrieb waren. Sie lieferten den begehrten bergfeuchten Feuerstein, der sich viel besser bearbeiten ließ als der an der Oberfläche liegende, bereits verwitterte. Von diesen Stellen aus haben Pfeil- und Speerspitzen, Hämmer und Dolche eine weite Verbreitung über Alteuropa gefunden.

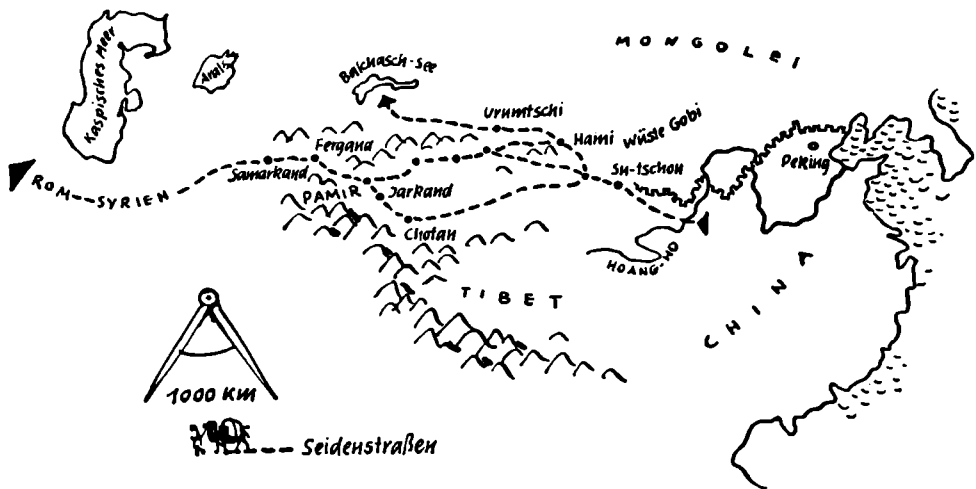
Niemand weiß, ob diese ausgedehnte Verbreitung sich nur auf dem Wege des Austausches über die benachbarten Sippen und Stämme vollzogen hat oder ob es vielleicht schon

### **Feuersteinstraßen**

gab, auf denen von ferne her die zum Tauschen Beauftragten der Sippen in die Feuersteinzentren kamen.

Im 3. Jahrtausend vor unserer Zeit begann der Abbau der Salzvorkommen im Hallstattgebiet, und seitdem bezogen die Stämme ganz Europas





Die Weihrauchstraße nach dem „arabia felix“, dem glücklichen Arabien — wie der heutige Jemen genannt wurde — führte durch die furchtbare Gluthölle der Wüste Hadramaut. Wie oft mögen dort die Karawanen mit Kamelen, Treibern und dem kostbaren Harz im Sandsturm untergegangen sein.

Auf der Seidenstraße, die über den Pamir, durch die Oasen Sinkiangs bis ins sagenhafte Zentrum des Seidenlandes China führte, mußten die Karawanen durch glühende Wüsten und über eisige Bergeshöhen.

Die Goldstraße ins afrikanische Land Punt muß voll solch entsetzlicher Gefahren gewesen sein, daß das Wissen um sie völlig verlörenging und bis heute noch nicht entdeckt ist, wo dieses Goldland der ägyptischen Pharaonen lag.

Alle diese Straßen haben ihren Namen nach dem Hauptprodukt, das auf ihnen transportiert wurde. Daneben beförderte man auf ihnen natürlich auch die zum Tauschen gedachten Erzeugnisse, wie Pelze, Lederwaren, Gewürze, Elfenbein oder Edelsteine. Es waren also — wenn man von den alten Feuerstein- und Salzstraßen absieht — Wege für Luxusgüter.

Was mit der Notwendigkeit zum Austausch lebenswichtiger Güter für die ganze Sippe begonnen hatte, war in den Sklavenhalterstaaten zu einer Sache der herrschenden Klasse geworden. In diesen Staaten gab es Händler und Kaufleute, die ausschließlich vom Gewinn aus ihren Geschäften lebten, die längst nicht mehr selbst die gefährvollen Reisen unternahmen, sondern Karawanen- und Schiffsführer mit ihren Mannschaften oder Sklaven mieteten.

In ihren Lagern stapelten sich chinesische Seide, indische Baumwollgewebe, nubisches Gold und Elfenbein, gläserner Schmuck aus Phönizien oder syrischer Purpurfarbstoff, Gewürze und aromatische Duftstoffe. Die

Verbindungen dieser Kaufleute reichten bis in die fernsten bekannten Länder, und nicht selten waren ihre Interessen mitbestimmend dafür, welche Städte mit Krieg überzogen, welche Konkurrenten vernichtet werden sollten.

Wir sprechen von Straßen, aber es waren natürlich keine Straßen in unserem Sinne. Es waren vermutlich nicht einmal Trampelpfade. Die Richtung gaben Flüsse oder Täler an, markante Erhebungen dienten zur Orientierung, und als Markierungen im unwegsamen Wald, in Steppen oder an Flußübergängen mögen geheime Zeichen angebracht gewesen sein — die ersten Wegweiser. Das Wissen um den Verlauf der Straßen und die Bedeutung der Zeichen wurde von den Führern der Karawanen und Trägerkolonnen an ihre Nachfolger weitergegeben.

Es gab aber auch schon vereinzelt Knüppeldämme über kurze Sumpfstrecken; sie wurden gebaut und unterhalten von in der Nähe siedelnden Sippen, die natürlich darauf bedacht waren, daß die Salzträger mit ihrer kostbaren Last sicher das Stammesgebiet erreichten.

Über weite Strecken wurden auch die Flüsse als Straßen benutzt. Während die Elbe abwärts Kupferbarren, bronzene Gerätschaften und Waffen noch auf Einbäumen oder zusammengebundenen Baumstämmen transportiert wurden, gab es in den alten Staaten am Mittelmeer bereits seetüchtige Schiffe.

Bereits vor 2500 Jahren wurden Schiffsschleppwege gebaut. Ein solcher Schleppweg befand sich auf dem Isthmus von Korinth, dort etwa, wo heute der Kanal von Korinth verläuft.

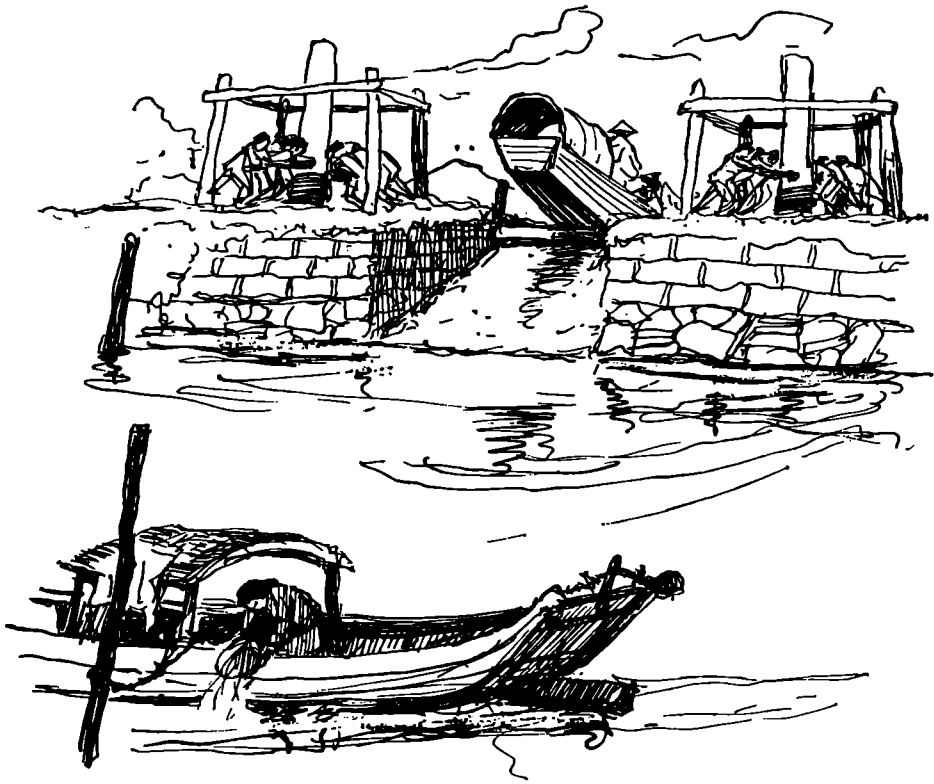
Noch heute kann man die Reste dieses 7,4 Kilometer langen „Diolkos“, des Durchzuges, erkennen. Es sind Stufen in die eine Wasserscheide bildenden Felsen eingehauen. In diesen Stufen lagen hölzerne Walzen, über die mit Hilfe eines komplizierten Systems von Flaschenzügen die Schiffe vom Wasser über den Felsen wieder ins Wasser geschleppt wurden.

Die Reste einer ähnlichen Anlage gibt es im heutigen Jugoslawien.

Zu dieser Zeit rumpelten die schweren und ungefügten Planwagen der Händler über die von Radspuren zerfurchten Wege, und über die gepflasterten Straßen des römischen Reiches jagten die gefederten Reisekutschen der Beamten. An den Straßen wurden Stationen mit Pferden unterhalten, so daß die eiligen Herren nach einigen Stunden die abgejagten Pferde immer wieder gegen frische auswechseln konnten.

Auch in Indien existierte eine ebenso organisierte Schnellpost, mit der die gewaltige Entfernung vom Fuße des Himalaja bis ans südliche Meer innerhalb weniger Tage überwunden wurde, und in China gab es seit dem 3. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung 2000 Relaisstationen für den Pferdewechsel der „Staatskurierpost“.

Mit der Erfindung des Rades und der Nutzung der tierischen Zugkraft war im Landverkehr eine Epoche eingeleitet worden, an der sich über Jahrtausende fast nichts veränderte. Freilich war der zunächst noch ungefederte Wagen durch eine Lederaufhängung bequemer geworden. Es



wird gerühmt, daß die römischen Generäle in sanfter Ruhe im über die Straßen fliegenden Wagen schlafen konnten und die Schreiber der Beamten während der Fahrt sogar stenografische Notizen zu machen vermochten.

Als 2000 Jahre später Johann Wolfgang von Goethe sich in seiner Reisekutsche über die miserablen Thüringer Landstraßen quälte, war die stählerne Blattfeder schon allgemein üblich geworden, auch die Bremsen funktionierten, und das Geschirr der Pferde war besser, aber am Rade und an der Antriebsart hatte sich nichts geändert. Aber die Straßen waren in einem viel schlechteren Zustand als die alten Straßen Roms.

## Der Postillon mit Horn und Posttasche

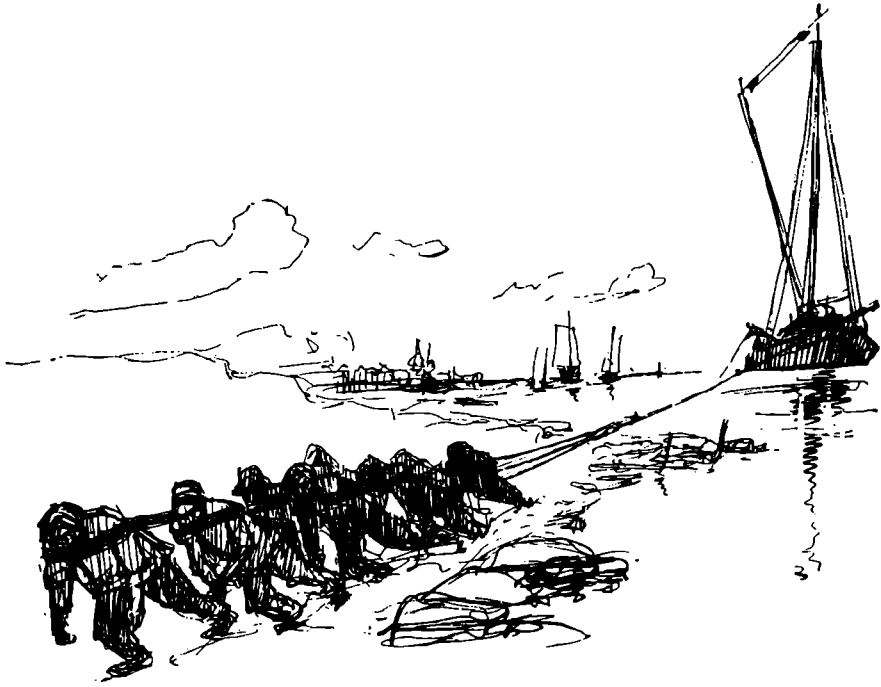
die umgestürzte Kutsche, die schimpfenden Reisenden, die nie klappenden Anschlüsse in den Posthaltereien — alles das gehört noch ins 19. Jahrhundert. Ebenso die langen Wagenzüge der Fuhrleute, die von einem Ausspanngasthof bis zum nächsten den ganzen Tag fluchten: auf die Pferde, die Straßen, die Radbrüche und die Wagen, auf die Wegezölle und die Schlagbäume, die aller Nasen lang irgendein deutsches Fürstentum abgrenzten. Mitunter schimpften sie auch auf die Bauern. Denn wenn die Straße steil anstieg, mußten die Fuhrleute Vorspannpferde mieten, und das brachte den Bauern eine willkommene Einnahme.

Der weimarische Staatsminister Goethe kümmerte sich sehr um den Straßenbau. Nicht nur, weil er selbst gern ausfuhr, er wollte mit dem damals in Deutschland geltenden Normalzustand, daß nämlich durchschnittlich alle zehn Kilometer ein Reifen brach und daß an Regentagen die Kutschen bis an die Achsen in den zerfahrenen Wegen festsaßen, wenigstens in Sachsen-Weimar ein Ende machen.

Sein Oberbaudirektor Coudray hatte in dieser Hinsicht gar nichts zu lachen. Wenn Goethe dahinterkam, daß eine neue Straße irgendwo mehr als 10 Zoll Steigung auf die Rute hatte, dann wurde er wild. Zwar



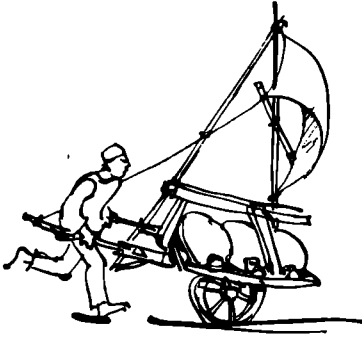




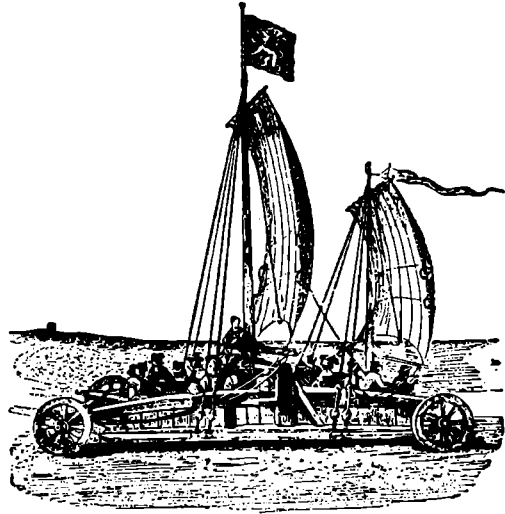
kam über einen solchen Hügel der leichte Reisewagen gut hinweg, aber die Frachtwagen mußten Vorspann holen. Und das wollte der kluge Staatsminister verhindern. Denn die Vorspanndienste summierten sich, verteuerten die Fracht und trugen nicht dazu bei, Handelsleute ins Land zu locken. Das aber wollte Goethe mit seinen Musterstraßen ja gerade erreichen.

Diese Einsicht war in den zersplitterten deutschen Kleinstaaten sehr selten. Die Krähwinkelfürsten strichen wohl die Wege- und Brückenzölle, die Abgaben für Durchreise und sicheres Geleit und ähnliche Gebühren ein, sie dachten aber gar nicht daran, dafür auch die Straßen in Ordnung zu halten. Sie glaubten vielmehr, es sei am besten, wenn ihr Land so unwegsam wie möglich wäre: Um so länger müßten sich ja dann die Durchreisenden innerhalb ihrer Grenzen aufhalten und könnten geschöpft werden. Selbst die großen Fernverkehrsstraßen, die sich in der Messestadt Leipzig kreuzten, waren in einem erbärmlichen Zustand. Eine gepflasterte Straße galt als eine solche Seltenheit, daß sie sofort Steinweg oder Steinstraße genannt wurde.

Da die billigsten und bequemsten Verkehrswege immer noch — wie schon Jahrtausende zuvor — die Wasserwege waren, entstanden die bedeutendsten Städte zumeist an den Ufern großer Flüsse oder an deren Mündungen. Wollten die Kaufleute ein Hinterland für ihren Handel erschließen, dann errichteten sie Niederlassungen und Stapelplätze in Städten an großen Flüssen. So gewann Magdeburg seine Bedeutung, Nishni-Nowgorod, Danzig, Bremen oder Rostock.



„Schiff auf Rädern“, wie es um 1600  
an der holländischen Küste fuhr



An den Ufern entlangehend, schleppten die schweren Ochsengespanne oder Kolonnen von Männern die Lastkähne stromauf. Den Treidlern oder Schiffsschleppern war bei ihrer mörderischen Arbeit sicherlich noch elender zu Mute als den Fuhrknechten auf den unwegsamen Straßen. Nur selten — wenn der Wind ausnahmsweise günstig war — konnte man auf manchen dafür eingerichteten Flußschiffen mit Segeln fahren. Denn auf den schmalen Flußläufen war es mit den schweren Lastschiffen natürlich nicht möglich, durch Kreuzen den Wind so auszunutzen, daß er auch dann nützte, wenn er genau von vorn blies.

Auf den Wind rechnete man ebenfalls bei den frühen Erfindungen, die zu den ersten selbstfahrenden Landfahrzeugen führten.

In China ist zum Beispiel heute noch mancherorts ein uralter einrädri-ger Karren in Gebrauch, der durch ein großes dreieckiges Segel den günstigen Rückenwind als Antriebskraft ausnutzt. Der den Wagen führende Mann hat nur für die Balance zu sorgen.

Richtige Segelwagen, betakelt wie kleine Kutter, waren im Holland des 16. Jahrhunderts ziemlich weit verbreitet. Ein zweimastiger Segelwagen, besetzt mit 28 Personen, soll die 67,5 Kilometer lange Strecke zwischen Scheveningen und Petten in zwei Stunden zurückgelegt haben Die

Fahrt führte immer an der flachen Küste entlang, hier konnte bei günstigem Winde ein regelrechter Fahrgastverkehr durchgeführt werden. Da aber das Wasser direkt vor der Nase lag, kann dieses sozusagen auf Räder gesetzte Schiff nie etwas anderes gewesen sein als eben ein Kuriosum.

Pläne für andere sogenannte

### **Selbstfahrer**

die angetrieben wurden durch die menschliche Muskelkraft und mit Hilfe eines Übersetzungsgetriebes fuhren, entwarf Roger Bacon, der englische Philosoph und technische Träumer aus dem 13. Jahrhundert.

Er hatte sich vorgenommen, die Wissenschaft aus der scholastischen, spitzfindigen Klopffechtere herauszuführen, indem er ihr Aufgaben stellte, die seiner Meinung nach zu verwirklichen sein müßten und die eine praktische Bedeutung für den Menschen hätten.

Er beschrieb Dinge, die für seine Zeit zwar utopisch waren, aber immerhin hatte er damit ausgesprochen, was die Wissenschaft tun müßte:

„Es können Wasserfahrzeuge gemacht werden, welche rudern ohne Menschen, so daß sie wie die größten Fluß- und Seeschiffe dahinsegeln, während ein einziger Mensch sie leitet, und mit einer größeren Schnelligkeit, als wenn sie voll Ruderer wären. Ebenso können Wagen hergestellt werden, die von keinem Tier gezogen werden und mit einer unglaublichen Gewalt daherfahren . . .

Es können Flugmaschinen gefertigt werden, so daß ein Mensch, in der Mitte des Apparates sitzend, diesen durch einen günstigen Mechanismus leitet und die Lüfte wie ein Vogel im Fluge durchmißt.“

Gebaut hat Roger Bacon keines dieser Fahrzeuge.

Erst im 18. Jahrhundert hören wir von verschiedenen Versuchen mit selbstfahrenden Wagen. In der „Vossischen Zeitung“ können wir lesen:

„Paris, den 4. August 1727. Ein gewisser Mathematicus allhier hat eine Carosse auf 4 Personen erfunden, mit welcher er ohne Pferde, durch ihre eigene innerliche Bewegung 14 französische Meilen in 2 Stunden, und zwar in dem tiefsten Sande fahren will.“

Man darf annehmen, daß diese Karosse — ebenso wie die, von der wir wenige Jahre später aus Berlin hören — durch einen Tretmechanismus in Bewegung gesetzt wurde. Den Antrieb mußten also die Fahrgäste mit der Muskelkraft ihrer Beine selbst besorgen.

Aus Berlin wurde im „Hamburgischen Correspondent“ am 10. Mai 1733 gemeldet:

„In Berlin hat eine gewisse vornehme Person einen curieusen Wagen erfunden, welcher, sobald jemand sich hineinsetzt, schnell fort gehet und, nachdem es einem beliebt, langsam oder geschwinder fortfähret, auch rechts und links und in einem kleinen Kreis sich umdreht, dabei aber nicht wie andere dergleichen Wagen mit einer Feder oder Ressort versehen ist, folglich beständig und solange man will, im Gange bleibt.“

Wir wissen nicht, was aus diesen „curieusen“ Wagen geworden ist, nicht, wie sie funktionierten, aber wir können uns sehr gut vorstellen, daß sie gar nicht den Beifall der hochmögenden Standespersonen gefunden haben, die natürlich nicht tretend und schwitzend die Arbeit zu verrichten gedachten, die vor ihren Kutschen die Pferde erledigten.

Wozu also selbstfahrende Wagen, wenn sie doch nicht von selbst fahren?

Wie es einem Erfinder ergehen konnte, der sich mit solchen Dingen abgab, erfahren wir aus dem alten Rußland. Im Jahre 1741 meldete Leonti Schamschurenkow der Nishni-Nowgoroder Behörde, daß er einen selbstfahrenden Wagen erfunden hätte. Er sei imstande, diesen Wagen in drei Monaten zu bauen, aber er benötige dazu dreißig Rubel aus der Staatskasse. Um diesen Betrag ging zwischen Nishni-Nowgorod und Petersburg eine jahrelange Schreibung hin und her, bis 1752 der Dörfler Schamschurenkow nach Petersburg beordert wurde. Dort beauftragte man ihn, das Fahrzeug zu bauen, und am 1. November hatte er es fertig.

„Der Wagen, mit Personen voll besetzt, funktioniert.

Er wird durch zwei Menschen in Fahrt gehalten.“

So können wir es im amtlichen Bericht lesen. Und auch — daß für Baumaterial und Löhne für die Handwerker dreiundsiebzig Rubel und fünf Kopeken aus der Staatskasse verbraucht worden waren.

Das Fahrzeug wanderte sofort ins Kunstkabinett des Zaren, und der Erfinder erhielt den Befehl, Petersburg nicht mehr zu verlassen. Da er aber in der Stadt weder Lohn noch Kost erhielt, kam der unglückliche Mann in große Bedrängnis, und er wünschte, nie etwas von seiner Idee gesagt zu haben.

Endlich, nach vielen Eingaben und nachdem Schamschurenkow schon halb verhungert war und niemanden mehr fand, der ihm auch nur noch eine Kopeke schenkte, wurde ihm gnädigst gestattet, wieder in sein Dorf zurückzukehren.

Aus allen diesen Selbstfahrerkonstruktionen wurde nichts Gescheites, der Kraftaufwand für ihren Betrieb war zu groß. Mit der Pferdekraft konnte eben der Mensch als Kutschenantrieb nicht in Wettbewerb treten.

Nur das Laufrad des Freiherrn von Drais sollte sich als entwicklungs-fähig zeigen; aber das ist eine Geschichte, über die später zu sprechen

ist. Denn bevor Drais auf die sehr naheliegende Idee kam, zwei Räder hintereinander zu montieren und sich auf das sie verbindende Gestell zu setzen, verwirklichte sich, wovon manche schon geträumt hatten.

### Der Dampfwagen

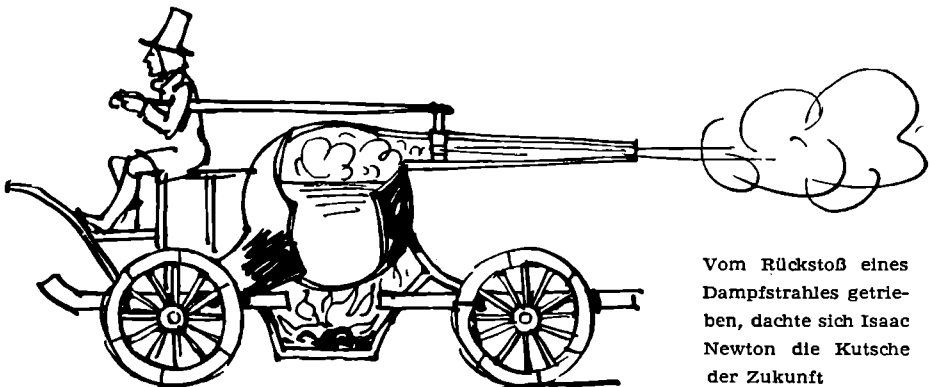
den Isaac Newton, der große englische Physiker und Astronom, im Jahre 1663 vorschlug, sollte durch den Rückstoß eines Dampfstrahles vorwärtsgetrieben werden. Denis Papin, dem wir unter den Erfindern der Dampfmaschine schon begegnet sind, wollte seine Maschine zum Antrieb eines Wagens oder eines Schiffes benutzen. Auch der Engländer Savery, der die erste atmosphärische Dampfpumpe baute, dachte an einen Dampfwagen.

Aber wirklich gebaut hat ihn erstmals der französische Artillerieoffizier Nikolaus Joseph Cugnot. 1769 hatte er ein Modell fertig, 1770 fuhr der erste Dampfwagen durch Paris.

Der Wagen bestand aus einem dreirädrigen Gestell mit einer Plattform. Vorn, vor dem einen Rad, hing in einer eisernen Gabel der kochtopfförmige Kessel. Der Schornstein der Kesselfeuerung ging durch den Wasserkessel hindurch. Der Dampf trat in die beiden Zylinder, die links und rechts über dem vorderen Antriebsrad hingen, die auf- und niedergehend die Achse des Vorderrades drehten.

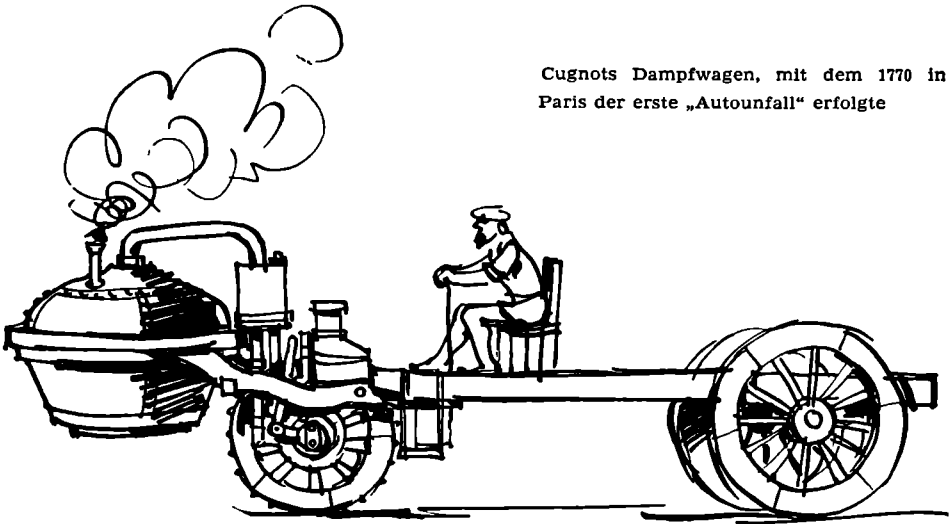
Der Wagen vermochte etwa eine Viertelstunde lang zu fahren, dann mußte der Kessel mit neuem Wasser versorgt und wieder auf Dampf gebracht werden. Er entwickelte — wenn er zügig in Fahrt war — das gemächliche Fußgängertempo von vier Kilometern in der Stunde.

Die Lenkung über das Vorderrad, das zugleich Antriebsrad war und auf dem außerdem noch die ganze Last des Kessels ruhte, war so ungefügig



Vom Rückstoß eines Dampfstrahles getrieben, dachte sich Isaac Newton die Kutsche der Zukunft

Cugnots Dampfwagen, mit dem 1770 in Paris der erste „Autounfall“ erfolgte



und schwerfällig, daß der Wagen schon bei einer der ersten Ausfahrten Cugnots verunglückte. Er rammte mit seinem Eigengewicht von 5000 Kilogramm und besetzt mit vier Männern eine Mauer und riß sie nieder.

Dem Fahrzeug war nichts passiert — darin erwies es sich unseren modernen Kraftwagen überlegen — aber Cugnot hatte doch die Lust verloren. Immer wieder drängte ihn der Kriegsminister Choiseul, die Versuche fortzuführen, denn der war an einer neuartigen Zugmaschine für Geschütze interessiert, aber Cugnot ließ die Finger davon.

In England bastelten Dutzende Erfinder an Dampfmaschinen, und sie hofften, damit eines Tages ein Fahrzeug betreiben zu können. Daß es nicht gelang, lag an der Unvollkommenheit der Dampfmaschinen.

Erst nach James Watts Erfinderarbeit wurde das anders. Auch er hatte daran gedacht, seine Maschine auf Räder zu setzen und sie — wie es in seinem Patent von 1784 heißt — zu verwenden „... zur Beförderung von Personen oder anderen Gegenständen von Platz zu Platz“.

An die Ausführung der Erfindung ging James Watt jedoch nicht. Er hatte zuviel mit der Dampfmaschine selbst zu tun. Da er sich aber die Idee hatte patentieren lassen, erschwerte er einem anderen Erbauer eines Dampfwagens die Arbeit sehr.

Es war William Murdock, der zuerst kleine Modelle konstruierte. Er entdeckte dabei, daß man die Dampfspannung über das bisher als üblich und zulässig geltende Maß hinaus steigern mußte, bis man einen solchen Hochdruck in den Kessel bekam, wie er gebraucht wurde, um das Wägelchen mitsamt der „Last“ eines Feuerhakens und einer Kohlschaufel umherfahren zu lassen.

Murdock baute einen größeren Dampfwagen, ebenfalls mit einem Hochdruckkessel ausgerüstet, den er auf der Straße fahren lassen wollte.

Nachdem er ihn angeheizt hatte, ratterte der Wagen so schnell davon, daß Murdock ihm nicht mehr folgen konnte. Er befürchtete ein großes Unglück, zumal er aus der Ferne laute Hilferufe hörte. Murdock war aber schnell beruhigt, als er atemlos am Flecke ankam und den Ortsgeistlichen, an allen Gliedern zitternd, dort vorfand, der behauptete, daß soeben, schrecklich wie der Leibhaftige selbst, ein zischendes und dampfspiendes Ungeheuer an ihm vorübergerast sei.

Anstatt sich zu freuen, daß die Begegnung weit harmloser war, wurde der jammernde Mann bitterböse, als Murdock ihn lachend aufklärte. Er schwor, ihm das Handwerk zu legen.

Murdock mußte tatsächlich seine Versuche einstellen. Allerdings nicht wegen des Geistlichen, sondern weil er angestellter Ingenieur von Boulton & Watt war.

Er hatte die Schiebersteuerung für die Dampfmaschine erfunden und ganz neue Verfahren für die Bearbeitung der Dampfmaschinenteile entwickelt, um die Präzision zu erreichen, die Watt brauchte. Er hatte die Montage der Dampfmaschinen im ganzen Cornwaller Bezirk geleitet und war dabei mit jeder technischen Schwierigkeit und — nicht zuletzt wegen seiner Körperkraft, die ihm den Spitznamen „der Eiserne“ einbrachte — auch mit jedem Spötter und jedem andringenden Haufen Maschinenstürmer fertiggeworden. Er war ein Maschinenbauer, der Dutzende andere Arbeiter zu ebensolchen Spezialisten ausgebildet hatte. Und nun mußte er seine Dampfmaschinen in den Schuppen stellen, weil Boulton und Watt es nicht duldeten, daß einer ihrer Angestellten sich mit Dingen beschäftigte, für die sie die Patente hatten!

Bevor William Murdock seine Versuche einstellte, hatte er aber wohl mit seinem alten Freund Richard Trevithick darüber gesprochen. Trevithick war ein äußerst phantasievoller Ingenieur und, wie Murdock, ein ungemein geschickter Maschinenbauer.

Er hatte eine Hochdruckdampfmaschine konstruiert, die völlig auf die Kondensation verzichtete und als Auspuffmaschine arbeitete. Sie war kleiner und weit billiger als die Wattsche, und das behagte der Firma Boulton & Watt gar nicht. Da aber Trevithick mit diesem neuen Weg im Dampfmaschinenbau nicht gegen Watts Patente verstieß und die mächtige Firma ihn auf diese Weise als Konkurrenz nicht ausschalten konnte, verfielen Boulton & Watt auf etwas anderes. Sie brachten beim Parlament den Antrag ein, die Verwendung von Hochdruckdampf wegen Explosionsgefahr überhaupt zu verbieten.

Der Antrag wurde abgelehnt, weil Trevithick im Parlament Fürsprecher fand, denen die Monopolstellung von Boulton & Watt im Dampfmaschinenbau ebensowenig behagte.

Trevithick konnte weiterbauen und die industrielle Revolution auch auf die Räder bringen.

Der Dreißigjährige konstruierte einen Dampfmaschinenwagen, der mächtiges Aufsehen erregte, als er Weihnachten 1801 in den Straßen von Camborne

auftauchte. Trevithick lud jeden, der Mut genug hatte, zu einer Spazierfahrt ein.

Einer dieser Fahrgäste schrieb:

„Captain Dick (Trevithick) machte Dampf auf, und als wir sahen, daß er bald genug Druck haben würde, sprangen so viele von uns auf, wie nur konnten — es mögen sieben oder acht gewesen sein. Von Weith bis Camborne Bake war eine bedeutende Steigung, aber er fuhr hinauf wie ein kleiner Vogel . . . Da wir sehr viele zusammengepreßt saßen, sprang ich ab. Er fuhr schneller, als ich gehen konnte.“

Kurze Zeit später machte er mit dem „Feuerdrachen“ in London die Straßen unsicher. Nur die wenigsten der staunenden und schimpfenden Menschen begriffen, daß mit diesem dampfenden Vehikel eine neue Zeit des Verkehrs begann. Denn Trevithicks Dampfwagen wurde zum Stammvater der Kraftwagen und der Lokomotiven.

Der Kessel mit dem hineingebauten Zylinder lag zwischen den Rädern, die fast zweieinhalb Meter hoch waren und sich durch diese Größe für die schlechten Straßen besonders gut eigneten. Die Achse der hinteren Räder wurde von der Kolbenstange durch eine Kurbel und zwei Zahnräder angetrieben. Der Wagen faßte zehn Personen und entwickelte eine Geschwindigkeit von sechzehn Kilometern in der Stunde.

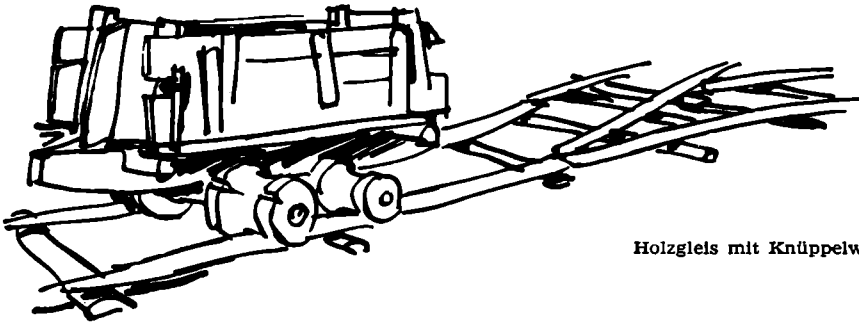
### **Vier Erfindungen**

verwendete Trevithick schon bei diesem Dampfwagen, die auch heute noch Bestandteil jeder Lokomotive sind: Er arbeitete mit Hochdruck. Der Kessel hatte eine zylindrische Form, die zum Widerstand gegen den hohen Druck des Dampfes besonders geeignet ist. Im Kessel war ein Flammenrohr, eine Röhre, die von der Feuerung aus durch den ganzen Wasserraum lief, damit die heißen Abgase der Feuerung noch zur Wassererhitzung beitragen konnten. Und schließlich ließ er den austretenden Dampf nicht einfach ins Freie puffen, sondern führte ihn durch den Schornstein hinaus. Das war die erste Anwendung des Blasrohrs, mit dem der Lokomotivfeuerung auch dann Zug verschafft wurde, wenn die Maschine stillstand, und je kräftiger die Maschine arbeitete, um so lebhafter wurde das Feuer angefacht.

In den nächsten Jahren nach Trevithicks Londoner Vorführung entwickelte sich in England ein lebhafter Dampfswagenverkehr. Es gab Dampfomnibusse, Überlandstrecken, Fahrpläne, und alles wäre für die Passagiere sehr schön gewesen, wenn die Fahrpreise nicht so hoch, die Straßen nicht so schlecht und das Aufsehen ein wenig geringer gewesen wäre.

Die mit Dampf betriebenen Kutschwagen sahen nicht viel anders aus als die großen Reisekutschen; sie waren voller Schnitzereien und Lack, und





Holzgleis mit Knüppelweiche

der vielbewunderte Mann, der für Feuer und Dampf sorgte, trug stolz einen Zylinder.

Richard Trevithick hatte den Dampfwagen nicht nur auf die Straße gebracht, er stellte ihn auch auf die Schienen.

Die Schienen gab es schon längst, ehe an Lokomotiven auch nur gedacht wurde. Fahrgleise, in denen Rollen oder Räder liefen, finden wir bereits in den alten Marmorbrüchen Griechenlands und in Rom. In den deutschen Bergwerken des Mittelalters wurden die Hunde, die kleinen Förderwagen, auf Holzgleisen gerollt. Und wahrscheinlich kamen sie durch deutsche Bergleute nach England.

Hier wurden Schiene und Dampfwagen miteinander verbunden. Zunächst aber rollten auf den Schienen Pferdewagen, obwohl sie schon Eisenbahnen genannt wurden. Denn in verschiedenen Gruben hatte man die Holzschienen durch gußeiserne ersetzt und sie auch über Tage geholt. Eisenbahnen verbanden die Gruben mit den Hüttenwerken, und den Pferden war es viel leichter, die vollbeladenen Kohlen- oder Erzloren auf den Eisenbahnen zu ziehen als auf den Straßen.

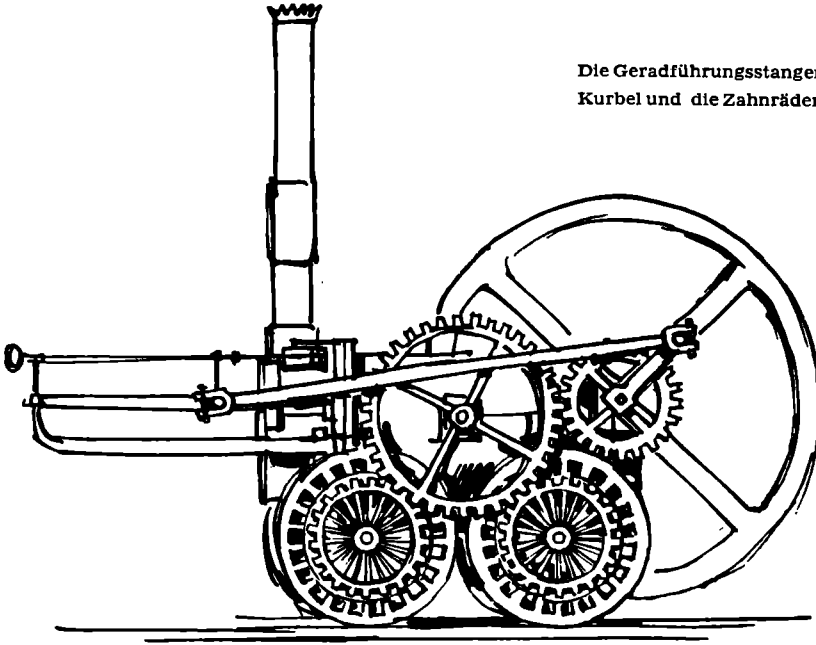
Richard Trevithick hatte mit den Dampfkutschen keinen finanziellen Erfolg gehabt. Ihm ging es nicht darum, seine Erfindungen in Vermögen umzuwandeln, er war zu sehr Techniker, hatte zu viele neue Ideen im Kopf, als daß er sich mit der systematischen wirtschaftlichen Ausnutzung einer Sache hätte begnügen wollen.

Als er mit dem Grubenbesitzer Hill über eine Hochdruckdampfmaschine verhandelte, die er ihm für seine Grube in Pennydarran in Südwales bauen wollte, behauptete er, auf die Eisenbahn zeigend, daß Pferde als Vorspann doch Unsinn seien. Denn Dampfmaschinen könnten ja viel mehr leisten. Hill tippte mit dem Zeigefinger an die Stirn, als Trevithick sogar erklärte, mit einer Dampfmaschine zehn Tonnen Nutzlast über die Schienen ziehen zu können.

Hill wettete fünfhundert Pfund Sterling, daß er das nie zuwege brächte, Trevithick hielt die Wette und — gewann.

Es war ein unvorstellbares Fahrzeug, das Trevithick gebaut hatte: hochrädig, plump, mit einem riesigen und noch dazu überflüssigen Schwung-

Die Geradföhrungsstangen trieben über die Kurbel und die Zahnäder beide Achsen an



rad, das den Gleichlauf der Bewegung sichern sollte, und mit zwar sinnvoll erdachten, aber doch ungeeigneten Zahnädern, die den Antrieb auf die Achsen übertrugen.

Immerhin, diese erste Lokomotive lief.

Als „Captain Dick“ Dampf aufmachte, zog sie fünf Wagen, vollbeladen mit Erz, davon und schleppte obendrein noch siebzig Menschen mit, die diese Fahrt mitmachen wollten, die erste richtige Eisenbahnfahrt.

Trevithick und sein „Tram Waggon“, den Namen Lokomotive gab es noch nicht, beförderten fünfundzwanzig Tonnen über die Strecke von sechzehn Kilometern — allerdings in mehr als vier Stunden.

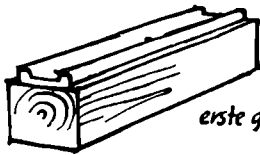
Trevithick hatte die Wette gewonnen, die Lokomotive zog mehr, als er selbst gehant hatte. Warum aber blieb Trevithick nicht beim Lokomotivbau, warum heißt es von ihm: Er war genial, aber er scheiterte, und erst Stephenson mußte kommen, um zum Schöpfer der Eisenbahn zu werden?

Trevithicks Lokomotive lief, aber die gußeisernen Schienen unter seiner ersten provisorischen Dampfeisenbahn zerbrachen. Die Lokomotive mußte abgebaut und als stationäre Kraftmaschine verwendet werden. Er baute leichtere Lokomotiven, damit sie auf Holzschienen fahren konnten. Damit beschnitt er aber ihre Leistung. Also baute er wieder eine schwerere Lokomotive. Sie erreichte dreißig Kilometer in der Stunde und galt als ein Wunder — aber die Schienen brachen. Trevithick scheiterte also, weil die gußeisernen Schienen und der Gleisbau den Anforderungen nicht entsprachen.

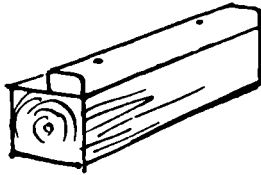
Die Lokomotiven tanzten und schlingerten wie wilde Esel auf den Schienen entlang, und Gußeisen war diesen Belastungen nicht gewachsen. Es mußten neben den späteren Lokomotivbauern noch viele andere Erfinder kommen, die sich mit dem Schienenweg befaßten, die aus den gußeisernen meterlangen Stücken die schmiedeeiserne und schließlich die gewalzte Stahlschiene machten.

Dazu waren Verbesserungen der Herstellungsverfahren notwendig. In den Walzwerken mußten neue Techniken entwickelt werden, die es gestatteten, Profile zu walzen. Zudem mußte der Bettung der Schienen und ihrer Befestigung, dem Unterbau für die Gleise, die gleiche Aufmerksamkeit gewidmet werden wie der Lokomotive selbst.

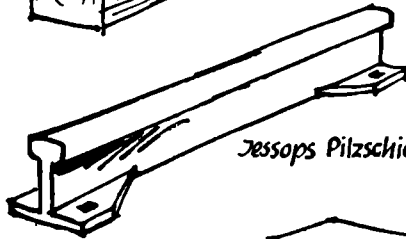
Während Trevithick sich um die Erfindung von Dampfkränen, Schwimm-



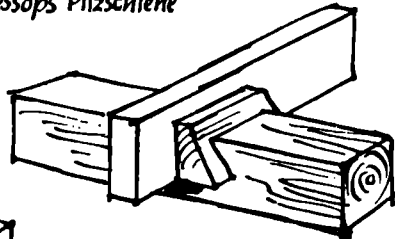
*erste gegassene Eisenschiene 1767*



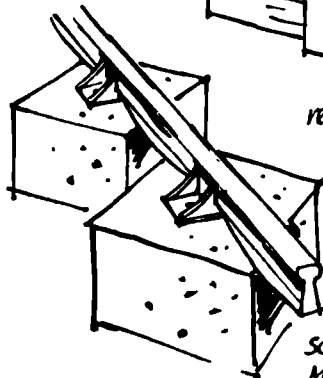
*schmiedeeiserne Schiene (Leipzig-Dresden)*



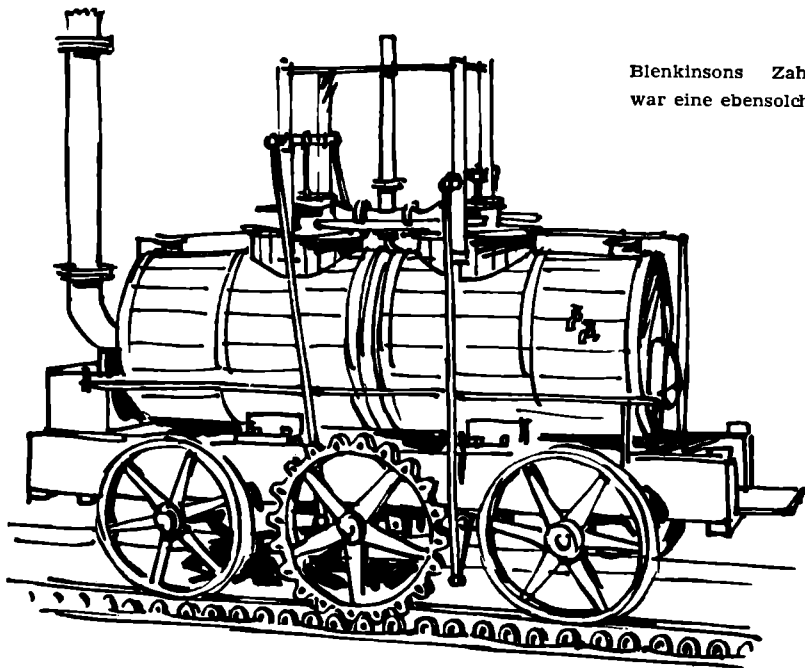
*Jessops Pilzschiene*



*rechteckige Schiene*



*Schiene der Bahn  
Manchester-Liverpool*



Blenkinsons Zahnrad-Lokomotive  
war eine ebensolche Verirrung, wie  
die . . .

docks und Masten aus Eisenblech bemühte, die Untertunnelung der Themse begann — bei diesem damals noch nicht zu verwirklichenden Projekt erlitt er die schwersten Rückschläge — und schließlich in Peru mit seinen Hochdruckdampfmaschinen die Gold- und Silberminen vor dem Wasser rettete, war in England zunächst nahezu alles vergessen worden, was Trevithick mit seinen Lokomotiven schon erreicht hatte. Wer Dampfswagen auf Schienen setzen wollte, begann wieder ganz von vorn.

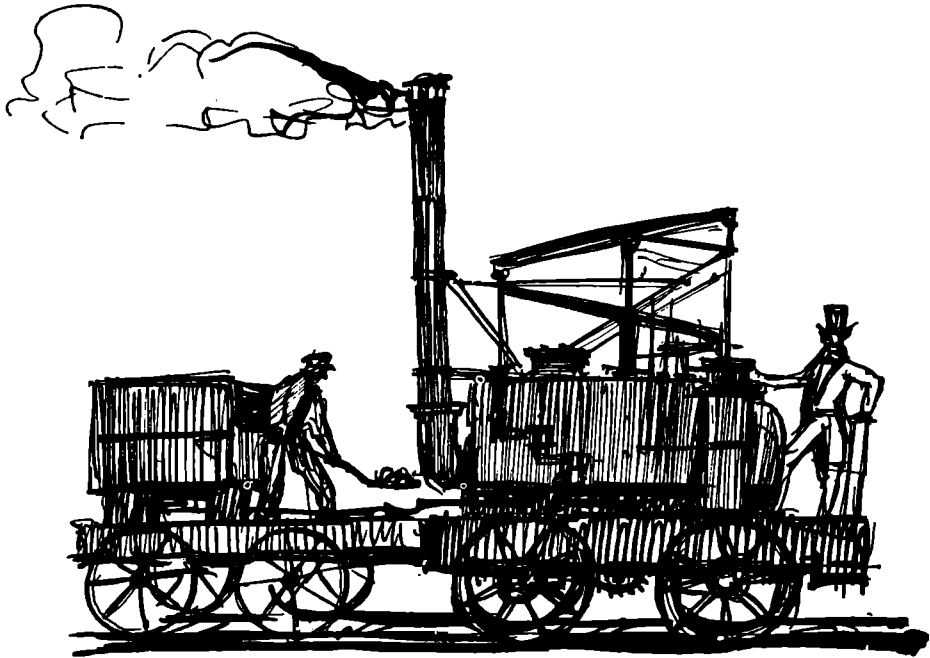
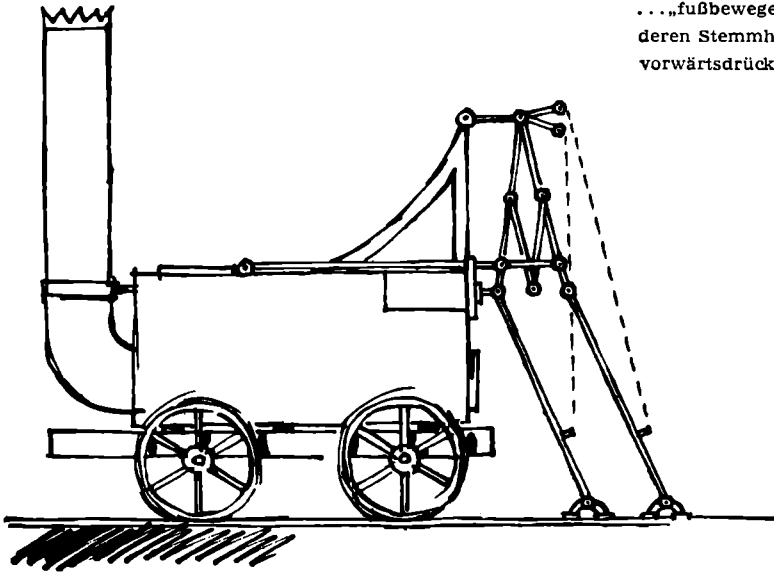
Weil man glaubte, daß die glatten Eisenräder auf den Schienen nicht genügend anhaften und sie sich auf der Stelle drehen würden, statt die Lokomotive vorwärtszubringen, verfiel man auf den Gedanken, die Lokomotive mit Zahnrädern zu versehen. Andere ließen ihre Lokomotiven sogar durch zwei Stemmhebel, die sich wie Krücken hinter der Maschine bewegten, vorwärts drücken.

Diese „fußbewegende Maschine“ und die Zahnradbahnen für ebene Strecken konnten dem Dampfproß natürlich keine Anhänger und Interessenten gewinnen.

Erst der Ingenieur Hedley ließ es mit der bloßen Annahme nicht mehr bewenden, er experimentierte, wie es Trevithick getan hatte, und fand, daß die Schienenreibung groß genug war, um auf alles Beiwerk verzichten zu können.

Er baute 1813 die „Puffing-Billy“. Die Maschine hatte auf- und niedergehende Balanciers, mit denen die Welle angetrieben wurde, die über

...„fußbewegende“ Lokomotive  
deren Stemmhebel die Maschine  
vorwärtsdrücken sollten



Zahnräder die beiden Achsen drehte. Sie bot einen höchst komischen Anblick und wurde Grashopser genannt.

Zu dieser Zeit, als schon einige mehr oder weniger brauchbare „Feuerpferde“ über die Schienenstrecken zwischen Eisenwerken und Gruben schnauften und die Leute in Angst und Schrecken versetzten, trat

### **George Stephenson**

mit neuen Gedanken auf den Plan.

Man kann nicht sagen, daß er der Schöpfer der Eisenbahn gewesen sei — zu viele Erfinder waren vor ihm oder mit ihm tätig. Und andere in den Walzwerken, den Schmieden, Eisengießereien und Maschinenfabriken machten durch verbesserte Techniken und neue Maschinen erst alles das möglich, was die Eisenbahn brauchte. Aber Stephenson war der tüchtige und weitblickende Mann, der die kräftigen Keime zur Blüte brachte.

Und der Boden, auf dem sie zur Reife gediehen, war der denkbar beste. Die aufstrebenden englischen Industriestädte, die durch Dampfmaschinen betriebenen Fabriken verschlangen mehr Kohle, verarbeiteten mehr Rohstoffe als je zuvor. Für ihre Heranführung und für den Abtransport der Fertigwaren mußte gehörig gesorgt werden, denn je schneller das alles ging, um so größer war der Gewinn.

Der junge Stephenson, der als Kohlenausleser, Hilfsheizer und schließlich als Hilfsmaschinist arbeitete, hatte schon als Kind eine von Trevithicks Lokomotiven in Northumberland gesehen. Ihn interessierten die prächtigen Dampfpumpen, an denen er arbeiten konnte, aber am schönsten war es für ihn, wenn sie nicht gingen, wenn er an ihnen herumbasteln, sie reparieren konnte. Sein Lieblingstraum war aber die Lokomotive. Er und seine Geschwister hatten keine Schule besuchen können, ihr Vater war zu arm gewesen, um das Schulgeld bezahlen zu können. Mit neunzehn Jahren erst verdiente er sich als Flickschuster und Uhrmacher noch nebenbei soviel Geld, um in einer Abendschule seinen Namen schreiben zu lernen. Er las und kaufte immer neue Bücher. Er lernte rechnen und technische Zeichnungen lesen. Denn er war besessen davon, alles verstehen zu können, was es mit den Maschinen und den sie bewegenden mechanischen und physikalischen Gesetzmäßigkeiten auf sich hatte.

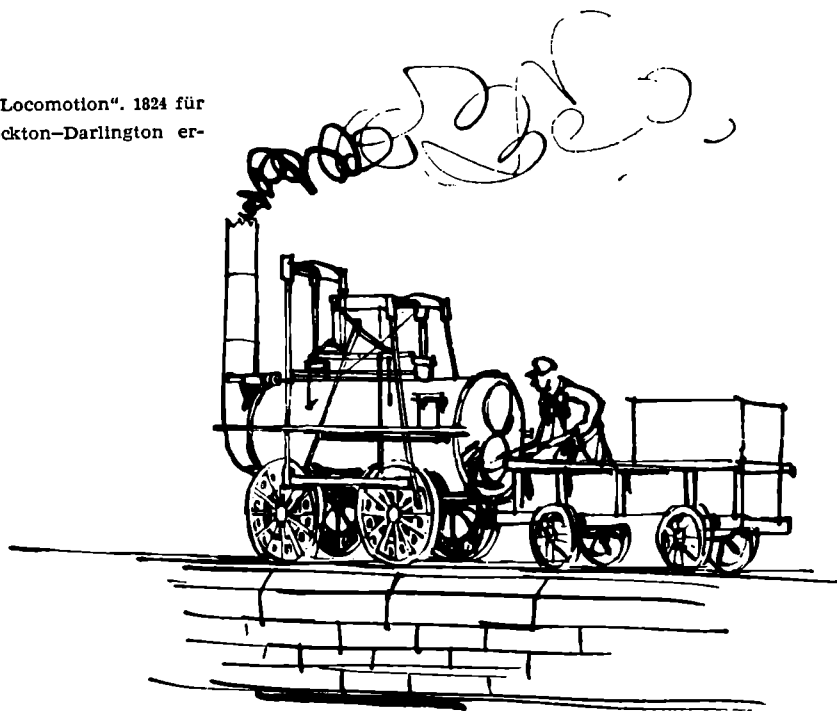
1812 begann Stephenson, nun schon als Maschinenmeister und Ingenieur, für die Grube, auf der er arbeitete, eine Lokomotive zu bauen. Zwei Jahre später war sie fertig. Ihre Leistung war ungenügend. Er verbesserte sie, indem er das bereits von Trevithick verwendete Blasrohr aufs neue erfand. Außerdem verwendete er an Stelle der gußeisernen Räder schmiedeeiserne und erprobte zugleich auch immer neue Schienenformen, um die günstigste zu finden. Er baute, um den Verkehr der Kohlen-

grube von Killingworth wirksam zu verbessern, noch mehrere Lokomotiven, die zwar alle zusammen nicht sensationell in ihren Leistungen waren, sich aber doch als zuverlässig und billiger als die Pferde erwiesen. Stephenson hatte seinen Sohn Robert nicht nur die Schule besuchen, er hatte ihn sogar — wenn auch unter großen Opfern — studieren lassen. Mit ihm gemeinsam arbeitete er an der Vervollkommnung seines Wissens, und mit ihm zusammen baute er in einer anderen Grube in Durham eine neue Eisenbahnstrecke.

Da man sich hier wie auch später auf der Bahnstrecke zwischen Stockton und Darlington noch nicht entschließen konnte, für die Eisenbahn einen neuen Kunstweg zu bauen, einen Damm also, auf dem die Strecke über die natürlichen Unebenheiten, Hügel und Senken hinweggeführt wurde, so daß die Lokomotiven langsam ansteigend größere Erhebungen überwinden konnten, war der Erfolg nicht besonders groß. Die Schienen klebten am natürlichen Verlauf der Erdoberfläche, und so kam es, daß nicht durchgehend Lokomotiven fahren konnten, sondern auf beiden Strecken die Wagen von ortsfesten Dampfmaschinen, mit Hilfe eines Seilzuges, über Hügel gezogen werden mußten.

Bedeutungsvoll ist aber, daß beim Bahnbau zwischen Stockton und Darlington, der das Kohlenrevier mit einem Hafen verband, von George Stephenson unter dem Namen seines Sohnes die erste Lokomotivfabrik der Welt gegründet wurde. Diese Fabrik von Stephenson in Newcastle

Stephensons „Locomotion“. 1824 für die Bahn Stockton-Darlington erbaut



sollte für das Eisenbahnwesen sehr schnell eine solche Bedeutung bekommen wie die von Boulton & Watt für die Herstellung ortsfester Dampfmaschinen.

Drei Lokomotiven fuhren zunächst auf dieser Strecke. Eine davon war die berühmte „Locomotion“ (Ortsveränderung). An ihr verwendete Stephenson erstmalig die Kuppelstange, die auf jeder Seite die Vorder- und Hinterräder miteinander verband. Das war eine weit bessere Lösung, als Trevithick sie gefunden hatte, der ja durch Zahnräder den Antrieb auf beide Radachsen übertrug.

Die Strecke war auch für den Personenverkehr gedacht, und gleich die Einweihungsfahrt machten Hunderte in den auf die Schienen gestellten Postkutschen oder Kohlenwagen mit. Aber die qualmenden Ungeheuer, deren Schornsteine bei schneller Fahrt in Rotglut gerieten, waren für viele Menschen noch so unheimlich, daß sie lieber mit den Zügen fuhren, die von Pferden gezogen wurden. Dampf- und Hafermaschinen teilten sich also brüderlich in die Eisenbahn.

Historisch entschieden war zwar die Frage, wer sich für die Dauer auf der Strecke behaupten würde, von dem Augenblick an, als die erste Dampfmaschine rollte, aber für die Zeitgenossen war das durchaus noch nicht klar. Deshalb mußte Stephenson ein guter Propagandist der Lokomotiven sein, wenn er sie durchsetzen wollte. Und er war es. Er verstand, den Fabrikanten klarzumachen, wie er es den Grubenbesitzern klagemacht hatte, daß zur modernen industriellen Produktion auch ein ihr entsprechender leistungsfähiger Verkehr gehört.

Bei den Vätern der neuen Eisenbahnstrecke zwischen Manchester und Liverpool fiel dieser naheliegende Gedanke auf besonders fruchtbaren Boden. Liverpool war der Hafen, in dem die Rohbaumwolle aus Übersee ankam. In Manchester, weit im Hinterland, wurde sie verarbeitet, und die fertigen Webwaren wurden wiederum in Liverpool verfrachtet. Zwischen beiden Städten war ein lebhafter Verkehr im Gange, hauptsächlich auf Kanälen, und die verschiedenen Kanalgesellschaften, von denen die Kanäle angelegt worden waren, verdienten gut am beständig zunehmenden Flußschiffverkehr. Aber die Baumwolle, die in drei oder vier Wochen über den Ozean kam, brauchte oft ebensolange, um von Liverpool nach Manchester zu gelangen. Im Winter, wenn die Kanäle zugefroren waren, stapelten sich im Hafen die Baumwollballen, obwohl sie in Manchester dringend gebraucht wurden. Und in den Lagern der Fabriken türmten sich die Stoffe, die nicht abtransportiert werden konnten.

Eine Eisenbahnlinie sollte diesem Übelstand abhelfen und einen störungsfreien Warenfluß in Gang bringen. Zunächst war an eine Pferdebahn gedacht worden. Aber als die Bahnbeauftragten mit Stephenson darüber sprachen, wurden sie bald davon überzeugt, daß Lokomotiven sich weit besser eigneten. Stephenson versicherte ihnen, daß er dem Kanalbetrieb, der im besten Falle vierzig Stunden brauchte, um die



Waren von einer Stadt zur anderen zu bringen, eine Eisenbahnfahrt von nur vier Stunden gegenüberstellen würde.

Dieses Vorhaben entsprach natürlich gar nicht den Interessen der Kanalgesellschaften, die mit Recht befürchteten, daß ihnen mit der Eisenbahn das Wasser abgegraben, das Geschäft verdorben werden könnte. Die Teilhaber dieser Gesellschaften und die Großgrundbesitzer, über deren Gebiete die neue Bahnstrecke geführt werden sollte, boten Himmel und Hölle auf, um den Bau zu verhindern.

Sie behaupteten, die Luft würde durch den Qualm so verpestet, daß die Viehherden eingehen und die Weiden verkümmern müßten. Die Häuser würden durch den Funkenflug in Brand geraten, und die Menschen wären ihres Lebens nicht mehr sicher, weil die Dampfkessel immerzu zerplatzen würden. Schon der ständige Anblick der vorüberdonnernden Züge würde die Menschen wahnsinnig machen und die Tiere zu Tode erschrecken.

Die Pfarrer predigten von der Kanzel gegen das gottlose Treiben und hetzten die Pächter und Tagelöhner gegen den Bahnbau auf. Wissenschaftler erklärten allen Ernstes, daß so hohe Geschwindigkeiten mit Sicherheit zum Tode führten, weil die Luft nicht mehr in die Wagen dringen könnte und die Passagiere elendiglich ersticken müßten.

Die Folge war, daß die Landvermesser, die den Bahnverlauf festlegen sollten, mit Mistgabeln davongejagt, ihrer Instrumente beraubt und verprügelt wurden.

So wurde der Bahnbau vom ersten Tage an ein Kampf. Die aufgehetzte Landbevölkerung glaubte den „Gutachten“ der von den Kanalgesellschaften ins Feld geführten Wissenschaftler; was der Herr Pastor sagte, galt ohnehin für so wahr, wie wenn es in der Bibel stünde; und wenn der Lord auch noch Freibier ausschenken ließ, um ihnen Mut zu machen, dann mußten sie ja wohl die Landvermesser in die Flucht jagen.

Mit Mühe und Not konnte die Strecke schließlich vermessen werden. Dann trat jedoch ein neues Hindernis auf: Ein Parlamentsausschuß sollte über den Bahnbau entscheiden. Stephenson wurde von den Abgeordneten, die die Kanalgesellschaften und die Landlords aufgeboten hatten, mit einer solchen Fülle dummer Fragen, Zweifel und Einwände in einem Kreuzverhör überhäuft, daß er sich machtlos fühlte, nicht mehr wußte, was er auf soviel Unsinn noch entgegenen sollte und schließlich, unwillig geworden, nur immer wiederholte: „Ich kann's nicht sagen — aber ich werde es machen!“

Der Abgeordnete Alderson hielt eine zweistündige vernichtende Rede, in der er unter anderem sagte:

„Es ist erwiesen, daß Stephensons Plan der abgeschmackteste ist, der je in einem Menschenkopf ausgeheckt wurde. Wer vermag daran noch zu zweifeln, der Gelegenheit hatte, den Mann bei seinen Aussagen zu beobachten? Ich erhebe feierlichen Einwand . . .“

Der Kampf im Parlamentsausschuß war für Stephenson verloren: Der Bahnbau wurde abgelehnt.

Einige Monate später wurde der erneut dem Parlament vorgelegte Antrag genehmigt! Nicht, weil die Bahnlinie Stockton—Darlington sich so glänzend bewährte, und auch nicht, weil Stephenson sich besser selbst auf die dümmsten Einwände vorbereitet gehabt hätte, sondern — weil die Bahngesellschaft einen der Hauptbetroffenen der Kanalgesellschaften dadurch für sich gewonnen hatte, daß sie ihm eine hohe Beteiligung am Gewinn der Eisenbahn zusicherte!

Außerdem mußte Stephenson den Verlauf der Bahnstrecke verändern, die Wildgehege der Lords, ihre Schlösser und Güter weit umgehen. Die edlen Herren erhielten aber trotzdem eine so hohe Abfindung, als würde die Eisenbahn mitten durch die Hallen oder Speisesäle ihrer Schlösser dampfen.

Nun verschwand der Widerstand gegen die Eisenbahnlinie mitsamt den Mistgabeln, und auch die Hetzreden verstummten auf den Kanzeln und im Parlament. Stephenson konnte bauen.

Es wurde der komplizierteste Bau, den die Welt bis dahin gesehen hatte. Damit eine wirklich ebene Kunstbahn entstand, mußten einige gewaltige Steinbrücken errichtet werden — insgesamt dreiundsechzig Brücken — Mulden wurden ausgefüllt, Felsen durchstoßen, Tunnel gegraben, und schließlich mußte auch noch ein Moor in sechs Kilometer Länge trockengelegt und zugeschüttet werden.

Daneben hatten Stephenson und seine Mitarbeiter die Schienen, Signalanlagen und Weichen zu entwerfen und ihren Bau zu überwachen. Die Drehscheiben mußten erdacht und die Wagen konstruiert werden.

Daß man die Eisenbahn maschinell betreiben würde, war klar. Aber nicht entschieden war, ob durch Seilzug und ortsfeste Dampfmaschinen oder durch Lokomotiven.

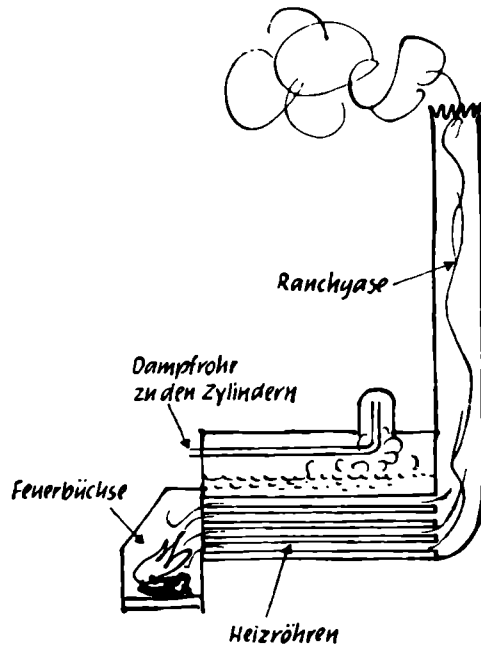
Stephenson hatte natürlich die Strecke schon im Hinblick auf seine Lokomotiven gebaut. Aber die Bahngesellschaft wollte — als sie sich schließlich für Lokomotiven entschied — doch die besten aller möglichen Lokomotiven erwerben, und deshalb schrieb sie einen Wettbewerb aus, der zu dem weltberühmt gewordenen

### **Wettkampf der Lokomotiven**

zu Rainhill führte, bei dem Stephenson's Maschine siegte.

Der Oberbauleiter Stephenson verwandelte sich wieder in den Lokomotivbauer. Er fuhr nach Newcastle in seine Werkstatt, rief seinen Sohn Robert, der in Südamerika war, zu sich, und beide begannen, eine neue Lokomotive zu konstruieren. Mit ihr wollten sie der Welt zeigen, was wirklich eine Lokomotive ist.

Die Heizröhren im Wasserkessel vergrößern die Heizfläche. Es gibt schneller und mehr Dampf, der in die Zylinder geleitet werden kann



Da sie wußten, daß man zu allererst die Fehler untersuchen muß, die man gemacht hat, um daraus zu lernen, prüften sie zunächst ihre alten Lokomotiven auf Herz und Nieren. Es waren die weitaus besten, die es gab, aber ihrer Meinung nach noch längst nicht die besten, die möglich waren.

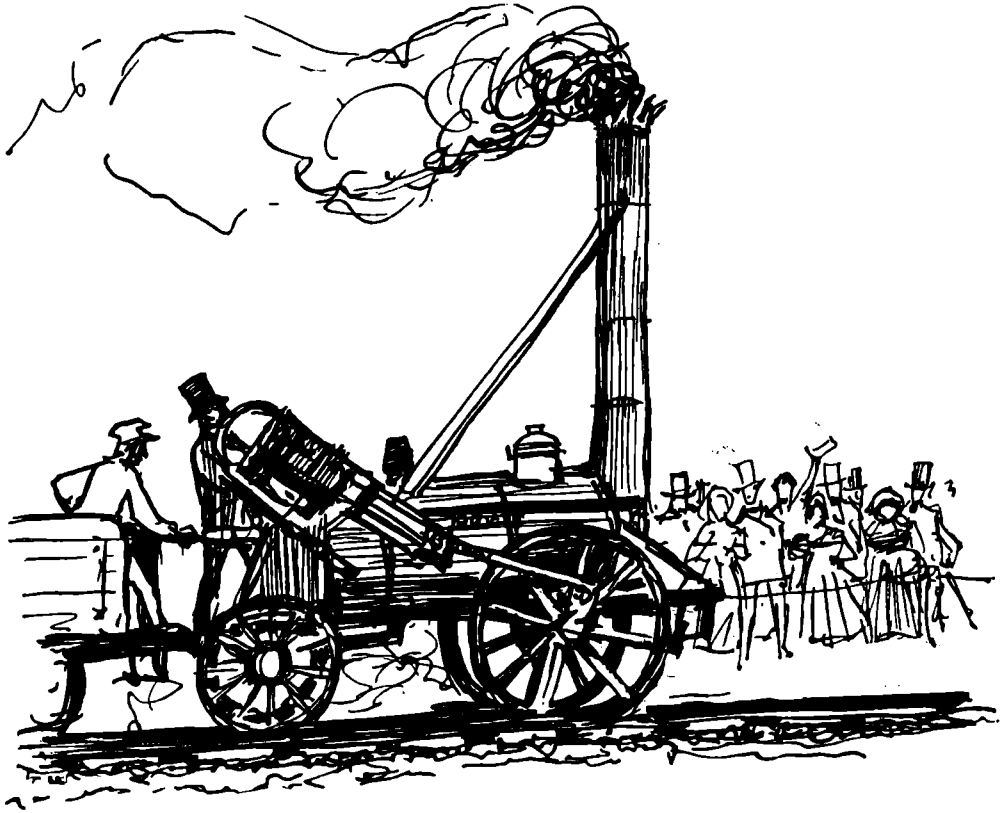
Die Geschwindigkeit hing ab vom Dampfdruck im Kessel und der wiederum vom Feuer. Mit dem Blasrohr allein konnte die Heizkraft nicht in dem Maße erhöht werden, wie es den Stephenson's vorschwebte. Auch zwei Blasrohre und zwei Schornsteine halfen nicht viel weiter. Um die Heizkraft ausreichend zu erhöhen, mußte die Heizfläche, die mit dem Wasser im Kessel in Berührung kam, erheblich vergrößert werden.

Es war ein alter Freund Stephenson's, der Sekretär der Bahngesellschaft, Henry Booth, der den richtigen Gedanken hatte. Er schlug vor, durch den Kessel eine große Zahl dünner Röhren zu führen, durch die die heißen Gase auf ihrem Wege von der Feuerung zum Schornstein hindurchziehen müßten. So würde die Heizfläche ungemein vergrößert und das die Röhren umgebende Wasser sehr schnell erhitzt werden.

Stephenson griff diese Anregung sofort auf. Der heute noch übliche Flammrohrkessel war geschaffen.

Stephenson Vater und Sohn verbesserten ihre Wettbewerbslokomotive in jeder Hinsicht, so daß die Leistungsfähigkeit erstaunlich groß wurde.

Als der Tag des Wettbewerbs herangekommen war, umsäumten zehntausend Menschen die Strecke. Fünf Lokomotiven waren gemeldet. Eine davon, der „Zyklopenfuß“, erhielt sofort Startverbot, weil sie den Wettbewerbsbedingungen nicht entsprach — in ihrem Innern war ein Pferd



verborgen. Bei den vier anderen hatte wohl alles seine technische Richtigkeit, jedoch bei der „Neuheit“ funktionierten die Blasebälge, die das Feuer anfachen sollten, nicht, bei der „Unvergleichlichen“ war der Kessel in Unordnung, die „Ausdauer“ gab es von vornherein auf, da sie offensichtlich die geforderte Geschwindigkeit nie erreichen würde. Die klangvollen Namen konnten die technischen Unzulänglichkeiten nicht verdecken.

Weil die Schäden an diesen Lokomotiven sich nicht ganz beheben ließen und sogar noch immer neue auftraten, sooft man auch den Ausscheidungstermin verlegte, fuhr an allen Tagen Stephenson's Lokomotive „Rakete“ allein über die Wettbewerbsstrecke.

Am 6. Oktober 1829, am Tage der Vorprüfung, legte Stephenson 19 Kilometer in 53 Minuten zurück.

Am Tage darauf, als die zehntausend Menschen das größte Ereignis der Neuzeit bewundern wollten, durchfuhr er mit dreißig Fahrgästen in einem angehängten Wagen die Strecke im Tempo von 40 Kilometern in der Stunde, und am nächsten Tag erreichte er 46 Kilometer und eilte zwanzigmal störungsfrei über die Bahnlinie.

Nachdem auch in den nächsten Tagen die übrigen grob zusammengeschusterten Lokomotiven nicht störungsfrei über die ganze Strecke zu bringen waren, wurde der „Rakete“ der Preis zuerkannt.

Als Stephenson nun die Ehrenrunde fuhr, machte er den Dampf voll auf und erreichte die für damalige Vorstellungen ganz unglaubliche Geschwindigkeit von 56 Kilometern in der Stunde.

Die „Rakete“, die erste wirklich vollwertige Lokomotive, in der alles das vereinigt war, was von Stephenson und vielen anderen Erfindern in fast dreißigjähriger Arbeit auf diesem Gebiet erreicht worden war, fuhr lange Zeit auf der Strecke Manchester—Liverpool. Dann schleppte sie noch viele Jahre in einem Bergwerk Kohlen. Heute steht sie im Kensington-Museum in London.

Mit der „Rakete“, der Strecke Manchester—Liverpool und dank dem technischen und organisatorischen Genie Stephensons entstand auf dem Boden der wirtschaftlichen Notwendigkeit das Eisenbahnwesen — und damit das Verkehrsmittel, das der kapitalistischen Großindustrie angemessen war.

In den nächsten Jahren wurde Manchester zum Mittelpunkt eines Eisenbahnnetzes. Bereits 1840, zehn Jahre nach der offiziellen Einweihung der Bahnlinie Liverpool—Manchester, umfaßte das englische Schienennetz mehr als 7000 Kilometer! Und während Stephenson immer neue und bessere Lokomotiven in Serienproduktion herausbrachte, die er nach Amerika und auch auf den europäischen Kontinent verkaufte, geschah in Deutschland so gut wie gar nichts.

Tatsache ist, daß schon 1816 in der Berliner „Königlichen Eisengießerei“ eine Lokomotive gebaut wurde. Zwei preußische Beamte waren nach England entsandt worden, um das Dampfwagenproblem zu studieren. Zum Unglück gerieten sie dort aber gerade an eine Lokomotive, die als Zahnradbahn gebaut worden war.

Ohne nur einen Gedanken daran zu verschwenden, ob die Zahnräder wirklich notwendig waren, um die Maschine auf ebener Strecke über die Schienen zu bringen, bauten sie die Lokomotive nach. Der Dampfwagen wurde auf einem Rundgleis im Juni 1816 den Berlinern zur allgemeinen Belustigung gegen ein Eintrittsgeld von vier Groschen vorgeführt.

Als die Lokomotive dann in der Königshütte nützliche Arbeit leisten sollte, stellte man mit Erschütterung fest, daß sie dort nicht auf die Gleise paßte.

Nicht einmal darum hatten sich also die beiden Preußen gekümmert, denn die übernommene englische Spurweite konnte natürlich nicht mit der von der Königshütte übereinstimmen. Man stellte aber den Betrieb nicht um, sondern verwendete die Lokomotive als stationäre Dampfmaschine.

Damit hatte sich zunächst für lange Zeit Deutschlands konstruktiver Anteil an der Nutzung der Dampfkraft erschöpft, obgleich es einzelne Ingenieure und Wissenschaftler gab, die sehr wohl die Möglichkeiten

erkannten, die in diesen Maschinen steckten, und die auch Dampfmaschinen zu bauen begannen.

Da war zum Beispiel der tüchtige Mechaniker, Tischler und Bergmann Franz Dinnendahl, ein westfälischer Dickschädel, der es sich 1801 in den Kopf gesetzt hatte, eine atmosphärische Dampfmaschine zu bauen. Sie sollte auf der Zeche Wohlgemut im Ruhrgebiet aufgestellt werden.

Er gibt ein anschauliches Bild davon:

„Das ganze Personal am Bergamte, selbst fremde Bergleute, welche Dampfmaschinen zu sehen Gelegenheit hatten, zweifelten daran, daß ich ein solches Werk zustande bringen würde. Einige prophezeiten meinen Untergang. Freilich war es ein wichtiges Unternehmen, besonders weil in der hiesigen Gegend nicht einmal ein Schmied war, der imstande gewesen wäre, eine ordentliche Schraube zu machen, geschweige andere zur Maschine gehörige Schmiedeteile, als Steuerung, Zylinderstange, und Kesselarbeit pp. hätte fertigen können oder Bohren und Drechseln verstanden hätte. Schreiner- und Zimmermannsarbeiten verstand ich selbst; aber nun mußte ich auch Schmiedearbeiten machen, ohne sie jemals gelernt zu haben. Indessen schmiedete ich fast die ganze Maschine mit eigener Hand, selbst den Kessel, so daß ich ein bis eineinhalb Jahre fast nichts anderes als Schmiedearbeiten verfertigte, und ersetzte also den Mangel an Arbeitern der Art selbst. Aber es fehlte auch an gut eingerichteten Blechhammern und geübten Blechschmieden, weshalb die Platten zum ersten Kessel fast alle unganzz und kaltbrüchig waren. Ebenso unvollkommen waren diejenigen Stücke der Maschine, welche die Eisenhütte liefern mußte, als Zylinder, Dampfzylinder, Schachtpumpen, Kolben und dgl. Das Bohren der Zylinder setzte mir neue Hindernisse entgegen. Allein auch dadurch ließ ich mich nicht abschrecken, sondern verfertigte mir auch eine Bohrmaschine, ohne jemals eine solche gesehen zu haben. So brachte ich es also nach unsäglichen Hindernissen, die vielleicht manchen anderen an meiner Stelle abgeschreckt haben würden, endlich so weit, daß die erste Maschine, nach altem Prinzip, fertig wurde . . .“

Dieser tüchtige Mann, der nicht nur die Lage schilderte, in der sich Deutschland — das Ruhrgebiet! — auf dem Gebiet des Maschinenbaus befand, der zugleich bewies, wie aus ihr herauszukommen ist, baute später noch unter gleichen Schwierigkeiten Wattsche Dampfmaschinen für Berg- und Hüttenwerke.

Als Antrieb in Fabriken setzte sich die Dampfmaschine in Deutschland nur sehr zögernd durch.

Am 26. Mai 1801 begann man in der Königlichen Porzellanmanufaktur in Berlin mit der ersten Wattschen Dampfmaschine zu arbeiten, die der in

preußische Dienste getretene Schotte John Baildon erbaut hatte. Sie blieb lange Zeit die einzige, denn

„...die Feuermaschine erzeugt das Nachdenken hindernde Geräusche und schadet der menschlichen Gesundheit auf das schwerste durch Verpestung der Luft“.

So hatte der königliche Kammerherr Freiherr von der Recke erklärt, und die adligen Standespersonen im vermuckerten und fortschrittsfeindlichen Berlin hatten mit den Köpfen genickt.

### **Von Preußen abgewehrt**

werden sollte dieses englische Maschinenunwesen, darüber waren sich die Herren einig. Der Qualm der Fabriken stach ihnen als zu bürgerlich, zu demokratisch, zu revolutionär in die Nase.

Wir wissen: Deutschland war ein in viele kleine Länder zerrissenes Gebilde. Die unzähligen kleinen Machthaber waren daran interessiert, durch Zölle, Wegegelder und Steuern aller Art ihre Schatullen aufzufüllen, und das behinderte den Handel und den Verkehr über die Grenzen des jeweiligen Krähwinkels hinaus. Feudaler Großgrundbesitz, Leibeigenschaft und zünftlerisch-rückständige handwerkliche Produktion ließen nur wenige Manufakturen aufkommen. Lediglich auf den Gebieten der Textilherstellung, der Spielwarenschnitzerei, der Stahlwarenherzeugung in Solingen und der Uhrenfabrikation gab es das frühkapitalistische Verlegersystem und Manufakturbetriebe. Aber im Hüttenwesen und Maschinenbau fehlte alles, was notwendig gewesen wäre, um den Anschluß an die technisch-industrielle Entwicklung Englands zu finden.

Die Feudalherren wünschten diese Entwicklung auch gar nicht. Denn alle Fortschritte in Wissenschaft und Technik und in der industriellen Produktion würden ja an den Grundlagen ihrer Herrschaft rütteln. Die Fürsten und ihre Junker sahen am Beispiel Englands und Frankreichs, wohin es führte, wenn das Bürgertum wirtschaftlich erstarkte, mit demokratischen Forderungen auftrat und sogar — wie in Frankreich — die Feudalordnung stürzte.

Dafür aber begeisterte die bürgerliche Französische Revolution alle fortschrittlichen Menschen in Deutschland. Sie führte zwar nicht zum Anbruch des vom kämpfenden Volke ersehnten „goldenen Zeitalters“ in Frankreich, sondern zur Herrschaft des „Goldenen Kalbes“, der Großbourgeoisie.

Aber immerhin, als der Kaiser dieser neuen herrschenden Klasse, Napoleon, die Völker Europas überfiel, fegte er auch in Deutschland einigen feudalen Plunder der Vergangenheit hinweg. Im besetzten Rheinland wurden 112 kleine deutsche Staaten beseitigt und zu größeren zusammengeschlossen.

Mit seinem Revolutionsheer schlug Napoleon das feudal erstarrte Preußen und seine Söldnertruppen, und als Reaktion darauf entstand in den deutschen Ländern eine mächtige national-bürgerliche Bewegung, die überall die Aufhebung der Leibeigenschaft, die Beseitigung der feudalen Privilegien, bürgerliche Freiheiten und Verfassungen forderte sowie den nationalen Kampf des bewaffneten Volkes gegen den französischen Imperator.

Die Niederlage Napoleons in Rußland und die Vernichtung des französischen Heeres durch die russischen, deutschen und österreichischen Volksarmeen im Jahre 1813 bei Leipzig gaben der nationalen Bewegung einen mächtigen Auftrieb. Aber es rächte sich, daß aus dem vom Volk geführten Befreiungskrieg gegen Napoleon nicht ein wirklicher Freiheitskrieg für ein national geeintes Deutschland wurde. Die Fürsten konnten, gestützt auf den Großgrundbesitz und den Adel, ihre Herrschaft wiedererrichten. Der einheitliche deutsche Staat schien wieder in weite Ferne zu rücken, als auf dem Kongreß in Wien Metternich dabei war, die alten Zustände wiederherzustellen und alle von der Französischen Revolution ausgegangenen Bestrebungen auszulöschen.

In diesen Jahren der Napoleonischen Herrschaft hatte es jedoch einige Veränderungen gegeben, die nun trotz aller Bemühungen nicht wieder rückgängig gemacht werden konnten.

In Preußen war die Gewerbefreiheit eingeführt und die Herrschaft der Zünfte gebrochen worden.

Infolge der von Napoleon verhängten Einfuhrsperre für englische Waren hatte die Textilindustrie in Sachsen einen großen Aufschwung genommen. Die Zahl der Webstühle war von 13 000 im Jahre 1806 auf 250 000 im Jahre 1812 gestiegen. Über die Hälfte davon waren mechanische Webstühle, die in den Manufakturen durch Wasserkraft angetrieben wurden.

Im Rheinland war gleichfalls auf dem Gebiet der Textilproduktion und des Berg- und Hüttenwesens eine wirtschaftliche Entwicklung in Gang gekommen, die nun nicht mehr abzubremsen war.

Friedrich Harkort, der sich nach seiner Rückkehr aus dem Krieg gegen Napoleon in England umgesehen hatte, wollte in Deutschland einen dem englischen gleichwertigen Maschinenbau begründen. Er wußte sich dabei allerdings nicht anders zu helfen, als daß er englische Facharbeiter, Meister, Ingenieure und Maschinen nach Wetter an der Ruhr holte.

1820 lief die erste bei Harkort gebaute Dampfmaschine.

Die mechanischen Werkstätten Harkort & Co. stellten nach englischem Muster nicht nur Dampf- und Textilmaschinen her, sie erzeugten auch nach dem englischen Puddelverfahren Stahl und setzten eigene Walzwerke in Betrieb.

Friedrich Harkort, Friedrich List und Joseph von Baader waren es, die in Deutschland durch Eisenbahnen die Industrialisierung beschleunigen und den Handel verbessern wollten.



„Möge auch im Vaterlande bald die Zeit kommen, wo der Triumphwagen des Gewerbefleißes mit rauchenden Kolossen bespannt ist und dem Gemeinsinn die Wege bahnt.“

So hatte Harkort im pathetischen Tone der Zeit bereits 1825 über die Eisenbahn geschrieben. Daß es nicht einfach war, das durchzusetzen, beweist die Lebensgeschichte von Friedrich List.

Friedrich List hatte als bürgerlicher Volkswirtschaftler und technisch versierter Mann alles darangesetzt, um den Eisenbahnbau in Deutschland zu fördern und durch die Abschaffung der Binnenzölle den Handel zu heben. Er wollte durch einen Deutschen Zollverein einen einheitlichen deutschen Markt als Vorläufer eines deutschen Staates schaffen. Er hatte Pläne und Eingaben gemacht, hatte Bücher geschrieben und mit seiner Schrift „Über ein sächsisches Eisenbahnsystem als Grundlage eines allgemeinen deutschen Eisenbahnsystems“ der Eisenbahn viele Anhänger gewonnen. Aber er, der der kapitalistischen Industrialisierung zur Blüte verhelfen wollte, fand beim Bürgertum, den Unternehmern, den Kaufleuten und Bankiers immer nur ängstliche Abwehr und Zurückhaltung. Die feudalen Herrscher, die ihn als Demokraten haßten, konnten den Einzelgänger verfolgen, ihn in die völlige Isolation treiben und schließlich in den Tod. Er sah keinen Ausweg aus einem Leben voller gescheiterter Hoffnungen und erschloß sich im Jahre 1846.

Allerdings begann man noch zu seinen Lebzeiten einzusehen, daß der Landtransport unhaltbar rückständig war, und neben Straßen begann man auch Eisenbahnen zu bauen, aber ohne seine tätige Mithilfe und entgegen seinen begründeten Vorschlägen und Plänen.

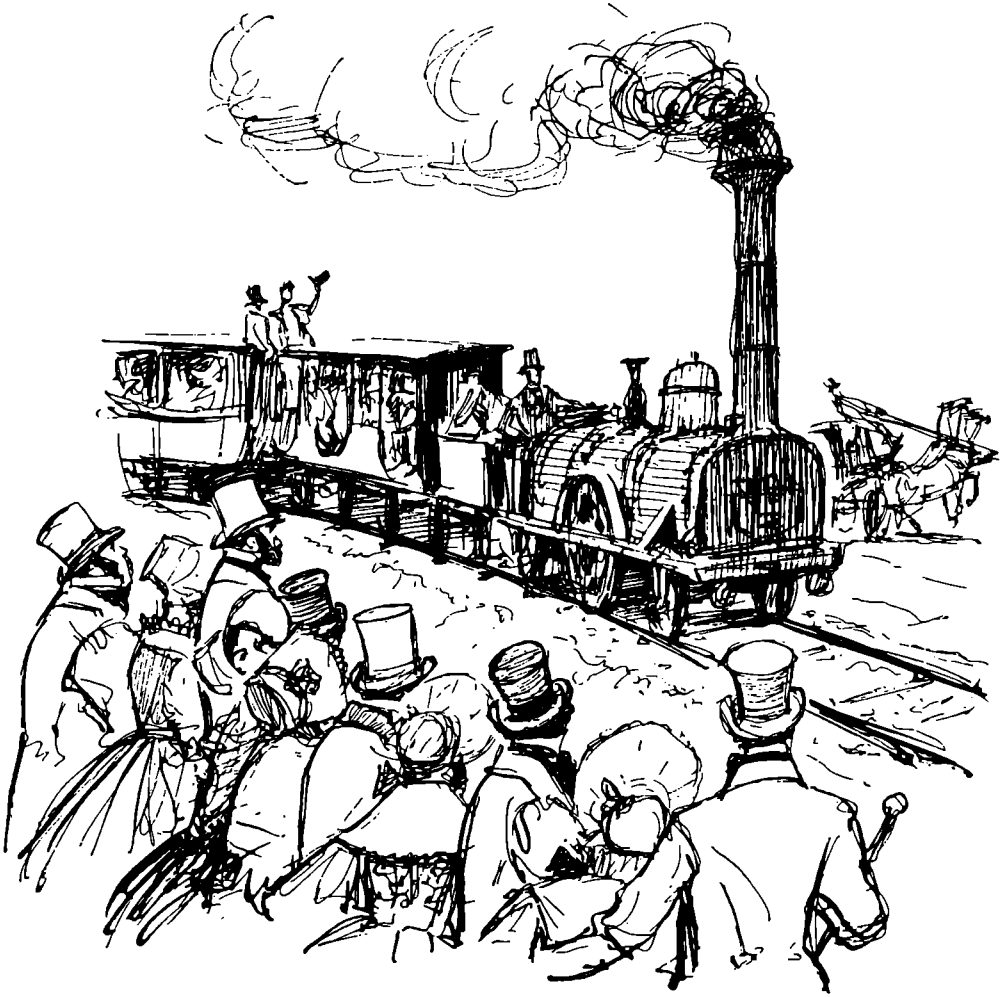
Am 7. Dezember 1835 wurde die Strecke Nürnberg—Fürth, sechs Kilometer lang, mit einer Stephenson-Lokomotive „Adler“ eröffnet, und am 8. April 1839 fuhr zum ersten Male eine deutsche Lokomotive, die „Saxonia“, von Leipzig nach Dresden.

Die Lokomotive war in einer vom Hochschulprofessor Schubert geleiteten Fabrik in Uebigau bei Dresden hergestellt worden.

1840 waren in Deutschland bereits 549 Kilometer Eisenbahnstrecke befahrbar, 1845 waren es 2300 Kilometer, und bis 1850 waren 6044 Kilometer Eisenbahngleise verlegt.

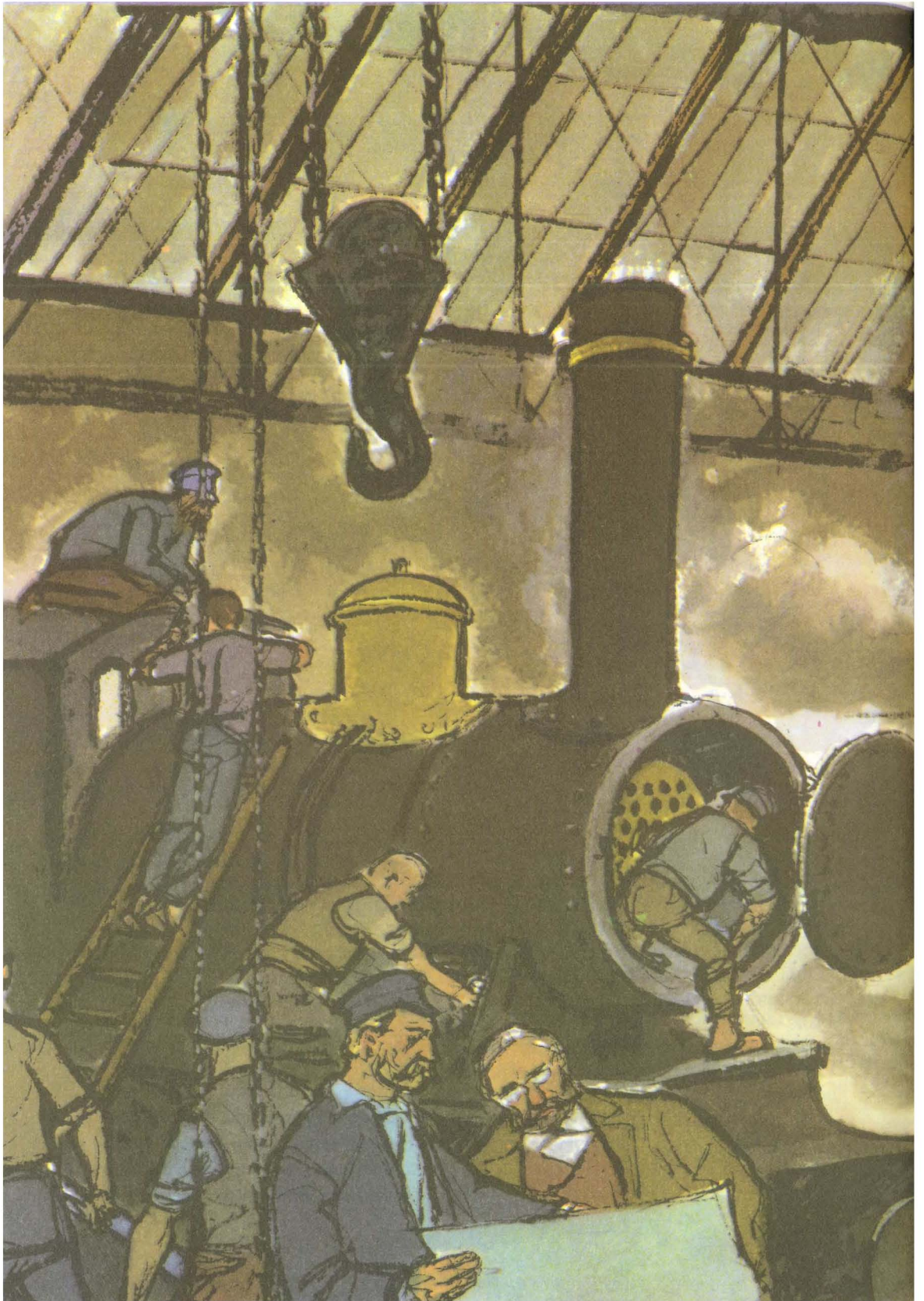
Das schnell wachsende Verkehrsnetz entsprach dem schnellen Anstieg der industriellen Entwicklung in den dreißiger und vierziger Jahren. Friedrich List hatte 1817 in einer von 70 Fabrikanten und Kaufleuten unterzeichneten Eingabe noch schreiben müssen:

„In einem Lande, wo notorisch die Mehrzahl der Fabrikanten entweder eingegangen ist oder ein sieches Leben kümmerlich dahinschleppt, wo die Messen und Märkte mit Waren fremder Nationen angefüllt sind, wo die Mehrzahl der Kaufleute fast untätig geworden ist, bedarf es da noch näheren Beweises, daß das Übel den höchsten Grad erreicht hat? ... Einzig in den Mängeln der gesellschaftlichen Ordnung in Deutschland

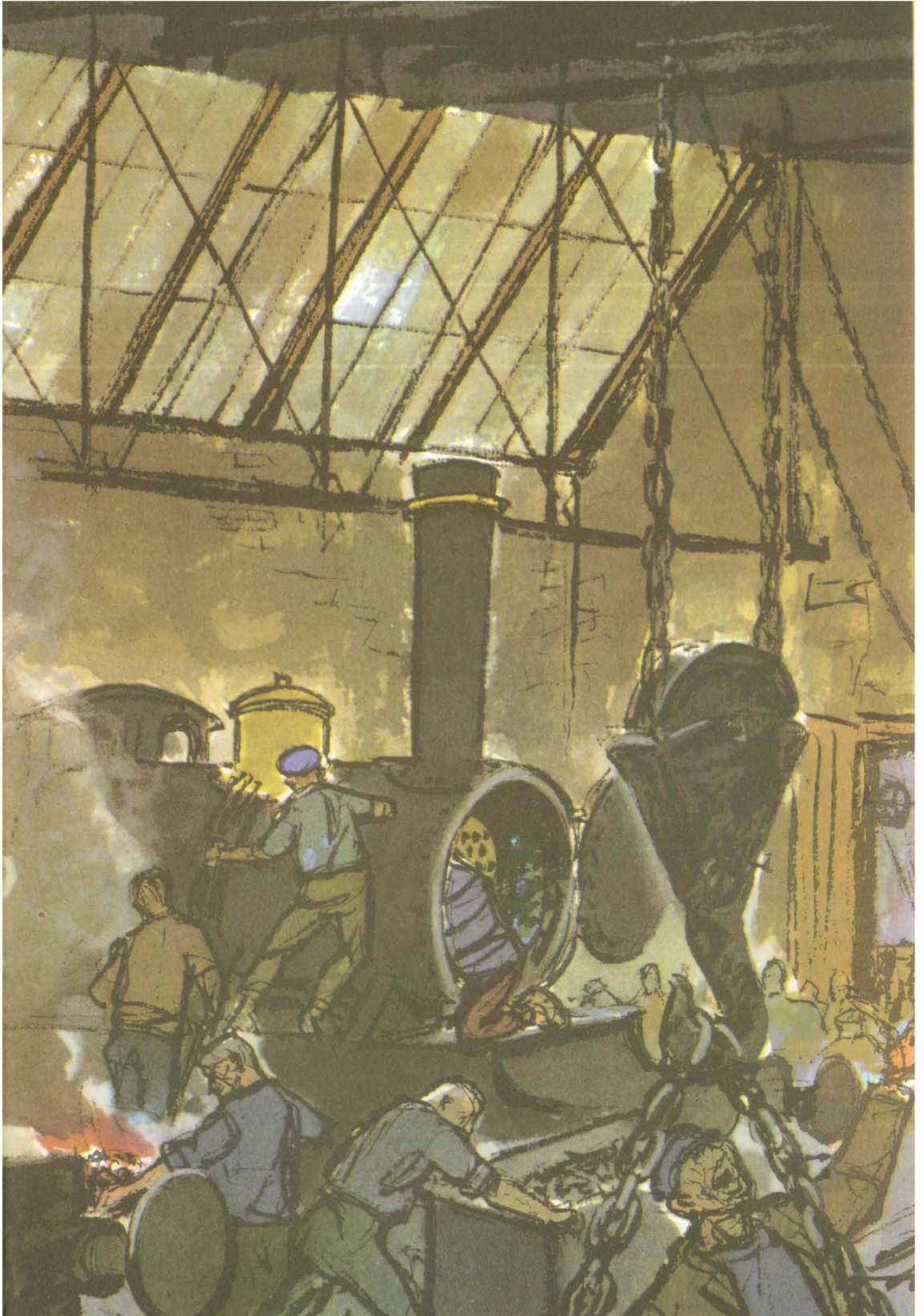


suchen und finden wir die Ursache des Übels! . . . 38 Zoll- und Mautlinien in Deutschland lähmen den Verkehr im Innern und bringen ungefähr dieselbe Wirkung hervor, wie wenn jedes Glied des menschlichen Körpers unterbunden wird, damit das Blut ja nicht in ein anderes überfließe. Um von Hamburg nach Österreich, von Berlin in die Schweiz zu handeln, hat man zehn Staaten zu durchschneiden, zehn Zoll- und Mautordnungen zu studieren, zehnmals Durchgangszoll zu bezahlen. Wer aber das Unglück hat, auf einer Grenze zu wohnen, wo drei oder vier Staaten zusammenstoßen, der verlebt sein ganzes Leben mitten unter feindlich gesinnten Zöllnern und Mautnern; der hat kein Vaterland.“

Die Eisenbahn wurde zu einem Boten des technischen Fortschritts. Mit der in den Lokomotiven gebändigten Kraft des Dampfes zog sie die Menschen in eine neue Periode ihrer Entwicklung. Sie war ein sichtbares Zeichen der industriellen Revolution.









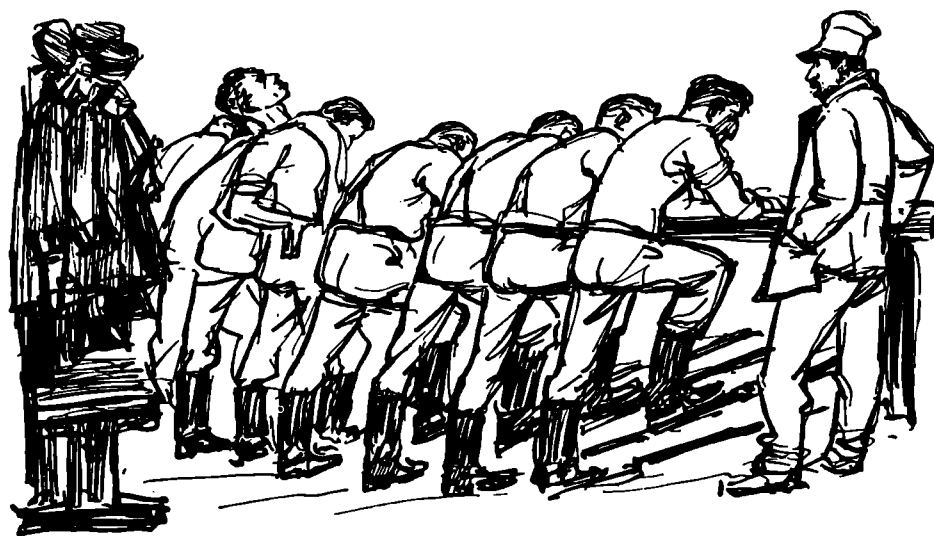
Ein Jahr später, 1818, hatte Preußen unter dem Druck der Opposition die Binnenzölle innerhalb der preußischen Landesteile aufgehoben, so daß die preußischen Industriellen einen wirtschaftlichen Vorsprung gegenüber den anderen deutschen Fabrikanten besaßen. Preußen nutzte das aus, indem es sechzehn Jahre später, 1834, als fast alle deutschen Staaten im Deutschen Zollverein zusammengeschlossen wurden, mit einer wirtschaftlich überlegenen Stellung in den Deutschen Zollverein eintrat.

Im Jahre 1837 gab es in Deutschland 419 ortsfeste Dampfmaschinen, 1849 schon 1454.

Die kapitalistische Industrialisierung war in Gang gekommen. Deutsche Ingenieure und Fabrikanten fuhren nach England und Amerika und studierten das Fabrikwesen. Dieses Studium ging so weit, daß sie heimlich Zeichnungen von Maschinen anfertigten, sich technische Verfahren aneigneten und englische Ingenieure abwarben.

So baute August Borsig, der 1837 vor dem Oranienburger Tor in Berlin seine Maschinenfabrik gründete, bis auf die letzte Schraube genau eine amerikanische Norris-Lokomotive nach, ehe er mit der eigenen Entwicklung von Lokomotiven begann.

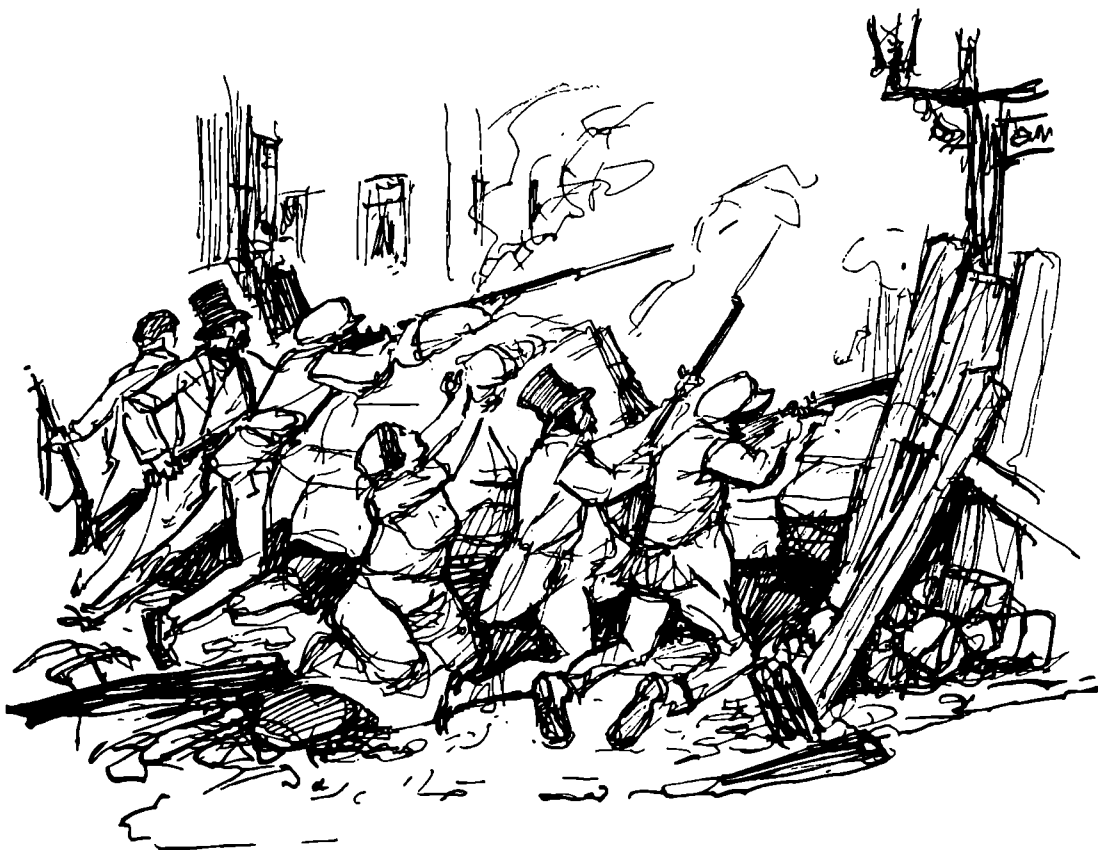
Aber auch das war schon eine Leistung, denn die Borsig-Werkstatt konnte damals wahrhaftig noch nicht als eine Fabrik im englischen oder amerikanischen Sinne gelten. Die Maschinen der mechanischen Werkstatt wurden von einem Pferdegöpel in Gang gehalten, und die Blasebälge in der Eisengießerei wurden von Soldaten des 2. Garderegiments getreten, die sich bis zum Zapfenstreich ein paar Kreuzer verdienten.



Bis 1843 konnten die Borsig-Arbeiter schon 18 Lokomotiven auf die deutschen Strecken bringen, die immer mehr nach eigenen Vorstellungen gebaut worden waren — jede neue besser als die vorangegangene. 1847 war Borsig bereits ein großes Werk geworden mit einem Eisen- und Walzwerk an der Spree. 1848 wurden im Borsig-Werk 67 der 69 Lokomotiven gebaut, die vom preußischen Staat in Auftrag gegeben waren. In diesem Jahre

1848

bauten die Borsig-Arbeiter nicht nur Lokomotiven. Sie vernagelten in den Tagen der Revolution den Soldaten die Kanonen, und sie standen am 18. März auf der Barrikade am Kölnischen Rathaus — an ihrer Spitze der Schlosser Sigrüst. Manche unter den Gefallenen waren Maschinenbauer, Schmiedegesellen oder Schlosser von Borsig.





August Borsig hatte in den ersten Tagen der Revolution, als neben den Arbeitern auch Bürger, Professoren und Handwerker Schulter an Schulter gegen die eingesetzten Truppen vorgingen und sie aus der Stadt vertrieben, seine Arbeiter selbst bewaffnet und ihnen auch den Lohn weitergezahlt, weil sie „auf den Barrikaden für die gemeinsame Freiheit mehr getan hatten als in der Werkstatt“.

Doch bald wurde das anders.

Das neugebildete liberale Ministerium schien den Fabrikanten, Kaufleuten und Bankiers die Gewähr zu bieten, daß sie nun auch politischen Einfluß nehmen konnten. Das genügte ihnen. Auch August Borsig wollte so schnell wie möglich seinen Feuerarbeitern und Kesselschmieden die Waffen wieder abgenommen sehen. Er hatte, wie alle anderen Fabrikanten, Angst vor den weitergehenden Forderungen der Arbeiter bekommen.

Denn gleichzeitig mit der neuen Ausbeuterklasse, den Kapitalisten, war eine neue Klasse von Ausgebeuteten entstanden: die Arbeiterklasse. Ohnedem wäre die kapitalistische Produktion ja gar nicht möglich gewesen.

Diese neue Arbeiterklasse unterschied sich wesentlich von allen bisherigen ausgebeuteten Klassen:

Die Arbeiter waren gebildeter, denn sie mußten mit der Technik Bescheid wissen. Sie arbeiteten nicht einzeln und getrennt voneinander wie zum Beispiel die Bauern, sondern zu Hunderten und später zu Tausenden gemeinsam in Fabriken, und das gab ihnen leichtere Möglichkeiten, sich zum gemeinsamen Kampf zu organisieren. Und schließlich war die Arbeiterklasse besitzlos, bangte nicht um ein Eigentum wie die Bauern, daher war sie konsequenter im revolutionären Kampf, sie war für eine siegreiche Revolution.

„Die Proletarier haben nichts in ihr zu verlieren als ihre Ketten. Sie haben eine Welt zu gewinnen.“ Das schrieben Karl Marx und Friedrich Engels im „Kommunistischen Manifest“ bereits 1847.

Wenn auch bei der Märzrevolution 1848 noch nicht der Sturz des Kapitalismus auf der Tagesordnung stand, sondern solche bürgerlich-demokratischen Forderungen wie freie Wahlen für ein Parlament, Einrichtung eines Arbeitsministeriums, Lohnerhöhungen, Arbeitszeitverkürzung und unentgeltliche Schulbildung, so fürchteten die Kapitalisten doch „das Gespenst des Kommunismus“.

Die Bourgeoisie verriet die mit dem Blute des Volkes erkämpften revolutionären Erfolge, verbündete sich mit der feudalen Reaktion und bat den König sogar, die Truppen wieder nach Berlin zurückzurufen. So kam es, daß aus Furcht vor den demokratischen Forderungen des Volkes die Kapitalistenklasse, die Bourgeoisie, mit den Fürsten paktierte.

Die bürgerliche Revolution blieb auf halbem Wege stecken, die deutsche Einheit wurde nicht hergestellt, von einer einheitlichen deutschen Repu-

blik war keine Rede mehr. Den Fürsten und Junkern war es gelungen, die Zersplitterung Deutschlands und die Grundlagen ihrer Macht zu erhalten.

Immerhin war durch das Bündnis der reichen Fabrikanten und Bankiers mit dem Feudaladel nun die Möglichkeit gegeben, daß die kapitalistische Großindustrie sich ungehemmt entfalten konnte.

Hinzu kam, daß seit den Steinschen Reformen immer mehr Kleinbauern, die sich von den feudalen Lasten durch Ablösung befreien wollten, ihre Wirtschaft dem Gutsherrn abtreten mußten, da sie die hohen Ablösungssummen nicht zahlen konnten. Dann blieb ihnen nichts anderes übrig, als in die Städte zu gehen und in den Fabriken Arbeit zu suchen oder als Lohnarbeiter beim Gutsherrn zu bleiben.

Im Laufe der nächsten Jahrzehnte wuchs die Zahl der Fabriken beträchtlich, und die Zahl der in ihnen beschäftigten Arbeiter nahm immer mehr zu. Der Warenaustausch vergrößerte sich, das Eisenbahnnetz wuchs. 1865 betrug die Schienenlänge in Deutschland bereits rund 14 000 Kilometer, und die Borsig-Arbeiter hatten bis 1854 schon ihre 500. Lokomotive gebaut.

Als in diesem Jahre August Borsig, der deutsche „Lokomotivkönig“ und Geheime Kommerzienrat, starb, waren in seinem Werk bereits 1850 Arbeiter beschäftigt. Und die Zahl wuchs mit jedem Jahr. Aber das revolutionäre Feuer — entfacht in den Tagen der 48er Revolution — erlosch nie wieder. Denn immer standen in den Kämpfen der Arbeiterklasse in Berlin die Borsig-Arbeiter an führender Stelle.

Die industrielle Revolution hatte mit Maschinen und Dampf die Welt vorwärtsgerissen, aber auf den Straßen fuhren noch immer die Kutschen und Pferdefuhrwerke, denn die Dampfkutschen und die Dampfomnibusse waren wieder in die Schuppen gestellt worden.

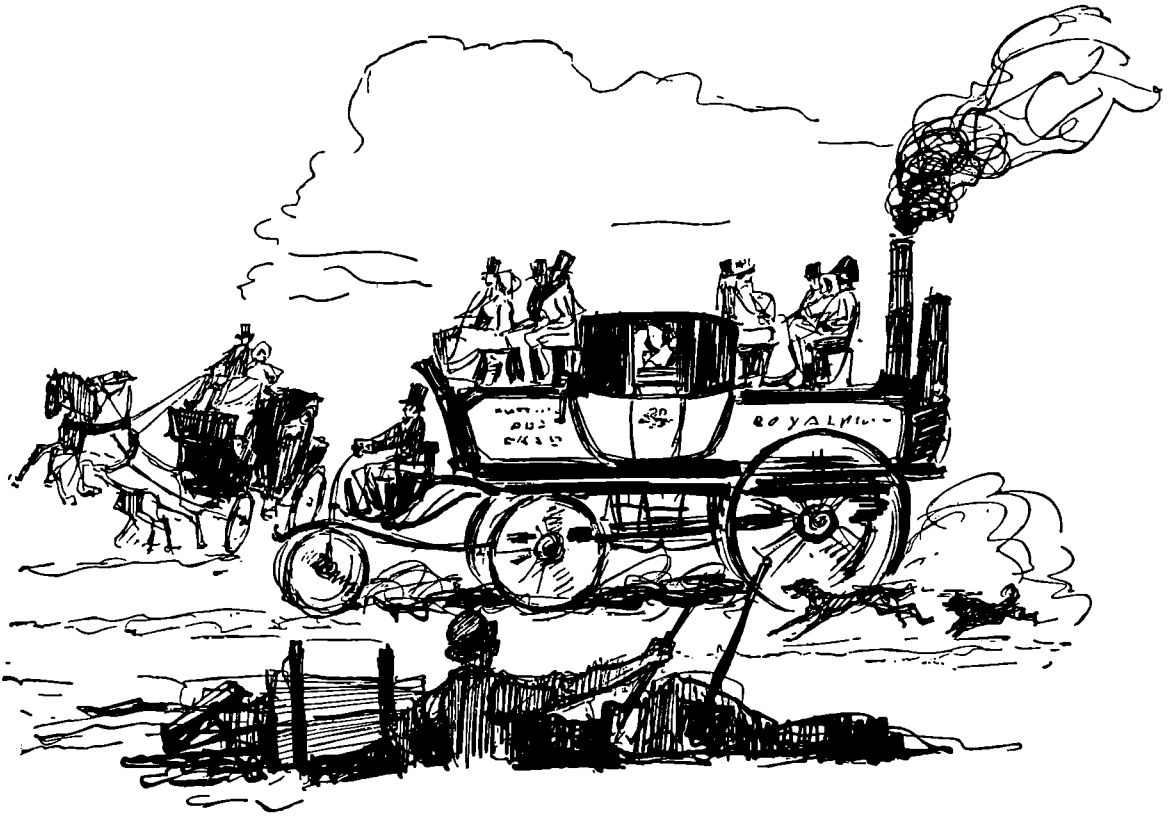
In England hatten nämlich die Eisenbahngesellschaften ein Gesetz erzwungen, nach dem vor jeder Dampfkutsche ein Mann herlaufen mußte, der die Fußgänger vor dem nachfolgenden gefährlichen Gefährt durch eine heftig geschwungene Fahne zu warnen hatte. Damit wurde die Geschwindigkeit dieser Fahrzeuge so herabgesetzt, daß sie niemand mehr benutzen wollte.

Die Eisenbahngesellschaften hatten ihren Konkurrenten, die Omnibusgesellschaft, die niedrigere Fahrpreise berechnen konnte, weil sie ja keine Schienenstrecken zu bauen und zu unterhalten brauchte, von der Straße vertrieben.

In Frankreich allerdings fuhren die Dampfomnibusse noch. In Rußland hatten 1837 Hamon und Willbach einen Dampfswagen gebaut, der als Zugmaschine für geschlossene Passagierwagen diente, andere Erfinder konstruierten einen Dampfschlitten und einen Dampfswagen, dessen Zweizylindermaschine über die Kolbenstangen auf die Hinterachse wirkte. Aber durchzusetzen vermochten sich alle diese Konstruktionen in Rußland nicht. Es fehlte an Straßen und vor allem an Interesse.



In Deutschland waren die Dampfwagen gar nicht erst auf die Straße gekommen, weil die Wege allzu schlecht waren. Dafür begann von hier aus ein anderes Fahrzeug seinen Zug um die Welt — das Fahrrad. Zuerst allerdings sah es gar nicht so aus, als sollte aus dem komischen Vehikel des badischen Kammerherrn und Forstmeisters Karl Friedrich Christian Ludwig Drais von Sauerbronn etwas Brauchbares werden. Dabei war er von der richtigen Vorstellung ausgegangen, daß „der Mensch sein eigenes Gewicht viel leichter auf einer Maschine fortbewegt, als er es selbst trägt“.



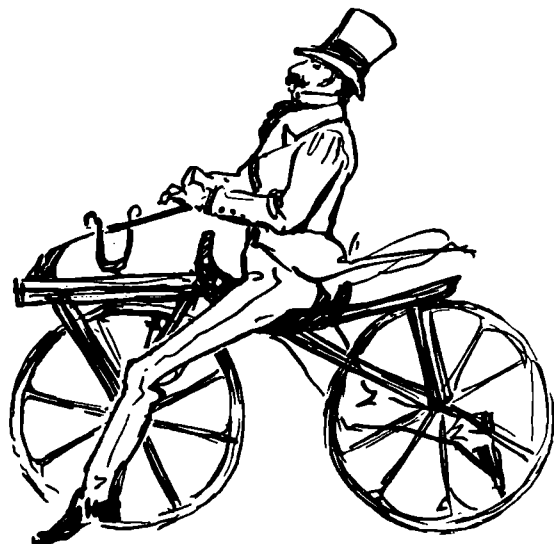
## Ein Laufrad

war seine Maschine, das dem Menschen das Laufen erleichtern sollte. Mit Hilfe des Holzgestells und der beiden hintereinander stehenden Räder schob er sein Gewicht selbst fort. Allerdings mußte er sich dabei links und rechts mit den Füßen vom Boden abstoßen. Die Räder nahmen den mit jedem Schritt vermittelten Schwung auf, so daß man tatsächlich leichter und schneller vorankam als jeder Fußgänger. Nur — es sah absonderlich aus, und wo immer der Forstmeister mit seinem Laufrad auftauchte, strömten die Menschen zusammen.

Die Behörden erteilten ihm Rügen, er erhielt Strafen und verlor sogar seine Kammerherrnwürde. Je absonderlicher, mißtrauischer und verbitterter er ob der Uneinsichtigkeit seiner Umgebung wurde, um so mehr reizte er sie wiederum zum Spott. So wurde das Leben dieses Mannes zu einer Tragödie. 1818 hatte er, nachdem er anlässlich einer Wette eine Strecke, für die man zu Fuß 16 Stunden brauchte, auf seinem Laufrad in 4 Stunden zurücklegte, ein Patent bekommen:

„Wir, Carl von Gottes Gnaden, Großherzog von Baden, Herzog von Zähringen, Landgraf von Nollenburg, Graf von Hanau bewilligen ein Erfindungspatent auf zehn Jahre . . .“

Aber niemand wollte seine Laufmaschine. Nur einige Modelle konnte er nach England verkaufen, dort wurden sie auch nachgebaut, natürlich



ohne daß der Erfinder finanziell daran beteiligt war. Er starb 1851, verbittert, müde und einsam, und das Volk ging immer noch zu Fuß.

Zu der Zeit, als das Leben des jungen Freiherrn Drais von Sauerbronn noch zu den schönsten Hoffnungen berechtigte und die erlauchte badische Adelsgesellschaft noch nicht ahnte, daß aus ihm kein glänzender Offizier, sondern ein gallenkranker Erfinder würde, radelte das Bäumlein Artamonow vom Ural bis nach Moskau!

Artamonow hatte tatsächlich ein Fahrrad gebaut. Die Räder saßen in einem eisernen Rahmen, und das Vorderrad hatte eine Tretkurbel. Die Füße waren vom Erdboden verschwunden, die Kraft der Beine wurde nicht zum Abstoßen, sondern zum Treten benutzt, und der Körper hielt auf den rollenden Rädern die Balance.

Dieses Fahrrad — obwohl früher entstanden als das Laufrad — hatte weit mehr Ähnlichkeit mit unserem Fahrrad als Drais' Maschine. Und trotzdem: Der Erfolg war der gleiche — Artamonow wurde ausgelacht wie Drais, niemand konnte mit der Erfindung etwas anfangen, die Reichen fuhren in Kutschen, und das Volk hatte zu Fuß zu laufen. So war es seit alters her, und so sollte es auch bleiben.

Artamonow wurde wieder in sein Dorf geschickt, die aufrührerische Fahrmaschine behielt man da.

Heute steht sie im Moskauer Polytechnischen Museum.

In den vierziger Jahren nahm auch der schottische Schmied Kirkpatrick MacMillan die Füße vom Erdboden, indem er einen Tretantrieb für das



Hinterrad seiner Draisine schuf. Zehn Jahre später bastelte Philipp Moritz Fischer aus Ohlendorf bei Schweinfurt an das Vorderrad seines Laufrades eine Tretkurbel, und zur gleichen Zeit kam auch der Franzose Michaux auf dieselbe Idee.

Nun leuchtete es jedem ein, daß man um so schneller vorankommt, je größer das von der Tretkurbel bewegte Rad ist. Also wurden immer größere und höhere Räder gebaut, und das Hinterrad schrumpfte zusammen. Es war eine vielbewunderte Kunst, sich auf diesen halsbrecherischen „Velozipeds“ zu halten.

Daß aus dieser technischen Fehlentwicklung zum Hochrad wieder das Niederrad werden konnte, ist einer ganzen Reihe von Erfindungen zu verdanken, in erster Linie der Übersetzung.

Der Antrieb wurde von der Tretkurbel über eine Kette auf die Radachse übertragen, wobei man durch die unterschiedliche Größe der Zahnräder erreichte, daß bei einer Umdrehung der Tretkurbel das kleinere an der Radachse mehrmals gedreht wurde.

Nicht weniger wichtig waren Stahlrohrrahmen, Freilauf und Rücktrittsbremse, Sattel, Kugellager und Bereifung. Alles das zusammen macht ja erst das Fahrrad aus.

Bis 1889 klapperten die Radfahrer auf eisernen Radreifen durch die Straßen. Ihre Maschinen waren rechte Knochenschüttler, und auch wer seine Räder mit Vollgummiringen bereift hatte, spürte jede Unebenheit des Weges, jedes Loch, jeden Stein, jede Rinne als einen heftigen Stoß.

Dabei war der Luftreifen schon erfunden worden, noch ehe es gebrauchsfähige Fahrräder gab. Schon 1845 war der englische Eisenbahningenieur Thomson darauf gekommen, zwischen die holprige Straße und die eisenbeschlagenen hölzernen Radreifen seiner Kutsche gewissermaßen ein Polster aus gepreßter Luft zu legen.

Er ließ in die hölzernen Reifen Rillen einschneiden, pumpte die Luft in passend zugeschnittene Därme — später in die eben in Gebrauch kommenden Gummischläuche — nähte sie in Leder ein und schob die Ringe straff um die Räder in die Rillen. So fuhr er weich gefedert und fast geräuschlos. Aber leider sprangen die Ringe oft ab oder zerplatzten. Da es keine Handwerker gab, die sich dieser Bereifungen angenommen hätten, mußte Thomsons Kutscher sich selbst darum kümmern. Deshalb breitete sich die 1845 patentierte Thomsonsche Erfindung auch nicht aus.

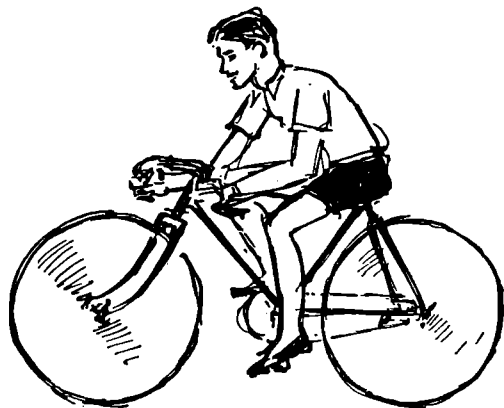
Erst als das Fahrrad nach einem Luftpolster verlangte und 1887 der Tierarzt Dunlop aus Belfast die gleiche Erfindung wiederholte, die ein knappes Menschenalter zuvor Thomson gemacht hatte, begannen die Pneus — die, wie Dunlop zunächst schrieb, „luftgekühlten Gummibänder“ — zu rollen.

Ein reicher Industrieller gab Dunlop das Geld für den Aufbau einer Reifenfabrik, gescheite Mitarbeiter erfanden den schützenden Mantel um den Schlauch, erfanden Wulst und Felge, Ventil und Reifenprofil.

Zehn Jahre später gab es allein in den USA schon 300 Fahrradfabriken, die jährlich eine Million Fahrräder herstellten, und die Opels begannen in Rüsselsheim die Massenfabrikation. Das Fahrrad wurde zum Massenverkehrsmittel, unentbehrlich vor allem für die Arbeiter, die bis dahin in den Städten oder ländlichen Bezirken oft stundenweit zur Fabrik oder zur Grube hatten laufen müssen.

Zu dieser Zeit rollten aber auch schon die ersten Autos aus den Werkstätten von Daimler und Benz auf Pneumatiks.

Aber das gehört nun schon zu dem Teil der Entwicklungsgeschichte der Technik, die direkt bis ins Heute, bis in unsere Tage führt.



## DER WEG AUS DER WILDNIS

den die Menschen in ihrer Jahrtausende alten Geschichte durchschritten haben, ist gekennzeichnet durch die Entwicklung der Technik. Wir sahen, daß sie in erster Linie bestimmt wurde durch die Handarbeit. Einigen Entwicklungslinien dieser Technik sind wir nachgegangen, beileibe nicht allen, und wir haben dabei auch etliche Zusammenhänge kennengelernt, die zwischen dem Stand der Produktivkräfte und den gesellschaftlichen Bedingungen bestehen, unter denen die Menschen leben. Wir haben diese Entwicklung verfolgt bis zur industriellen Revolution und zur kapitalistischen Industrialisierung, bis zu der Zeit also, wo die Handarbeit durch die Maschinenarbeit abgelöst wurde.

Die Folgen dieser Umwälzung bestimmen die Technik der Zeit, in der wir leben. Mit ihr, den Erfindern und Konstrukteuren, den Arbeitern und Meistern der neueren Zeit, werden wir uns im nächsten Band bekannt machen. Natürlich wird es sich bei einzelnen Geschichten als notwendig erweisen, an bereits in diesem Buch Gesagtes anzuknüpfen oder — denken wir nur an die Luftfahrt, die Nachrichtentechnik, an die Entwicklung der Chemie oder der Elektrotechnik — noch einmal kurze Rückschau auf Vergangenes zu halten.

Da aber der Mensch mit der von ihm geschaffenen, beständig verbesserten und immer höher entwickelten Technik nicht nur sein Dasein sichert, seine Umwelt gestaltet und die Erde verändert, sondern auch sich selbst und die Beziehungen der Menschen untereinander, so wird im zweiten Band auch davon die Rede sein, was sich bereits in der sozialistischen Gegenwart unseres Lebens gegenüber der historisch überlebten Gegenwart des Kapitalismus verändert hat und welchen Einfluß diese neuen gesellschaftlichen Bedingungen und menschlichen Beziehungen ihrerseits wieder auf die Technik nehmen.

Die praktische Arbeit und alles wissenschaftliche Bemühen wären aber ohne Erfolg, wenn sie nicht durch die Vorstellungskraft, durch die schöpferische Phantasie beflügelt würden. Man muß wissen, was man erreichen will, wohin und wozu man seine Kräfte wirken läßt. Deshalb werden wir auch die „Technik der Zukunft“ behandeln, den Entwicklungslinien nachgehen, die vom Heute in das Morgen führen, in die Welt der vollautomatisierten Produktion und der großartigen Aufgaben, durch deren Lösung das Antlitz der Erde von der gestaltenden Hand des Menschen und seiner mächtigen Technik neu geprägt wird.



## PERSONEN- UND SACHREGISTER

- Abd al Rahman 124  
Ackerbauern 31, 41  
„Adler“ 215  
Aeolsball 84 f.  
Affenmenschen 9 ff.  
Agricola 133 ff.  
Alberti 109  
Algebra 116  
Androiden 156  
Arabische Kultur 115 ff.  
Arbeiterbewegung, revolutionäre 181 ff.  
Archimedes 74  
Aristoteles 74, 180, 186  
Arkwright 174 f., 177  
Artamonow 223  
Ausbeutung 177, 180 ff., 182  
Automaten, erste 25, 75 f.
- Bacon 193  
Bauernkrieg 133 f., 164 f.  
Baumeister, mittelalterliche 108 ff.  
Bebel 117  
Benz 225  
Bergbau 134 ff.  
Bernsteinstraße 186  
Blockhaus 26, 31  
Borsig 217 ff.  
Bortenwebstuhl 169  
Boulton 102
- Boulton & Watt 102, 179, 181, 197, 206  
Branca 85 f.  
Brecht 40  
Brennofen 34  
Bronze 34 f., 53  
Bruno 154  
Brustblattgeschirr 69  
Buchdruck 126 ff.  
Büchsenmeister 120 ff.  
Byron 179 f.
- Cawley 96 f.  
Cartwright 176, 178  
Chartistenbewegung 181 f.  
Columella 63  
Crampton 175  
Cugnot 195 f.
- Dädalus 74  
Daimler 225  
Dampfmaschine 85, 87 ff., 94–105, 176,  
179, 196 ff., 212 ff., 217  
Dampfwagen 195 ff., 197 f., 220 f.  
Dinnendahl 212  
Drais 194, 221 ff.  
Droz 158 f.  
Dunlop 224  
Dürer 131

- Ebene, schiefe 37, 51  
 Eginhard 148  
 Eisen 54 f.  
 Eisenbahnen 199 ff., 204–220  
 Eisenbahn, Gutachten gegen 207  
 Engels 9, 30, 115, 181 f., 219
- Fahrrad 223 ff.  
 Fairbairn 143  
 Faustkeil 11 ff.  
 Fernrohr 154  
 Feudalismus 64, 77 f., 164 f., 170 f., 213  
 Feuer 12 ff.  
 Feuerbohrer 15  
 Feuer setzen 137  
 Feuerstein 11, 20, 185  
 Fiedelbohrer 15, 53  
 Fliehkraftregler 103  
 Förderanlagen 139  
 Froben 136  
 Fust 129
- Galeere 73, 78, 124  
 Galilei 90, 153 f.  
 Gewichtsuhren 150 ff.  
 Goethe 189 ff.  
 Götterkult 46, 85  
 Grabstock 27 f.  
 „Griechisches Feuer“ 117  
 Guericke 90 ff.  
 Gußeisen 83  
 Gutenberg 127 ff.  
 Gutenbergbibel 129
- Hacke 27 f.  
 Hammerwerk 81 ff., 137  
 Handfertigkeit 9, 160  
 Hargreaves 173 ff., 177  
 Harkort 214 f.  
 Harrison 155  
 Harun al Raschid 148  
 Hebel 37, 49 ff., 81  
 Heckruder 123 f.  
 Hedley 202  
 Henlein 152 f., 155
- Herodot 51  
 Heron von Alexandrien 75, 84 f., 155  
 Hippokrates 56  
 Hochdruckdampfmaschine 197, 199  
 Hochofen 84  
 Höhlenzeichnungen 22  
 Homer 56  
 Humanismus 115  
 Hütte 18  
 Huygens 93, 153 ff.
- Industrielle Revolution 176 f., 179
- Jacquard 158 f.  
 Jacquardmaschine  
 (Musterwebstuhl) 158 f.  
 Jouvans 151
- Kapitalismus, Entstehung des 82,  
 115, 170 ff.  
 Karavelle 124  
 Karl der Große 148  
 Kay 172  
 Kempelen 156  
 Kepler 90, 153  
 Kinderarbeit 178, 181 f.  
 Klassengesellschaft 36, 177 ff., 180 ff.  
 Klassenherrschaft 45, 47, 177 ff., 180 ff.  
 Klassenkampf 60, 182 f., 219  
 Kleinschmiede 145 ff.  
 Kogge 124  
 Kolumbus 125, 133  
 Kompaß 122 f.  
 Konkurrenzkampf 171 ff.  
 Kopernikus 90, 153  
 Kraftwagen 198  
 Kriegsmaschinen, römische 66  
 Kugelgestalt der Erde 124  
 Kunstmeister 97, 106, 135, 139 f., 160  
 Kunstuhren 145 ff.
- Lametrie 155  
 Latein, Sprache der Gelehrten 131  
 Laufrad 222–225  
 Leibniz 141 f.

List 214 ff.  
 Lohnarbeiter 170, 181  
 Lokomotive 198  
 Lokomotive, fußbewegende 202 f.  
 Lokomotiven-Wettlauf 208 ff.  
 Ludditen 178 f., 182  
 Luftreifen 224  
 Luther 131 ff.

Magdeburger Halbkugeln 91  
 Manufakturen, kapitalistische 170,  
 172–180, 213  
 Marx 176 f., 180, 182, 219  
 Maschinen als Teufelswerk 112, 159  
 Maschineningenieure 108 ff.  
 Maschinenstürmer 160, 177 ff., 180  
 Mehrwert 182  
 Metalltechnik 34, 57  
 Mohammed 115 f.  
 Mühlenbauer 143 ff.  
 Müntzer 133 f., 165  
 Murdock 196 f.  
 Musterwebstuhl  
 (Jacquardmaschine) 158 f.

Napoleon 213 f.  
 Newcomen 96 f.  
 Newton 195

Papier, Erfindung des 125  
 Papin 93 ff., 96, 195  
 Papyrus 60, 126  
 Patentschutz 87 f.  
 Pergament 126  
 Petrarca 119  
 Pflanzstock 27  
 Pflug 28, 78  
 Pharao 44 ff.  
 Pi Scheng 127  
 Platon 74  
 Plutarch 56  
 Polsunow 99 f.  
 Potter 96  
 Priester 46 f., 85  
 Privatbesitz 35 f.

Proletarier 65, 181  
 Prometheus 14  
 PS 104  
 „Puffing-Billy“ 202  
 Pulverraketen 118  
 Pyramiden 40, 47, 51 ff.

Rad 36 ff., 188  
 „Rakete“ 210 f.  
 Ramsey 87  
 Rasin 165  
 Renaissance 112 ff.

Salzstraßen 186  
 Savery 95, 195  
 „Saxonia“ 215  
 Schachspielender Türke 156 f.  
 Schamschurenkow 194  
 Schießpulver 118 ff.  
 Schießpulvermaschine 93  
 Schiffschronometer 155  
 Schiffsschleppwege 188  
 Schlingenfalle 25  
 Schmelzhütten 135  
 Schmiedestahl 81  
 Schnellschützen 172, 175  
 Schöffner 129  
 Schriftsprache, einheitliche deutsche 133  
 Schubert 215  
 Schwarz 119  
 Schwerkraftfallen 22–24, 67  
 Schwippgalgen 24  
 Segelwagen 192 f.  
 Selbstfahrer 193 ff.  
 Seneca 75  
 Sklavenaufstand 60 f., 65  
 Sklaverei 40–75.  
 Somerset 88  
 Sonnenuhr 145 f.  
 Sozialismus 182  
 Spinner 33, 161–183  
 Spinnerei, mechanische 174 ff.  
 „Spinning-Jenny“ 173 ff., 177  
 Stahlschienen 201  
 Staudämme 42, 48, 50 f.

Steinbohrmaschine 16  
Steinzeit 9–39  
Stephenson 200, 204–211, 215  
  
Tauschpartner 31, 184 ff.  
Teilung der Arbeit,  
  erste gesellschaftliche 30  
Teilung der Arbeit,  
  zweite gesellschaftliche 35  
Thermen 66  
Thomson 224  
Töpferei 17, 33  
Töpferscheiben 39  
Torricelli 91  
Torsionsfallen 24, 66  
Tretmühle 72 f.  
Trevithick 197 ff.  
Trichtermühlen 57  
Tsai Lun 125  
Tyler 165  
  
Urgemeinschaft 29 f., 40, 45, 47  
  
Vakuum 90 f., 93 f., 96  
Vaucanson 157 f.  
Verlegersystem 166, 170

Viehzhämer und Ackerbauern 29  
Viehzüchter 31, 41  
Vinci, Leonardo da 79 f., 109 ff., 114,  
  122, 162  
  
Warenproduktion 35  
Wasserhebemaschine 88 f., 92, 95 ff.  
Wasserleitungen, römische 65 f.  
Wasserrad 70 f., 77 f., 82, 84, 92, 137,  
  166 f., 174 f.  
Wasseruhren 146 f.  
Watt 99–106, 176, 196 f.  
Weben 33, 58, 161–183  
Webstuhl, mechanischer 176, 214  
Wiek 150 f.  
Wikinger 123  
Wildbeuter und Sammler 13  
Wilkinson 102  
Windkraftmaschine 141 f.  
Windmühle 79 f.  
Wissenschaft, Anhänger der 46 f., 54,  
  68, 74, 77  
Wissenschaft und aufsteigendes  
  Bürgertum 113  
  
Zunftwesen 167 ff., 170

## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>DIE WELT, IN DER WIR LEBEN</b>	<b>7</b>
<b>DIE TECHNIK IN DER WILDNIS</b>	<b>9</b>
Die Hand des Urmenschen	9
Wie das Feuer gezähmt wird	12
Entdecken und Erfinden	17
Fangmaschinen der Steinzeit	22
Bauen und Pflügen	26
Das Rad	36
<b>WER BAUTE DAS SIEBENTORIGE THEBEN?</b>	<b>40</b>
Bertolt Brecht	40
Wie die Sklavenhalter ihre Macht gewannen	41
Bau der Staudämme	48
Die erste Drehmaschine	53
Fessel des Fortschritts	63
<b>VON DER GROSSEN KRAFT</b>	<b>69</b>
Mit den Muskeln ihrer Schultern	69
Menschen im Tretrad	72
Wasserrad und Windmühle	77
Frohnauer Hammer	81
Die Heronsche Dampfstrahlmaschine	84
Das Vakuum	90
Neuartige Wasserhebemaschinen	95
Auf den Schultern vieler Erfinder	101

<b>VON KUNSTMEISTERN, INGENIEUREN UND MASCHINENBAUERN</b>	<b>106</b>
Um die Dampfkraft zu bändigen	106
Vorgänger unserer Maschinenbauer	107
Zeitalter der Renaissance	112
Schießpulver, Kompaß und Papier	115
Schwarz auf weiß	126
Georgius Agricola	133
Schlägel und Eisen	137
„Fahrende Mühlenärzte“	143
Kleinschmiede und Kunstuhrenbauer	145
„Androiden“	156
<b>KETTE UND SCHUSS</b>	<b>161</b>
Der Handwebstuhl	161
Spinnen am Abend	164
Die Handwerker des Mittelalters	167
Das Bedürfnis, Maschinen zu erfinden	170
Mehr und schneller	173
Vermählung von Dampf und Baumwolle	176
Maschinenstürmer	178
Der Arbeitstag der Lohnsklaven	181
<b>AUF STRASSEN UND SCHIENEN</b>	<b>184</b>
Das erste kapitalistische Land	184
Feuersteinstraßen	185
Der Postillon mit Horn und Posttasche	190
Selbstfahrer	193
Der Dampfwagen	195
Vier Erfindungen	198
George Stephenson	204
Wettkampf der Lokomotiven	208
Von Preußen abgewehrt	213
1848	218
Ein Laufrad	222
<b>DER WEG AUS DER WILDNIS</b>	<b>226</b>
Personen- und Sachregister	227

bestimmte Stelle erreicht hatte, mußte der Dampfahh geöffnet werden. Aufmerksam beobachtete er das Gewirr der sich bewegenden Stangen und Ketten, und dabei kam ihm ein Gedanke! Konnte man nicht die Hebel der Hähne mit einer dieser Stangen verbinden? Da, diese eine Stange, deren Ende immer an einer bestimmten Stelle war, wenn er den Dampfahh öffnete . . . Er beobachtete seine Entdeckung. Zehnmal, fünfzigmal, hundertmal. Immer das gleiche Ergebnis. Humphrey Potter probierte, schaffte eine neue Vorrichtung und — es ging! Die Hähne öffneten und schlossen sich nun von selbst. Wieder war eine Verbesserung an der Dampfmaschine erfolgt. Eine kleine unscheinbare, so wie die Menschen täglich in ihrer Arbeit neue Erfahrungen anwenden und damit die Produktivkräfte weiterentwickeln. Die Menschheit war auf ihrem „Weg aus der Wildnis“ wieder einen Schritt vorwärts gekommen.

Wer kennt die vielen Schritte vom Faustkeil bis zur Dampfmaschine? Peter Klemm schildert sie in vielen erregenden Episoden. Viele von ihnen sind unbekannt. Sie ergeben ein farbenreiches Bild von dem Jahrtausende währenden Weg, den die Menschen gehen mußten, bis sie verstanden, den Dampf zu beherrschen und mit seiner Kraft Maschinen zu treiben. Bis zu diesem die ganze Produktion umwälzenden Ereignis berichtet der vorliegende Band. Es ist die Technik von gestern, die wir kennenlernen. In einem weiteren Band wird Peter Klemm die Technik von heute und morgen behandeln.

Für Leser von 13 Jahren an  
DER KINDERBUCHVERLAG  
BERLIN

12,80





MIT 12 FARBTAFFELN VON HANS BALTZER UND ÜBER 100 ZEICHNUNGEN VON H. K. BOGDANSKI

