

die unsere Welt veränderten

BAND 35





In dieser Reihe sind bisher erschienen:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| Band 1 Unsere Erde | Band 26 Wilde Blumen |
| Band 2 Der Mensch | Band 27 Pferde |
| Band 3 Atomenergie | Band 28 Die Welt des Schalls |
| Band 4 Chemie | Band 29 Berühmte Wissenschaftler |
| Band 5 Entdecker | Band 30 Insekten |
| Band 6 Die Sterne | Band 31 Bäume |
| Band 7 Das Wetter | Band 32 Meereskunde |
| Band 8 Das Mikroskop | Band 33 Pilze, Farne und Moose |
| Band 9 Der Urmensch | Band 34 Wüsten |
| Band 10 Fliegerei | Band 35 Erfindungen |
| Band 11 Hunde | Band 36 Polargebiete |
| Band 12 Mathematik | Band 37 Roboter und Elektronengehirne |
| Band 13 Wilde Tiere | Band 38 Prähistorische Säugetiere |
| Band 14 Versunkene Städte | Band 39 Magnetismus |
| Band 15 Dinosaurier | Band 40 Vögel |
| Band 16 Planeten und Raumfahrt | Band 41 Fische |
| Band 17 Licht und Farbe | Band 42 Indianer |
| Band 18 Der Wilde Westen | Band 43 Schmetterlinge |
| Band 19 Bienen und Ameisen | Band 44 Das Alte Testament |
| Band 20 Reptilien und Amphibien | Band 45 Mineralien und Gesteine |
| Band 21 Der Mond | Band 46 Mechanik |
| Band 22 Die Zeit | Band 47 Elektronik |
| Band 23 Von der Höhle bis zum
Wolkenkratzer | Band 48 Luft und Wasser |
| Band 24 Elektrizität | Band 49 Leichtathletik |
| Band 25 Vom Einbaum zum Atomschiff | Band 50 Unser Körper |

Ein WAS IST WAS Buch

ERFINDUNGEN

Deutsche Ausgabe von Otto Ehlert
Wissenschaftliche Überwachung durch
Dr. Paul E. Blackwood
vom U. S. Gesundheits- und Erziehungsministerium
Washington, D. C.

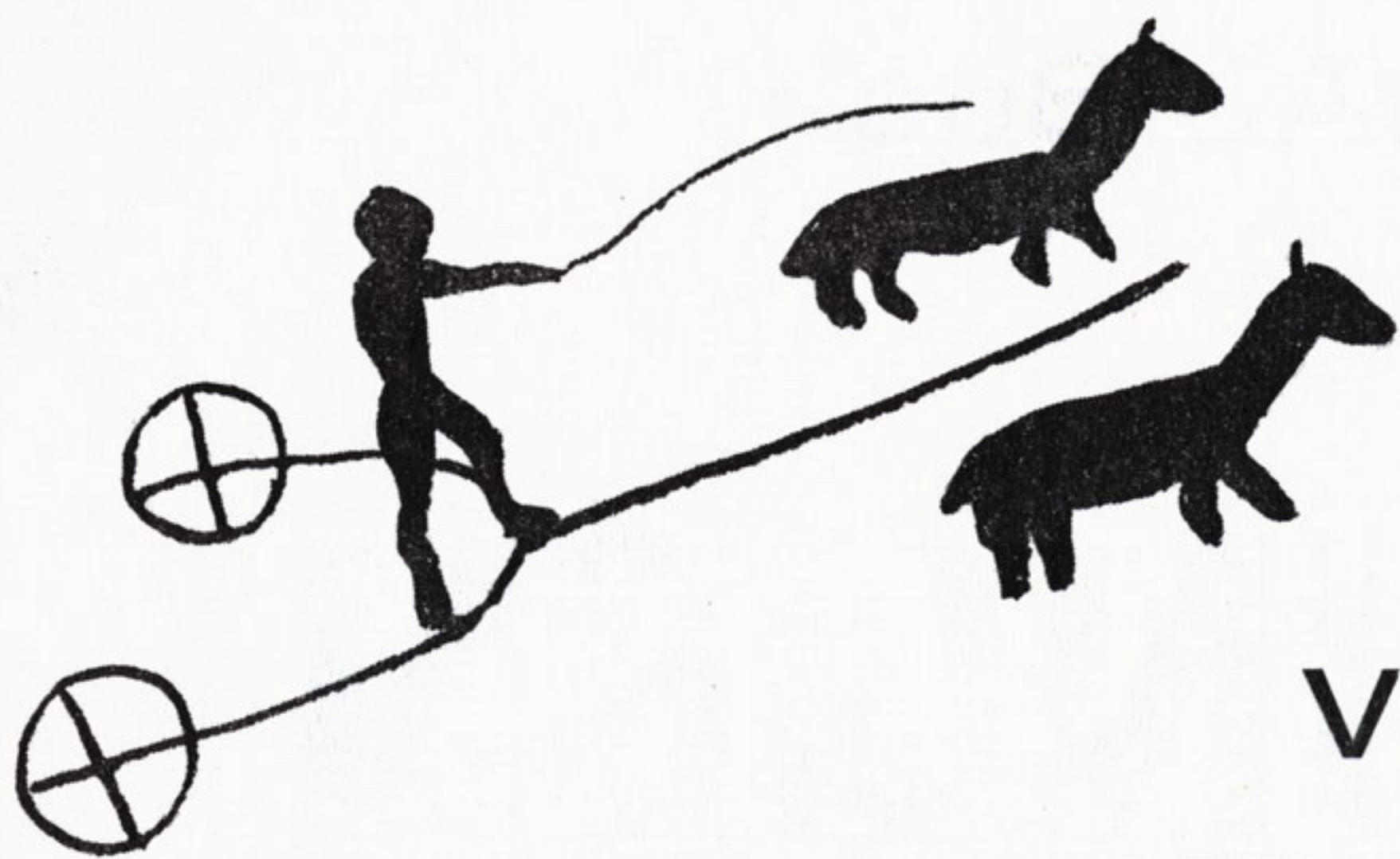


von Irvin Robbin

Illustriert von Leonard Vosburgh

DEUTSCHES
JUGENDSCHRIFTENWERK
DJW

NEUER TESSLOFF VERLAG · HAMBURG



Vorwort

In unserer heutigen Zeit mit ihren zahlreichen wissenschaftlichen und technischen Fortschritten werden die grundlegenden Erfindungen der Vergangenheit oft für selbstverständlich gehalten. Dies **WAS IST WAS**-Buch soll deutlich machen, welches Erbe an Entdeckungen und Erfindungen wir von unseren Vorfahren übernommen haben und welche umwälzenden Wirkungen sie für die Geschichte der Menschheit hatten.

Natürlich hat der Mensch in jeder Zeit seiner Geschichte mit den ihm vertrauten Dingen, die er zur Befriedigung seiner Existenzbedürfnisse an Nahrung, Kleidung und Obdach brauchen und bekommen konnte, sein Dasein so oder so gefristet. Wahrscheinlich gab es in der Vergangenheit auch die gleichen Widerstände gegen neue Erfindungen, die es auch heute noch gibt. Und es gab lange Perioden, in denen der Mensch keinerlei wichtige Veränderungen seiner Umwelt vorgenommen hat. Aber von Zeit zu Zeit hat es ungeheuer bedeutende Entdeckungen und Erfindungen gegeben, die die Zivilisation der Völker in großen Schritten vorangetrieben haben. Dazu gehören die Beherrschung des Feuers, die Erfindung des Rades, des Mikroskops, des Explosionsmotors, die Entwicklung der Druckerpresse, die kontrollierte Elektrizität – um nur einige zu nennen. Wer kann sich die Welt ohne diese Erfindungen vorstellen? Wie würde unser Leben ohne sie aussehen?

Dies **WAS IST WAS**-Buch der „Erfindungen, die unsere Welt veränderten“ will dazu beitragen, den Erfindungsreichtum des menschlichen Geistes richtig zu würdigen; es will die Erwartungen schärfen für die neuen Erfindungen, die dieses Jahrhundert noch hervorbringen wird. Wer wird die Erfindungen machen? Vielleicht wird einer unserer jungen Leser dabei sein.

Inhalt

DIE ERSTEN WERKZEUGMACHER	4	Welche Veränderung bewirkte das Schießpulver?	26
Warum begann der Mensch, Erfindungen zu machen?	5	Ist das Schießpulver noch von Nutzen?	27
Gebrauchen auch andere Geschöpfe Werkzeuge?	6	DIE KUNST DES BUCHDRUCKS	27
Was sind grundlegende Erfindungen?	7	Wann begann das Schreiben?	28
Was waren die ersten grundlegenden Erfindungen?	7	Wozu wurde die Schrift zuerst benutzt?	28
		Wie entwickelte sich die Schrift weiter?	30
		Wer erfand das Alphabet?	30
DAS FEUER	7	Was sind bewegliche Typen?	31
Wie wurde das Feuer entdeckt?	7	Wer war der europäische Erfinder des Buchdrucks?	32
Nach welchen Methoden wurde zuerst Feuer gemacht?	8	Wie es weiterging	34
Holz reibt Holz; aber wie entsteht dabei Feuer?	10	Was bedeutete der Buchdruck für die Menschheit?	34
Wozu wurde das Feuer zuerst gebraucht?	10		
Wie führte die Entdeckung des Feuers zu Technik und Industrie?	11	DIE OPTIK	35
		Wurde die Linse entdeckt oder erfunden?	36
DER ACKERBAU	13	Wozu wurde die künstliche Linse zuerst gebraucht?	37
Wie kam es zum Ackerbau?	14	Hat Galilei das Teleskop erfunden?	38
Wann begann die Kultivierung von Pflanzen?	14	Die wichtigste Bedeutung des Teleskops	40
Wo wurde zuerst Ackerbau betrieben?	15	Wer erfand das Mikroskop?	40
Welche Pflanzen wurden zuerst angebaut?	15	Welche Wissenschaft wurde durch das Mikroskop revolutioniert?	42
Auswirkungen der Neolitischen Revolution	15	Die erste Kamera mit einer Linse	42
		Wozu werden Linsen außerdem gebraucht?	43
DAS RAD	18		
Wer erfand das Rad, und wo wurde es erfunden?	18	VON DAMALS BIS HEUTE	44
Wie wurde das Rad entwickelt?	19	Die Dampfmaschine	44
Der Vorläufer des Rades	19	Elektrizität	45
Wozu wurde das Rad zuerst gebraucht?	20	Der Explosionsmotor	45
Warum ist das Rad die wichtigste mechanische Erfindung?	22	Das Flugzeug	45
		Massenproduktion	46
DAS SCHIESSPULVER	22	Verbindungen über weite Entfernungen	47
Wer erfand das Schießpulver?	23	Atomenergie	47
Wie lernten die Europäer das Schießpulver kennen?	24	Raketen und Satelliten	48



Die ersten Werkzeugmacher

Es gibt keine Erfindungen, die kompliziert sind. Es gibt komplizierte **Maschinen**; aber die Erfindungen und Ideen, die einer vielfältig zusammengesetzten Maschine zugrunde liegen, sind meistens sehr einfach. Die blinkenden, stromlinienförmigen, geschmeidig funktionierenden Maschinen unserer Zeit sind alle aus den gescheiterten aber einfachen Erfindungen und Entdeckungen entstanden, die in vielen Jahrhunderten menschlicher Geschichte Schritt für Schritt aufeinander aufbauend ent-

wickelt worden sind. Die Verbindung einiger einfacher aber grundlegender Erfindungen und Entdeckungen kann als Ergebnis eine so komplizierte Maschine wie das Auto ergeben; es konnte niemals zustande kommen ohne die Erfindung des Rades, des Verfahrens der Metallschmelze, ohne Elektrizität und verschiedene andere Erfindungen. Wirkliche Erfindungen sind fast immer unkompliziert. Wenn sie im Entwurf nicht einfach sind, so kann man sie doch einfach ausdrücken. Einsteins be-



Eine der ersten Waffen, die der primitive Mensch gebraucht hat: der Kinnbacken eines Tieres.



Erste Reihe: Werkzeuge des Peking-Menschen (Altsteinzeit, vor etwa 1 000 000 Jahren)

Zweite Reihe: Werkzeuge des Neanderthal-Menschen (Mittlere Steinzeit, vor etwa 50 000 Jahren)

Dritte Reihe: Werkzeuge des Cro-Magnon-Menschen (Jungsteinzeit, vor etwa 10 000 Jahren)



Die ersten Angelhaken wurden aus Muscheln gemacht



Genau wie ein Schimpanse oder andere Menschenaffen herumliegende Gegenstände aufgreifen und als Gerät benutzen, hat der Mensch zu Anfang seines Menschseins höchstwahrscheinlich Dinge verwendet, die er fand und die geeignet waren, die Geschicklichkeit und Kraft seiner Hände und Arme zu ergänzen und zu vergrößern: der Kinnbacken eines Tieres konnte als Waffe oder Axt, ein Stein als Hammer verwendet werden. Erst viel später entdeckte der Mensch, daß der Stein geformt und für verschiedene Zwecke passend zugerichtet werden konnte.

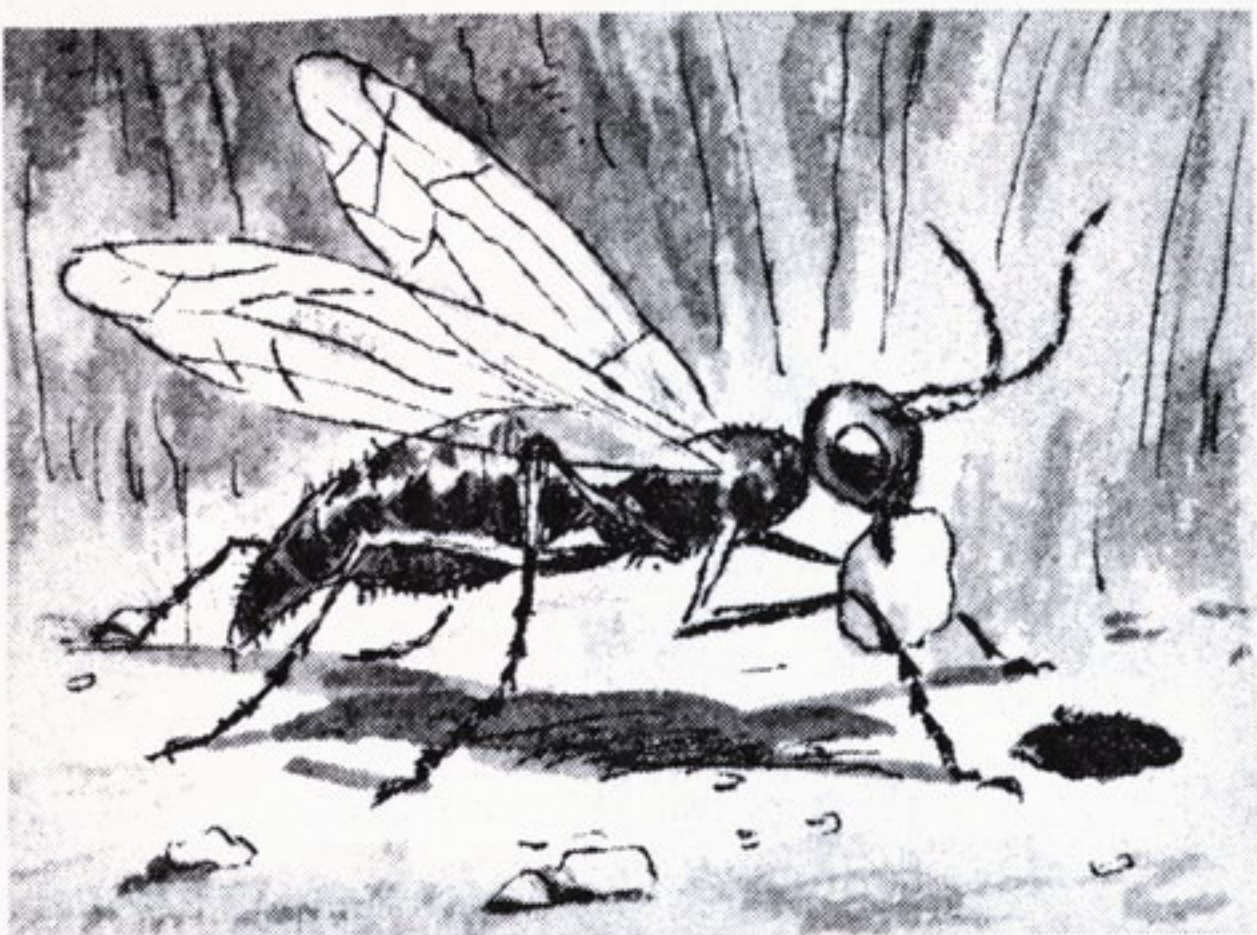
rühmte Formel „ $E=mc^2$ “ ist das Ergebnis jahrelanger intensiver Arbeit, aber sie drückt das gesamte Feld der Atomenergie aus. Und was könnte schlichter sein als ein Rad, das sich um eine Achse dreht? Dies sind einfache und grundlegende Ideen; aber sie zeigen, wie zielgerichtet der erfinderische Geist des Menschen ist.

Zu Anfang hat der Mensch es niemals mit Vorbedacht

Warum begann der Mensch, Erfindungen zu machen?

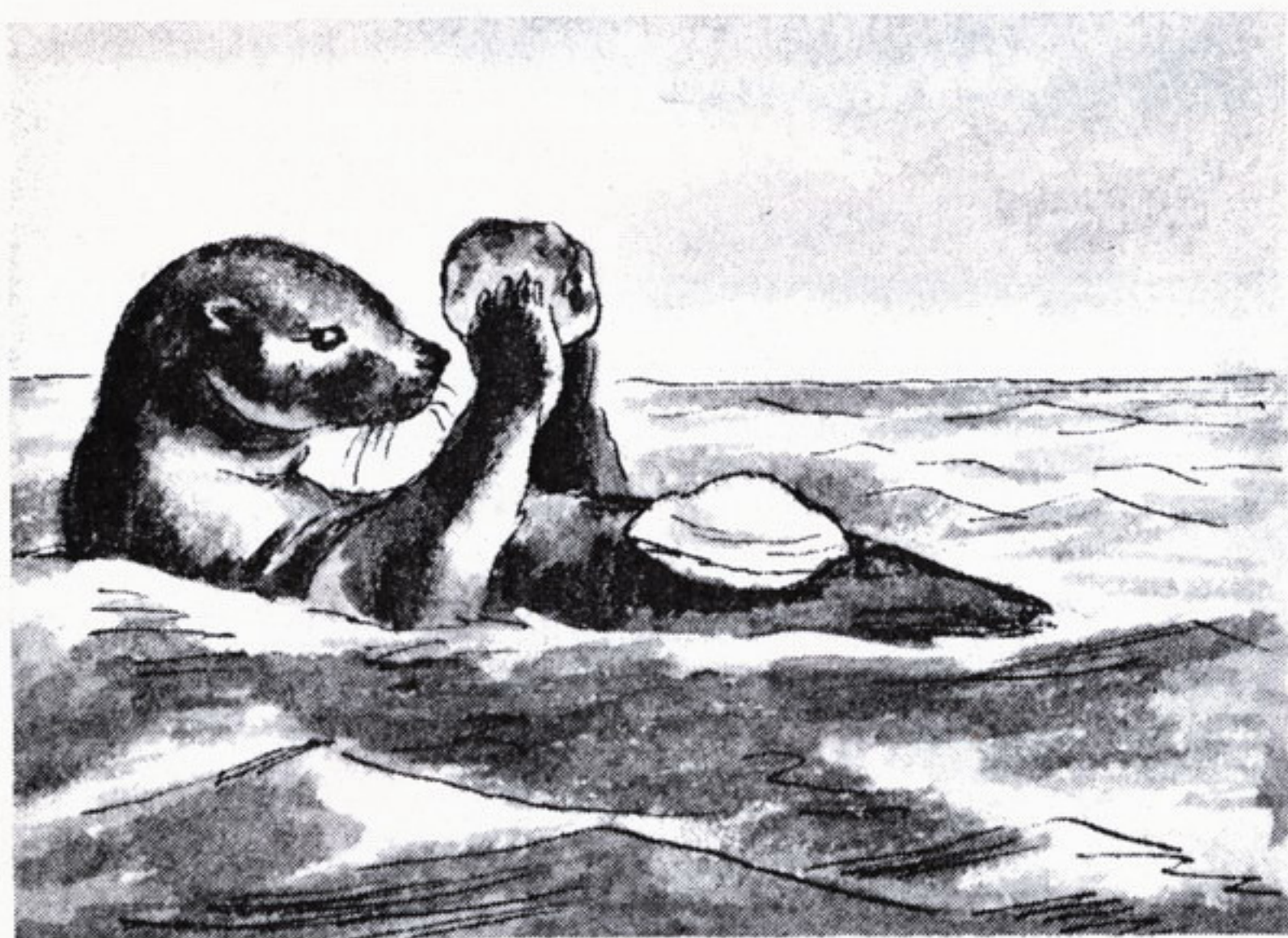
unternommen, eine Erfindung zu machen. Zuerst waren es unbeabsichtigte Entdek-

kungen, oder der Mensch erfand etwas, um notwendige Bedürfnisse zu befriedigen oder um sein hartes Leben zu erleichtern. Seine ersten Erfindungen waren einfache Werkzeuge – Einfälle, wie man schneiden, hämmern, graben oder werfen kann –, Werkzeuge, die mehr konnten als seine Hand allein. Später, viel später, verbesserte er mit seinen Erfindungen seine Augen, Ohren, Beine; schließlich lernte er es, in Maschinen zu fliegen. Jedoch im Anfang, vor ungefähr einer Million Jahren, konnte der primitive Mensch nur Steine und Stöcke und Knochen bearbeiten, um seiner schon geschickten Hand zusätzliche Kraft zu geben.



Es gibt eine Wespe (*Ammophila*), die ein Steinchen mit ihren Mundwerkzeugen packt und damit die Erde über dem Loch, worin sie ihre Eier versteckt hat, einebnet.

Ein Fink (*Cactospiza*) benutzt einen Kaktusstachel, um damit Insekten aus Baumrinden herauszuholen.



Eine Seeotter gebraucht einen Stein, um eine Muschel zu zertrümmern.



Affen sind imstande, einen Stock als „verlängerten Arm“ zu benutzen.

Gebrauchen auch andere Geschöpfe Werkzeuge?

Der Mensch ist nicht das erste und einzige Geschöpf der Erde, das Werkzeuge gebraucht. Es gibt eine Wespe, die Steinchen benutzt, um den Sand über ihrem Gelege festzustampfen. Ein Fink auf den Galapagos-Inseln nimmt einen Kaktusdorn und hebelt damit Insekten aus den Baumspalten. Der englische Buntspecht hält eine Spalte im Ast mit einem Tannenzapfen offen. Die Seeotter legt sich, auf dem Rücken schwimmend, einen Stein auf den Bauch und schlägt die Muschel so lange darauf, bis die Schale aufbricht. Und schließlich gibt es viele Affen, die manchmal Stöcke und Steine als Hebel oder Wurfgeschosse gebrauchen.

Der große Unterschied zwischen Menschen und Tieren ist, daß Tiere vererbten Instinkten folgen. Ihre Verhaltensweise verändert sich – wenn überhaupt – von Generation zu Generation nur ganz wenig. Der Mensch aber kann lernen. Tiere können nur Werkzeuge finden, die für ihren Zweck geeignet sind; der Mensch macht sie sich! Er hat eine bewußte Vorstellung von der Nützlichkeit eines Werkzeuges, und er bemüht sich bewußt, eines zu ersinnen, das seinen Zweck erfüllt. Außerdem versucht er beständig, es zu verbessern.

In vorgeschichtlichen Tagen spaltete der frühe Mensch mit Überlegung Splitter von einem Stein, bis er einen Hammerkopf oder eine Schneidkante hatte. Er schärfte Stockenden zu Speerspitzen und band Griffe an seine Steinwerkzeuge. Er flocht Schilfgras zu Matten und lernte es, Feuer zu machen. Der Mensch begann, bewußt Vorrichtungen zu erfinden, die ihm das Leben erleichtern, ihn schützen und ihn erfreuen sollten. Er war nie bereit, sich mit dem

abzufinden, was seine Umwelt ihm bot. Auch heute noch sucht er sie ständig zu verändern, unter seine Kontrolle zu bringen, sie sich dienstbar zu machen. Das ist es, was den Menschen zum Erfinder macht.

Während Jahrtausende behielten die Tiere ihre Verhaltensweise bei; aber in der kurzen Zeit, seit der Mensch als Mensch die Erde bewohnt, hat er sein Verhältnis zum Planeten radikal verändert.

Der Mensch hat Tausende von Erfindungen gemacht;

**Was sind
grundlegende
Erfindungen?**

aber nur einige Dutzend sind wirklich grundlegend. Grundlegende Erfindungen sind solche, die zu einer Veränderung der Lebensweise des Menschen führen. Es ist gut, einen besseren Hammer zu erfinden; aber es ist etwas völlig anderes

und weit bedeutender, das Rad oder das Schießpulver zu erfinden. Erfindungen wie das Rad oder das Schießpulver veränderten die Richtung der Entwicklung und führten die Menschheit auf neue Wege.

Die ersten Erfindungen, die wirklich

**Was waren
die ersten
grundlegenden
Erfindungen?**

bedeutend waren und den Menschen auf den Weg zur Zivilisation führten, waren einfache Handwerkzeuge und Waffen. Sie waren alle aus Holz, Stein oder Knochen gemacht, aus den Materialien, die der Mensch finden und für seine Bedürfnisse formen konnte. Aber sie halfen ihm, den langen Weg zur Technik und Kultur einzuschlagen. Die primitiven Hämmer, Kratzer, Speerspitzen und Steinmesser waren nur der Beginn. Vieles andere mußte noch hinzukommen.

Das Feuer



Der Mensch hat das Feuer nicht erfunden. Er entdeckte, wie er es gebrauchen konnte. Diese einzige Entdeckung hat mehr dazu beigetragen, ihn über die Existenz eines Tieres hinauszuheben, als jede andere Entdeckung oder Erfindung. Das Feuer war die erste Kraft, die den Menschen von seiner Umwelt unabhängiger machte. Es wurde die Voraussetzung für den riesigen Bereich der Technik, der in den folgenden Zeiten entstehen sollte, und es ist immer noch die Grundlage für die

meisten unserer modernen technischen Verfahren.

Feuer ist eine Naturerscheinung; es

**Wie wurde
das Feuer
entdeckt?**

tritt in der Natur sehr häufig auf. Der Ausbruch von Vulkanen, die Selbstentzündung verwesender

Stoffe, Blitzschläge – das alles bringt Feuer hervor. Der primitive Mensch, in völliger Wildnis lebend, konnte solches



Als der erste Mensch es wagte, „den Göttern das Feuer zu stehlen“, mußte er Sorge tragen, daß es weiterbrannte; denn er wußte nicht, wie er selbst Feuer entfachen konnte.

Entstehen des Feuers leicht beobachten. Er beobachtete auch seine Wirkung, die Zerstörung. Aber zur selben Zeit muß er auch bemerkt haben, daß das Feuer Licht und Wärme spendete, und so setzte er an, den flammenden Dämon zu zähmen und seine guten Eigenschaften zu nutzen. Er hielt das Feuer für einen Dämon, weil es ihm lebendig erschien und weil es viele Dinge verzehrte. Schließlich sind die Fähigkeiten, sich zu bewegen und zu fressen, Zeichen des Lebens. Das natürliche Feuer tut beides mit majestätischer und ungebändigter Macht. Der primitive Mensch machte aus diesen Gründen das Feuer zu einem seiner Götter; aber zugleich stellte er fest, daß er den Gott für sich arbeiten lassen konnte, wenn er ihm die Nahrung zu-

teilte. Ein Feuer, das sorgfältig mit Nahrung versehen wird, ist ein kontrolliertes Feuer. Irgendwann einmal hat der frühe Mensch ein bißchen vom Feuer eingefangen, vielleicht einen brennenden Ast von einem Waldbrand; er hielt es im Gang, indem er ihm von Zeit zu Zeit Holzstücke zur Nahrung gab.

Zu Anfang wußte der Mensch nicht, wie

Nach welchen Methoden wurde zuerst Feuer gemacht?

er selbst Feuer machen konnte; so stahl er es vom Feuer der Natur. Wenn er von Ort zu Ort wanderte,

mußte er die Glut sorgsam weitertragen und bewahren; denn wenn sie erlosch, mußte er warten, bis die Natur ihn wieder von neuem versorgte.

Während die Wissenschaftler tiefer und tiefer in die Vergangenheit des Menschen graben, werden immer noch ältere Feuerstätten zutage gefördert.



Aus dem Feuerstein
werden Funken geschlagen



Feuersäge



Feuerbohrer



Das Feuer wurde auf primitive und schwerfällige Art entfacht; aber es führte den Menschen auf den Weg zur Zivilisation.

Es steht fest, daß schon der Mensch des Pliozäns — einem erdgeschichtlichen Zeitalter, das 250 000 Jahre zurückliegt — das Feuer gebrauchte. Das war die Zeit, in der der Pekingmensch lebte, einer der ältesten Vorfahren des Menschen. Er bekam diesen Namen, weil seine Überreste zuerst in einer Kalksteinhöhle in der Nähe von Peking gefunden wurden. In dieser Höhle fand man auch die Asche von verkohltem Holz und von Knochen, die anzeigte, daß der Pekingmensch das Feuer in seiner Wohnhöhle gebrauchte. Genau weiß es niemand, wann und wie der Mensch begann, selbst Feuer zu ma-

chen. Die Wissenschaftler meinen, daß es durch die Beobachtung des Funken-sprühens begonnen haben muß. Waldbrände verbreiten sich durch heiße Feuerfunken, die vom Wind fortgeblasen werden; der frühe Werkzeugmacher muß beobachtet haben, daß die Steine, die er spaltete, ähnliche Funken versprühten. Daraufhin begann er solche Steine zu sammeln, die Feuer sprühten, wenn sie geschlagen wurden. Ein sehr häufig vorkommendes Gestein, der Eisenpyrit, sprüht einen Schauer von Funken, wenn es mit einem anderen Stein geschlagen wird, und der Flint- oder Feuerstein, das Ma-

terial für viele frühe Werkzeuge, tut es fast noch besser.

Diese Methode, sprühende Funken zu erzeugen, indem Steine gegeneinander geschlagen werden, wird Perkussion genannt; um Feuer zu entzünden, ist es außerdem noch nötig, daß die Funken auf ein Häufchen Zunder fallen, das aus trocknen Blättern und Holzspänen besteht. Später wurde die Erzeugung von Funken durch Eisen und Feuerstein ständiger Brauch. So war es noch bei den ersten Feuerwaffen.

Eine andere Art des Feuermachens, die in frühen Zeiten entwickelt wurde, ist das Holzreiben. Es sind verschiedene Methoden gefunden worden, Feuer zu erzeugen, indem man Holz gegeneinander rieb. Einige sind sehr einfach. Die Feuersäge zum Beispiel bestand aus einem gekerbten Stück Holz; ein anderes Holzstück wurde durch die Kerbe rasch hin- und hergezogen. Am erfolgreichsten war der Feuerbohrer. Er bestand aus einem Holzblock, in dessen Rand Löcher gebohrt waren (siehe Bild). Ein Stock wurde in das Loch gesteckt und schnell gedreht. Es gab verschiedene Arten, ihn zum Rotieren zu bringen. Er wurde zwischen den Händen gedreht, oder es wurde eine Schnur um den Stock geschlungen und diese hin- und hergezogen. Aber die beste Art war, die Spannkraft eines Bogens zu benutzen. Der Feuermacher brauchte nur die Sehne um den Stock zu schlingen und den Bogen dann schnell hin und her zu bewegen.

Es ist klar: Wenn man zwei Stücke Holz

**Holz reibt Holz;
aber wie entsteht
dabei Feuer?**

schnell gegeneinander reibt, werden sie heiß. Meistens wird angenommen, daß die so entstandene

Hitze das Holz schließlich entzündet und der Feuermacher damit also Erfolg hat. Aber zweierlei ist bei dieser Annahme nicht richtig. Erstens, wenn das Holz sich entzünden und anfangen würde zu brennen, hätte der Feuermacher wohl Erfolg; aber er würde sein Werkzeug dabei verlieren und müßte jedesmal ein neues anfertigen, wenn er Feuer brauchte. Zweitens ist es sehr selten, daß sich ein dickes Stück Holz vom Reiben allein entzündet.

Der Erfolg des Holzreibens ist davon abhängig, daß sich dabei genügend Holzstaub bildet. Das kann nur geschehen, wenn ein Stück Holz härter ist als das andere, so daß es wie eine Feile oder wie Sandpapier wirkt. Ferner muß eine Holzkehle oder ein Loch vorhanden sein – praktisch ein kleiner Ofen –, worin sich das Sägemehl sammelt. Wenn der Bohrer rotiert oder der Stock vor- und zurücksägt, schaben sie feine Holzteilchen vom Block ab. Diese sammeln sich in der Holzkehle oder im Loch und werden heißer und heißer, weil die Reibungswärme die Teilchen und ihre ganze Umgebung erhitzt. Wenn das Holzmehl ganz fein ist, nimmt es die Wärme leicht und schnell auf und beginnt zu glühen. Ein leichter Luftzug läßt die Flamme auflodern, und nun können die brennenden Teilchen auf ein Häufchen Zunder geworfen werden. Das Ergebnis dieser Bemühung: ein Feuer!

Der frühe Mensch fand verschiedene

**Wozu wurde
das Feuer
zuerst
gebraucht?**

wichtige Verwendungszwecke für das Feuer. Als erstes brauchte er seine Wärme. Da er von der Natur

nicht mit einem schützenden Pelz versehen war, empfand der Mensch das Feuer als außerordentlich nützlich in

den langen kalten Winternächten. Unter einem überhängenden Felsen oder in einer Höhle angefacht, gab das Feuer anheimelnde Wärme. Aber es gab auch Licht, und das Licht gab die Möglichkeit, die langen, dunklen Abendstunden zu nutzen. Wahrscheinlich haben die ersten Künstler der Menschheit ihre wunderbaren Malereien, die in vorgeschichtlichen Höhlen gefunden worden sind, beim Schein des Feuers angefertigt. Frauen konnten beim abendlichen Feuer Kleidung anfertigen, und die Männer konnten ihre Waffen bearbeiten. Das Feuer schloß die Kälte aus und schuf ein Heim für die Familie.

Es erfüllte auch noch andere wertvolle Zwecke. Alle wilden Tiere hatten eine tödliche Furcht vor der lodernden Hitze, die den Pelz versengte und Schmerz und Tod brachte. So war das Feuer die wirksamste Verteidigungswaffe des frühen Menschen gegen übermächtige Tiere. Aber noch andere wichtige Anwendungsmöglichkeiten sollten für das Feuer gefunden werden. Uns erscheint es heute als ganz selbstverständlich, das Feuer zu gebrauchen, um Hitze zum Essenkochen zu erzeugen. Aber es bedurfte einer großen Zeitspanne, bis der frühe Mensch es lernte, das Feuer auf diese Weise zu gebrauchen. Vielleicht kam er zufällig darauf, als etwas rohes Fleisch ins Feuer fiel; es kann auch sein, daß er vom Feuer geröstete Tiere nach einem Waldbrand fand und feststellte, daß das Fleisch so wesentlich besser munde.

Wie führte die Entdeckung des Feuers zu Technik und Industrie?

Zwei Entdeckungen müssen bald nach der häuslichen Verwendung des Feuers gemacht worden sein: das Brennen von Lehm und das Schmel-

zen von Metall durch Hitze. Wie wir es noch heute beim Zelten machen, so häufte der Mensch Steine um sein Feuer, um es zusammenzuhalten. Man vermutet, daß er auch Lehm verwendet hat, um die Steine in ihrer Lage zu halten. Man stelle sich sein Erstaunen vor, als er entdeckte, daß der Lehm hart wurde, wenn er dem Feuer ausgesetzt wurde! Das war die Geburtsstunde der Töpferei-Industrie. Denn der erfinderrische Mensch brauchte nicht lange, bis ihm einfiel, daß er mit seinen Händen aus dem weichen Lehm nützliche Dinge formen und sie durch Brennen zu dauerhaften Gebrauchsgegenständen, zu Schüsseln und Töpfen und sogar zu haltbaren Brennziegeln machen konnte.

Wahrscheinlich schmolz die Hitze auch um dieselbe Zeit das Erz, das in einigen Steinen vorhanden war, und der Mensch sah, wie das geschmolzene Metall aus den erhitzten Steinen herausfloß. Als die feurigen kleinen Rinnale erstarrten, entdeckte er, daß er ein Material hatte, aus dem er bessere Werkzeuge und Waffen machen konnte, als er sie jemals vorher hatte. Dies erste Metall, das der primitive Mensch verwendete, war Kupfer – ein Metall, das leicht zu schmelzen und leicht zu formen ist. Er lernte es, jene Steine zu suchen, die die blau-grüne Spur des Kupfers tragen, schmolz das Erz in steinernen Aushöhlungen heraus und goß es in eine Form. Bald begann er nach Steinen zu suchen, die andere Erze enthielten. Das war ein großer Schritt vorwärts. Viele tausend Jahre später, als die Eisenzeit begann, hatte der Mensch alles entdeckt, was ihn befähigte, den „Feuergott“ zu zähmen und ihn als wirksame Arbeitskraft anzusetzen.

Der Mensch hat nie aufgehört, das



Feuer zu gebrauchen. Heute haben wir viele hochentwickelte Methoden, diese Naturerscheinung hervorzurufen; aber wir brauchen das Feuer immer noch in der gleichen Weise wie der primitive Mensch, wenn wir mit ihm kochen, Töpferwaren brennen oder Metall schmelzen. Wir brennen Kohle, Gas oder Öl, um unsere Wohnungen zu erwärmen, und wir brauchen den heißen elektrischen Funken, um den Brennstoff in einer Benzinmaschine zu entzünden. Wir sind jetzt dabei zu lernen, auch das heißeste Feuer zu zähmen und für uns arbeiten zu lassen – die Sonne.

Das Feuer war eine der ersten wichtigen Entdeckungen, die die Menschen gemacht haben. Und es ist bis heute eine der wichtigsten geblieben.

Es ist ein langer Weg vom Feuermachen mit der Feuersäge bis zum Anreißen eines Streichholzes; vom Erleuchten einer Höhle, damit es hell genug wurde, um die berühmten Höhlenbilder zu malen, bis zur Gaslampe, die vor noch nicht zu langer Zeit unsere Räume beleuchtete; vom Rösten des Wildes über einem offenen Feuer bis zum Gebrauch des Dampfkochtopfes; von den ersten groben Formen der Töpferei und dem Schmelzen des Erzes auf heißem Stein bis zu den modernen Brennöfen und den Bessemerbirnen, die Eisen und Stahl produzieren; vom Erwärmen der Höhle mit einem Holzfeuer bis zu den Hochöfen und den elektrischen Heizgeräten; vom Fortschrecken eines Tieres mit einem brennenden Ast bis zum Gebrauch einer Azetylenlampe; aber dies alles begann, als zum erstenmal ein Mensch es wagte, das Feuer zu rauben, das „Geheimnis der Götter“.



Der Ackerbau

Jeder lebende Organismus muß fortwährend mit Nahrung versorgt werden. Das ist eines der Grundbedürfnisse des Lebens. Bäume und andere Pflanzen wurzeln fest im Erdboden und saugen ihre Nahrung daraus, das Sonnenlicht nutzend, um die notwendigen chemischen Umwandlungsprozesse zu erzeugen. Die pflanzenfressenden Tiere streifen durch Felder und Wälder und suchen sich die Pflanzen, die ihnen bekömmlich sind. Die fleischfressenden Tiere jagen andere Tiere, sie durch Unterholz und übers weite Feld verfolgend.

Seit der Mensch auf der Erde existiert, hat er vor dem gleichen Problem ge-

standen — vor der Notwendigkeit, sich ständig Nahrung zu verschaffen. Aber er hatte einen Vorteil, einen biologischen Vorteil. Der Mensch gehört zu den Allesfressern. Er kann sich von Pflanzen wie auch von Fleisch ernähren. In seiner Frühzeit lebte der Mensch fast ausschließlich von der Jagd oder fing die Tiere und brät dann ihr Fleisch. Das Jagen war eine gefahrenreiche Betätigung; dagegen war das Sammeln von eßbaren Pflanzen und Früchten eine weit friedlichere und ungefährliche Art, das Vorratslager zu füllen.

Aber es gab niemals genug Pflanzen, um damit über eine größere Zeitspanne hinwegzukommen, und natürlich gar keine im Winter; die Völkerstämme mußten ständig weiterziehen, das Wild jagend und unberührte Gebiete mit pflanzlichem Leben suchend. Das Dasein muß eine ständige Jagd, ein ständiges Umherziehen gewesen sein, eine dauernde Suche nach Nahrung, ein Kampf gegen tausend Gefahren.

Endlich kam es zu der großen Entdeckung, durch die die Nahrung auf demselben Platz Jahr für Jahr gewonnen werden konnte. Wie jede grundlegende Erfindung und Entdeckung bewirkte sie einen tiefgreifenden Wandel im Leben und in der Entwicklung des Menschen. Obgleich schon einige Völkerstämme die Probleme der Haltung und Züchtung von Haustieren gelöst hatten und sie zu ihrem Schutz oder für ihre Ernährung züchteten — diese Entdeckung war weit größer. Sie beruhte auf der Erkenntnis, daß die Samen von Pflanzen gesammelt, sicher durch den Winter gebracht und im folgenden Frühjahr in die Erde gesät werden konnten. Dann konnte nach einigen Monaten geerntet werden, und die



Ernährung für den kommenden Winter war gesichert.

Niemand weiß, wie der primitive Mensch zuerst herausfand, daß Samen, wenn sie gepflanzt werden, wieder zu Pflanzen heranwach-

**Wie kam es
zum Ackerbau?**

sen. Die meisten Wissenschaftler vermuten, daß es durch zufällige Beobachtung geschehen ist. Wenn die frühen Völkerschaften auch Nomaden waren, wanderten die meisten doch in begrenzten größeren Gebieten und kehrten oft zu denselben Plätzen zurück. Wahrscheinlich benutzten sie auch in den verschiedenen Jahreszeiten häufig wieder die gleichen Lagerplätze. Die Küchenabfälle wurden einfach vor die Eingänge ihrer Höhlen und an die Ränder ihrer Lagerplätze geworfen. Man muß sich die Aufregung vorstellen, als ein scharfsichtiger Mensch der älteren Steinzeit entdeckte, daß auf den Abfallhaufen Schößlinge von Pflanzen wuchsen! Diese Entdeckung muß in jenen frühen Menschheitstagen viele Male gemacht worden sein, wenn die Völkerstämme im Frühjahr zu ihren Lagerplätzen oder in ihre winterlichen Höhlen zurückkehrten.

Aber dies war noch nicht die vollständige Entdeckung. Ein nächster Schritt mußte noch getan werden. Der Mensch mußte noch herausfinden, warum die Pflanzen auf seinen Abfallhaufen wuchsen. Das war ebenfalls eine Sache der Beobachtung. Pflanzen, Samen von Früchten, Nüsse und Reste von eßbaren Wurzeln lagen mit auf den Abfallhaufen – Überreste der pflanzlichen Nahrung, die die Sammler für ihre Mahlzeiten heimgebracht hatten. Eine sorgfältige Prüfung zeigte den Menschen jener Zeiten, daß die Pflanzen aus den

verschiedenen Samen und Wurzeln hervorgesprossen waren. Sie konnten auch beobachten, daß die neuen Frucht-bäume immer im Umkreis der älteren aufwuchsen, und wenn man die Wurzeln ausgrub, fand man, daß die Pflanzen aus Samen gesprossen waren. Alle diese Beobachtungen brachten den Menschen auf den Gedanken, selber Pflanzen anzubauen – er entwickelte den Ackerbau.

Der nächste Schritt des Menschen war, diesen Gedanken ins Werk zu setzen, indem er solche Pflanzen planvoll kultivierte, die ihm zur Nahrung dienten. Dies war ein umwälzender Fortschritt, eine wahrhaft erfinderische Idee.

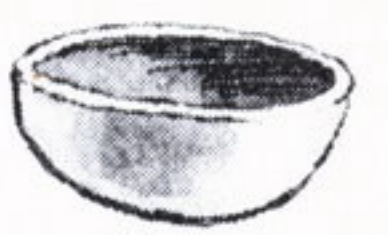
Man kann keine bestimmte Jahreszahl

**Wann begann
die Kultivierung
von Pflanzen?**

angeben, sondern nur einen größeren Zeitraum, in welchem nach Meinung der Wissenschaftler die

Ackerbaukultur begonnen hat. Es wird angenommen, daß sie vor zehn- bis zwölftausend Jahren ihren Anfang nahm. Der Übergang vom Nahrungssammeln zur Nahrungserzeugung wird als die Neolithische Revolution bezeichnet (Neolithikum = jüngere Steinzeit). Die Entwicklung des planvollen Ackerbaus war die zweite große Veränderung in der Beziehung des Menschen zu seiner Umwelt (die erste kam mit dem Feuer), und sie leitete ein neues Zeitalter ein.

Es gab eine Menge zu lernen über das Wachstum der Pflanzen, die zur Nahrung dienten, und es muß mehrere tausend Jahre des Experimentierens erfordert haben, ehe dafür irgendein System entwickelt wurde. Der Mensch hatte zu lernen, wie man Samen sammelt, wie sie während des Winters ge-



Kürbisgefäß

lagert und wie solche Pflanzen angebaut werden mußten, die mehrjährig waren – sogenannte Dauerpflanzen. Auch bedurfte er vieler Erfahrungen über die Behandlung des Erdbodens, über seine Fruchtbarmachung und die Bewässerung.

Aber die unternehmenden und erfindungsreichen Menschen der jüngeren Steinzeit erwarben rasch die Geschicklichkeiten, die für den Anbau der Pflanzen nötig waren. Sie veränderten ihr Leben völlig und wurden aus nomadisierenden Jägern und Herdenbesitzern zu den ersten Ackerbauern der Erde.

Wo wurde zuerst Ackerbau betrieben?

Die Wissenschaftler sind jetzt überzeugt, daß der erste wirkliche Ackerbau im Mittleren Osten an den Hängen des Zagros-Gebirges in Kurdistan begann. In diesem Gebiet fanden Archäologen die frühesten Ackerbaugeräte und auch getrocknete Körner von Weizen und anderen Saaten. Hölzerne und steinerne Pflugscharren, Steinmulden und Geräte zum Kornmahlen wurden ebenfalls entdeckt. Ähnliche Funde sind auch an anderen Plätzen der Welt gemacht worden; aber moderne Methoden der Zeitbestimmung haben erwiesen, daß die Funde im Mittleren Osten die ältesten sind.

Es gibt auch Beweise, daß in diesem Teil Kurdistans Dauersiedlungen bestanden, aus denen sich Dörfer inmitten des Ackerlandes entwickelten. Diese Völker hielten auch schon Haustiere zu ihrer Nahrung und für die Arbeit. Natürlich gab es gleichzeitig auch schon Ackerbau an anderen Orten, aber dort war es mehr ein zufälliges und versuchsweises Tun.

Welche Pflanzen wurden zuerst angebaut?

Grünes Gemüse war zweifellos die erste Nahrung, die von den Ackerbauern angepflanzt wurde. Salat, Spinat und Kohl machten den Anfang, dann folgte erst das Getreide. Zwei Arten von frühem Weizen, Einkorn und Emmer, sind geschichtlich sehr früh nachweisbar; aber es wurden auch Gerste, Hafer und Hirse angebaut.

Zur selben Zeit begannen die Menschen, Nuß- und Fruchtbäume anzupflanzen. Man baute aber auch Pflanzen für andere Zwecke an, zum Beispiel Flachs und Hanf, um die Fasern fürs Spinnen und Weben zu erhalten. Kürbisse wurden geerntet, um daraus Gefäße für Flüssigkeiten herzustellen, und Pflanzen und Bäume mit breiten Blättern wie die Ölpalme und die Dattelpalme gaben das Material, mit dem sie die Dächer deckten und Matten webten. Das Holz der Bäume wurde zum Bauen verwendet.

Auswirkungen der Neolithischen Revolution

Die Veränderungen waren vielfältig und grundlegend. Der Mensch war nicht länger ein Wanderer, der das schweifende Leben der Tiere teilte und sein Leben bei der Jagd aufs Spiel setzte. Er blieb nun am gleichen Ort, möglicherweise für viele Generationen; er baute feste Häuser und wurde seinen Mitmenschen ein Nachbar anstatt eines streitenden Konkurrenten. Einmal angesiedelt, schuf er Dörfer und Versammlungsplätze. Bald entstanden Städte, wohin er die Produkte des Landes bringen konnte, um sie gegen die Erzeugnisse der Handwerker auszutauschen – gegen Werkzeuge, Ackergeräte und andere Bedarfsartikel.



Einfache Spindel



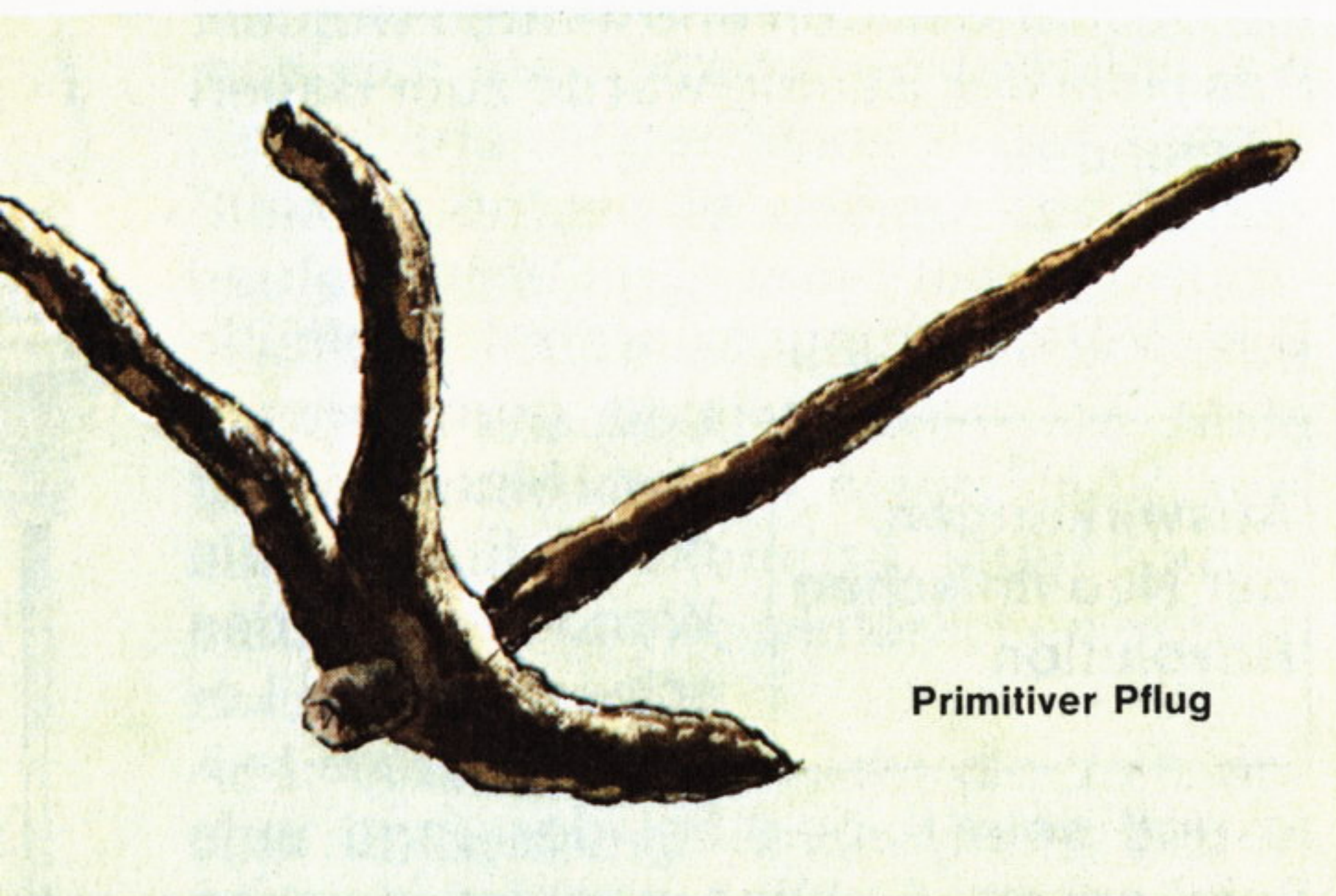
Ägypterin benutzt eine einfache Spindel

Der Aufstieg der Städte mit ihren großen Menschenansammlungen machte eine Regierung erforderlich. Die Zeit des freien, gesetzlosen Schweifens war vorüber; das Verhalten der Menschen wurde durch strenge Regeln und Gesetze geordnet, um ihr Zusammenleben zu ermöglichen. Diese frühen Regierungen waren zwar oft tyrannisch und ungerecht, aber sie waren doch der erste Versuch der Menschheit, sich selbst Gesetze zu geben und Regeln des Verhaltens zu schaffen.

Mit dem Angepaßtsein an den Rhythmus der Jahreszeiten, mit der Aussaat, der Pflege der Pflanzen, dem Reifen des Korns und dem Einbringen der Ernte änderte sich auch die Religion der Menschen. Die alten Götter der Nomaden waren grimmig und unpersönlich gewesen. Für die Wunder des Keimens und Wachsens, die der Steinzeitmensch nicht verstand, schuf er sich

neue Götter; er paßte seinen Glauben dem Rhythmus des bäuerlichen Lebens an. Nach genau vorgeschriebenen Zeremonien wurde das Pflanzen vorgenommen, die Ernte gefeiert, und viele andere Kulthandlungen waren dazu bestimmt, die Götter gnädig zu stimmen, von denen er glaubte, daß sie für seine Ernährung sorgten und sein Dasein lenkten. Der Mensch hatte nun Götter, die sich für sein Wohlergehen interessierten, die sich um ihn kümmerten und ihn gerecht belohnten oder bestraften. Zuerst waren es viele Götter; aber allmählich, in einigen Jahrtausenden, entwickelte sich der Glaube an einen Gott, der heute fast jeder der Hauptreligionen zugrunde liegt.

Die Entwicklung des Ackerbaus führte noch zu anderen Veränderungen der Lebensgrundlagen. Als die Städte größer wurden und sich mit Menschen füllten, die keine Nahrungsmittel herstell-



Primitiver Pflug

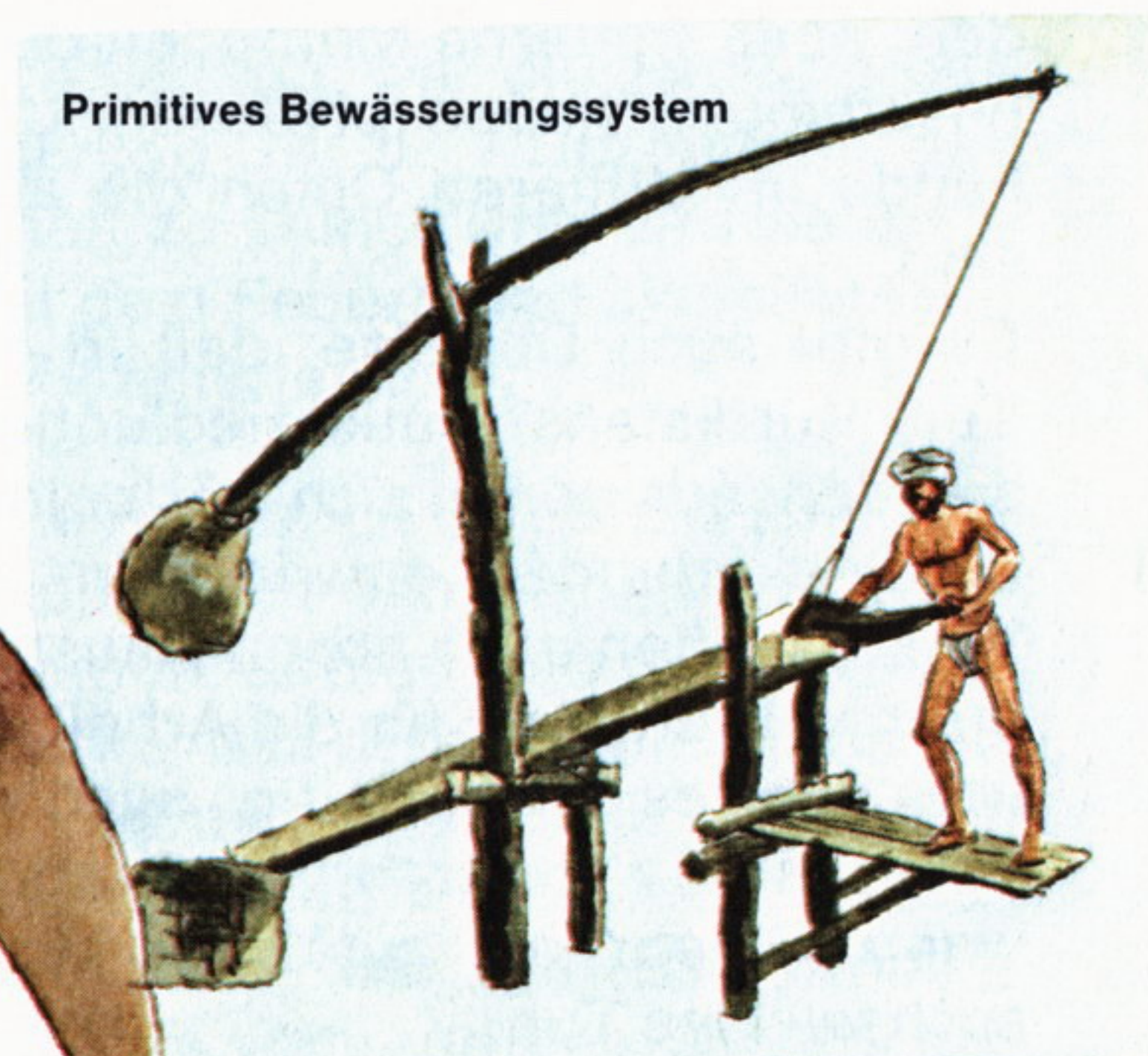
Als der erste Mensch anfang, Nahrungsmittel zu erzeugen anstatt sie nur zu sammeln, waren seine Ackergeräte primitiv. Grabstöcke und Hacken wurden gebraucht, um die Erde zu lockern; primitive Pflüge wurden vom Menschen (oft von Frauen) gezogen, und Erntegeräte wurden häufig aus gebranntem Lehm hergestellt. Mit der Zähmung von Tieren wurde die Menschenkraft durch die Arbeit der Tiere ersetzt, und Bewässerung machte die Äcker fruchtbarer.



Grabstöcke



Sichel aus gebranntem Lehm



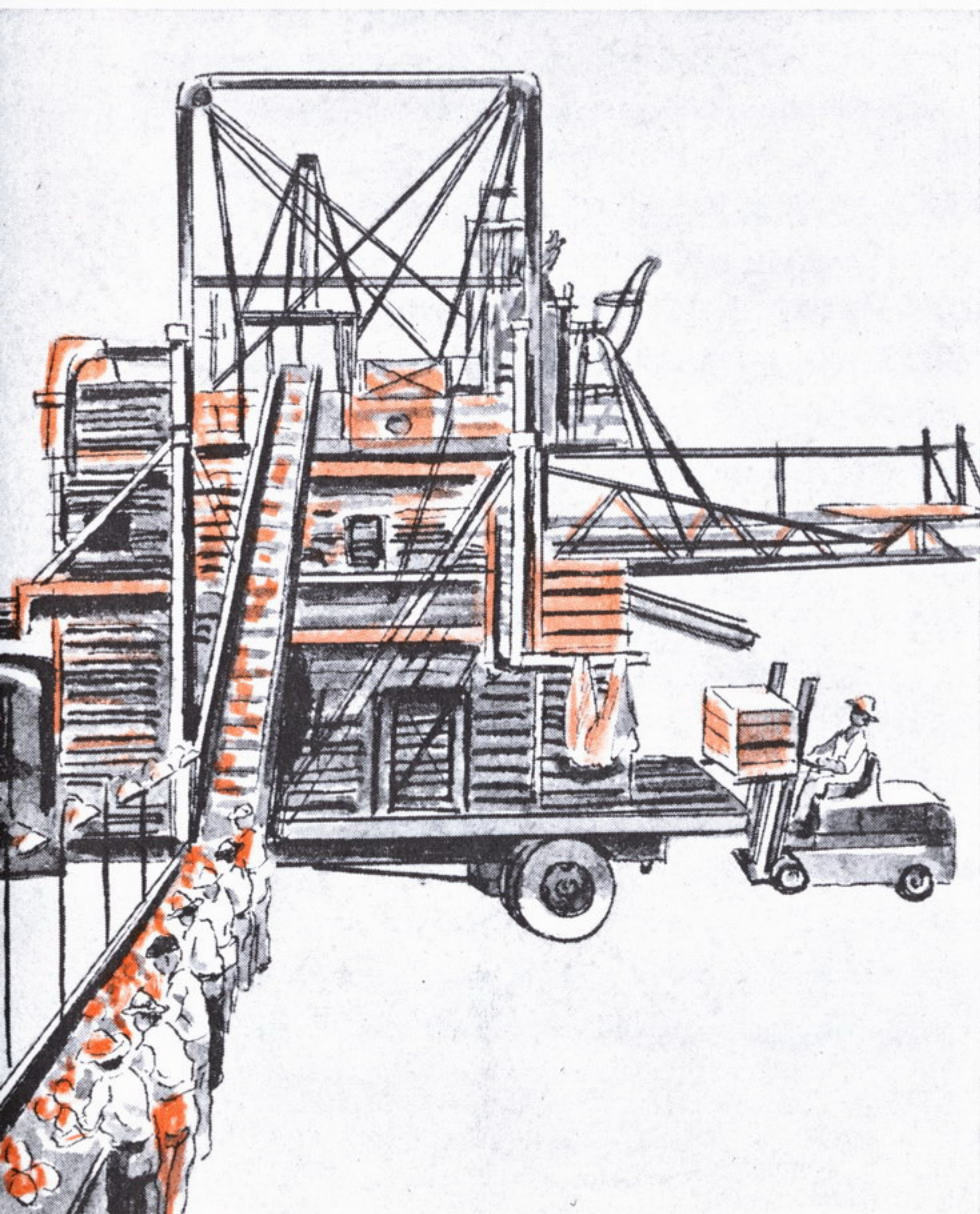
Primitives Bewässerungssystem

ten, sondern andere Berufe ausübten, wurde es nötig, die Anbauflächen zu vergrößern. Das führte unweigerlich zu Konflikten mit Nachbarstädten, die sich ebenfalls ausdehnten. Die Städte wurden zu Stadtstaaten – in einigen Fällen zu Ländern – und gerieten in Krieg miteinander. Diese Kämpfe gingen damals fast immer um die Beherrschung weiteren Ackerlandes, das nicht in unbegrenzter Menge vorhanden war. Schließlich führten diese Unruhen zu einer Vereinigung von Städten und Ländern zu großen Reichen, die Tausende von Quadratkilometern Landes beherrschten. Daraus ergaben sich neue Nahrungsprobleme. Die Reiche brauchten zu ihrer Verteidigung große Armeen, Tausende von Männern, die keine Nahrung produzierten, sondern noch ernährt werden mußten. Und so breitete sich die Landwirtschaft immer weiter aus und wurde immer mehr intensiviert.

Die Entdeckung des Ackerbaus machte zuerst den Menschen sesshaft, dann ver-

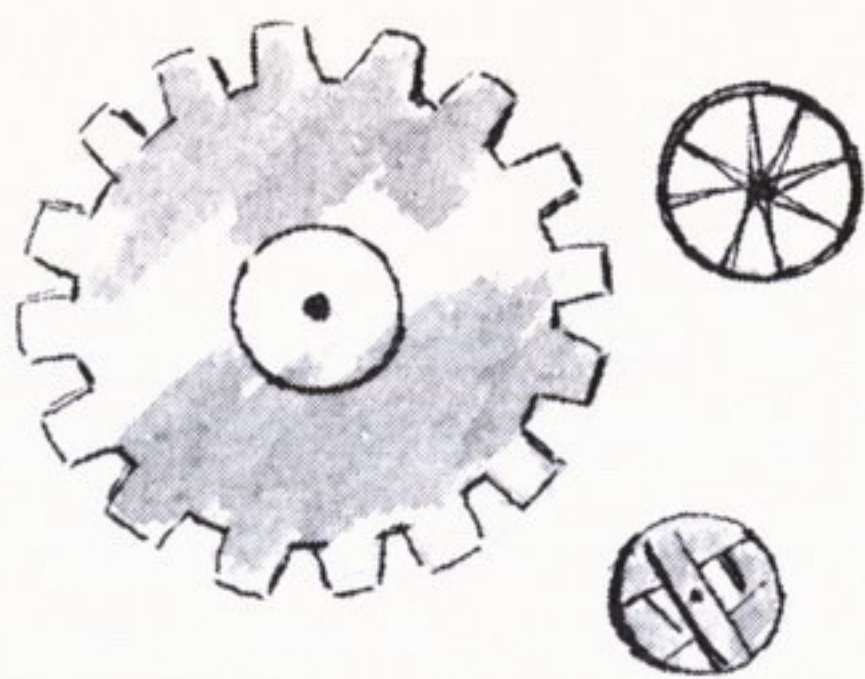
anlaßte sie ihn, sein Leben nach Gesetz und Religion zu organisieren und führte schließlich zu Kriegen und zu Staatenbildungen. Der schweifende Jäger war ein sesshafter Ackerbauer geworden, ein Mensch, der in Dorf- und Stadtgemeinschaften lebte – ein Mensch auf der Suche nach dem Fortschritt.

Unsere heutige komplizierte Zivilisation begann tatsächlich mit dem Ackerbau – eine Zivilisation, die es lernte, Nahrung wirkungsvoll und wissenschaftlich herzustellen, die die Technik, die bildende Kunst und die Musik hervorbrachte, eine Zivilisation, die trotz aller Fortschritte immer noch mit den Problemen kämpft, die vor zehntausend Jahren mit dem Erscheinen der ersten Bauernhöfe begannen.

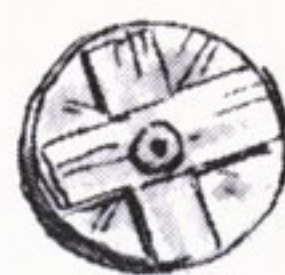


Während in unterentwickelten Ländern der Ackerbau noch heute oft mit primitiven Werkzeugen betrieben wird, ermöglicht es die Mechanisierung der Landwirtschaft in anderen Teilen der Erde, überbevölkerten Gebieten mit Nahrungsmitteln zu helfen.





Das Rad



Ein Rad, das sich um eine Achse dreht, scheint ein einfacher Einfall zu sein, und doch ist es wahrscheinlich eine der klügsten Erfindungen, die jemals hervorgebracht wurden. Es war nicht nur gescheit erfunden, es war auch in hohem Maße revolutionierend. Fast jede Erfindung wiederholt eine Funktion oder einen Vorgang, der in der Natur stattfindet. Unser Auge hat Linsen und eine Netzhaut; es ist in seiner Wirkung eine Art Kamera. Hebel- und Drehgelenke befinden sich in unserem Körper. Das verschlungene Gefäßsystem, durch das unser Blut fließt, wird durch Ventile gesteuert und durch eine starke Pumpe, unser Herz, im Gang gehalten. Elektrizität erscheint in vielen Formen in der Natur: der gespeicherte Strom in den Organen einiger Seetiere, der schwache Strom, der durch unsere Nerven läuft und die Muskeln anregt. Alle Formen chemischer Prozesse treten in der Natur in überreichem Maße auf, vom langsamen kristallinen Wirken der Erdminerale bis zum schnellen Stoffwechsel in Pflanzen und Tieren. Atomare Umwandlungen geschehen ständig im Universum, in der wirbelnden, infernalischen Glut eines Sterns zum Beispiel. Fast alles, was der Mensch gemacht hat, hat vorher schon die Natur geleistet.

Aber soweit wir wissen, gibt es nirgendwo im Universum ein Rad, das sich frei um eine Achse dreht. Dies ist ein Entwurf, den der Mensch erfand. Es ist sein Beitrag zur Mechanik des Weltalls. Es kann sehr wohl sein, daß das Rad des Menschen einzige originale Erfindung bleiben wird, die nicht in der Natur schon vorentworfen ist.

**Wer erfand
das Rad,
und wo wurde
es erfunden?**

Niemand weiß, wer das Rad erfunden hat. Es ist eine Erfindung, die allmählich entstand, Schritt für Schritt über eine lange Zeitperiode hinweg – ein Ergebnis der Arbeit vieler Menschen, vieler Kulturen und vielen Experimentierens.

Das Rad erschien an vielen Orten und in vielen Ländern rund um das Mittelmeer. Gemessen an der ganzen Menschheitsgeschichte, ist die Erfindung des Rades noch ziemlich jung. Die ersten wirklichen Räder erschienen vor nicht mehr als fünf- bis sechstausend Jahren und verbreiteten sich rasch weiter durch die damalige Welt.

Es ist faszinierend, den technischen Entwicklungsprozeß des Rades zu betrachten. Man nimmt an, daß der Mensch vor rund einer Million Jahren begonnen hat, Werkzeuge zu gebrauchen; wenn wir von dieser Zahl ausgehen, dann sind über 990 000 Jahre vergangen, bis der Mensch das Rad anfertigen konnte. Man bedenke den Fortschritt, den er in den 6000 Jahren machte, seit das Rad erfunden wurde! Welche gewaltige Zunahme der Schnelligkeit in der technischen Entwicklung – 6000 gegen 1 000 000 Jahre! Sie beruht vor allem auf der Erfindung des Rades. Die ersten primitiven Räder wurden in den Ruinen der assyrischen, babylonischen und ägyptischen Kulturen gefunden; das Rad wurde wahrscheinlich in diesen Gebieten etwa gleichzeitig erfunden. Wir wissen, daß die Ureinwohner Amerikas es niemals entwickelt haben. Die spanischen Eroberer des 16. Jahrhunderts fanden die indianischen Kulturen zum Teil hochentwickelt, aber in keiner einzigen gab es ein wirkliches Rad.

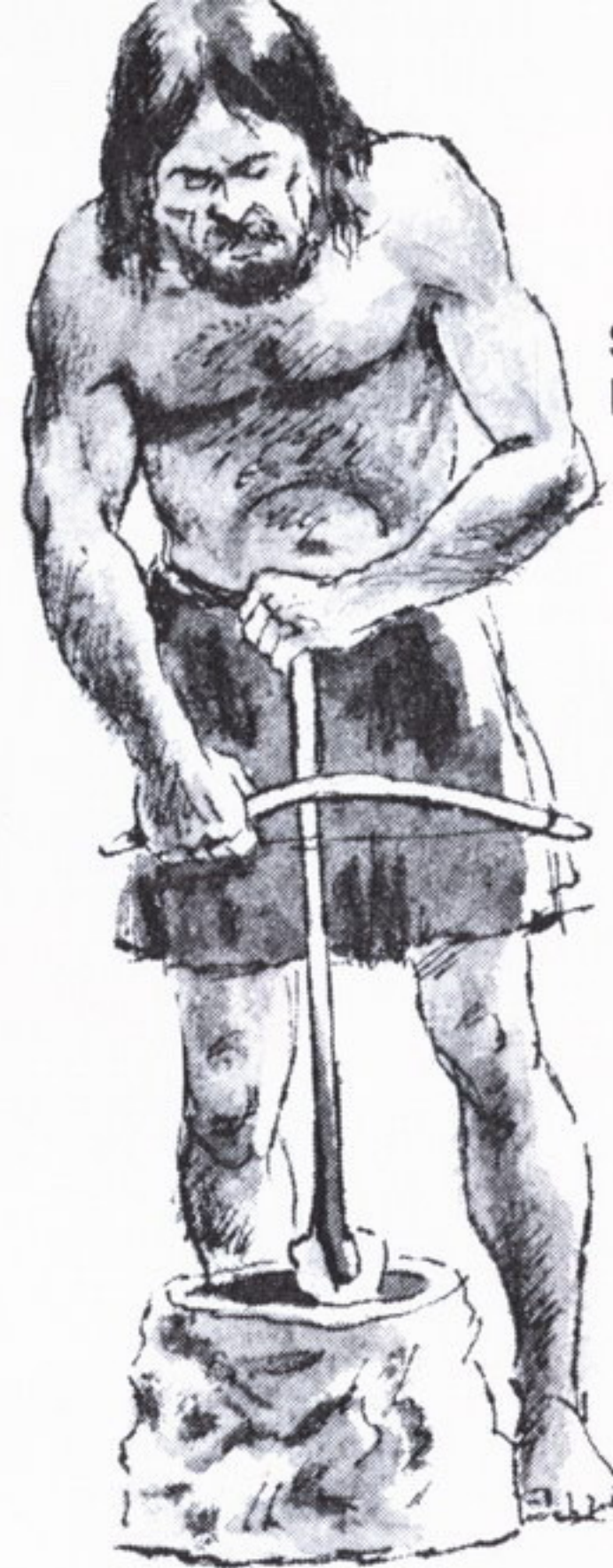
Wissenschaftler, die die Ursprünge der Technik erforscht haben, glauben, daß der Gedanke des Rades zuerst aus der Beobachtung von teilweise

Wie wurde das Rad entwickelt?

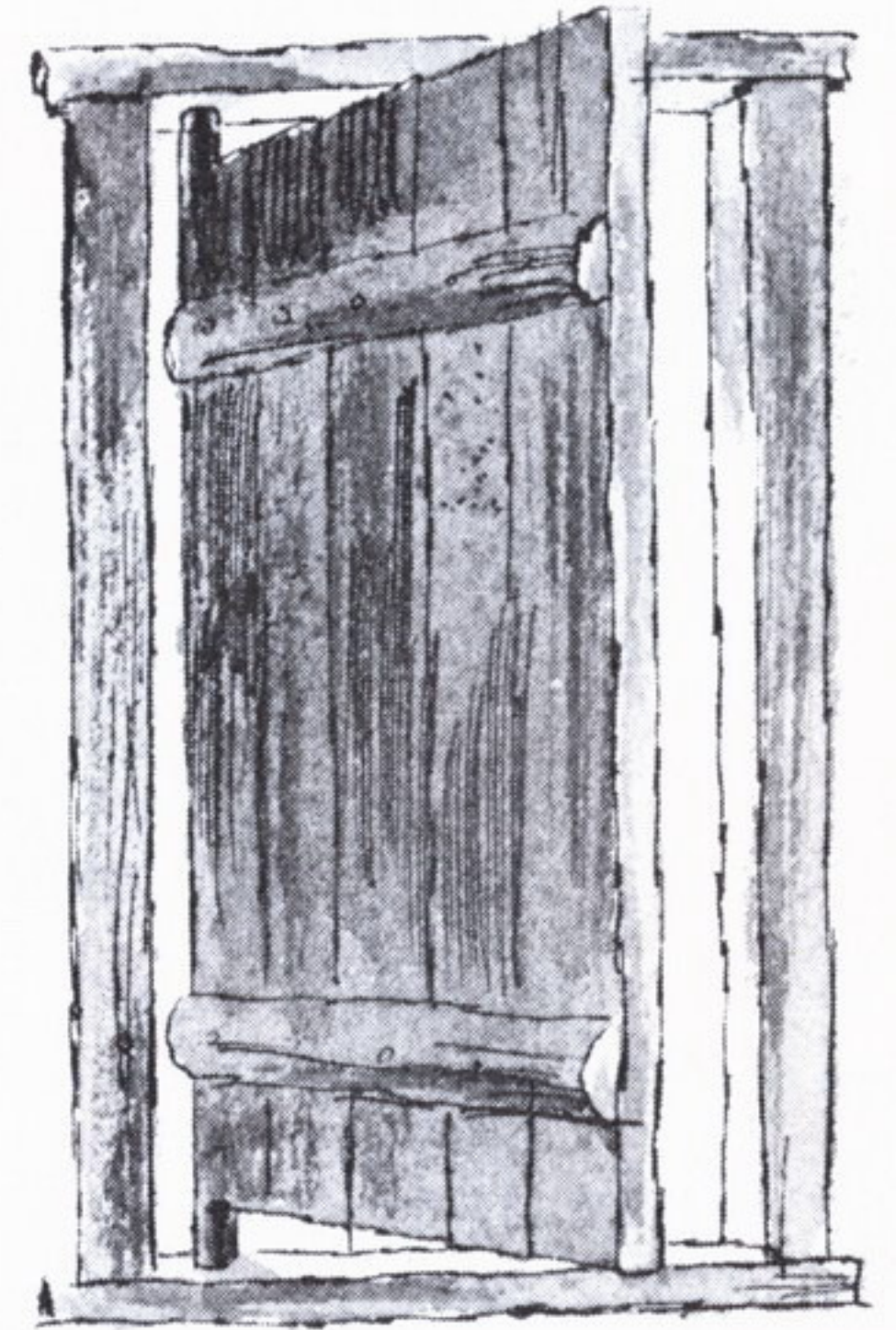
rotierenden Bewegungen des menschlichen und tierischen Körpers entstand. Unsere Arme, Beine, Hüften, Schultern, Hand- und Fußgelenke können bis zu einem gewissen Grade kreisen. Der frühe Mensch wird diese Teilkreis-Bewegungen wahrgenommen haben. Er wendete dies Prinzip zum Beispiel auch auf das Feuermachen an. Der hölzerne Stock, von der Sehne eines Bogens herumgewirbelt, stellt eine der ersten rotierenden Bewegungen dar, die vom Menschen in Gang gebracht wurden. Es ist keine voll rotierende Bewegung, weil der Stock sich immer wieder gegenläufig bewegen muß, wenn er das Ende der Sehne erreicht hat. Was fehlte, war ein Einfall, der die ständige Bewegung in einer Richtung ermöglichte. Der nächste Schritt war die Entwicklung einer Tür, die sich mit Zapfen in Zapfenlagern drehte. Es gab in jenen alten Tagen keine Scharniere. Die Türen drehten sich mit Zapfen, die oben und unten angebracht waren, in zwei im Türrahmen angebrachten Lagern. Einige solcher Türen wurden schon 4500 Jahre vor unserer Zeitrechnung angefertigt. Sie wurden auch in Gebieten um das ägäische Meer und in anderen Teilen Mitteleuropas gefunden.

Vom Zapfenlager und Zapfen kam man zur Töpferscheibe. Diese war anfangs eine kreisrunde steinerne Scheibe, die auf der Unterseite einen Buckel hatte, der sich in eine tassenförmige

Der Vorläufer des Rades

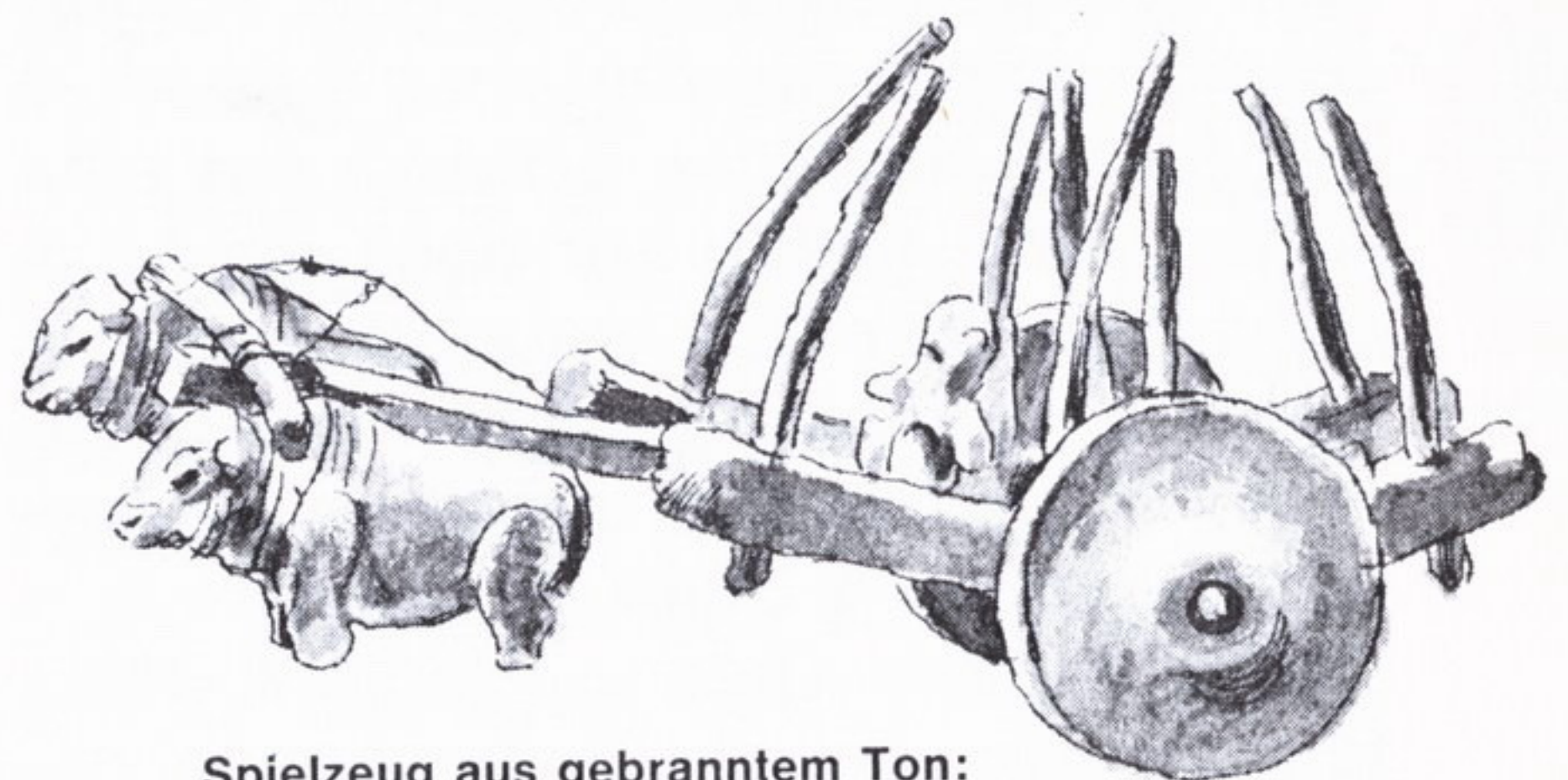


Sumerischer Handwerker bohrt einen Steintopf aus.

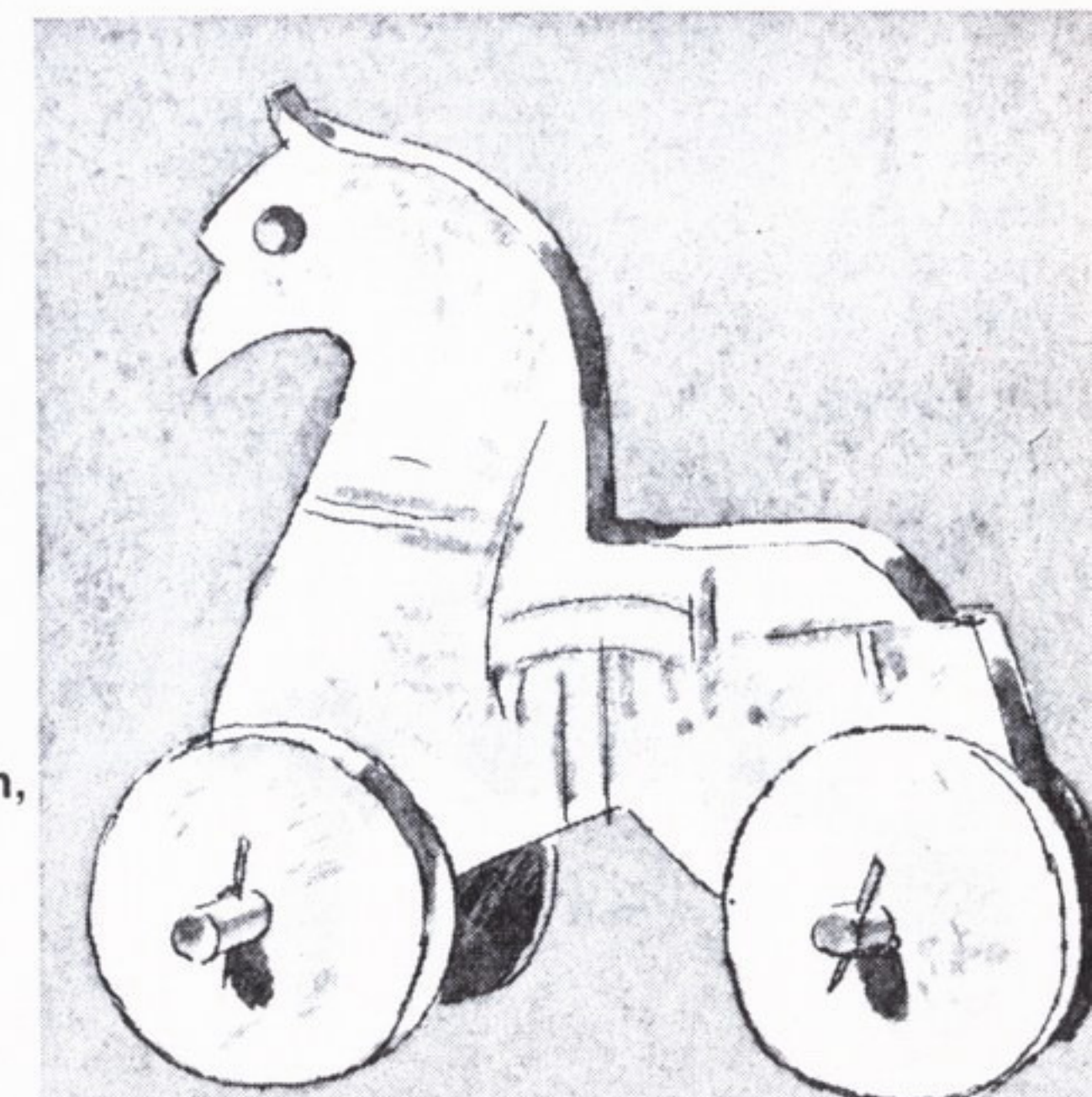


Eine Tür, die sich in Zapfenlagern dreht

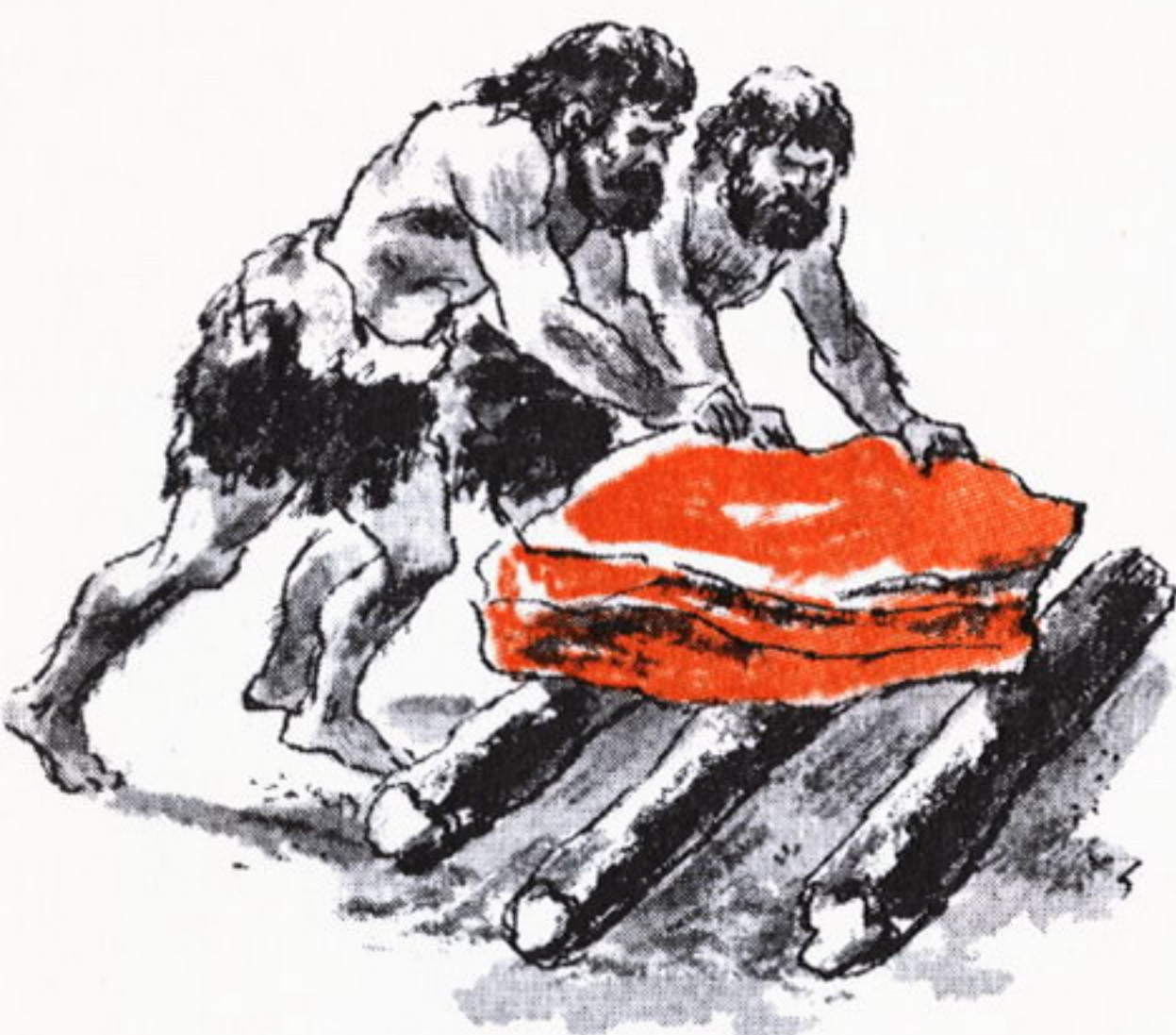
Töpferscheibe



Spielzeug aus gebranntem Ton: Wagen mit Kutscher und Ochsen, gefunden im Tal des Indus.



Spielzeugpferd auf Rädern, gefunden in einem ägyptischen Kindergrab.



Indianisches Transportgerät

Schlitten

Karren

Der primitive Mensch wird wahrscheinlich schwere Gegenstände auf Baumstämmen fortbewegt haben; daneben die ersten Gespanne.

Sumerisches Rad

Rad aus
allien

nisches

Rad von
Leonardo
da Vinci

Der italienische Maler und Erfinder Leonardo da Vinci verbesserte das Rad im 15. Jahrhundert; er machte es leichter und kräftiger.

Höhlung eines darunterliegenden Steines einfügte. Wenn der obere Stein gut ausbalanciert und mit Tierfett geschmiert war, konnte er ganz leicht gedreht werden. Dies war vielleicht der erste Entwurf, der eine ständig rotierende Bewegung ermöglichte. Solche rotierenden Geräte sind in den Ruinen fast aller frühen Kulturen der Welt gefunden worden. Die alten Griechen, Ägypter, Sumerer, sie alle gebrauchten Töpferscheiben, die sich in einem Zapfenlager drehten. Doch war die Töpferscheibe noch kein wirkliches Rad, nicht der freie Lauf einer Scheibe um eine Achse. Jetzt mußte nur noch ein Loch durch das Zentrum gebohrt und das Ganze um 90 Grad gedreht werden, damit sich die Scheibe um einen waagrecht liegenden Stock – die Achse – drehen konnte. Dies wurde im 4. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung geschaffen und zwar an vielen Orten der alten Welt zugleich. Es mußte jedoch noch etwas gefunden werden, damit das Rad an seinem Platz gehalten

wurde. So entstanden die ersten Radkappen aus Zapfen, die durch die Enden der Achsen getrieben wurden, um das Ablaufen des Rades zu verhindern.

Die ersten Räder waren aus Holz gemacht, aber nicht aus einem Stück. Weil es schwierig war, Holzplatten zu gewinnen, die groß genug waren, um die Kreisscheibe des Rades daraus zu schneiden, fügten die frühen Handwerksleute drei Teile einer Kreisscheibe zusammen. Weil das Holz sich beim Fahren leicht abschliff, wurden Reifen benötigt; in Babylonien und Assyrien wurden sie zuerst aus Leder, später aus Kupferbändern gearbeitet.

Nachdem das sich drehende Rad erst einmal an Wagen angebracht war, bewirkte es eine schnelle und revolutionäre Veränderung in den Lebensverhältnissen des Menschen.

Die Historiker berichten uns, daß die ersten mit Rädern versehenen Gefährte Kriegswagen waren. Die Sumerer rumpelten um 3500 v. Chr. in ihren schreckenerregenden Kriegs-

Wozu wurde das Rad zuerst gebraucht?



Vierrädriger Wagen

Ein sumerischer Kriegswagen — einer der ersten Verwendungszwecke des Rades.



wagen durch die weiten Ebenen, alles niederkämpfend, was sich ihnen in den Weg stellte. Obgleich sie einen neuen, entscheidenden Kriegsstil schufen, war ihre Macht nicht von Dauer. Andere Völker bauten auch von Pferden gezogene Kriegswagen und übernahmen diese neue Angriffsmethode. Das einfache Leben der alten Welt veränderte sich rapide. Eine Armee auf Rädern konnte ein größeres Gebiet beherrschen, und manche besiegten Länder wurden zu Reichen vereinigt.

Viele Erfindungen sind vom Menschen im Laufe der Geschichte zu schrecklichen Zerstörungen und zur Vernichtung seiner Mitmenschen gebraucht worden, und das geschieht heute noch. Auf der anderen Seite haben sie aber auch immer wieder in größtem Maße zum Segen der Menschheit in friedvoller Weise gedient.

Das mit Rädern versehene Fuhrwerk

wurde zum Segen für den Bauern. Sein grober Schleifschlitten wurde in einen Wagen verwandelt, der von Ochsen viel leichter gezogen werden konnte. Der Bauernwagen war eine einfache Vorrichtung; aber er förderte das Entstehen der Städte! Mit dem jetzt viel leichter zu bewältigenden Überlandtransport der Erzeugnisse entstanden große, zentrale Märkte in den Ortschaften. Diese Märkte wurden zu Handelsplätzen für alle Arten von Gütern und zu Mittelpunkten der wachsenden Städte.

In diesen Zentren wurden bald nicht nur Nahrungsprodukte und Handwerkszeugnisse ausgetauscht, sondern auch Kenntnisse und Ideen, und die begrenzte Welt jener Zeit vor fünf- bis sechstausend Jahren begann sich dadurch auf vielerlei Weise auszuweiten. Es wurde leichter, sich von Ort zu Ort zu bewegen. Menschen, die in ein anderes Gebiet umziehen wollten, konn-

ten ihre bewegliche Habe hoch aufgestapelt in den einfachen Wagen mit sich führen.

Man kann mit Sicherheit sagen, daß die

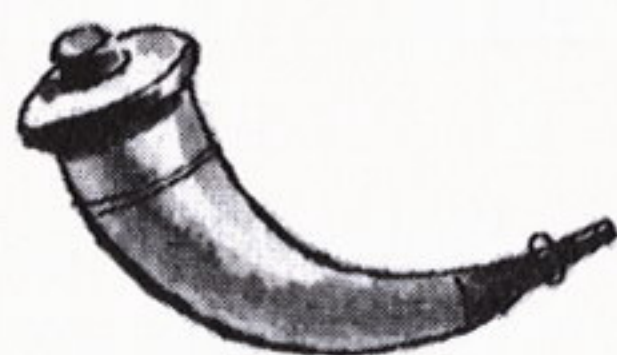
**Warum ist
das Rad die
wichtigste
mechanische
Erfindung?**

gesamte Technik des Menschen in der folgenden Zeit entweder aus dem Rad weiterentwickelt worden ist

oder doch in irgendeiner Form auf seinem Gebrauch beruht.

Man denke an die vielen Maschinen, die Räder gebrauchen. Die Druckerpresse, die diese Worte auf dieses Papier druckte, hat viele Räder; das feine Getriebe der Armbanduhr besteht zur

Hauptsache aus Rädchen; der Magnet in einem Generator dreht sich nach dem Prinzip des Rades und erzeugt damit Elektrizität, und unsere Autos rollen auf unseren Autobahnen auf sanft laufenden, gummibereiften Rädern, die von Maschinen angetrieben werden, in denen sich viele Räder drehen. Auch Bootsmotoren haben ihre Räder, und der Propeller, der das Wasser herumwirbelt, ist ein anderes Rad. Es scheint, als ob es für die Anwendung des Rades keine Grenze gibt. Aber wie kompliziert und verwickelt auch die Maschinen sein mögen, die Räder gebrauchen: das Rad selbst blieb im wesentlichen unverändert. Es ist eine kreisrunde Scheibe, die frei um eine Achse rotiert.



Das Schießpulver

Mit den Kenntnissen des Feuermachens, des Metallschmelzens, des planvollen Ackerbaus und der wunderbaren Erfindung des Rades war die Menschheit imstande, den Weg zu einer gewaltigen Entwicklung zu beschreiten. Schon Jahrtausende vor der Geburt Christi entstanden mächtige Reiche und verschwanden wieder, Städte entfalteten sich zu reichem Leben, und Entdecker begannen in die unbekann-



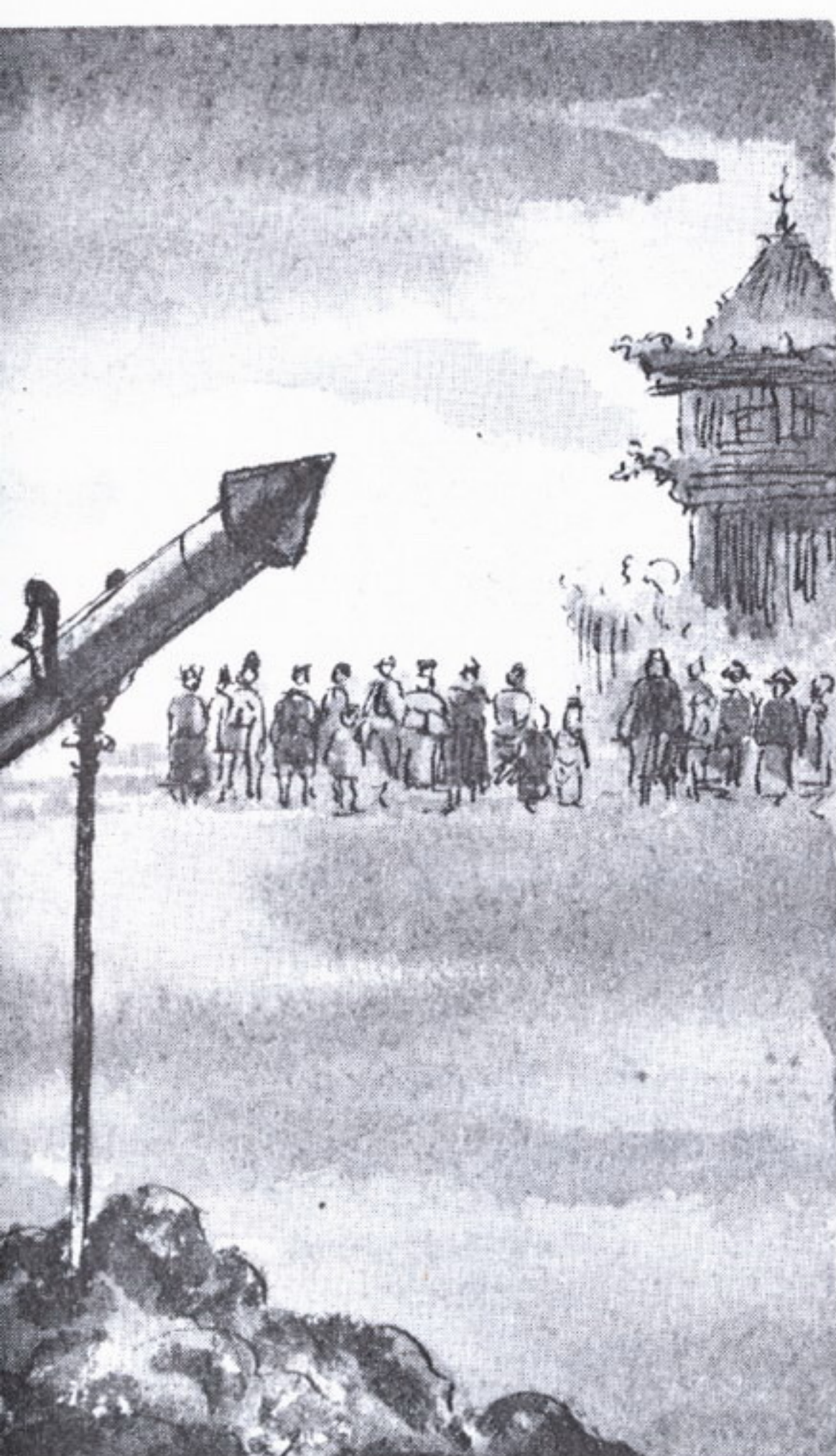
ten Gebiete der Welt vorzudringen. Erfinderische Menschen schufen Maschinen, um die Arbeit leichter, schneller und wirkungsvoller zu machen. Der Grieche Archimedes soll im 3. Jahrhundert v. Chr. eine Wasserpumpe erfunden haben, die als eine sich drehende Schraube das Wasser in einem Hohlkörper nach oben beförderte; man schreibt ihm die Erfindung des Flaschenzuges zu; er fand die Gesetze des Hebels und machte bedeutende und geniale mathematische Entdeckungen. Gleich ihm bereicherten in den folgenden Jahrhunderten klügste Köpfe das Wissen und Können der Menschheit.

Solche und viele andere Erfindungen und Entdeckungen waren überaus bedeutend; aber sie waren nicht grundlegend. Sie lenkten die Entwicklung der Menschheit nicht in grundlegend neue Bahnen. Es waren neue, oft klügste Methoden, mit denen uralte Aufgaben leichter und besser zu bewältigen waren. Keine war umwälzender als das Rad. Die Welt mußte sehr lange warten, bis eine andere, wirklich grundle-

gende Erfindung gemacht wurde. Mächtige Reiche entstanden und vergingen. Auch das Weltreich der Römer zerfiel. Im Jahre 476 hat es aufgehört, als politische Macht zu bestehen. Unsere Welt sank zurück in ein finsternes Zeitalter, in eine Periode überwiegender Gewaltherrschaft und Unwissenheit, in der für die Menschheit im ganzen wenig Förderliches entwickelt wurde. In großen Zeitabständen wurden nur wenige bedeutendere Erfindungen und Entdeckungen gemacht; Wissen und Wissenschaft war wenig verbreitet, sie blieben in alten Büchern verschlos-



Berthold Schwarz experimentierte mit Explosionsstoffen



Höchstwahrscheinlich haben die Chinesen das Schießpulver erfunden. Sie haben schon vor Christi Geburt festliche Feuerwerke abgebrannt.

sen; die Menschen drängten sich hinter den Wehrmauern der Städte zusammen.

Aber um das Jahr 1000 nach Chr. wurde eine buchstäblich erderschütternde Erfindung gemacht – das Schießpulver.

Niemand weiß, wer zuerst die Chemikalien mischte, aus denen das Schießpulver bestand. Man weiß nur, daß das Schießpulver zu-

Wer erfand das Schießpulver?



Die Schlacht von Agincourt im Jahre 1415 bewies, daß die schwer gepanzerten Ritter den Fußsoldaten nicht länger ebenbürtig waren und daß die Langbogen die Armbrüste übertrafen; bald darauf waren dann die Feuerwaffen jeder Art von Bogen und Pfeil weit überlegen.

erst in China gemacht worden ist. Die erste Erwähnung seiner chemischen Formel hat man in einem chinesischen Buch gefunden, das im Jahre 1044 n. Chr. geschrieben worden ist. Es bestand aus Salpeter, Schwefel und Holzkohle. Es ist durchaus möglich, daß die Chinesen es schon lange vor dieser Zeit gebraucht haben. Sie waren Fachleute für chemische Verbindungen, die bei Volksbelustigungen als Feuerwerke in wunderbaren Farben abbrannten; ja, sie haben sogar Raketen hervorgebracht.

Als das Mittelalter zu Ende ging, wurden

**Wie lernten
die Europäer das
Schießpulver
kennen?**

in steigendem Maße weite Überlandreisen nach dem Fernen Osten unternommen. Europäische Kaufleute begannen Karawanen zu entsenden, die sich ihren Weg durch den Mittleren Osten über die Gebirge und durch die Wüsten nach Indien und China bahnten. Diese Händler müssen Proben der explosiven Mischung mit zurückgebracht haben.

Aber auch die europäischen Forscher arbeiteten an der Herstellung von Schießpulver. Im 13. Jahrhundert

mischte ein hochgelehrter englischer Mönch, Roger Bacon, einen explosiven Stoff, von dem man glaubt, daß es Schießpulver war. Bacon versuchte nicht, für diesen Stoff eine Verwendung zu finden; er experimentierte nur damit als einer Merkwürdigkeit. In demselben Jahrhundert wird in den Schreibern zweier anderer Forscher Salpeter erwähnt; es heißt da, Salpeter sei leicht entzündbar. Möglicherweise waren die Europäer selbst auf dem Wege, das Schießpulver zu erfinden. Niemand wird jemals wissen, wie es wirklich war.

Im 15. Jahrhundert soll ein deutscher Mönch, Berthold Schwarz, mehrere Chemikalien zusammengemischt haben, die dann explodierten und sowohl einen Teil des Klosters als auch ihn selbst in die Luft bliesen. Man glaubt, daß er das richtige Mischverhältnis von Salpeter, Schwefel und Kohle entdeckt

hatte. Aber das wird nie festzustellen sein.

Woher auch immer die europäischen Forscher ihr Wissen hatten, ihnen war klar, daß sie eine neue, mächtige Erfindung zur Hand hatten. Sie wußten allerdings nicht, wie sehr das Schießpulver die künftige Geschichte der Menschheit verändern sollte.

Das Schießpulver wurde nun gleich als unüberwindliche Waffe benutzt. Leider muß man sagen, daß viele Völker ihre Erfindungen als erstes zu Zwecken der



Der Feuertopf war eine Verbesserung der Madiaa, der ersten bekannten „Kanone“.

Schießpulver und Gewehre spielten eine wichtige Rolle bei der spanischen Eroberung Amerikas.

Zerstörung verwendet haben.

Zu der Zeit, als das Schießpulver in Gebrauch kam, war die Armbrust noch eine mächtige Waffe; aber es bedurfte eines starken Armes, um sie zu spannen. Schießpulver erfordert keine starke Manneskraft; es ist immer bereit zum Explodieren, und man braucht nur einen Funken dazu.

Der erste Gebrauch des Schießpulvers in einer Waffe geschah mit der arabischen Kanone, „Madfaa“ genannt. Sie bestand aus einem dickwandigen Holztopf, der mit Schießpulver gefüllt und oben mit einem runden Stein verschlossen wurde. Durch ein Zündloch an der Seite konnte man eine brennende Lunte einführen, um die Ladung zu entzünden. Europäer entwickelten daraus den pot de fer, einen wie eine große Weinflasche geformten eisernen Topf, der oben mit einem genau eingepaßten Eisenpfail versehen wurde.

Aus diesen einfachen Anfängen entwickelten sich sehr rasch Feuerwaffen und Kanonen, die alle Schießpulver als Treibkraft gebrauchten.

Die schnellste und weitverbreitete Ver-

**Welche
Veränderungen
bewirkte das
Schießpulver?**

änderung geschah in den Methoden des Krieges. Weil Feuerwaffen ihre Ziele auf größere Entfernung treffen

als Bogen und Pfeil, wurde nicht mehr Mann gegen Mann gekämpft. Kanonen konnten massive oder mit Schießpulver gefüllte Granaten schleudern, die die Wehrmauern der Ritterburgen und Städte zertrümmerten. Mit dem Entstehen der Feuerwaffen waren die Tage der gepanzerten Ritter gezählt. Eine wohlgezielte Kugel konnte den trefflichsten mittelalterlichen Panzer durchdringen. Der Krieg verwandelte sein

Gesicht. Nicht nur die Strategie, sondern auch die Vorbereitung der Kriege veränderte sich durch das Schießpulver. Eine Nation brauchte jetzt eine entwickelte Industrie, um Schießpulver und Waffen zu produzieren. Gewehre halfen auch, das Feudalsystem zu brechen, als sie in die Hände des gemeinen Volkes gelangten. Feuerwaffen ermöglichten den Europäern die Erforschung und die Kolonisierung ganzer Kontinente. Wenn die Wikinger, die im Jahre 1003 zuerst den Boden Amerikas betraten, schon Feuerwaffen gehabt hätten, wäre es ihnen wahrscheinlich schon fast 500 Jahre vor Kolumbus gelungen, in der Neuen Welt Fuß zu fassen.

Erst die Spanier errichteten nach der erneuten Entdeckung Amerikas durch Kolumbus (im Jahre 1492) ein neues Reich. Durch das ganze folgende Jahrhundert haben spanische Konquistadoren wie Cortez und Pizarro die Gründung spanischer Besitzungen in den amerikanischen Ländern fortgesetzt. Ihnen folgten die Holländer und die Engländer. Obgleich sie in kleinen Gruppen kamen, hatten sie einen entscheidenden Vorteil auf ihrer Seite: sie besaßen Feuerwaffen. Damit überwältigten sie die mit primitiven Waffen ausgerüsteten und aufgeschreckten Einwohner der Neuen Welt.

Seitdem haben Waffen, die mit Schießpulver geladen waren, einen entscheidenden Anteil an allen Expeditionen zur Erforschung und Kolonisierung von Ländern gehabt. Ohne sie wäre die Ausbreitung der Europäer in Amerika und in anderen Kontinenten nicht möglich gewesen.

Aber das Schießpulver fand auch andere und friedvollere Verwendung. Es wurde in der Industrie als Sprengmittel gebraucht und tat wertvolle Dienste beim Ausschachten, im Bergbau, bei

Felssprengungen für Straßenbau und bei der Beschaffung von Baumaterial aus Felsgestein. Später wurde es allerdings durch das Nitroglyzerin verdrängt.

Die Zeit ist nicht fern, wo andere Erfindungen, die große

**Ist das
Schießpulver
noch von
Nutzen?**

Mengen von Energie freisetzen, das Schießpulver völlig überflüssig machen werden. Wis-

senschaftler arbeiten jetzt an verschiedenen Methoden, um Geschosse und Raketen abzufeuern. Komprimierte Gase, Elektrizität und Atomkraft, wirkungs-

voller als Schießpulver, werden wohl eines Tages das Schießpulver vollständig ersetzt haben. Raketenbrennstoffe besonderer Art ersetzen es jetzt schon. Die moderne Industrie produziert bereits viele verschiedene Explosivstoffe, die dem Schießpulver nicht im geringsten ähneln.

Aber das Schießpulver war die grundlegende Erfindung, die Möglichkeit, explosive Energie in geballten kleinen Ladungen zu sammeln – eine neue Erfindung zu ihrer Zeit, die dem menschlichen Geist entsprang und ihm Kräfte gab, die seine Muskeln niemals hätten entwickeln können.

Die Kunst des Buchdrucks

B^t_g^w_E

Als Johannes Gutenberg bewegliche Lettern verwendete, um damit das erste auf solche Weise gedruckte Buch herzustellen, bedeutete dies das Ende einer Zeitepoche, die tausend Jahre vorher begonnen hatte, und den Anfang einer anderen, die heute noch fort-dauert.

Das Bestreben, Ideen, Ereignisse und geschichtliche Vorgänge festzuhalten, ist der ganzen Menschheit seit je eigen. Die Anfänge dieses Bestrebens erscheinen sehr früh in der menschlichen Geschichte. Vor 20 000 Jahren, in einer Periode, die von den Wissenschaftlern die jüngere Altsteinzeit (Jungpaläolithikum) genannt wird, malten Menschen Bilder an die Wände ihrer Höhlen. Diese Malereien beschreiben Vorgänge

der Jagd, Kämpfe zwischen Völkern, und sie zeigen auch die Werkzeuge und Waffen, die von frühen Menschen gebraucht wurden. In diesen Höhlen, die in Frankreich, Spanien und Afrika entdeckt worden sind, finden wir die ersten Schilderungen über das Leben des Menschen während dieser primitiven Epoche. Die Bilder helfen uns, die menschliche Entwicklungsgeschichte zu verstehen und demonstrieren den Wunsch des Menschen, über sein Tun zu berichten. Aber da er noch keine Schrift entwickelt hatte, malte er seine Berichte in farbigen Bildern auf die Höhlenwände.

Das wirkliche Schreiben brauchte lange Zeit zu seiner Entwicklung. Während Tausenden von Jahren zeichneten die Menschen ihre Mitteilungen und sandten sie einander in Form von Bildern zu, die Ereignisse darstellten. Dies wurde Bilderschrift genannt. Erst etwa 3500 Jahre v. Chr. entwickelte sich eine Schrift in heutigem Sinne. Archäologen haben festgestellt, daß die früheste Form des Schreibens in Erech, einer sumerischen Stadt, 3500 v. Chr. entstand. In ihren alten Ruinen entdeckten sie Hunderte von Tontafeln, alle beschrieben mit Symbolen, Bildern und Zahlzeichen. Dies war, so glauben sie, das erstemal, daß in der langen Geschichte der Menschheit eine Methode des Schreibens erschien. Die sumerische Schrift benutzte einige Bilder; aber sie waren von anderen Zeichen umgeben, die Laute und Geldsummen bedeuteten.

Wann begann das Schreiben?

Die Ägypter und andere orientalische Völker behielten die reine Bilderschrift viel längere Zeit bei.

Man glaubt jetzt allgemein, daß die Schrift zuerst benutzt wurde, um Listen für die Tempel der Götter zu erstellen. In vielen der alten Königreiche war die Priesterherrschaft sehr mächtig. Die Priester sammelten Tribut von allen Untertanen des Reiches. Um eine Übersicht über die tausenderlei Dinge zu behalten, die die Untertanen

Wozu wurde die Schrift zuerst benutzt?

Die einfache Zeichnung (rechts) ist eine Bilderschrift; die bewegende Mitteilung, die von einem verhungerten Eskimo hinterlassen wurde, zeigt einen Mann im Boot, einen Menschen mit ausgestreckten Armen und einen Mann mit der Hand vor dem Mund. Sie heißt: „Ich fuhr in meinem Kajak aus, errichtete mein Zelt und hatte nichts (die ausgestreckten Arme) zu essen.“



Das ursprüngliche Mittel der Verständigung zwischen Menschen verschiedener Sprache war zweifellos die Zeichensprache.



Während viele Primitive Steine zum Zählen benutzten, verwendeten die Inkas Schnüre mit Knoten.



Die ägyptische Hieroglyphenschrift blieb für die Historiker lange Zeit ein unlösbares Rätsel; die Bedeutung der Zeichen wurde erst im Jahre 1822 entdeckt. Napoleon brachte von seinem Krieg in Ägypten 1798 eine Steintafel mit, die nach ihrem Fundort „Rosetta-Stein“ genannt wurde. Drei Schriftarten waren in den Stein eingeritzt: Griechisch, Hieroglyphen und eine bis dahin unbekannte, die später „Demotische Schrift“ genannt wurde (eine volkstümliche ägyptische Schrift). Die Gelehrten erkannten bald, daß es sich bei den drei Sprachen um denselben Inhalt handelte. Sie hielten jedoch lange Zeit die Hieroglyphen für eine Bilderschrift und konnten sie darum nicht entziffern. Der Franzose Champollion hatte 1822 schließlich Erfolg: Er benutzte das bekannte Griechisch als Schlüssel für die Entzifferung. Er begann damit, die Zeichen des Namens Ptolemäus mit den entsprechenden Zeichen der Hieroglyphen und der demotischen Schrift zu vergleichen. Nachdem er den Rosetta-Stein entziffert hatte, schrieb er den Namen „Kleopatra“ so nieder, wie er ihn in Hieroglyphenschrift vermutete. Als später der Name Kleopatra wirklich in Hieroglyphen entdeckt wurde, war er genau so geschrieben, wie Champollion es vorausgesehen hatte. Oben geben wir die Namen „Ptolemäus“ und „Kleopatra“ und einige von Champollion entdeckte Schlüsselzeichen wieder.

□ 𐀀 𐀁 𐀂 𐀃 𐀄 𐀅 𐀆 𐀇 𐀈 𐀉 𐀊 𐀋 𐀌 𐀍 𐀎 𐀏 𐀐 𐀑 𐀒 𐀓 𐀔 𐀕 𐀖 𐀗 𐀘 𐀙 𐀚 𐀛 𐀜 𐀝 𐀞 𐀟 𐀠 𐀡 𐀢 𐀣 𐀤 𐀥 𐀦 𐀧 𐀨 𐀩 𐀪 𐀫 𐀬 𐀭 𐀮 𐀯 𐀰 𐀱 𐀲 𐀳 𐀴 𐀵 𐀶 𐀷 𐀸 𐀹 𐀺 𐀻 𐀼 𐀽 𐀾 𐀿 𐁀 𐁁 𐁂 𐁃 𐁄 𐁅 𐁆 𐁇 𐁈 𐁉 𐁊 𐁋 𐁌 𐁍 𐁎 𐁏 𐁐 𐁑 𐁒 𐁓 𐁔 𐁕 𐁖 𐁗 𐁘 𐁙 𐁚 𐁛 𐁜 𐁝 𐁞 𐁟 𐁠 𐁡 𐁢 𐁣 𐁤 𐁥 𐁦 𐁧 𐁨 𐁩 𐁪 𐁫 𐁬 𐁭 𐁮 𐁯 𐁰 𐁱 𐁲 𐁳 𐁴 𐁵 𐁶 𐁷 𐁸 𐁹 𐁺 𐁻 𐁼 𐁽 𐁾 𐁿 𐂀 𐂁 𐂂 𐂃 𐂄 𐂅 𐂆 𐂇 𐂈 𐂉 𐂊 𐂋 𐂌 𐂍 𐂎 𐂏 𐂐 𐂑 𐂒 𐂓 𐂔 𐂕 𐂖 𐂗 𐂘 𐂙 𐂚 𐂛 𐂜 𐂝 𐂞 𐂟 𐂠 𐂡 𐂢 𐂣 𐂤 𐂥 𐂦 𐂧 𐂨 𐂩 𐂪 𐂫 𐂬 𐂭 𐂮 𐂯 𐂰 𐂱 𐂲 𐂳 𐂴 𐂵 𐂶 𐂷 𐂸 𐂹 𐂺 𐂻 𐂼 𐂽 𐂾 𐂿 𐃀 𐃁 𐃂 𐃃 𐃄 𐃅 𐃆 𐃇 𐃈 𐃉 𐃊 𐃋 𐃌 𐃍 𐃎 𐃏 𐃐 𐃑 𐃒 𐃓 𐃔 𐃕 𐃖 𐃗 𐃘 𐃙 𐃚 𐃛 𐃜 𐃝 𐃞 𐃟 𐃠 𐃡 𐃢 𐃣 𐃤 𐃥 𐃦 𐃧 𐃨 𐃩 𐃪 𐃫 𐃬 𐃭 𐃮 𐃯 𐃰 𐃱 𐃲 𐃳 𐃴 𐃵 𐃶 𐃷 𐃸 𐃹 𐃺 𐃻 𐃼 𐃽 𐃾 𐃿 𐄀 𐄁 𐄂 𐄃 𐄄 𐄅 𐄆 𐄇 𐄈 𐄉 𐄊 𐄋 𐄌 𐄍 𐄎 𐄏 𐄐 𐄑 𐄒 𐄓 𐄔 𐄕 𐄖 𐄗 𐄘 𐄙 𐄚 𐄛 𐄜 𐄝 𐄞 𐄟 𐄠 𐄡 𐄢 𐄣 𐄤 𐄥 𐄦 𐄧 𐄨 𐄩 𐄪 𐄫 𐄬 𐄭 𐄮 𐄯 𐄰 𐄱 𐄲 𐄳 𐄴 𐄵 𐄶 𐄷 𐄸 𐄹 𐄺 𐄻 𐄼 𐄽 𐄾 𐄿 𐅀 𐅁 𐅂 𐅃 𐅄 𐅅 𐅆 𐅇 𐅈 𐅉 𐅊 𐅋 𐅌 𐅍 𐅎 𐅏 𐅐 𐅑 𐅒 𐅓 𐅔 𐅕 𐅖 𐅗 𐅘 𐅙 𐅚 𐅛 𐅜 𐅝 𐅞 𐅟 𐅠 𐅡 𐅢 𐅣 𐅤 𐅥 𐅦 𐅧 𐅨 𐅩 𐅪 𐅫 𐅬 𐅭 𐅮 𐅯 𐅰 𐅱 𐅲 𐅳 𐅴 𐅵 𐅶 𐅷 𐅸 𐅹 𐅺 𐅻 𐅼 𐅽 𐅾 𐅿 𐆀 𐆁 𐆂 𐆃 𐆄 𐆅 𐆆 𐆇 𐆈 𐆉 𐆊 𐆋 𐆌 𐆍 𐆎 𐆏 𐆐 𐆑 𐆒 𐆓 𐆔 𐆕 𐆖 𐆗 𐆘 𐆙 𐆚 𐆛 𐆜 𐆝 𐆞 𐆟 𐆠 𐆡 𐆢 𐆣 𐆤 𐆥 𐆦 𐆧 𐆨 𐆩 𐆪 𐆫 𐆬 𐆭 𐆮 𐆯 𐆰 𐆱 𐆲 𐆳 𐆴 𐆵 𐆶 𐆷 𐆸 𐆹 𐆺 𐆻 𐆼 𐆽 𐆾 𐆿 𐇀 𐇁 𐇂 𐇃 𐇄 𐇅 𐇆 𐇇 𐇈 𐇉 𐇊 𐇋 𐇌 𐇍 𐇎 𐇏 𐇐 𐇑 𐇒 𐇓 𐇔 𐇕 𐇖 𐇗 𐇘 𐇙 𐇚 𐇛 𐇜 𐇝 𐇞 𐇟 𐇠 𐇡 𐇢 𐇣 𐇤 𐇥 𐇦 𐇧 𐇨 𐇩 𐇪 𐇫 𐇬 𐇭 𐇮 𐇯 𐇰 𐇱 𐇲 𐇳 𐇴 𐇵 𐇶 𐇷 𐇸 𐇹 𐇺 𐇻 𐇼 𐇽 𐇾 𐇿 𐈀 𐈁 𐈂 𐈃 𐈄 𐈅 𐈆 𐈇 𐈈 𐈉 𐈊 𐈋 𐈌 𐈍 𐈎 𐈏 𐈐 𐈑 𐈒 𐈓 𐈔 𐈕 𐈖 𐈗 𐈘 𐈙 𐈚 𐈛 𐈜 𐈝 𐈞 𐈟 𐈠 𐈡 𐈢 𐈣 𐈤 𐈥 𐈦 𐈧 𐈨 𐈩 𐈪 𐈫 𐈬 𐈭 𐈮 𐈯 𐈰 𐈱 𐈲 𐈳 𐈴 𐈵 𐈶 𐈷 𐈸 𐈹 𐈺 𐈻 𐈼 𐈽 𐈾 𐈿 𐉀 𐉁 𐉂 𐉃 𐉄 𐉅 𐉆 𐉇 𐉈 𐉉 𐉊 𐉋 𐉌 𐉍 𐉎 𐉏 𐉐 𐉑 𐉒 𐉓 𐉔 𐉕 𐉖 𐉗 𐉘 𐉙 𐉚 𐉛 𐉜 𐉝 𐉞 𐉟 𐉠 𐉡 𐉢 𐉣 𐉤 𐉥 𐉦 𐉧 𐉨 𐉩 𐉪 𐉫 𐉬 𐉭 𐉮 𐉯 𐉰 𐉱 𐉲 𐉳 𐉴 𐉵 𐉶 𐉷 𐉸 𐉹 𐉺 𐉻 𐉼 𐉽 𐉾 𐉿 𐊀 𐊁 𐊂 𐊃 𐊄 𐊅 𐊆 𐊇 𐊈 𐊉 𐊊 𐊋 𐊌 𐊍 𐊎 𐊏 𐊐 𐊑 𐊒 𐊓 𐊔 𐊕 𐊖 𐊗 𐊘 𐊙 𐊚 𐊛 𐊜 𐊝 𐊞 𐊟 𐊠 𐊡 𐊢 𐊣 𐊤 𐊥 𐊦 𐊧 𐊨 𐊩 𐊪 𐊫 𐊬 𐊭 𐊮 𐊯 𐊰 𐊱 𐊲 𐊳 𐊴 𐊵 𐊶 𐊷 𐊸 𐊹 𐊺 𐊻 𐊼 𐊽 𐊾 𐊿 𐋀 𐋁 𐋂 𐋃 𐋄 𐋅 𐋆 𐋇 𐋈 𐋉 𐋊 𐋋 𐋌 𐋍 𐋎 𐋏 𐋐 𐋑 𐋒 𐋓 𐋔 𐋕 𐋖 𐋗 𐋘 𐋙 𐋚 𐋛 𐋜 𐋝 𐋞 𐋟 𐋠 𐋡 𐋢 𐋣 𐋤 𐋥 𐋦 𐋧 𐋨 𐋩 𐋪 𐋫 𐋬 𐋭 𐋮 𐋯 𐋰 𐋱 𐋲 𐋳 𐋴 𐋵 𐋶 𐋷 𐋸 𐋹 𐋺 𐋻 𐋼 𐋽 𐋾 𐋿 𐌀 𐌁 𐌂 𐌃 𐌄 𐌅 𐌆 𐌇 𐌈 𐌉 𐌊 𐌋 𐌌 𐌍 𐌎 𐌏 𐌐 𐌑 𐌒 𐌓 𐌔 𐌕 𐌖 𐌗 𐌘 𐌙 𐌚 𐌛 𐌜 𐌝 𐌞 𐌟 𐌠 𐌡 𐌢 𐌣 𐌤 𐌥 𐌦 𐌧 𐌨 𐌩 𐌪 𐌫 𐌬 𐌭 𐌮 𐌯 𐌰 𐌱 𐌲 𐌳 𐌴 𐌵 𐌶 𐌷 𐌸 𐌹 𐌺 𐌻 𐌼 𐌽 𐌾 𐌿 𐍀 𐍁 𐍂 𐍃 𐍄 𐍅 𐍆 𐍇 𐍈 𐍉 𐍊 𐍋 𐍌 𐍍 𐍎 𐍏 𐍐 𐍑 𐍒 𐍓 𐍔 𐍕 𐍖 𐍗 𐍘 𐍙 𐍚 𐍛 𐍜 𐍝 𐍞 𐍟 𐍠 𐍡 𐍢 𐍣 𐍤 𐍥 𐍦 𐍧 𐍨 𐍩 𐍪 𐍫 𐍬 𐍭 𐍮 𐍯 𐍰 𐍱 𐍲 𐍳 𐍴 𐍵 𐍶 𐍷 𐍸 𐍹 𐍺 𐍻 𐍼 𐍽 𐍾 𐍿 𐎀 𐎁 𐎂 𐎃 𐎄 𐎅 𐎆 𐎇 𐎈 𐎉 𐎊 𐎋 𐎌 𐎍 𐎎 𐎏 𐎐 𐎑 𐎒 𐎓 𐎔 𐎕 𐎖 𐎗 𐎘 𐎙 𐎚 𐎛 𐎜 𐎝 𐎞 𐎟 𐎠 𐎡 𐎢 𐎣 𐎤 𐎥 𐎦 𐎧 𐎨 𐎩 𐎪 𐎫 𐎬 𐎭 𐎮 𐎯 𐎰 𐎱 𐎲 𐎳 𐎴 𐎵 𐎶 𐎷 𐎸 𐎹 𐎺 𐎻 𐎼 𐎽 𐎾 𐎿 𐏀 𐏁 𐏂 𐏃 𐏄 𐏅 𐏆 𐏇 𐏈 𐏉 𐏊 𐏋 𐏌 𐏍 𐏎 𐏏 𐏐 𐏑 𐏒 𐏓 𐏔 𐏕 𐏖 𐏗 𐏘 𐏙 𐏚 𐏛 𐏜 𐏝 𐏞 𐏟 𐏠 𐏡 𐏢 𐏣 𐏤 𐏥 𐏦 𐏧 𐏨 𐏩 𐏪 𐏫 𐏬 𐏭 𐏮 𐏯 𐏰 𐏱 𐏲 𐏳 𐏴 𐏵 𐏶 𐏷 𐏸 𐏹 𐏺 𐏻 𐏼 𐏽 𐏾 𐏿 𐐀 𐐁 𐐂 𐐃 𐐄 𐐅 𐐆 𐐇 𐐈 𐐉 𐐊 𐐋 𐐌 𐐍 𐐎 𐐏 𐐐 𐐑 𐐒 𐐓 𐐔 𐐕 𐐖 𐐗 𐐘 𐐙 𐐚 𐐛 𐐜 𐐝 𐐞 𐐟 𐐠 𐐡 𐐢 𐐣 𐐤 𐐥 𐐦 𐐧 𐐨 𐐩 𐐪 𐐫 𐐬 𐐭 𐐮 𐐯 𐐰 𐐱 𐐲 𐐳 𐐴 𐐵 𐐶 𐐷 𐐸 𐐹 𐐺 𐐻 𐐼 𐐽 𐐾 𐐿 𐑀 𐑁 𐑂 𐑃 𐑄 𐑅 𐑆 𐑇 𐑈 𐑉 𐑊 𐑋 𐑌 𐑍 𐑎 𐑏 𐑐 𐑑 𐑒 𐑓 𐑔 𐑕 𐑖 𐑗 𐑘 𐑙 𐑚 𐑛 𐑜 𐑝 𐑞 𐑟 𐑠 𐑡 𐑢 𐑣 𐑤 𐑥 𐑦 𐑧 𐑨 𐑩 𐑪 𐑫 𐑬 𐑭 𐑮 𐑯 𐑰 𐑱 𐑲 𐑳 𐑴 𐑵 𐑶 𐑷 𐑸 𐑹 𐑺 𐑻 𐑼 𐑽 𐑾 𐑿 𐒀 𐒁 𐒂 𐒃 𐒄 𐒅 𐒆 𐒇 𐒈 𐒉 𐒊 𐒋 𐒌 𐒍 𐒎 𐒏 𐒐 𐒑 𐒒 𐒓 𐒔 𐒕 𐒖 𐒗 𐒘 𐒙 𐒚 𐒛 𐒜 𐒝 𐒞 𐒟 𐒠 𐒡 𐒢 𐒣 𐒤 𐒥 𐒦 𐒧 𐒨 𐒩 𐒪 𐒫 𐒬 𐒭 𐒮 𐒯 𐒰 𐒱 𐒲 𐒳 𐒴 𐒵 𐒶 𐒷 𐒸 𐒹 𐒺 𐒻 𐒼 𐒽 𐒾 𐒿 𐓀 𐓁 𐓂 𐓃 𐓄 𐓅 𐓆 𐓇 𐓈 𐓉 𐓊 𐓋 𐓌 𐓍 𐓎 𐓏 𐓐 𐓑 𐓒 𐓓 𐓔 𐓕 𐓖 𐓗 𐓘 𐓙 𐓚 𐓛 𐓜 𐓝 𐓞 𐓟 𐓠 𐓡 𐓢 𐓣 𐓤 𐓥 𐓦 𐓧 𐓨 𐓩 𐓪 𐓫 𐓬 𐓭 𐓮 𐓯 𐓰 𐓱 𐓲 𐓳 𐓴 𐓵 𐓶 𐓷 𐓸 𐓹 𐓺 𐓻 𐓼 𐓽 𐓾 𐓿 𐔀 𐔁 𐔂 𐔃 𐔄 𐔅 𐔆 𐔇 𐔈 𐔉 𐔊 𐔋 𐔌 𐔍 𐔎 𐔏 𐔐 𐔑 𐔒 𐔓 𐔔 𐔕 𐔖 𐔗 𐔘 𐔙 𐔚 𐔛 𐔜 𐔝 𐔞 𐔟 𐔠 𐔡 𐔢 𐔣 𐔤 𐔥 𐔦 𐔧 𐔨 𐔩 𐔪 𐔫 𐔬 𐔭 𐔮 𐔯 𐔰 𐔱 𐔲 𐔳 𐔴 𐔵 𐔶 𐔷 𐔸 𐔹 𐔺 𐔻 𐔼 𐔽 𐔾 𐔿 𐕀 𐕁 𐕂 𐕃 𐕄 𐕅 𐕆 𐕇 𐕈 𐕉 𐕊 𐕋 𐕌 𐕍 𐕎 𐕏 𐕐 𐕑 𐕒 𐕓 𐕔 𐕕 𐕖 𐕗 𐕘 𐕙 𐕚 𐕛 𐕜 𐕝 𐕞 𐕟 𐕠 𐕡 𐕢 𐕣 𐕤 𐕥 𐕦 𐕧 𐕨 𐕩 𐕪 𐕫 𐕬 𐕭 𐕮 𐕯 𐕰 𐕱 𐕲 𐕳 𐕴 𐕵 𐕶 𐕷 𐕸 𐕹 𐕺 𐕻 𐕼 𐕽 𐕾 𐕿 𐖀 𐖁 𐖂 𐖃 𐖄 𐖅 𐖆 𐖇 𐖈 𐖉 𐖊 𐖋 𐖌 𐖍 𐖎 𐖏 𐖐 𐖑 𐖒 𐖓 𐖔 𐖕 𐖖 𐖗 𐖘 𐖙 𐖚 𐖛 𐖜 𐖝 𐖞 𐖟 𐖠 𐖡 𐖢 𐖣 𐖤 𐖥 𐖦 𐖧 𐖨 𐖩 𐖪 𐖫 𐖬 𐖭 𐖮 𐖯 𐖰 𐖱 𐖲 𐖳 𐖴 𐖵 𐖶 𐖷 𐖸 𐖹 𐖺 𐖻 𐖼 𐖽 𐖾 𐖿 𐗀 𐗁 𐗂 𐗃 𐗄 𐗅 𐗆 𐗇 𐗈 𐗉 𐗊 𐗋 𐗌 𐗍 𐗎 𐗏 𐗐 𐗑 𐗒 𐗓 𐗔 𐗕 𐗖 𐗗 𐗘 𐗙 𐗚 𐗛 𐗜 𐗝 𐗞 𐗟 𐗠 𐗡 𐗢 𐗣 𐗤 𐗥 𐗦 𐗧 𐗨 𐗩 𐗪 𐗫 𐗬 𐗭 𐗮 𐗯 𐗰 𐗱 𐗲 𐗳 𐗴 𐗵 𐗶 𐗷 𐗸 𐗹 𐗺 𐗻 𐗼 𐗽 𐗾 𐗿 𐘀 𐘁 𐘂 𐘃 𐘄 𐘅 𐘆 𐘇 𐘈 𐘉 𐘊 𐘋 𐘌 𐘍 𐘎 𐘏 𐘐 𐘑 𐘒 𐘓 𐘔 𐘕 𐘖 𐘗 𐘘 𐘙 𐘚 𐘛 𐘜 𐘝 𐘞 𐘟 𐘠 𐘡 𐘢 𐘣 𐘤 𐘥 𐘦 𐘧 𐘨 𐘩 𐘪 𐘫 𐘬 𐘭 𐘮 𐘯 𐘰 𐘱 𐘲 𐘳 𐘴 𐘵 𐘶 𐘷 𐘸 𐘹 𐘺 𐘻 𐘼 𐘽 𐘾 𐘿 𐙀 𐙁 𐙂 𐙃 𐙄 𐙅 𐙆 𐙇 𐙈 𐙉 𐙊 𐙋 𐙌 𐙍 𐙎 𐙏 𐙐 𐙑 𐙒 𐙓 𐙔 𐙕 𐙖 𐙗 𐙘 𐙙 𐙚 𐙛 𐙜 𐙝 𐙞 𐙟 𐙠 𐙡 𐙢 𐙣 𐙤 𐙥 𐙦 𐙧 𐙨 𐙩 𐙪 𐙫 𐙬 𐙭 𐙮 𐙯 𐙰 𐙱 𐙲 𐙳 𐙴 𐙵 𐙶 𐙷 𐙸 𐙹 𐙺 𐙻 𐙼 𐙽 𐙾 𐙿 𐚀 𐚁 𐚂 𐚃 𐚄 𐚅 𐚆 𐚇 𐚈 𐚉 𐚊 𐚋 𐚌 𐚍 𐚎 𐚏 𐚐 𐚑 𐚒 𐚓 𐚔 𐚕 𐚖 𐚗 𐚘 𐚙 𐚚 𐚛 𐚜 𐚝 𐚞 𐚟 𐚠 𐚡 𐚢 𐚣 𐚤 𐚥 𐚦 𐚧 𐚨 𐚩 𐚪 𐚫 𐚬 𐚭 𐚮 𐚯 𐚰 𐚱 𐚲 𐚳 𐚴 𐚵 𐚶 𐚷 𐚸 𐚹 𐚺 𐚻 𐚼 𐚽 𐚾 𐚿 𐛀 𐛁 𐛂 𐛃 𐛄 𐛅 𐛆 𐛇 𐛈 𐛉 𐛊 𐛋 𐛌 𐛍 𐛎 𐛏 𐛐 𐛑 𐛒 𐛓 𐛔 𐛕 𐛖 𐛗 𐛘 𐛙 𐛚 𐛛 𐛜 𐛝 𐛞 𐛟 𐛠 𐛡 𐛢 𐛣 𐛤 𐛥 𐛦 𐛧 𐛨 𐛩 𐛪 𐛫 𐛬 𐛭 𐛮 𐛯 𐛰 𐛱 𐛲 𐛳 𐛴 𐛵 𐛶 𐛷 𐛸 𐛹 𐛺 𐛻 𐛼 𐛽 𐛾 𐛿 𐜀 𐜁 𐜂 𐜃 𐜄 𐜅 𐜆 𐜇 𐜈 𐜉 𐜊 𐜋 𐜌 𐜍 𐜎 𐜏 𐜐 𐜑 𐜒 𐜓 𐜔 𐜕 𐜖 𐜗 𐜘 𐜙 𐜚 𐜛 𐜜 𐜝 𐜞 𐜟 𐜠 𐜡 𐜢 𐜣 𐜤 𐜥 𐜦 𐜧 𐜨 𐜩 𐜪 𐜫 𐜬 𐜭 𐜮 𐜯 𐜰 𐜱 𐜲 𐜳 𐜴 𐜵 𐜶 𐜷 𐜸 𐜹 𐜺 𐜻 𐜼 𐜽 𐜾 𐜿 𐝀 𐝁 𐝂 𐝃 𐝄 𐝅 𐝆 𐝇 𐝈 𐝉 𐝊 𐝋 𐝌 𐝍 𐝎 𐝏 𐝐 𐝑 𐝒 𐝓 𐝔 𐝕 𐝖 𐝗 𐝘 𐝙 𐝚 𐝛 𐝜 𐝝 𐝞 𐝟 𐝠 𐝡 𐝢 𐝣 𐝤 𐝥 𐝦 𐝧 𐝨 𐝩 𐝪 𐝫 𐝬 𐝭 𐝮 𐝯 𐝰 𐝱 𐝲 𐝳 𐝴 𐝵 𐝶 𐝷 𐝸 𐝹 𐝺 𐝻 𐝼 𐝽 𐝾 𐝿 𐞀 𐞁 𐞂 𐞃 𐞄 𐞅 𐞆 𐞇 𐞈 𐞉 𐞊 𐞋 𐞌 𐞍 𐞎 𐞏 𐞐 𐞑 𐞒 𐞓 𐞔 𐞕 𐞖 𐞗 𐞘 𐞙 𐞚 𐞛 𐞜 𐞝 𐞞 𐞟 𐞠 𐞡 𐞢 𐞣 𐞤 𐞥 𐞦 𐞧 𐞨 𐞩 𐞪 𐞫 𐞬 𐞭 𐞮 𐞯 𐞰 𐞱 𐞲 𐞳 𐞴 𐞵 𐞶 𐞷 𐞸 𐞹 𐞺 𐞻 𐞼 𐞽 𐞾 𐞿 𐟀 𐟁 𐟂 𐟃 𐟄 𐟅 𐟆 𐟇 𐟈 𐟉 𐟊 𐟋 𐟌 𐟍 𐟎 𐟏 𐟐 𐟑 𐟒 𐟓 𐟔 𐟕 𐟖 𐟗 𐟘 𐟙 𐟚 𐟛 𐟜 𐟝 𐟞 𐟟 𐟠 𐟡 𐟢 𐟣 𐟤 𐟥 𐟦 𐟧 𐟨 𐟩 𐟪 𐟫 𐟬 𐟭 𐟮 𐟯 𐟰 𐟱 𐟲 𐟳 𐟴 𐟵 𐟶 𐟷 𐟸 𐟹 𐟺 𐟻 𐟼 𐟽 𐟾 𐟿 𐠀 𐠁 𐠂 𐠃 𐠄 𐠅 𐠆 𐠇 𐠈 𐠉 𐠊 𐠋 𐠌 𐠍 𐠎 𐠏 𐠐 𐠑 𐠒 𐠓 𐠔 𐠕 𐠖 𐠗 𐠘 𐠙 𐠚 𐠛 𐠜 𐠝 𐠞 𐠟 𐠠 𐠡 𐠢 𐠣 𐠤 𐠥 𐠦 𐠧 𐠨 𐠩 𐠪 𐠫 𐠬 𐠭 𐠮 𐠯 𐠰 𐠱 𐠲 𐠳 𐠴 𐠵 𐠶 𐠷 𐠸 𐠹 𐠺 𐠻 𐠼 𐠽 𐠾 𐠿 𐡀 𐡁 𐡂 𐡃 𐡄 𐡅 𐡆 𐡇 𐡈 𐡉 𐡊 𐡋 𐡌 𐡍 𐡎 𐡏 𐡐 𐡑 𐡒 𐡓 𐡔 𐡕 𐡖 𐡗 𐡘 𐡙 𐡚 𐡛 𐡜 𐡝 𐡞 𐡟 𐡠 𐡡 𐡢 𐡣 𐡤 𐡥 𐡦 𐡧 𐡨 𐡩 𐡪 𐡫 𐡬 𐡭 𐡮 𐡯 𐡰 𐡱 𐡲 𐡳 𐡴 𐡵 𐡶 𐡷 𐡸 𐡹 𐡺 𐡻 𐡼 𐡽 𐡾 𐡿 𐢀 𐢁 𐢂 𐢃 𐢄 𐢅 𐢆 𐢇 𐢈 𐢉 𐢊 𐢋 𐢌 𐢍 𐢎 𐢏 𐢐 𐢑 𐢒 𐢓 𐢔 𐢕 𐢖 𐢗 𐢘 𐢙 𐢚 𐢛 𐢜 𐢝 𐢞 𐢟 𐢠 𐢡 𐢢 𐢣 𐢤 𐢥 𐢦 𐢧 𐢨 𐢩 𐢪 𐢫 𐢬 𐢭 𐢮 𐢯 𐢰 𐢱 𐢲 𐢳 𐢴 𐢵 𐢶 𐢷 𐢸 𐢹 𐢺 𐢻 𐢼 𐢽 𐢾 𐢿 𐣀 𐣁 𐣂 𐣃 𐣄 𐣅 𐣆 𐣇 𐣈 𐣉 𐣊 𐣋 𐣌 𐣍 𐣎 𐣏 𐣐 𐣑 𐣒 𐣓 𐣔 𐣕 𐣖 𐣗 𐣘 𐣙 𐣚 𐣛 𐣜 𐣝 𐣞 𐣟 𐣠 𐣡 𐣢 𐣣 𐣤 𐣥 𐣦 𐣧 𐣨 𐣩 𐣪 𐣫 𐣬 𐣭 𐣮 𐣯 𐣰 𐣱 𐣲 𐣳 𐣴 𐣵 𐣶 𐣷 𐣸 𐣹 𐣺 𐣻 𐣼 𐣽 𐣾 𐣿 𐤀 𐤁 𐤂 𐤃 𐤄 𐤅 𐤆 𐤇 𐤈 𐤉 𐤊 𐤋 𐤌 𐤍 𐤎 𐤏 𐤐 𐤑 𐤒 𐤓 𐤔 𐤕 𐤖 𐤗 𐤘 𐤙 𐤚 𐤛 𐤜 𐤝 𐤞 𐤟 𐤠 𐤡 𐤢 𐤣 𐤤 𐤥 𐤦 𐤧 𐤨 𐤩 𐤪 𐤫 𐤬 𐤭 𐤮 𐤯 𐤰 𐤱 𐤲 𐤳 𐤴 𐤵 𐤶 𐤷 𐤸 𐤹 𐤺 𐤻 𐤼 𐤽 𐤾 𐤿 𐥀 𐥁 𐥂 𐥃 𐥄 𐥅 𐥆 𐥇 𐥈 𐥉 𐥊 𐥋 𐥌 𐥍 𐥎 𐥏 𐥐 𐥑 𐥒 𐥓 𐥔 𐥕 𐥖

Jahr für Jahr ablieferten, wurden Tafeln mit den Angaben der Tribute beschrieben. Die Schrift wurde dann auch von Kaufleuten gebraucht. Viele der in den Ruinen des sumerischen Reiches gefundenen Tafeln enthalten Listen von Produkten und Handelsgegenständen.

**Wie entwickelte
die Schrift
sich weiter?**

Eines Tages erfand der Mensch Zeichen, um Silben und Laute zu kennzeichnen; es war nicht mehr nötig, Bilder zu malen. Allmählich verän-

derte sich die Bilderschrift in eine reine Zeichen- oder Symbolschrift. Um 3000 v. Chr. entwickelten die Sumerer, die Hethiter, die Babylonier und die Assyrer die Keilschrift, ein System von keilförmigen Zeichen, die, in Ton geritzt, benutzt werden konnten, um die verschiedenen Sprachen auszudrücken. Die Zeit schritt fort. Tausend Jahre vergingen, und langsam wurde die Bilderschrift vollständig von der Keilschrift ersetzt; aber auch sie sollte vergehen. Um 1700 v. Chr. hatte das Minoische Reich auf Kreta eine verbesserte Schrift entwickelt. Die keilförmigen Zeichen waren verschwunden. Die Menschen begannen in fließenden Kurven zu schreiben. Befreit vom Zwang der geraden Linienführung, führte die größere Bewegungsfreiheit des Schreibens zu vielfältigerem Ausdruck. Aber immer noch stellte sie nur Gegenstände und Vorstellungen dar.

**Wer erfand
das Alphabet?**

Archäologen haben festgestellt, daß das erste Alphabet aus Phönizien, vom östlichen Ufer des Mittelmeeres stammt. Es war eine unfertige Schrift, doch stand für jeden Laut ein

Buchstabe, ein eigenes Zeichen. Dieses Alphabet, das etwa aus dem Jahre 1600 vor Christus stammt, ist der Ursprung aller modernen europäischen und westlichen Alphabete. Einmal eingeführt, verbreitete es sich schnell durch den Mittleren Osten, und schließlich waren die Menschen jener Zeit imstande, vollständige aus Einzelbuchstaben zusammengesetzte Wörter zu schreiben. Jetzt konnten Gedanken viel leichter als zuvor ausgedrückt werden: man begann Geschichten und Berichte aufzuschreiben, die bisher nur mündlich überliefert werden konnten. Und die Dichtkunst begann.

Das erste griechische Alphabet wurde aus dem Phönizischen entwickelt. Es wurde verändert, verbessert und erweitert. Dies „Jonische Alphabet“, nach einer Landschaft in Griechenland benannt, hatte 24 Buchstaben. Als die Römer die griechischen Völker unterwarfen, übernahmen sie dieses Alphabet und paßten es ihrer Sprache an. Damit legten sie die Grundlage für die meisten modernen Sprachen. Die Sprache der Römer war das Latein, das den meisten westlichen Sprachen zugrunde liegt. Und die Form der Buchstaben, die wir zum Drucken benutzen, ist aus den frühen Formen der lateinischen Buchstaben entwickelt.

In den folgenden Jahrhunderten haben viele Völker den Gebrauch dieses Alphabets erlernt. Als sich der europäische Kontinent politisch allmählich in verschiedene Länder aufteilte, entwickelten sich eigenständige Landessprachen. Einige veränderten das Alphabet oder schufen ein eigenes, indem sie die Form der Buchstaben veränderten. Aber die Mehrzahl der Sprachen waren entweder Zweige des Lateinischen oder von ihm so weit beeinflusst, daß sie das römische Alphabet gebrauchten.

Dann kam die Entwicklung des Schreibens vorläufig zu einem Stillstand. Das Alphabet war durchgeformt, feste Formen für alle Buchstaben waren übernommen worden.

Mit dem politischen Fall Roms im 5. Jahrhundert und dem Beginn des Mittelalters wurde der größte Teil der Völker auch in seinen führenden Schichten zu Analphabeten. Die Kunst des Schreibens beherrschten fast nur Mönche, Gelehrte und wenige Handelsleute. Da jegliches Schreiben mit der Hand getan werden mußte, war das Schreiben und Abschreiben von Büchern schon immer eine langwierige Aufgabe, und ein handgeschriebenes Buch war sehr teuer.

Eine neue Erfindung war nötig – nicht, um das System des Schreibens zu verändern, sondern um einen Weg zu finden, Bücher leichter und billiger zu vervielfältigen. Diese Erfindung kam, aber viel später, als es unter günstigeren politischen Zuständen hätte sein können. Aber als sie kam, veränderte sie unausweichlich den Lauf der menschlichen Geschichte. Das Datum war das Jahr 1440 n. Chr.; es bezeichnet den ersten technisch umfassenden Gebrauch beweglicher Lettern.

Vor der Mitte des 15. Jahrhunderts wurde

Was sind bewegliche Typen?

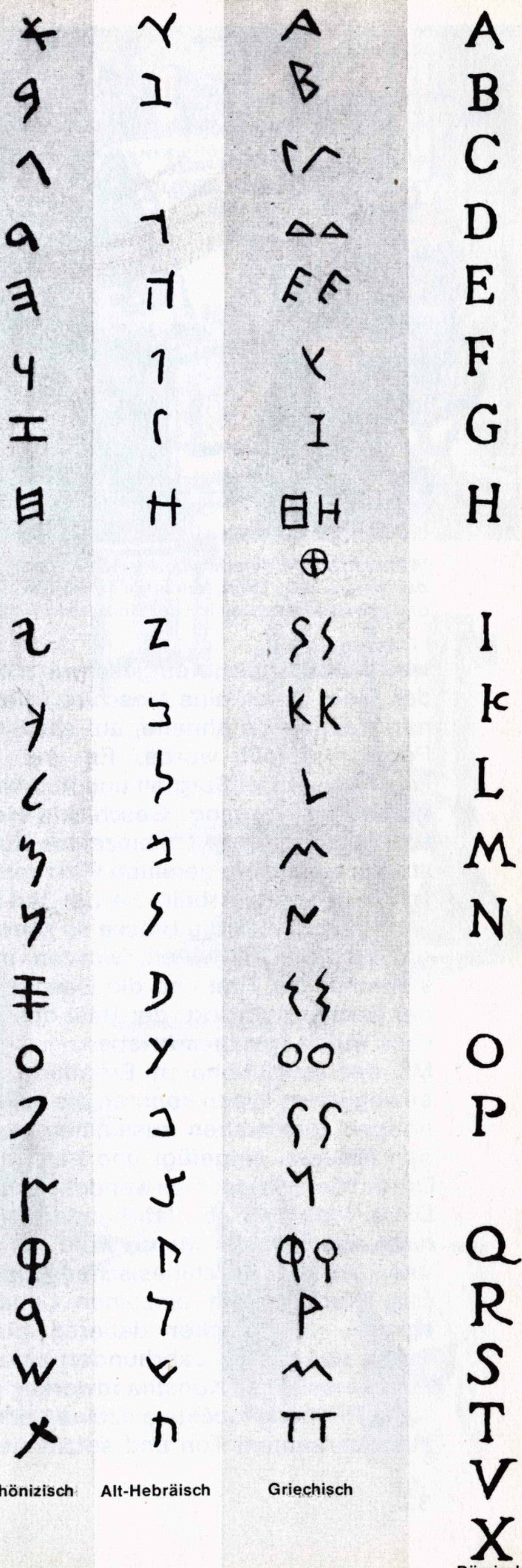
das Drucken so durchgeführt, daß der Text einer ganzen Seite in einen größeren Holzblock eingeschnitten

Als um das Jahr 2000 vor Chr. die Seiriten, ein semitisches Volk, 22 ägyptische Schriftzeichen verwendeten, um die Laute ihrer Sprache darzustellen, verbreitete sich diese Neuerung rasch, besonders durch phönizische Händler. Die Griechen fügten dann für ihre Sprache noch Zeichen für die Selbstlaute hinzu.

Phönizisch

Alt-Hebräisch

Griechisch





Während des Mittelalters bewahrten die Mönche das Wissen ihrer Welt, indem sie griechische und römische Schriften mit der Hand abschrieben.

ten, die Oberfläche eingeschwärzt und der Block durch eine Maschine, die einer Weinpresse ähnelte, auf ein Stück Papier gepreßt wurde. Es war ein schwieriger, viel Sorgfalt und Ausdauer fordernder Vorgang. Geschickte Holzschneider hatten jeden einzelnen Buchstaben an seinem genauen Platz einzuschneiden, eine Arbeit, die viel Zeit beanspruchte. Weil die Blöcke so schwierig herzustellen waren, wurden meistens nur die Titel und die Dekoration der Bücher gedruckt; der Rest des Buches wurde handgeschrieben.

Mit der revolutionären Erfindung der beweglichen Typen konnten die jeweils nötigen Buchstaben zusammen in einen Rahmen eingefügt und nach dem Druck immer wieder verwendet werden. Diese Idee des 15. Jahrhunderts war nicht absolut neu. Marco Polo berichtete 1298 über die chinesische Methode des Druckens mit einzelnen Lettern; chinesische Forscher datieren diese Praxis auf das 11. Jahrhundert zurück. Ein chinesischer Kunsthandwerker namens Pi Sheng machte einzelne Lettern aus gebranntem Ton und setzte sie in

einen Wachsblock, den er einschwärzte und auf Papier preßte. Um 1300 benutzten die Chinesen Holzblöcke. Die Koreaner übertrafen sie, indem sie Lettern aus Metall machten.

Trotz dieser Tatsachen wird der Buchdruck mit beweglichen Lettern als eine europäische Erfindung des 15. Jahrhunderts betrachtet, die Jo-

Wer war der europäische Erfinder des Buchdrucks?

hannes Gutenberg, Buchdrucker in Mainz, zugeschrieben wird.

Wenn die Chinesen auch die ersten waren, die das Drucken mit beweglichen Lettern erfanden, so war es in der Tat der Europäer, der die Idee weiterentwickelte, sie in die Praxis umsetzte, sie vervollkommnete und damit eine neue Industrie ins Leben rief.

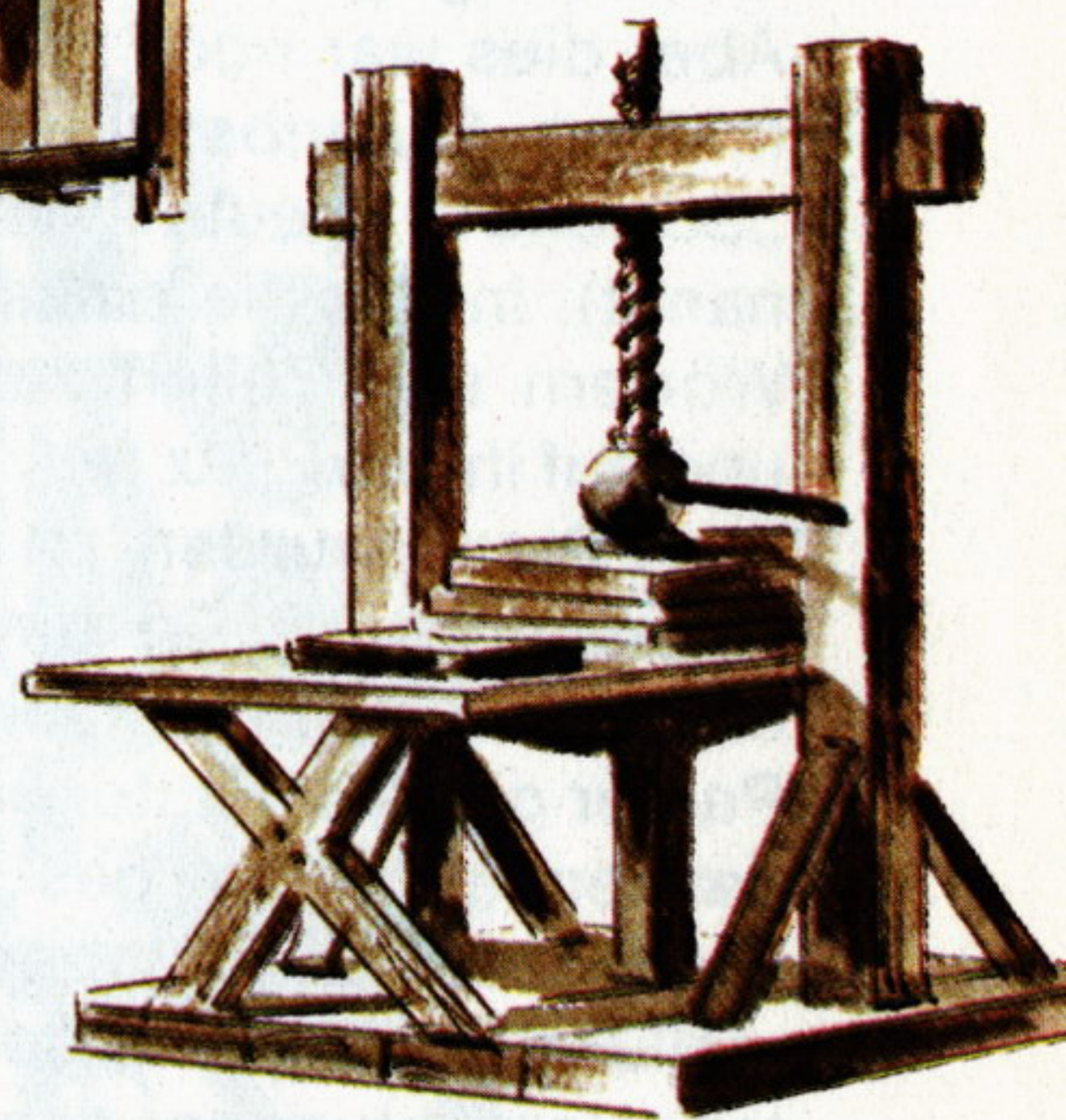
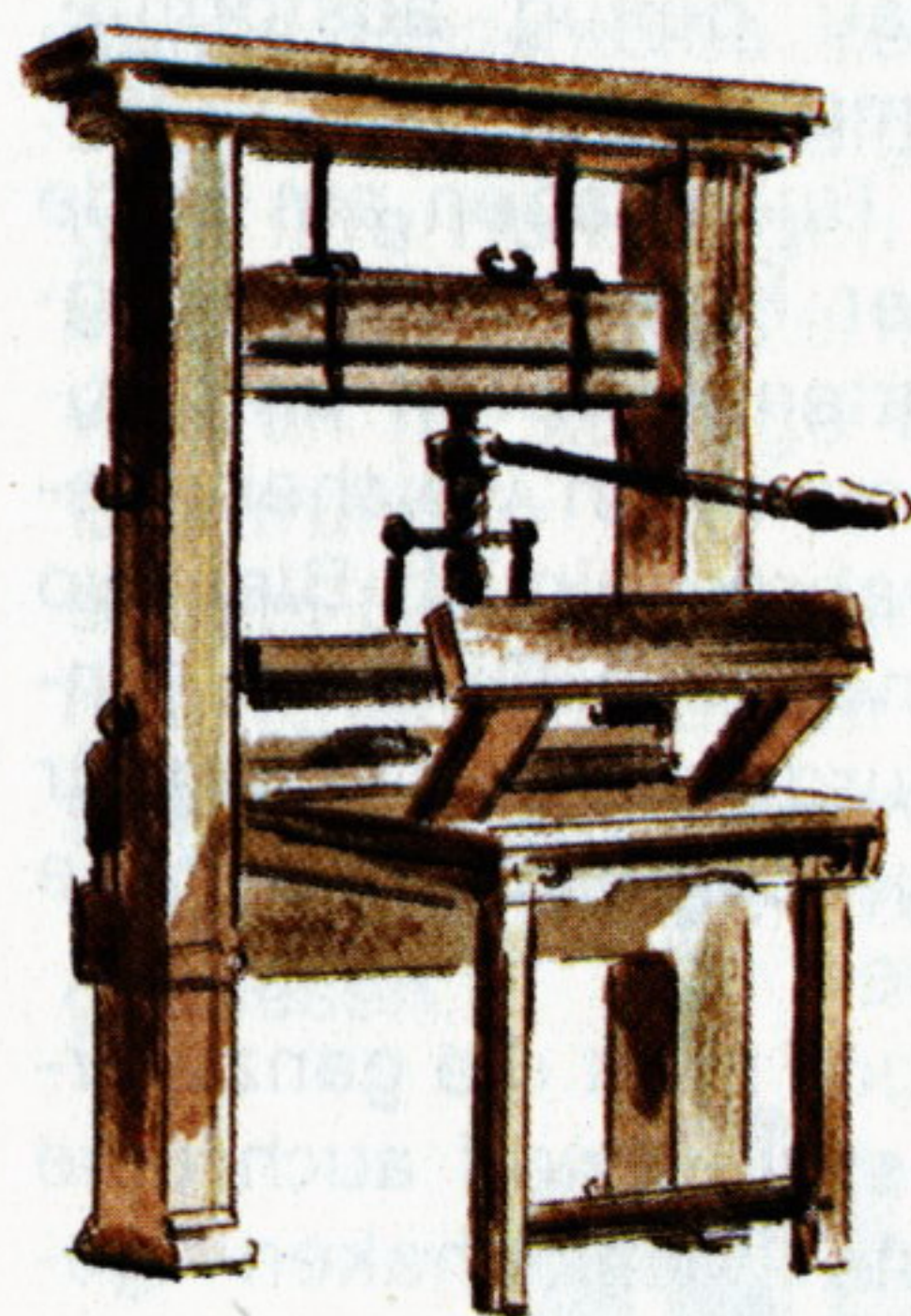
Es gibt noch immer einige Rätsel um diese Erfindung. Vier Namen werden erwähnt, wenn die Erfindung des Buchdrucks diskutiert wird. Es sind Johannes Gutenberg, Lourens Coster, Peter Schöffer und Johannes Fust. Die Histo-



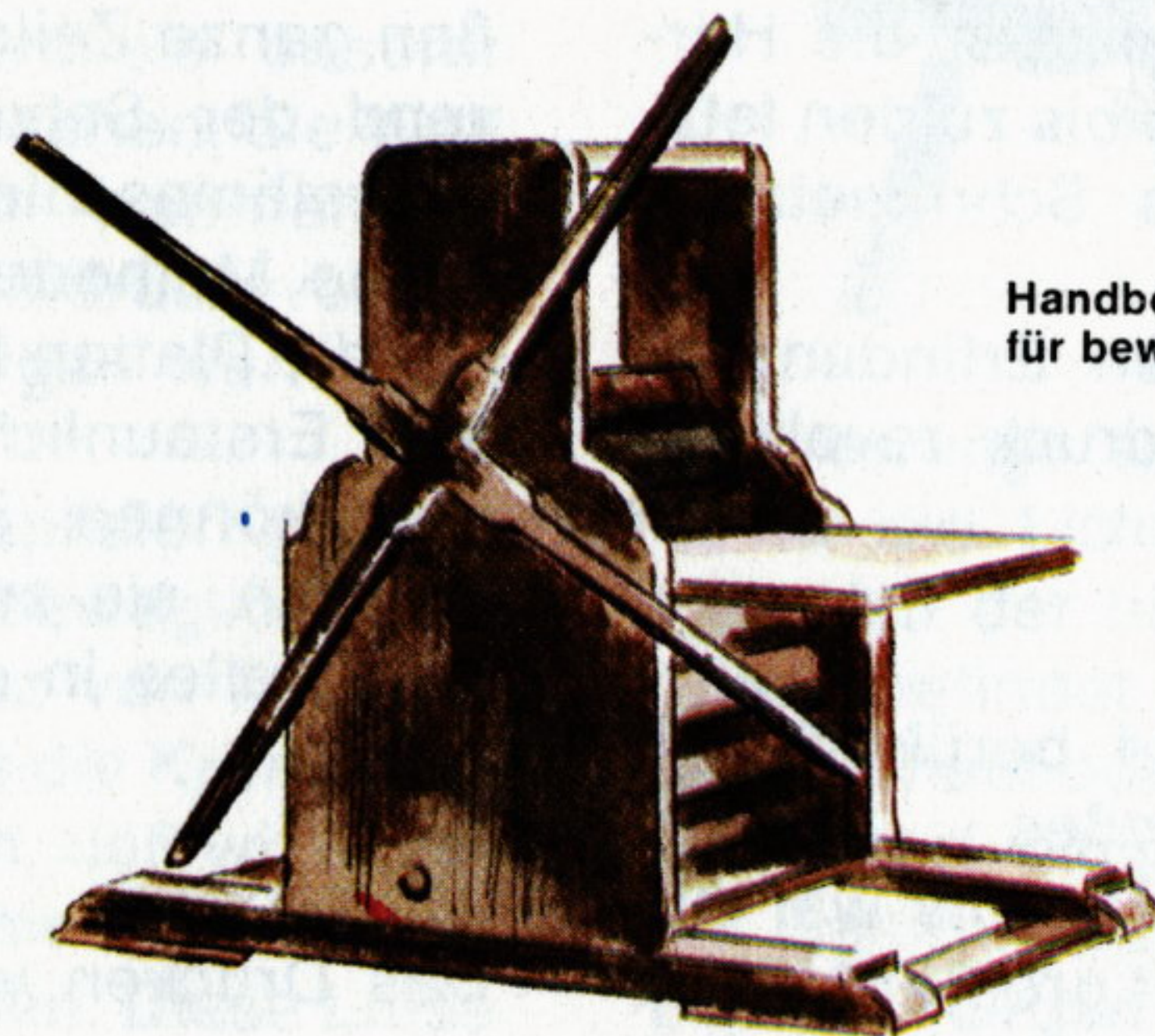
riker haben lange Zeit in Bezug auf die Tatsachen nicht übereingestimmt; aber um den Streit zu beenden, entschieden sie, Johannes Gutenberg den Erfinder der beweglichen Lettern zu nennen, weil sein Wirken am besten nachgewiesen ist. Gutenberg, um 1400 geboren, war ein Drucker, der mit großer Sorgfalt daran arbeitete, Buchstaben in Holzblöcke zu schneiden. Eines Tages hatte er die Idee, jeden Buchstaben als einen kleinen Block aus Metall zu gießen. Niemand weiß, ob er von dem chinesischen oder koreanischen System gehört hatte oder ob er die Idee von dem holländischen Drucker Lourens Coster übernommen hat, der – man kann es nicht entscheiden – möglicherweise schon vorher den Gedanken gehabt hatte. Jedenfalls wurde Gutenberg von Johannes Fust und seinem Schwiegersohn Peter Schöffer finanziert, die auch Drucker und Metallgießer waren. Wegen ihrer engen Zusammenarbeit ist es schwierig, genau festzustellen, ob Gutenberg allein der Ruhm gebührt. Nachdem Gutenberg einmal beschlossen hatte, Metalltypen herzustellen, be-

gann er nach dem rechten Material zu suchen. Er fing mit Messing an, das er schmolz und in Gußformen aus Sand goß, die die Formen der Buchstaben enthielten.

Aber Messing war zu weich; es hielt



Handbediente Druckpressen für bewegliche Lettern



Links: Gutenbergs Druckerwerkstatt



Bewegliche Lettern



den Druck der Presse nicht lange aus. Gutenberg suchte weiter. Zuletzt nahm er eine Mischung aus Blei und Zinn, eine Legierung, die leicht zu schmelzen und zu gießen ist, aber ihre Form unter Pressung ausgezeichnet behält.

Gutenberg fand auch heraus, daß Gußsand nicht genau genug ausformte, und er erfand metallene Gußformen. Erst wurden die Buchstaben am Ende eines Eisen- oder Kupferstabes sorgfältig eingeschnitten, geformt und poliert. Dann wurden sie in weiches Metall getrieben, wahrscheinlich Blei, wo sie die genaue negative Gußform hinterließen. Nun wurde die Legierung für die Type selbst geschmolzen und in die Gußform gegossen.

Aber dies war noch nicht die ganze Erfindung. Gutenberg entwarf auch eine „Schiene“ (heute Winkelhaken genannt), in der die einzelnen Lettern zu Wörtern und Zeilen zusammengestellt und auf ihrem Platz fest verbunden wurden. Diese wurden zu Buchseiten zusammengesetzt, in einer Handpresse mit Druckerfarbe versehen und auf das Papier gepreßt. Gutenberg entwarf den ganzen Vorgang des Druckens vom Gießen der Buchstaben über die Herstellung der Druckfarbe bis zu den letzten Vorrichtungen des Schriftsetzens und Druckens.

Wie alle grundlegenden Erfindungen, wirkte auch der Buchdruck revolutionierend.

Gutenbergs erstes und berühmtestes großes Druck-

Wie es weiterging

erzeugnis war die mit größten Mühen und unendlicher Sorgfalt im neuen Satz- und Druckverfahren hergestellte sogenannte Gutenberg-Bibel. Gutenberg druckte davon 100 bis 200 Exemplare; etwa 40

sind heute noch — zum Teil unvollständig — erhalten.

Dies war der Beginn. Andere Drucker übernahmen sehr bald Gutenbergs System. (Er hat sich vergeblich bemüht, es geheimzuhalten.) In den folgenden Jahrzehnten des 15. Jahrhunderts wurden gedruckte Bücher in großer Zahl weltweit verbreitet. Zu gleicher Zeit entwarfen andere Erfinder verbesserte Methoden des Typengießens, der Farbmischungen, des Papiermachens, des Druckvorganges; sie verbesserten auch die Druckerpressen. Das Bestreben ging dahin, sie ganz aus Metall zu machen und sie automatisch mit dem zu bedruckenden Papier zu bedienen.

Im 16. Jahrhundert beschrieb Leonardo da Vinci, der große italienische Künstler und Genius der Wissenschaften, eine Möglichkeit, das Papier horizontal und die Presse gleichzeitig vertikal zu bewegen, so daß das Drucken in einem einzigen fortlaufenden Vorgang geschehen konnte. Von dieser Zeit an beschleunigte sich die Weiterentwicklung des Buchdrucks rapide.

Heute arbeiten die Druckerpressen vollautomatisch. Linotype-Maschinen gießen ganze Zeilen in einem Stück, während der Setzer den Text auf einer Schreibmaschine schreibt, und fotografische Methoden werden angewendet, um die Platten für den Druck herzustellen. Erstaunlich komplizierte Maschinen können jetzt ganze Zeitungen drucken, sie zusammenlegen und falten — alles in einem einzigen Arbeitsgang.

Das Drucken war für die soziale und

Was bedeutete der Buchdruck für die Menschheit?

kulturelle Entwicklung der Menschheit so wichtig wie das Rad für die Technik. Weil Bücher

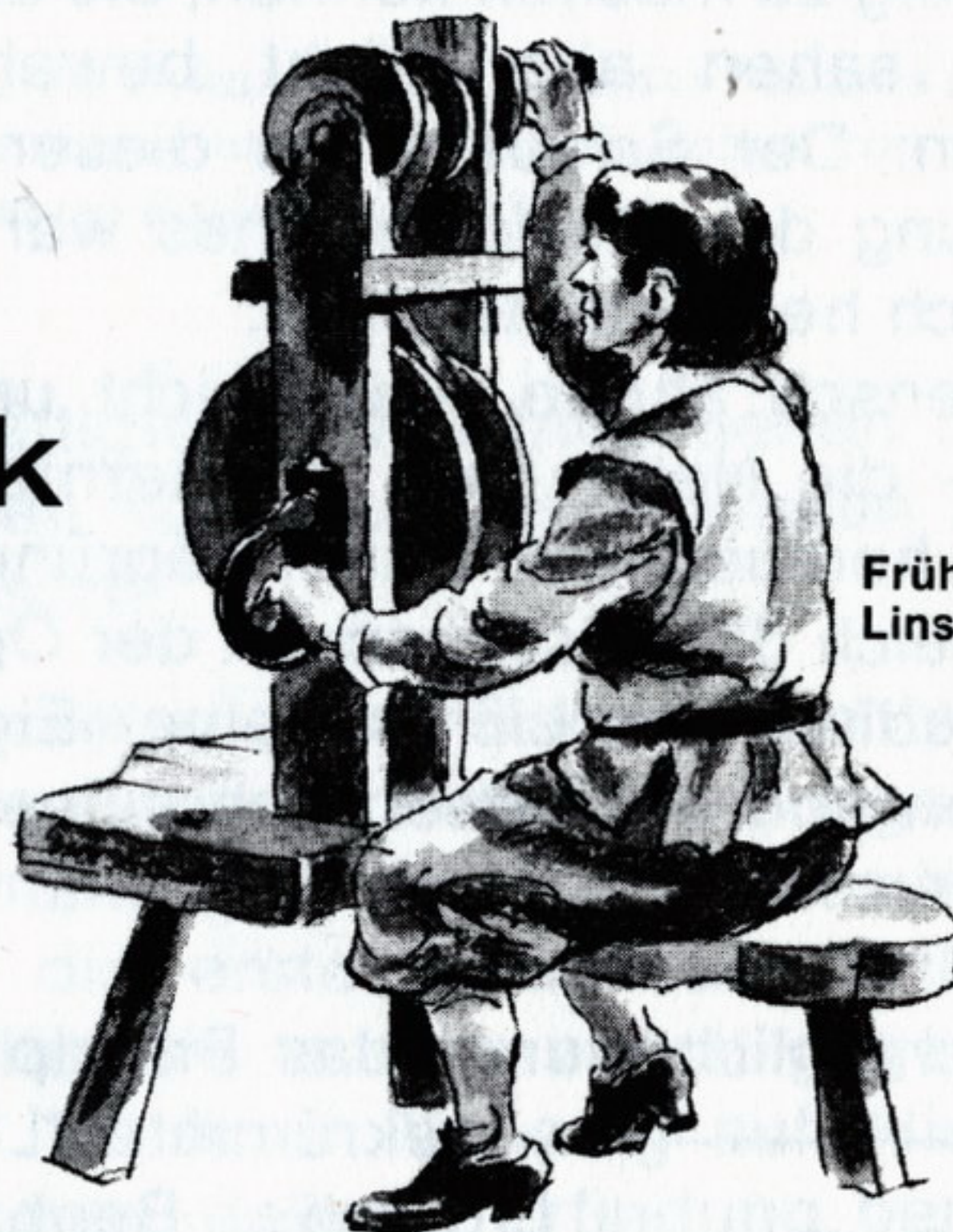
und Papier nun in großen Mengen hergestellt wurden, konnten mehr und mehr Menschen das Lesen erlernen. Damit wuchsen die Kenntnisse und mit den Kenntnissen der Wunsch nach Befreiung von tyrannischer politischer Herrschaft. Das Drucken setzte geistige Kräfte in Bewegung, die die Welt veränderten. Die Zeitung, ein Ergebnis der Druckpresse, war eines der wichtigsten Machtmittel zur Befreiung des Menschen von Sklaverei und Tyrannei. In modernen Zeiten ist eine der ersten Maßnahmen, die ein Diktator trifft, Bücher vernichten zu lassen und eine rigorose Kontrolle über alles gedruckte Lesematerial durchzuführen, das für sein Volk erreichbar ist.

Bücher gehören zum wertvollsten Besitz der Menschheit. Sie enthalten ihre Geschichte, ihre Ideen, ihre Religionen und Philosophien, und sie bewahren den Sinn für den Zusammenhang der menschlichen Geschichte. In einer modernen Bücherei kann man sich die ganze Geschichte der Menschheit erschließen, ihre Erfolge, ihre Niederlagen, ihre Hoffnungen und ihre gesammelten Kenntnisse erfahren. Bücher bewahren für künftige Generationen die Erfahrungen der Vergangenheit, versorgen Schulkinder mit Lernmitteln, ermöglichen Studenten das Studium und geben uns allen Freude und Bereicherung, wenn wir sie zu unserem Vergnügen lesen.

Die Optik

Unsere Augen sind wunderbare optische Instrumente. Mit Recht wird unser Gesichtssinn der wertvollste unserer Sinne genannt. Daß wir sehen, die Welt um uns herum optisch wahrnehmen können, ist wohl das Eindrucksvollste, was uns ein Sinnesorgan vermitteln kann.

Unsere Augen sind kompliziert gebaut. Sie haben genaue und bewegliche Linsen, die in einem Kranz von Muskeln aufgehängt sind, welche die Krümmung der Linsen so verändern, daß wir einen Gegenstand auf verschiedene Entfernung scharf sehen können. Diese Linse ist so fein, daß sie durch Veränderung ihrer Form die Sehschärfe von wenigen Zoll bis auf Unendlich einstellen kann. Vor der Linse befindet sich die Iris, die in ihrer Mitte eine Öffnung hat — die Pupille. Mit Hilfe von Muskeln öffnet



Früher
Linsenschleifer

und verengt sich die Iris und regelt damit die Lichtmenge, die die Linse trifft. Auf der hinteren Wand des Augapfels befindet sich wie ein Bildschirm die Netzhaut oder Retina; dort empfängt sie scharf eingestellte Bilder, die sie ins Gehirn weiterleitet. Dies feine und präzise Organ ermöglicht uns das Sehen.

Aber der Mensch hat es unternommen, über seine natürlichen Möglichkeiten hinauszugehen. Er wünschte Einzelheiten aus größerer Entfernung zu sehen, in die Welt der mikroskopisch kleinen



Wassertropfen sind natürliche Vergrößerungslinsen.



Geschöpfe zu schauen und jene Bilder beständig zu machen können, die seine Augen sahen aber nicht bewahren konnten. Der Schlüssel zu dieser Erweiterung des Gesichtssinnes war die künstlich hergestellte Linse.

Der Mensch ahmte – vielleicht unbewußt – die Natur nach und lernte es, Linsen herzustellen. Damit begründete er zugleich die Wissenschaft der Optik, das Studium des Lichts, seiner Eigenschaften und der Mittel, sich seiner zu bedienen.

Wahrscheinlich wurde das Prinzip der gekrümmten Linse durch Beobachtung entdeckt.

Wurde die Linse entdeckt oder erfunden?

Wassertropfen bilden natürliche Linsen, und wenn

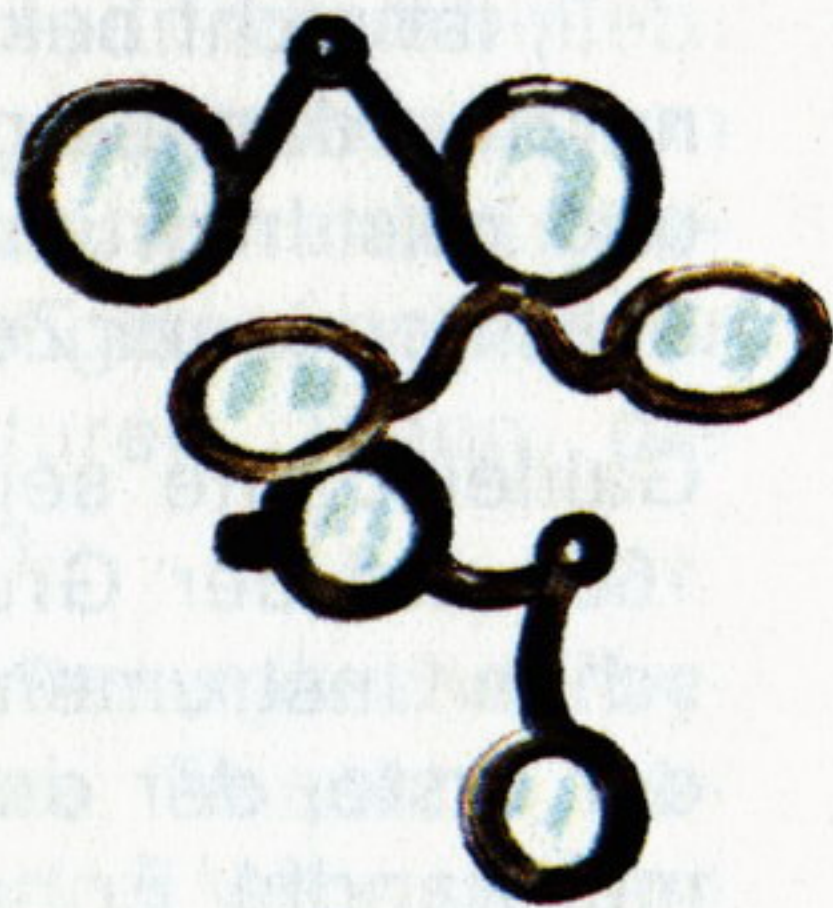
man einen Tropfen Wasser auf einem Blatt beobachtet, wird man sehen, daß eine Vergrößerung stattfindet. Die künstliche Linse selbst entstand durch Zufall, Versuch und Irrtum und durch allmähliche Vermehrung des Wissens. Es war nicht ein einzelner Mensch, der die Linse erfunden hat.

Für eine Linse war ein durchsichtiges Material erforderlich, dessen Dicke re-

guliert werden und das in bestimmte gewünschte Kurven und Krümmungen geformt werden konnte. Linsen konnten nicht angefertigt werden, bevor das Glas erfunden war. Glas erfüllt alle diese Erfordernisse. Die ersten Glasgegenstände der Geschichte wurden in Mesopotamien und in Ägypten um 2500 v. Chr. hergestellt. Sicherlich müssen scharfäugige Beobachter jener Zeit die seltsamen Veränderungen bemerkt haben, die mit den Lichtstrahlen geschehen, wenn sie durch verschieden geformte Glasstücke hindurchgehen. Aber der Gedanke, gekrümmtes Glas für Linsen zu benutzen, tauchte während langer Jahrhunderte nicht auf. Erst mußte begriffen werden, daß man die Krümmung des Glases unter Kontrolle bekommen und zur Dicke des Glasmaterials in Beziehung setzen mußte. Diese Biegung ergibt die Vergrößerung.

Einer der ersten, der diese Erscheinung wissenschaftlich diskutierte, war Ptolemäus. Sein Buch über die Optik, im zweiten Jahrhundert nach Chr. geschrieben, beschreibt die Brechung des Lichts bei Glaskugeln, die mit Wasser gefüllt sind. Im 11. Jh. schrieb der islamische Gelehrte Ibn al Haithan, bekannt als Alhazan, ein umfangreiches

Frühe ägyptische Glasmacher



Buch über die Wirkung von Spiegeln und über die Vergrößerung, die durch gekrümmte Glasteile ermöglicht wird. Aber all diese frühen Arbeiten waren nur theoretisch. Niemand hatte versucht, die Lichtbrechung für praktische Zwecke zu nutzen, und für lange Zeit betrachtete man diese Erscheinung lediglich als eine Merkwürdigkeit. Ernstliche Versuche dazu wurden erst im 13. Jh. gemacht; seitdem konnten auch viele Menschen schon Linsen schleifen.

Der erste praktische Gebrauch einer

**Wozu wurde
die künstliche
Linse zuerst
gebraucht?**

Linse wurde weder in einem Teleskop noch in einem Mikroskop, sondern in einer Brille erprobt! Sie war das Ergebnis der Arbeit zweier Engländer im 13. Jahrhundert. Der englische Bischof von Lincoln, Robert Grosseteste, stellte fest, daß Linsen nicht nur kleine Gegenstände vergrößerten, sondern scheinbar auch die Entfernung der Dinge verringerten. Seine Experimente veranlaßten seinen Schüler, Roger Bacon, Versuche durchzuführen, die sich mit dem Problem be-



Das erste bekannte Bildnis eines Mannes mit Brille wurde im Jahre 1352 in Italien von Tommaso Barisino gemalt.

schäftigten, schlechtes Sehen mit von außen vorgeschalteten Linsen zu verbessern.

Grosseteste und Bacon machten zwar die grundlegenden Forschungen, aber niemand weiß den Namen des Mannes, der die erste brauchbare Brille herstellte. Sie tauchte zuerst gegen Ende des 13. Jh. in Venedig auf. Historiker glauben, daß die Erfindung bereits im Jahre 1286 gemacht wurde; verbürgt ist das aber nicht. Venedig war damals das Zentrum der Glasindustrie; darum wäre es naheliegend, daß die Linsenherstellung dort ihren Anfang nahm.

Die ersten Augengläser waren grobe Instrumente, mit einfachen konvexen Linsen ausgestattet. Erst im späten 16. Jh. hatten die Wissenschaftler genug über die Funktion des Auges gelernt, um zu erkennen, daß andere Linsenformen ebenfalls bei schlechtem Sehen helfen konnten.

Hat Galilei das Teleskop erfunden?

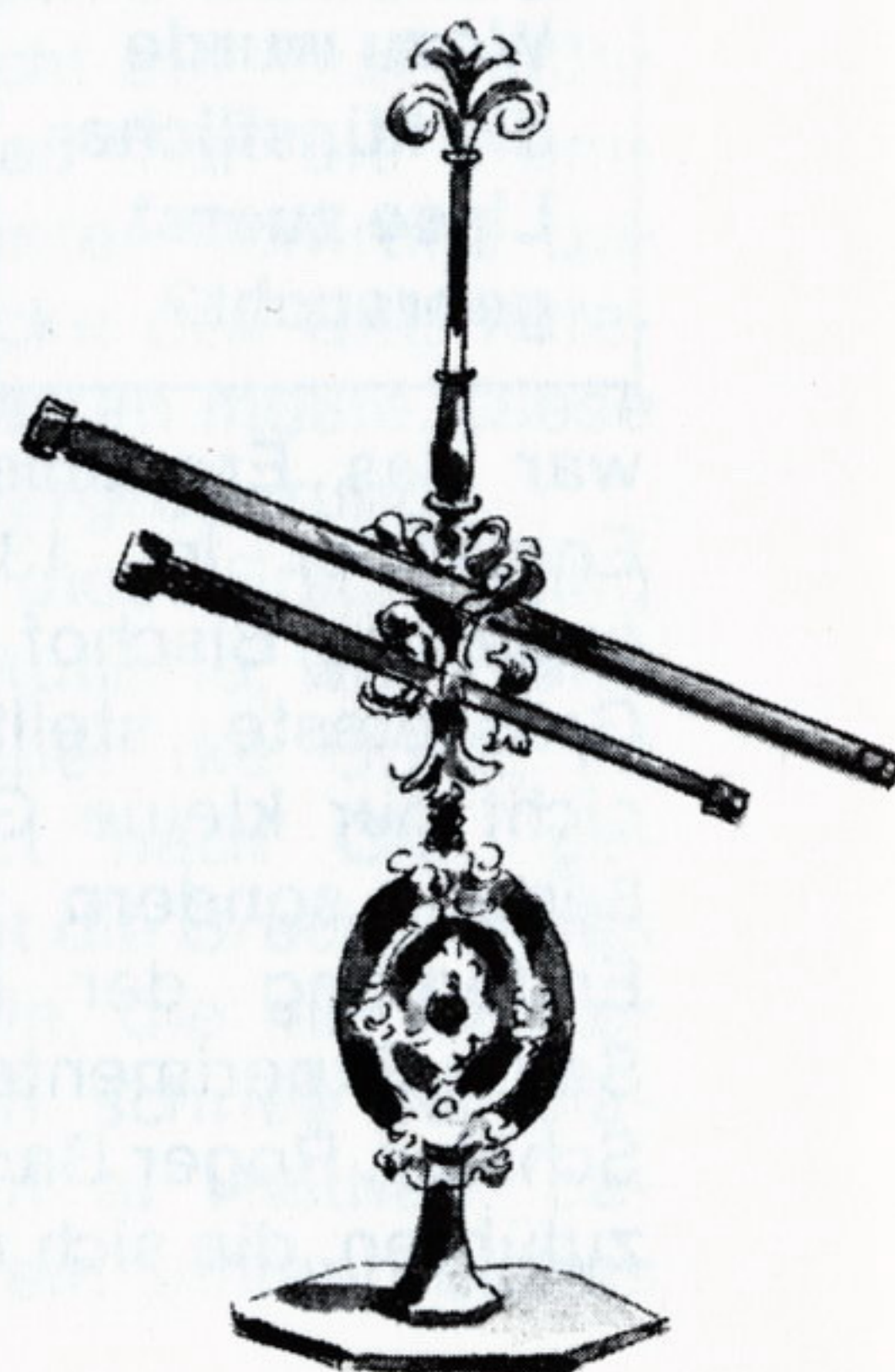
Die Anfänge des Teleskops sind in Dunkel gehüllt. Galilei, der italienische Mathematiker und Physiker, wird für seinen Erfinder gehalten, weil er der erste war, der bedeutende astronomische Beobachtungen mit diesem Instrument machte. Galilei war jedoch nicht der originale Erfinder des Teleskops. Die Holländer waren die ersten, die es verwendeten. Das Tagebuch von Johannes Janssen beschreibt die Erfolge seines Vaters Zacharias, eines Brillenmachers. Um 1590 erfand der ältere Janssen die Verbindung einer konvexen mit einer konkaven Linse für ein Okular (das sind die Linsen, die dem Auge am nächsten sind). Damit konnte man Gegenstände in starker Vergrößerung sehen. Diese Entdeckung wird als das Prinzip des zusammengesetzten Mikroskops bezeichnet. Im Jahre 1608 nutzte Hans Lippershey, ein holländischer Optiker, diese neue Kenntnis, um ein Teleskop zu bauen. Das Instrument wurde sofort zum militärischen Gebrauch verwendet. Lippershey hat dies wundervolle Instrument jedoch erst gebaut, nachdem er ein Teleskop untersucht hatte, das in Italien gebaut worden war. Niemand weiß,

wer der italienische Erfinder war; das Instrument trug die Inschrift 1590. Ob es das erste seiner Art war oder eine Entwicklung aus einem früheren Modell, ist nicht bekannt. Die Italiener benutzten damals noch keine Teleskope, und das Instrument wird auch in den Schriften jener Zeit nicht erwähnt.

Galilei baute sein Teleskop im Jahre 1609 auf der Grundlage des holländischen Instruments. Aber Galilei war der erste, der das Teleskop zum Himmel wandte. Er hat als erster die Ringe des Saturn gesehen und die Monde Jupiters. Diese Entdeckungen waren zu seiner Zeit so überraschend, daß Galilei für den Erfinder des Teleskops gehalten wurde – ein Mißverständnis, das vielfach noch heute besteht.

Die Verbesserung des Teleskops zu dem mächtigen Instrument unserer Zeit war ein langer, allmählicher Prozeß, an dem in den seitherigen Jahrhunderten viele Menschen beteiligt waren. Der komplizierteste Teil der Arbeit bezog sich auf die Verbesserung der Linsen. Galileis Teleskop war sehr einfach. Es bestand aus zwei Linsen in einem Bleirohr. Im Jahre 1610 verbesserte Johannes Kepler die Kunst der Optik, indem er ein komplizierteres Linsensystem verwendete, das eine stärkere Vergrö-

Galilei zeigte und erklärte sein Teleskop zuerst in Venedig.

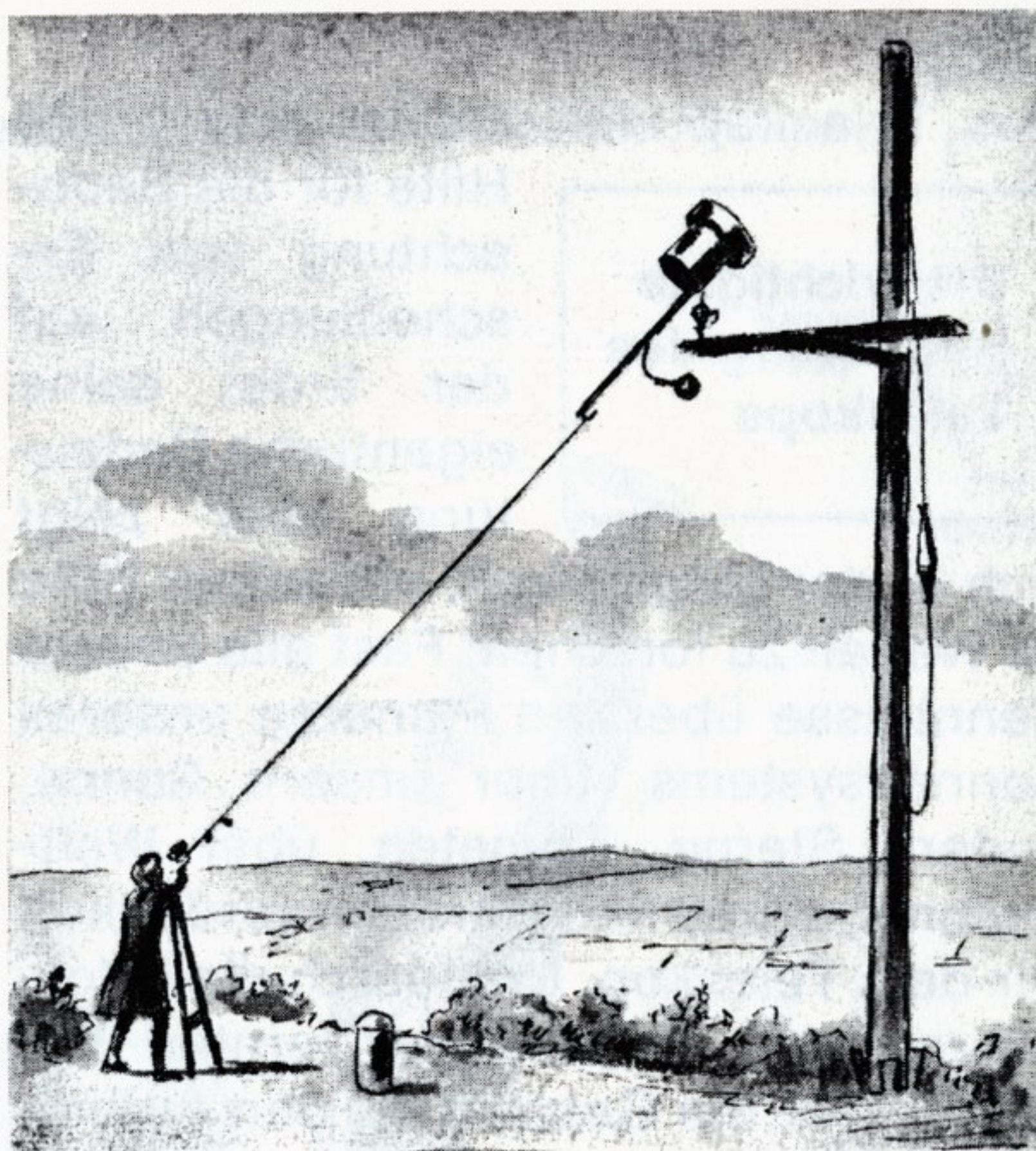


Galileis Teleskop

Berung ergab. Von nun an ging die Entwicklung rasch und in vielen Ländern zugleich vor sich. Im Laufe des 17. Jh. begannen viele Forscher mit Linsen und Linsenkombinationen zu arbeiten. Huygens in Holland gelang es, Linsen zu schleifen, die die Lichtstrahlen stärker bündelten. Mit einigen erreichte er Entzündungstemperaturen, wenn die Sonne hindurchschien.

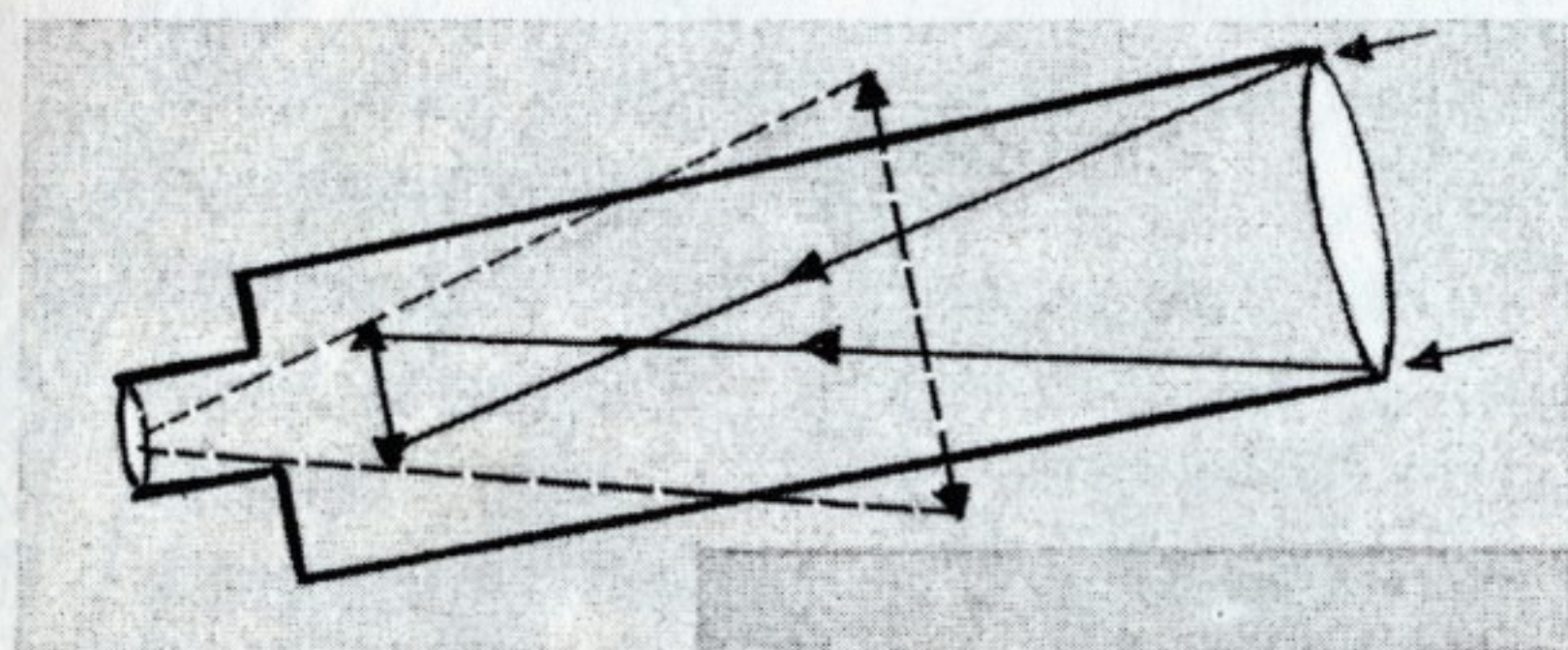
Isaac Newton, der große englische Physiker, verbesserte das Teleskop wesentlich. Man hatte schon Versuche mit Hohlspiegeln gemacht, die das Bild eines Gegenstandes reflektierten und gleichzeitig die Lichtstrahlen sammeln und bündelten. Newton benutzte diese Technik zum Bau des sogenannten Spiegelteleskops. Der Spiegel empfing das entfernte Bild und sandte es durch ein Linsensystem, das es vergrößerte. Diese Erfindung, das Spiegelteleskop, wird heute vor allem für astronomische Beobachtungen benutzt. Die modernen Instrumente der Astronomen beruhen im wesentlichen auf Newtons Prinzip. Mit dem Spiegelteleskop können wir entfernte Milchstraßen sehen, die Millionen von Lichtjahren entfernt sind.

Die heutigen Teleskope sind Präzisionsapparate mit Linsen und Spiegeln

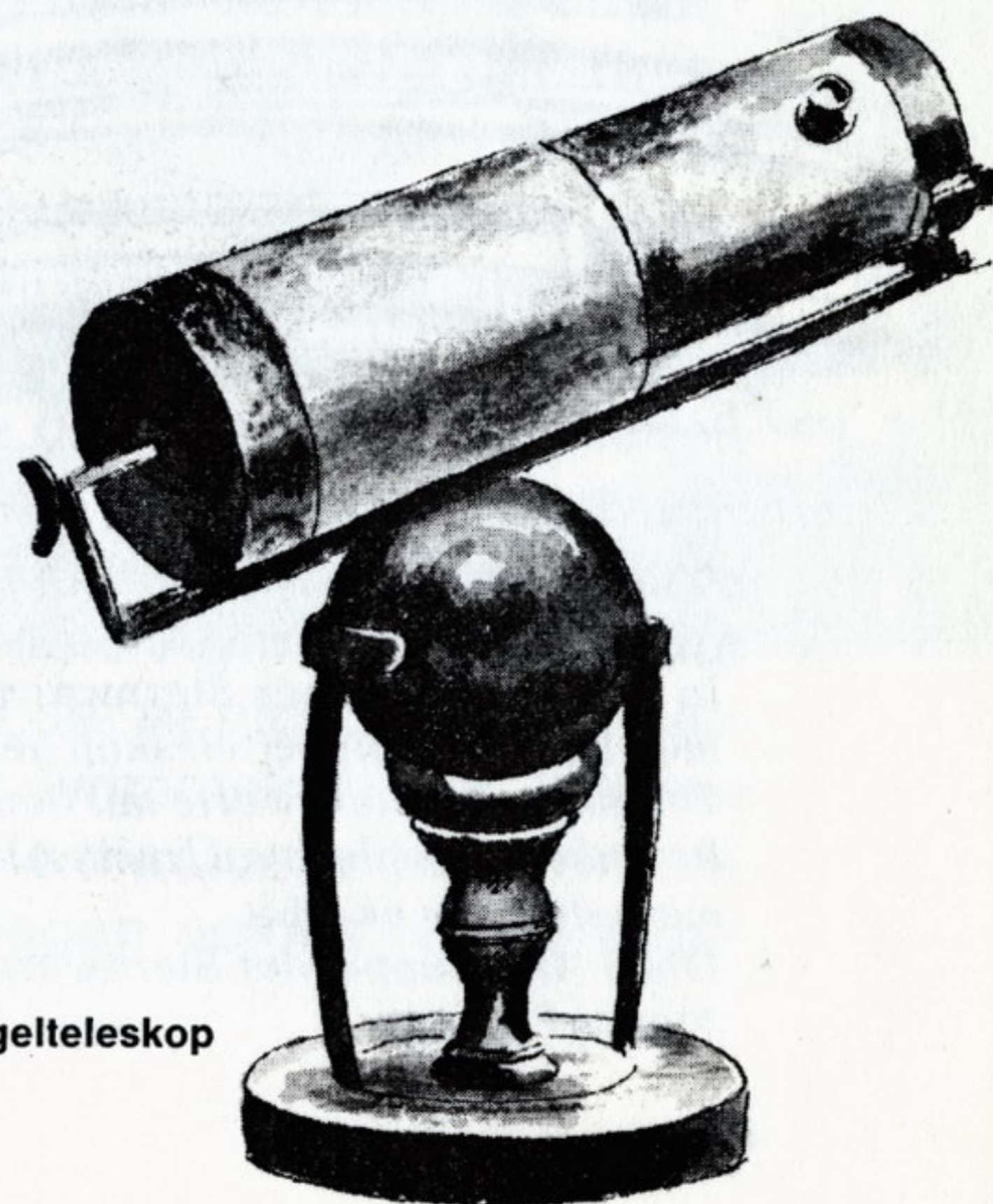
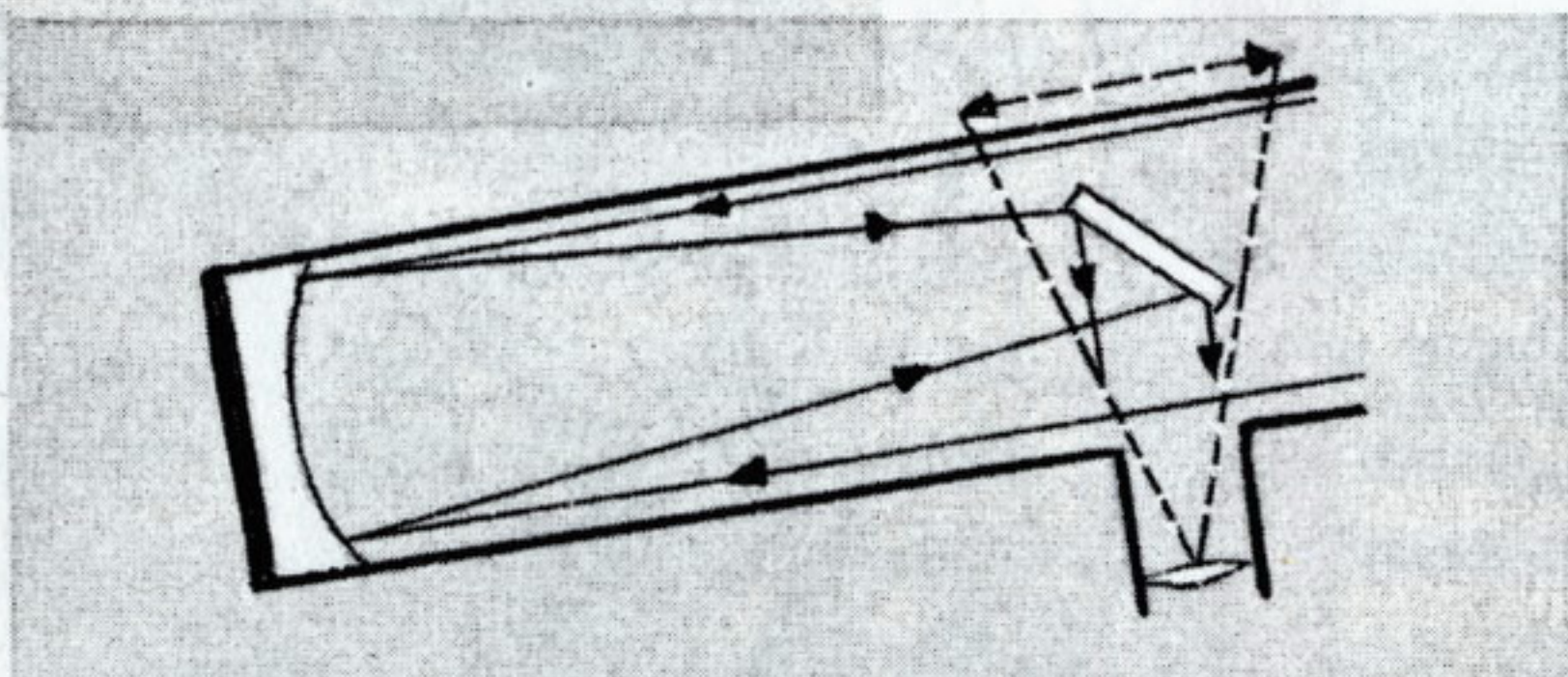


Beim Fernrohr wird die Linse, die dem Auge nahe ist, „Okular“, die am anderen Ende befindliche Linse „Objektiv“ genannt. Huygens hatte bei seinem Teleskop beide Linsen ohne verbindendes Rohr montiert.

aus Spezialglas von äußerster Genauigkeit. Die optischen Teile sind sorgfältig in großen, von Motoren bewegten Rahmen und Rohren montiert. Der reflektierende Spiegel im Teleskop der Sternwarte auf dem Mount Palomar in Kalifornien hat einen Durchmesser von fünf Metern – ein weiter Weg von dem groben Bleirohr Galileis mit seinen kleinen Linsen.



Schematische Zeichnungen des holländischen oder Galileischen Teleskops (oben) und des Newtonschen Spiegelteleskops (rechts).



Newtons Spiegelteleskop

Das Teleskop war und ist eine große

**Die wichtigste
Bedeutung des
Teleskops**

Hilfe für die Beobachtung von Erscheinungen auf der Erde; seine eigentliche Bedeutung aber zeigt

sich in der Möglichkeit, mit seiner Hilfe im Weltall zu forschen. Fast alle unsere Kenntnisse über die Planeten unseres Sonnensystems, über unsere Sonne, andere Sterne, Kometen, über Weltraumnebel und Milchstraßen verdanken wir dem Teleskop. Und durch die Erforschung des Universums lernten wir vieles über die Geschichte, den Aufbau und die Entwicklung des Planeten, auf dem wir leben.

Aber das Teleskop schenkte uns mehr als bloßes Tatsachenwissen. Es erwei-

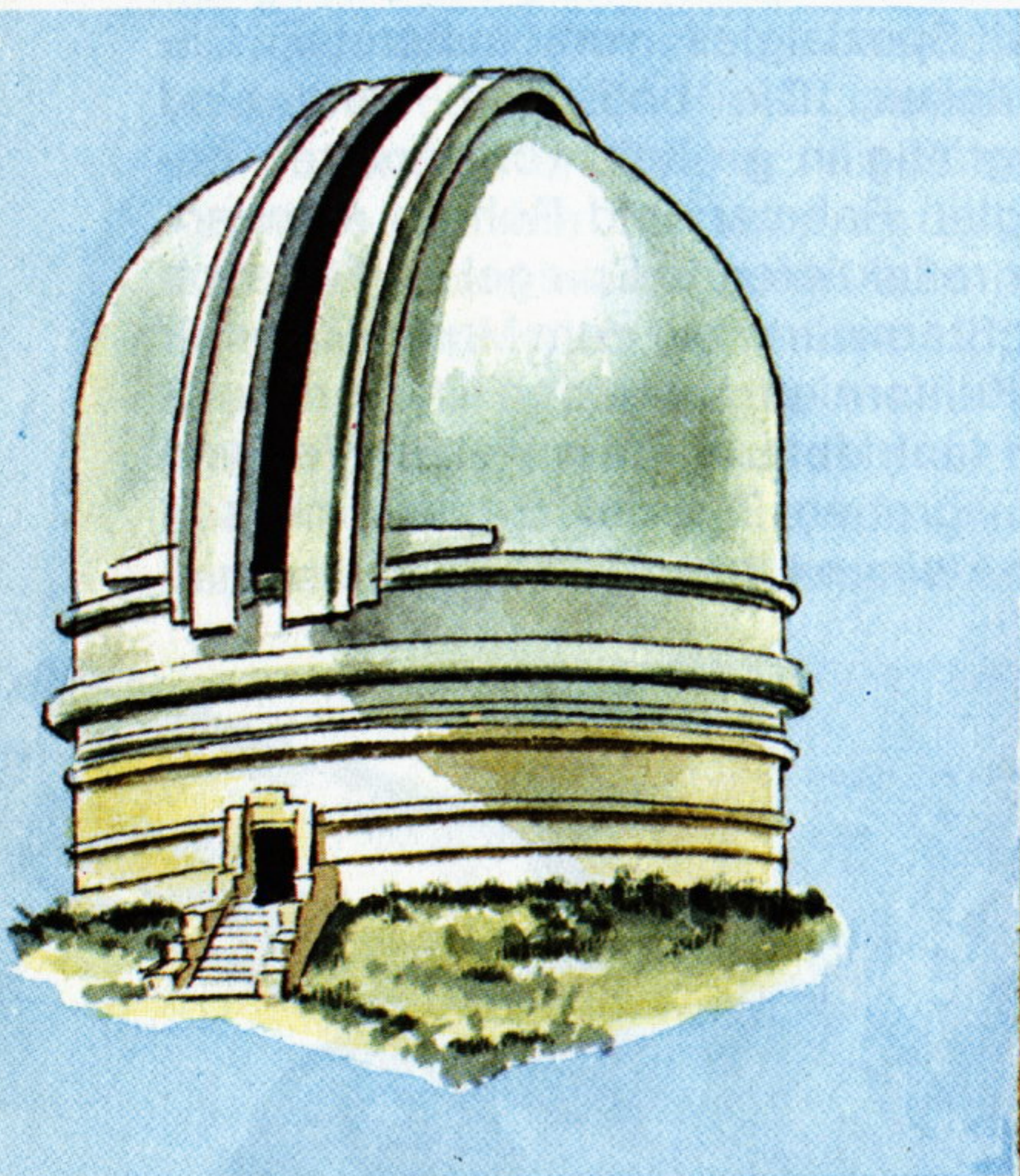
terte das Denken des Menschen. Das Verlangen, in die Unendlichkeit des Weltalls zu schauen, führte den Menschen zu der Erkenntnis, daß weder die Erde noch die Sonne der Mittelpunkt des Weltalls sind. Der Mensch wurde fähig, seinen Platz im Kosmos zu erkennen und zu begreifen, daß die Erde nur ein Teil eines mächtigen Systems von Sternen, Weltraumnebeln und Milchstraßen ist. Das Teleskop veränderte das Verhältnis des Menschen zu seinem Planeten.

Eines Tages werden wir Teleskope auf dem Mond und vielleicht auch auf dem Mars einrichten. Von dort, ohne die Dunstschicht der Atmosphäre, die die Erde umgibt, werden wir den Himmel klarer sehen können und tiefer in die Weiten des Weltraums schauen.

Die Entwicklung des Mikroskops hängt

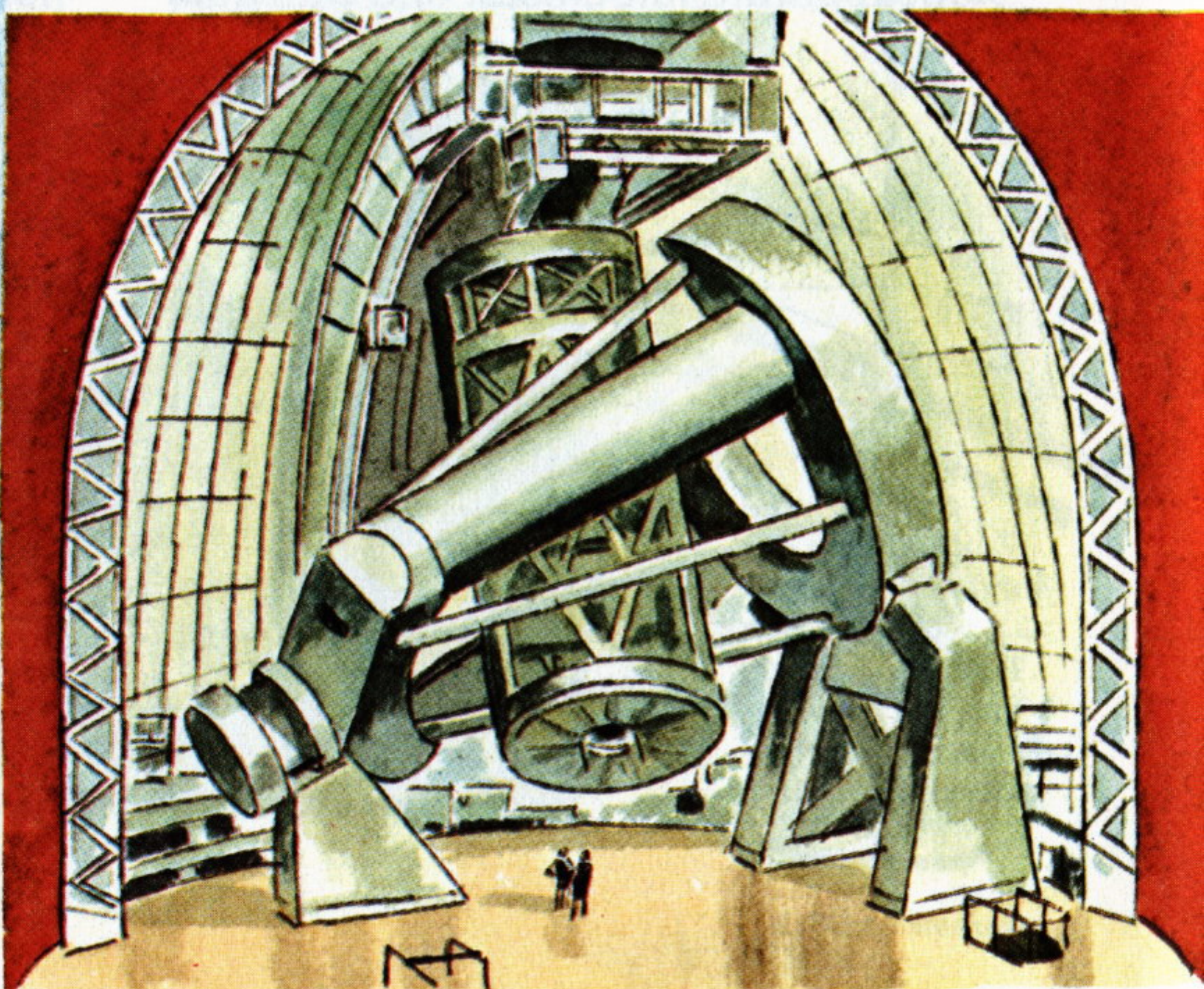
**Wer erfand
das Mikroskop?**

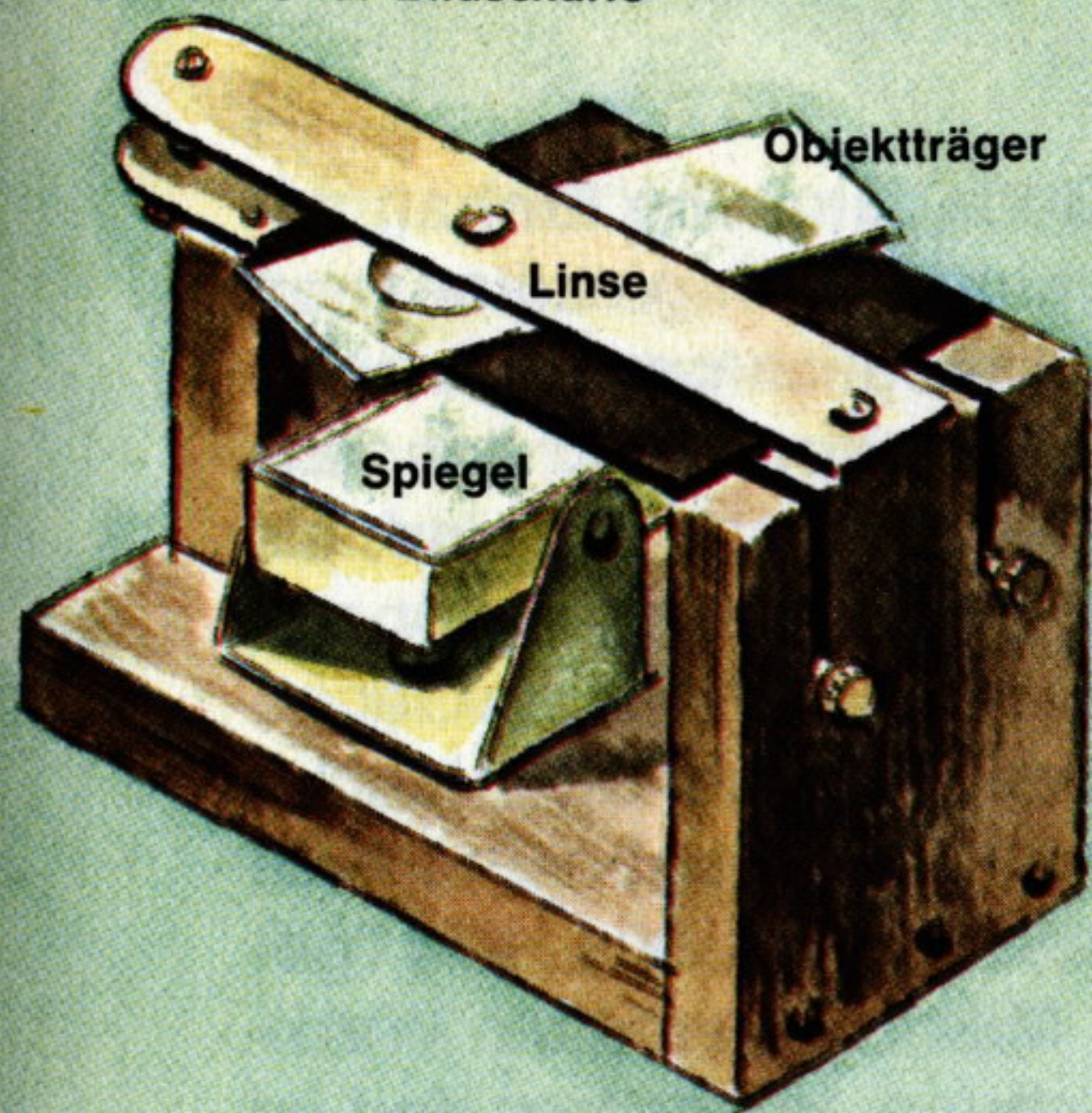
eng mit der des Teleskops zusammen; denn das Mikroskop ist eigentlich ein Teleskop, das für die Beob-



In unseren modernen Sternwarten wird meistens das Spiegelteleskop gebraucht. Das Teleskop der Sternwarte auf dem Mount Palomar in Kalifornien (rechts) ist eines der stärksten, die es gibt.

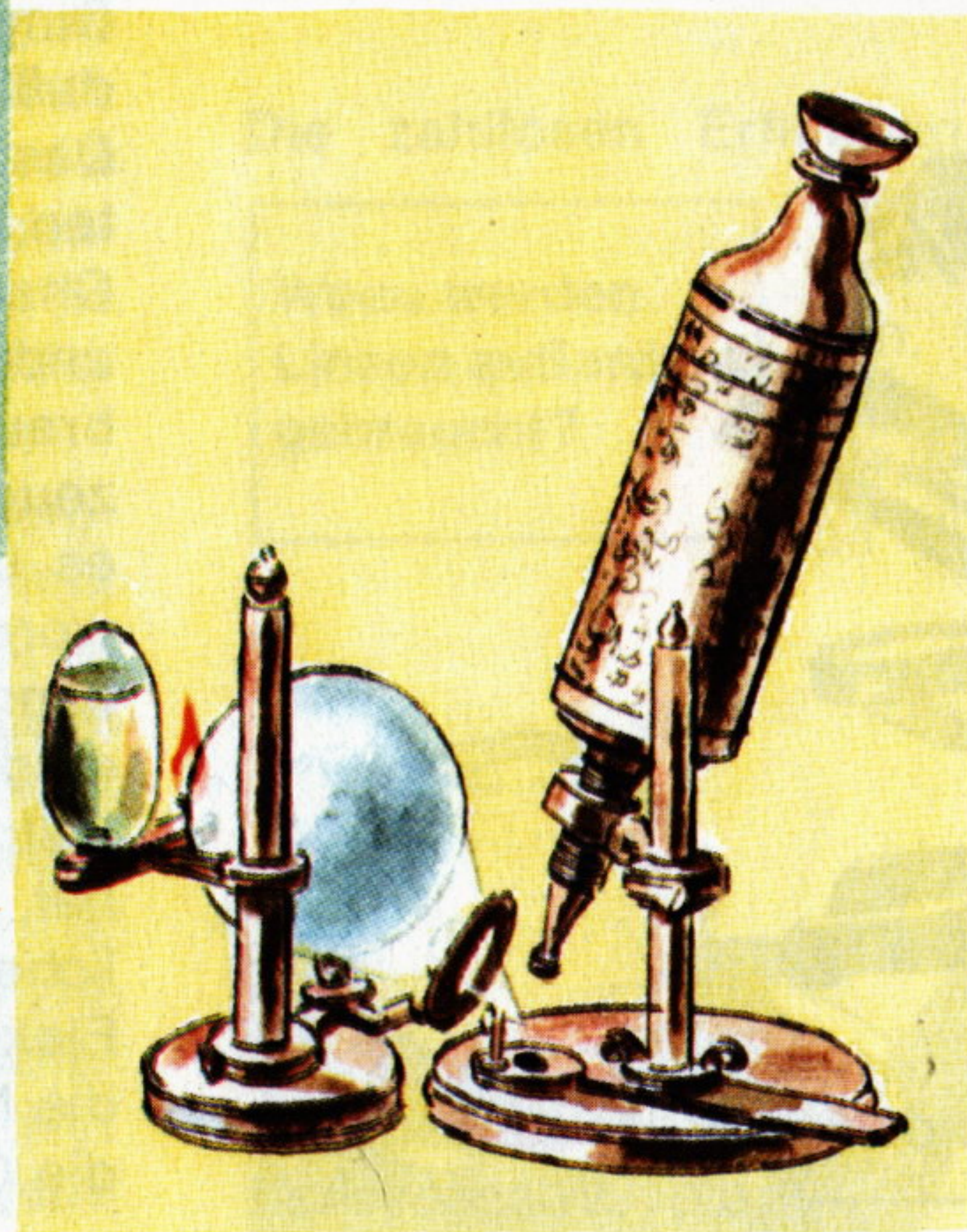
Oben: Die Kuppel der Sternwarte auf dem Mount Palomar



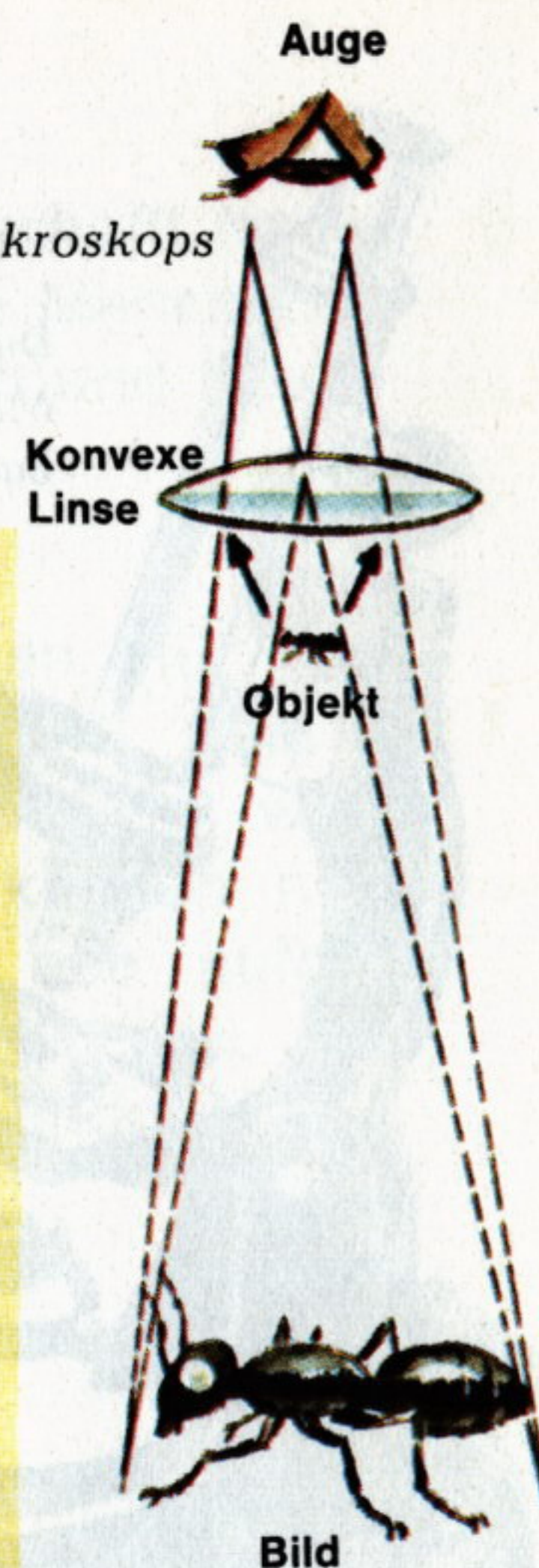


Leeuwenhoeks Mikroskop war ein einfaches Instrument aber ein bedeutender Anfang.

Der Engländer Robert Hooke baute 1664 im Auftrage der Royal Society, einer berühmten wissenschaftlichen Gesellschaft in England, ein praktisches, zusammengesetztes Mikroskop.



Schematisches Bild eines einfachen Mikroskops

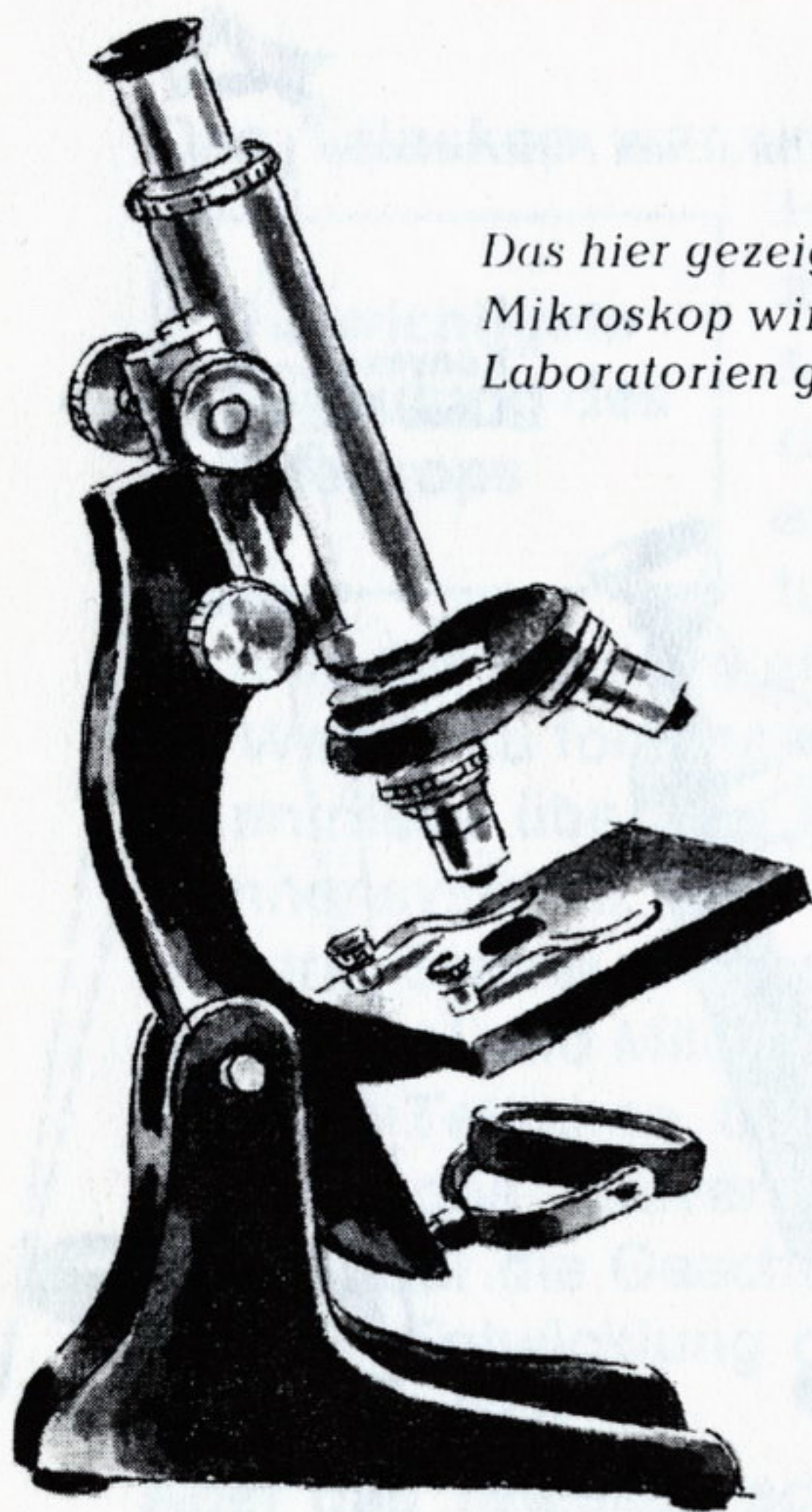


achtung auf sehr kurze Entfernung bestimmt ist. Das optische Prinzip beider Instrumente ist gleich. Galilei baute das erste Mikroskop als Umarbeitung eines seiner Teleskope. Zu Anfang war die Verwendung von Linsen zum Betrachten kleiner Gegenstände nur eine amüsante Spielerei.

Ein holländischer Kurzwarenhändler, Anton van Leeuwenhoek, machte aus dem Spaß eine Wissenschaft. Er betrieb das Schleifen von Linsen als Freizeitbeschäftigung; er glaubte, niemand könne sie besser machen als er. Tagsüber arbeitete Leeuwenhoek in seinem Laden und verbrachte dann lange Abende und Nächte in seiner Werkstatt mit dem Schleifen und Polieren seiner Linsen. Er arbeitete jahrelang, verbesserte allmählich seine Technik und konnte schließlich Linsen von stärkster Krümmung herstellen, die nur drei bis vier Millimeter Durchmesser hatten. Diese dünnen Glasstückchen montierte

er in Silber- oder Goldrahmen. Damit schaute er dann in eine Welt, die bisher viel zu klein gewesen war, um sie mit bloßen Augen zu sehen. Leeuwenhoek prüfte die Poren seiner Haut, die Flügel von Insekten, das wimmelnde Leben in einem Wassertropfen. Er entdeckte, wie sauberes Wasser mit Mikroben überschwemmt wurde, wenn es längere Zeit in freier Luft stand. Und im Jahre 1674 wurde Anton van Leeuwenhoek der erste, der die roten Blutkörperchen beschrieb.

Anton van Leeuwenhoek eröffnete den Menschen eine neue Welt. Das Teleskop wendete die Blicke der Menschen nach oben in die gigantische Unermeßlichkeit des Universums. Das Mikroskop lenkte seine Aufmerksamkeit auf eine Welt, von der er nichts gewußt hatte, eine Welt, wimmelnd von kleinen Lebewesen, die die Quelle vieler Krankheiten und Plagen seines Körpers bildeten.



Das hier gezeigte zusammengesetzte Mikroskop wird heute in den meisten Laboratorien gebraucht.

Hätte die Entdeckung der Linsen und

Welche Wissenschaft wurde durch das Mikroskop revolutioniert?

die Wissenschaft der Optik nicht mehr geleistet, als uns das Mikroskop zu schenken – es wäre viel gewesen.

Das Mikroskop ist eine der wertvollsten Erfindungen, die je aus dem Geist und der Arbeit des Menschen entstanden. Ohne dies Instrument würde die medizinische Wissenschaft immer noch darum kämpfen, die Ursachen und die Heilmittel für viele Krankheiten zu finden. Viele Seiten wären nötig, um die lebensrettenden Entdeckungen zu schildern, die mit Hilfe des Mikroskops gemacht wurden. Die Arbeit von Männern wie Robert Koch, der den Tuberkulosebazillus fand, Louis Pasteur, der die Tollwut besiegte, Jonas Salk, der erst

Vor hundert Jahren war das fotografische Portrait noch eine anstrengende Aufgabe, für das Modell wie für den Fotografen. Selbst im hellen Sonnenlicht dauerte die Belichtungszeit Minuten und nicht Teile von Sekunden wie heute. Um das „Opfer“ an einer Bewegung zu hindern, wurde sein Kopf in einem Rahmen gehalten.

kürzlich der Kinderlähmung Einhalt gebot – um nur einige wenige zu nennen – wäre niemals möglich gewesen ohne das wunderbare Instrument, das uns Dinge sehen läßt, die zu klein sind, als daß unser Auge sie entdecken könnte. Das Mikroskop wird auf vielen Gebieten menschlichen Bemühens gebraucht. Chemiker, Physiker, Biologen und viele andere Wissenschaftler, sie alle gebrauchen das Mikroskop als ein Werkzeug der Forschung. In unserer Zeit ist es über die Linsen hinaus entwickelt worden. Das Elektronenmikroskop kann noch tiefer in die Welt des Kleinen eindringen als das sonst gebräuchliche Instrument. Obgleich es keine Linsen hat, ist sein Prinzip dem des gewöhnlichen Mikroskops gleich. Mit dem Elektronenmikroskop ist es möglich, die Moleküle und Atome zu sehen, die die Grundbausteine aller Dinge bilden.

Heute arbeitet die Fotografie mit Lin-

Die erste Kamera mit einer Linse

sen, Spiegeln, Prismen und anderen optischen Erfindungen. Lange Zeit gab es jedoch Fotoapparate, die keine Linse hatten. Diese Erfin-



ung wurde *camera obscura* genannt; sie bestand nur aus einer dunklen Kammer – das war alles. Der schon früher genannte Alhazan beschrieb im 11. Jahrhundert das Prinzip der *camera obscura*, bei der ein kleines Loch in der Wand des Raumes die Lichtstrahlen brach und an die gegenüberliegende Wand ein umgekehrtes Bild warf. Das Bild war jedoch weder scharf noch hell genug.

Im 16. Jahrhundert verwendete Geronimo Cardano, ein italienischer Physiker und Mathematiker, eine konvexe Linse in einer *camera obscura*; damit begann in gewissem Sinne die Fotografie. Doch gab es damals noch keine Möglichkeit, ein dauerndes Bild zu machen. Die Fotografie begann wirklich im Jahre 1816, als Joseph Nicéphore Niépce, ein französischer Forscher, ein Bild auf einem Papier festhielt, das mit Silberchlorid bestrichen war.

Die Linsen unserer heutigen Kameras sind verfeinert und sorgfältig ausgearbeitet, aber im wesentlichen die gleichen wie die erste Linse, die ein Bild ergab. Fernsehkameras verwenden Linsen auf dieselbe Weise; sie werfen das Bild des Schauspielers auf einen elektrischen Schirm. In den Kinos werfen die Linsen der Projektoren die Bilder des Films durch den Publikumsraum und füllen die große Leinwand mit Bildern.

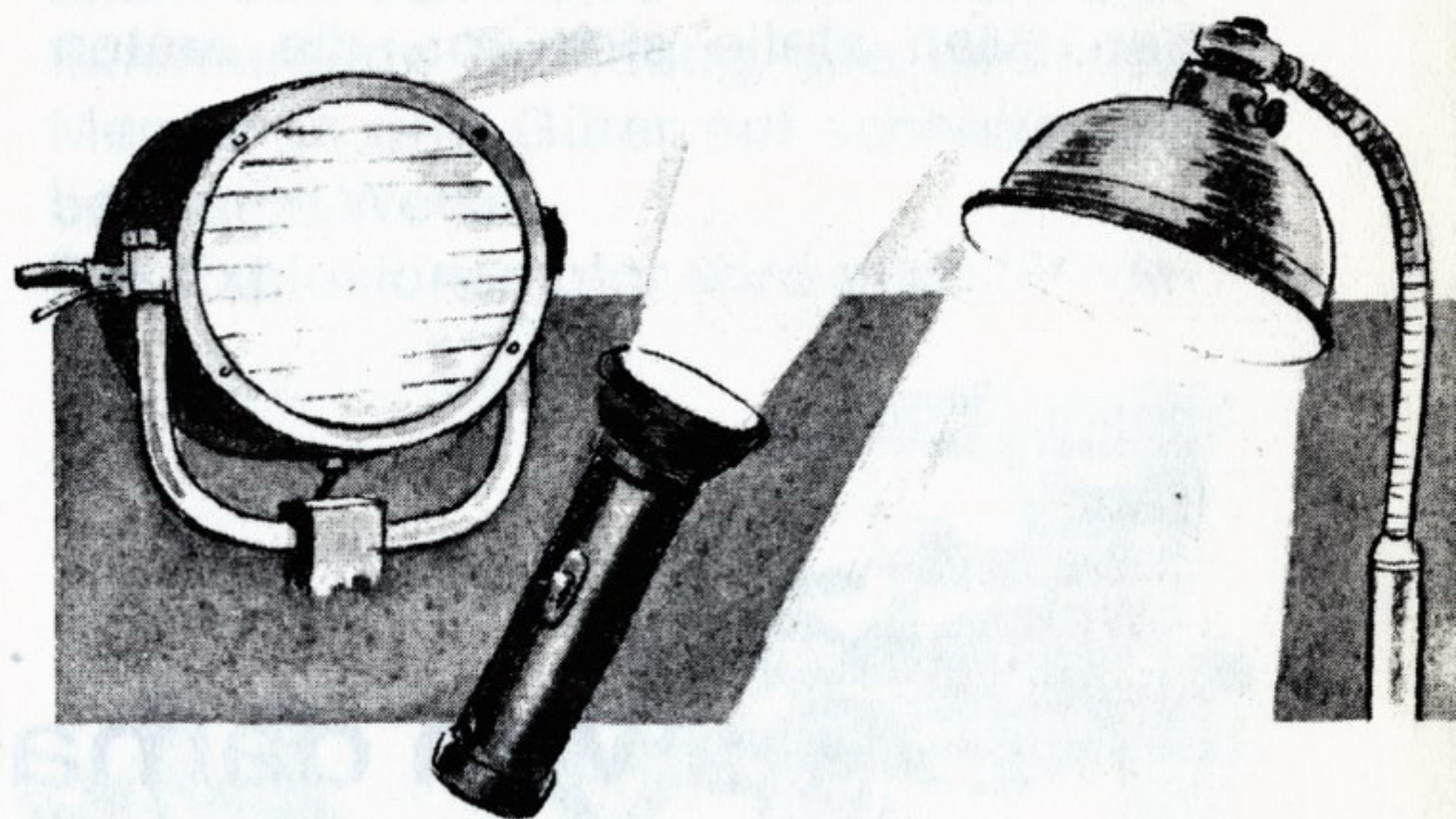
Die Kamera dient natürlich weit mehr Zwecken als nur der Unterhaltung. Die Fotografien, die im 19. und 20. Jahrhundert entstanden und noch entstehen, werden die kommenden Generationen über unser Leben informieren. In hundert Jahren werden unsere Urkel genau sehen können, wie die berühmten Männer und Frauen unserer Zeit aussahen; auf der Filmleinwand können sie wichtige Ereignisse betrachten, die für sie längst vergangen sein

werden. Die Filmkamera schafft heute ein Familienalbum für die Menschheit – ein Album in Farbe, Ton und Bewegung.

Die zahllosen Erfindungen, für die

Wozu werden Linsen außerdem gebraucht?

ebenfalls Linsen verwendet werden, können hier nicht alle aufgezählt werden. Jede Erfindung, die



Einige Beispiele für die Anwendung von Linsen in unserer Zeit.

das Licht benutzt und kontrolliert, hat eine Linse oder optische Vorrichtungen. Sonnenbatterien benutzen Linsen, um das Sonnenlicht in der elektrischen Zelle zu konzentrieren. Die Taschenlampen, die wir fürs Camping brauchen, das mächtige Flutlicht in unseren Sportarenen, die Scheinwerfer auf den Bühnen unserer Theater und an unseren Autos, sie alle benutzen Linsen, um das Licht in einem Strahlenbündel zu sammeln.

Die Hersteller der Linsen haben nicht den ersten Verwendungszweck dieser optischen Erfindung vergessen: die Aufgabe, menschliche Sehbehinderungen zu korrigieren. Heute ist es möglich, Augengläser herzustellen, die fast alle Arten von Sehschwäche verbessern. Menschen, die man vor Jahrhun-

derden für fast blind gehalten hätte, können jetzt mit gutem Sehvermögen durch die Welt des Lichts gehen, weil es die Linsen gibt. Seit einiger Zeit gibt es Augengläser — als Kontaktgläser bekannt —, die genau auf die Pupille passen.

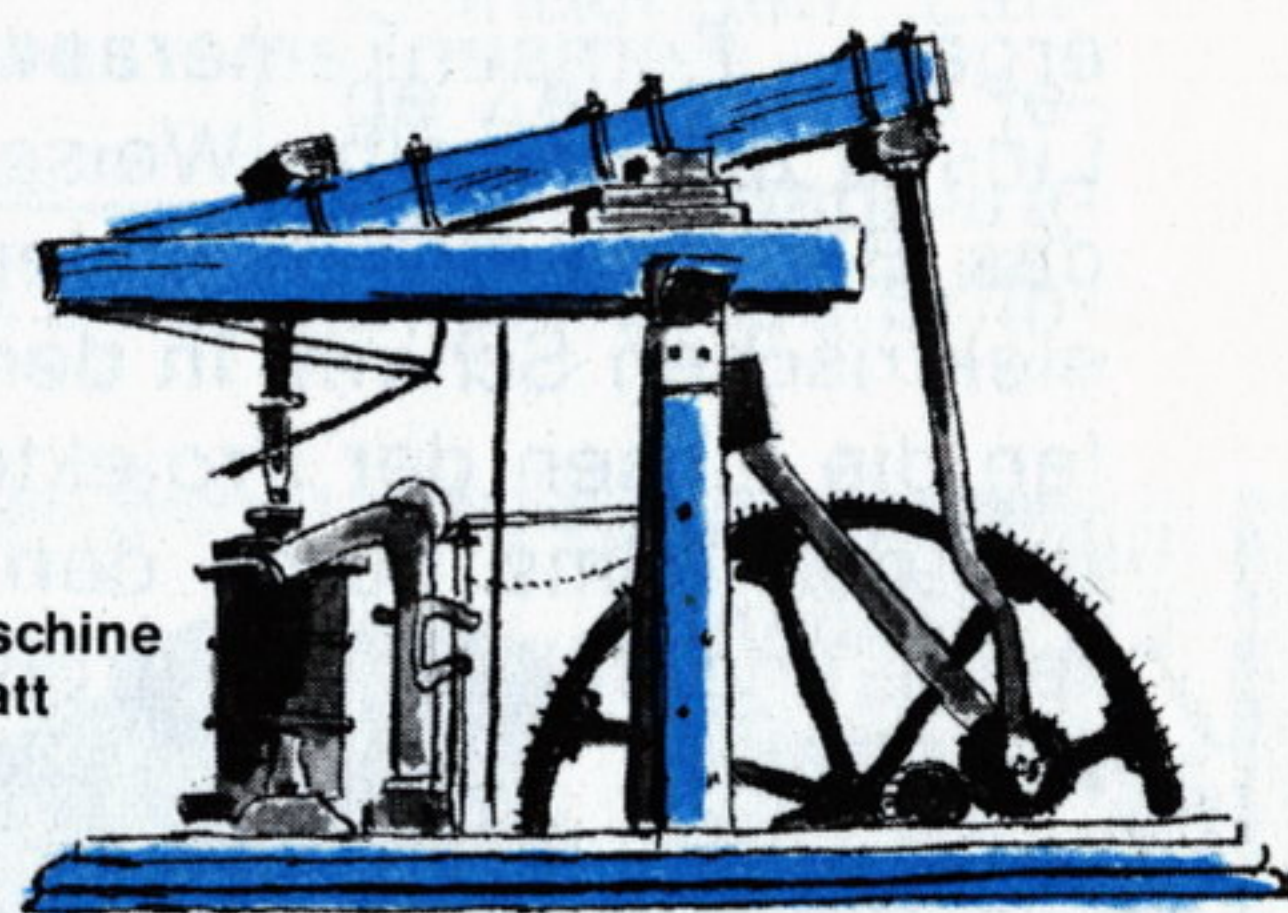
Von den vielen grundlegenden Erfindungen, die der Mensch gemacht hat, ist die Optik und die Entwicklung der Linsen eine der wenigen, die ein menschliches Sinnesorgan in einer Weise erweitern, von der die Menschen vergangener Zeiten nur geträumt haben. Man stelle sich vor, die ersten

Ackerbauern hätten gehört, daß ihre Nachkommen eines Tages imstande sein würden, Millionen von Kilometern weit zu sehen! Sie würden auch das Mikroskop und erst recht die Kamera für reine Zauberei gehalten haben. Zweifellos hat schon der primitive Mensch in einem stillen Augenblick den Tropfen auf einem Blatt beobachtet; er muß die Blattstelle darunter leicht vergrößert gesehen haben und darüber verwundert gewesen sein. Aber er hat nicht voraussehen können, daß der Wassertropfen die Grundlage einer wunderbaren Erfindung werden sollte.

Von damals bis heute

Wir haben nur einige der grundlegenden Erfindungen des Menschen in ihren Anfängen geschildert. Jahrhundert für Jahrhundert entfaltete sich die Technik, mehrten sich die Ideen, und der Mensch entdeckte mehr und mehr über die Natur der Welt. Die großen Erfindungen waren oft das Ergebnis der Arbeit vieler Menschen, die Schritt für Schritt die Kenntnisse ergänzten. Bei einigen Erfindungen dauerte es mehrere Jahrhunderte, bis die Höhe ihrer Entwicklung erreicht war. Andere entstanden in wenigen Jahren, wenn die Forscher einander in ihren Experimenten unterstützten und ihre Erfahrungen austauschten.

Wir wollen nur noch wenige grundlegende Erfindungen erwähnen, über die in anderen Büchern dieser Sammlung ausführlich berichtet werden soll.



Die Dampfmaschine von James Watt

Die Dampfmaschine war eine der ersten unabhängigen Kraftquellen des Menschen. Die Schiffe waren nun nicht länger vom Wind abhängig, die Mühlen nicht mehr allein auf Wind oder Wasser angewiesen. Eine Dampf-

Die Dampfmaschine

maschine ist zu jeder Zeit bereit, für den Menschen zu arbeiten.

James Watt entwarf die erste brauchbare Dampfmaschine im Jahre 1765. Im folgenden Jahrhundert wurde sie zu einer stationären Kraftquelle für Maschinenfabriken und zu einer beweglichen Kraftquelle für Dampfschiffe, Wagen und Eisenbahnen.

Die Dampfmaschine verursachte eine Revolution in der westlichen Welt. Sie trieb die Maschinen in den Fabriken und beförderte die Menschen über weite Entfernungen.

Die Entwicklungsgeschichte der Elektrizität geht bis auf

Elektrizität

die alten Griechen des 6. Jh. v. Chr. zurück, die zuerst die feinen Funken statischer Elektrizität beschrieben.

Im Jahre 1746 stellte der holländische Forscher Cunaes die Leydener Flasche her, die erste Vorrichtung, die Elektrizität sammeln konnte.

In den technischen Bezeichnungen vieler Erfindungen sind die Namen vieler Männer verewigt, die Wege fanden, die Elektrizität zu nützlicher Arbeit zu verwenden, sie zu erzeugen, zu sammeln und zu übertragen. Ohm, Watt, Ampère, Volt sind einige dieser Namen, mit denen die Natur und die Arbeitsweise elektrischer Kräfte bezeichnet werden.

Leydener Flasche



Im Jahre 1885 bauten zwei Deutsche, Gottlieb Daimler und Karl Benz, eine Maschine, die Petroleum verbrannte und die daraus entstehende Kraft benutzte, um Bewegung zu erzeugen. Dies war der Explosionsmotor, der letzten Endes die Dampfmaschine als Kraftquelle für laufende Wagen und Eisenbahnzüge verdrängte.

Diese Maschine – wir kennen sie vor allem aus den Autos – war eine revolutionierende Erfindung. Sie befördert Menschen und Güter auf schnelle und bequeme Weise.

Der Explosionsmotor wird auch für viele andere Erfindungen gebraucht. Er treibt die Flugzeuge, die Motorboote und Ackermaschinen. Er ist auf hunderterlei Art nützlich.

Wie ein Vogel durch die Luft fliegen zu können – das war ein Traum, der den Menschen durch seine ganze Geschichte begleitete. Jedes Jahrhundert hatte Erfinder, die plumpe Flugversuche machten, schwerfällige Flügel bauten und sie wie die Vögel zu schlagen versuchten. Etliche sind bei diesen Experimenten verunglückt; aber immer

Der Explosionsmotor

Gottlieb Daimler und Karl Benz, eine Maschine, die Petroleum verbrannte und die daraus entstehende Kraft benutzte, um Bewegung zu erzeugen.

Dies war der Explosionsmotor, der letzten Endes die Dampfmaschine als Kraftquelle für laufende Wagen und Eisenbahnzüge verdrängte.

Diese Maschine – wir kennen sie vor allem aus den Autos – war eine revolutionierende Erfindung. Sie befördert Menschen und Güter auf schnelle und bequeme Weise.

Der Explosionsmotor wird auch für viele andere Erfindungen gebraucht. Er treibt die Flugzeuge, die Motorboote und Ackermaschinen. Er ist auf hunderterlei Art nützlich.



Die Erfindung des Explosionsmotors leitete die Zeit der Automobile ein.

Wie ein Vogel durch die Luft fliegen zu können – das war ein Traum, der den Menschen durch seine ganze Geschichte begleitete. Jedes Jahrhundert hatte Erfinder, die plumpe Flugversuche machten, schwerfällige Flügel bauten und sie wie die Vögel zu schlagen versuchten. Etliche sind bei diesen Experimenten verunglückt; aber immer

Wie ein Vogel durch die Luft fliegen zu können – das war ein Traum, der den Menschen durch seine ganze Geschichte begleitete. Jedes Jahrhundert hatte Erfinder, die plumpe Flugversuche machten, schwerfällige Flügel bauten und sie wie die Vögel zu schlagen versuchten. Etliche sind bei diesen Experimenten verunglückt; aber immer

Das Flugzeug

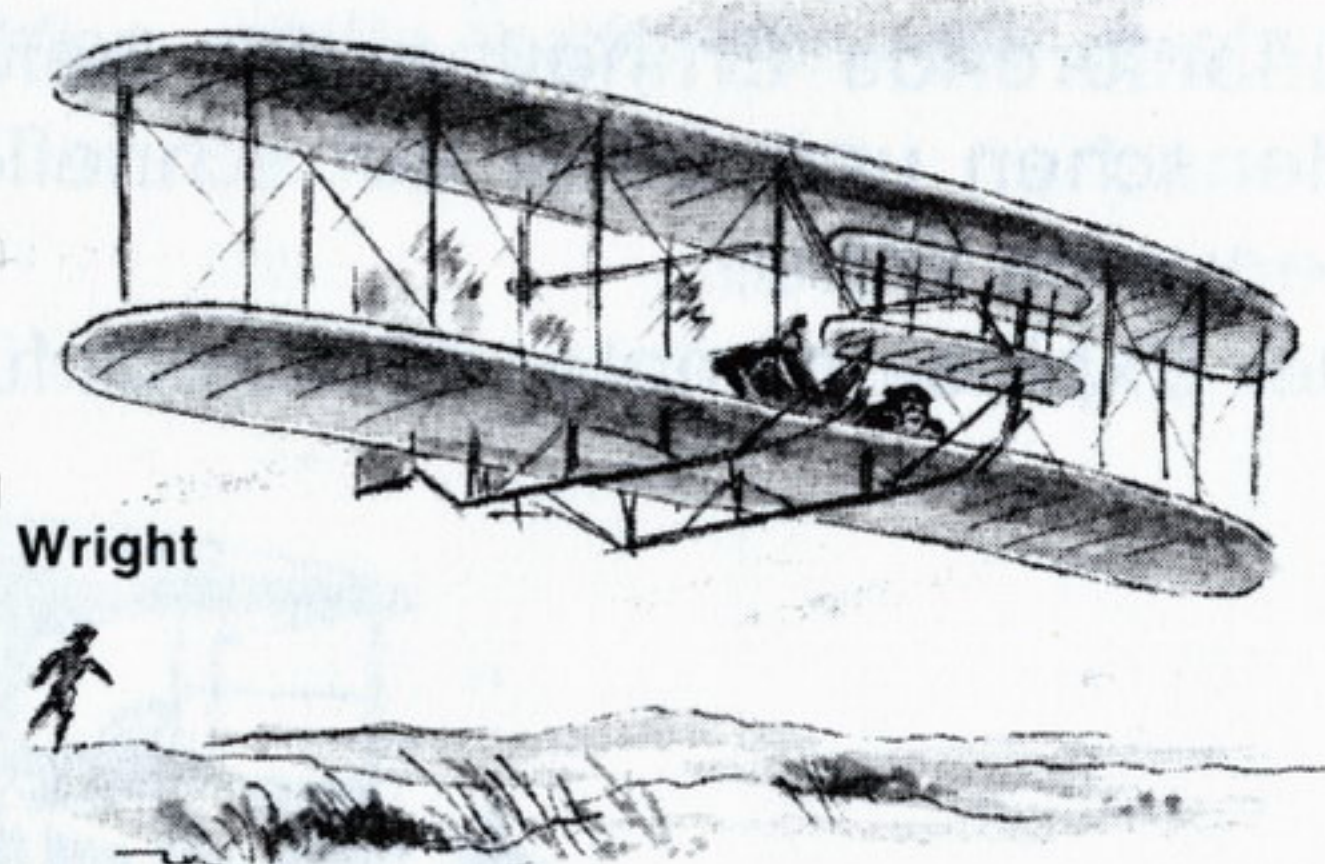
Jedes Jahrhundert hatte Erfinder, die plumpe Flugversuche machten, schwerfällige Flügel bauten und sie wie die Vögel zu schlagen versuchten. Etliche sind bei diesen Experimenten verunglückt; aber immer

Etliche sind bei diesen Experimenten verunglückt; aber immer

wieder fanden sich Männer, die den Flug der Vögel nachahmen wollten. Die Richtung dieser Flugversuche wurde vollständig geändert, als im Jahre 1809 der englische Forscher Sir George Caylay nachwies, daß Flugmaschinen starre Flügel haben müßten. Seine Berechnungen leiteten den Deutschen Otto von Lilienthal, der schließlich im Jahre 1891 in einem Gleiter nach eigenem Entwurf kurze Strecken fliegen konnte.

Der nächste Schritt bestand darin, sol-

Das Flugzeug
der Gebrüder Wright



chen Gleiter mit einer Kraftquelle zu verbinden. Weiterführende Experimente wurden nun vor allem in Amerika unternommen, wo Samuel Langley verschiedene kleine Modelle herstellte, die mit propellergetriebenen und mit Explosionsmaschinen ausgerüsteten Motoren versehen waren. Langley versuchte, eine Maschine groß genug zu machen, um einen Menschen zu tragen – es mißlang. Seine kleinen Modelle flogen jedoch wundervoll.

Die Brüder Wright hatten am 17. 12. 1903 Erfolg, als Orville Wright den ersten mit Maschinenkraft getriebenen Flug durchführte. Das Zeitalter der Luftfahrt begann.

Massen- produktion

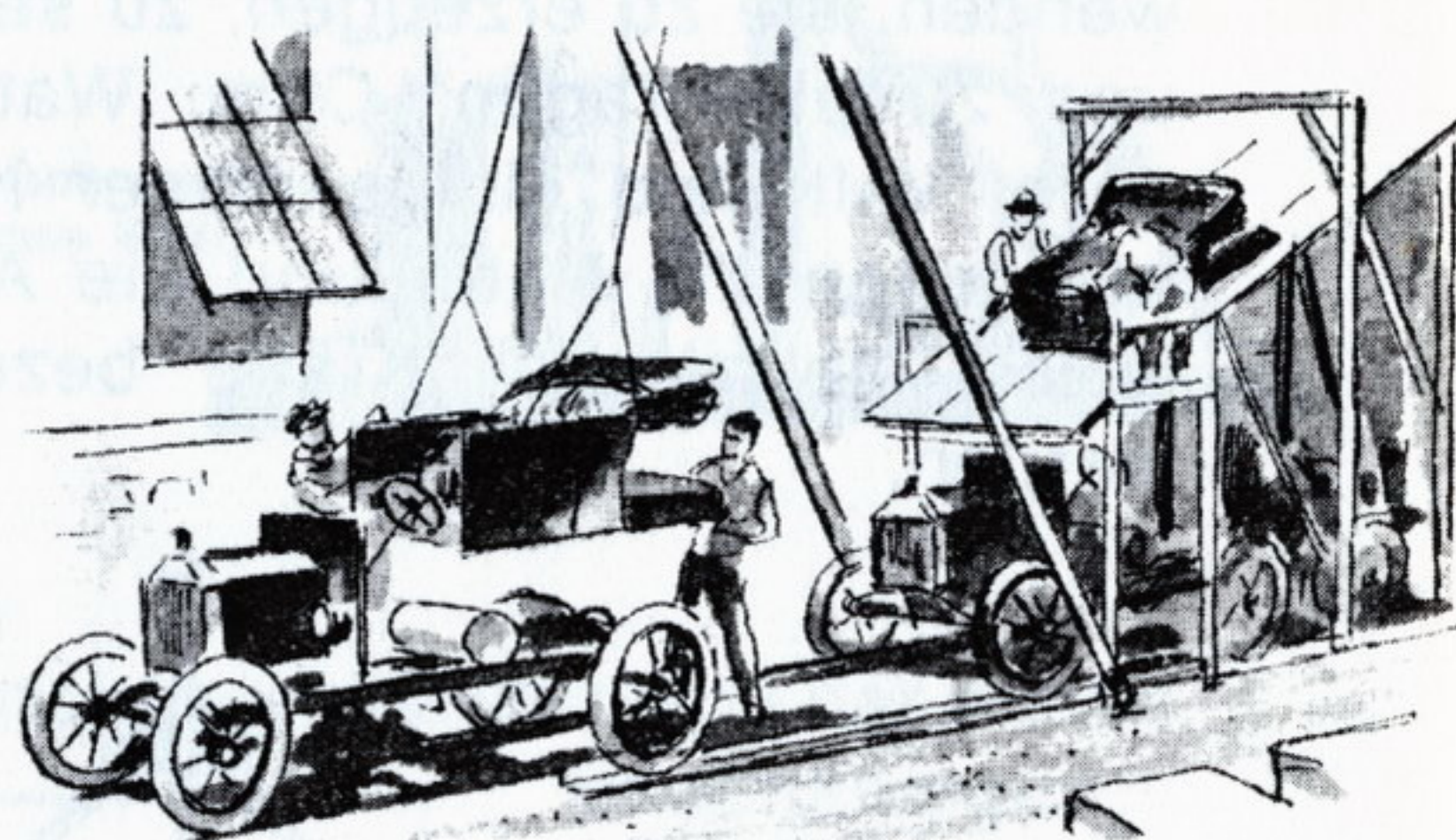
Unser Lebensstandard ist heute vor allem das Ergebnis der Technik, mit deren Hilfe wir Tausende von genau gleichen Gegenständen her-

stellen, die austauschbare Teile haben. In früheren Zeiten wurden alle Gebrauchsgüter in Einzelherstellung durch Handwerker gemacht. Nicht zwei solcher Dinge waren genau gleich, und die Kosten waren sehr hoch.

Damit die Massenherstellung Wirklichkeit werden konnte, mußten neue Vorstellungen entstehen – Ideen, nicht Maschinen. Die erste solcher Ideen tauchte zu Anfang des 19. Jahrhunderts auf, als ein englischer Ingenieur, Sir Joseph Whitworth, ein präzises Meßsystem ausarbeitete. Bis dahin waren die Meßsysteme – z. B. ein Zoll – nicht einheitlich. Whitworth erfand eine Methode, die Maße von Gegenständen – Länge, Breite, Stärke oder Dicke – mit äußerster Genauigkeit zu bezeichnen. Dies ermöglichte den Bau von Werkzeugmaschinen, die genau gleiche Fabrikationsteile herstellten. Einige Jahre später wendete Samuel Colt dies System auf die Herstellung von Gewehren an. Alle Teile waren austauschbar, weil sie nach exakten Maßen hergestellt waren.

Zwei amerikanische Automobilfabrikanten vervollständigten Anfang des 20. Jh. den Prozeß der Massenherstellung. Ransom Olds begann mit der

Massen-
produktion



Massenproduktion, indem er seiner Fabrik vorgefertigte Teile liefern ließ. Henry Ford führte die Arbeit am laufenden Band ein, bei der ein Wagen auf einer „Straße“ durch die Fabrik bewegt

wurde und die benötigten Bauteile in aufbauender Reihenfolge nacheinander an genauen Plätzen und in genauen Zeiten montiert wurden. Wenn das Auto das nach draußen führende Fabriktor erreichte, war es vollständig montiert und fahrbereit. Ford war schließlich imstande, in jeder Minute einen Wagen auszustoßen.

Heute werden die meisten Gebrauchsgüter – selbst die Kleidung – in Massenproduktion billig hergestellt.

Jahrtausendlang war der einzige Weg,

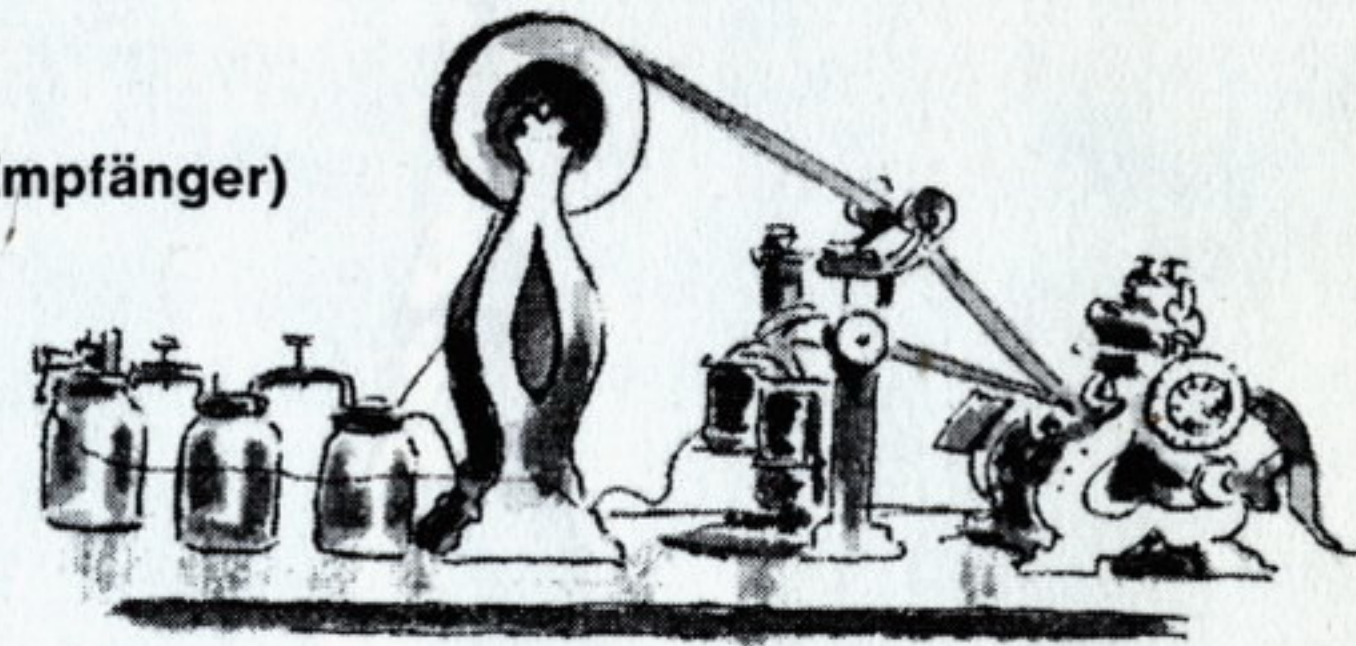
Verbindungen über weite Entfernungen

Mitteilungen über weite Entfernungen weiterzugeben, einen Boten zu schicken. Erst in der Mitte des

19. Jahrhunderts wurde der Bote abgelöst durch schnellere und sichere Techniken. Das wurde möglich durch die außerordentliche Beweglichkeit der Elektrizität.

Im Jahre 1844 sandte Samuel Morse die erste Nachricht in dem nach ihm benannten Morsealphabet über den von ihm gebauten Telegraf von Washington nach Baltimore über den Draht. 1876 schickte Graham Bell seine Stimme an einen Mitarbeiter über den Apparat, den wir jetzt als Telefon bezeichnen. Der nächste Schritt war die Verbindung ohne Draht. Guglielmo Marconi machte das erste Experiment mit der Radiotechnik in Cornwall, indem er Signale, aus geringen Mengen von Elektrizität bestehend, von England nach St. Johns in Neu-Fundland (Nordamerika) sandte. Das Fernsehen, das wirkliche Bilder durch die Luft sendet, begann mit der Erfindung des Ikonskops im Jahre 1928 durch einen in Rußland geborenen Wissenschaftler, Wladimir Zworykin, der in den USA arbeitet.

Morses Telegraf (Empfänger)

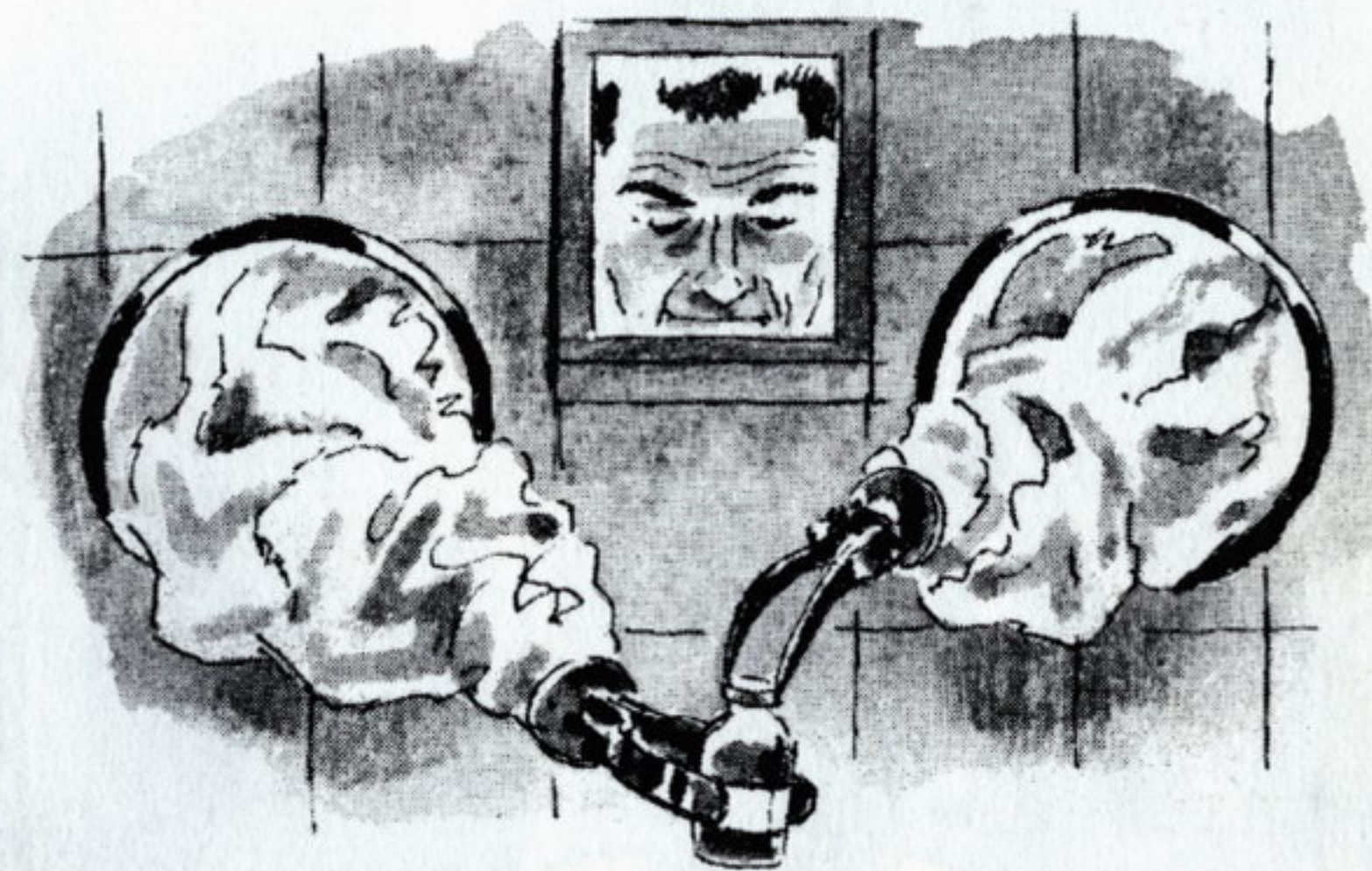


Heute können wir durch das Radio mit der ganzen Erde und mit den Satelliten tief im Weltraum Verbindung aufnehmen. Der Satellit Telstar ermöglicht es, Fernsehbilder farbig nach jedem Ort der Erde zu senden.

Als Albert Einstein im Jahre 1905 seine

Atomenergie

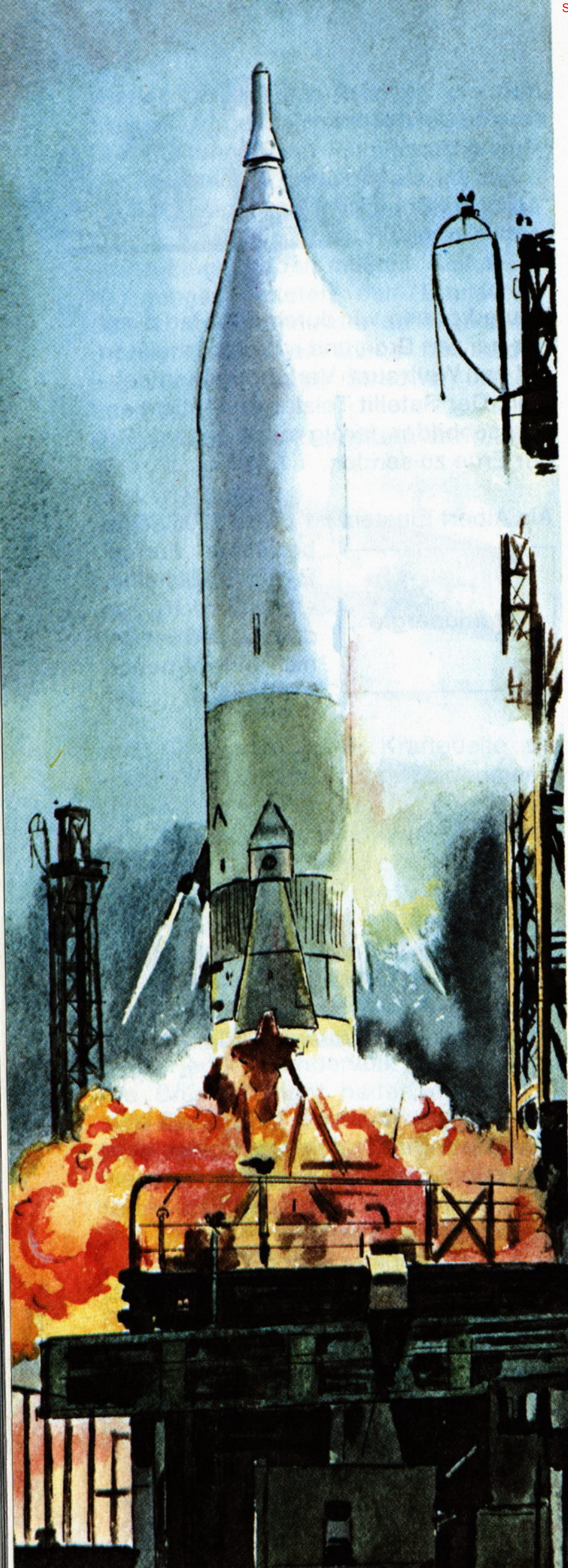
berühmte Formel $E = mc^2$ aufstellte, entschlüsselte er damit das Geheimnis einer neuen Kraftquelle, der



Umgang mit radioaktivem Material

Atomenergie. Im Jahre 1945 schoß der ungeheure Blitz, rollte der urgewaltige Donner der ersten Auslösung dieser Energie in einer berstenden Explosion über die Wüsten von Neu-Mexiko. Ein neues Zeitalter war geboren.

Die Atomenergie gab der Menschheit eine fürchterliche Waffe der Zerstörung; aber sie gibt ihr auch eine Kraftquelle, die dem Frieden dienen kann. In vielen Ländern der Erde erzeugen jetzt Atomkraftwerke Elektrizität. Atomenergie



treibt Schiffe über und unter Wasser und wird wohl eines Tages Flugzeuge und Autos antreiben. Sie ist die mächtigste Kraftquelle, die jemals durch die erfinderische Menschheit entdeckt wurde.

Die alten Chinesen haben schon mit

Raketen und Satelliten

Hilfe einer explosiven Mischung Raketen in die Luft geschossen; aber es dauerte bis zur Mitte des 20. Jahr-

hunderts, bis die Raketen eine praktisch anwendbare Erfindung wurden. Viele Menschen trugen zur Entwicklung dieses schnellsten aller Fahrzeuge bei. Der Russe Konstantin Tsiolkowsky, der Deutsche Wernher von Braun, der Amerikaner Robert Goddard – sie alle waren Grundlagenforscher auf diesem erregenden Forschungsgebiet.

Heute haben zwei Staaten, die Vereinigten Staaten von Amerika und die Sowjetunion, perfekte Raketen soweit entwickelt, daß sie die Atmosphäre verlassen und in den Weltraum eintauchen können, um die Geheimnisse des Mondes und unserer Nachbarplaneten zu erforschen. Einige Raketen haben Menschen sicher um die Erde getragen, andere sind in stabile Umlaufbahnen um die Erde gebracht worden. Diese neue Erfindung hat nicht nur ein ganz neues Feld wissenschaftlichen Studiums geschaffen; sie hat auch den Forschungshorizont des Menschen wesentlich erweitert.

Wahrscheinlich wird der Mensch bald auf dem Mond landen, vielleicht eines Tages auch auf dem Mars, und eine neue Ära der Menschheitsgeschichte wird ihren Anfang nehmen.

Start einer Rakete. Die Erfindung von Raketen ermöglichte des Menschen erste Versuche, in den Weltraum einzudringen, um ihn zu erforschen. Sie eröffnete das Weltraumzeitalter.