

Zur Jugendweihe 1955

gewidmet vom
Zentralen Ausschuss für Jugendweihe
in der
Deutschen Demokratischen
Republik

WELTALL ERDE MENSCH

Ein Sammelwerk zur Entwicklungsgeschichte von Natur und Gesellschaft

unter der Redaktion von

Dr. Gisela Buschendorf, Horst Wolffgramm, Irmgard Radandt

1955

VERLAG NEUES LEBEN

*Künstlerische und technische Bearbeitung: Helmut Schiering
Schutzumschlag und Einband: Günter Brandt*

2. unveränderte Auflage · 121.–200. Tausend

Alle Rechte vorbehalten · Lizenz Nr. 303 (303/142/55)

*Für die veröffentlichten Karten auf den Seiten 311, 314, 318, 335, 359 sowie für
die Farbtafeln XV bis XVII gilt die Genehmigung des MdI der DDR Nr. 1599*

Satz: Druckhaus Einheit Leipzig III/18/211

Druck: Sächsische Zeitung, Dresden III/9/1

Die Anregung zur Herausgabe dieses Buches gab die bedeutsame Ausstellung der Tschechoslowakischen Republik

DIE ENTWICKLUNG DES WELTALLS,
DER ERDE UND DES MENSCHEN

Wir danken den tschechoslowakischen Freunden, die uns mit wertvollem Bildmaterial unterstützten, im besonderen Herrn Professor Zdeněk Burian, der uns freundlicherweise die Reproduktion seiner Gemälde gestattete

*

Große Aufgaben sind durch unsere Jugend im Kampf um ein einheitliches, friedliebendes und demokratisches Deutschland sowie bei der Festigung unserer Arbeiter-und-Bauern-Macht zu lösen. Beim weiteren Aufbau unserer Städte und Dörfer, bei der weiteren Hebung des Lebensniveaus unserer Bevölkerung wird die Jugend ihren Beitrag um so besser leisten können, je schneller sie es versteht, sich mit einem umfassenden Wissen auszurüsten, sich die Erkenntnisse der fortgeschrittensten Wissenschaft und Technik anzueignen, und je aktiver sie mithilft, diese Errungenschaften in den Dienst des gesellschaftlichen Fortschritts zu stellen.

Das vorliegende populärwissenschaftliche Sammelwerk „Weltall · Erde · Mensch“ gibt allen Werktätigen, insbesondere unseren Mädchen und Jungen, die Möglichkeit, auf leichtverständliche Weise in die „Geheimnisse“ des Werdens und Vergehens, in das Wesen der materiellen Welt einzudringen. Es lehrt erkennen, daß sich die Welt aus den der Materie innewohnenden Gesetzen in ewiger Bewegung und Veränderung befindet und entwickelt, daß die pflanzlichen und tierischen Organismen sowie die anorganischen Körper dem ewigen Gesetz der Bewegung und Veränderung unterworfen sind.

Auch die menschliche Gesellschaft befindet sich in ständiger Entwicklung. Nicht immer hat es Ausbeuter und Ausgebeutete, Unterdrücker und Unterdrückte, Besitzende und Besitzlose, Ausplünderung und Versklavung gegeben. Das alles wurde erst möglich auf bestimmter Entwicklungsstufe der menschlichen Gesellschaft, als sich das Privateigentum an den Produktionsmitteln und damit die Spaltung der Gesellschaft in Klassen herausbildete. Solange die menschliche Gesellschaft in sich feindlich gegenüberstehende Klassen, in Ausbeuter und Ausgebeutete, gespalten ist, ist daher der Kampf der unterdrückten und rechtlosen Klasse um ihre Befreiung eine historische Notwendigkeit. Die Schöpfer der Geschichte sind die revolutionären Volksmassen; denn sie sind es, die durch ihren Kampf die fortschrittlichen Veränderungen im gesellschaftlichen Leben herbeiführen.

In dem vorliegenden Buch wird, ausgehend von den Erkenntnissen der fortgeschrittensten Wissenschaft, der Sowjetwissenschaft, die Entwicklung in Natur und Gesellschaft dargelegt und den realen wissenschaftlichen Erkenntnissen entsprechend aufgezeigt, daß wir durch unseren Kampf die Entwicklung der menschlichen Gesellschaft zum Höheren, zum Vollkommeneren beschleunigen können.

Gleichzeitig wird der Kampf gegen Aberglauben, Mystizismus, Idealismus und alle anderen unwissenschaftlichen Anschauungen geführt. Mögen daher die Jugend und darüber hinaus alle Werktätigen die in diesem Buch dargelegten Gesetze der Natur und der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft studieren, mögen sie diese Erkenntnisse in ihrem täglichen Leben, in der täglichen Arbeit, auf Wanderungen und Fahrten und vor allem in unserem gerechten Kampf für die Erhaltung des Friedens und die Wiedervereinigung unserer deutschen Heimat auf friedlicher und demokratischer Grundlage anwenden!

Das Buch wird, dessen bin ich gewiß, vor allem unserer Jugend ein wahrer Helfer, Lehrer und Freund sein!

Dank an alle deutschen Wissenschaftler aus Ost und West, die in verdienstvoller Arbeit dieses Werk in erster Linie für die deutsche Jugend geschaffen haben. Ich wünsche diesem Werk eine weite Verbreitung.

Freundschaft!



STELLVERTRETER
DES MINISTERPRÄSIDENTEN

Mit der Herausgabe des Buches „Weltall · Erde · Mensch“ hat der Verlag Neues Leben einen weiteren bedeutenden Schritt getan, um der Jugend die Möglichkeit zu geben, auf leichtverständliche Art sich mit der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft und der Natur vertraut zu machen. Die Aneignung wissenschaftlicher Kenntnisse ist für die junge Generation, die das große Aufbauwerk in der Deutschen Demokratischen Republik fortführen soll, eine wichtige Aufgabe. Jeder Jugendliche wird mit Begeisterung und Spannung die vielen Beiträge über die Entstehung der Erde und des Menschen aufnehmen. Gleichzeitig hilft dieses Buch den Nebel zu zerreißen, der noch allzuoft über den Werdegang der menschlichen Entwicklung, über die Entstehung der Natur und die Gesetze des gesellschaftlichen Fortschritts gehängt wird. Für jeden jungen Menschen ist dieses Buch ein Rüstzeug für sein persönliches Fortkommen, für den Kampf um den Sieg des Neuen, des Fortschritts, gegen das Alte und Rückschrittliche. Die Beherrschung der Gesetze des gesellschaftlichen Fortschritts und des Lebens wird jeden jungen Menschen noch besser befähigen, seine großen Aufgaben der neuen Gesellschaft in der Deutschen Demokratischen Republik und im Kampf um das neue Deutschland zu erfüllen.



VORSITZENDER DES ZENTRALRATS
DER FREIEN DEUTSCHEN JUGEND

DIE EINZELNEN BEITRÄGE SCHRIEBEN

PROF. DR. ROBERT HAVEMANN

Direktor des Instituts für angewandte physikalische Chemie an der Humboldt-Universität zu Berlin

DIEDRICH WATTENBERG

Direktor der Archenhold-Sternwarte Berlin-Treptow

WALTER RETTSCHLAG

Staatliche Geologische Kommission Berlin

PROF. DR. JACOB SEGAL

Leiter des Instituts für allgemeine Biologie an der Humboldt-Universität zu Berlin

PROF. DR. WALTHER GOTHAN †

Mitglied der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin

Leiter der Arbeitsstelle für Paläobotanik und Kohlenkunde

DR. WINFRIED REMY

Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin — Arbeitsstelle für Paläobotanik und Kohlenkunde

WOLFGANG PADBERG

Museum für Deutsche Geschichte Berlin

DR. GISELA BUSCHENDORF

Museum für Deutsche Geschichte Berlin

R. F. SCHMIEDT UND DR. F. WEITENDORF

Deutsches Pädagogisches Zentralinstitut Berlin

ERIK HÜHNS

Museum für Deutsche Geschichte Berlin

PROF. DR. JÜRGEN KUCZYNSKI, NATIONALPREISTRÄGER

Leiter des Instituts für Wirtschaftsgeschichte an der Humboldt-Universität zu Berlin

LUDWIG EINICKE

Stellvertretender Direktor des Marx-Engels-Lenin-Stalin-Institutes beim Zentralkomitee der SED

DIE EINHEITLICHKEIT VON NATUR UND GESELLSCHAFT

PROF. DR. ROBERT HAVEMANN

Die ersten Menschen, die vor etwa einer Million Jahren lebten, waren schwächliche, hilflose Geschöpfe. Von allen Seiten in ihrer Existenz bedroht, waren sie von Natur schlechter zur Verteidigung ihres Lebens ausgerüstet als irgendein Tier. Weder verfügten sie über reißende Raubtierzähne und scharfe, wuchtige Pranken, noch waren sie ausgezeichnet durch besondere Schärfe ihrer Sinne. Die Natur hatte ihnen auch keine besondere Schnelligkeit des Laufes oder irgend andere körperliche Eigenschaften verliehen, die im Kampf ums Dasein für sie hätten nützlich sein können. Aber trotz solcher unvergleichlichen Benachteiligung in körperlicher Hinsicht gelang es dem Menschen doch, sich schließlich zum mächtigsten aller Lebewesen aufzuschwingen und zum Herrscher über die Natur zu werden. Diesen Sieg verdankt der Mensch zweien seiner Organe, die ihn zu unübertrefflichen Leistungen befähigten, die sich miteinander, sich wechselseitig beeinflussend, entwickelten und den Akt der Menschwerdung zu einer Tat des Menschen selbst machten: Hand und Hirn.

Aus Affen wurden Menschen, denkende Wesen, als diese Tiere sich aufrichteten und damit ihre Hände frei machten zum Greifen, zum aktiven Verändern der Natur und damit zum Begreifen der Natur. Wie Friedrich Engels in seiner Schrift „Anteil der Arbeit an der Menschwerdung des Affen“ (1)* darlegt, bewirkte die Aufrichtung des Menschen eine Umbildung des Schädels, durch welche das Wachstum des Großhirns ermöglicht wurde. Aber dieses Großhirn wäre trotz seines Wachstums nicht zu dem ausgezeichneten Organ des menschlichen Denkens geworden, wenn nicht gleichzeitig das Zusammenleben der Menschen diesem Gehirn besondere, neue Aufgaben gestellt hätte. Das menschliche Denken entwickelte sich von Anfang an auf der Grundlage der gemeinsamen Arbeit gesellig lebender Wesen; denn die gemeinsame Arbeit machte den Menschen nicht nur durch die Vereinigung der Kräfte vieler stärker im Kampf ums Dasein, sondern zwang auch den Menschen zur Entwicklung der Sprache, des für die gemeinsame Arbeit unbedingt notwendigen Verständigungsmittels unter den Mitgliedern der Gemeinschaft.

„Arbeit zuerst, nach und dann mit ihr die Sprache – das sind die beiden wesentlichsten Antriebe, unter deren Einfluß das Gehirn eines Affen in das bei aller Ähnlichkeit weit größere und vollkommeneren eines Menschen allmählich übergegangen ist“ (2) – formuliert es Friedrich Engels. Es ist die Aufgabe, anderen Menschen Mitteilungen zu machen, welche die Bildung von Begriffen erzwingt. Begriffe sind Abbilder der vom Menschen erfaßten, begriffenen Wirklichkeit. Und zwar ist ein Begriff zunächst immer nur entstanden durch Abstraktion von der unendlichen Mannigfaltigkeit aller Erscheinungen. Es war eine große Leistung der ersten Menschengehirne, als zum Beispiel aus der

* Quellenangaben, Fremdwörtererklärungen und Erläuterungen zum Text am Schluß des Buches

unendlichen Mannigfaltigkeit der Bäume, unter denen keiner dem anderen gleich ist, der allgemeine Begriff „Baum“ abstrahiert wurde. Und eben dieser Prozeß der Abstraktion, das heißt des Absehens von den Einzelheiten und Besonderheiten der Erscheinungen und das Erfassen des Wesentlichen, Allgemeinen, den verschiedenen Dingen Gleichen, ist der Prozeß der Begriffsbildung. Der Mensch konnte aber nichts begreifen, solange er nur ein passiver Teilnehmer des Geschehens der Natur blieb. Erst durch sein aktives Eingreifen, dadurch, daß er sich selbst mit den Dingen in Beziehung setzte und damit die Dinge veränderte, konnte er in das Wesen der Naturerscheinungen eindringen. Darum liegt eine tiefe Weisheit in dem Wort unserer Sprache: begreifen. Denn begreifen heißt eben nicht nur ein Ding im Kopf begreifen, sich eine Anschauung von ihm bilden, sondern heißt zugleich das Ding mit den Händen ergreifen und es verändern.

So schuf der Mensch, der von der Natur als hilfloses Wesen einer Wildnis ausgesetzt war, die nichts Paradiesisches für ihn hatte, eine neue Welt, eine menschliche Welt. Indem er mit seiner Hände Arbeit selbst seine Lebensbedingungen nach seinem Willen veränderte, die Natur korrigierte, schwang er sich auf vom einfachen Benutzer der Natur zu ihrem Beherrscher.

Das ist das Wesen des Prozesses der Menschwerdung und der Gesamtentwicklung des Menschengeschlechts: vorwärtzuschreiten aus dem Reich der Notwendigkeit, das heißt der Unterworfenheit, des Ausgeliefertseins, wo der Mensch ein Opfer der Naturgewalten bleibt — vorwärtzuschreiten in das selbstgeschaffene Reich der Freiheit. Und diese Freiheit, die der Mensch sich selbst erschafft, gewinnt er nur durch seine Einsicht in die Gesetzmäßigkeiten zunächst nur der Natur und schließlich auch durch die Einsicht in die Gesetzmäßigkeiten seines eigenen gesellschaftlichen Lebens.

So ist das Streben des Menschen nach Entwicklung der Kultur, nach immer weiterschreitenden Verbesserungen seiner materiellen Lebensbedingungen von Anfang an begleitet von einem unersättlichen Streben nach Wissen, nach Einsicht in die geheimsten Zusammenhänge aller Dinge. Es ist das faustische Streben, von dem Goethe sagt:

*Daß ich nicht mehr mit sauerem Schweiß
zu sagen brauche, was ich nicht weiß,
daß ich erkenne, was die Welt
im Innersten zusammenhält.
Schau alle Wirkenskraft und Samen
und tu nicht mehr in Worten kramen.*

In diesem unersättlichen Streben nach Erkenntnis der Natur gestaltete sich der Mensch kraft seiner Vorstellung ein allgemeines Weltbild, eine zusammenhängende Vorstellung von allen Dingen, die auch auf Fragen Antwort verheißt, die noch voller Rätsel sind. So entwickelte sich historisch das Weltbild des Menschen als ein getreuer Spiegel seines Wissens, seines Strebens, seiner Unwissenheit und schließlich auch der inneren Widersprüche seines eigenen gesellschaftlichen Lebens. Das Weltbild der primitiven Menschen der Urgesellschaft war magisch und materialistisch zugleich. Die Natur

erschien dem Menschen bevölkert mit phantastischen Geistern und Gottheiten. Aber diese Gottheiten wurden vom Urmenschen ebenso als eine objektive Wirklichkeit aufgefaßt wie alle anderen realen Dinge der Natur. Sie stellten nichts anderes dar als die Personifizierung der vom Menschen noch unerkannten Naturgewalten. Der Mensch, der kraft seiner Einsicht und mit seiner Hände Gewalt in die Geheimnisse der Natur vordringt und Dinge nach seinem Willen schafft, konnte sich die Gewalten, denen er unterworfen war, weil er sie noch nicht begriffen hatte, nicht anders vorstellen als gleichfalls mit freiem Willen ausgestattete menschenähnliche höhere Wesen. Das sind die Götter, die Prometheus, das Menschengeschlecht verkörpernd, verhöhnt:

*Ich kenne nichts Ärmeres
unter der Sonn' als euch Götter!
Ihr nähret kümmerlich
von Opfersteuern
und Gebetshauch
eure Majestät
und darbtet, wären
nicht Kinder und Bettler
hoffnungsvolle Toren.*

Und an Zeus, den Vater aller Götter, gerichtet, heißt es:

*Ich dich ehren? Wofür?
Hast du die Schmerzen gelindert
je des Beladenen?
Hast du die Tränen gestillet
je des Geängsteten?
Hat nicht mich zum Manne geschmiedet
die allmächtige Zeit
und das ewige Schicksal,
meine Herren und deine?
Hier sitz' ich, forme Menschen
nach meinem Bilde,
ein Geschlecht, das mir gleich sei,
zu leiden, zu weinen,
zu genießen und zu freuen sich
und dein nicht zu achten,
wie ich!*

Und wie die Geschichte uns lehrt, ging die Menschheit wirklich aus diesem scheinbar so ungleichen Kampf mit den gewaltigen Mächten der Götterwelt schließlich als Sieger hervor. Mit der wachsenden

Einsicht des Menschen in die gesetzmäßigen Zusammenhänge aller Naturerscheinungen wurde eine Naturgotttheit nach der anderen entthront. Als letzte blieb für einige Jahrtausende die eine Gottheit der monotheistischen Religionen übrig, die nichts anderes darstellt als die nicht weniger naive Personifizierung der Gesamtheit der vom Menschen noch unerkannten Gesetzmäßigkeiten seines eigenen gesellschaftlichen Lebens.

Die ursprüngliche Einheit von Denken und Handeln, Begriff und Natur, Bild und Wirklichkeit, wie sie noch in den Köpfen der Urmenschen bei aller magischen Personifizierung der Naturgewalten existierte, ging erst verloren, als mit dem Fortschritt der menschlichen Kulturentwicklung durch gesellschaftliche Arbeitsteilung sich die Gesellschaft in Ausbeuter und Ausgebeutete spaltete. Die materielle Gewalt der Ausbeuter über die Ausgebeuteten beruhte zu allen Zeiten in einem hohen Maß auch auf dem Besitz besonderer Kenntnisse der gesetzmäßigen Zusammenhänge der Natur. Die Ausbeuter waren darum stets daran interessiert, die ausgebeutete Klasse in Dumpsheit und Unkenntnis zu erhalten. Die Inkarnation der Macht der Ausbeuter über die Ausgebeuteten stellt der Zauberer, der Mediziner, der Hohenpriester dar, der direkt mit der Gottheit verkehren kann, weil er selber um ihre Natürlichkeit weiß. Aber wo immer sich ein stürmischer Prozeß der Entwicklung der Produktion vollzog und eine neue Klasse die Macht der alten herrschenden Klasse zu brechen unternahm, mußte die neue Klasse sich im Kampf in den Besitz all dieser wohlgeheuteten Geheimnisse setzen und den Schleier der Göttlichkeit von den Götzenbildern reißen.

So verbanden sich in allen revolutionären Epochen, in denen eine stürmische Entwicklung und Veränderung der gesellschaftlichen Produktionsmethoden vor sich ging, die vorwärtstrebenden Kräfte der Gesellschaft mit dem Materialismus. So war es auch in der Renaissance, „jener gewaltigen Epoche, die den Feudalismus durch das Bürgertum brach“ und von der Engels weiterhin sagt: „Auch die Naturwissenschaft lebte und webte in dieser Revolution, war revolutionär durch und durch, ging Hand in Hand mit der erwachenden modernen Philosophie der großen Italiener und lieferte ihre Märtyrer auf die Scheiterhaufen und in die Gefängnisse. Es ist bezeichnend, daß Protestanten wie Katholiken in ihrer Verfolgung wetteiferten. Die einen verbrannten Servet, die anderen Giordano Bruno. Es war eine Zeit, die Riesen brauchte und Riesen hervorbrachte, Riesen an Gelehrsamkeit, Geist und Charakter, die Zeit, die die Franzosen richtig die Renaissance, das protestantische Europa, einseitig borniert, die der Reformation benannten.“ (3)

Heute ist das einst revolutionäre Bürgertum zur absterbenden Klasse einer untergeordneten Gesellschaftsordnung entartet. Nichts blieb von dem Kampf gegen den phantastischen Glauben der Kirche. Die hohen Ideale der bürgerlichen Revolution wurden über Bord geworfen.

Aber unaufhaltsam schreitet die Entwicklung der Menschheit voran. Wieder bewegen die Menschen neue revolutionäre Kräfte, die sich gesetzmäßigerweise mit den materialistischen Grundlagen der Menschenentwicklung verbinden. Je mehr dies geschieht, werden, wie Friedrich Engels sagt: „... sich die Menschen wieder als eins mit der Natur nicht nur fühlen, sondern auch wissen, und je unmöglicher wird jene widersinnige und widernatürliche Vorstellung von einem Gegensatz zwischen Geist und

Materie, Mensch und Natur, Seele und Leib, wie sie seit dem Verfall des klassischen Altertums in Europa aufgekommen ist und im Christentum ihre höchste Ausbildung erhalten hat“. (4)

Die moderne Naturwissenschaft, die sich auf materialistischer Grundlage entwickelte, gelangt heute zu den gleichen philosophischen Positionen, die schon von den großen griechischen Philosophen errungen wurden und in den Worten des Heraklit unvergleichlichen Ausdruck finden: „Die Welt, eine und dieselbe aus allem, hat keiner der Götter noch Menschen gemacht, sondern sie war und ist und wird sein ewig lebendes Feuer, nach Maß sich entzündend und nach Maß erlöschend.“ (5)

Wie in jeder echten Wissenschaft sind auch in der Naturwissenschaft Theorie und Praxis unlösbar miteinander verbunden. Weil es unmöglich ist, den Zusammenhang der Dinge zu erkennen, ohne selbst mit den Dingen in Zusammenhang zu treten; weil wir die Gesetzmäßigkeiten der Natur nicht anders erkennen können als dadurch, daß wir den Versuch unternehmen, die Natur zu verändern; weil erst das wirklich erkannt und begriffen ist, was die unbestechliche Probe der Praxis bestanden hat, darum sind Theorie und Praxis in der Naturwissenschaft voneinander untrennbar. Die Naturwissenschaften stellen die Theorie der Produktionstechnik des Menschen dar, während die Produktionstechnik umgekehrt die Praxis der naturwissenschaftlichen Theorie ist. Auf diese Weise sind die Naturwissenschaften mit den mächtigsten revolutionären Kräften verbunden, die in der menschlichen Gesellschaft wirksam sind, mit den Produktivkräften. In dieser Tatsache liegt begründet, warum die Naturwissenschaften seit jeher von urwüchsigem materialistischem Geist durchdrungen sind, wie Lenin sich ausdrückt. Wenn es auch heute viele und darunter bedeutende Naturforscher gibt, die sich selbst nicht für Materialisten halten, so sind diese Naturwissenschaftler doch in ihrer Arbeit im Laboratorium urwüchsige Materialisten und geben sich nur sonntags, wenn die Arbeit ruht, zum Zwecke der Erbauung theologischen und idealistischen Spekulationen hin. Schon Engels sagte: „Gott wird nirgends schlechter behandelt als bei den Naturforschern, die an ihn glauben.“ (6) *Und selbst Isaac Newton, der Schöpfer der klassischen Mechanik, benötigte bei seinen physikalischen Betrachtungen ein göttliches Wesen nur zur scheinbaren Lösung eines tiefen inneren Widerspruchs seiner Physik, eines Widerspruchs, der erst durch die moderne relativistische Mechanik gelöst wurde, diesmal allerdings gänzlich ohne Zuhilfenahme eines göttlichen Wesens.*

Es handelt sich um das Problem der Zeit und der Gleichzeitigkeit im unendlichen Raum. Newton war sich der Problematik des klassischen Zeitbegriffs wohl bewußt. Er mußte den Schöpfer aller Dinge zu Hilfe rufen, der als einzige Aufgabe zugewiesen erhielt, die Rolle eines allmächtigen Beobachters zu spielen, dessen beide Augen gleichzeitig die Vorgänge an unendlich entfernten Orten des Weltalls wahrzunehmen und dem göttlichen Bewußtsein zugänglich zu machen fähig sind.

Der Materialismus der klassischen Epoche der Naturwissenschaft, die mit Newton anhebt und gegen Ende des vorigen Jahrhunderts zu unlösbaren Widersprüchen auf vielen Gebieten der Wissenschaft führt, war ein mechanischer Materialismus. Diesem verknöcherten Materialismus, der, wie Engels sagt, noch tief in der Theologie steckt, erschien die Natur als ein „Hebelwerk mit Rädern und mit Schrauben“, als eine Mechanik von Körpern und Massenpunkten, in der es keine Qualität,

sondern nur *Quantität* gibt. Dem mechanischen Materialismus erschien alles reduzierbar auf die Bewegung kleinster Teilchen, die, überall in der Welt nach ewig gleichem und unveränderlichem Gesetz sich bewegend, zu Anbeginn durch einen ersten göttlichen Anstoß in Bewegung gesetzt, bis in die Unendlichkeit ihren Lauf vollziehen. Das Komplizierte, das Höherorganisierte, die belebte Natur, der Mensch und die Menschenkultur, das alles erschien schließlich reduziert auf die Bewegung der Atome und Moleküle. Charakteristisch für diesen mechanischen Materialismus ist ein naiver Glaube an einen metaphysischen, starren und unbedingten Determinismus. Über diesen Determinismus macht sich Engels in köstlicher Weise mit den Worten lustig: „... daß mich vorige Nacht ein Floh um vier Uhr morgens gebissen hat und nicht um drei oder fünf, und zwar auf die rechte Schulter, nicht aber auf die linke Wade, alles das“ ist „eine unverrückbare Verkettung von Ursache und Wirkung, durch eine unerschütterliche Notwendigkeit hervorgebracht ... so zwar, daß bereits der Gasball, aus dem das Sonnensystem hervorging, derart angelegt war, daß diese Ereignisse sich so und nicht anders zutragen mußten“. (7) Diese naive Vorstellung von der Gesetzmäßigkeit der Natur und von der Beziehung zwischen Zufälligkeit und Notwendigkeit ist charakteristisch für den mechanischen Materialismus. Andererseits darf man nie vergessen, daß die großen Errungenschaften der klassischen Physik undenkbar wären, wenn nicht gerade dieser relativ primitive Materialismus ihre philosophische Grundlage gewesen wäre. Die Philosophie des Heraklit von Ephesos war diesem mechanischen Materialismus turmhoch überlegen. Aber doch bedurfte es historisch des mechanischen Materialismus, um das ungeheure Material an Zahlen und empirischen Daten zu erarbeiten, damit die Grundlagen einer modernen Wissenschaft wirklich geschaffen werden konnten. Die Dialektik der ionischen Naturphilosophen, für die die Welt etwas Gewordenes, aus dem Chaos Hervorgegangenes darstellte, war doch nicht fähig, die sachliche und mühevollle Kleinarbeit der wissenschaftlichen Tatsachenforschung bereits zu ihrer Zeit in Gang zu setzen, wenngleich einige außerordentliche Einzelleistungen zu verzeichnen sind, wie zum Beispiel die Messung des Erdradius mit einem Fehler von nur einem Prozent.

Es ist kein Zufall, daß zugleich mit der zunehmenden Verschärfung der Widersprüche in der kapitalistischen Gesellschaft in der Naturwissenschaft ein Entwicklungsstand erreicht wird, in dem sich die Unzulänglichkeit des mechanischen Materialismus offenbart. Und es ist weiterhin kein Zufall, daß in dieser Zeit, in der, wie Lenin sagt, „die moderne Physik im Begriff steht, den dialektischen Materialismus zu gebären“ (8), von seiten zahlreicher reaktionärer Philosophen und Ideologen ein neuer scharfer Angriff auf die materialistischen Grundlagen der Naturwissenschaft eröffnet wird. Die längst verstaubten Ideen des englischen Bischofs Berkeley aus dem Jahre 1710 werden seit Mach und Avenarius in immer neuer Maskerade als angeblich allerneueste, streng wissenschaftliche Philosophie der modernen Naturwissenschaft angepriesen. Und sie dienen doch alle, einschließlich der Sophismen ihrer neuesten Vertreter, der englischen Modephilosophen Bertrand Russell, Wittgenstein und Carnap, keinem anderen Zweck als der Zerstörung der materialistischen philosophischen Grundlage der Naturwissenschaft.

Während der Materialismus die Existenz der Natur als objektive Realität anerkennt, die unabhängig von unserem Bewußtsein war und ist und sein wird, versuchen diese Vertreter des subjektiven Idealismus uns weiszumachen, es gäbe gar keine wirklichen Dinge. Nur die von jedem einzelnen Menschen erlebten Empfindungen und Sinneseindrücke seien die einzigen unbezweifelbaren Tatsachen, mit denen sich die Wissenschaft zu beschäftigen habe. Während die Naturwissenschaft auf materialistischer Grundlage zur Erkenntnis der objektiven Gesetzmäßigkeiten der Erscheinungen gelangt, versuchen diese Vertreter einer allerneuesten Philosophie zu beweisen, die ganze naturwissenschaftliche Theorie sei nur ein System der Schemata und Formeln zur zweckmäßigsten Ordnung unserer sinnlichen Wahrnehmungen und Empfindungen. In Wirklichkeit aber bestätigen gerade die Ergebnisse der modernen Naturwissenschaft die materialistische Philosophie und damit die Einheitlichkeit der gesamten Wirklichkeit. Die Widersprüche, in die der mechanische Materialismus geriet, finden ihre naturwissenschaftliche und erkenntnismäßige Deutung auf der Grundlage des dialektischen Materialismus.

Der erste große Einbruch in das mechanische Denken der klassischen Naturwissenschaften erfolgte auf dem Gebiet der Biologie durch die genialen Gedanken des großen Charles Darwin. Darwin bewies, daß nichts unsinniger ist als die Vorstellung eines einmaligen Schöpfungsaktes aller Arten und Gattungen von Lebewesen, die seit dem Tage der Schöpfung unverändert existiert haben sollen. Darwin führte den dialektisch-materialistischen Entwicklungsgedanken in die Biologie ein. Seit Darwin wissen wir, daß Pflanzen und Tiere in einem langen Entwicklungsprozeß sich von Stufe zu Stufe von einfachen zu höheren und immer komplizierteren Formen weiterentwickelt haben und daß auch der Mensch nichts anderes darstellt als die Fortsetzung des allgemeinen biologischen Entwicklungsprozesses.

Die großen wissenschaftlichen Theorien, die um die Jahrhundertwende einen Umsturz auf dem Gebiet der Physik hervorriefen, die Relativitätstheorie Einsteins und die Quantentheorie Max Plancks, führten gleichfalls zu großartigen Bestätigungen der Thesen des dialektischen Materialismus. Die Relativitätstheorie bewies die Einheit von Raum, Zeit und Materie. Die moderne Quantenmechanik hat uns einen tiefen Einblick in die Gesetzmäßigkeiten von Quantität und Qualität gegeben. Dem klassischen mechanischen Denken war der Begriff der Qualität fremd. Alle Qualität wurde auf Quantitäten zurückgeführt. Der dialektische Zusammenhang zwischen Quantität und Qualität wird durch die moderne Naturforschung in nahezu unendlicher Mannigfaltigkeit bestätigt. Der durch die Quantenmechanik präzisierte Begriff der Wechselwirkung und die sogenannten kritischen Größen bringen dies zum Ausdruck.

Betrachten wir zum Beispiel den Prozeß der Verdampfung einer Flüssigkeit: Wir können der Flüssigkeit dauernd Wärme zuführen, ohne daß die Flüssigkeit zum Sieden gebracht wird, solange der Siedepunkt nicht erreicht ist. Erst wenn diese kritische Temperatur durch ständige quantitative Zufuhr von Wärme überschritten wird, tritt der neue Prozeß des Siedens ein. Der Siedepunkt ist eine kritische Größe und stellt einen Knotenpunkt dar, an dem die Qualität der ruhenden

Flüssigkeit in die neue Qualität der siedenden Flüssigkeit umschlägt. Aber auch der Verdampfungsprozeß, im molekularen Maßstab betrachtet, bestätigt uns das Gesetz des Umschlagens der Quantität in die Qualität. Nur solche Moleküle der Flüssigkeit können die Phasengrenze zwischen flüssiger Phase und Gasphase überschreiten, die die hierzu erforderliche Mindestenergie mitbringen. Der Energieinhalt eines verdampfenden Moleküls muß den Mindestbetrag decken, der zur Überwindung der in der Grenzfläche wirksamen Anziehungskraft erforderlich ist. Den gleichen Prozeß beobachten wir zum Beispiel an den Glühkathoden der Radoröhren. Die Elektronen müssen beim Austritt aus der Glühkathode eine ganz bestimmte Austrittsarbeit leisten. Alle Elektronen, die diese Energiemenge nicht mitbringen, können die Glühkathode nicht verlassen. Einen gleichartigen Begriff finden wir in der Theorie der chemischen Reaktionsgeschwindigkeiten. Dort ergab sich, daß nur solche Moleküle eine chemische Reaktion miteinander eingehen können, die von vornherein eine bestimmte Mindestenergiemenge mitbringen: die sogenannte Aktivierungsenergie. Moleküle, deren Energieinhalt kleiner als diese charakteristische Aktivierungsenergie ist, reagieren nicht miteinander, auch wenn sie zusammenstoßen.

Der dialektische Grundzug des allgemeinen Zusammenhangs aller Erscheinungen findet überall in der modernen Naturwissenschaft Bestätigung. In besonders großartiger Weise wird der Zusammenhang aller Erscheinungen in der Relativitätstheorie nachgewiesen. In der klassischen Mechanik erschienen Raum und Zeit als absolute, von der Materie unabhängige Realität. Die Relativitätstheorie hat jedoch nachgewiesen, daß Raum und Zeit in Metrik und Ablauf durch die Materie und ihre Bewegung bestimmt werden. Der Entwicklungsgedanke, das Prinzip des unaufhaltsamen Fortschreitens aller Naturprozesse, bei welchem es kein Rückwärts geben kann, wird auch durch die klassische Thermodynamik bestätigt. Die klassische Thermodynamik lehrt, daß alle natürlichen Prozesse irreversibel sind, das heißt nicht vollständig rückgängig gemacht werden können. Die Thermodynamik ermöglicht es sogar, ein objektives Maß für die Irreversibilität jedes Naturprozesses anzugeben. Dieses Maß ist die sogenannte Entropie. In Bestätigung des zweiten Grundzuges der Dialektik stellt die Thermodynamik fest, daß die Entropie (in sogenannten abgeschlossenen Systemen) bei keinem Prozeß der Natur abnehmen kann, sondern vielmehr ständig zunehmen muß. Eine Rückkehr zu Zuständen geringerer Entropie, also zu allen früheren Zuständen, ist unmöglich.

Mit Recht können wir Deutsche stolz darauf sein, daß der dialektische Materialismus, diese einzige wissenschaftliche Philosophie, von zwei Deutschen geschaffen wurde, von Karl Marx und Friedrich Engels. Zum Unterschied von allen vergangenen philosophischen Lehren stellt der dialektische Materialismus kein System von Dogmen dar, sondern nur die Widerspiegelung der objektiven Dialektik von Natur und Gesellschaft in der subjektiven Dialektik der menschlichen Erkenntnis. Der dialektische Materialismus besteht darum in erster Linie in der konsequenten Anwendung der dialektischen Methode, um die Wirklichkeit auf materialistischer Grundlage zu erkennen. Darum ist diese Philosophie, wie jede echte Wissenschaft, in ständiger Weiterentwicklung begriffen. Die allgemeinen Grundzüge der Dialektik, die von Stalin in genialer Weise formuliert wurden, stellen

allgemeinste Aussagen, Abstraktionen dar. Ihr wahrer Inhalt tritt jedoch nur hervor, wo wir ihre Bedeutung und Gültigkeit an Beispielen aus der Wirklichkeit nachweisen und erkennen. Und in jedem solchen Beispiel, in jeder solchen wissenschaftlich ergründeten Erscheinung offenbart die Natur nicht nur von neuem die ihr innewohnende Dialektik, sondern fügt unserem dialektischen Denken zugleich eine neue Bereicherung hinzu, vertieft die subjektive Dialektik und enthüllt eine neue innere Wahrheit der Dialektik.

Weder die Natur noch die Gesellschaft offenbaren unserer Wahrnehmung unvermittelt ihren wahren Charakter. Weil wir durch Unwissenheit behindert und in gesetzmäßig bedingten Vorurteilen befangen sind, nehmen wir statt der Wirklichkeit der Dinge und der Gesellschaft nur einen Schein von ihnen wahr. Wissenschaftliche Erkenntnis heißt also: den trügerischen Schein durchdringen und zur unverfälschten Wirklichkeit vorstoßen.

Wenn wir die drei großen Hauptperioden der historischen Entwicklung der Ausbeutergesellschaften betrachten, die Sklaverei, den Feudalismus und den Kapitalismus, so stellen wir von Stufe zu Stufe dieser Entwicklung eine fortschreitende Verhüllung des Ausbeutercharakters dieser Gesellschaftsordnung fest. Mehr und mehr tritt im Bewußtsein der Ausgebeuteten ein trügerischer Schein an die Stelle der Wirklichkeit. Während in der Sklaverei die Ausbeutung noch kraß und unverhüllt erkennbar ist, scheint sie im Feudalismus auf die Fron beschränkt, und schließlich im Kapitalismus scheint sie wegen des scheinbar freien Arbeitsvertrages mit Bezahlung jeder Leistung nach Dauer und Inhalt gänzlich beseitigt zu sein. Der Kapitalismus, die historisch letzte und zugleich höchstentwickelte Etappe der Ausbeutergesellschaft, bedarf der Verhüllung ihres wahren Charakters als einer Bedingung ihrer Existenz. Darum erzeugt der Kapitalismus in der Phase seines Untergangs, wo der revolutionäre Kampf gegen seine Fundamente eröffnet wird, auch auf dem Gebiete der Wissenschaft eine Ideologie, die die Verhüllung der Wirklichkeit zum Ziele hat und an die Stelle der Wirklichkeit der Dinge deren Schein zu setzen sucht. Diese Ideologie nennen wir den „physikalischen“ Idealismus.

Schein und Wirklichkeit sind verschieden, und doch stehen sie beide in einem engen Zusammenhang miteinander. Das Ziel der Wissenschaft ist nicht nur, den Schein zu überwinden und die Wirklichkeit zu erkennen, sondern auch die Gesetzmäßigkeiten zu erfassen, die das Zustandekommen des Scheins bedingen. Die Erde ist keine Ebene, wie es den Anschein hat, sondern eine Kugel und der sich über uns wölbende Himmel kein flach hingestrecktes Gewölbe, sondern unendliche Ferne des Weltraumes. Ein schräg gehaltenes Geldstück ist nicht oval, sondern kreisförmig. Und wenn wir im Fieberanfall frieren, so nicht deswegen, weil es kälter wird, sondern weil unsere Körpertemperatur steigt. An unzähligen solchen Beispielen kann man zeigen, wie die wissenschaftliche Erkenntnis vom Schein zur Wirklichkeit vorstößt und zugleich die Gesetzmäßigkeiten des Scheins erkennt. Die Gesetzmäßigkeiten des Scheins beruhen keineswegs, wie man vielleicht annehmen könnte, auf bestimmten Fehlern unserer Sinnesorgane, die zu Sinnestäuschungen führen. Sie beruhen vielmehr darauf, daß wir bei jeder Wahrnehmung notwendigerweise von ganz bestimmten, bereits gebildeten Vorstellungen

ausgehen. Die sinnlichen Eindrücke sind, für sich betrachtet, inhaltlos, wenn nicht zu ihnen die bereits erworbene Erfahrung hinzutritt. Der Schein der Dinge hängt also sowohl mit den Gesetzmäßigkeiten der wirklichen Vorgänge als auch mit unseren vorgefaßten Meinungen zusammen. Das Menschengeschlecht lernt, von Stufe zu Stufe seiner Entwicklung steigend, mit wachsender Erkenntnis zugleich die Wahrnehmung der Wirklichkeit immer weiter zu vervollkommen. Mit Zunahme unserer wissenschaftlichen Erkenntnisse machen wir uns immer mehr von den uns durch die Natur gegebenen Sinnesorganen unabhängig und erschließen uns das Verständnis von Erscheinungen, die nur indirekt auf unsere Sinnesorgane wirken. Da, wie der erste Grundzug der Dialektik lehrt, alle Erscheinungen der Natur miteinander in unlösbarem Zusammenhang stehen, liegt in der Beschränktheit unserer sinnlichen Wahrnehmungsfähigkeit keinerlei Schranke für den Fortschritt unserer Erkenntnis.

Der wesentliche Inhalt wissenschaftlicher Erkenntnis sind also die allgemeinen gesetzmäßigen Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Dingen und Erscheinungen, die wir durch Abstraktionen aus unzähligen einzelnen, besonderen Vorgängen zu erkennen vermögen. Die Positivisten und Logistiker vom Schlage eines Bertrand Russell oder Carnap wollen gerade das Gegenteil als das Ziel der wissenschaftlichen Bestrebungen hinstellen. Sie behaupten, das einzig Wesentliche seien die einzelnen sinnlichen Wahrnehmungsakte. Sie allein seien die Realität. Der wissenschaftlichen Aussage über die den Dingen innewohnende Gesetzmäßigkeit messen sie nur einen heuristischen Wert bei. Die wissenschaftliche Theorie erniedrigen sie auf einen denkökonomischen Formalismus zur erschöpfenden Verknüpfung sinnlicher Wahrnehmungsakte. Die Wahrheit irgendeiner Aussage darüber, wie die Welt wirklich beschaffen ist, wird von ihnen grundsätzlich bestritten. Mit einem Wort: Ihre Philosophie erkennt nur den Schein an und bestreitet vollständig die Existenz der Wirklichkeit. Diese ganze Philosophie ist nichts weiter als eine besondere Ausdrucksform der gesellschaftlichen Ideologie des untergehenden Kapitalismus. Im Grunde stehen seine Ideologen mit den Medizinern und Hohenpriestern der vergangenen Ausbeuterklassen auf einer Stufe. Weil sie ahnen, daß die Wirklichkeit ihr Untergang sein wird, wollen sie die Wirklichkeit nicht anerkennen.

Die wissenschaftsfeindliche Philosophie des „physikalischen“ Idealismus hat also tiefe soziale und ökonomische Wurzeln. Deshalb ist es auch verständlich, daß man den Verfall der Wissenschaft in den kapitalistischen Ländern nicht nur auf einer ideologischen Grundlage erklären kann. Solche Wissenschaften, an deren Ergebnissen der Kapitalismus im Interesse der Steigerung seiner Profite noch stark interessiert ist, werden weniger stark in ihrer Entwicklung beeinträchtigt als andere Wissenschaften, für deren Ergebnisse jedes Interesse seitens der Kapitalisten erloschen ist. Aus diesem Grunde hat sich der wissenschaftliche Verfall besonders stark auf dem Gebiet der biologischen Wissenschaften ausgewirkt.

In den großen kapitalistischen Ländern, wie besonders in den USA, besteht seit vielen Jahrzehnten eine ständige Agrarkrise. Die landwirtschaftliche Produktion wird von Jahr zu Jahr eingeschränkt. Große Mengen landwirtschaftlicher Produkte werden mit Staatsmitteln jährlich aufgekauft, um

einen Zusammenbruch der Preise zu verhindern, welcher sich bedrohlich auf alle Zweige der kapitalistischen Wirtschaft auswirken würde. Nahrungs- und Genußmittel und landwirtschaftlich erzeugte Rohstoffe werden massenhaft vernichtet. An der Entwicklung der Biologie, der für die Landwirtschaft entscheidenden Wissenschaft, besteht also kaum noch ökonomisches Interesse. Das Ergebnis ist zunächst ein Stagnieren dieser Wissenschaften. Aber gleichzeitig macht der Kapitalismus von diesen Wissenschaften einen anderen Gebrauch. Er stellt sie in den Dienst seines ideologischen Kampfes zur Verhüllung der gesellschaftlichen Zusammenhänge. Der deutsche Faschismus und der neue USA-Faschismus entwickeln auf diese Weise aus ihrer Biologie den Rassismus, die Lehre vom Herrenmenschen und von der biologischen Gerechtigkeit der sozialen Ungerechtigkeit. Die amerikanischen Vertreter der Landwirtschaftswissenschaften haben den Beweis zu führen, daß der Hunger in der Welt nicht eine Folge der kapitalistischen Mißwirtschaft, sondern der zu starken Vermehrung der Menschen sei. Die unmenschlichen Lehren von Malthus werden der Vergessenheit entrissen und als moderne Theorie der Landwirtschaftswissenschaften propagiert. Die Lehre von der geometrischen Progression der Vermehrung der Menschheit wird zur Rechtfertigung der imperialistischen Kriege herangezogen, deren biologische Aufgabe darin gesehen wird, den „schädlichen“ Überschuß an Menschen zu vernichten. Dieselben Kreise, welche Jahr für Jahr ungeheure Mengen von lebenswichtigen Nahrungsmitteln vernichten, bedrohen die Hungrigen, die diese Nahrungsmittel nicht kaufen können, mit der physischen Vernichtung.

Das humanistische Ziel der produktiven Tätigkeit des Menschen ist die Vermehrung der Güter, des Wohlstandes, die Hebung des Lebensstandards aller Menschen, die Befreiung der Menschheit von Krankheit und Not. Der verfallende Kapitalismus hat es fertiggebracht, mit seiner produktiven Tätigkeit das entgegengesetzte Ziel zu verfolgen: die Verarmung der Massen, die Sicherung immer steigender Profite für eine winzige Minderheit, Zerstörung der menschlichen Kultur und Vernichtung des Lebens von Millionen in den imperialistischen Kriegen. Die großen neuen Entdeckungen der Wissenschaft, insbesondere die Entdeckung der Atomenergie, kann der Kapitalismus nicht mehr zum Segen der Menschheit anwenden. Für ihn ist nur die eine Möglichkeit geblieben, sie zur tödlichen Gefahr für die Existenz der menschlichen Kultur werden zu lassen.

In den USA gibt es keine Möglichkeit der wirtschaftlichen Anwendung der Atomenergie. In diesem Lande führen neue technische Errungenschaften nur zu erbitterten Kämpfen der Kapitalisten untereinander. Eine solche ungeheure technische Errungenschaft wie die Atomenergie ist für den Kapitalismus überhaupt vollständig „unökonomisch“. In den USA erzeugt man elektrische Energie nicht nur aus Kohle, Erdöl und durch Wasserkraft, sondern auch durch Verbrennung von „überschüssigem“ Weizen. In einem Lande, in dem die Erzeugung von Kilowattstunden durch Verbrennung von Weizen „ökonomisch“ ist, ist die Erzeugung von Energie aus Uran oder Wasserstoff vollständig unökonomisch.

Zum Segen für die Menschheit besteht in der Welt jedoch eine große Macht, die den Kapitalismus bindert, seine barbarischen Absichten zu verwirklichen: die friedlichen demokratischen Staaten mit

der Sowjetunion an der Spitze. Während in der Vergangenheit die imperialistischen Kriege wohl das Leben der Völker bedrohten, nicht aber den sofortigen Untergang des Weltimperialismus heraufbeschworen, hat sich mit dem zweiten Weltkrieg das Kräfteverhältnis entscheidend verändert. Zwar wünschen die aggressiven, kriegslüsternden Kreise in den USA und den westlichen Ländern nichts sehnlicher als die Vernichtung des Friedenslagers und der Sowjetunion in einem dritten imperialistischen Weltkrieg; aber nicht nur die gewachsene und unaufhörlich wachsende militärische Stärke des Friedenslagers, sondern auch der durch die internationale Friedensbewegung mobilisierte Widerstand der Volksmassen in allen Ländern der Welt zerschlägt die Pläne der Imperialisten. Während das Streben der Imperialisten, untereinander Krieg zu führen, zunimmt und ihr gemeinsamer Haß gegen die Sowjetunion und das Friedenslager unaufhörlich wächst, vermindern sich ihre faktischen Möglichkeiten, ihre Ziele zu erreichen, immer mehr. So sind die Kapitalisten gezwungen, die Möglichkeit des friedlichen Nebeneinanderbestehens der beiden Systeme, des Kapitalismus und des Sozialismus, wohl oder übel zuzugestehen. Denn das Lager des Friedens hat nicht die Absicht, die Menschheit mit den Mitteln der Gewalt und des Krieges von der Richtigkeit ihres Weges zu überzeugen. Getreu den materialistischen Grundsätzen der Philosophie und der Politik von Marx, Engels, Lenin und Stalin hat sich das Friedenslager zum Ziel gesetzt, die Massen der Menschen in allen Ländern der Welt durch sachliche Argumente zu überzeugen. Diese sachlichen, materiellen Argumente, vor deren Überzeugungskraft sich am Ende niemand verschließen kann, werden durch die gemeinsame Anstrengung der Arbeiter und Bauern und aller Werktätigen geschaffen. Es ist der friedliche ökonomische Wettstreit, der zwischen Kapitalismus und Sozialismus ausgetragen wird und ausgetragen werden muß.

Auch wir in der Deutschen Demokratischen Republik verfolgen mit unserem neuen Kurs das Ziel, die Massen unseres Volkes von der Richtigkeit unseres Weges zu überzeugen, indem wir mit unserer Hände Arbeit solche schlagenden „sachlichen“ Argumente produzieren und damit ein besseres, reicheres und schöneres Leben aufbauen, als es der Kapitalismus je fertigzubringen imstande war.

UNSERE ERDE UND DAS WELTALL

DIEDRICH WATTENBERG

I. DIE ENTWICKLUNG DES ASTRONOMISCHEN WELTBILDES

DIE Astronomie ist die Wissenschaft von den Sternen. Sie befaßt sich mit der Erforschung der Gesetze im Weltall, mit den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Gestirne, mit dem Ablauf ihrer Bewegungen und letztthin mit dem Aufbau und der Entwicklungsgeschichte des Universums. Sie ist dadurch zu einer sehr umfassenden Forschungsaufgabe des Menschen geworden und bedient sich hierzu neben ihren eigenen Ergebnissen in besonderem Maße der Erkenntnisse der Physik und der Errungenschaften der modernen Technik. Das Ziel, das die moderne Astronomie vor Augen hat, liegt in der Aufhellung der Zusammenhänge in der materiellen Welt. Das ist nicht immer so gewesen. Nur sehr langsam hat sich der Mensch die Welt der Sterne erschlossen, zumal es ihm nicht gegeben war, die kosmische Welt unmittelbar zu betreten, sondern weil er hier nur durch mühevollen und aufmerksamen Beobachtungen den Ablauf von Vorgängen verfolgen konnte, die seinem eigenen Lebensraum weit entrückt waren. Während dem Astronomen unserer Tage gewaltige Instrumente zur Verfügung stehen, mit deren Hilfe er Messungen und Beobachtungen anstellen kann, verfügte der Mensch des Altertums nur über seine beiden Augen und gewann infolgedessen erst ganz allmählich die Fertigkeiten, sich mit den Erscheinungen am gestirnten Himmel zu beschäftigen.

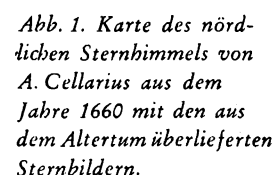
So begann der Mensch zu erkennen, daß Beziehungen zwischen dem Lauf der Gestirne und dem Wechsel von Tag und Nacht bestehen. Er

erkannte ferner, daß mit dem Wandel der Jahreszeiten auch Wandlungen am nächtlichen Himmel stattfinden. Dabei fiel ihm auf, daß bestimmte Sterne und Sternbilder immer dann im Morgengrauen aufgingen, wenn auf dem Felde diese oder jene Arbeiten zu verrichten waren und wenn die Zeit der Jagd und vieles andere herannahte. Das heißt, daß das Aufgehen bestimmter Sterne immer das Nahen der gleichen Jahreszeit und damit verbundener Aufgaben ankündigte, wenngleich die Natur selbst noch keinen Hinweis darauf gab. So wurden die Sterne zu Wegweisern durch den Jahreslauf, zur Grundlage des Kalenders und der Zeitrechnung.

Es ist daher ohne weiteres einzusehen, daß die eingehendere Beschäftigung mit den Sternen im Altertum rein materiellen Bedürfnissen entsprang, nämlich dem Bestreben, die Erscheinungen in der Natur dem Menschen nutzbar zu machen.

Darüber hinaus versuchte der Mensch aber auch, von dem inneren Zusammenhang der Erscheinungen am Himmel und von ihren Ursachen ein Bild zu gewinnen. Allein die Tatsache, daß der Mensch in mancherlei Hinsicht nur scheinbare Bewegungen am Himmel wahrnehmen konnte und daß ihm der Einblick in die wirklichen Zusammenhänge durch den Mangel an ausreichendem Tatsachenwissen und durch das Fehlen hinlänglicher Meß- und Beobachtungsinstrumente versagt blieb, mußte schließlich dazu führen, daß astronomische Dinge sehr eng mit dem Mythos der alten Zeit verquickt wurden. So verband man beispielsweise mit dem über-

In den Weltbildern des Altertums stand der Mensch immer im Mittelpunkt der Welt. Alles schien nur für ihn geschaffen zu sein, damit er sich daran erfreue und dankbar alles das hinnehme, was übernatürliche Wesen für ihn bereitet haben sollten. Diese Grundeinstellung übertrug sich auf die astronomischen Vorgänge, deren Ablauf man sich so vorstellte, daß die Erde im Mittelpunkt aller Bewegungen stand und etwas von



den Sternen grundsätzlich Verschiedenes war. Mühsam haben wenige, der Wirklichkeit sich zuwendende Gelehrte aus dieser Welt des Scheinbaren einen Ausweg gesucht, doch Jahrtausende waren erforderlich, um die Wahrheit zu erkennen.

1. Weltbilder des Altertums

Die Babylonier sahen in der Wölbung des Sternenzeltes eine gewaltige Kuppelhalle, an deren Innenseite sie sich die Sterne als goldene Nägel befestigt dachten, während die Erde als eine etwas aufgewölbte Scheibe in der Kuppelmitte ruhte. In der Vorstellungswelt der Ägypter galt die Erdscheibe als vom Himmelsgewölbe überdacht, das von den Randgebirgen der Erde und vier Pfeilern getragen wurde. In ähnlichem Sinne hielten die Griechen den Sternenhimmel für eine feststehende Halbkugel, in deren Mitte die allseitig vom Weltmeer umflossene Erdscheibe ruhte. Von einer bewegten oder im Weltraum frei schwebenden Erde wird dagegen aus der ältesten Zeit noch nichts berichtet.

Erst im 6. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung verkündete Anaximander (611 bis 547 vor unserer Zeitrechnung), ein Schüler des Thales von Milet, die Lehre, daß der Himmel nicht auf der Erdscheibe aufliege, sondern eine Hohlkugel bilde, in deren Mittelpunkt die Erdscheibe schwebe und hier so genau eingefügt sei, daß sie keine Möglichkeit habe, sich selbst zu bewegen. Von einer Kugelform der Erde hat aber auch Anaximander noch nicht gesprochen. Ein solcher Gedanke tritt erstmalig bei Parmenides (etwa 520 bis 450 vor unserer Zeitrechnung) auf, der sich allerdings erst durchzusetzen vermochte, als die gleiche Auffassung von Plato (427 bis 347 vor unserer Zeitrechnung) und seinen Schülern Eudoxos (408 bis 355 vor unserer Zeitrechnung) und Aristoteles (384 bis 322 vor unserer Zeitrechnung) zu einem wissenschaftlichen Grundsatz erhoben worden war. Plato lehrte außerdem die Achsendrehung der Erdkugel und leitete daraus den Wechsel zwischen Tag und

Nacht her. Aristoteles dagegen dachte sich das Weltall als Kugel, in deren Mittelpunkt die Erde unbeweglich ruhte.

Um diese Weltmitte schien sich die mit Fixsternen besetzte Kugel des Weltalls zu drehen. Die Fixsterne wurden als feststehend angenommen, und ihre Bezeichnung besagte infolgedessen auch nichts anderes, als daß es sich um „angeheftete“ Sterne (von *fixae* = angeheftet) handelte. Im Vordergrund der Fixsterne bewegten sich jedoch sieben Wandelgestirne, die als Planeten bezeichnet wurden und zu denen man neben Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn auch Sonne und Mond zählte. Wandelsterne und Fixsterne drehten sich um die Erde. Dieses Weltbild bezeichnet man als geozentrisches Weltbild (von *geo* = Erde), weil die Erde hier den Mittelpunkt der Welt bildete und sich alles um sie drehte. Jahrtausende hindurch stützten sich hierauf alle Folgerungen der Menschen mit einer unerschütterlichen Überzeugungskraft.

In der Vorstellungswelt des Aristoteles erfolgte die Bewegung der Gestirne nicht auf geometrischen Bahnen, sondern in der Weise, daß Sonne, Mond, Planeten und Fixsterne mit acht durchsichtigen Kristallsphären fest verbunden erschienen. Diese Kristallsphären sollten sich ineinander drehen und dadurch die Bewegungen der Himmelskörper verursachen. Genauere Beobachtungen zeigten aber, daß dem Lauf der beweglichen Gestirne am Himmel doch nicht jene Einfachheit zugrunde lag, wie sie in der Annahme von Aristoteles zum Ausdruck kam und wie der unmittelbare Himmelsanblick es lehren mochte. Die Planeten bewegten sich bald rechtläufig (von Westen nach Osten gerichtet), bald rückläufig (von Osten nach Westen gerichtet). Diese Unregelmäßigkeiten machten eine andere Erklärung erforderlich.

Da man vom geozentrischen Standpunkt nicht abkam, wurden zur Erklärung des Planetenlaufs schließlich 56 Sphären herangezogen, die das Weltbild außerordentlich komplizierten und unübersichtlich machten.

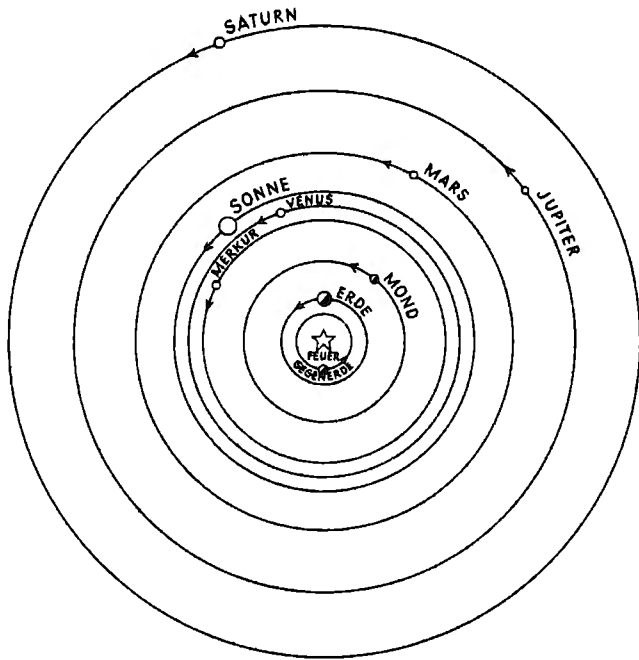


Abb. 2. Das Weltsystem des Pythagoreers Philolaos. Erde und Gegenerde umkreisen das Zentralfeuer.

Vorher hatten andere Gelehrte aber bereits Ansichten vertreten, die der Wahrheit wesentlich näherkamen als die Sphärentheorie. So hatten Pythagoras (580 bis 507 vor unserer Zeitrechnung) und seine Schüler gelehrt, daß die Erde nicht die Mitte der Welt sei, sondern eine eigene Bewegung um das sogenannte Zentralfeuer ausführe, das allerdings nicht mit der Sonne identifiziert werden könne. Das Zentralfeuer selbst sei für den Beobachter der Erde unsichtbar. Und ebenso könne auch die jenseits des Zentralfeuers angenommene „Gegenerde“ niemals gesehen werden. Die Gegenerde wurde offenbar eingeführt, um hinsichtlich der Gesamtzahl der das Zentralfeuer umlaufenden Himmelskörper auf eine „vollkommene Zahl“ – zehn – zu gelangen, die sich somit aus der Fixsternkugel, den Planeten Saturn, Jupiter, Mars, Venus, Merkur sowie Sonne, Mond, Erde und Gegenerde ergab (Abb. 2).

Diese Auffassung ist zwar noch sehr weit von dem eigentlichen heliozentrischen (von helios =

Sonne) Weltsystem entfernt, verdient aber deshalb besondere Beachtung, weil darin zum ersten Mal der Erde eine Bewegung im Raum beigemessen wurde. Gleichzeitig tritt im Zusammenhang hiermit erstmalig ein Einwand der Gegner der Erdbewegung auf, der später ebenfalls gegen Kopernikus geltend gemacht wurde und der besagte, daß sich die Bewegung der Erde in einer scheinbaren Bewegung der Fixsterne widerspiegeln müsse. Das heißt: Eine kreisförmig angenommene Erdbewegung mußte die Fixsterne im Laufe des Jahres ebenfalls zu einer scheinbaren Kreisbewegung um ihren mittleren Ort am Himmel veranlassen, was aber niemals beobachtet worden war. Wohl begegneten die Pythagoreer allen Einwänden gegen ihre Anschauungen mit dem Hinweis, daß die Ausmaße der Erdbahn gegenüber der wahren Entfernung der Sterne außerordentlich klein seien, so daß die Verschiebung der Sternörter, die sogenannte Parallaxe, nicht gemessen werden könne. Allein gegen die Autorität eines Aristoteles, der sich als bewußter Gegner der neuen Lehre bekannte, vermochten sich die Argumente der Pythagoreer am Ende nicht zu behaupten.

Wenige Jahrhunderte später trat der heliozentrische Gedanke eindeutiger hervor. Diesmal war es Aristarch von Samos (310 bis 230 vor unserer Zeitrechnung), der die Drehung der Erdkugel um ihre Achse und gleichzeitig deren Bewegung in einem schiefen Kreis um die Sonne lehrte, wobei sich, wie es bei Aristarch heißt, der Kreis zur Entfernung der Fixsterne so verhalte wie der Mittelpunkt zum Kreisumfang, so daß es infolgedessen nicht möglich sei, die Bewegung der Erde im Verhalten der Fixsterne wahrzunehmen. Auch dieser Gedanke ging verloren, ohne jedoch tot zu sein. So aber kam es, daß die Sphären des Aristoteles auch dann noch nicht an Vertrauen verloren, als die Beobachtung der Gestirne im zweiten Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung erneut zu hoher Blüte gelangte.

Damals war es der griechische Astronom Hipparch (160 bis 125 vor unserer Zeitrechnung),

dem die Astronomie den ersten Sternkatalog verdankt, der die ungleiche Länge der Jahreszeiten fand und eine Reihe wichtiger astronomischer Entdeckungen machte. Er bildete die Theorie der Planeten weiter aus, komplizierte sie aber gleichzeitig außerordentlich. Er führte auch den exzentrischen Kreis in die Bewegung der Planeten ein und ließ die Wandelgestirne Kreisbahnen um die Erde beschreiben, die ihrerseits eine exzentrische Stellung den Bahnen gegenüber einnahm. Dadurch versuchte er die Unregelmäßigkeiten in der Geschwindigkeit der Sonne und einiger Planeten zu erklären. Der Fortschritt dieser Theorie liegt darin, daß damit die von Aristoteles überlieferte Auffassung von der Konzentrität der Sphären praktisch aufgehoben war, zumal die Erde nicht mehr im Mittelpunkt des Systems stand.

Die weitere Entwicklung führte alsdann zu der sogenannten Epizykeltheorie des Claudius Ptolemäus in Alexandrien (87 bis 165 nach unserer Zeitrechnung), wie sie von ihm in seinem großen Lehrbuch „Almagest“ überliefert wird und die rund 1400 Jahre die astronomischen Vorstellungen beherrschte. Die Epizykeltheorie sagte zur Erklärung der Planetenbewegungen am Himmel mit ihren Rechts- und Rückläufigkeiten aus, daß der Planet nicht direkt in einer Kreisbahn die Erde umwandere, sondern sich im Kreise um einen gedachten Mittelpunkt bewege, der seinerseits eine Kreisbahn um die Erde beschreibe. In Abbildung 3 ist in diesem Sinne P der betrachtete Planet, der sich im Kreise (Epizykel) um den Punkt M bewegt. Dabei wird M auf einem Kreis (Deferent) um die Erde E fortgetragen, so daß sich dabei die kräftig ausgezogene beobachtbare Schleifenbahn des Planeten um die Erde ergibt, die Epizykloide genannt wird.

Grundsatz aller Bewegungen blieb jedoch die Kreisbahn, da der Kreis und die Kugel die vollkommensten geometrischen Ausdrucksformen waren. Hinsichtlich der Epizykelbewegung zeigte sich aber, daß in manchen Fällen ein ein-

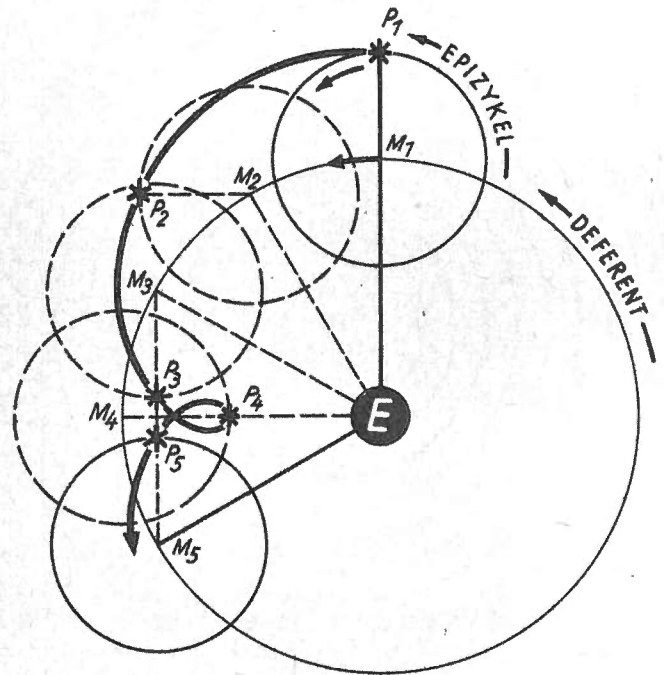


Abb. 3. Bewegung eines Planeten P in seiner epizyklischen Bahn, deren Mittelpunkt M auf dem Deferenten eine Kreisbahn um die Erde beschreibt. Dadurch entsteht die scheinbare Bahn, die Epizykloide P₁ bis P₅.

ziger Epizykel nicht ausreichte, um alle Bewegungen zu erklären, so daß weitere Epizykel aufgesetzt werden mußten, um eine Übereinstimmung zwischen der Theorie, die den Ablauf der Bewegungen vorauszubestimmen hatte, und der astronomischen Beobachtung, die den Stand der Planeten ermittelte, herzustellen. Auf diese Weise ließen sich alsdann selbst sehr verwickelte Bewegungen befriedigend zur Darstellung bringen und mit den theoretischen Grundlagen in Übereinstimmung halten. Trotz dieser Komplizierung hatte das geozentrische Weltssystem damit den Sieg davongetragen, den es fortan 1400 Jahre unangefochten bewahren sollte.

In Abbildung 4 ist das ptolemäische Weltssystem schematisiert dargestellt. Die Erde ruht, von der Lufthülle umgeben, in der Mitte des Planetensystems. An die Atmosphäre grenzt das „Feuermeer“, daran die Sphäre des Mondes, und

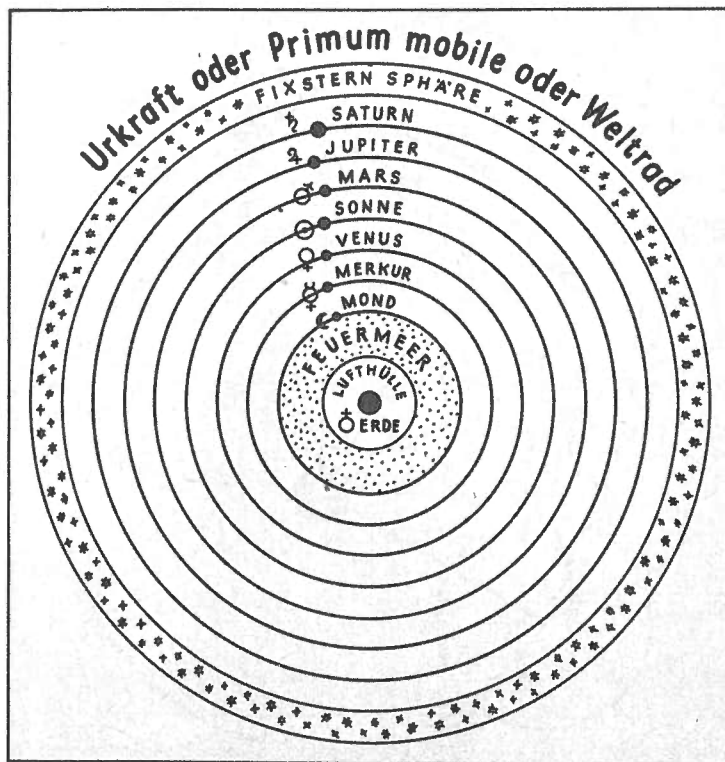


Abb. 4. Geozentrisches Weltsystem des Ptolemäus. Die Erde steht im Mittelpunkt der Welt, um den sich alle übrigen Himmelskörper bewegen.

weiter nach außen folgen die Planeten Merkur und Venus, die Sonne sowie Mars, Jupiter und Saturn. Die Bahn des Saturns wird von der Fixsternsphäre umschlossen, und daran grenzt schließlich eine weitere Sphäre, das Primum mobile, dessen Aufgabe darin bestehen sollte, die inneren Sphären täglich von Osten nach Westen um die ruhend angenommene und nicht rotierende Erde herumzuführen. In diesem Kreislauf dreht sich auch die Sonne täglich um die Erde, so daß dadurch Tag und Nacht ihre Erklärung fanden.

2. Das kopernikanische Weltsystem

Das Mittelalter brachte der Astronomie keine Fortschritte. Unter dem Einfluß der Kirche verloren viele Errungenschaften des Altertums, die mit dem von Ptolemäus überlieferten geozentrischen Weltbild nicht in Übereinstimmung standen, an Bedeutung, so daß selbst die Auffassung von der Kugelgestalt der Erde zeitweise ver-

loren und sich erst wieder im Zeitalter der großen Entdeckungen durchsetzte.

Im Zusammenhang mit den Seereisen regten sich im 15. Jahrhundert erneut Wünsche, die astronomischen Hilfsmittel der Seefahrt zu einer höheren Genauigkeit zu entwickeln, also Unterlagen (Ephemeriden) zu erarbeiten, die es gestatteten, die Gestirne zu Ortsbestimmungen auf dem Meere zu verwenden. Dazu waren genaue Beobachtungen notwendig, so daß aus dieser praktischen Notwendigkeit heraus der Anlaß zu einer neuen Epoche der astronomischen Beobachtungskunst geboren wurde. Unter den beobachtenden Astronomen jener Zeit ist Johannes Müller (1436 bis 1476), genannt Regiomontanus, zu erwähnen, der sich um die Herausgabe von Ephemeriden große Verdienste erwarb und in Nürnberg ausgedehnte Himmelsbeobachtungen anstellte, die einer Verbesserung der Darstellung des Planetenlaufs dienen sollten.

Die Vollendung dieser Arbeiten erfolgte jedoch erst durch den großen Astronomen Nikolaus Kopernikus (1473 bis 1543), der nach einer fast vierzigjährigen Forschungsarbeit in seinem Todesjahr 1543 sein großes Werk über die Kreisbewegungen der Himmelskörper der Öffentlichkeit übergab, das eine entschiedene Abkehr vom geozentrischen Weltbild und eine überzeugende Hinwendung zur heliozentrischen Weltauffassung endgültig einleiten sollte. Im kopernikanischen Weltbild steht die Sonne im Mittelpunkt des Planetensystems. Die Erde bewegt sich gemeinsam mit den übrigen Planeten um diesen Mittelpunkt; nur der Mond kreist noch um die Erde. Allerdings hielt auch Kopernikus an der überlieferten Kreisform der Planetenbahnen fest, da ja der Kreis von alters her als die vollkommenste geometrische Form galt. Es gelang ihm aber ohne weiteres darzulegen, daß die Schleifenbewegungen der Planeten, zu deren Erklärung Ptolemäus die Epizykeltheorie entwickelt hatte, scheinbare Spiegelbilder der Erdbewegung sind (Abb. 6) und so für den Aufbau des Planetensystems ein Bild von bezeichnender Einfach-

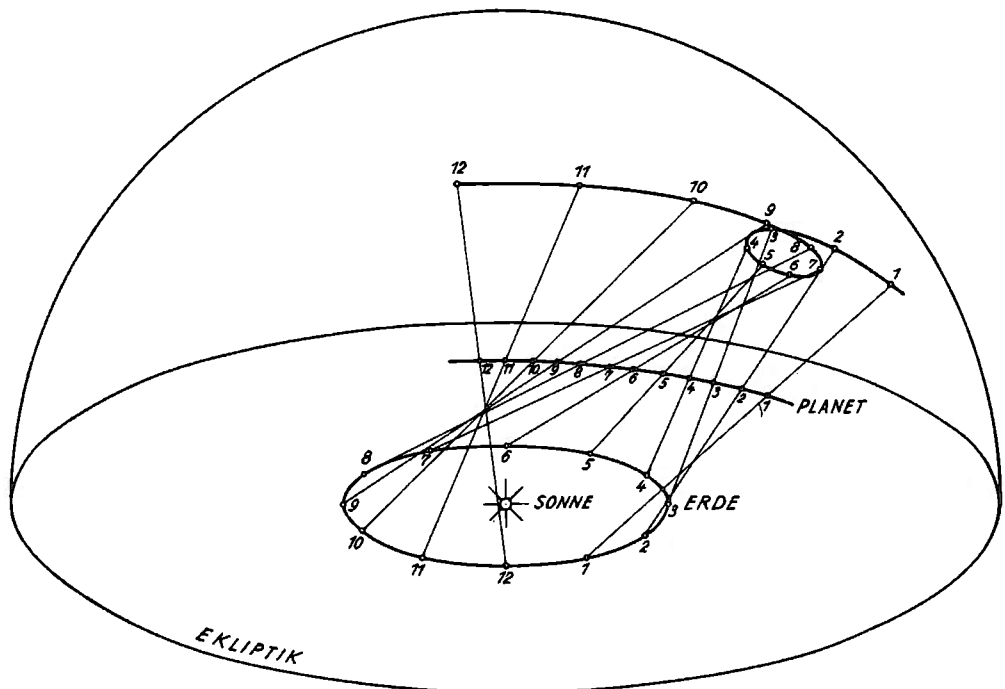


Abb. 5. Nikolaus Kopernikus.

heit entsteht. Die ungleichförmigen Geschwindigkeiten der Planeten am Himmel versuchte Kopernikus dadurch zu erklären, daß er an einer exzentrischen Planetenbahn festhielt. Die Reihen-

folge der Planeten blieb im kopernikanischen Weltsystem dieselbe wie bei Ptolemäus. Lediglich Sonne und Erde hatten ihren Platz vertauscht. Schon bevor das kopernikanische Weltbild öffentlich durch den Druck bekanntgeworden war, wurde dagegen scharf Stellung genommen, da Kopernikus die Grundgedanken seiner neuen Lehre bereits einem kleinen Kreis von Gelehrten zugänglich gemacht hatte. Vor allen Dingen war es die Kirche, die hiergegen ihre Stimme erhob, da dieses Weltsystem in der Lage zu sein schien, die Autorität der Bibel zu erschüttern. Wohl hatte Kopernikus über sein Weltbild auch in Rom vorgetragen, als er in Italien weilte und die ersten Grundlagen dazu legte. Und weiter ist nicht zu übersehen, daß das Hauptwerk später Papst Paul III. mit einer längeren Widmungsadresse zugeeignet wurde. Aber dennoch waren es zunächst Luther und Melanchthon, die auf die Bibelwidrigkeit des Werkes hinwiesen, weil an einer einzigen Stelle (Josua 10, 12) in der Bibel gesagt sei, „Sonne stehe still zu Gibeon“. Das sollte, wie Luther meinte, so auszulegen sein, daß die zuvor bewegte Sonne stillgestanden habe, und nicht die

Abb. 6. Erklärung der Planetenschleifen durch Kopernikus. Die Erde bewegt sich um die Sonne. Während dieser Zeit beschreibt ein außerhalb der Erdbahn wandernder Planet seine Bahn von 1 nach 12. Aus der Änderung der Erdstellung ergibt sich die außerhalb der Planetenbahn dargestellte scheinbare Schleifenbahn als Folge der Erdbewegung.



Erde. Aber nicht nur die rein astronomischen Beziehungen waren es, die einen solchen Widerspruch auslösten, sondern vor allem auch rein theologische Grundannahmen, die in der anthropozentrischen (den Menschen in die Mitte der Welt stellenden) Weltauffassung der Bibel ihren Ausdruck fanden. „Vielleicht ist noch nie“, so heißt es in Goethes Farbenlehre, „eine größere Forderung an die Menschheit geschehen: denn was ging nicht alles durch diese Anerkennung in Rauch auf: ein zweites Paradies, eine Welt der Unschuld, Dichtkunst und Frömmigkeit, das Zeugnis der Sinne, die Überzeugung eines poetisch-religiösen Glaubens; kein Wunder, daß man dies nicht alles wollte fahren lassen, daß man sich auf alle Weise einer solchen Lehre widersetzte, die diejenigen, die sie annahmen, zu einer bisher unbekannten, ja ungeahnten Denkfreiheit und Großtat der Gesinnung berechnete und aufforderte.“

Aber auch die Astronomen haben das neue Weltbild nicht sofort angenommen. Das lag daran, weil es einmal noch keinen unmittelbaren und nicht widerlegbaren Beweis für die Wahrheit des neuen Systems gab, und zum andern auch daran, daß Kopernikus eine ihnen wohlvertraute Denkgewohnheit erschütterte. Wohl konnte Kopernikus für seine Theorie genaue Planetentafeln vorlegen, die eine Vorausberechnung der Planetenörter am Himmel für lange Zeit mit größerer Genauigkeit gestatteten, als dies die bis dahin gebrauchten Tafeln zu tun vermochten. Daß diesen Tafeln aber dennoch nicht die letzte Genauigkeit innewohnte, lag daran, daß Kopernikus die Kreisbahnen des Altertums übernommen hatte, während erst Kepler fand, daß die Bewegung der Planeten in elliptischen Bahnen erfolgt.

Man wird dennoch die Frage stellen, ob die theologischen Einwendungen damals wirklich ausreichten, um mathematisch-naturwissenschaftliche Einsichten zu widerlegen, von denen Kopernikus gesagt hatte, daß sie nur für Mathematiker gedacht und nur von ihnen in ihren

Zusammenhängen zu verstehen seien. Wenn wir dabei auf die Grundlagen jeder astronomischen Überlegung, auf die Beobachtungen des Himmels und die Bewegungen der Planeten zurückgreifen, dann muß allerdings gesagt werden, daß sowohl das ptolemäische als auch das kopernikanische Weltsystem eine für die damalige Zeit befriedigende Darstellung der Planetenbewegung gestatteten. Mit beiden Theorien ließen sich die Bewegungen der Planeten vorausberechnen, wenn auch mit dem Unterschied, daß Ptolemäus hierzu ein sehr kompliziertes theoretisches System benötigte, während Kopernikus auf viel einfachere Weise zum gleichen Ziel gelangte. Man kann folglich nicht ohne weiteres sagen, daß das ptolemäische Weltsystem ganz und gar unwissenschaftlich gewesen wäre, man wird aber doch hervorheben müssen, daß sich beide Weltbilder wie eine niedere Stufe der Erkenntnis zu einer höheren verhielten. Was das Weltsystem des Kopernikus gegenüber dem des Ptolemäus auszeichnete, war einerseits seine überzeugende Einfachheit und zum anderen seine der Wirklichkeit nahekommende Überzeugungskraft. Seine Schwäche wurde aber darin sichtbar, daß Kopernikus für die Richtigkeit seines Systems noch keine eigentlichen Beweise geben konnte. Ein solcher Beweis wäre der Nachweis einer Parallaxe der Fixsterne gewesen (vgl. Abb. 35), wie dies schon von den Gegnern der Pythagoreer gefordert worden war. Kopernikus hatte diesen zu erwartenden Einwand aber keineswegs übersehen, sondern deutlich ausgesprochen, daß die Entfernungen der Fixsterne so groß seien, daß sie mit den damals verfügbaren Meßgeräten nicht nachzuweisen wären. Es muß dabei bedacht werden, daß feinmechanische Präzisionsinstrumente noch nicht zur Verfügung standen, daß das Fernrohr noch nicht erfunden war und daß alle Beobachtungen mit verhältnismäßig einfachen, aus Holz hergestellten Meßvorrichtungen gewonnen werden mußten.

So gesellten sich zu den Theologen auch Astronomen der damaligen Zeit, unter denen sich



Abb. 7. Tycho de Brahe.

Tycho de Brahe (1546 bis 1601) befand, der als der größte beobachtende Astronom des 16. Jahrhunderts bezeichnet werden muß. Er hatte einen ungeheuren Schatz an Himmelsbeobachtungen zusammengetragen und die Meßkunst an Fixsternen auf eine neue und hohe Stufe emporgehoben, so daß die Fixsternörter mit einer Genauigkeit von einer Bogenminute festgelegt werden konnten, ohne daß jedoch eine Parallaxe gefunden worden wäre. Das bedeutete, daß die Sterne mindestens zweitausendmal weiter von der Erde entfernt sein mußten als die Sonne. Es tat sich zwischen Erde und Fixsternraum eine ungeheure Tiefe auf, die über das Vorstellungsvermögen des Menschen im ausgehenden Mittelalter hinausging. So wurde Tycho de Brahe zu einem Gegner des Kopernikus, weil die Beobachtungen ihm keine andere Wahl zu lassen schienen. Er suchte Zuflucht zu einem eigenen Weltsystem, in dem die Erde die Mitte bildete, während alle übrigen Planeten die Sonne umliefen und von ihr um die Erde herumgeführt wurden. Dennoch war die Zeit nicht fern, in der das Welt-

bild des Kopernikus durch neue Entdeckungen gestärkt werden sollte, sehr zum Ärger der Kirche. In den Jahren 1609 bis 1619 stellte Johannes Kepler (1571 bis 1630) seine berühmten Planetengesetze auf, die allgemein als „Keplersche Gesetze“ bezeichnet werden (Abb. 9). Die Grundlagen hierzu entnahm er als einstiger Gehilfe Tycho de Brahes den gleichen Beobachtungsschätzen, die Tycho de Brahe zum Gegner des Kopernikus gedrängt hatten. Er wies zunächst nach, daß sich die Planeten nicht in Kreisen, sondern in elliptischen Bahnen um die Sonne bewegen (erstes Gesetz). Weiter zeigte er, daß zwischen der Sonnenentfernung eines Planeten und seiner Bahngeschwindigkeit ein gesetzmäßiger Zusammenhang besteht (zweites Gesetz) und daß eine Gesetzmäßigkeit zwischen der Umlaufzeit um die Sonne und der Entfernung von ihr auftritt (drittes Gesetz).

Damit waren die wichtigsten Mängel im kopernikanischen Weltsystem, die noch auf die aus dem Altertum übernommenen Kreisbahnen zurückzuführen waren, endgültig beseitigt.

Abb. 8. Johannes Kepler.



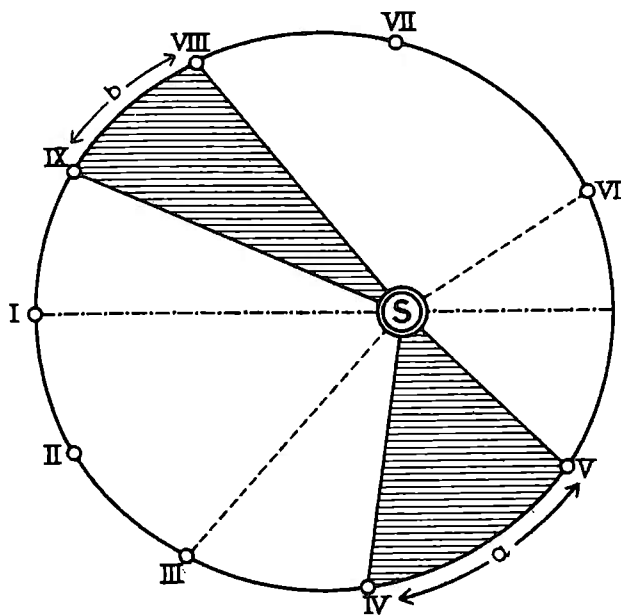


Abb. 9. Die Keplerschen Gesetze der Planetenbewegung.

Erstes Gesetz: Die Bahn eines Planeten ist eine Ellipse, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.

Zweites Gesetz: Der Radiusvektor (oder Sehstrahl) überstreicht bei seiner Bewegung um die Sonne in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume.

Drittes Gesetz: Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kuben ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne.

Es ist indessen bemerkenswert, daß Kepler auf Grund des auf diese Weise verbesserten kopernikanischen Systems nunmehr Planetentafeln (die sogenannten Rudolphinischen Tafeln) aufstellen konnte, die eine Genauigkeit und Zuverlässigkeit erreichten, wie man sie vorher für un erreichbar gehalten hätte. Damit konnte das Welt-system des Kopernikus als endgültig gesichert gelten, so daß sich die berühmtesten Astronomen der damaligen Zeit zu ihm bekannten. Fast zur gleichen Zeit wurde das Fernrohr erfunden. Erstmals richtete Galileo Galilei (1564 bis 1642) im Jahre 1610 sein Fernrohr auf den Himmel und überraschte die Welt mit aufsehenerregenden Entdeckungen. Er fand in der Nachbarschaft des Jupiters vier winzige Sterne, die sich als Monde des Planeten erwiesen. Er er-

kannte die Scheibenform des Jupiters, entdeckte den Phasenwechsel der Venus, die Sonnenflecken und die Bergwelt des Mondes, so daß nunmehr kein Zweifel daran blieb, daß die Planeten der Erde verwandte Himmelskörper sind und daß das kopernikanische Weltbild der Wahrheit entspricht. Galilei hatte sich schon vorher, im Jahre 1597, zu Kopernikus bekannt und ist in dieser Überzeugung niemals schwankend geworden, auch dann nicht, als sich der Klerus mit harter Gewalt gegen seine Person erhob. In zwei Prozessen der Inquisition (1616 und 1633) wurde er gezwungen, der Lehre des Kopernikus zu entsagen, gegen die von ihm erkannte Wahrheit die Hand zum Schwur zu erheben und sich zum Irrtum zu bekennen. In einem über Galilei von dem deutschen Pater Melchior Incofer in Rom erstatteten Gutachten heißt es: „Ich glaube, daß Galilei nicht nur lehrt und verächt, die Sonne sei in Ruhe und Mittelpunkt der Welt, um die sich die Planeten samt der Erde in eigener Bewegung drehen, sondern auch dringend verächtig ist, dieser Lehre anzuhängen und an ihr festzuhalten.“ Und weiter heißt es in einem

Abb. 10. Galileo Galilei



Protokoll der römischen Inquisition vom 25. und 26. Februar 1626: „Am ersten Tag wird angeordnet, daß der Kardinal Bellarmin den Galilei vor sich zu rufen und ihn zu ermahnen habe, die falsche Lehre aufzugeben. Weigere er sich zu gehorchen, so soll ihm vor Zeugen das Verbot erteilt werden, diese Lehre irgendwie zu lehren, zu verteidigen oder zu erörtern. Wenn er sich dabei nicht beruhigt, soll er in den Kerker geworfen werden.“ Und so geschah es. Allein die Wahrheit hat sich dadurch nicht aufhalten lassen. Das kopernikanische Weltbild setzte sich durch, obwohl das Werk des Kopernikus länger als drei Jahrhunderte von der Kirche auf den Index der verbotenen Bücher gesetzt wurde.

Nur eine Frage war offengeblieben: Warum bewegen sich die Planeten um die Sonne, und weshalb treten in ihren Bewegungen unterschiedliche Geschwindigkeiten auf? Mit anderen Worten, aus welchem Grund bewegt sich ein Planet in Sonnennähe schneller als in Sonnenferne? Die Antwort hierauf hat Isaac Newton (1643 bis 1727) gegeben. Er wies im Jahre 1687 nach, daß die Bewegung der Planeten in Keplerschen Bahnen die Folge einer allgemein zwischen den Körpern wirksamen Anziehungskraft ist, wonach sich alle Körper proportional (verhältnisgleich) ihren Massen und umgekehrt proportional dem Quadrat ihrer Entfernungen anziehen. Infolgedessen zwingt die Sonne mit ihrer gewaltigen Masse, die siebenhundertmal größer ist als die zusammengefaßte Masse aller sie umwandernden Körper, die Planeten zu Umlaufbewegungen. Kommt ein Planet der Sonne im sonnennahen Teil seiner Bahn näher, nimmt die Anziehung der Sonne zu. Als Folge davon erhöht sich die Bahngeschwindigkeit des Planeten, so daß sich die vergrößerte Sonnenanziehung wieder aufhebt. In Sonnenferne verlangsamt der Planet infolge der verringerten Anziehung seine Geschwindigkeit, so daß zwischen Sonnenabstand und Geschwindigkeit eine durch die Gravitation bewirkte ständige Beziehung vorhanden ist. So konnte Newton den Nachweis erbringen, daß



Abb. 11. Isaac Newton.

sich die von Kepler aufgestellten Gesetze aus dem Gravitationsgesetz ergeben.

Damit wurde ein neues Kapitel der astronomischen Forschung aufgeschlagen. Die hiermit unmittelbar einhergehende Entwicklung der mathematischen Rechenmethoden (Infinitesimalrechnung) leitete eine wesentliche Verfeinerung der astronomischen Bewegungslehre (Himmelsmechanik) ein, so daß es gelang, die sich aus der Anwendung des Gravitationsgesetzes ergebenden Folgerungen ohne Schwierigkeit zu meistern. Eine solche Folge war zum Beispiel, daß sich die Planeten gegenseitig anziehen und sich dadurch in ihrer Bewegung „stören“. Sie weichen also, wenn auch mit nur sehr geringen Werten, von der reinen Keplerbewegung ab, so daß in der rechnerischen Verfolgung ihrer Bewegungen der Einfluß der Gravitation der anderen Planeten zu berücksichtigen ist. Diese Konsequenzen haben zu einer Reihe von Triumphen in der astronomischen Forschung geführt, die in der „theoretischen“ Entdeckung von zwei Planeten ihren sichtbaren Ausdruck gefunden haben.

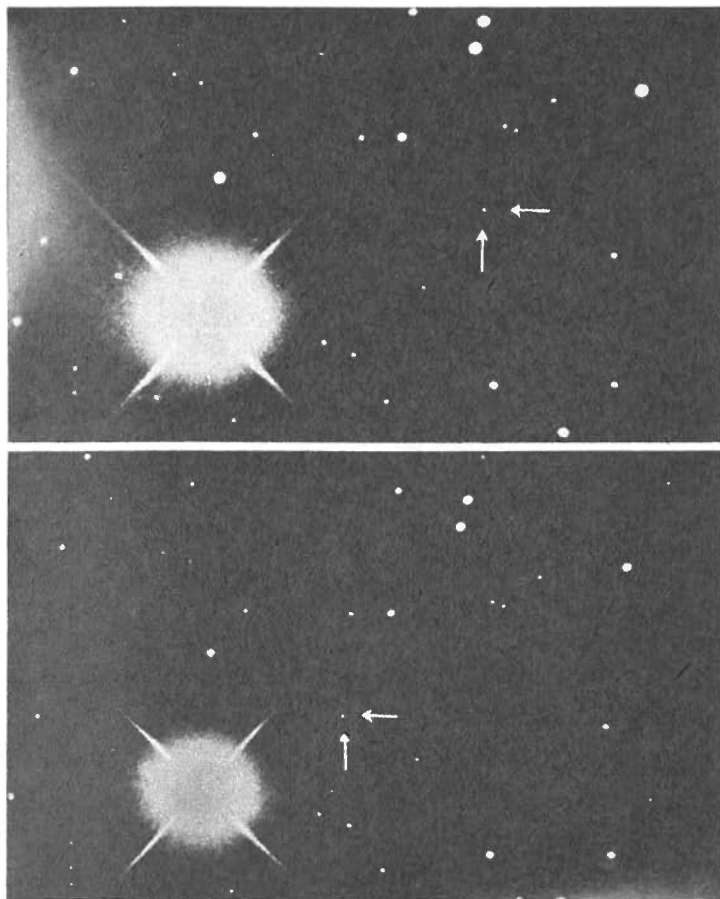


Abb. 12. Die Entdeckung des Planeten Pluto im Jahre 1930 im Sternbild der Zwillinge. Vom 2. bis 5. März 1930 zeigte der durch einen Pfeil bezeichnete Stern eine deutliche Bewegung. Das konnte nur ein Planet sein!

Bis zum Jahre 1781 waren nur die schon dem Altertum geläufigen Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn bekannt. Dann gelang es Wilhelm Herschel (1738 bis 1822), mit Hilfe seiner großen Teleskope noch einen weiteren Planeten zu entdecken, der in doppelter Saturnentfernung seine Bahn zog und den Namen „Uranus“ erhielt. Die Beobachtung dieses neuen Planeten zeigte sehr bald, daß er sich nicht streng in der Bahn bewegte, die sich aus den Keplerschen Gesetzen und dem Gravitationsgesetz ergab. Seine Bewegung war „gestört“, und das mußte einen zwingenden Grund haben. Entweder galt das Gravitationsgesetz in seiner Entfernung nicht mehr mit eindeutiger Strenge,

oder es mußte sich jenseits seiner Bahn noch ein unbekannter Planet bewegen, der durch seinen störenden Einfluß die Unregelmäßigkeiten der Uranusbewegung verursachte. Der letztgenannte Gedanke wurde im Jahre 1823 erstmalig mit aller Klarheit ausgesprochen. Tatsächlich gelang es dann dem jungen französischen Mathematiker Urban Leverrier (1811 bis 1877), in einer der französischen Akademie der Wissenschaften 1846 überreichten Denkschrift den Nachweis zu führen, daß die Störungen der Uranusbewegung von einem unbekannten Planeten hervorgerufen werden, der außerhalb der Uranusbahn die Sonne umwandert. Leverrier errechnete fast genau Entfernung, Masse und Helligkeit des Planeten und gab seine Stellung unter den Sternen an. Hier war gewissermaßen die Entdeckung eines unbekannten Planeten am Schreibtisch gelungen. Zu seiner wirklichen Auffindung am Himmel war aber neben einem guten Fernrohr auch eine ausreichend zuverlässige Sternkarte erforderlich. Derartige Sternkarten waren damals an der Berliner Sternwarte eben vollendet worden. Außerdem stand in Berlin ein gutes neuzölliges Fernrohr zur Verfügung, das der Meisterhand Joseph Fraunhofers (1787 bis 1826) entstammte. So schrieb Leverrier am 18. September 1846 seinen denkwürdigen Brief an den Berliner Astronomen Johann Gottfried Galle (1812 bis 1910), in dem er darum bat, an dem von ihm berechneten Ort am Himmel nach dem gesuchten Planeten Ausschau zu halten. Der Brief kam am 23. September 1846 in Berlin an. Noch am gleichen Abend versuchte Galle die Auffindung des Planeten an der von Leverrier berechneten Stelle, und in der Tat fand er ein Sternchen, das in der benutzten Sternkarte nicht verzeichnet war, also kein Fixstern sein konnte, sondern ein Wandelstern, ein Planet sein mußte. Zwei Tage später stellte es sich heraus, daß es tatsächlich ein Planet war. Ohne Zweifel muß diese seltsame Entdeckungsgeschichte eines Himmelskörpers zu den größten Leistungen des menschlichen Geistes gezählt werden, um so

mehr, als hier erstmalig bewiesen wurde, daß sich die Naturgesetze nicht nur auf bekannte, sichtbare Himmelskörper anwenden lassen, sondern daß mit ihrer Hilfe auch unbekannte Himmelskörper, und zwar aus ihren nachweisbaren Wirkungen, rechnerisch ermittelt und am Fernrohr gefunden werden können. Der neu entdeckte Planet hat damals den Namen „Neptun“ erhalten. Er bewegt sich in 164 Jahren um die Sonne.

Mit der Entdeckung des Neptuns waren allerdings die Störungen des Uranus nicht restlos zu erklären. Es blieben geringe Restwerte, die schließlich zu der Überzeugung führten, daß noch ein weiterer Planet vorhanden sein müsse, der aber erst im Jahre 1930 (Abb. 12) entdeckt wurde und den Namen „Pluto“ erhielt. Auch seine Bahn, die im Mittel fast vierzigmal weiter von der Sonne entfernt ist als die Erdbahn, scheint noch nicht die äußerste Grenze des Planetensystems zu sein, denn nicht nur Kometen, die sich auf langgestreckten elliptischen Bahnen bewegen, aber zum Planetensystem gehören, dringen über die Bahn des Pluto hinaus, sondern ebenso kühn wird dort noch ein zehnter Planet vermutet, dessen Entfernung nach neuesten Untersuchungen von H. H. Kritzing (1954) sechsundfünfzigmal größer zu sein scheint als die Entfernung Sonne-Erde, während die Um-

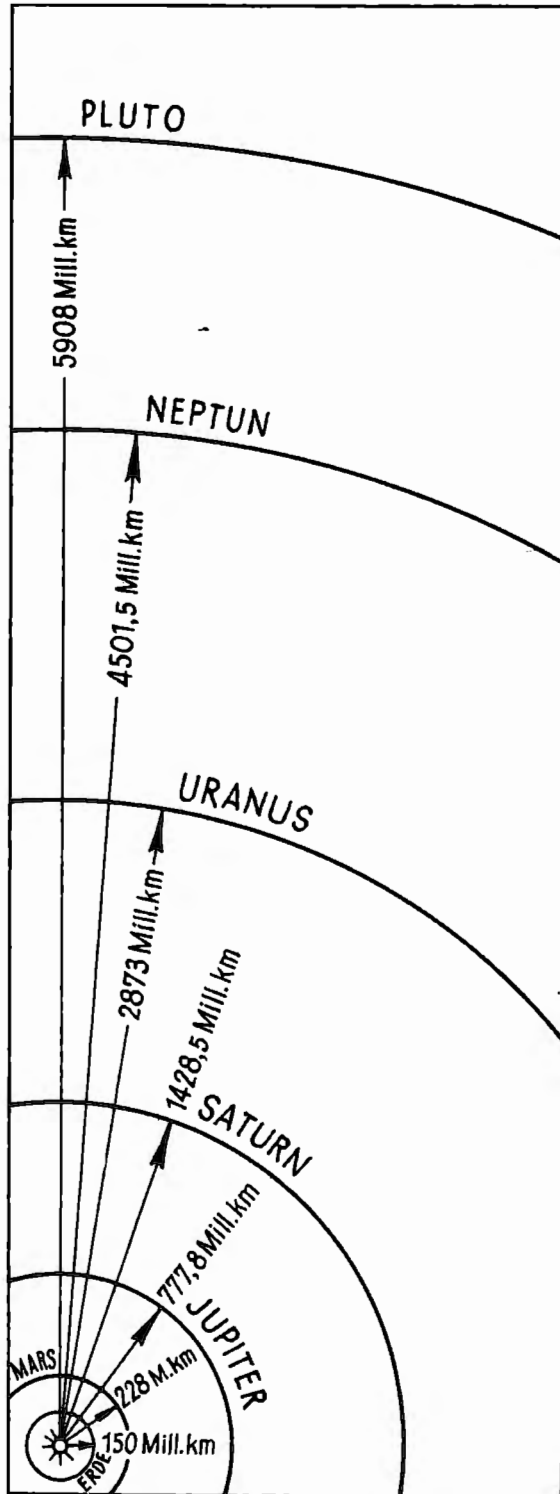
laufszeit mit 523,5 Jahren angenommen wird. In der untenstehenden Übersicht 1 sind die wichtigsten Zahlenwerte des Planetensystems, wie Sonnenentfernungen und Umlaufzeiten, zusammengestellt. Die Entfernungen sind in Millionen Kilometer und in astronomischen Einheiten angegeben. Eine astronomische Einheit (a. E.) entspricht der Entfernung Sonne-Erde, die bis in die letzten Jahre hinein mit aller erreichbaren Genauigkeit zu bestimmen versucht worden ist. Auf Grund der im Jahre 1950 durchgeführten bisher genauesten Berechnung der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne hat sich die Länge der astronomischen Einheit zu 149 504 200 km ergeben.

Bei einer Betrachtung der Übersicht 1 fällt auf, daß sich die Entfernungen der Planeten nach außen hin allgemein verdoppeln. Das heißt, daß der nächstfolgende Planet immer doppelt so weit von der Sonne entfernt ist wie der im Innern seiner Bahn laufende nächste Planet. Zwischen Mars und Jupiter befindet sich aber eine eigenartige Lücke, auf die schon Kepler hingewiesen hatte und die ihn zu der Vermutung führte, daß hier entweder ein Planet „fehle“ oder ein noch unerkannter Planet seine Bahn ziehe. Erst im Jahre 1801 gelang es, in jener Lücke einen Planeten aufzufinden, der damals den Namen „Ceres“ erhielt, von dem sich aber sehr bald her-

ÜBERSICHT 1

*Umlaufzeiten
und
Entfernungen
im
Planetensystem.*

Planet	Umlaufzeit um die Sonne		Entfernungen von der Sonne in Millionen km			Mittlere Entfernung von der Sonne in astron. Einh.
	Jahre	Tage	kleinste	mittlere	größte	
Merkur	—	88.0	46	58	70	0.387
Venus	—	224.7	107	108	109	0.723
Erde	—	365.3	147	149.5	152	1.000
Mars	1	321.7	207	228	249	1.524
Jupiter	11	314.9	740	778	815	5.203
Saturn	29	167.2	1347	1426	1506	9.555
Uranus	84	8.1	2734	2869	3004	19.218
Neptun	164	281.6	4457	4496	4534	30.110
Pluto	248	157	4439	5908	7377	39.518



ausstellte, daß sein Durchmesser nur 780 km beträgt, so daß nur von einem Zwergplaneten die Rede sein kann. Bald wurden weitere kleine Planeten gefunden, die zunächst noch der Größenordnung des Ceres entsprachen. Schließlich setzte eine starke Häufung von Entdeckungen ein, so daß Hunderte von kleinen Planeten bekannt wurden, deren Zahl heute nahezu bei 1600 angekommen ist. Darunter haben manche nur Durchmesser von wenigen Kilometern. Der kleinste bis jetzt ermittelte Planetendurchmesser liegt bei 700 Metern.

Es ist nun die Frage: Woher kommen diese Kleinplaneten, die sich anfangs auf die Mars-Jupiter-Lücke beschränkten, heute aber praktisch einen Raum einnehmen, der aus dem Innern der Merkurbahn bis an die Bahn des Saturns (Abb. 14) reicht? Nun, schon Wilhelm Olbers (1758 bis 1840) sprach im Jahre 1804 die Vermutung aus, daß die kleinen Planeten Trümmer eines zerstörten großen Planeten sind. Man schätzt die Zahl aller vorhandenen Planetentrümmer auf etwa 50000, von denen bisher nur etwa zehn Prozent beobachtet werden konnten, davon aber wiederum rund 1600 so zuverlässig, daß eine Berechnung ihrer Bahnen möglich war.

Neben den kleinen Planeten gehören dem Planetensystem noch zahlreiche Kometen an, unter denen sich die kurzperiodischen – mit Umlaufzeiten unter 10 Jahren – fast alle in einem von der Jupiterbahn umschlossenen Raum bewegen und hier die sogenannte „Jupiterfamilie“ bilden. Über die physikalischen Eigenschaften der Kometen wird später noch zu berichten sein. Insgesamt sind rund 40 kurzperiodische Kometen bekannt. Andere haben Umlaufzeiten bis zu 100 Jahren. Sie gelangen auf ihren Bahnen weit über die Saturnbahn hinaus, teilweise bis zum Neptun, Pluto und so weiter, so daß sie auch dort jeweils den Eindruck von „Kometenfamilien“ hervorrufen, deren Zustandekommen von

Abb. 13. Bahnen des Planeten im kopernikanischen Welt-system.

den betreffenden Planeten mit bewirkt zu sein scheint. Weiter möge erwähnt werden, daß eine Reihe von Kometen bekannt ist, deren Umlaufzeit einige Jahrtausende beträgt. Noch andere mögen sich in Fernen bewegen, die bereits in der Nachbarschaft anderer Sonnen liegen, ohne dadurch ihre Zugehörigkeit zum Sonnensystem zu verlieren.

Ganz allgemein kann daher gesagt werden, daß nach neueren Anschauungen die Kometen allesamt Erscheinungen des Planetensystems sind. Daneben sind schließlich noch zahlreiche Meteorströme zu nennen, die sich auf den Bahnen von verschollenen oder bekannten Kometen bewegen und dadurch mit ihnen verwandt sind. Auch darüber soll später gesprochen werden.

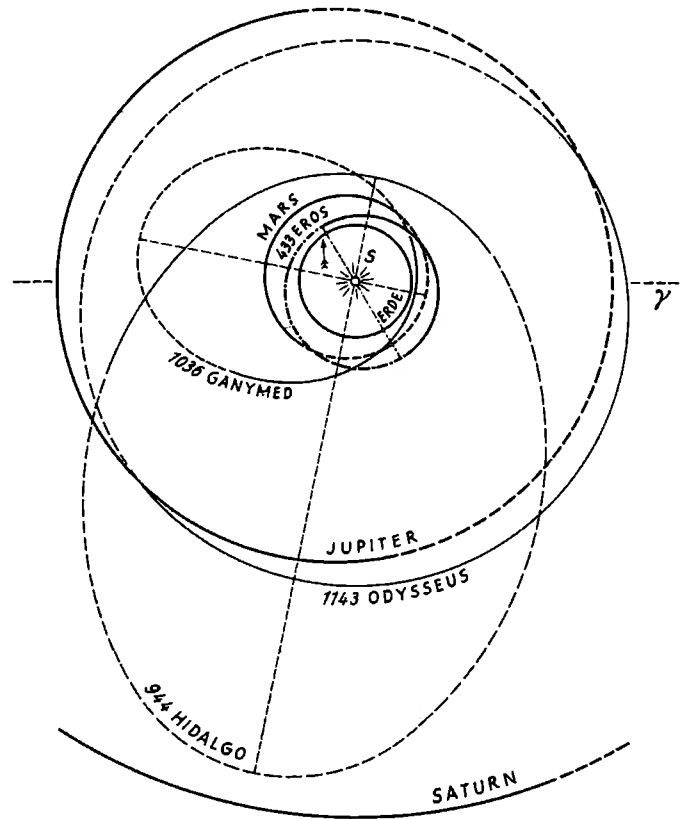


Abb. 14. Bahnen der kleinen Planeten Eros, Ganymed, Odysseus und Hidalgo.

II. DAS ASTRONOMISCHE WELTBILD DER GEGENWART

Während sich das Altertum in der Hauptsache mit der Deutung der dem bloßen Auge zugänglichen Himmelserscheinungen beschäftigt hat, waren die dem Auftreten des Kopernikus folgenden Jahrhunderte vor allen Dingen der Aufdeckung der Bewegungsgesetze der Planeten zugewandt. Durch die rasche Entwicklung der astronomischen Beobachtungsinstrumente wurde die Beobachtungsgenauigkeit wesentlich verbessert, und es bahnte sich damit der Vorstoß in die fernsten Tiefen des Raumes an. Weitere Fortschritte wurden durch die Errungenschaften der Physik und deren Anwendung auf Probleme der Astronomie eingeleitet. Die Astrophysik wurde zu einem ausgedehnten Forschungsbereich des Astronomen. Hierdurch gelang es, sich mit den

physikalischen Eigenschaften der Gestirne eingehend zu beschäftigen und ein ungeheures Beobachtungsmaterial anzuhäufen, aus dem über das Verhalten der Materie im Kosmos zuverlässige Schlüsse gezogen werden konnten. Auf diese Weise wurden nicht nur über die Physik der Sterne und Nebel sichere Vorstellungen gewonnen, sondern die Astronomen konnten auch genauere Einsicht in die Entwicklungsgeschichte des Weltalls nehmen.

Es liegt in der Natur der Sache, daß die Erforschung des Einzelsterns über die Sonne führt, von der sehr genaue Tatsachen bekannt sind. Wir wollen uns daher zunächst in großen Zügen mit der Physik der Sonne und des mit ihr verbundenen Planetensystems beschäftigen.

1. Die Weltkörper des Sonnensystems

Das Sonnensystem umschließt eine Gemeinschaft verschiedenartiger Himmelskörper, unter denen die Sonne ein riesiger gasförmiger Glutball ist, der eigenes Licht aussendet, während alle übrigen Körper nur das Sonnenlicht zurückstrahlen. Neben der Sonne gehören zu diesem System neun große Planeten mit 31 Monden, annähernd 1600 kleine Planeten, zahlreiche Kometen und Meteorströme, die auf engeren oder weiteren, kreisähnlichen oder langgestreckten elliptischen Bahnen die Sonne umwandern.

DIE SONNE

Die Sonne ist ein Fixstern, der uns infolge seiner großen Nähe scheibenförmig erscheint; sie ist folglich der einzige Fixstern, an dessen Oberfläche physikalische Vorgänge von uns wirklich beobachtet werden können. Moderne astrophysikalische Hilfsmittel gestatten es zwar, auch bei einer geringen Zahl anderer Fixsterne Scheibenbilder wahrzunehmen, jedoch reichen diese Fixsternscheibchen höchstens dazu aus, die Durchmesser jener Sterne zu messen, ohne daß die Möglichkeit zur unmittelbaren Beobachtung von Oberflächenerscheinungen gegeben wäre.

Die Größe der Sonnenkugel wird am sinnfälligsten durch ihren 1,4 Millionen km messenden Durchmesser zum Ausdruck gebracht, der rund 109mal länger ist als der Durchmesser der Erdkugel (12 756 km). Es läßt sich leicht errechnen, daß der Rauminhalt der Sonne annähernd 1,3millionenmal größer ist als derjenige der Erde. Von ausschlaggebender Bedeutung ist die Masse der Sonne, die das 332 000fache der Erdmasse beträgt und wertmäßig $= 1,98 \cdot 10^{27} \text{ t}$ ($10^{27} = \text{eine } 1 \text{ mit } 27 \text{ Nullen}$) ausmacht. Aus der Division Masse : Volumen ergibt sich die Dichte der Sonnenmaterie zu 0,26 oder einem Viertel der mittleren Erddichte. Da letztere $= 5,514 \text{ Gramm pro Kubikzentimeter}$ beträgt, erhält man für die mittlere Sonnendichte einen Wert von $1,41 \text{ g/cm}^3$. Vermöge ihrer großen

Masse, die rund 700mal größer ist als die Masse aller übrigen Körper des Sonnensystems zusammengekommen, verkörpert die Sonne im Sinne des Wortes das Massenzentrum ihrer Planeten- und Kometenfamilie. Die Sonne vollbringt dauernd die gewaltige Energieleistung von 500 000 Trillionen (eine Trillion $= 1 \text{ mit } 18 \text{ Nullen}$) Pferdestärken. Im engsten Zusammenhang damit steht die Frage nach den Quellen dieser Energien, deren Ausstrahlung auf die Dauer sicherlich nicht ohne Gefährdung der Existenz der Sonne vor sich gehen kann. Wir wissen heute, daß die Energiequellen der Sonnenstrahlung in Atomkernprozessen begründet liegen, die der Sonne eine Lebensdauer von vielen Milliarden Jahren ohne weiteres garantieren.

Solche Vorgänge setzen außerordentlich hohe Temperaturen voraus, deren Berechnung die Strahlungsgesetze ermöglichen und die für die Sonnenoberfläche einen Wert von rund 6000 Grad ergeben haben. Im Innern der Sonnenkugel betragen die Temperaturen jedoch etwa 20 Millionen Grad.

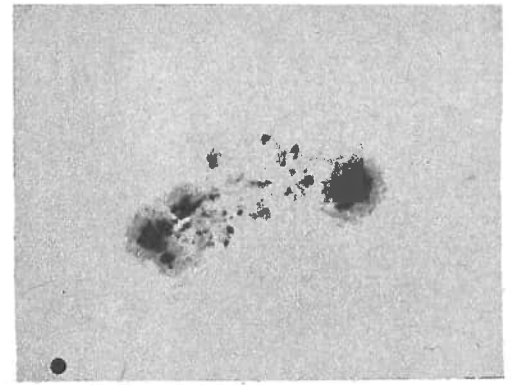
Im Fernrohr zeigen sich auf der Sonnenoberfläche (Photosphäre) Erscheinungen, die ohne größere Schwierigkeit zu erkennen sind. Da ist zunächst die unterschiedliche Helligkeitsverteilung zu erwähnen, die zum Sonnenrand hin eine deutliche Abdunklung hervortreten läßt. Sie wird als Randverdunkelung bezeichnet und stellt einen Beweis für die Vorstellung dar, daß die Sonne eine gasförmige Kugel ist, die sich im Strahlungsgleichgewicht befindet. Weiter fällt eine feine Körnung der Sonnenoberfläche auf, die allerdings nur unter günstigen atmosphärischen Verhältnissen eindrucksvoll hervortritt und die sogenannte Granulation der Sonne bildet. Die „Teilchen“ dieser Feinstruktur der Photosphäre besitzen eine Ausdehnung von 700 bis 1400 km und sind außerordentlich raschen Wandlungen unterworfen.

In die Granulation eingebettet erscheinen die Sonnenflecken, die teilweise als Einzelflecke, vielfach aber in mehr oder weniger ausgedehnter

ten Gruppen sichtbar werden. Ihre Entwicklungsgeschichte und Lebensdauer sind sehr verschieden. Manche Gebilde entstehen und verschwinden an einem Tag, andere überdauern mehrere Tage, wieder andere zeigen eine sich über Monate hinziehende Erhaltung ihrer Lage auf der Sonnenoberfläche. Dabei sind Gruppen mit einer Längsausdehnung bis zu 240000 km beobachtet worden (Abb. 15).

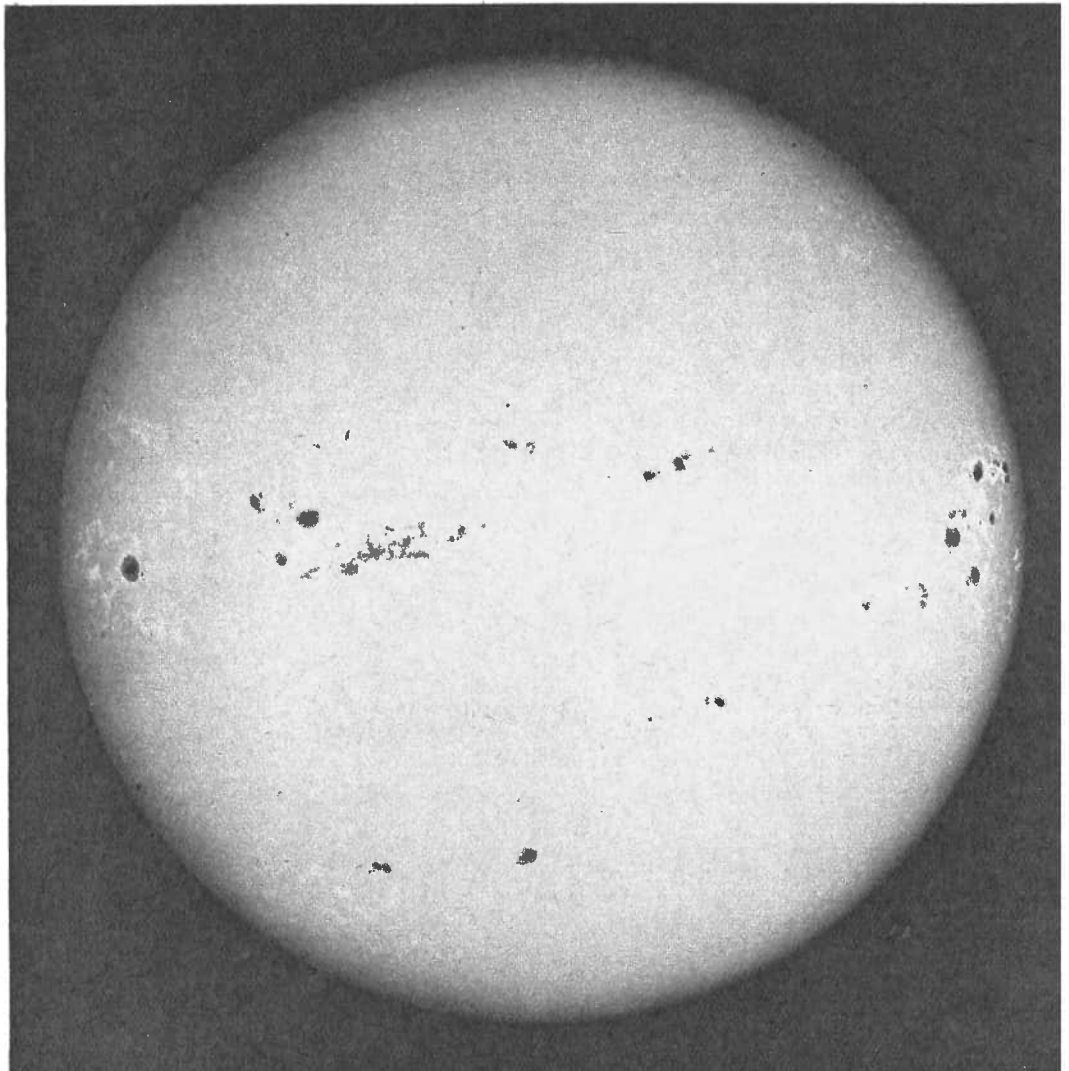
Allgemein zeigen die Flecke einen dunklen Kern (die Umbra) und einen weniger dunklen Hof (die Penumbra) (Abb. 16). Messungen haben ergeben, daß innerhalb der Sonnenflecke Temperaturen von etwa 4500 Grad auftreten, so daß es sich dabei nicht, wie es der bloße Anschein dartun mag, um „erkaltete“ Gebiete der Sonnenoberfläche handelt. Das eigentliche Wesen der

Abb. 16. Große Sonnenfleckengruppe. Die Erde ist vergleichsweise am Bildrand durch einen schwarzen Kreis dargestellt.



Sonnenfleck hat sich nur mit Hilfe besonderer Forschungsmethoden (der Spektroheliographie) ermitteln lassen, auf die wir hier nicht näher eingehen können. Nur andeutungsweise sei hervor gehoben, daß es sich dabei um Aufnahmen der Sonnenoberfläche im Lichte bestimmter Wellenlängen, wie des Wasserstoffs oder des Kalziums, handelt, wobei sich herausstellte, daß in der

Abb. 15. Die Sonne mit Flecken am 11. August 1947.



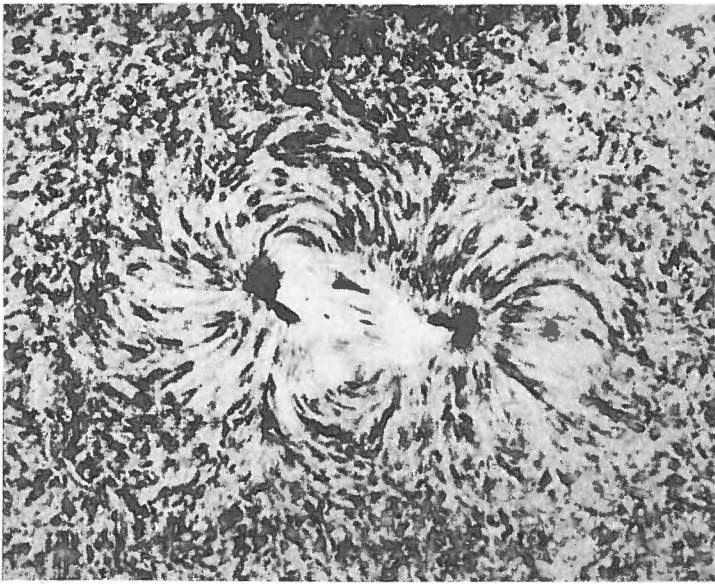


Abb. 17. Spektroheliogramm einer Sonnenfleckengruppe, in deren Umgebung die Sonnenmaterie eine deutliche Wirbelstruktur zeigt.

Umgebung der Sonnenflecke die gasförmige Materie wirbelartig angeordnet und in Aufruhr befindlich erscheint (Abb. 17), so daß die Sonnenflecke ausgedehnte Unruheherde der Photosphäre sind, in denen Strömungsgeschwindigkeiten von 100 km/sec auftreten.

Weiter hat sich ergeben, daß mit den Sonnenflecken magnetische Kraftfelder von großer Feldstärke verbunden sind.

Die Sonnenflecke treten nicht zu allen Zeiten in gleicher Zahl und Ausdehnung auf, sondern sind an eine elfjährige Periode gebunden, in der sie zahlenmäßig zum Maximum aufsteigen und zum Minimum wieder absinken. In Abbildung 18 ist der Verlauf der Sonnenfleckenkurve während der letzten 200 Jahre aufgezeichnet. Das letzte Sonnenfleckenmaximum war im Jahre 1947, während für das Jahr 1955 das nächste Minimum zu erwarten ist.

Der Ableitung solcher Kurvenbilder lagen bisher ausschließlich Fernrohrbeobachtungen zugrunde, die sich über die ganze Erde verteilten und von der Sternwarte in Zürich gesammelt wurden. Inzwischen hat sich aber herausgestellt, daß von der Sonne nicht nur eine reine Lichtstrahlung und eine von den Sonnenflecken abhängige Partikelstrahlung ausgehen, sondern daß von ihr auch Zentimeterwellen ausgesendet werden, wie sie aus der Funktechnik allgemein bekannt sind.

Die Entdeckung dieser Tatsachen hat die Entwicklung völlig neuer Forschungsmittel mit sich gebracht, wie sie heute von der sogenannten „Radioastronomie“ angewendet werden. Von großen Antennenspiegeln (Abb. 19), die in ihrer Aufstellung den Spiegelteleskopen verwandt erscheinen, den Spiegel aber durch ein großes Antennennetz ersetzen, werden die von der Sonne ausgestrahlten Radiowellen aufgenommen und registriert (Abb. 20). Aus einem solchen Radiogramm lassen sich Zeitpunkt und Ausmaß der Radiowellenstrahlung der Sonne entnehmen. Dabei zeigt sich, daß die Sonne nicht immer gleichförmig „sendet“, sondern daß eine Abhängigkeit von Vorgängen besteht, die mit dem Auftreten der Sonnenflecke zusammenhängen. Auch die Sonnenflecke sind ja keine für sich dastehenden Erscheinungen, sondern vielmehr ein Spiegelbild von Ereignissen im Sonneninnern, die der Beobachtung selbst nicht zugänglich werden. Wie aber schon angedeutet, wirken dabei magnetische Kräfte in entscheidendem Maße mit. Die Entwicklung der Radioastronomie hat nun gezeigt, daß die Intensität der Radiostrahlung des Radiosenders „Sonne“ weitgehend mit der Sonnenfleckentwicklung zusammenhängt. Das

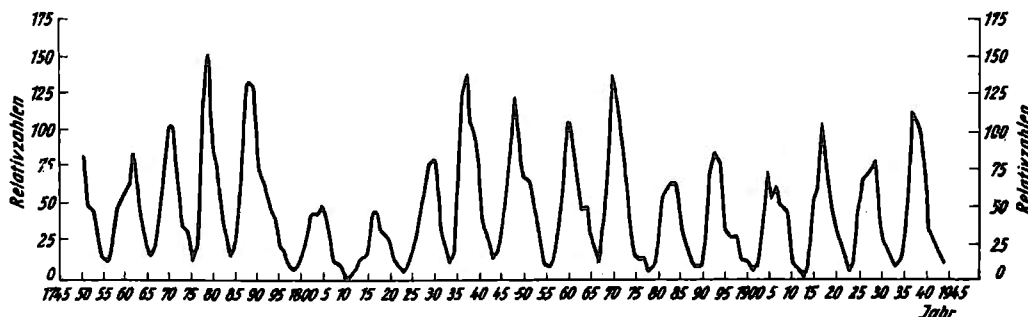


Abb. 18. Sonnenfleckenkurve von 1745 bis 1945, durch die Sonnenfleckemaxima (Kurve oben) und Sonnenfleckeminima (Kurve unten) dargestellt werden.

ergibt sich besonders eindrucksvoll aus dem Verlauf der Kurven auf Abbildung 21. Darin sind die von den Sonnenflecken bedeckten Flächengrößen der Sonnenoberfläche der Intensität der gemessenen Radiostrahlung gegenübergestellt mit dem Ergebnis, daß beide Faktoren einen völlig gleichgerichteten Verlauf zeigen. Der Fortschritt dieser Beobachtungsmethode liegt vornehmlich darin, daß die Registrierung der Radiostrahlung völlig unabhängig von der Wetterlage und den Beobachtungsverhältnissen der Sonne erfolgen kann, so daß es größere Beobachtungslücken, wie sie bisher durch Schlechtwetterperioden verursacht wurden, fortan nicht mehr geben kann.

Anscheinend ohne Zusammenhang mit den Sonnenflecken erkennt man hauptsächlich in der Nähe des Sonnenrandes oft ein Netz heller Lichtadern, die sich bei Annäherung an die hellere Mitte der Sonnenscheibe vom Hintergrund der Photosphäre nicht mehr abheben. Es sind die Sonnenfackeln. Hier handelt es sich um stark überhitzte Gasmassen, die über der Photosphäre lagern und Temperaturen bis zu 7000 Grad erreichen. Sie sind nicht zu verwechseln mit hellen Lichtausbrüchen, die häufig in unmittelbarer Nachbarschaft von Sonnenflecken auftreten und nur wenige Minuten andauern.

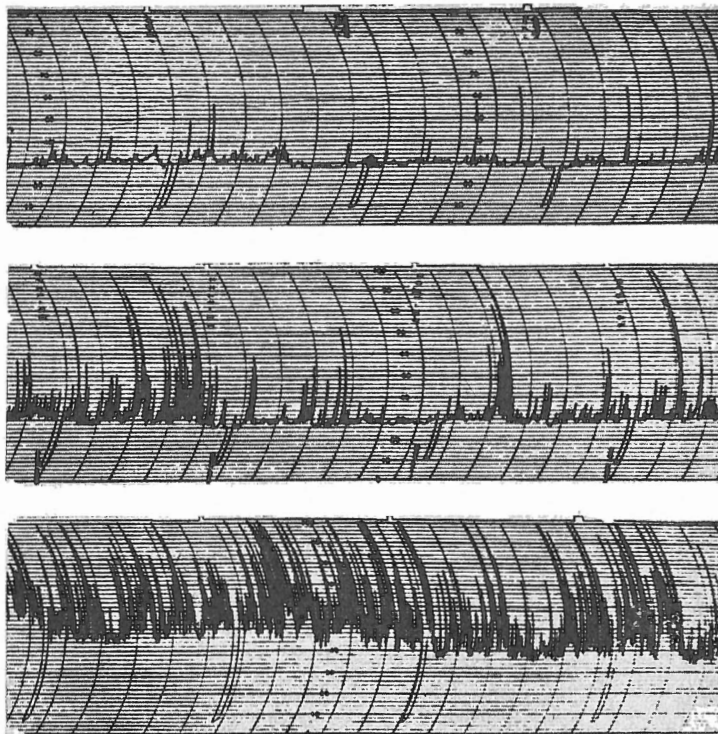
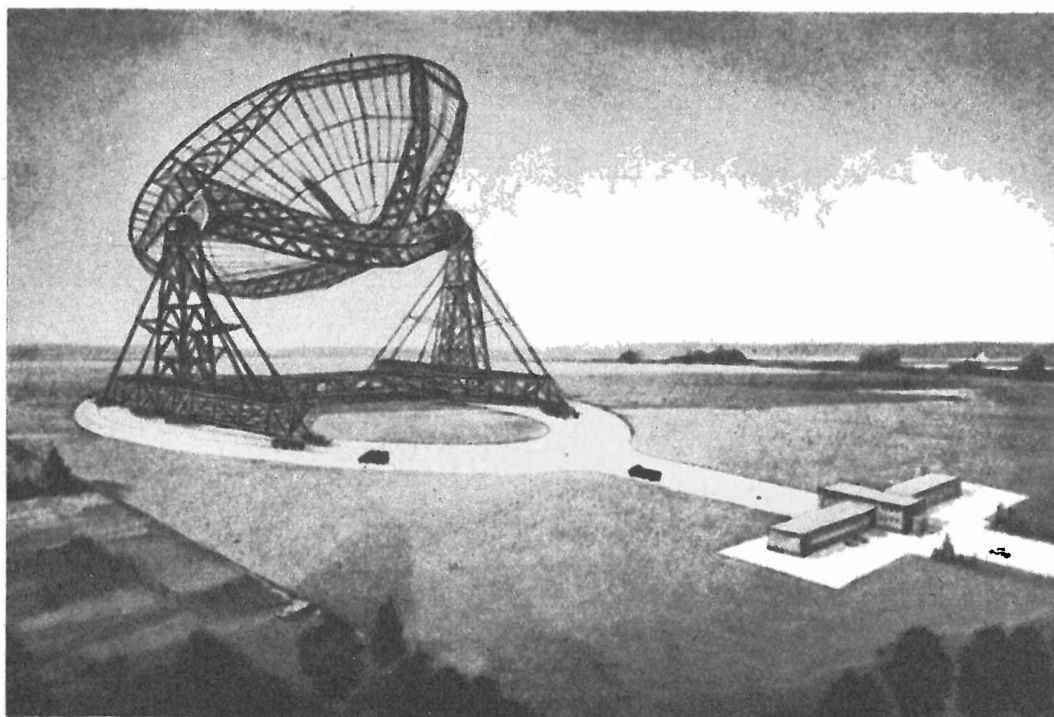


Abb. 20. Ein Radiogramm der Sonne. Auf einer Registriertrommel werden die Intensitäten der kosmischen Radiostrahlung selbsttätig aufgezeichnet. Kräftige Ausschläge der Registrierfeder deuten auf große Störungsherde auf der Sonne hin.

Diese Lichtausbrüche sind nicht unmittelbar sichtbar, sondern können nur mit Hilfe eines Spektroheliographen wahrgenommen werden und sind dann durch ihre außerordentliche

Abb. 19. Modernes Radioteleskop der Sternwarte Manchester in England — ein neues astronomisches Forschungsinstrument. Ein großer, aus einem Drahtnetz hergestellter Antennenspiegel mit einem Durchmesser von 80 Metern dient zur Aufnahme der aus dem Weltall kommenden Radiowellen und Zentimeter-, Dezimeter- und Meterwellenbereiche.



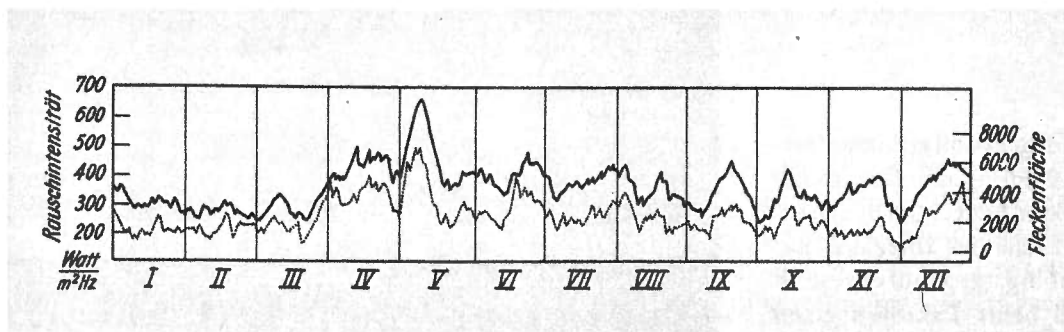


Abb. 21. Gleichlauf zwischen Radiostrahlung (obere Kurve) und Sonnenfleckenaktivität (untere Kurve) im Jahre 1947.

Helligkeit sehr leicht nachzuweisen. Ihr Auftreten ist ebenfalls mit einer verstärkten Radiostrahlung verknüpft. Man könnte diese als chromosphärische Eruptionen bezeichneten Vorgänge mit gewaltigen Wasserstoffexplosionen vergleichen, die als Nebenerscheinung der Sonnenflecken auftreten und ungeheure Ausmaße erreichen.

Den Eruptionen verwandt sind die Protuberanzen (Abb. 22), die als Flammenausbrüche des Sonnenrandes auftreten und gleichfalls Auswürfe von Wasserstoff und (vereinzelt) Helium darstellen. Auch Kalzium ist daran beteiligt. Die Protuberanzen sind in Höhen von fast eineinhalb Millionen Kilometern über dem Sonnenrand beobachtet worden, wobei sie Aufstiegsgeschwindigkeiten bis zu 400 km/sec entwickelten. Sie sind in ihrer Intensität auch an die elfjährige Fleckenperiode gebunden, so daß sich in ihrem Verhalten ebenfalls ein Rhythmus widerspiegelt, der den Sonnenercheinungen ganz allgemein anhaftet.

Dasselbe gilt auch für die Sonnenkorona (Abb. 23), die während einer totalen Sonnenfinsternis beobachtet werden kann. Mit Hilfe besonderer Spezialinstrumente kann sie auch unabhängig von einer Finsternis wahrgenommen werden. Ihre mattsilbern schimmernde Strahlenkrone ist etwa einmillionenmal lichtschwächer als der Sonnenrand. Ihre äußere Form wechselt von Sonnenfinsternis zu Sonnenfinsternis und zeigt eine deutliche Beziehung zur Sonnenfleckenkurve. Während eines Sonnenfleckenminimums ist die Korona stark abgeplattet; zur Zeit des Maximums erscheint sie nahezu kreisförmig gerundet.

Die Deutung des inneren Aufbaus der Sonnenkorona ist sehr schwierig und nur durch theo-

retische Entwicklungen verständlich zu machen. Allgemein wird jedoch angenommen, daß es sich bei dem Licht der inneren, also der Sonnenoberfläche aufliegenden Korona um Sonnenlicht handelt, das an schnellbewegten Elektronen gestreut wird. Die Bewegung jener Elektronen erfolgt so rasch, daß sie einer Temperatur von mehr als einer Million Grad nahekommt, so daß die moderne Sonnenphysik von einer Koronatemperatur in einer Größenordnung von einer Million Grad spricht. Andererseits dürfte die äußere Gestalt der Sonnenkorona durch Streuung des Sonnenlichtes an staubförmigen Teilchen entstehen und dadurch den unvergleichbaren Eindruck hervorrufen, den eine totale Sonnenfinsternis immer wieder hinterläßt.

Hinzuzufügen wäre noch, daß die Korona sehr wahrscheinlich die eigentliche Sendeantenne der Sonne verkörpert, von der die Radiostrahlung in den Raum hinausgesendet wird, so daß auch darin die enge Verknüpfung der Korona mit den der Fleckenaktivität zugrunde liegenden Kräften der Sonne klar zum Ausdruck kommt.

DIE GROSSEN PLANETEN

Die Beschreibung der physikalischen Eigenschaften der großen Planeten muß sich auf die Erwähnung der wichtigsten Einzelheiten beschränken, soweit sich diese auf die Beschaffenheit der Planetenoberflächen und der Atmosphären beziehen. Alle übrigen Angaben über die Größen, Massen, Dichten und Rotationszeiten sind aus der Übersicht 2 zu entnehmen.

Über den sonnennahen Merkur ist wenig bekannt. Der Fernrohrbeobachtung ist er nur in

der Morgen- oder Abenddämmerung zugänglich, da er sich immer in der Nachbarschaft der Sonne aufhält und dem freien Auge nur in Horizontnähe sichtbar wird.

Vielfach werden Fernrohrbeobachtungen vom Merkur am Taghimmel angestellt. Angaben über die Beschaffenheit seiner Oberfläche lassen sich nur aus dem Rückstrahlungsvermögen, der Albedo, des Planeten gegenüber dem Sonnenlicht gewinnen.

Neueren Forschungen gemäß beträgt diese beim Merkur 0,055, was bedeutet, daß 5,5 % des die Merkuroberfläche treffenden Sonnenlichtes zurückgeworfen wird. Dieser Wert stimmt mit der Albedo der dunklen Flächen (oder Mare) des Mondes überein. Von diesen Flächen läßt sich aussagen, daß sie ausgedehnte Tiefebene darstellen, die an ihrer Oberfläche von zerkleinertem Gesteinsmaterial bedeckt werden.

Erst im Jahre 1950 gelang dem französischen Astronomen A. Dolfuß der Nachweis, daß der Merkur sehr wahrscheinlich von einer äußerst dünnen Atmosphäre umhüllt wird, in der der Luftdruck am Barometer nur ein Millimeter anzeigen kann. Diese eigenartigen Verhältnisse machen es verständlich, daß auf dem Merkur große Temperaturgegensätze zwischen Tag und Nacht bestehen. Messungen haben gezeigt, daß in den von der Sonne beschienenen Gebieten der

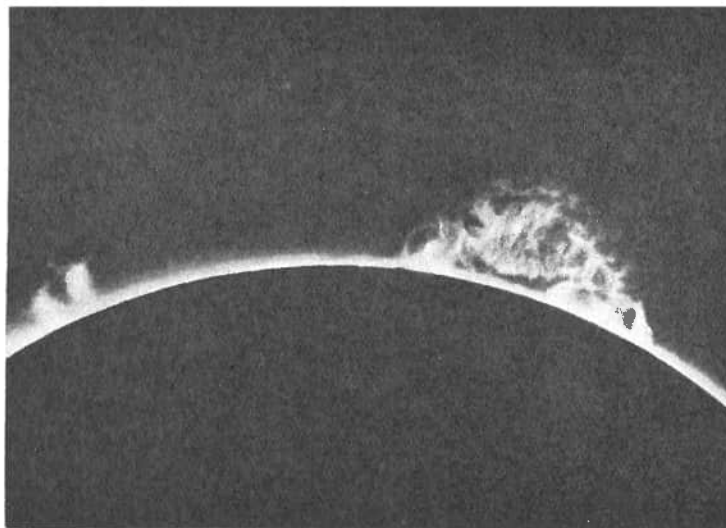


Abb. 22. Protuberanzen am Sonnenrand.

Planetenkugel Temperaturen von $+400^{\circ}\text{C}$ auftreten, während das Thermometer in der Nacht auf -100°C absinkt. Dabei ist allerdings zu beachten, daß sich der Wechsel zwischen Tag und Nacht infolge der langsamen Achsendrehung des Planeten, die mit der Umlaufszeit von 88 Tagen genau übereinstimmt, nur sehr langsam vollzieht.

Wesentlich andere, wenn auch nicht gerade günstigere Verhältnisse bestimmen die Eigenschaften der Venus. Auch sie hat der Wissenschaft bisher viele Rätsel aufgegeben. Da dieser Planet von einer dichten Atmosphäre umgeben wird, ist es nicht möglich, ihn direkt zu beobachten,

ÜBERSICHT 2

Physikalische
Daten
der großen
Planeten

Planet	Äquatorial- durchmesser der Planeten in km	Rotationszeit	Masse Erde = 1	Volumen Erde = 1	Dichte Erde = 1
Merkur	4 800	88 Tage	0,055	0,053	1,04
Venus	12 200	225 Tage	0,814	0,876	0,93
Erde	12 757	23h 56m 04s	1,000	1,000	1,00
Mars	6 800	24h 37m 23s	0,107	0,150	0,71
Jupiter	142 700	9h 50m	317,0	1 394	0,23
Saturn	120 800	10h 14m	94,8	847	0,11
Uranus	49 700	11h	14,51	59	0,25
Neptun	53 000	15h 50m	17,19	71,5	0,24
Pluto	5 870	—	1,006	—	—

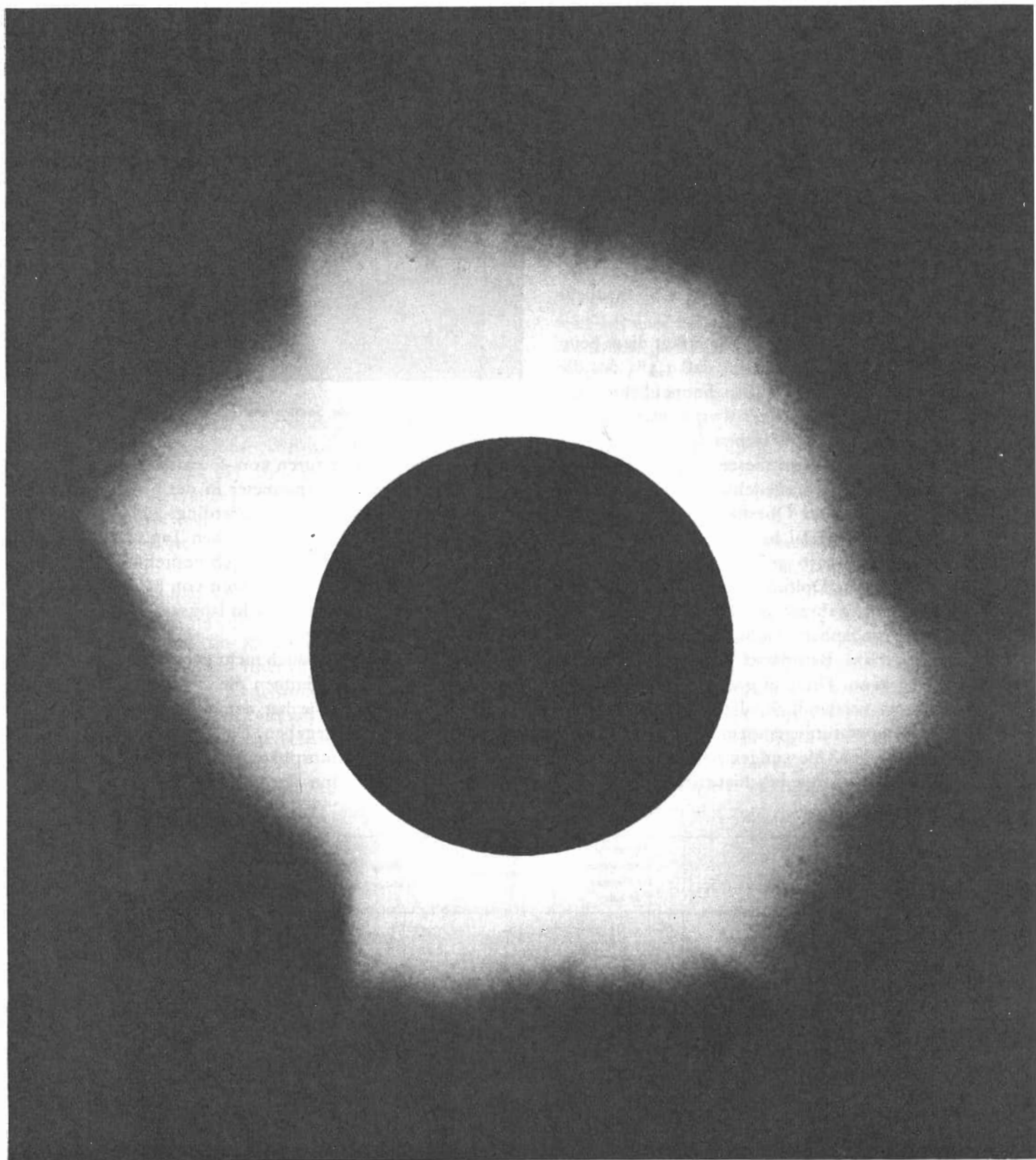


Abb. 23. Sonnenkorona während der totalen Sonnenfinsternis am 8. Juni 1938.

das heißt mit dem Blick bis zu seiner Oberfläche vorzudringen. Infolgedessen ist die Albedo der Venus mit 0,64 (nach Danjon) erheblich größer als beim Merkur. Weiter hat sich nachweisen lassen, daß die Venushülle eine Höhe zwischen 80 und 100 km besitzt und daß ihr große Mengen Kohlensäure beigemischt sind, die den Vorgängen an der Planetenoberfläche ein völlig anderes Gesicht geben, als wir dieses von der Erde her kennen. Möglicherweise geben hier noch ausgedehnte vulkanische oder andere gestaltende Prozesse dem Planeten das Gepräge. Es ist möglich, daß sich die Venus in einem Stadium der Entwicklung befindet, das die Erde schon seit Millionen von Jahren hinter sich gelassen hat. Wir sind auch nicht in der Lage, die Natur dieser Ereignisse näher zu beschreiben. Günstiger dürften indessen die Temperaturverhältnisse liegen, die bei höchstem Sonnenstand 60°C nicht wesentlich überschreiten werden. Die Nachttemperaturen sinken kaum unter 0°C ab, so daß die Venus in dieser Beziehung durchaus Vergleichsmöglichkeiten mit den tropischen Verhältnissen der Erde bietet.

Der Erde näher verwandt erscheint der Planet Mars, dessen Umdrehungszeit ($24^{\text{h}} 37^{\text{m}} 23^{\text{s}}$) fast mit der Erdrotation übereinstimmt. Allerdings beträgt sein Rauminhalt nur etwa $\frac{1}{7}$ des Erdvolumens. Dafür überrascht er den Astronomen am Fernrohr mit zahlreichen merkwürdigen Einzelheiten. Zunächst ist die rötlichbraune Färbung des Planeten auffallend.

Es wechseln an der nur selten durch atmosphärische Vorgänge getrübten Oberfläche hellere und dunklere Tönungen einander ab, und man glaubte, darin eine Trennung in „Kontinente“ und „Meere“ zu erkennen. Dennoch weiß man heute ziemlich sicher, daß auf dem Mars ausgedehnte Wasserflächen nicht vorhanden sind. Insbesondere hat der sowjetische Astronom W. G. Fessenkow (1949) nachgewiesen, daß auf diesem Planeten keine zusammenhängenden Wasseransammlungen mit einem größeren Durchmesser als 300 m auftreten können. Die

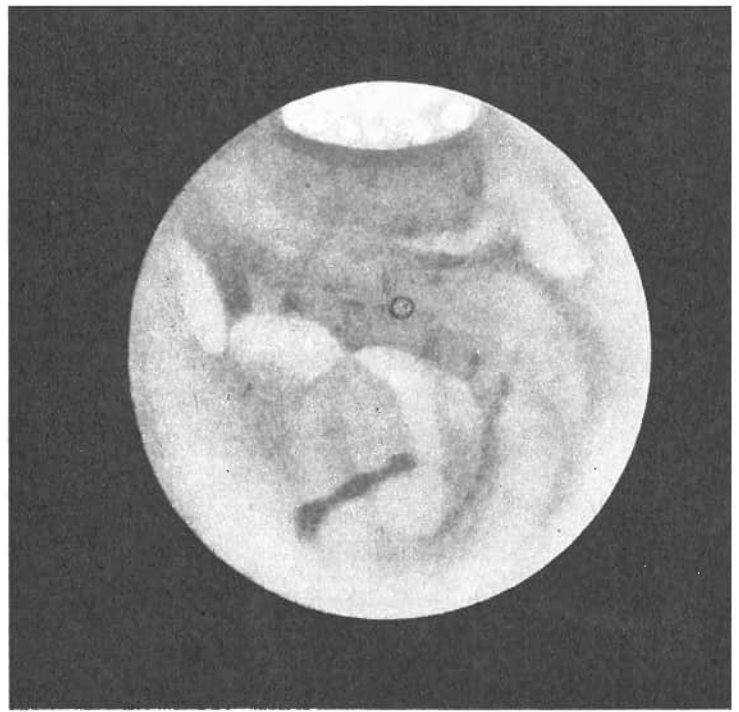


Abb. 24. Der Planet Mars mit seiner weißen Polkappe.

Marsoberfläche wird daher unter einem erheblichen Wassermangel leiden. Es zeigen sich aber auch im Antlitz des Mars gewisse Veränderungen, die mit den Jahreszeiten einhergehen und sich vornehmlich in Wandlungen der Färbung des Oberflächenbildes ausprägen.

Insofern lassen die dunkleren Zonen der Marsoberfläche die Möglichkeit offen, daß hier niedere Vegetationsgebiete existieren, während die heller getönten Bereiche häufig von Sandstürmen durchdrungene Wüsten darstellen könnten. Sehr eindrucksvoll heben sich die weißen Polkappen (Abb. 24, 25) des Planeten aus dem Bild der Oberflächenerscheinungen heraus. Von ihnen läßt sich mit einiger Sicherheit sagen, daß sie aus Schnee oder Eis bestehen und mit dem Einzug des Marssommers abschmelzen.

Die Marsatmosphäre ist sehr dünn und durchsichtig. Der Barometerstand beträgt ungefähr 80 mm. An der Zusammensetzung der Mars-hülle sind Wasserdampf, Stickstoff, Kohlensäure und Sauerstoff beteiligt. Dabei ist die Kohlensäure doppelt so stark vertreten wie in der Erdatmosphäre, während der Wasserdampf

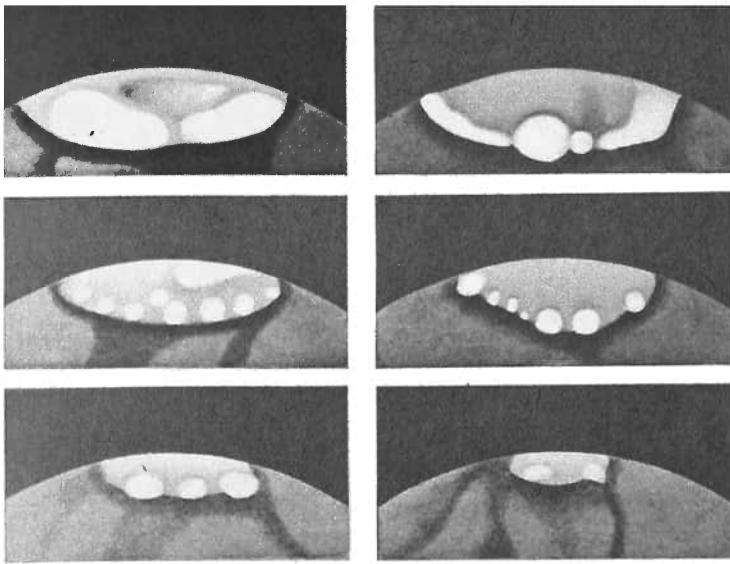
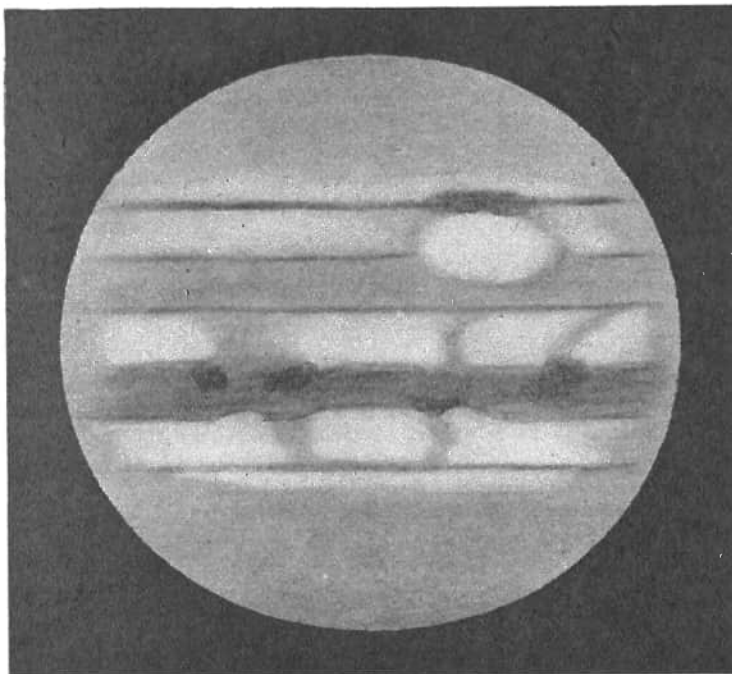


Abb. 25. Abschmelzen der Polkappe des Mars im Jahre 1924. Nach K. Graff.

5% des irdischen Gehaltes und der Sauerstoff einen noch geringeren Anteil hiervon erreichen. Die mittleren Jahrestemperaturen liegen auf dem Mars bei -15°C . Dahinter verbergen sich aber erhebliche Grenzwerte, die in Polargebieten bis auf -100°C absinken und zur Zeit der Polschmelze bis -15°C ansteigen können. In den übrigen Gebieten der Marsoberfläche betragen die Morgentemperaturen etwa -40°C . Erst im Laufe des Tages steigen die Temperaturen auf $+10^{\circ}$ bis $+20^{\circ}\text{C}$ an. Allgemein liegen die Temperaturwerte in den dunkleren Marsgebiete-

Abb. 26. Jupiter mit seinem Streifenantlitz im Jahre 1949.



ten aber um 10 bis 20° höher als in den helleren Bereichen. Starke Temperaturunterschiede treten auch in der Marsatmosphäre auf. In der bis auf etwa 45 km hinaufreichenden Troposphäre sinken die Temperaturen bis auf -100°C ab, während in der Übergangsschicht zur Marsstratosphäre ein Rückgang bis auf -160°C erfolgt. Obwohl diese Eigenschaften den Mars in einen bezeichnenden Gegensatz zur Erde stellen, wird doch heute nicht mehr bezweifelt, daß an seiner Oberfläche einfache Lebensvorgänge existieren, wenngleich die Oberflächenverhältnisse auch nicht ausreichen, eine üppige Entfaltung von Fauna und Flora aufkommen zu lassen.

Eine völlig andersgeartete Welt ist hingegen der Riesenplanet Jupiter. Seine stark abgeplattete Weltkugel, die sich in nicht ganz zehn Stunden um ihre Achse dreht, könnte 1394 Erdkugeln in sich aufnehmen. Seine Masse ist 317mal größer als die Erdmasse, während die Dichte seiner Materie nur 0,23 der Erddichte entspricht. Die auffälligsten Erscheinungen treten jedoch in dem Streifenbild seiner Oberfläche hervor (Abb. 26), in dem sich ständig Veränderungen zeigen, die mit Vorgängen innerhalb der Planetenkugel in Verbindung zu stehen scheinen. Die Streifen selbst gehören der Jupiteratmosphäre an, beziehen sich also nicht, wie es bei der großen Durchsichtigkeit der Marsatmosphäre der Fall war, auf die unmittelbare Planetenoberfläche, sondern auf die äußersten Schichten der Atmosphäre. Die Streifenbildungen selbst führt man einerseits auf vulkanische Vorgänge und andererseits auf die schnelle Rotation des Planeten zurück. Namentlich in der Äquatorzone des Jupiters scheinen Reißbildungen in der kaum festen Oberfläche zu existieren, denen ständig erhitzte Gase, hauptsächlich Wasserstoff, entquellen, die mit großen Geschwindigkeiten aufsteigen und dabei Verbindungen mit Kohlenstoff und Stickstoff eingehen. Auf diese Weise treten Methan und Ammoniak auf, die tatsächlich in der Jupiteratmosphäre nachgewiesen werden konnten. Da die Temperaturen auf dem Jupiter mit -100°

ermittelt wurden, ist zu vermuten, daß Ammoniak in Form von festen Kristallen vorkommt.

Den schönsten Anblick bietet jedoch der Planet Saturn (Abb. 27, 28), dessen Kugel von einem eindrucksvollen Ringsystem umgeben ist. Er besitzt einen 120 800 km langen äquatorialen Durchmesser. Die Abplattung ist stärker als beim Jupiter. Der Rauminhalt der Kugel entspricht 847 Erdkugeln, während die Saturnmasse rund 95 Erdmassen umfaßt. Infolgedessen erreicht die Dichte des Saturns nur $\frac{1}{8}$ der Erddichte. Ähnlich wie beim Jupiter zeigen sich auf der Saturnkugel auch Streifenbildungen, die gelegentlich von hellen Flecken durchbrochen werden.

Die Umdrehungszeit des Planeten ist mit 10 Stunden 14 Minuten der des Jupiters nahe verwandt. Dasselbe gilt für seine Atmosphäre, in der ebenfalls Methan und Ammoniak vorherrschen.

Das den Saturn umgebende Ringsystem hat einen Außendurchmesser von 276 700 km. Der Ring selbst baut sich aus mehreren ineinanderliegenden, mehr oder weniger breiten Ringteilen auf, die durch dunkle Spalten geteilt sind. Am auffälligsten darunter ist die sogenannte Cassinische Teilung mit einer Breite von 3 570 km, die den 18 600 km breiten äußeren A-Ring von dem sich nach innen anschließenden 26 750 km breiten B-Ring trennt. Die Dicke des gesamten Ringsystems beträgt etwa 350 km.

Der Anblick des Saturnringes ändert sich während des Sonnenumlaufs des Planeten ständig, da wir gelegentlich auf seine nördliche Ebene, dann gegen seine schmale Kante und darauf auf die Südseite blicken. Auf diese Weise sehen wir von Jahr zu Jahr ein anderes Saturnbild. Seiner Natur gemäß wird der Ring aus unzähligen kleinen Teilchen, aus Staub und Trümmern, gebildet. Diese Teilchen, die zusammen weniger als $\frac{1}{25000}$ der Saturnmasse ausmachen, bewegen sich wie winzige Monde um die Planetenkugel und fügen so ein mächtiges System zusammen, das in der Welt der Planeten einmalig ist.

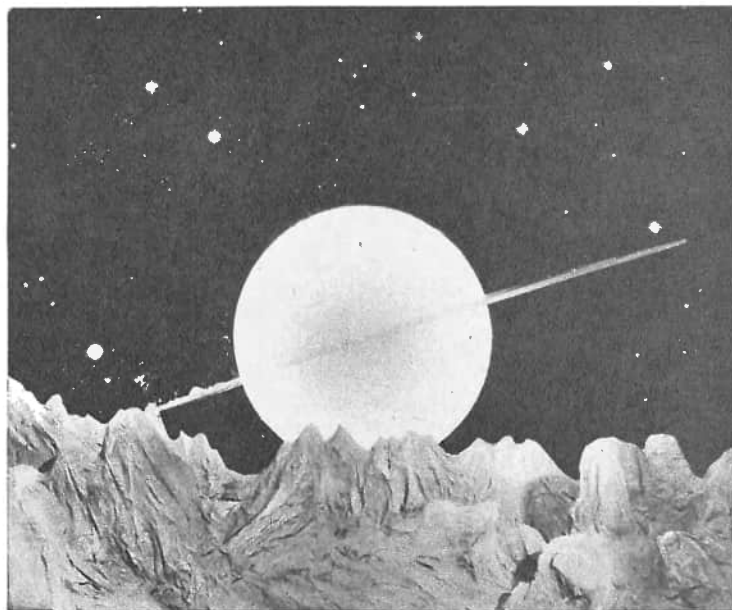


Abb. 27. Blick auf den Saturn von einem seiner Monde aus.

Über die sich außerhalb der Saturnbahn bewegenden Planeten ist nicht sonderlich viel zu sagen. Die atmosphärischen Verhältnisse von Uranus und Neptun ähneln denen des Jupiters. An der Grenze der Uranusatmosphäre treten Temperaturen von -185°C auf, die auf dem Neptun sogar unter -200°C sinken.

Über die physikalischen Verhältnisse auf der Oberfläche des Planeten Pluto ist noch weniger bekannt. Eine Atmosphäre ist sicherlich vorhanden, doch liegen ihre Temperaturen nur bei -230°C .

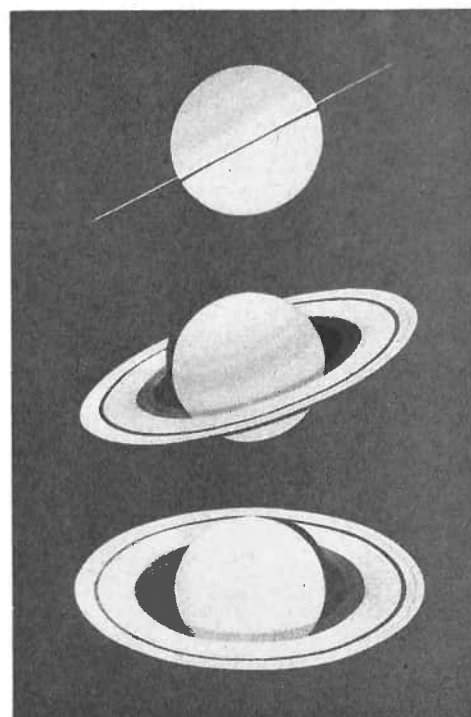


Abb. 28. Wechselnder Anblick des Planeten Saturn mit seinem Ringsystem.

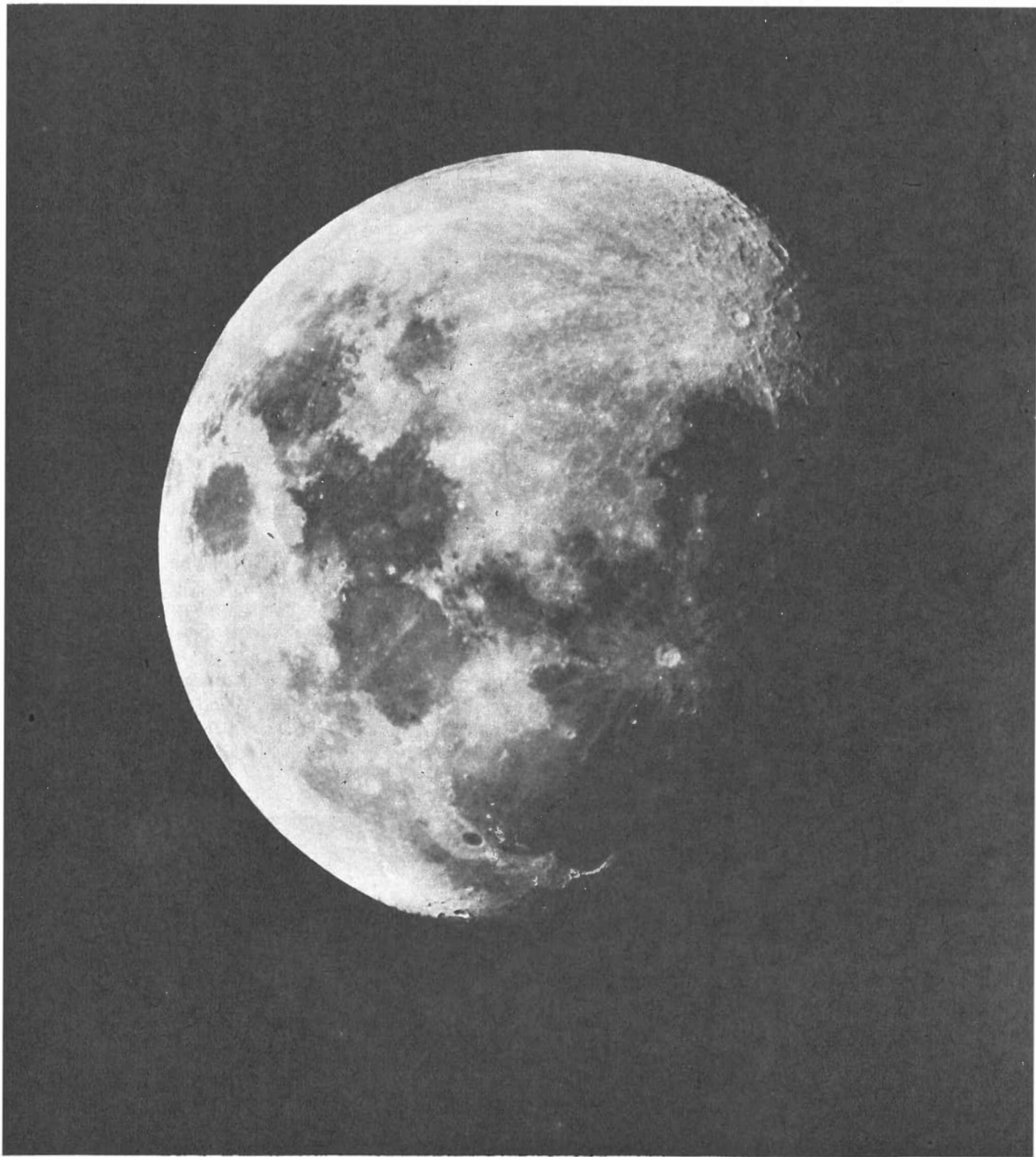


Abb. 29. Der Mond 11 Tage nach Neumond (26. März 1953).

DIE MONDE DER GROSSEN PLANETEN

Die meisten Hauptplaneten werden von Monden begleitet, so daß dem Planetensystem insgesamt 31 Monde angehören, die sich auf folgende Planeten verteilen:

Planet	Zahl der Monde
Merkur	—
Venus	—
Erde	1
Mars	2
Jupiter	12
Saturn	9
Uranus	5
Neptun	2
Pluto	—
	31

Der Mond der Erde ist der Beobachtung am Fernrohr in sehr eindrucksvoller Weise zugänglich (Abb. 29, 30), während die meisten anderen Planetenmonde auch in größeren Instrumenten schwer zu erforschen sind. Lediglich von einigen Monden des Jupiters und Saturns ist mit Sicherheit bekannt, daß sie von einer atmosphärischen Hülle umgeben sind, was für den Mond der Erde nicht zutrifft. Dabei entspricht die Zusammensetzung der Mondatmosphäre recht genau den Atmosphären der beiden Planeten.

KOMETEN UND METEORE

Die Kometen hat man früher allgemein für „Weltenbummler“ gehalten, die zwischen den Bahnen der Planeten dahinzogen und nur vereinzelt der Sonne anzugehören schienen. Sie galten vielfach nur als zufällige Gäste des Planetensystems, das sie wieder verließen, um in die Tiefen des Weltalls zurückzukehren. Heute werden die Kometen durchweg als ständige Glieder des Planetensystems betrachtet, und die Zahl der zum Planetensystem gehörenden Kometen wird auf annähernd 100 Milliarden geschätzt. Das Wort „Komet“ (von Coma = Haar) bedeutet soviel wie „Haarstern“ und bezieht sich auf die äußeren Eigenschaften eines solchen Gestirns, dessen auffällige Schweifbildung die Menschen im Mittelalter in Angst und Schrecken versetzte.

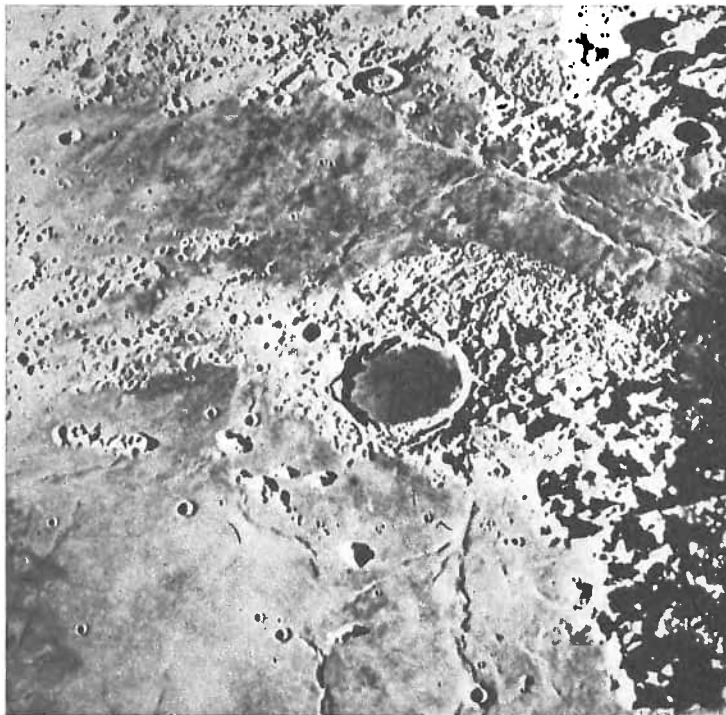


Abb. 30. Gebirgslandschaft auf der Nordhalbkugel des Mondes.

Insgesamt sind in den letzten 2 ½ Jahrtausenden rund 700 Kometen bekannt geworden, davon in den Jahren 1800 bis 1950 allein 550. Die starke Häufung in neuerer Zeit kommt dadurch zustande, daß in alter Zeit nur die großen Kometen-erscheinungen mit ihren gewaltigen Schweifentwicklungen auffielen, während in neuerer Zeit durch die Verwendung photographischer Hilfsmittel auch die kleineren Kometen entdeckt und registriert wurden. Dabei hat sich gezeigt, daß manche Kometen auch schweiflos oder mit nur einer angedeuteten Schweifbildung auftreten, so daß der Kometenschweif als eine Erscheinung anzusehen ist, dessen Entwicklung von besonderen Umständen abhängt.

Im Grunde besteht ein Komet aus einem Kern, einer diesen Kern umhüllenden Koma und dem sich daraus entwickelnden Schweif. Der Kern setzt sich aus einer Wolke von festen Teilchen und Brocken zusammen, die in die Dunsthülle der Koma eingebettet sind, während der Kometenschweif als eine gerichtete Fortsetzung der



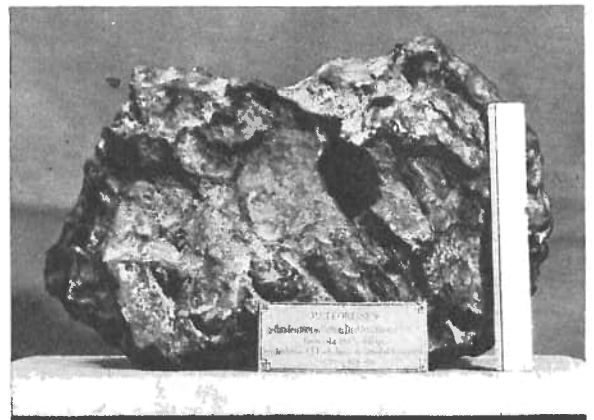
Abb. 31. Komet Jurloff-Achmaroff-Hassel im Jahre 1939.

Koma anzusehen ist. Der Schweif ist immer der Sonne abgewendet. Seine Entwicklung setzt aber erst ein, wenn sich der Komet der Sonne zu nähern beginnt und stärker unter den Einfluß ihrer Energiestrahlung gerät. Die Energiestrahlung ruft auch das Leuchten der Koma hervor. Am Aufbau der Koma sind in erster Linie Kohlenstoff, Kohlenoxyd, Stickstoff, Kohlenwasserstoff und Stickstoffverbindungen beteiligt. Vermutlich sind einige Stoffe in Eisform vertreten. Auf jeden Fall werden aber Gase aus den festen Kernbestandteilen des Kometen herausgespalten, so daß dadurch eine langsame Entgasung der Kometenkerne vor sich geht. Beispiele hierfür sind solche Kometen, die keine nachweisbare Schweifbildung mehr zeigen, also den Entgasungsvorgang bereits beendet haben und dadurch eine gewisse Ähnlichkeit mit den kleinen Planeten zeigen, mit denen sie auch durch die

Eigenschaften ihrer Bahnen verwandt erscheinen.

Doch nicht nur die Entgasung der Kometenmaterie verändert das äußerliche Erscheinungsbild eines Kometen, sondern ebenso zerstört auch die Sonnenstrahlung die Kernmasse, indem sie die festen Teilchen langsam zu zerkleinern beginnt und diesen Vorgang um so mehr beschleunigt, je öfter ein Komet mit kurzer Umlaufzeit in die Nähe der Sonne gerät. Aus diesem Grunde vollzieht sich im Kometenkopf eine ständig voranschreitende Auflösung, wofür auch der Kometenschweif bereits ein sichtbares Zeichen ist, denn auch die im Schweif verteilte Materie wird ja dem Kern des Kometen entzogen und unter dem Einfluß des Lichtdruckes der Sonnenstrahlung zurückgedrängt. Darüber hinaus verlieren die Kometen aus ihren Kernen dauernd feste Teilchen, die sich über ihre gesamte Bahn verstreuen und so einen Zerfall des Kerns herbeiführen, von dem schließlich nichts weiter zurückbleibt als ein ausgedehnter langgestreckter Ring meteoritischer Teilchen, mit denen die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne zusammentreffen kann, so daß die Meteore alsdann in die Lufthülle der Erde eindringen und

Abb. 32. Ein 283 Kilogramm schwerer Eisenmeteorit aus dem Meteorkrater in Arizona (USA) in der Sammlung der Archenhold-Sternwarte zu Berlin-Treptow. Der rechts sichtbare Maßstab hat eine Länge von 30 cm.



hier die Sternschnuppenerscheinung auslösen. Ein wesentlicher Teil der an bestimmten Tagen des Jahres auftretenden regelmäßigen Sternschnuppenfälle ist auf den Auflösungs Vorgang einstiger Kometen zurückzuführen.

In neuerer Zeit sind mehrere Meteorströme entdeckt worden, deren Bahnen denen der kleinen Planeten verwandt erscheinen (Abb. 33). Es wird heute angenommen, daß sich Meteorströme auch aus dem „Zerfall“ kleiner Planeten gebildet haben. Man nennt derartige Ströme „planetarische Meteorströme“ und „ekliptikale Ströme“. Gelegentlich dringen aber auch große Meteorite in die Erdatmosphäre ein, um dann mit ungeheurer Gewalt zur Erdoberfläche niederzustürzen und hier starke Verwüstungen anzurichten (Abb. 32 und 34). Von den größeren Meteorfällen unseres Jahrhunderts seien die Katastrophen in der Taiga (1908) und Sichote Alin (1947) erwähnt.

Hinzuweisen ist schließlich noch auf die in dem Planetensystem vorkommende staubförmige Materie, wie sie hauptsächlich im Tierkreislicht (Zodiakallicht) und in den leuchtenden Nachtwolken und Leuchtstreifen auftritt. Hierauf kann in diesem Rahmen nicht näher eingegangen werden.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß im

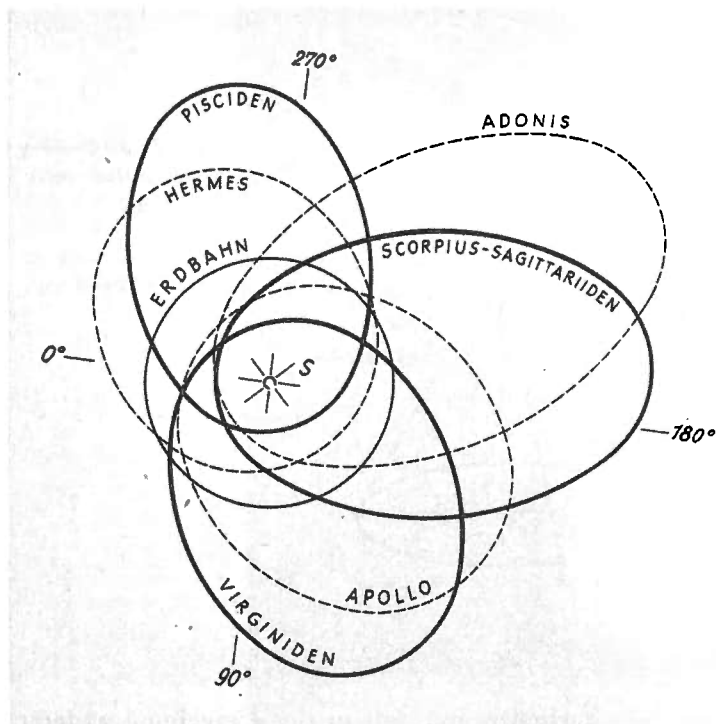


Abb. 33. Bahnen der planetarischen Meteorströme. Virginiden, Scorpius-Sagittariiden und Pisciden mit den Bahnen der kleinen Planeten Apollo, Adonis und Hermes.

Planetensystem kosmische Materie in sehr verschiedenen Erscheinungsformen auftritt, wobei zu beachten ist, daß letzthin die mit der Sonne vereinigten Planeten, Kometen und Meteore nur einen sehr eng umgrenzten lokalen Komplex der das gesamte Weltall aufbauenden Stoffe



Abb. 34. Meteorkrater in Arizona (USA) mit einem Durchmesser von 1,2 Kilometern.

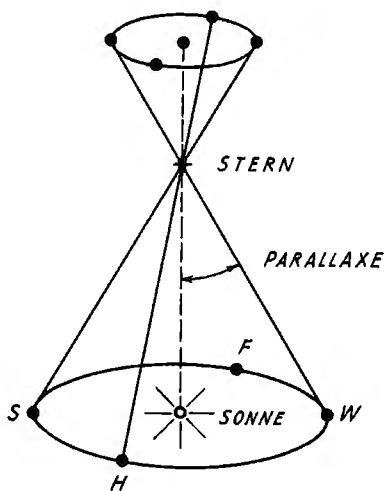


Abb. 35. Bestimmung der Parallaxe eines Fixsterns.

darstellen und daß in der Umgebung anderer Fixsterne sicherlich ähnliche Verhältnisse vorhanden sind.

2. Das Milchstraßensystem

Nachdem wir die Sonne als Beispiel eines Einzelsterns besprochen haben, wenden wir uns nunmehr der größeren Welt der Fixsterne zu.

Das Altertum kannte nur die dem bloßen Auge zugänglichen Sterne und ahnte nichts von den Millionen und aber Millionen Sonnen, die durch die Riesenfernrohre unserer Zeit sichtbar gemacht werden. Am gesamten Himmel sieht das Auge des Menschen allenfalls 5000 Sterne, während das Fernrohr und die Photoplatte unzählige Gestirne dem Blick des Menschen erschließen. Das unbewaffnete Auge überschaut gewissermaßen nur die Vorhalle des Universums, hinter der sich unergründliche Räume auftun. Die Sterne sind nicht, wie im Altertum angenommen wurde, an einer Kugelschale befestigt; sie schweben nicht alle in der gleichen Entfernung, sondern sind gewaltige gasförmige Kugeln, die sich im gesamten Weltenraum verteilen.

Die Erforschung der räumlichen Verhältnisse der Fixsternwelt begann im vorigen Jahrhundert

mit der Messung der ersten Fixsternentfernung und der sich anschließenden Aufhellung der physikalischen Eigenschaften der Sterne. Wir haben schon davon gesprochen, daß sich einer der wesentlichsten Einwände gegen das heliozentrische Weltsystem aus der Tatsache herleiten ließ, daß es nicht gelungen war, die sogenannte Parallaxe eines Fixsterns zu bestimmen. Die Parallaxe ist an sich nichts anderes als die Widerspiegelung der Erdbewegung um die Sonne. In Abbildung 35 sei S die Sonne, um die sich die Erde im Laufe eines Jahres bewegt. Die Punkte F, S, H und W bedeuten Frühling, Sommer, Herbst und Winter. Bei „Stern“ nehmen wir einen Fixstern an, dessen Entfernung zu bestimmen ist. Von jedem Jahrespunkt der Erdbahn aus ergibt sich für den Stern eine andere Projektion auf den Hintergrund des Himmels, so daß sich der Umlauf der Erde tatsächlich in der scheinbaren Bewegung des Fixsterns widerspiegelt. In diesem Sinne entspricht die Parallaxe dem halben Wert der jährlichen Verschiebung. Die Größe der Parallaxe besagt, unter welchem Winkel der Abstand Sonne-Erde von dem betreffenden Stern aus erscheint. Es war aber von vornherein zu erwarten, daß die Parallaxe der Sterne, die ja nur eine Winkelgröße darstellt, außerordentlich klein sein würde. Und tatsächlich gelang es auch erst im Jahre 1837 dem deutschen Astronomen Fr. W. Bessel (1784 bis 1846), die astronomische Meßkunst so wesentlich zu verbessern, daß sich eine Fixsternparallaxe nachweisen ließ, aus der sich nach den Gesetzen der Trigonometrie unmittelbar die Entfernung ergab. Bald folgten auf gleicher Grundlage weitere Messungen, so daß damit das kopernikanische Weltsystem endgültig bestätigt wurde, denn mit der Messung einer Fixsternparallaxe war die Bewegung der Erde um die Sonne tatsächlich bewiesen. Gleichzeitig wurde dadurch aber auch klar, daß die Entfernungen der Sterne unvorstellbar groß sind. Das Sternenlicht braucht viele Jahre, um bis zur Erde zu gelangen. Deshalb rechnen die Astronomen mit Lichtjahren. Ein

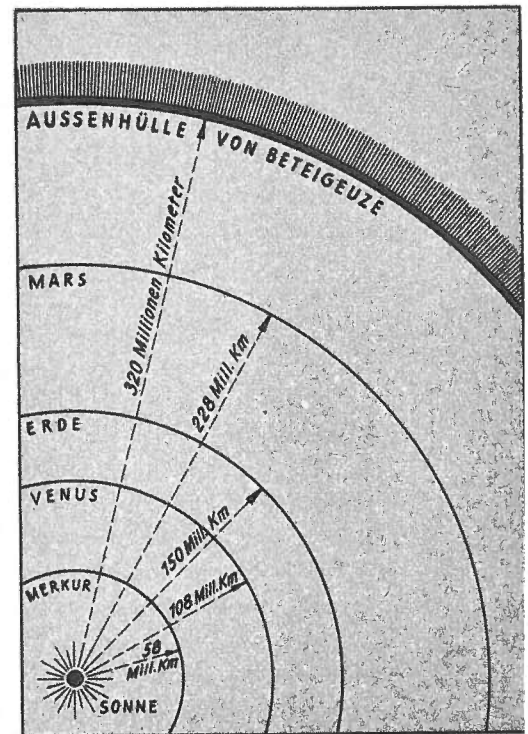
Lichtjahr drückt die Entfernung aus, die das Licht in einem Jahr zurücklegt. Bekanntlich breitet sich der Lichtstrahl in der Sekunde rund 300000 km weit aus. Und da ein Jahr 31,5 Millionen Sekunden zählt, umfaßt die in dieser Zeit durchmessene Strecke rund $9\frac{1}{2}$ Billionen Kilometer = 1 Lichtjahr.

Trotzdem blieb die Zahl der wirklich gemessenen Sternentfernungen außerordentlich klein, so daß andere Methoden entwickelt werden mußten, um mit ihnen zu einer vollkommeneren Vorstellung vom Aufbau der gesamten Sternenwelt zu gelangen.

Bereits vor etwa 200 Jahren hatte Immanuel Kant (1724 bis 1804) die Ansicht geäußert, alle sichtbaren Sterne seien im Raum in einer linsenförmig gestalteten Schicht angeordnet, die einer gewaltigen Insel gleich im Weltraum schwebe. Im ausgehenden 18. Jahrhundert versuchte Wilhelm Herschel, durch Sternzählungen mit seinen großen Spiegelteleskopen die Gestalt dieser Sterneninsel zu erforschen, von der er annahm, daß die Sonne nahe ihrem Mittelpunkt stehe. In dieser Sterneninsel nahm die Erscheinung der Milchstraße eine besondere Stellung ein. Sie erwies sich im Fernrohr als eine gewaltige Ansammlung leuchtender Sterne. Weiter zeigte sich, daß die dem bloßen Auge zugänglichen helleren Sterne eine deutliche Hinordnung zur Milchstraße erkennen ließen. Fast alle hellen Sterne findet man in der unmittelbaren Nähe jenes eigenartigen Bandes, das sich im Fernrohr und auf der photographischen Platte in zahllose Sterne auflöst. Dabei konnte den Astronomen nicht verborgen bleiben, daß die Milchstraße in Wirklichkeit alle am Himmel erkennbaren Sterne und Nebel umschließt und zu einem großen Weltsystem vereinigt, das wir heute als Milchstraßensystem bezeichnen:

Schon mit freiem Auge fällt auf, daß nicht alle Sterne die gleiche Helligkeit besitzen. Sie werden daher in bestimmte Helligkeitsgruppen, in Größenklassen eingeteilt. Die hellsten Sterne gehören zu den Größenklassen 0 und 1; hieran

Abb. 36. Größenverhältnis zwischen dem Riesenstern Beteigewe im Orion und dem Planetensystem.



schließen sich die Größenklassen 2 bis 6 an, womit die ohne Fernrohr sichtbaren Helligkeiten enden. Die Helligkeitsstufen stehen in einem Verhältnis von 1:2,5 zueinander. Beispielsweise ist die 5. Größenklasse 2,5mal heller als die 6., die 4. Größenklasse ist wiederum 2,5mal heller als die 5. Größenklasse usw. Die mit der 6. Größenklasse beginnenden teleskopischen Sterne nehmen bis zur 21. Größenklasse und weiter ab, wobei die Sterne der 21. Größenklasse genau hundertmillionenmal schwächer sind als Sterne 1. Größe.

Von tiefgreifender Bedeutung war indessen die Feststellung, daß die hellsten Sterne bei weitem nicht immer die nächsten sind. Ganz im Gegenteil, es stellte sich vielfach heraus, daß sehr helle Sterne sich in großen Entfernungen befinden, während umgekehrt sehr lichtschwache Sterne in nächster Nähe der Sonne bzw. der Erde stehen können. Das bedeutet, daß die Sterne unterschiedliche Leuchtkräfte besitzen. So wurden Sterne gefunden, deren Leuchtkraft nur $\frac{1}{100}$ der Sonnenleuchtkraft erreicht, während andere Sterne die Helligkeit der Sonne mehr als hunderttausendmal überflügeln.

Weiter wurde erkannt, daß zwischen der Leuchtkraft und dem Sterndurchmesser sehr nahe Beziehungen bestehen und daß sich alle Sterne in zwei Kategorien, in Riesen und Zwerge, einteilen lassen. Beispielsweise sind Zwergsterne entdeckt worden, deren Durchmesser nur $\frac{2}{100}$ Sonnendurchmesser erreichen. Andererseits haben die Riesensterne Durchmesser, die das 10- bis 50fache des Sonnendurchmessers ausmachen. Bei den Überriesen kommen sogar Durchmesser bis zu 2500 Sonnendurchmessern vor (Abb. 36). Die rasche Entwicklung der Sternphysik förderte die Erforschung der stofflichen Zusammensetzung der Sterne mit Hilfe der Spektralanalyse. Wenn man das Licht eines Sterns mit Hilfe eines Spektralapparates (Spektroskop) in ein Spektrum zerlegt, so zeigen sich in diesem Farbenband die bekannten Fraunhoferschen Linien, deren Anordnung oder Intensität in den verschiedenen Sternspektren erhebliche Unterschiede aufweist. Diese vielfältigen Sternspektren werden in sogenannte Spektraltypen (Abb. 37) eingeordnet, die mit den Buchstaben O, B, A, F, G, K und M bezeichnet werden. Dabei wird jeder Spektraltyp noch in 10 Zwischenstufen eingeteilt, die beispielsweise als B₀, B₁, B₂ usw. bis B₉ bezeichnet werden. Gleichzeitig entsprechen die Spektralklassen den Farben der Sterne. Die weißen B-Sterne stellen Heliumsterne dar. Bei den A-Sternen handelt es sich in der Hauptsache um Wasserstoffsterne, bei den F- und G-Sternen um gelbe, der Sonne verwandte Sterne und bei den K- und M-Sternen um rote Sterne. Sinngemäß stehen die Farben bzw. Spektraltypen der Sterne auch mit den Oberflächentemperaturen der Fixsterne in Zusammenhang, wobei die weißen Sterne die heißesten und die roten Sterne die kühlestes Sonnen verkörpern. Im allgemeinen schwanken die Sterntemperaturen, wie aus Übersicht 3 ersichtlich, zwischen 3500° bei den roten und 19000° bei den weißen Sternen, wenngleich auch Grenztemperaturen bekanntgeworden sind, die vereinzelt 50000° und bei einer besonderen Gruppe von Sternen, die

als Zentralsterne in dem sogenannten Planetarischen Nebel auftreten, sogar bis zu 1000000° betragen.

Schließlich ist noch zu erwähnen, daß die Riesensterne durchweg über große Massen verfügen, die aber selten größer sind als 50 Sonnenmassen. (Die Masse der Sonne ist bekanntlich 332000mal größer als die Erdmasse.) Bei den Zwergsternen liegen die Durchschnittsmassen zwischen 0,1 und einer Sonnenmasse. Nur ganz vereinzelt sind kleinere Massen als 0,1 Sonnenmassen nachgewiesen worden, obwohl neuerdings in einigen Fällen Massenwerte zwischen 0,01 und 0,002 Sonnenmassen bei vermutlich planetenähnlichen Begleitern anderer Sonnen errechnet werden konnten, deren Existenz aber nicht endgültig bewiesen ist. Gegenüber den Durchmessern der Sterne und ihrem daraus folgenden Rauminhalt (Volumen) unterliegen die Massen also nicht gleichgroßen Schwankungen. Daraus ergibt sich ferner, daß die Materie in den Sternen unter sehr verschiedenen Bedingungen auftreten kann. So wird die Dichte eines Riesensterns mit großen Ausmaßen und verhältnismäßig geringer Masse außerordentlich klein sein, während sich bei einem Zwergstern mit planetenähnlichen Größenverhältnissen und sonnenverwandter Masse eine sehr große Dichte zeigen wird. Es sind Sterndichten bekanntgeworden, bei denen 1 cm³ Sternmaterie 1 millionstel Gramm an Masse besitzt, während in anderen Fällen ein 1 cm³ Sternmaterie 100000 Gramm Masse aufzuweisen vermag.

ÜBERSICHT 3

STERNTemperaturen	
B 0 = 18 900°	F 5 = 6 470°
B 5 = 15 500°	G 0 = 6 000°
A 0 = 10 850°	G 5 = 5 360°
A 5 = 8 530°	K 0 = 4 400°
F 0 = 7 550°	M 0 = 3 500°

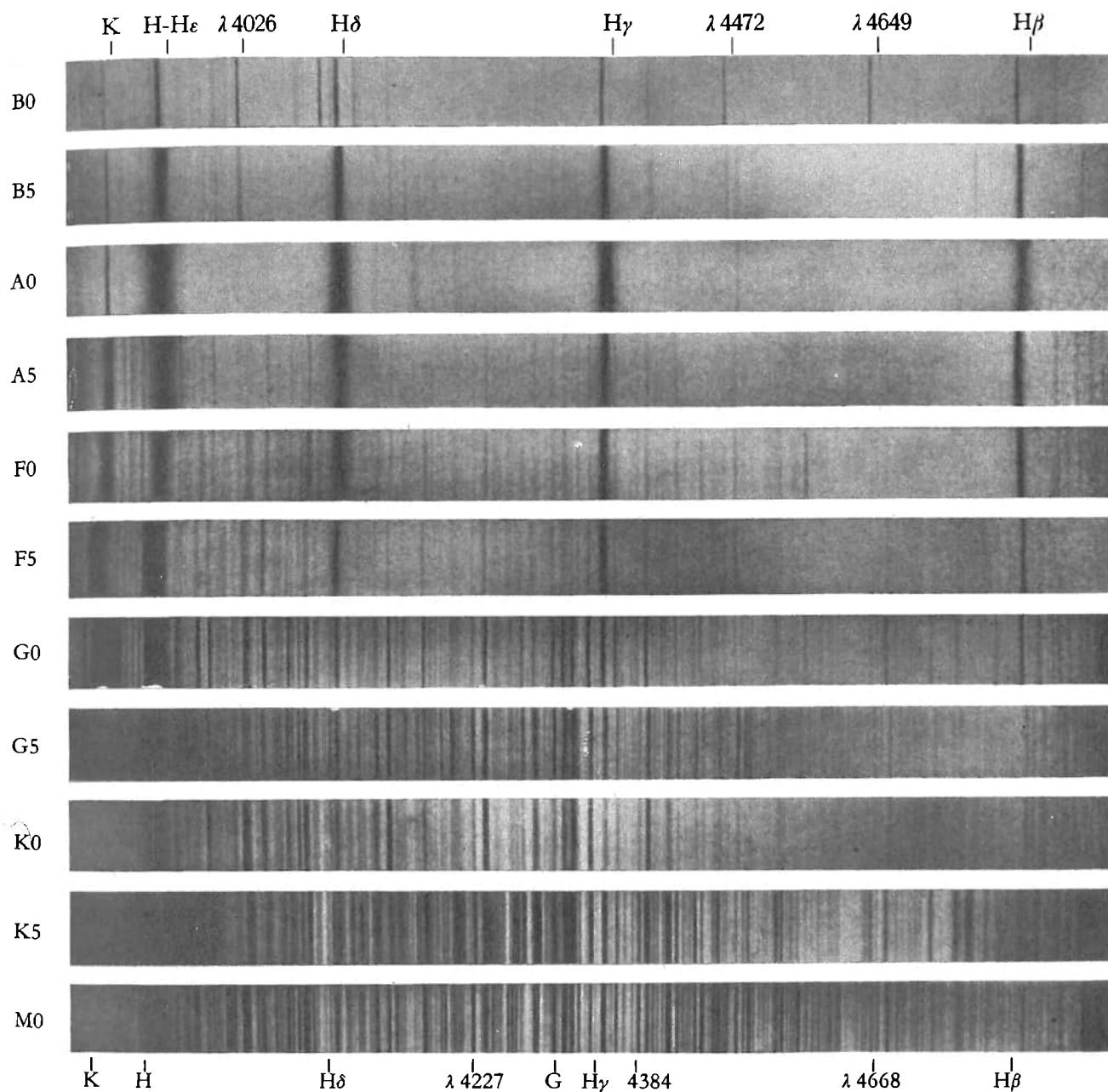


Abb. 37. Spektren von Fixsternen als Beispiele der Spektralklassen.

In der Abbildung liegt der violette Teil des Spektrums links und der rote Teil rechts. Aus der Lage der einzelnen Spektrallinien (ihren Wellenlängen = λ) lassen sich Rückschlüsse auf die chemischen Stoffe ziehen, die den einzelnen Sternen das Gepräge geben. So rühren die Linien $H\beta$, $H\gamma$

und $H\delta$ vom Wasserstoff her. Die H- und K-Linien gehören dem Kalzium an, während die G-Linie eine Eisenlinie darstellt. Aus der Stärke der im Spektrum auftretenden Linien lassen sich ferner die Temperaturen der Sterne ermitteln.

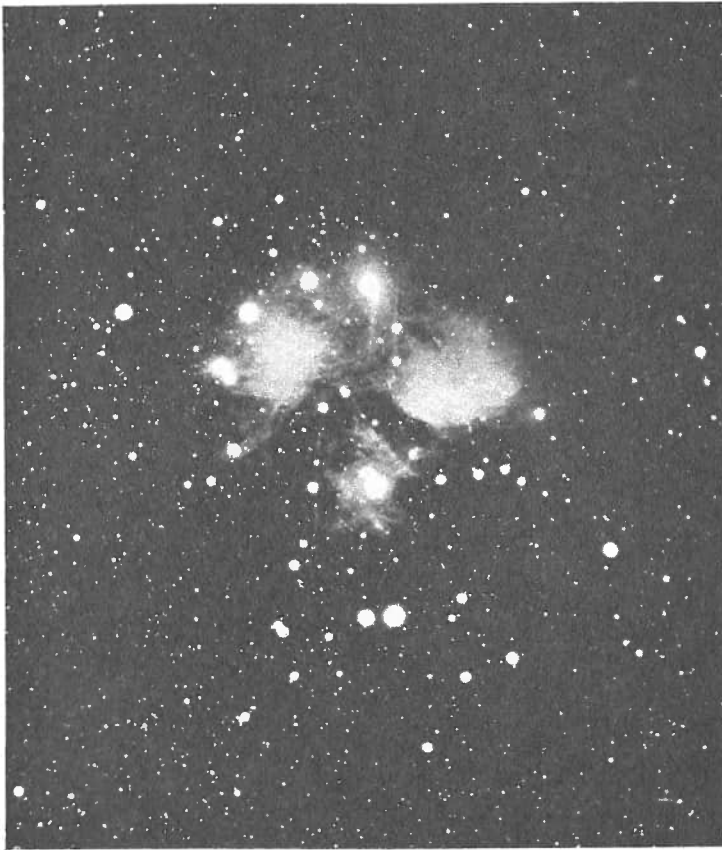


Abb. 38. Offener Sternhaufen der Plejaden im Sternbild des Stiers. Die Sterngruppe erscheint von feinen Nebelschleiern durchdrungen.

Wie sich die Sterndurchmesser, Massen und Dichten in Abhängigkeit vom Spektraltyp verhalten, ist in der folgenden Übersicht 4 zusammengestellt. Alle darin aufgeführten Vergleichswerte beziehen sich auf die Sonne, die überall mit dem Wert 1,0 als Maßstab anzusehen ist.

Weiter ist zu betonen, daß alle Zahlenwerte Mittelwerte darstellen.

Die verschiedenen Typen der Sterne, ihre unterschiedlichen Massen-, Größen- und Dichteverhältnisse wie auch die großen Gegensätze in den Temperaturen sind allgemein als Ausdrucksformen ihrer Entwicklungsstufen angesehen worden, und zwar dergestalt, daß die Riesensterne die jüngeren und die Zwergsterne die älteren Sonnen darstellen. Dabei wird man die heißen Sterne ohne weiteres für kosmisch „jung“ halten dürfen, zumal der Prozeß der Sternbildung offenbar auch heute noch andauert. Nach den Untersuchungen des sowjetischen Astronomen V. A. Ambarzumjan vollzieht sich die Bildung der Sterne, wie noch auszuführen sein wird, in Gruppen oder sogenannten Assoziationen. Es handelt sich dabei um Gruppen von Sternen mit gleicher physikalischer Beschaffenheit. Hiervon sind am Himmel bisher 25 Gebilde bekanntgeworden, die dadurch auffallen, daß sie auseinanderstreben und sich dann in Einzelsterne auflösen.

Im Zusammenhang mit den Sterngruppen sind weiter die Doppelsterne zu erwähnen, bei denen mindestens zwei Sterne physikalisch verbunden sind und Bahnbewegungen um einen gemeinsamen Schwerpunkt vollführen. In manchen Mehrsternsystemen sind bis zu sechs Sterne anzutreffen, die eine zusammengehörige Gemeinschaft bilden. Vielzahlige Sterngemeinschaften treten in den offenen Sternhaufen auf, unter denen als Beispiel die Plejaden (Abb. 38) im

Typ	Durchmesser		Masse		Dichte	
	Riese	Zwerg	Riese	Zwerg	Riese	Zwerg
B 0		4,6		20		0,2
A 0		1,7		3		0,6
F 0	4,0	1,0	2,8	1,4	0,042	1,4
G 0	7,2	0,9	3,8	1,0	0,010	1,4
K 0	14,8	0,7	4,6	0,7	0,0014	2,1
M 0	50,5	0,4	5,0	0,5	0,00004	8,3
M 5	75,0	0,3	5,0	0,3	0,000012	10,0

ÜBERSICHT 4

Eigenschaften
der Riesen-
und
Zwergsterne.

Stier und der Doppelhaufen chi und h im Perseus genannt seien. Mehrfach hat sich gezeigt, daß die offenen Sternhaufen Kerne von Assoziationen bilden, wie dieses auch für den Doppelhaufen chi und h im Perseus zutrifft. Insgesamt sind etwa 350 offene Sternhaufen bekannt. Ihre Durchmesser liegen zwischen 5 und 50 Lichtjahren.

Eine andere Form der Konzentration von Sternen sind die Kugelsternhaufen (Abb. 39), von denen man rund 150 kennt. Sie unterscheiden sich von den offenen Sternhaufen dadurch, daß sie einmal wesentlich sternreicher sind und zum anderen die unmittelbare Nähe der Milchstraße meiden, während die offenen Sternhaufen vornehmlich in der Milchstraße anzutreffen sind. Ebenso sind die räumlichen Ausmaße der kugelförmigen Sternhaufen wesentlich andere als die der offenen. Der mittlere Durchmesser eines Kugelsternhaufens beträgt rund 200 Lichtjahre. Weiter mag erwähnt werden, daß dem bekannten Kugelsternhaufen M 13 im Sternbild des Herkules rund 600000 Einzelsterne angehören.

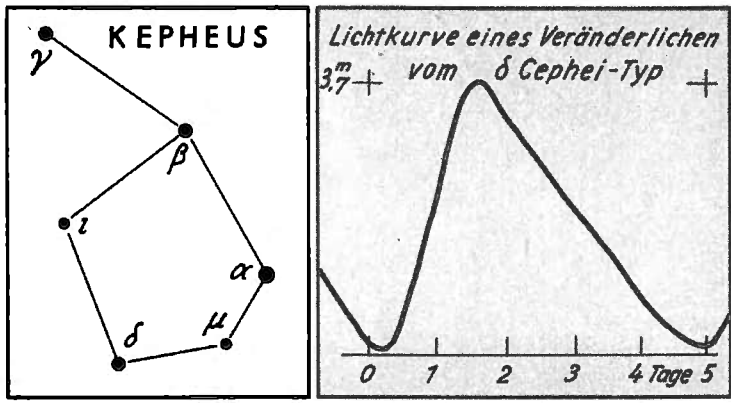
Unter den Sternen der Kugelhaufen verdienen namentlich die veränderlichen Sterne erwähnt zu werden. Insgesamt kennt man heute am Himmel etwa 12000 Sterne, deren Licht veränderlich ist. Man unterscheidet kurz- und langperiodisch veränderliche Sterne. Der Lichtwechsel wird einerseits durch physikalische, also in der Sternmaterie selbst begründete Vorgänge, zum anderen aber auch durch lichtschwächere Begleiter bedingt, die bei ihrem Durchgang durch die Verbindungslinie Erde-Stern das Licht des Hauptsterns abdecken bzw. zum Absinken bringen und dadurch einen regelmäßigen Lichtwechsel herbeiführen. Die Veränderlichen in den Kugelsternhaufen stellen sogenannte RR-Lyrae-Sterne dar, deren Lichtwechsel einen Tag nicht überschreitet. Die Ursache des Lichtwechsels liegt in periodischen Zusammenziehungen und Ausdehnungen des gesamten Sternkörpers beschlossen. Dabei steht der Lichtwechsel eines solchen Sterns mit den physikalischen Zuständen



Abb. 39. Kugelförmiger Sternhaufen M 13 im Sternbild des Herkules.

seiner Materie in der Weise in Beziehung, daß zwischen der zeitlichen Dauer des Lichtwechsels (der Periode) und der wirklichen Leuchtkraft eine gesetzmäßige Verbindung besteht. Man kann also aus der Dauer der einzelnen Periode auf die wirkliche Leuchtkraft schließen. Ist die aus dem Lichtwechselermittelte Leuchtkraft und die aus der Beobachtung unmittelbar abzuleitende scheinbare Helligkeit bekannt, so läßt sich berechnen, wie weit der Stern von der Erde entfernt ist. Da alle Sterne innerhalb eines Kugelsternhaufens nahezu dieselbe Entfernung besitzen, läßt sich mit

Abb. 40. Lichtkurve eines veränderlichen Sterns. Links das Sternbild des Kepheus mit dem veränderlichen Stern Delta (δ), rechts daneben seine Lichtkurve.



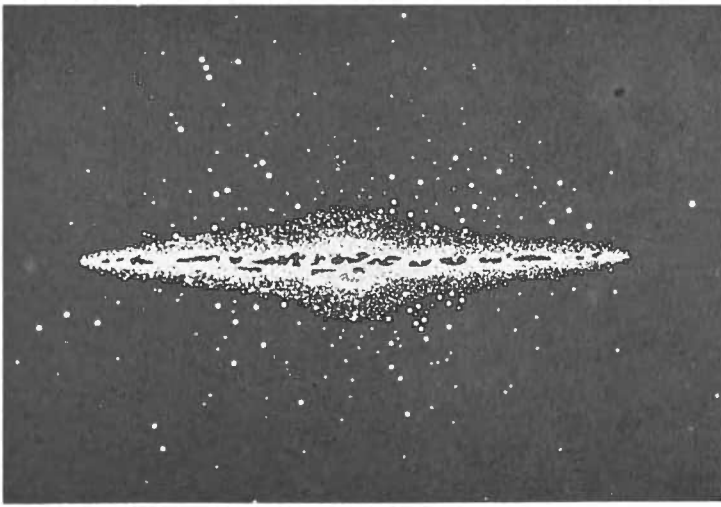


Abb. 41. Anblick des Milchstraßensystems aus den Tiefen des Weltalls. In der hellen Mittelschicht stehen die Sterne und die zwischen ihnen auftretenden hellen und dunklen Nebel, während außerhalb dieser Schicht die kugelförmigen Sterne (kleine Kreise) angeordnet erscheinen, die wie Grenzmarken des Sternsystems anmuten.

Hilfe der veränderlichen Sterne (bzw. der sogenannten Delta-Cephei-Sterne, für die das hier Gesagte im besonderen zutrifft) die Entfernung der Kugelsternhaufen bestimmen.

Die kugelförmigen Sternhaufen verteilen sich in ihrer Gesamtzahl über einen ebenfalls kugelförmig beschaffenen Raum mit einem Durchmesser von rund 160000 Lichtjahren. In der Mittelebene dieses Haufens befinden sich alle

Sterne der Milchstraße, die in ihrer Anordnung im Querschnitt einer gewaltigen Linse ähnelt. Auf Abbildung 41 schweben die Sterne der Milchstraße in der Mittelschicht, während sich die als kleine Kreise eingezeichneten Objekte auf die Anordnung der Kugelsternhaufen beziehen. Der Durchmesser der Mittelschicht, des eigentlichen Sternsystems der Milchstraße, beträgt rund 80000 Lichtjahre. Insgesamt mögen dieser riesenhaften Sterninsel rund hundert Milliarden Sterne angehören.

Neben den Sternen und Sternhaufen zeigen sich innerhalb der Milchstraße zahllose unregelmäßig gestaltete helle und dunkle Nebel, die den Raum zwischen den Sternen durchdringen und an vielen Stellen das sternreiche Bild der Milchstraße verdunkeln (Abb. 42). Es handelt sich dabei um Anhäufungen von gas- und staubförmiger Materie. Bei den Gasnebeln tritt in der Hauptsache Wasserstoff auf, der durch die Strahlung heißer Sterne zum Leuchten angeregt wird. Andere helle Nebel sind Staubwolken, die im zurückgeworfenen Sternlicht leuchten, also Reflexionsnebel darstellen, während die Dunkelnebel ebenfalls aus Staub, zumeist aus metallischen Partikeln bestehen, in deren Nähe sich keine ausreichend heißen Sterne befinden, so

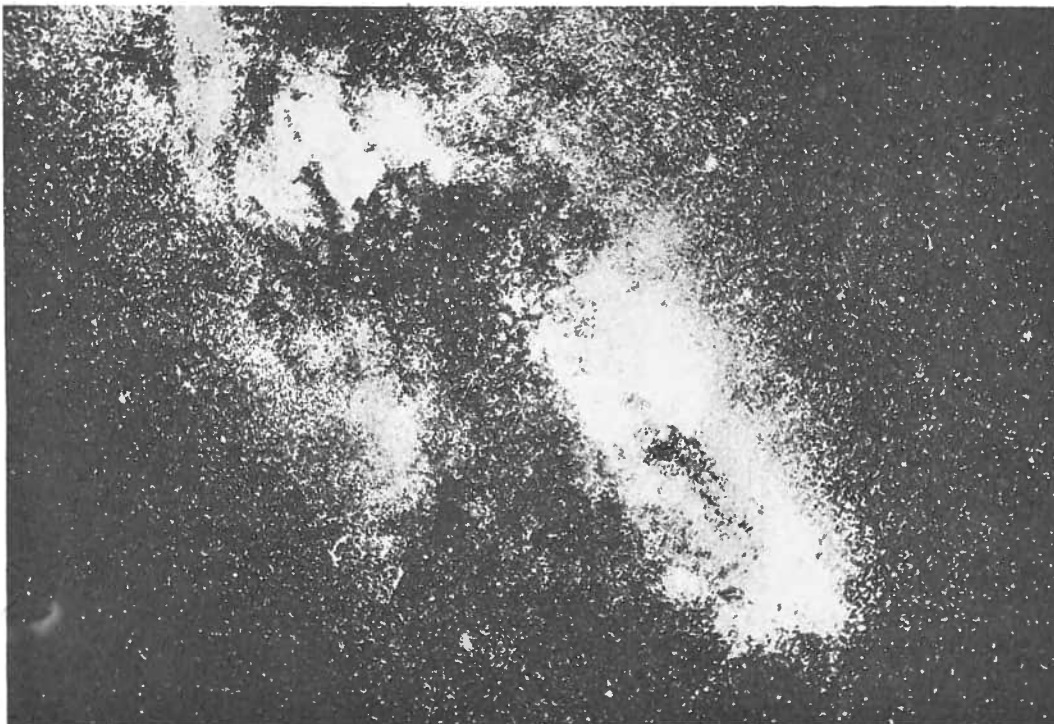


Abb. 42. Sternwolken im Sternbild des Schwans.

daß sie wie lichtundurchlässige Vorhänge vor den Sternwolken hängen (Abb. 43, 44). Diese interstellare (zwischen den Sternen befindliche) Materie besitzt eine außerordentlich geringe Dichte. Sie liegt zwischen 10^{-25} (1:10 Quadrillionen, 1 Quadrillion = eine 1 mit 24 Nullen) und 10^{-23} (1:100000 Trillionen, 1 Trillion = eine 1 mit 18 Nullen) g für den cm^3 . Allerdings darf hieraus nicht geschlossen werden, daß die Nebel von gleichförmiger Dichte sind, sondern ihre charakteristische Erscheinungsform ist die Wolkenstruktur; Staub und Gas treten sehr oft miteinander vermischt auf.

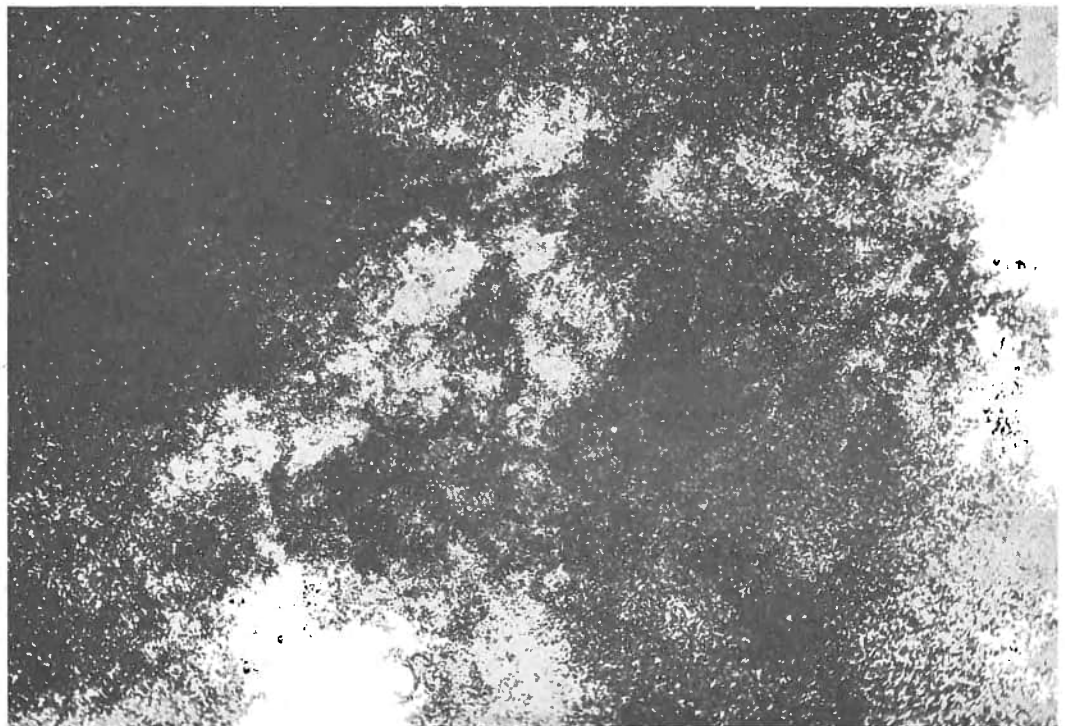
Die Gesamtmasse der kosmischen Nebelmaterie in der Milchstraße dürfte etwa genau so groß sein wie die Gesamtmasse der Sterne des Milchstraßensystems, so daß schon daraus hervorgeht, daß dieser Materie in der Entwicklung der Sternwelt eine besondere Bedeutung zukommt.

Zu erwähnen sind noch die sogenannten planetarischen Nebel, die ihre Bezeichnung der Ähnlichkeit mit dem Fernrohrbild der Planeten verdanken. Diese Nebel, deren Gesamtzahl in der Milchstraße mit ungefähr 500 anzunehmen ist, sind in der Regel Hüllen von Zentralsternen, denen sie offenbar auch entstammen. Die Nebelhüllen bewegen sich vom Zentralstern fort und

verlieren sich allmählich im Raum. Es scheinen Restprodukte von gewaltigen Sternkatastrophen zu sein, die sich vor Jahrtausenden abspielten und in einer Sternexplosion zum Ausdruck kamen. Derartige Vorgänge werden auch heute noch häufig beobachtet, wenn von dem Aufleuchten einer „Nova“ berichtet wird. Eine solche Nova ist nicht, wie ihre Bezeichnung dartun mag, ein „neuer“ Stern, sondern der sichtbare Ausdruck dafür, daß in kosmischen Fernen ein Stern, der bis dahin kaum in Erscheinung getreten war, plötzlich explodierte. Dabei wird seine Oberfläche fortgeschleudert, die ihn fortan als Nebelhülle umlagert und später als planetarischer Nebel sichtbar wird. Ein interessantes Beispiel dieser Gebilde ist der Crabnebel im Stier (Abb. 45), dessen Nebelmaterie ebenfalls nach außen strömt und der sich genau an der Stelle des Himmels befindet, wo vor 900 Jahren (im Jahre 1054) eine Nova aufblühte, deren Katastrophe noch heute in den Bewegungsvorgängen innerhalb des Crabnebels nachwirkt.

Es erhebt sich jetzt die Frage: Wie mag sich die Milchstraßenwelt mit ihren mannigfaltigen Erscheinungen dem Auge des Menschen zeigen, wenn die Möglichkeit bestände, aus den Tiefen des Weltraums diese gewaltige Welteninsel von

Abb. 43. Sternwolken in der Milchstraße, in der vorgelagerte dunkle Staubwolken den Eindruck von Sternenleeren hervorrufen.





*Abb. 44. Der dunkle
„Pferdekopfnebel“ im
Sternbild des Orions.*

„außen“ zu betrachten? Die Antwort hierauf ist nicht leicht zu geben. Der Astronom stellt ja im Innern dieser Welt seine Forschungen an. Alle mühevollen Untersuchungen beziehen sich letztlich auf die Innenstruktur, während das Außenbild nur schwierig zu gewinnen ist. Und doch haben moderne Forschungsergebnisse an dem Außenbild der Milchstraße keinen Zweifel mehr gelassen. Aus Untersuchungen der Sternverteilung innerhalb der Milchstraße, aus den Eigenbewegungen der Sterne sowie aus vergleichenden Betrachtungen an Sterneninseln außerhalb der Milchstraße hat sich in den letzten Jahrzehnten immer deutlicher die Wahrscheinlichkeit ergeben, daß die Milchstraße ein spiralförmig gestaltetes Sternsystem ist. Diese Feststellung war um so bemerkenswerter, als sich innerhalb ferner Sternsysteme dieselben Eigenschaften bestimmter Sterntypen, interstellare Materie, Bewegungsvorgänge usw. zeigten, wie sie auch innerhalb der Milchstraße bekannt waren, so daß an der Spiralform unserer Milchstraße kein berechtigter Zweifel mehr blieb. Es gelang ferner, das Zentrum der Milchstraße zu erkennen, das

sich im Innern der dichten Sternwolken befindet, die in Richtung des Sternbildes Schütze besonders hell leuchten. Diese Sternwolken selbst zeigen aber nicht die Kernpartie, sondern nur deren Außenbereiche. Die Kernregion verbirgt sich hinter undurchsichtigen Nebelwolken. Trotzdem ist es gelungen, durch Messungen der Ultrarotstrahlung, die aus dem Milchstraßenkern kommt und die vorgelagerte Dunkelmaterie ohne weiteres durchdringt, über die inneren Eigenschaften des Milchstraßenkerns Einzelheiten in Erfahrung zu bringen. Die Untersuchungen in dieser Richtung wurden besonders von den sowjetischen Astronomen vorangetrieben. Es kann heute nicht mehr bezweifelt werden, daß die Masse der Milchstraße zum größten Teil im Kernbereich vereinigt ist. Die Kernmasse umfaßt 170 Milliarden Sonnenmassen, während die Gesamtmasse des Milchstraßensystems 220 Milliarden Sonnenmassen ausmacht. Die Sonne ist vom Milchstraßenmittelpunkt etwa 30 000 Lichtjahre entfernt. Die weit geöffnete anzunehmende Milchstraßenspirale dreht sich in etwa 230 Millionen Jahren um sich selbst.

Diese Ergebnisse haben in jüngster Zeit eine überraschende Bestätigung erfahren. Während die Astronomie bisher darauf angewiesen war, ihre Schlußfolgerungen über den Aufbau des Weltalls allein der Botschaft des Lichtstrahls abzuzauscheln, hat sich neuerdings herausgestellt, daß aus dem Weltall neben den Lichtstrahlen noch eine andere elektromagnetische Strahlung kommt und mit Wellenlängen im Zentimeter- und Dezimeterbereich die Erdatmosphäre durchdringt, so daß sie am Erdboden meßbar wird. Es handelt sich dabei um eine den Radiowellen ebenbürtige Strahlungsart, die ein neues Forschungsgebiet, die Radioastronomie, begründet hat. Wir haben bereits darüber berichtet, daß sich die Sonne wie ein kosmischer Rundfunksender verhält. Auch von der Milchstraße geht eine solche Radiostrahlung aus. Richtet man eines der großen Radioteleskope in dem Augenblick auf die Milchstraße, wo diese infolge der täglichen Drehung der Erde ihren Durchgang durch den Meridian vollzieht, so gewinnt man eine Registrierkurve, wie sie auf Abbildung 47 wiedergegeben ist. Diese Kurve bezieht sich auf die Sternbilder Schwan und Kassiopeia, die sich beide durch einen großen Sternreichtum auszeichnen. Spezielle Beobachtungen der Milchstraße im Bereich der 21-cm-Wellen führten 1952 zu dem überraschenden Ergebnis, daß sich mit Hilfe der Radiostrahlung die Spiralform der Milchstraße unmittelbar nachweisen läßt. Es zeigt sich nämlich, daß die durch Radiostrahlung gemessene Breite der Milchstraße doppelt so groß ist wie die des sichtbaren Milchstraßenbandes. Weiter hat man gefunden, daß die Quellen der Radiostrahlung sehr wahrscheinlich in den besonderen Eigentümlichkeiten des Wasserstoffgases zwischen den Sternen zu suchen ist. Auf die Existenz einer solchen Strahlung im 21-cm-Wellenbereich hatte der sowjetische Astrophysiker Schklowski bereits vor einigen Jahren aufmerksam gemacht und die Entdeckung vorausgesagt. Mit Hilfe dieser Strahlung hat der holländische Astronom Oort die Spiralform der

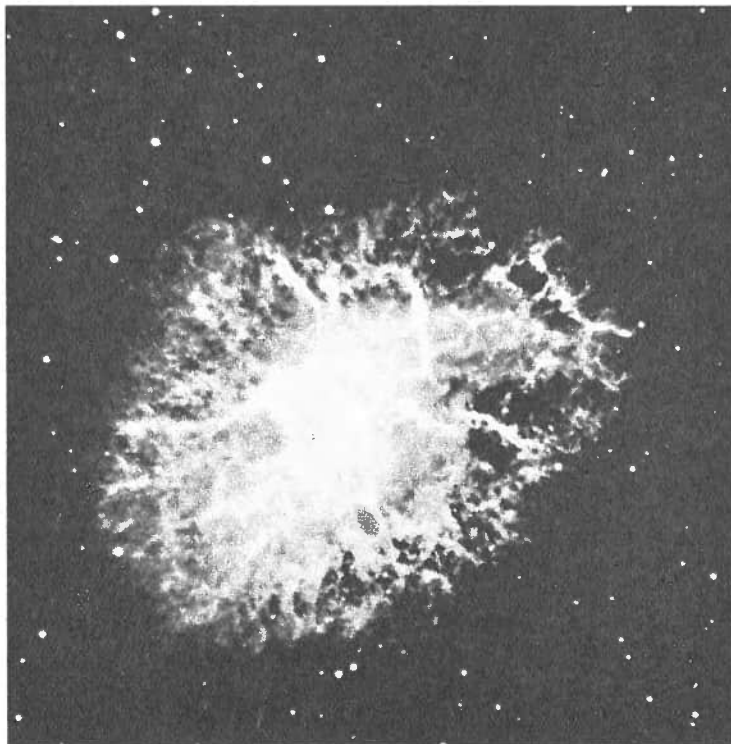


Abb. 45. Der Crabnebel im Sternbild des Stiers. Die Nebelmaterie strömt fortgesetzt nach außen und bewirkt dadurch eine ständige Ausweitung des Nebels, der an jener Stelle des Himmels steht, wo im Jahre 1054 ein heller neuer Stern, eine sogenannte Supernova, aufleuchtete.

Milchstraße, wenigstens die Existenz von zwei Spiralarmen unseres Sternsystems, einwandfrei nachweisen können.

Auf eine Reihe weiterer Objekte, von denen eine Radiostrahlung ausgeht, kann in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen werden. Hinzugefügt sei jedoch, daß es neuerdings auch gelungen ist, mit Hilfe der Radiostrahlung Bewegungsvorgänge im Innern der Milchstraße zu messen und dabei im wesentlichen die bis jetzt schon bekannten Daten der Milchstraßenrotation bestätigt zu finden.

3. Ferne Milchstraßensysteme

An den Grenzen unseres Milchstraßensystems hört das All keineswegs auf. Der Raum außerhalb unserer Milchstraße ist mit anderen fernen Sternsystemen ausgefüllt, deren genaue Erfor-



Abb. 46. Spiralnebelhaufen im Sternbild der Berenice.

schung fast ausschließlich in den letzten 25 Jahren betrieben wurde. Am Fernrohr erscheinen diese Objekte durchweg nebelartig, wenn auch mit der Besonderheit, daß sie teilweise ein gerundetes oder elliptisches, insbesondere aber ein spiralförmiges Aussehen zeigen (Abb. 48). Mit Hilfe großer, lichtstarker Teleskope gelingt es, die Nebelstruktur einer größeren Anzahl solcher Gebilde in einzelne Sterne aufzulösen.

Schon um die Mitte des 18. Jahrhunderts haben Forscher vereinzelt die Ansicht geäußert, daß die Nebelflecken entfernte Sternansammlungen seien, deren Licht infolge der räumlichen Weite

zu einem nebelhaften Schimmer zerfließe, so daß Einzelheiten darin nicht erkannt werden könnten. Die Entwicklung der Astrophysik ließ jedoch bereits im vorigen Jahrhundert keinen Zweifel daran, daß es sich wenigstens bei den spiralförmigen Nebeln um Sternsysteme handelte; allein die endgültige Gewißheit hierüber wurde erst im Jahre 1926 gewonnen. Damals gelang es, mit dem Riesenteleskop der amerikanischen Mount-Wilson-Sternwarte die Spiralwindungen einiger Nebel in Sterne aufzulösen und damit eindeutig zu beweisen, daß die sogenannten Spiralnebel tatsächlich ferne Sternsysteme oder Milchstraßenwelten darstellen. Desgleichen ließen sich unter den Sternen der Spiralsysteme veränderliche Sterne nachweisen, deren Lichtwechsel sich ebenso gesetzmäßig und in Abhängigkeit von der wahren Leuchtkraft jener Sterne vollzog, wie dies in den Kugelsternhaufen gefunden wurde. Dadurch hatten die Astronomen die Möglichkeit gewonnen, die Entfernungen ferner Milchstraßen zu bestimmen. Es wurde damals die Entfernung des bekannten Andromedanebels (des großen Spiralnebels im Sternbild der Andromeda) zu 750000 Lichtjahren gefunden (Abb. 49).

Es gelang ferner die Auffindung von Kugelsternhaufen innerhalb der Spiralsysteme, der Nachweis von leuchtender und dunkler Nebelmaterie usw., so daß damit der klare Beweis erbracht war, daß die Spiralnebel weit entfernte Milchstraßen sind und daß deren Durchmesser den Ausmaßen unserer Milchstraße in vielen Fällen entsprechen.

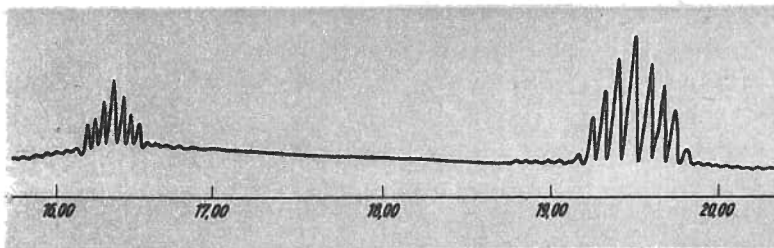


Abb. 47. Registrierte Radiosignale aus der Milchstraße. Sobald die Milchstraße durch die Zieleinrichtung eines Radioteleskops zieht, zeigt sich ein verstärkter Einfall von kosmischer Radiostrahlung, die aus der Milchstraße kommt. Das Bild zeigt Ausschläge der Kurve beim Durchgang der Milchstraße im Schwan und in der Kassiopeia.

Insgesamt wurden in nächster Nachbarschaft der Milchstraße 14 Sternsysteme aufgefunden, die in Übersicht 5 zusammengestellt sind. Dabei fällt auf, daß nur 2 Objekte eine ausgesprochene Spiralform haben, während bei den anderen elliptische oder unregelmäßige Strukturen überwiegen. Man hat diese kleine Gruppe von Milchstraßensystemen als die „lokale“ Gruppe bezeichnet. Inwieweit es sich dabei jedoch um eine wirkliche Gruppenbildung handelt, ist noch nicht entschieden. Zweifellos gehören alle Glieder dieser „lokalen“ Gruppe aber der unmittelbaren Umgebung der Milchstraße an. Hingewiesen sei jedoch darauf, daß die in Übersicht 5 mitgeteilten Größen und Entfernungsangaben erst im Jahre 1953 ermittelt wurden, nachdem sich erwiesen hatte, daß früher gefundene Werte auf Grund neuer Erkenntnisse verdoppelt werden mußten.

Die innerhalb der „lokalen“ Gruppe festgestellten drei Grundtypen der extragalaktischen Systeme scheinen das ganze Weltall zu beherrschen, das sich aus Millionen und aber Millionen solcher Sternsysteme aufbaut. Zum Typ 1 gehören alle Spiralsysteme mit kleinen Kernen sowie die unregelmäßigen Sternsysteme nach dem Beispiel der Magellanschen Wolken. Diese Systeme zeichnen sich durch das Auftreten veränderlicher Sterne, heißer B- und O-Sterne, sowie leuchtender und nichtleuchtender Nebelmaterie aus. Zum Typ 2 gehören die elliptischen Sternsysteme, in denen vorwiegend rote Riesensterne vorkommen, aber keine Nebelmaterie anzutreffen ist, während zum Typ 3 alle weniger entwickelten Spiralsysteme gehören, zu denen der Andromedanebel und auch die Milchstraße selbst zu zählen sind. Unter den elliptischen Gebilden treten ausgesprochene Zwergsysteme auf, deren Durchmesser bei ungefähr 1500 Lichtjahren liegt.

Die Spiralsysteme deuten schon durch ihre äußere Form darauf hin, daß sie rotierende Bewegungen ausführen. Weiter haben neuere Untersuchungen ergeben, daß die mittlere Masse eines fernen Sternsystems etwa 80 Milliarden



Abb. 48. Spiralnebel im Sternbild der Jagdhunde.

Sonnenmassen gleichzusetzen ist. Die Masse des Andromedanebels beträgt sogar 100 Milliarden Sonnenmassen, was etwa der Hälfte der Masse des Milchstraßensystems entspricht.

Daß die spiralförmigen und elliptischen Sternsysteme den Weltraum bis zur Reichweite unserer größten Teleskope erfüllen und daß ihre Zahl bis in die Unendlichkeit hinein reichen wird, wurde bereits angedeutet. Bis zu den schwächsten erreichbaren Systemen hinab mag es etwa 75 Millionen ferner Milchstraßen geben;

ihre wirkliche Zahl kann aber nur geschätzt werden. Vielfach erscheinen die extragalaktischen Systeme zu förmlichen Nestern (Abb. 46) vereinigt, von denen bis jetzt etwa 600 entdeckt wurden und in denen sich die Nebel scheinbar so dicht zusammendrängen, daß auf einer Himmelsfläche von der Größe der Vollmondscheibe bis zu 500 Nebelsysteme nachgewiesen werden konnten. Möglicherweise liegt aber der „Nest“-Bildung auch eine Täuschung zugrunde, die durch einen gewissen Auswahl-effekt entsteht, da sicherlich nur die hellsten Gebilde sichtbar bleiben, während die schwächeren und kleinen Objekte über große Entfernungen hinweg nicht mehr gesehen werden können.

Die größten bisher gefundenen Nebelentfernungen liegen bei 1000 Millionen Lichtjahren. Jenseits dieser Grenze ist bis jetzt kein kosmisches Objekt nachgewiesen worden. Allerdings endet in jener Ferne nicht der Raum mit seiner unvorstellbaren Tiefe und damit die Existenz kosmischer Körper, sondern die Reichweite unserer Fernrohre.

So sehen wir das Weltall erfüllt von unzählbaren Sternsystemen, die sich wiederum aus Millionen einzelner Sterne zusammensetzen.

Wir wissen, daß die Milchstraßensysteme im Raum eigene Bewegungen ausführen, daß sie sich vermutlich mit großen Geschwindigkeiten, die neuerdings bis zu 61000 km/sec ermittelt werden konnten, voneinander entfernen. Durch dieses Verhalten rufen die davoneilenden Milchstraßensysteme den Eindruck hervor, als vollziehe sich eine ständige „Verödung“ des Raumes. Damit hängt auch das Problem der Ausweitung (oder Expansion) des Weltalls zusammen.

Eine endgültige Entscheidung über diese Frage ist aber bisher nicht gefallen. So viel darf aber als sicher gelten: Die Vielfältigkeit ferner Welten wird in ihrer Gesamtheit von strengen Gesetzmäßigkeiten beherrscht, die nicht nur den augenblicklichen Zustand und das augenblickliche Geschehen im Weltall, sondern auch die Entwicklung im Kosmos, die Bildung von Sternsystemen, Sternen, Planeten, Kometen und Meteoriten bestimmen.

Sternsystem (Katalognummer)	Typ	Durchmesser (Lichtjahre)	Entfernung (Lichtjahre)
Milchstraße	S	80 000	—
Gr. Magellansche Wolke	I	24 000	150 000
Gr. Magellansche Wolke	I	12 000	150 000
Sculptor	E	6 000?	450 000?
Fornax	E	13 500?	900 000?
N G C 6822	I	6 400	1 060 000
N G C 185	E	5 400	1 200 000
N G C 147	E	5 400	1 200 000
I C 1613	I	8 800	2 600 000
N G C 205 (Begleiter von M 31)	E	3 200	1 500 000
M 31 (Andromedanebel)	S	80 000	1 500 000
M 32 (Begleiter von M 31)	E	1 600	1 500 000
M 33 (Dreiecknebel)	S	24 000	1 540 000
Anonym Nr. 1	E	6 500?	1 300 000?
Anonym Nr. 2	E	6 500?	1 300 000?
S = spiralförmig E = elliptisch I = irregulär (unregelmäßig)			

ÜBERSICHT 5

Nachbarsysteme
der Milchstraße.

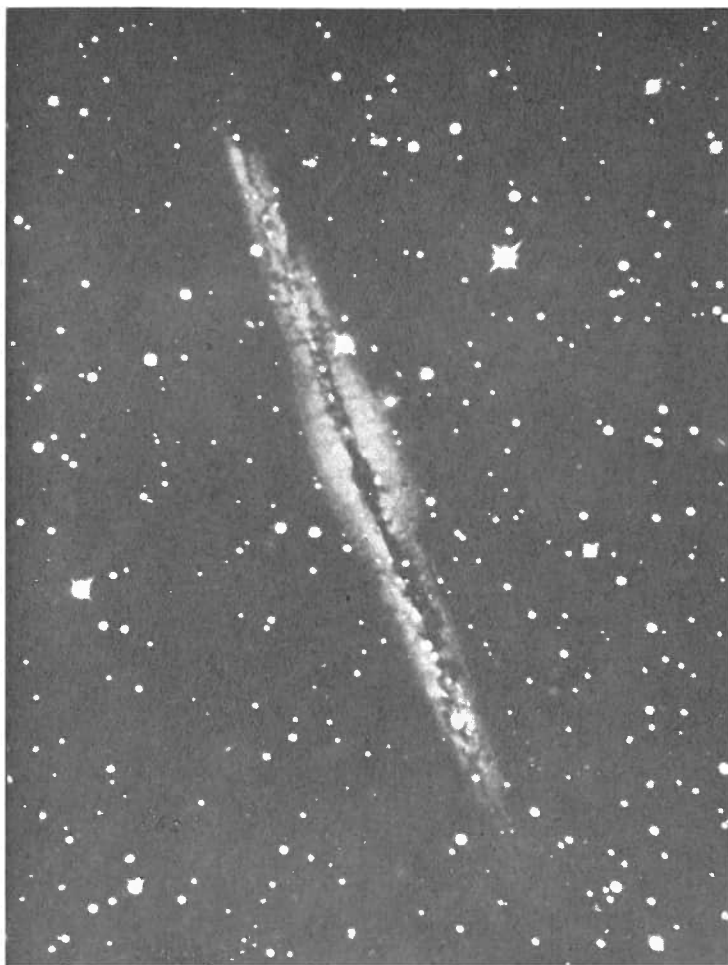


Abb. 49. Andromedanebel mit seinen beiden kleineren Begleitsystemen.

III. DIE ENTWICKLUNGSGESCHICHTE DES WELTALLS

Die Erforschung des räumlichen Weltbildes und die Erkenntnis vom Aufbau der kosmischen Welt führen zwangsläufig zu der Frage nach dem Ursprung und der Entwicklungsgeschichte des Kosmos. Die wissenschaftliche Astronomie hat sich mit diesen Problemen erst verhältnismäßig spät beschäftigt. Insofern ist es verständlich, daß die Astronomen des Altertums, die oft gleichzeitig Priester waren, in der Sternenwelt den Ausdruck für eine göttliche Schöpfung erblickten und sich über die eigentliche Entwicklungsgeschichte keine sehr tiefgehenden Gedanken machten. Hinzu kam ferner, daß über die physikalischen Eigenschaften der Gestirne nichts Wesentliches bekannt war, so daß eine wissen-

Abb. 50. Spindelförmiger Nebel im Sternbild der Andromeda, ein von der Kante gesehenes Sternsystem. Die dunkle Mittelschicht wird hervorgerufen durch nichtleuchtende Nebelmaterie innerhalb des abgebildeten Sternsystems.



schaftliche Entwicklungsgeschichte oder Kosmogonie gar nicht entstehen konnte. Darin ist heute ein grundlegender Wandel eingetreten. Es ist gelungen, ein umfangreiches Tatsachenmaterial zu sammeln, das es gestattet, eine wissenschaftlich begründete Entwicklungsgeschichte des Weltalls zu schreiben. In einer solchen Kosmogonie bleibt für mystische Gedankengänge kein Raum. Die Materie selbst ist an keinen Ursprung gebunden; sie ist ewig wählender Bestand des Weltalls, aber doch eindeutiger Entwicklungen fähig. Was sich wandelt, sind die Zustände der Materie, aus der sich Sterne und Sternsysteme aufbauen. Diese sind freilich der Vergänglichkeit preisgegeben. Es wandelt sich das äußere Bild der Welt; was immer bleibt, ist ihre Substanz – die Materie. Wir wollen daher versuchen, in großen Zügen die Entwicklung der Sternsysteme, der Sterne und des Planetensystems zu beschreiben, um auch daran den ungeheuren Fortschritt zu erkennen, der in dieser Hinsicht namentlich in unseren Tagen errungen werden konnte.

1. Die Entwicklung der Sternsysteme

Es steht außer Zweifel, daß die Sterne im Weltall auf Grund ihrer Entstehung und ihrer physikalischen Eigenschaften stets zu größeren Systemen zusammengefaßt erscheinen. Wir haben die verschiedenen Formen solcher Sternsysteme kurz besprochen, wollen hier aber noch einige Besonderheiten deutlicher hervorheben, da sie die entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhänge eindrucksvoll in den Vordergrund stellen. Wie schon erwähnt, treten neben den großen spiralförmigen Welteninseln auch kugelhähnliche oder ellipsoidisch gestaltete Sternsysteme auf, die sich nicht nur in ihrer äußeren Form, sondern auch in ihrer inneren Struktur unterscheiden. Die Spiralgebilde sind sehr stark abgeflacht (Abb. 50) und weisen durch ihre spiralförmige

Eigenschaften bereits darauf hin, daß sie sich drehen und daß die Rotationsgeschwindigkeiten nahe ihrem Mittelpunkt größer sind als in den Randbereichen. Die Existenz solcher Bewegungsvorgänge ist durch Beobachtungstatsachen ausreichend bewiesen. Das würde also bedeuten, daß die Spiralarme den Kern des Systems allmählich vollständig umschließen und daß diesem Zustand ein Übergang zu jenen Gebilden folgen müßte, wie wir sie in den weniger stark abgeflachten Kugelsystemen (Abb. 51) vorfinden. Tatsächlich haben sich in den letztgenannten Systemen keine Rotationsvorgänge nachweisen lassen. Dafür hat sich aber ergeben, daß die Sterne in den Spiralgebilden eine andere „Mischung“ ihrer Typen aufweisen als in den kugelförmigen Systemen. Man spricht hier von Populationen. Dabei gehören zur Population I alle in den Milchstraßenwolken bekannten Sterne, darunter die O- und B-Sterne, die Sterne der Sonnenumgebung und die Delta-Gephei-Sterne, also in der Hauptsache heiße Riesensterne, während die Population II aus den kurzperiodisch veränderlichen RR-Lyrae-Sternen, Schnellläufern, Unterzwergsternen und roten K-Riesensternen besteht. In bezug auf die Milchstraße ist zu sagen, daß in ihrer Kernregion die Population II überwiegt, während in den Außenbereichen, also gewissermaßen in den Spiralarmen, die Population I und II gemeinsam vertreten sind. Ähnliche Verhältnisse haben sich auch in fernen Milchstraßensystemen nachweisen lassen. So überwiegen im Sternsystemtyp 1 die Sterne der Population I, aber mit der charakteristischen Eigentümlichkeit, daß die betreffenden Sterne in Wechselwirkungen mit hellen und dunklen Nebeln auftreten, die jenem Typ als äußere Merkmale eigentümlich sind. Sicherlich stellen die Gas- und Staubnebel innerhalb jener Gebilde Faktoren dar, die mit der Entwicklung der Sterne zusammenhängen und die besonders andeuten, daß hier die Bildung von Sternen keineswegs abgeschlossen ist. Der Typ 2 wird hingegen von der Population II beherrscht, die folglich ein Merkmal der

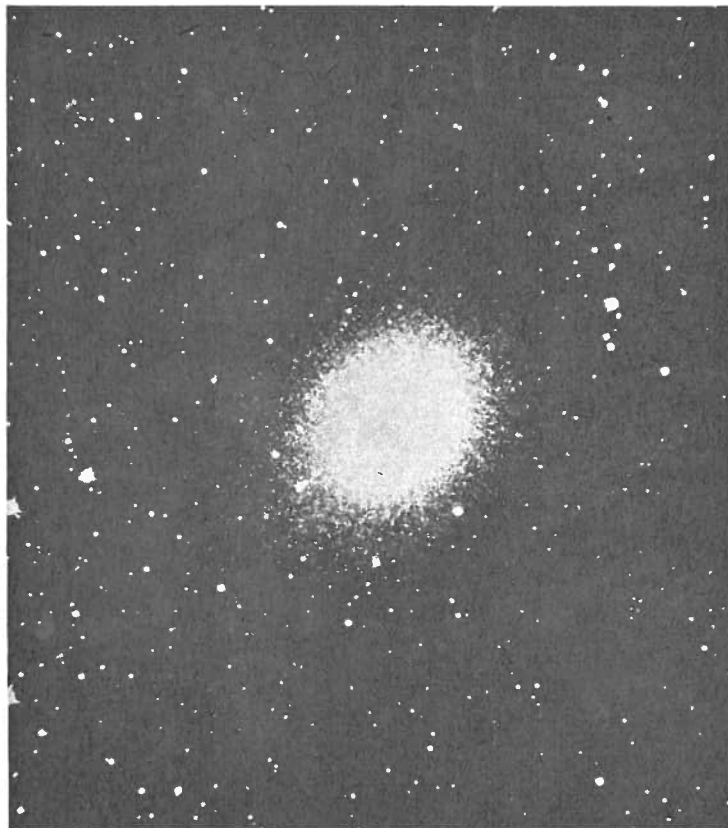


Abb. 51. Elliptisches Sternsystem im Sternbild der Kassiopeia.

kugelähnlichen Sternsysteme ist. Schließlich finden wir im Typ 3 wieder beide Populationen nebeneinander, und zwar so, daß der Kern vornehmlich aus der Population II und das System der Spiralarme von der Population I gebildet wird. Letzteres gilt insbesondere für den Andromedanebel.

Auf Einzelheiten wollen wir hier nicht näher eingehen, aber doch hervorheben, daß aus den Eigenarten der beiden vorkommenden Sternmischungen geschlossen werden kann, daß die spiralförmigen Gebilde entwicklungsmäßig jung sind und es hier nahelegt, daß sich in ihren Spiralwindungen, die sich ja durch eine deutliche Wolkenstruktur auszeichnen, noch heute Sternbildungen vollziehen, während in den kugelförmigen Systemen, die keinerlei interstellare Nebelmaterie mehr enthalten, weder Rotationsvorgänge noch irgendwelche Sternbildungen vor sich gehen können, weil dazu die erforderliche

Materie nicht vorhanden ist. Diese Gebilde sind demgemäß als entwicklungsmäßig „ältere“ Systeme anzusehen.

Die Untersuchungen über die Entwicklung der Sternenwelt müssen daher von den eben entwickelten, durch Beobachtungsbefunde näher belegten Feststellungen ausgehen. Dabei stehen wir allerdings der Schwierigkeit gegenüber, daß wir ganz allgemein in ein Weltall hineinschauen, in dem der Entwicklungsprozeß bereits weit vorangeschritten ist. Wir finden das Weltall durchweg zu Sternsystemen „verdichtet“. Innerhalb dieser Systeme existieren allerdings Sterne und ungeordnete Materie noch nebeneinander, während der Raum zwischen den einzelnen Sternsystemen von Materie frei zu sein scheint, wenngleich auch neuerdings vermutet worden ist, daß in dem sogenannten extragalaktischen (zwischen den Sternsystemen oder Galaxien befindlichen) Raum ebenfalls sehr dünn verteilte Nebelmaterie auftritt.

Wenn die Sterne aus kosmischem Gas entstehen oder sich kosmisches Gas zu festen Partikeln kondensieren kann, wie dieses in den staubförmigen Nebelwolken der Fall ist, dann sind die Sterne aus Verdichtungsprozessen hervorgegangen und die Sternsysteme sinngemäß außerordentlich große Verdichtungskomplexe. Der Raum der Sterne muß folglich ursprünglich gleichmäßig von gasförmiger Materie, in erster Linie wohl Wasserstoff, erfüllt gewesen sein. In einem solchen gasförmigen Weltall kann keine Ruhe geherrscht haben, da Bewegung ein Ausdruck jeglicher Form der Materie ist. Die Frage ist nur, wie sich die Bewegungen innerhalb solcher Nebelmaterie erfassen und hinsichtlich der weiteren Entwicklung zu Sternsystemen und Sternen analysieren lassen. Bei solchen Betrachtungen ist man von ungeordneten, turbulent ablaufenden inneren Störungen in der Gasmaterie ausgegangen, da die Turbulenz als die wahrscheinlichste Bewegungsform einer Flüssigkeit oder eines Gases mit kleiner innerer Reibung anzusehen ist. Als Gegensatz dazu sei die geord-

nete (laminare) Strömung erwähnt, wie sie zum Beispiel bei der langsamen Strömung einer zähen Flüssigkeit durch ein Rohr auftritt und wobei alle Teilchen eine parallele Strömung ausführen. Die großräumigen Strömungsvorgänge im Weltall erfassen dagegen gewaltige Gaskomplexe, so daß Verdichtungen und Verdünnungen auftreten mußten, mit denen ein Zerfall in größere und kleinere Teile einherging, womit die unterschiedlichen Durchmesser der Milchstraßensysteme, die zwischen 1000 und 80000 Lichtjahren liegen, im Zusammenhang zu stehen scheinen. Innerhalb solcher zerteilten Gaswolken traten dann, offenbar unter dem Einfluß der Gravitation, weitere Verdichtungen auf. Außerdem wird jedem Teilkomplex bereits bei der Ablösung von der ursprünglich großen Wolke eine bestimmte Bewegungsgröße, ein Drehmoment, erteilt worden sein, so daß die Herausbildung von Rotationsbewegungen und damit der Übergang in eine Kugelform gegeben war. Die sich mit der Verdichtung der Kugel beschleunigende Rotation führte zu einer Abplattung der Gaskugel und zur weiteren inneren Entwicklung des gesamten Systems, zur Umwandlung der Gasmaterie in verdichtete Sterne.

Es wurde schon darauf hingewiesen, daß die Rotationsvorgänge innerhalb eines Weltsystems mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten verlaufen und daß sich daraus auch die Spiralgestalt der meisten Sternsysteme ableiten läßt. Andererseits ist die Spiralförmigkeit teilweise aber auch eine Folge der Turbulenz, die verhindert, daß sich die herausbildenden Spiralarme um den Kern wickeln. Sie zerstört die entstehenden Wolken von Sternen immer wieder, so daß auf diese Weise zwischen den Spiralarmen und den darin auftretenden gas- und staubförmigen Nebeln eine ständige Wechselwirkung entsteht, mit anderen Worten, daß zwischen der Spezialstruktur und der Neubildung von Sternen ein innerer Zusammenhang deutlich in Erscheinung tritt. Darüber wird noch eingehender zu berichten sein. Hier mag zunächst nur die Frage einer kurzen Erörterung

wert sein, warum neben den Spiralnebeln auch die kugelförmlichen Gebilde außerordentlich zahlreich auftreten und hauptsächlich Bestandteile der sogenannten Spiralnebelhaufen oder Spiralnebelnester darstellen.

Auf Abbildung 52 ist der Nebelhaufen aus dem Sternbild der Nördlichen Krone wiedergegeben. Zahlreiche, zumeist elliptisch geformte Systeme treten darin auf. Es läßt sich nun errechnen, daß zwischen den in Bewegung befindlichen Gebilden des Haufens von Zeit zu Zeit nahe Begegnungen oder Zusammenstöße erfolgen und daß jedes der im Haufen vereinigten Systeme innerhalb der letzten drei Milliarden Jahre mehrere Zusammenstöße über sich ergehen lassen mußte. Es fragt sich jedoch, was bei einem solchen Zusammenstoß passiert. Die in dem System vereinigten Sterne stehen so weit auseinander, daß sie selbst kaum direkte Zusammenstöße erleben werden. Anders wird sich dagegen die zwischen den Sternen stehende Nebelmaterie verhalten. Die beiden amerikanischen Astronomen W. Baade und L. Spitzer haben darüber ihre Meinung in dem Sinne geäußert, daß die nebelartige Materie von beiden zusammenstoßenden Systemen ihre Bewegungsenergien vollständig austauscht und als eine selbständige Gaswolke den Ort des Zusammenstoßes verläßt und in den Weltraum entweicht. Im Sinne des Wortes würden solche Systeme bei einem Zusammenstoß von diffuser Nebelmaterie völlig „leergefegt“ werden. Da Sternsysteme ohne ungeordnete Materie keine Turbulenzvorgänge mehr aufzuweisen haben, können sich auch keine Wolken und Spiralarme mehr bilden, so daß sich dadurch die Frage klären läßt, warum gerade ein Nebelhaufen fast ausschließlich elliptische oder kugelförmige Systeme ohne Spiralbindungen und Wolkenformen enthält.

Es mag in diesem Zusammenhang noch zu erwähnen sein, daß der mögliche Zusammenstoß zweier Weltsysteme eine erhebliche Steigerung der Temperatur der zusammenprallenden diffusen Materie mit sich bringt, zumal dabei Geschwindig-

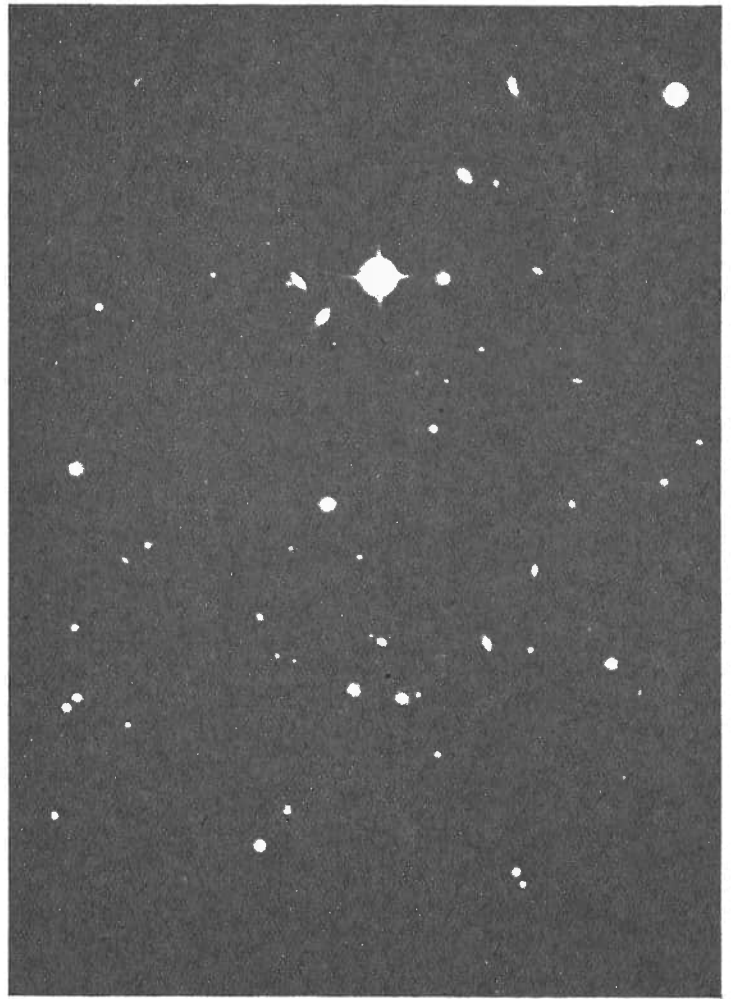


Abb. 52. Spiralnebelhaufen im Sternbild der Nördlichen Krone.

keiten in der Größenordnung von 1000 km/sec vorkommen. Die Folge davon wäre das Auftreten von hellen Spektrallinien (Emissionslinien), im Gegensatz zu den allgemein bekannten dunklen Spektrallinien (Absorptionslinien). Tatsächlich wurden derartige Spektren am Mount-Wilson- und Mount-Palomar-Observatorium in Kalifornien unter 800 Spektren von fernen Milchstraßensystemen in zwei Fällen beobachtet, so daß für die Deutung der Eigentümlichkeiten der Nebelhaufenobjekte ein gewisser Beweis als erbracht angesehen werden kann, zumal eines der erwähnten Emissionsspektren einem Objekt des Spiralnebelhaufens im Sternbild des Schwans angehört.

2. Die Entwicklung der Fixsterne

Das Problem der eigentlichen Sternentwicklung stellte die Kosmogonie ebenfalls vor große Schwierigkeiten, zumal rein theoretisch zu klären war, aus welchem Grunde sich die Fixsterne durch sehr verschiedenartige Zustandsgrößen so eindeutig voneinander unterscheiden. Daß sie aus interstellarer Materie entstehen, erschien eigentlich niemals zweifelhaft, denn ein Fixstern ist im Grunde genommen verdichtete kosmische Materie. Auffallend war jedoch, daß Sterne gleicher Spektraltypen und somit auch gleicher Temperatur stark voneinander abweichende Leuchtkräfte aufwiesen, daß sie sich ferner in ihren Dichten unterscheiden und als Riesen- oder Zwergsterne in Erscheinung treten können.

Das gleichzeitige Auftreten von Sternen gleichen Spektraltyps als Riesensterne und Zwergsterne hat schon vor einigen Jahrzehnten zu der Auffassung geführt, daß die Sterne aus kühlen Nebelhüllen hervorgehen, sich allmählich verdichten, dadurch an Temperatur zunehmen und so einen Wechsel ihres Spektraltyps von M bis B durchlaufen. Im Zuge der anschließend sich weiter verdichtenden Sternmaterie nehmen Leuchtkraft und Temperatur in Abhängigkeit vom Ausmaß der Oberfläche ab, so daß sich ein Stern allmählich vom Riesen zum Zwerg zu entwickeln scheint. Eine Schwierigkeit dieser Deutung lag aber darin, daß die Riesensterne durchweg große Massen besitzen, während die Zwerge der Hauptreihe den Massenverhältnissen der Sonne ähneln. Ein entwicklungsmäßiger Zusammenhang war folglich nur dann aufrechtzuerhalten, wenn die Tatsache bewiesen war, daß der Stern im Laufe seiner Entwicklung den größten Teil seiner Masse verliert. Die Ursachen eines solchen Massenverlustes konnten nur in der Ausstrahlung der Sterne zu suchen sein, und zwar in einem Umfang, daß für einen normalen Stern der durch Strahlung eintretende Massenverlust bis zu 95 % der Anfangsmasse betragen mußte. Es ließ sich errechnen, daß derartige Massenverluste nur in

Zeiträumen möglich waren, die in der Größenordnung einiger Billionen Jahre liegen mochten. Gegen diese lange Zeitskala waren aber stichhaltige Einwendungen zu erheben, so daß die Hypothese eines Massenverlustes in diesem Sinne aufgegeben werden mußte. Insbesondere zeigte sich, daß die Sterne zur Aufrechterhaltung ihrer Strahlungsvorgänge des Massenverlustes gar nicht bedürfen, da der Strahlungshaushalt in Atomkernprozessen begründet ist, die unter sehr geringen Masseeinbußen mit dem Aufbau schwerer Atome aus Wasserstoff einhergehen, wie es namentlich für den Umwandlungsvorgang von Wasserstoff in Helium der Fall ist. Damit ergeben sich für die Entwicklungsgeschichte der Sterne erhebliche Schwierigkeiten, denen man dadurch auszuweichen versuchte, daß die gleichzeitige Entstehung aller Sterne in einem sogenannten Elementarakt angenommen wurde. Das hätte bedeutet, daß die Sterne alle nahezu das gleiche Entwicklungsalter haben und daß die Verschiedenheit ihrer Zustände und Merkmale nur von der Schnelligkeit des Entwicklungsablaufs bestimmt sein konnte, die wiederum von der Masse oder Temperatur beeinflusst wurde. Unklar blieb jedoch, warum außer den heißen Riesensternen, deren kosmische „Jugend“ ohne weiteres als erwiesen anzusehen war, auch in der Population II, die an sich keine weiteren Entwicklungen mehr zu durchlaufen scheint, ebenfalls rote Riesen auftreten, von denen somit angenommen werden mußte, daß sie älter sind als die Riesensterne in der Population I.

Des weiteren zeigte sich bei der Berechnung der Energievorräte der heißen O- und B-Sterne, daß sie bei Aufrechterhaltung ihrer gegenwärtigen Ausstrahlung allenfalls ein Alter von 10 Millionen bis 100 Millionen Jahren erreichen können. Gleichzeitig folgte daraus, daß auch ihr bisheriges Sternalter nicht sehr groß sein und 10 bis 20 Millionen Jahre nicht wesentlich übersteigen kann, so daß diese Sterne erst in der jüngsten Zeit entstanden sein müssen. Ferner erwies sich, daß jene hellen Sterne fast durchweg in der Nähe

von interstellarer Materie auftreten, so daß ein Zusammenhang damit offenkundig zu werden begann. In dieser Situation gelang dem sowjetischen Astrophysiker V. A. Ambarzumjan im Jahre 1947 eine weitreichende Entdeckung: die Auffindung der sogenannten Assoziationen. Unter einer Assoziation versteht man, wie bereits gesagt, eine Gruppe von physikalisch gleichartigen Sternen, vornehmlich der heißen O-Sterne, die sich in gegenseitiger Nachbarschaft nachweisen lassen und miteinander verwandt erscheinen. Sie streben auseinander, deuten aber dadurch einen gemeinsamen Ursprung an, so daß Ambarzumjan die Behauptung aufstellen konnte, die Entstehung von Sternen vollziehe sich nicht einzeln, sondern in Gruppen, die sich anschließend auflösen. Vielfach erwiesen sich einige offene Sternhaufen als Kerne solcher Assoziationen. Aus der vom gemeinsamen Ursprungsort fortgerichteten Bewegung der einer Assoziation angehörenden Sterne ließ sich dann berechnen, welche Zeit seit der beginnenden Auflösung vergangen war. Das auf diese Weise gefundene Alter der Assoziation, das mit dem Alter der einzelnen Sterne nahe übereinstimmen dürfte, wurde zu wenigen Millionen Jahren gefunden, so daß auch damit der Nachweis erbracht war, daß in kosmisch junger Vergangenheit Sterne entstanden sind und daß dieser Prozeß auch heute noch andauert.

Inzwischen ist es durch Beobachtungen an einigen anderen Sternwarten der Welt gelungen, die Befunde von Ambarzumjan nachzuprüfen und zu bestätigen, so daß dadurch der Gedanke einer gruppenweisen Entstehung der Sterne erneut unterstrichen wird.

Ambarzumjan und seine Mitarbeiter haben zwei Arten von Assoziationen untersucht, die O- und T-Assoziationen. Bei der O-Assoziation handelt es sich eindeutig um junge heiße Riesensterne, denen auch die B-Sterne angehören. Die Durchmesser solcher Sterngruppen schwanken zwischen 100 und 600 Lichtjahren. Dagegen treten in den T-Assoziationen Zwergsterne der Spek-

traltypen G bis M auf. Diese Erkenntnis legt die Vermutung nahe, daß in den Assoziationen Zwerg- und Riesensterne entstehen, um von hier aus allmählich zu den zahlreichen Feldsternen der Milchstraße überzugehen, unter denen sie schließlich in ihrer ursprünglichen Zusammengehörigkeit nicht mehr erkannt werden können. Auf spezielle Einzelheiten können wir leider nicht eingehen. Zu erwähnen ist jedoch, daß die zu einer Assoziation gehörenden Sterne zahlenmäßig gegenüber den Feldsternen sehr gering auftreten, daß es aber auffällig ist, wenn unter den Assoziationen ein hoher Prozentsatz von Doppelsternen und Mehrfachsystemen festzustellen ist. Das gilt zunächst für die T-Assoziationen, denen zahlreiche weite Doppelsterne angehören, während den O-Assoziationen viele spektroskopische, also im Fernrohr nicht trennbare Doppelsternsysteme angehören.

Wie aber erklärt sich damit der große Massenunterschied unter den Sternen? Beginnen die Sterne ihren Lebenslauf wirklich mit einer großen Masse und steht am Ende ihres Daseins tatsächlich der Zwergstern mit geringer Masse? Und wenn ja, wie ist dann der gewaltige Massenschwund zu erklären? Daß ein Massenverlust durch Ausstrahlung von Energie allein nicht ausreicht, um eine solche Differenz hervorzurufen, wurde bereits gesagt. Hier scheinen neue sowjetische Arbeiten einen Ausweg zu zeigen. So hat W. G. Fessenkow darauf aufmerksam gemacht, daß namentlich von den heißen, also jungen Sternen neben der Energiestrahlung fortgesetzt ein Strom von Partikeln in den Raum hinausdringt, dessen Abstrahlung mit einem hohen Verlust an Sternmasse verbunden ist. Eine in dieser Form vor sich gehende Massenabgabe soll sich nach Fessenkow in der ersten Zeit der Geschichte eines Sterns in größerem Umfang vollziehen. Bei einer Reihe von heißen B-Sternen hat sich ohnehin eine Nebelhülle nachweisen lassen, die möglicherweise ihre Entstehung der Partikelstrahlung verdankt. Die sowjetische Astrophysikerin A. G. Massewitsch hat ausgerechnet,

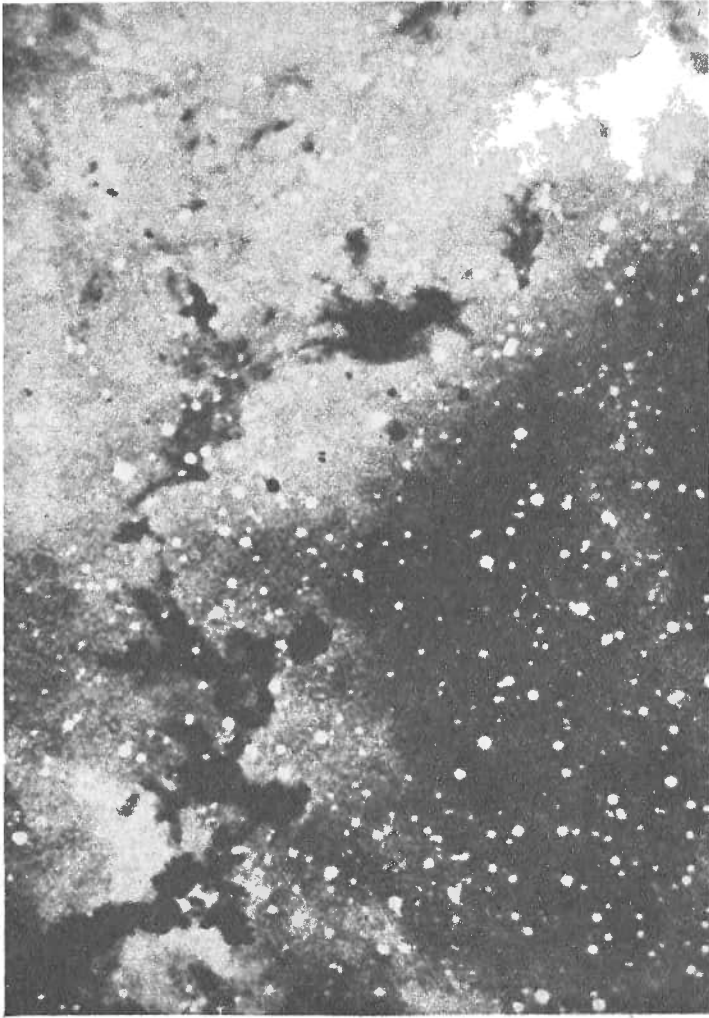


Abb. 53. Globulen (dunkle runde Scheibchen) sowie zerfetzter Dunkelnebel auf dem Untergrund eines hellen Nebels im Sternbild des Einhorns.

daß die Masse der Sonne ursprünglich 14mal größer war als heute. Aber schon in dem verhältnismäßig kurzen Zeitraum von 62 Millionen Jahren hatte die Sonne durch ihre Teilchenstrahlung bereits so viel Masse eingebüßt, daß kaum das Fünffache der heutigen Sonnenmasse übrigblieb. Eine große Masse wird sich daher schneller verstrahlen als eine kleinere, und erst wenn die Sternmasse ein ausreichend kleines Maß erreicht hat, tritt anscheinend ein normalisierter Ablauf der Massenentwicklung ein.

Damit ist jedoch noch nichts darüber ausgesagt, wie die Bildung der Sterne wirklich vonstatten

geht und ob sie aus gasförmiger oder gar staubförmiger Materie entstehen. Soweit Untersuchungen über die dafür in Betracht kommende interstellare Materie vorliegen, stehen kosmische Staub- und Gasnebel in enger Wechselwirkung.

Weiter haben sich namentlich die holländischen Astronomen Oort und v. d. Hulst in ihren gemeinsamen Untersuchungen mit der Bildung der Staubmaterie durch Verdichtungen bzw. durch einen Wachstumsprozeß der gasförmigen Stoffe beschäftigt und dabei zeigen können, daß solche Wachstumsvorgänge nicht unbehindert zu großen Materieballungen in fester Gestalt führen können, sondern daß schon Partikel einer gewissen Größe wieder zerfallen. Trotzdem ist ernsthaft erwogen worden, ob die Fixsterne auch aus der Zusammenballung von Staubwolken entstehen konnten. Erwähnt seien die Untersuchungen des amerikanischen Astronomen L. Spitzer, der dem Strahlungsdruck sternbildende Kräfte beimißt und die allmähliche Verformung von Staubwolken zu Sternen annimmt, bis die Gravitation die Vollendung solcher Entwicklungen und die Herausbildung von Kugelgestalten herbeiführt, so daß alsdann der Übergang zu selbstleuchtenden Sternen einsetzt.

Im Zusammenhang hiermit haben die Astronomen Bok und Schoenberg (Harvard-Sternwarte, USA) darauf hingewiesen, daß Sternbildungsprozesse nach der Vorstellung von Spitzer in den zahlreichen isoliert in Nebelwolken auftretenden Wölkchen sichtbar zu werden scheinen, die sie als Globulen bezeichnen (Abb. 53). Dieser Hinweis schien in gewissem Sinne dem Beobachtungsbefund zu entsprechen, daß junge und heiße Sterne vielfach in den Randgebieten kosmischer Nebel auftreten. Im Gegensatz hierzu hat aber W. G. Fessenkow erklärt, daß die sogenannten Globulen mit der Gesamtstruktur der Nebel zusammenhängen und daß keinerlei Anzeichen für eine berechnete Annahme gegeben seien, in den Globulen wirkliche Stätten der Sternbildung zu erkennen.

Neuerdings haben nun photographische Untersuchungen des Milchstraßengebietes an neuartigen Aufnahmegeräten die Aufmerksamkeit auf zahlreiche faserige Nebelschleier gelenkt, wie sie bisher nur im Sternbild des Schwans (Abb. 54) bekannt waren, in letzter Zeit aber auch an anderen Stellen des Himmels gefunden wurden. Ihre nähere Erforschung zeigte, daß sich in ihrem Innern Turbulenzvorgänge abspielen und daß mit jenen Nebelfäden charakteristische Sternketten zusammenhängen, die darauf hindeuten, daß zwischen den Gas- bzw. Staubnebeln und den Sternen einwandfrei Wechselbeziehungen existieren. Die von G. A. Schain und L. Hase am Krim-Observatorium gewonnenen Aufnahmen ließen ferner keinen Zweifel daran, daß manche Nebelfasern nicht mehr aus turbulenter Materie, sondern bereits aus verdichteten Sternen bestehen, wie dies durch Abbildung 55 gezeigt wird. Diese Entdeckung bestätigt gleichzeitig die Annahme von Ambarzumjan, daß die Sterne nur in Gemeinschaft, also in Assoziationen entstehen. Schließlich mag noch hervorgehoben werden, daß Ambarzumjan die gruppenweise erfolgende Entstehung der Sterne in seiner Theorie so weit

auseinandersetzen konnte, daß er grundsätzlich auch die gleichzeitige Entstehung von Doppel- und Mehrfachsternen annimmt und dabei den früher verschiedentlich vermuteten Teilungsvorgang eines ursprünglich größeren Sterns ablehnt. Ein Doppelstern ist folglich nicht das Ergebnis einer Teilung, wie der englische Astrophysiker J. Jeans es angenommen hatte, sondern die Folge einer Sternbildung in engster Nachbarschaft. Im gleichen Sinne lehnt er die Theorie ab, wonach Doppelsterne durch gegenseitiges Einfangen zweier sich nähernder Sterne entstehen, und überträgt seine Anschauungen ebenfalls auf die Sternhaufen, die nur aus der gemeinsamen Entstehung der darin vereinigten Sterne, nicht aber aus der Teilung größerer Sternbilder hervorgehen könnten.

Wenngleich das Problem der Sternentwicklung mit den hier besprochenen neueren Erkenntnissen der sowjetischen Astronomen in eine neue Phase eingetreten ist, so wird trotzdem nicht zu übersehen sein, daß noch viele Einzelfragen ungelöst sind und daß damit noch zahlreiche problematische Gesichtspunkte verbunden bleiben.

Abb. 54. Schleier- oder Fasernebel im Sternbild des Schwans, in dem sich der „Zerfall“ der Nebelmaterie zu Sternen vollzieht.





Abb. 55. Helle Nebelgebilde erfüllen den Raum zwischen den Sternen.

3. Die Entstehung des Planetensystems

Auch die Entwicklungsgeschichte des Planetensystems hat die Kosmogonie vor große Schwierigkeiten gestellt, zumal die Entstehung von Planeten überhaupt, dann ihre gleichgerichtete Umlaufbewegung um die Sonne und endlich die Bewegung in nahezu derselben Ebene zu erklären war. Zahlreiche Hypothesen haben die Lösung dieser Probleme versucht; man kann sie

aber fast alle auf die zwei Grundannahmen reduzieren: Die Entstehung der Planeten auf „kaltem“ und „heißem“ Wege. Dabei bemühen sich die Anhänger des „kalten“ Weges um die Darlegung der Planetenentstehung durch Einfangen durch die Sonne oder gleichzeitige Bildung mit ihr, während diejenigen des „heißem“ Weges die Bildung der Planeten durch Abschleuderung von der Sonne oder durch Katastrophen zu erklären versuchen.

Unter den wissenschaftlich ernst zu nehmenden Hypothesen ist an erster Stelle diejenige von Immanuel Kant (1755) zu nennen. Er ging von der Annahme aus, daß der heutige Raum des gesamten Planetensystems ursprünglich von einer Meteoritenwolke erfüllt gewesen sei. Darin habe sich schließlich unter dem Einfluß der Schwerkraft die Bildung eines Zentralkörpers vollzogen, der später zur Sonne wurde. Andere Teilchen mögen dieses Zentrum in allen Richtungen umkreisen und dabei fortwährend gegenseitige Zusammenstöße herbeigeführt haben, so daß manche Trümmer auf den Zentralkörper stürzen und dessen Rotation verursachen konnten, während andere so lange neue Zusammenstöße bewirkten, bis unter allen Teilchen dieselbe Umlaufsrichtung vorherrschte. Alsdann soll sich, wie Kant annahm, die Bildung von Planeten durch Vereinigung zahlreicher Teilchen vollzogen haben (Abb. 56). Ebenso wie bei der Sonnenrotation angedeutet, soll auch die Achsendrehung der Planeten entstanden sein, und so, wie es von den großen Planeten angenommen wird, sollen sich auch die Planetenmonde gebildet haben.

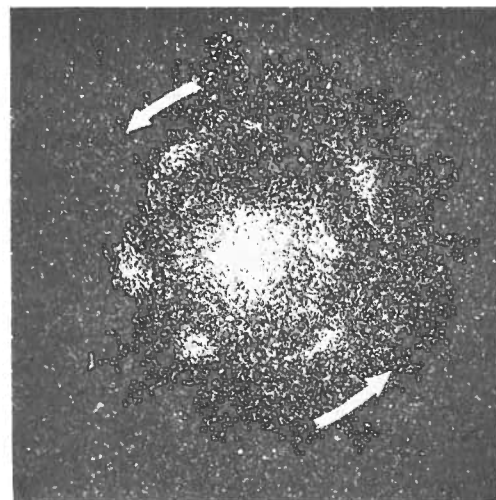
41 Jahre später, 1796, wurde von dem französischen Astronomen Simon Pierre Laplace eine weitere Hypothese aufgestellt. Laplace nahm als Ausgangsstadium des Planetensystems eine rotierende Gaskugel an. Diese Gaskugel reichte bis an die Grenze des heutigen Sonnensystems, verdichtete sich aber unter dem Einfluß der Abkühlung ständig, wobei ihre Rotation rasch zunahm. Dabei soll sich nach Laplace an der äußeren

ren Grenze die vom Mittelpunkt aus wirkende Anziehungskraft mit der von der Rotation hervorgerufenen Zentrifugalkraft das Gleichgewicht gehalten haben, wobei es zur Ablösung der äußersten Teile kam, die alsdann kreisförmig die Hauptmasse umkreisten. Dieser Vorgang soll sich so oft wiederholt haben, wie heute die Zahl der Planeten ausmacht. Die entstandenen Ringe (Abb. 57) sollen zunächst wie feste Körper um die Sonne gekreist haben, dann aber zerbrochen sein. Die so entstandenen Ringtrümmer hätten sich aber, wie Laplace weiter meinte, infolge der von ihnen ausgehenden Anziehung zu einem großen Körper wieder vereinigt, aus dem sich alsdann ein Planet entwickelte.

Obwohl beide Hypothesen eineinhalb Jahrhunderte die Kosmogonie maßgeblich beeinflussten und fälschlich oft unter der Bezeichnung „Kant-Laplacesche Hypothese“ angeführt wurden, haben sich doch zahlreiche Einwände gegen sie erheben lassen, die sich im Hinblick auf die Hypothese von Laplace besonders darauf beziehen, daß sich die Umlaufverhältnisse der Planeten nicht aus der Rotationsgröße (Rotationsmoment) der Sonne herleiten lassen. Es sind daher in der Folgezeit zahlreiche weitere Hypothesen ersonnen worden, die dem Problem oft einen neuen Zwang antaten.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts traten Chamberlin und Moulton mit einer Hypothese hervor, die in den 20er Jahren von J. Jeans weiterentwickelt wurde und die besagt, daß die Entstehung des Planetensystems auf die Begegnung der Sonne mit einem anderen Fixstern zurückgehe. Diese Begegnung soll so nahe gewesen sein, daß dabei auf der Sonne eine Flutwelle erzeugt wurde und eine Ablösung von Materie in Richtung auf den vorüberziehenden Stern einsetzte, so daß beide Gestirne durch eine Brücke aus Sonnenmaterie verbunden waren (Abb. 58 und 59). Später hat der Engländer Jeffrey diese Hypothese nochmals geändert und die Ansicht vertreten, das aus der Sonne herausgelöste Materieband habe die Form einer Zigarre angenom-

Abb. 56.
Die Entstehung des
Planetensystems
nach Kant.

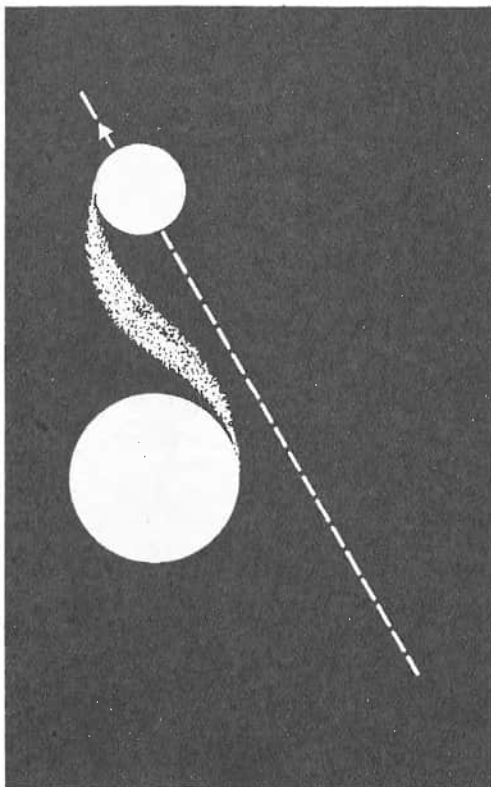


men, sei also in der Mitte dicker gewesen und unter dem Einfluß bestimmter Kräfte in einzelne Teile zerfallen, aus denen sich die Planeten bildeten. Die beiden größten Planeten Jupiter und Saturn seien dort entstanden, wo die Zigarrenform ihre größte Ausbauchung besaß.

Diese Hypothese hat lange die Vorstellungen von der Entstehung der Planeten beherrscht, obwohl sich gegen ihre Schlußfolgerungen sehr wesentliche Einwände erheben ließen. So läßt sich zeigen, daß die Begegnung zweier Sterne im Milchstraßensystem ein sehr seltener Vorgang ist und daß damit dann die Bildung eines Planetensystems einen außergewöhnlichen Akt darstellt, dem die Grundannahme von der Gleichförmigkeit der Entwicklung im Weltall widerspricht. Später erhielt diese Hypothese durch den Nachweis von vermutlich planetenähnlichen Begleitern in der Nachbarschaft anderer Fixsterne und damit durch die darin liegende Wahrscheinlichkeit der allgemeinen Existenz

Abb. 57.
Die Entstehung des
Planetensystems
nach Laplace.





*Abb. 58.
Die Entstehung des
Planetensystems
nach Jeffrey und
Jeans aus dem
Vorübergang
eines Fixsternes
an der Sonne.*

anderer Planetensysteme ohnehin einen empfindlichen Stoß.

In einer 1942 zuerst veröffentlichten Hypothese führte der schwedische Astrophysiker H. Alfvén die Entstehung der Planeten auf Mitwirkung magnetischer Kräfte der Sonne zurück, indem er annahm, die Sonne sei einst durch eine Wolke kosmischer Materie gekommen, die aus festen Partikeln und Gasen bestand. Beim Eindringen in die äußeren Bereiche jener Wolke, die hauptsächlich feste Teilchen enthielten, sollen diese zu Gasen verdampft und die Atome zu Ionen und Elektronen zerschlagen worden sein, die alsdann auf den magnetischen Kraftlinien der Sonne in den Raum hinausgeschleudert wurden, wo sie eine flache Scheibe bildeten, in der sie nach den Gesetzen der Planetenbewegung die Sonne umliefen. Aus dieser Scheibe sollen sich dann der Mond und der Mars gebildet haben. Bei dem sich anschließenden Eindringen der Sonne in das gasförmige Innere der Wolke wiederholten sich in einem größeren Abstand von der Sonne dieselben Vorgänge, wobei die weni-

ger dichten äußeren Planeten entstanden sein sollen. Und endlich verlief der erste Vorgang beim Austritt der Sonne aus den wiederum aus festen Teilchen zusammengesetzten Randgebieten der betreffenden Wolke nochmals in dem Sinne, daß sich jetzt die dichten Planeten Merkur, Venus und Erde bildeten. Die Erde entstand dabei in unmittelbarer Nähe des Mondes, der damals ein Planet war. In ähnlichem Sinne hat Alfvén auch die Entstehung der Planetenmonde vermutet.

In neuerer Zeit sind ferner Hypothesen von C. F. von Weizsäcker, D. ter Haar, G. P. Kuiper aufgestellt worden, die sich in der Hauptsache um die in den unterschiedlichen Dichteverhältnissen der Planeten zutage tretenden Unterscheidungsmerkmale und deren Ursachen bemühen und in den Bildungsprozeß der Planeten turbulente Vorgänge einbeziehen. Auch diese Theorien sind nicht unwidersprochen geblieben.

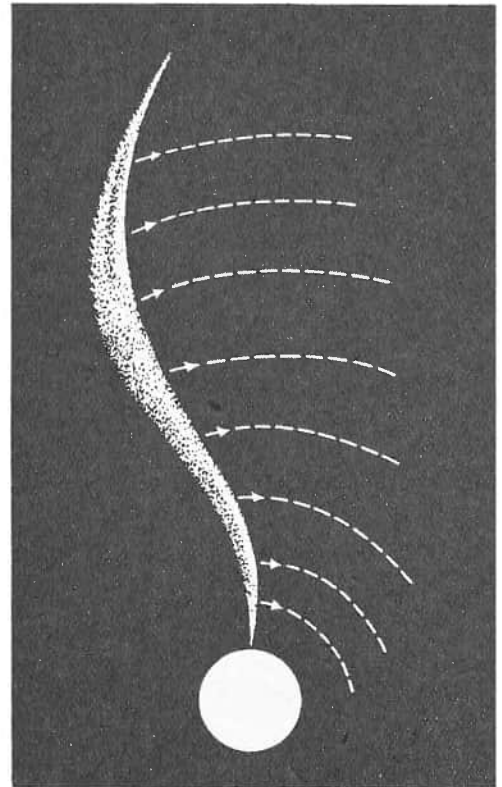
Viel Beachtung haben in den letzten Jahren zwei sowjetische Hypothesen gefunden, die von dem Geologen O. J. Schmidt und dem Astronomen W. G. Fessenkow aufgestellt wurden. Schmidt geht bei seinen Überlegungen den „kalten“ Weg und nimmt die Entstehung der Planeten durch Einfangen von Materie an. Über den näheren Vorgang eines solchen Prozesses werden von Schmidt noch keine allgemein anerkannten Angaben gemacht, jedoch besteht immerhin die Wahrscheinlichkeit, daß die Sonne während ihrer Bewegung durch den Weltraum dichte Wolken von kosmischer Staubbmaterie durchwandern mußte, eine Annahme, die auch in anderen Hypothesen auftritt. Die Schwierigkeiten, in solchen Ereignissen die Entstehungsgrundlagen des Planetensystems zu suchen, sind einerseits in der Theorie enthalten, daß sich eine Staubbwolke nicht ohne weiteres der Sonne angliedern und daß im Innern einer solchen Wolke, wie Schmidt es annimmt, unter dem Einfluß der Gravitation eine Bewegung der Teilchen auf elliptischen Bahnen vor sich gehen kann. In der Hauptsache wird man die Schwierigkeiten aber

darin zu sehen haben, daß für die Entwicklungsgeschichte der Planeten ein anderer Weg angenommen wird, wie dies bei den Fixsternen zum Ausdruck kommt. Ist im Weltall die Grundtendenz verwirklicht, daß mehrfache Körper, also Doppelsterne und Doppelsternfamilien, nicht aus einem Teilungsvorgang, sondern in naher Nachbarschaft in Gruppen entstehen, dann wird nicht einzusehen sein, warum sich das Planetensystem in anderer Weise bilden sollte. Denn letzthin ist ein Planetensystem sicherlich die Fortsetzung der durch die Gravitation miteinander verbundenen Sterngruppen, wenn auch in dem Sinne, daß im Gegensatz zu den normalen Doppelsternen die Massen im Planetensystem wesentlich geringer sind und die Bewegung hier nicht auf langgestreckten Ellipsen, sondern in kreisähnlichen Bahnen erfolgt. Was man unter einem Planeten zu verstehen hat, ist daher zunächst eine Angelegenheit der Begriffsdefinition.

Die von O. J. Schmidt angestellten Betrachtungen gehen vielen Einzelheiten des Planetensystems und der Planeten mit größter Sorgfalt nach. Er ist der Ansicht, daß sich der in Sonnennähe einst aufhaltende Teilchenschwarm, der bereits einen Drehimpuls besaß – so daß der im Sonnensystem heute wirksame Impuls schon vor der Bildung der Planeten da war –, allmählich zu größeren Körpern zusammenballte, so daß die Planeten im einzelnen das Ergebnis eines Wachstumsvorgangs wären. Insbesondere sieht Schmidt in dem kreisförmigen Charakter der Bahnen einen Beweis dafür, daß die Planeten aus der Vereinigung einer großen Anzahl einstmals kleinerer Körper entstanden sind, die sich ursprünglich selbständig auf elliptischen Bahnen um die Sonne bewegten. Bei der Vereinigung der Teilchen zu Planeten könnte alsdann, wie Schmidt weiter folgert, eine Mittelung der Bahnen eingetreten sein, so daß wir nunmehr kreisförmige Bahnen vorfinden.

Weiter hat Schmidt für die großen Unterschiede in den Dichten der Planeten eine einleuchtende Erklärung gegeben, wenn er die Meinung ver-

*Abb. 59.
Zerfall der aus der
Sonne austretenden
Materie zu Planeten
nach Jeans.*



tritt, daß der ursprüngliche Teilchenschwarm neben der Einwirkung der Sonnenschwerkraft auch dem Einfluß des Strahlendrucks der Sonne ausgesetzt war. Sobald sich der Schwarm der Sonne unter dem Einfluß der Gravitation stärker näherte, trat der Druck der Sonnenstrahlung in Erscheinung, so daß die Teilchen eine Bremsung erfuhren. Die Folge davon war, daß zahlreiche Teilchen, die sich bis dahin auf gesonderten Bahnen bewegten, in die Sonne hineinstürzten und für die Planetenbildung verloren gingen. Außerdem wurden bei anderen Teilchen die flüchtigen Bestandteile infolge der Erwärmung durch die Sonnenstrahlen verdampft, so daß in Sonnennähe kein Stoff übrigblieb, der ausgereicht hätte, hier Planeten nach Art des Jupiters oder des Saturns entstehen zu lassen. Es bildeten sich daher nur dichte Planeten, wie sie in der Erdgruppe (Merkur, Venus, Erde, Mars) bekannt sind. Dagegen blieben in den für die Entwicklung der äußeren Planeten maßgeblichen entfernteren Teilen des Partikelschwarms die Gase innerhalb der Teilchen erhalten oder

schlugen sich an diesen neu nieder, so daß die Zusammensetzung der äußeren Planeten eine andere sein muß als die der inneren. Und ebenso macht Schmidt verständlich, daß an der Grenze beider Gruppen ein Planet überhaupt nicht entstehen konnte, so daß es erklärlich ist, warum zwischen Mars und Jupiter die große Lücke besteht. Endlich sieht Schmidt die Ursachen für die geringeren Massen der entfernteren Planeten (jenseits des Saturns) in dem Umstand, daß angesichts der langen Entwicklungszeit des Planetensystems zahlreiche Teilchen die äußeren Grenzzonen der Partikelwolke verlassen konnten, daß aber andererseits auch durch Jupiter und Saturn eine gewisse Ausschöpfung ihres Raumbereichs bewirkt wurde, während in den entfernteren Bereichen des Planetensystems infolge der dort einst viel geringeren Dichte des Schwarms der Verdichtungsprozeß noch nicht zum Abschluß kam und die Planeten vermutlich ihre endgültigen Ausmaße noch gar nicht erreicht haben.

Die Rotation der Planeten führt Schmidt auf die bei Zusammenstößen einzelner Teilchen oder deren Zusammenballung zu Planeten als Wärme frei werdende kinetische Energie zurück, die bei genügender Größe ihres Wertes ausreicht, eine rechtsläufige Rotation zu verursachen.

Als Grundhaltung der von Schmidt aufgestellten Hypothese ist hervorzuheben, daß er von der Entstehung des Planetensystems auf „kaltem“ Wege ausgeht und insofern die Entwicklungsanfänge auf den außerhalb der Sonne liegenden Raum verlegt.

In einer später veröffentlichten Kritik der Hypothese von Schmidt hat sich W. G. Fessenkow mit dem gleichen Problem auseinandergesetzt und nach Ablehnung der Grundgedanken von Schmidt eine eigene Theorie aufgestellt, die den Entstehungsmechanismus der Planeten auf dieselbe Ebene der von ihm angenommenen Entstehung der Doppelsterne verlagert. Wir wollen auf spezielle Einzelheiten der Hypothese von Fessenkow nicht eingehen, doch sei kurz

skizziert, wie er sich die Entstehung der Planeten denkt. Er geht davon aus, daß die Planeten aus einem aus der Sonne im Zeitpunkt ihres Stabilitätsverlustes hervorgetretenen Vorsprung entstanden sind.

Die Loslösung der Materie denkt sich Fessenkow in der Äquatorebene der Sonne, so daß daraus gleichzeitig eine Erklärung für die Umlaufbewegung der Planeten folgt. Zweifellos tritt in dieser Annahme eine gewisse Ähnlichkeit mit der Hypothese von Laplace auf. Gegen die Laplaceschen Folgerungen war einzuwenden, daß ein so geringer Massenverlust von etwa $\frac{1}{700}$ der Sonnenmasse nicht dazu führen konnte, die Drehungsgröße (das Rotationsmoment) der Sonne dadurch so stark zu verändern, daß das Umlaufmoment des Jupiters heute 17mal größer ist als das Rotationsmoment der Sonne. Da angesichts dessen nicht anzunehmen war, daß die Drehungsgröße der Sonne in ferner Vergangenheit wesentlich von der heutigen verschieden sein konnte, verlor dadurch die Hypothese von Laplace an Wahrscheinlichkeit. Im Gegensatz hierzu nimmt nun Fessenkow an, daß die Sonne vor 4 Milliarden Jahren eine etwa 10mal größere Masse gehabt habe, die infolge der Partikelstrahlung sehr stark abnahm, und daß zuvor das Rotationsmoment der Sonne rund tausendmal größer war als heute.

Wenn es auch nicht möglich ist, die Vergangenheit der Sonne restlos zu klären, so wird doch durch Fessenkows Theorie ein völlig neuer Gedanke in die Erörterungen über die Geschichte des Planetensystems hineingeworfen, der einer weiteren sorgfältigen Prüfung bedarf.

Die Schwierigkeiten der Hypothese von Fessenkow liegen jedoch in der grundsätzlichen Folgerung, die Planeten seien aus der Sonne entstanden. Ob das wirklich zutrifft, wird sich erst in der Zukunft entscheiden. Es muß aber ausgesprochen werden, daß sowohl die Hypothese von Ambarzumjan über die Entstehung der Sterne wie auch die Hypothesen von Schmidt und Fessenkow das kosmogonische Problem in

einer so umfassenden Weise aufgegriffen haben, daß davon eine wirklich fruchtbare Klärung aller Schwierigkeiten erwartet werden kann. Es will scheinen, als habe Ambarzumjan die Dinge bereits so weit geklärt, daß die Doppelsterne nicht durch Teilung, sondern nur durch die gleichzeitige Bildung der einzelnen Komponenten entstanden sein können. Wenn man sich daher auf den Standpunkt stellt, das Planetensystem sei eine Weiterführung des Doppelsternphänomens mit kleineren Massen, die deshalb auch eine andere Entwicklung durchlaufen müssen als die viel größeren Sternmassen, dann wird man untersuchen müssen, inwieweit Sonne und Planeten gleichzeitig aus derselben Materiewolke hervorgehen, also nebeneinander entstehen konnten.

Wir können hier leider nicht weiter auf Einzelheiten eingehen und wollen auch das Problem der Entstehung der Mondsysteme der Planeten nicht besprechen. Nur kurz sei noch auf die kleinen Planeten hingewiesen, die ja Trümmer im Sinne des Wortes sind. Fessenkow ist auch ihrer Geschichte nachgegangen und dabei zu der Ansicht gekommen, die kleinen Planeten seien aus einer Katastrophe entstanden, die er in der Zerstörung eines einstmals zwischen Mars und Jupiter sich bewegenden großen Planeten erblicken möchte. Damit steht in Übereinstimmung, daß unter den kleinen Planeten auch zahlreiche Trümmer von geringerem Ausmaße als 700 Meter im Durchmesser angetroffen werden, die gelegentlich als Meteoritenstürze der Erde erhebliche Wunden geschlagen haben. Ein letztes Beispiel dafür war der Sichote-Alin-Meteorit. Wie schon früher näher ausgeführt, scheinen auch die Kometen mit dem System der kleinen Planeten verbunden zu sein; sowohl von Fessenkow als auch von dem holländischen Astrono-

men Oort wird angenommen, daß die Kometen aus dem Zerfall der Explosionstrümmer des einstigen großen Planeten hervorgingen, während andere unmittelbar aus der Auflösung kleiner Planeten hervorgegangen sein mögen, und daß aus ihrer eigenen Auflösung ein Teil der Meteorströme entsteht.

Nur eine Frage sei noch mit wenigen Worten beantwortet, nämlich die Frage, in welchem Zeitraum sich die Entwicklung, wie wir sie heute übersehen können, abgespielt haben mag. Wir sind in dieser Beziehung nur darauf angewiesen, was uns die Atomphysik durch den Zerfall der radioaktiven Elemente über das Entwicklungsalter der Erde aussagen kann. Es zeigt sich, daß die dafür gefundenen Altersangaben zwischen 3,5 und 5 Milliarden Jahren liegen. Ein ähnliches Alter hat sich für die Sonne aus ihren Strahlungsverhältnissen ermitteln lassen. Ebenso sind für die Sterne und Sternsysteme, von verschiedenen Gesichtspunkten ausgehend, Alter gefunden worden, die in der Größenanordnung von 5 Milliarden Jahren liegen. Was freilich mit diesem Alter ausgedrückt wird, ist nichts anderes als der Zeitraum, der erforderlich war, um den heutigen Entwicklungszustand des Weltalls herbeizuführen. In welchem Zustand sich die Materie vorher befand, läßt sich auf wissenschaftlicher Grundlage zunächst nicht konkret beantworten.

Damit rundet sich das Bild, das sich heute die Wissenschaft vom Aufbau und Entwicklungsgang des Weltalls zu machen vermag. Wenn die Sternwelt auch dem Lebensraum der Menschen sehr fern liegt, so ist es doch gelungen, einen tiefen Einblick in die Zusammenhänge des Makrokosmos zu gewinnen und auf dem Wege der Naturerkenntnis ungeahnte Fortschritte zu erzielen.

WIE SICH UNSERE ERDE SEIT IHRER ENTSTEHUNG ENTWICKELT HAT

WALTER RETTSCHLAG

WER die Frage stellt, wie die Planeten unseres Sonnensystems – und damit auch unsere Erde – entstanden sind, sieht sich heute mehr denn je einer großen Zahl von Hypothesen gegenüber. Es bleibt im Grunde genommen jedem selbst überlassen, ob er sich die Erde auf „heißem“ oder auf „kaltem“ Wege entstanden denken will. Eine Entscheidung, ob die eine oder die andere Auffassung zu Recht besteht, ist gegenwärtig noch nicht möglich. Man wird es vielmehr künftigen Forschungen überlassen müssen, eine endgültige Klärung herbeizuführen.

Diejenigen Wissenschaftler, die sich mit der Erforschung der Erde befassen – die Geologen, Geographen und Geophysiker –, betrachten deshalb die Erde als einen zwar irgendwie entstandenen, für ihre wissenschaftlichen Untersuchungen aber gegebenen Körper.

Es ist die Aufgabe dieser Forscher, die Eigenschaften des Planeten Erde zu erfassen und die Entwicklung zu studieren, die die Erde seit ihrer Entstehung durchgemacht hat. Es wird also der Geophysiker die physikalischen Eigenschaften des Erdkörpers (z. B. Masse, Dichte, Magnetismus, Temperaturverhältnisse) und seiner Lufthülle untersuchen. Der Geograph wird die Verbreitung einer ganzen Anzahl von Erscheinungen und Vorgängen auf der Erdoberfläche zum Gegenstand seiner Forschungsarbeiten machen, und schließlich wird der Geologe die der unmittelbaren Beobachtung zugänglichen Teile der Erdkruste untersuchen und die Eigenschaften sowie die Lageungsverhältnisse und, wenn vorhanden, auch den Fossilinhalt der Gesteine auswerten, um die

Geschichte der Erde und des Lebens auf der Erde zu ergründen und darzustellen. Die Geologie ist demnach eine historisch gerichtete Naturwissenschaft und unterscheidet sich im wesentlichen durch ihre besondere Betrachtungsweise von den benachbarten Wissenschaften (Geophysik, Geographie, Mineralogie, Petrographie, Biologie), während sie vielfach die Gegenstände der Betrachtung mit den Nachbarwissenschaften gemeinsam hat.

DIE EINTEILUNG DER GEOLOGIE

Die Geologie wird zunächst in allgemeine Geologie und historische Geologie eingeteilt. Die allgemeine Geologie untersucht und beschreibt die Vorgänge, die sich ganz allgemein in und auf der Erdkruste abspielen.

In ihr Untersuchungsgebiet fallen beispielsweise die Verwitterung der Gesteine, die Tätigkeit des fließenden Wassers – die sogenannte Erosion –, die Zerstörung der Küste durch das Meer, die Bildung von Gesteinen in Küstennähe und im tieferen Meer, die Tätigkeit der Gletscher, die Wirkung des Windes in der Wüste. Die Entstehung der Gebirge und der Vulkanismus gehören ebenfalls hier hinein.

Man kann in der allgemeinen Geologie zwei Gruppen von Vorgängen unterscheiden. Zur ersten Gruppe gehören die Vorgänge, die durch von außen wirkende Kräfte (Wasser, Wind, Eis) hervorgerufen werden. Die zweite Gruppe umfaßt die durch von innen wirkende Kräfte hervorgerufenen Vorgänge (Vulkanismus, Erdbeben, Gebirgsbildung usw.). Bei der ersten

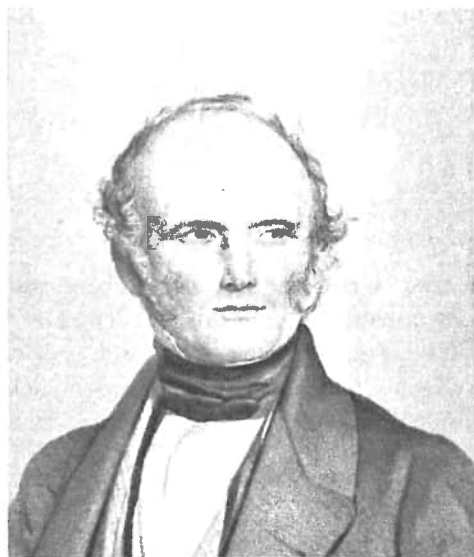


Abb. 1. Charles Lyell (1797-1875), englischer Geologe, verhalf durch sein Werk „Principles of Geology“ dem Aktualismus zur allgemeinen Anerkennung. Die eiszeitlichen Ablagerungen Nord- und Mitteleuropas suchte Lyell mit Hilfe schwimmender, durch Meeresströmungen nach Süden getriebener Eisberge zu erklären (Drifttheorie).

Gruppe spricht man auch von exogener Dynamik, bei der zweiten von endogener Dynamik. Neben der allgemeinen Geologie steht als gleichberechtigtes Gebiet die historische Geologie, die sich durch ihre Betrachtungsweise von der allgemeinen Geologie unterscheidet. Auch die historische Geologie kennt die Prozesse, mit denen sich die allgemeine Geologie befaßt. Sie sieht jedoch die geologischen Ereignisse – wie Gebirgsbildung, Abtragung und Gesteinsneubildung – in einem zeitlichen Nacheinander. Sie ist also im eigentlichen Sinne des Wortes eine historische Wissenschaft. Sie gibt beispielsweise Auskunft darüber, wie zu verschiedenen Zeiten die Kontinente beschaffen und wie die Verhältnisse in den damaligen Meeren waren. Sie schildert uns mit Hilfe der Paläontologie, und zwar sowohl der Paläozoologie wie der Paläobotanik, die Geschichte des Lebens auf der Erde. So gesehen ist die Geologie wirkliche Erdgeschichte.

Selbstverständlich geht die erdgeschichtliche Betrachtung wie auch die allgemein geologische von einer sicheren Kenntnis der Tatsachen aus. Auch der historisch arbeitende Geologe muß zunächst einmal die Tatsachen sammeln und beschreiben, also die Art und Beschaffenheit der Gesteine eines bestimmten Schichtenkomplexes, die Verbreitung dieser Gesteine und vieles andere. Erst wenn sich der Geologe eine sichere und umfassende Kenntnis der Tatsachen verschafft hat, kann er an die Erklärung der Vorgänge herangehen. Dabei folgt er seit Hutton und erst recht seit K. H. v. Hoff und seit Lyell dem Grundgedanken des Aktualismus. Dieser besagt, daß man nur die heutigen Vorgänge in und auf der Erdkruste zu studieren und dann zu summieren braucht, um die Erscheinungen früherer geologischer Formationen restlos zu erklären.

Bei kritischer Betrachtung kann man nun sehr wohl die Frage aufwerfen, ob denn wirklich alle Erscheinungen, die man aus früheren Zeiten der Erdgeschichte kennt, restlos durch Vorgänge des gegenwärtigen Geschehens auf der Erde erklärt werden können.

Wir wollen zunächst als Beispiel ein bestimmtes Gestein betrachten, einen weißen Kalkstein, der aus lauter einzelnen kleinen Kalkkugeln besteht. Die Untersuchung der einzelnen Kügelchen ergibt, daß jedes für sich einen konzentrisch-schaligen Bau aufweist. Man pflegt ein solches Gestein mit dem Namen Kalkoolith zu bezeichnen. Die einzelnen Kügelchen heißen Ooide.

Es ist beobachtet worden, daß in manchen Meeren der Gegenwart, beispielsweise im Roten Meer, aus sehr warmem, salzigem Meerwasser tatsächlich kohlensaurer Kalk in Form kleiner Kügelchen abgeschieden wird und sich als Oolithsand auf dem Meeresboden ansammelt. Man braucht sich also nur noch vorzustellen, daß durch Ausscheidung eines bindenden Materials die losen Kalkkugeln miteinander verkittet werden, und hat so die Entstehung von

Kalkoolithgesteinen, die beispielsweise im Weißen Jura zu finden sind, durch Beobachtungstatsachen der Gegenwart erklärt.

Nun gibt es aber in den Ablagerungen des Braunen Juras und auch in anderen Formationen Oolithgesteine, deren einzelne Körnchen nicht aus kohlensaurem Kalk, sondern aus kohlensaurem Eisen oder aus Brauneisen bestehen. Solche Brauneisenoolithe oder Sphärosiderite (Kugeleisensteine) kommen in erheblicher Mächtigkeit und weiter Verbreitung vor und sind wirtschaftlich von sehr großer Bedeutung. Eines der wichtigsten Eisenerzvorkommen Europas, die lothringischen Brauneisenerze („Minette“), sind solche Eisenoolithe. Auch die Entstehung derartiger Gesteine wird man durch weitere Beobachtungstatsachen belegen müssen. Abschließend darf man sagen, daß wir durchaus den Grundgedanken des Aktualismus (das Aktualitätsprinzip) als zu Recht bestehend anerkennen, daß aber dabei eine gewisse Vorsicht nötig ist, denn es ist sehr wohl möglich, daß die eine oder andere Tatsache der geologischen Vorzeit gegenwärtig nicht zwingend durch aktuelle Vorgänge erklärt werden kann. Es ist auch durchaus denkbar, daß in früheren Zeiten der Erdgeschichte beispielsweise klimatische Verhältnisse geherrscht haben, die damals Vorgänge möglich machten, welche unter den heutigen Verhältnissen tatsächlich unmöglich sind.

Wir waren vorhin davon ausgegangen, daß die Geologie von der Beobachtung, also von der Erkennung der Tatsachen und von deren Darstellung ausgehen muß. Diese Betrachtungsweise kennzeichnet insbesondere ein Teilgebiet der Geologie, das als Schichtbeschreibung oder Stratigraphie bezeichnet wird. Der historisch arbeitende Geologe muß also zunächst einmal Stratigraph sein. Die Notwendigkeit der Erkennung und Deutung der Gesteine setzt beim Geologen auch ein gewisses Maß von Kenntnissen in der Gesteinskunde (Petrographie) und in der Mineralogie voraus.

Der historisch arbeitende Geologe wird oft die Frage stellen, ob die Gesteine, mit denen er es in den Untersuchungsgebieten zu tun hat, Meeresablagerungen oder Landablagerungen sind. Bei dieser Untersuchung kann er dann für den jeweiligen Zeitabschnitt die Grenzen zwischen Land und Meer festlegen. Der Teil der Geologie, der sich speziell mit den Grenzen von Land und Meer, mit dem Verlauf der Gebirge, mit der Feststellung von Küstensedimenten und Tiefwasserablagerungen usw. befaßt, heißt Paläogeographie. Die Paläogeographie vermittelt uns vor allem Anschauungen darüber, wie im Laufe der Erdgeschichte die Kontinente und Meere sich zueinander verhalten und welche Veränderungen sie durchgemacht haben. Das Ziel der historischen Geologie ist es, diese Veränderungen immer genauer zu erforschen und zu beschreiben. Der Geologe wird aber auch, indem er paläontologisch arbeitet, sich vor allem davon überzeugen, wie das Tier- und Pflanzenleben zu einem bestimmten Zeitpunkt auf der Erde aussah. So betrachtet ist also die Geologie im Verein mit der gesamten Paläontologie die Wissenschaft von der Geschichte der Erde und des Lebens auf ihr.

Zu den Aufgaben der Paläogeographie gehört es auch, festzustellen, auf welche Weise die einzelnen Gesteine entstanden sind. Betrachten wir zum Beispiel einen Sand, der im wesentlichen aus Körnern des Minerals Quarz besteht. Sand kann durch Wasser transportiert und bei nachlassender Transportkraft wieder abgelagert werden. Dieses Wasser kann der rinnende Regen oder ein Bach oder Fluß sein, oder es kann sich dabei um Gletscherschmelzwasser handeln. Sand kann auch durch Wellen bewegt oder durch Strömungen des Meeres transportiert werden; auch der Wind vermag Sand fortzuschaffen und zu Dünen aufzuhäufen. Sandstürme können Wüstensand über viele Hunderte von Kilometern in ganz andere Landschaften tragen. Wenn ein solcher loser Sand durch ein Bindemittel verkittet und zu Sandstein verfestigt

wird, so ist es natürlich schwierig, dem Sandstein anzusehen, wie er entstanden ist. Die oft in Sandsteinen wie auch im losen Sand vorhandene Schichtung gibt keine Auskunft über die Entstehung, da alle genannten Transportarten zum Auftreten von Schichtung führen können. Ein Sandstein, der keinerlei Fossilien enthält, wird also auf jeden Fall der Deutung große Schwierigkeiten bereiten. Man kann einem fossilisierten Sandstein nicht mit Sicherheit entnehmen, welcher Entstehung er ist, und infolgedessen auch keine paläogeographischen Folgerungen daraus ziehen.

Enthält ein Sandstein Fossilien, gleichgültig, welcher Entstehung er sein mag, so ist aus der Tatsache der Fossilführung allein noch nicht festzustellen, ob der Sandstein auf dem Festlande, etwa im Süßwasser, oder aber im Meere entstanden ist; denn sehr viele Tiergruppen können sowohl im Süßwasser wie im Brackwasser und schließlich auch im Meere vorkommen. Versteinerte Schnecken, die in einem Gestein enthalten sind, wird man also darauf prüfen müssen, ob es sich um Landschnecken, Süßwasserschnecken oder Meeresschnecken handelt. Die richtige Deutung des Fossilinhaltes setzt somit in diesem Falle eine sehr gründliche Kenntnis der Welt der Mollusken voraus. Wenn die betreffenden Schnecken keine auffälligen Merkmale haben, kann selbst ein erfahrener Spezialist kaum mit Sicherheit sagen, was für eine Bildung vorliegt. Was eben an dem Beispiel der Schnecken erläutert wurde, gilt sinngemäß für viele andere Tiergruppen.

Wenn bisher von der allgemeinen und der historischen Geologie mit der Stratigraphie (auch „stratigraphische Geologie“ genannt) und von der Paläontologie und Paläogeographie die Rede war, so ist dieser Überblick noch nicht erschöpfend. Es gibt noch weitere Betrachtungsweisen, die in der Geologie eine Rolle spielen können.

Betrachtet man ein bestimmtes Gebiet nach verschiedenen geologischen Gesichtspunkten – die Umgebung eines Ortes, eine kleinere oder

größere Landschaft, ein ganzes Land oder gar einen Erdteil, indem man mit der Stratigraphie beginnt, die Ergebnisse der geologischen Untersuchungen auf einer geologischen Karte darstellt und die Erdgeschichte des Gebietes erforscht (wozu man sich normalerweise des Fossilinhaltes der vorhandenen Gesteine bedienen wird), so spricht man von regionaler Geologie. Schließlich ist noch ein anderes Arbeitsgebiet der Geologie zu erwähnen, das von großer praktischer Bedeutung ist. Man kann alle gewonnenen geologischen Ergebnisse auf wirtschaftliche Fragen anwenden, sei es, daß man Lagerstätten von Erzen, Kohlen, Salzen, Erdöl, Bausteinen und allen möglichen mineralischen Rohstoffen untersucht, um sie der Gewinnung zuzuführen; sei es, daß man für die Wasserbeschaffung geologische Untersuchungen anstellt, daß man den Boden für die landwirtschaftliche oder forstwirtschaftliche Nutzung prüft. Diese Arbeitsrichtung der Geologie, welche heute eine außerordentlich große Rolle spielt, wird als angewandte Geologie bezeichnet. Die angewandte Geologie hat nahe Beziehungen zum Bergbau, zum Hoch- und Tiefbau, zur Wasserversorgung in den Städten und Dörfern, vor allem auch in industriellen Betrieben, und ist außerordentlich wichtig.

DIE BESTIMMUNG DES GEOLOGISCHEN ALTERS

Eine Frage, die dem Laien naheliegt und die auch der Geologe oft stellen muß, ist die nach dem Alter eines bestimmten Gesteins. Die Erfahrung zeigt, daß für sehr viele praktische Dinge nicht das wirkliche oder, wie man zu sagen pflegt, das absolute Alter eines Gesteins entscheidend ist, sondern das sogenannte relative Alter. Es ist für einen Bergmann, der Kupferschiefer sucht, unwichtig zu wissen, ob das Gestein, in dem er arbeitet, tausend Jahre oder Hunderte von Millionen Jahre alt ist. Er muß aber

wissen, ob er eine Schicht vor sich hat, die über oder unter dem Kupferschiefer liegt. Wenn er sich in einer Schicht befindet, die erfahrungsgemäß an anderen Stellen über dem Kupferschiefer liegt, so hat er noch Aussicht, das gesuchte Gestein zu finden. Erkennt er aber, daß das Gestein, das er vor sich hat, älter als der Kupferschiefer ist, so besteht – normale Lagerungsverhältnisse vorausgesetzt – keine Aussicht mehr, auf Kupferschiefer zu stoßen. Es ist also für diesen Zweck nicht das absolute Alter von Bedeutung, sondern nur die Feststellung, ob das Gestein, das der Bergmann anfährt, älter oder jünger als der gesuchte Kupferschiefer ist.

Woran erkennt nun der Geologe das relative Alter eines Gesteins? Man könnte glauben, daß die Gesteinsbeschaffenheit Schlüsse auf das relative Alter zuläßt. Bei näherem Zusehen ergibt sich jedoch, daß es nur wenige Schichtgesteine (Sedimente) gibt, die so unverkennbar sind, daß sie mit völliger Sicherheit in eine bestimmte Formation oder in eine Abteilung oder Stufe der Formation eingeordnet werden können. Man kann z. B. nicht einmal sagen, daß eine Steinkohle in der Steinkohlenformation gebildet sein muß, denn es gibt in Deutschland auch noch Steinkohlen aus der Zeit des Rotliegenden, also aus einer Periode, die auf die Steinkohlenformation folgte. Ein rotgefärbter Sandstein kann dem Rotliegenden oder auch dem Buntsandstein angehören, ein reinweißer Kalk dem Weißen Jura oder einer Abteilung der Kreideformation. Zusammenfassend muß man sagen, daß die Gesteinsbeschaffenheit nur in wenigen Fällen mit Sicherheit zur Bestimmung des geologischen Alters verwertet werden kann.

Wie bestimmt nun aber der Geologe das Alter einer Schicht, wenn die Gesteinsbeschaffenheit im allgemeinen keine Handhabe dazu bietet? Die Antwort auf diese Frage lautet: Das relative Alter von Gesteinen wird mit Hilfe von Fossilien bestimmt, d. h. also mit den Resten von Tieren und Pflanzen, die sich in den betreffenden Gesteinen befinden. Da das Leben auf der Erde im

Laufe vieler Jahrtausende eine Reihe von recht verschiedenartigen Formen hervorgebracht hat und da manche dieser Tier- und Pflanzenarten nur verhältnismäßig kurze Zeit gelebt haben, so ist es in vielen Fällen möglich, mit Hilfe der Fossilien, die in dem betreffenden Gestein gefunden werden, das Alter der Formation zu bestimmen. Die Wissenschaft, die sich mit den Fossilien beschäftigt – die Paläontologie –, ist, so gesehen, für den Geologen nur ein Hilfsmittel zur Altersbestimmung.

Wie die Geologie selbst, so blickt auch die Paläontologie auf eine lange Geschichte zurück. Wörtlich heißt Paläontologie Lehre von den alten Lebewesen. Man kann sowohl tierische wie pflanzliche Fossilien untersuchen und bestimmen und sie so für die Zwecke der historischen Geologie verwerten. Es wird in diesem Sinne auch von einer Paläozoologie und einer Paläobotanik gesprochen. Für den Geologen sind – gleichgültig, ob es sich um Fossilien pflanzlicher oder tierischer Organismen handelt – solche Arten von besonderer Bedeutung, die bei möglichst sicherer Erkennbarkeit nur verhältnismäßig kurze Zeit gelebt haben. Derartige Fossilien, die für die Bestimmung des geologischen Alters besonders wichtig sind, nennt man Leitfossilien.

In den Gesteinen der Neuzeit unserer Erdgeschichte, also in der Tertiärformation und in der darauffolgenden Quartärformation, ist festzustellen, daß im allgemeinen Formen, die man als Leitfossilien benutzen kann, ziemlich selten sind. Man pflegt dann – z. B. bei Meeresschnecken und Meeresmuscheln sowie bei Mikrofossilien – die ganze Fossilien-gesellschaft in einer Ablagerung auszuwerten. Man kann dann von Leitfaunen sprechen. Im Vergleich zu dem für die Geologie, vor allem auch für die praktische Geologie so überaus bedeutsamen relativen Alter spielt, wie schon gesagt, das absolute Alter von Gesteinen und Gesteinsfolgen eine verhältnismäßig sehr geringe Rolle. Immerhin hat man, besonders im Hinblick auf den wissenschaftlichen

Wert, den solche Erkenntnisse fraglos haben, in neuerer Zeit Verfahren entwickelt, die mit einiger Zuverlässigkeit eine Bestimmung auch des absoluten Alters gestatten. Man verwertet dabei besonders die Vorgänge des Atomzerfalls, der in uranhaltigen Mineralien vor sich geht und zur Bildung von Uranblei und Helium führt. Da man die Zerfallsgeschwindigkeit des Urans kennt, so ist man imstande, aus den vorgefundenen geringen Mengen von Uranblei die Zeit zu bestimmen, die seit der Entstehung des betreffenden uranhaltigen Minerals vergangen ist. Man gewinnt somit Mindestzeiten für das Alter der Gesteine, welche die untersuchten Mineralien enthalten, und vermag infolgedessen, wenn auch mit einigen Vorbehalten, Angaben über das absolute Alter der Erde und den Beginn und die absolute Zeitdauer der einzelnen geologischen Formationen zu machen.

EPIROGENESE UND OROGENESE

Der Überblick über die Wandlungen, die sich im Laufe der Erdgeschichte im Bereiche der Erdkruste abgespielt haben, hat zu der Auffassung geführt, daß auf unserer Erde Zeiten der stürmischen Entwicklung, der Erdrevolutionen, mit ruhigeren Zeiten abwechseln. Revolutionszeiten sind die großen Gebirgsbildungen oder Orogenesen, z. B. die variscische Gebirgsbildung. Diese raschen Umwandlungen sind durch Zeiträume gemächlicher Krustenbewegungen, der Festlandsbildung oder Epirogenese, voneinander getrennt. Allerdings darf man dabei nicht übersehen, daß auch die Orogenesen jeweils Summen von Vorgängen sind, die sich über eine Reihe von Jahrmillionen hinziehen. Epirogenetische Bewegungen, also langsame Hebungen oder Senkungen von Krustenteilen, haben, wie sich durch zahlreiche Beispiele belegen läßt, zu allen Zeiten stattgefunden. Bei Landsenkungen führten sie zu Überflutungen durch das Meer, zu Transgressionen. Dagegen hatten Hebun-

gen eine rückläufige Bewegung des Meeres, eine Regression, zur Folge. Diese Transgressionen und Regressionen waren im allgemeinen auf einzelne Regionen beschränkt. Erdumspannende Transgressionen und starke, über riesige Flächen nachweisbare Regressionen sind mit den Orogenesen verknüpft.

Wesentlich ist dabei die Erkenntnis, daß die Richtung epirogenetischer Bewegungen im Laufe der Zeit wechseln kann, daß z. B. eine Hebung in eine Senkung übergehen kann. Dagegen können Schichten, die bisher ungestört lagerten und bei einer Orogenese gefaltet oder zerbrochen werden, nicht wieder in ihren ursprünglichen ungestörten Zustand zurückversetzt werden. Es gibt keine Kraft und also auch keine Vorgänge, die imstande wären, die Falten eines Gesteines wieder zu glätten. Eine Gebirgsbildung oder Orogenese bedeutet demnach eine bleibende Umgestaltung der betreffenden Krustenteile.

Über die Ursachen der Gebirgsbildung hat man eine Anzahl von Hypothesen aufgestellt, die mehr oder weniger gut begründet sind und denen man mit mehr oder weniger Recht den Rang von Theorien zuerkennen kann. So geht die Kontraktionstheorie oder Schrumpfungstheorie (Descartes, Elie de Beaumont, Dana, Suess, Stille) von der Feststellung aus, daß Gebirgsbildung eine Verkürzung des Erdumfanges bedeutet, und folgert daraus, daß die Erdkugel geschrumpft sein muß. Gegen die Kontraktionstheorie, die sich früher allgemeiner Anerkennung erfreute, werden heute viele Einwände erhoben.

Die von Haarmann aufgestellte Oszillationstheorie beruht auf der Annahme, daß kosmische Kräfte in einem bestimmten Ablauf auf das Gleichgewicht der Erde störend einwirken. Dadurch sollen besonders die Magma- (Schmelzfluß-) massen unter der Erdkruste verlagert werden, und diese Verlagerungen sollen dann weiträumige Großverbiegungen (Oszillationen) der Kruste zur Folge haben.

Die Unterströmungstheorie (Ampferer, Schwiner, Cloos, Rittmann, Kraus) möchte die auch von ihr angenommene Umlagerung von Magma-massen auf den Wärmehaushalt der Erde und die damit zusammenhängenden Ausgleichströmungen zurückführen. Diese Strömungsbewegungen sollen dann durch Reibung auf die über den Magma-massen liegende feste Erdkruste übertragen werden.

Die Radioaktivitätstheorie (Joly und Kirsch) erblickt in der Wärme, die durch radioaktiven Zerfall entsteht, eine gewaltige Kraftquelle, die im Laufe der Zeit Gesteine zum Schmelzen bringt und in Verbindung mit diesen Vorgängen Gebirgsbildung auslöst.

Die Kühlbodentheorie (Wundt) rechnet mit der starken Abkühlung, die im Bereiche der Ozeanböden in der Erdkruste erfolgt und zur Folge hat, daß unter den Kontinenten in gleicher Tiefe wesentlich höhere Temperaturen herrschen als unter den Ozeanen. Der schwerere „Kühlboden“ soll absinken und dadurch die ihn unterlagernden Glutflüsse zum Ausweichen zwingen. Diese Vorgänge sollen dann die Festlandsblöcke, besonders in ihren Randregionen, hochpressen, so daß es zur Gebirgsbildung kommt.

Besonderer Anerkennung erfreut sich in weiten Kreisen die Kontinentalverschiebungstheorie. Sie ist von Alfred Wegener geschaffen worden, der im Jahre 1930 auf einer von ihm geleiteten Grönlandexpedition den Tod fand.

Die Wegenersche Theorie geht von der Feststellung aus, daß, wie das Kartenbild des Atlantischen Ozeans und der ihn begrenzenden Kontinente lehrt, der Ostrand Südamerikas augenscheinlich mit dem Westrand Afrikas kongruent ist. Es ließe sich also insbesondere die Nordostküste Brasiliens in den Golf von Guinea einfügen. Die Theorie besagt nun, daß im Laufe der Erdgeschichte die relative Lage der Kontinente durch horizontale Verschiebungen gegeneinander verändert worden ist. Ursprünglich haben die Erdteile eine zusammenhängende Kontinentalmasse gebildet und sind dann auseinander-

gewandert. Bei diesen Wanderungen entstanden beispielsweise die großen Kettengebirge an der Westseite (Vorderseite) Nord- und Südamerikas durch den Widerstand, den der Tiefseeboden des Pazifischen Ozeans den wandernden Erdteilen der Neuen Welt leistete.

Eine wichtige Voraussetzung der Wegenerschen Theorie ist die Annahme, daß innerhalb der Erdkruste die Kontinentalschollen aus anderem Material bestehen als die Tiefseeböden, und zwar sollen die aus leichterem Material (Sial) aufgebauten Festlandsblöcke in der aus schwererem Material (Sima) bestehenden Kruste, welche die Tiefseeböden bildet, wie Eisberge im Wasser schwimmen.

Schon Wegener selbst vermochte zugunsten seiner Theorie zahlreiche Gründe anzuführen. Außerdem ist noch nach seinem Tode der Nachweis erbracht worden, daß sich der Abstand Ostgrönlands von Skandinavien in der Zeit von 1869/70 bis 1932 um 600 m vergrößert hat. Es handelt sich bei dieser Feststellung um das Ergebnis von astronomischen Ortsbestimmungen, die in den genannten Jahren von Fachastronomen ausgeführt worden sind (mittlerer Fehler bei der älteren Messung 80, bei der neueren 20 m).

So großartig und bestechend die Ansichten Wegeners auch sind – fraglos hat er eine erhebliche Zahl von Anhängern aufzuweisen –, so muß hier doch gesagt werden, daß gegen diese Theorie von verschiedenen Seiten starke Bedenken erhoben worden sind. Unter anderem dürfte die Existenz der Atlantischen Schwelle, die erwiesenermaßen den Atlantischen Ozean in seiner ganzen Länge von Norden nach Süden durchzieht, mit der Annahme, Südamerika habe sich von Afrika gelöst und sei dann nach Westen abgetrieben, schwer vereinbar sein.

DIE ERDZEITALTER

Die Auffassung, daß die Planeten unseres Sonnensystems, unter ihnen auch unsere Erde, Abkömmlinge oder Geschwister der Sonne sind,

hat zu der Vorstellung geführt, daß die Erde anfangs ein glühender Gasball gewesen sei, der als leuchtender Stern Licht ausstrahlte (Sternstadium). Die Abkühlung, welche die Erde auf ihrem Weg durch den kalten Weltenraum erfuhr, hatte zunächst eine Sonderung in einen Schmelzflußball und eine diesen umgebende Gashülle zur Folge. Mit weiter abnehmender Temperatur bildeten sich allmählich auf dem feurig-flüssigen Kern die ersten Erstarrungsschollen. Sicher wurden viele dieser Schollen von der glühenden Masse, auf der sie schwammen, wieder eingeschmolzen. Im Laufe der Zeit vereinigten sie sich aber und bildeten, nach mancherlei Rückschlägen, eine ausreichend feste Erdkruste.

Damit war die Erde in das eigentliche Planetenstadium eingetreten. Man hat ermittelt, daß sein der Entstehung dieser zusammenhängenden Kruste mindestens zwei Milliarden Jahre vergangen sind. Es darf übrigens als sehr unwahrscheinlich, wenn nicht als ausgeschlossen angesehen werden, daß uns im Bereiche der heutigen Erdoberfläche irgendwo Teile dieser ursprünglichen Erstarrungskruste zugänglich sind.

Da sich infolge der damals noch verhältnismäßig hohen Außentemperatur der Erde alles Wasser zunächst in gasförmigem Zustand befand, so kann während dieses Entwicklungsstadiums unseres Planeten keinerlei Leben auf ihm existiert haben. Infolgedessen wird diese Zeit der Erdgeschichte gewöhnlich Azoikum (Zeit ohne Lebewesen) genannt. Erst als nach hinreichender Abkühlung der Erdoberfläche der Wasserdampf aus der Atmosphäre als Regen niedergegangen war und sich in den Senken Ozeane und Seen gebildet hatten, konnte sich Leben auf der Erde entwickeln. Damit begann die Geschichte des Lebens auf unserem Planeten, und die Erdgeschichte trat in ein neues Stadium ein.

Man pflegte schon seit langem, der Geschichte der Menschheit entsprechend, die Erdgeschichte

in Erd-Urzeit oder Archaikum, Erdaltertum oder Paläozoikum, Erdmittelalter oder Mesozoikum und Erdneuzeit oder Känozoikum bzw. Neozoikum einzuteilen. In neuerer Zeit hat man dann bei der Gliederung der Erdgeschichte zwischen Erd-Urzeit und Erd-Altzeit noch eine Erd-Frühzeit oder Eozoikum, auch Proterozoikum oder Algonkium, eingeschoben.

Paläozoikum, Mesozoikum und Känozoikum wurden und werden noch jetzt jedes für sich in eine Anzahl von geologischen „Formationen“ gegliedert. Dabei versteht man unter einer Formation zunächst eine Reihe von aufeinanderfolgenden Gesteinsschichten, deren Inhalt an Pflanzen- und Tierresten einen bestimmten Entwicklungszustand des organischen Lebens umfaßt. Es sind also während der Entstehung dieser Gesteinsschichten im Charakter der Pflanzen- und Tierwelt keine wesentlichen Änderungen eingetreten.

Die Bezeichnung „Formation“ ist dann auch auf den Zeitraum übertragen worden, in dem die betreffenden Gesteinsschichten gebildet worden sind. Für Formation in diesem Sinne kann man auch das Wort „Periode“ gebrauchen. Mehrere Formationen oder Perioden werden zu einer Formationsgruppe oder einem Erdzeitalter (z. B. Paläozoikum) zusammengefaßt.

Übrigens ist die Annahme berechtigt, daß das Leben auf der Erde schon vor dem Eozoikum, also bereits im Archaikum, existiert hat. Diese Annahme rechtfertigt den Namen Archäozoikum, den manche Autoren für das Archaikum anwenden. Doch sind Spuren des Lebens im Archaikum selten nachweisbar oder, wo man sie nachweisen zu können glaubte, strittig. Immerhin müßte aber dann dem Archäozoikum noch das Azoikum in der Gliederung vorausgehen; doch werden häufig Azoikum und Archäozoikum unter dem Namen Archaikum vereinigt. Schwankend ist im Schrifttum auch der Gebrauch des Wortes Präkambrium (Zeit vor dem Kambrium), das von manchen Autoren einfach gleich Algonkium gesetzt wird, während von

anderen das Wort Präkambrium als Zusammenfassung für Archaikum + Eozoikum gebraucht wird. Im folgenden ist mit Präkambrium das gesamte Archaikum + Eozoikum (Proterozoikum, Algonkium) gemeint; dabei soll von

den drei gleichbedeutenden Bezeichnungen der Name Algonkium als der heute wohl gebräuchlichste bevorzugt werden.

Vergleiche zu diesem Beitrag auch die Tabellen 1, 2 und 3 am Schluß des Buches.

ARCHAIKUM UND ALGONKIUM

Die Bestimmung des geologischen Alters ist bei präkambrischen Gesteinen außerordentlich schwierig, denn diese sehr alten Gesteinsbildungen haben großenteils unter dem Einfluß von starkem Druck und hohen Temperaturen erhebliche Umwandlungen erlitten (metamorphe Gesteine), da sie eine Reihe von Gebirgsbildungsprozessen durchgemacht haben und in vielen Gebieten des öfteren mit immer wieder aufdringenden Glutflüssen in Berührung gekommen sind.

Vielfach werden die etwa vorhanden gewesenen Fossilien diesen Umwandlungen zum Opfer gefallen sein, und die, welche man noch auffinden kann, sind im ganzen viel zu spärlich, als daß man mit ihrer Hilfe die Stratigraphie der präkambrischen Gesteine klären und diese Schichtenfolgen gliedern könnte. Eine stratigraphische Gliederung unter Verwendung von Fossilien ist erst im Kambrium möglich. Werden irgendwo fossilfreie oder fossilarme Gesteine durch einwandfreies fossilführendes Kambrium überlagert, so ist damit das Alter dieser Gesteine als präkambrisch bestimmt.

Ursprünglich bezeichnete man in der Geologie ganz alte (archaische) Gesteine (Gneise, Glimmerschiefer, Quarzitschiefer, blättrige Schiefer oder Phyllite usw.) einfach als „Urgebirge“. Später wurde man vorsichtiger, da man erkannte, daß manche dieser „kristallinen Schiefer“ und der vielfach mit ihnen vergesellschafteten Granite ein genau bestimmbares, wesentlich geringeres Alter haben. Bei vielen Graniten läßt sich einwandfrei ein karbonisches Alter nachweisen.

Man spricht daher jetzt gewöhnlich nur noch von „Grundgebirge“ und versteht darunter alle im Untergrund vorhandenen Gesteine, die allgemein verbreitet sind (Allverbreitung, Ubiquität) und petrographisch den Charakter archaischer Gesteine haben, ohne daß ihr archaisches Alter wirklich erwiesen und jüngere Entstehung ausgeschlossen ist.

In vielen Fällen spielt gerade bei solchen Gesteinen die Bestimmung des absoluten Alters eine wichtige Rolle. Man konnte beispielsweise ermitteln, daß das Alter der gegenwärtig bekannten ältesten fossilführenden Schichten (Temiskaming-Serie in Nordamerika) 1,4 Milliarden Jahre und das des ältesten Granites (ebenfalls in Nordamerika, nordwestlich des Oberen Sees) 1,9 Milliarden Jahre beträgt.

Wichtige Regionen, in denen archaische Gesteine in weiter Verbreitung vorkommen, sind der Baltische Schild (Skandinavien, Finnland und anschließende Gebiete), der Kanadische oder Laurentische Schild, der außer Zentral- und Nordkanada auch Teile der Hudsonbai-Länder sowie Neufundland umfaßt und zu dem man auch Grönland rechnen kann, wenn man es nicht als besonderen Schild betrachten will.

Wie das Archaikum ist auch das Algonkium, dessen Gesteine zum Teil weniger starke Umwandlungen durchgemacht haben als die des Archaikums, im Bereich des Kanadischen Schildes sehr gut entwickelt. Im Baltischen Schild kommen ebenfalls algonkische Gesteine vor.

In Deutschland werden die Gneise, Glimmerschiefer und Phyllite des Erzgebirges und des

Fichtelgebirges als präkambrische Gesteine angesehen. Die Glimmerschiefer und Phyllite des westlichen Thüringer Waldes, die Phyllite und Quarzite des Spessarts sowie die Gneise des Schwarzwaldes werden heute ebenfalls zum Präkambrium gerechnet. Als algonkisch gelten Quarzitschiefer, die in Thüringen im Bereich des Schwarzburger Sattels zum Vorschein kommen.

Auch in anderen Regionen der Erde stehen archaische Gesteine an. So sind in Asien (Zentral- und Nordsibirien, China und Indien) sowie in Australien und in Afrika präkambrische Gesteine weit verbreitet.

Über die Pflanzen- und Tierwelt des Präkambriums wird in anderen Teilen des Buches ausführlich gesprochen.

PALÄOZOÏKUM

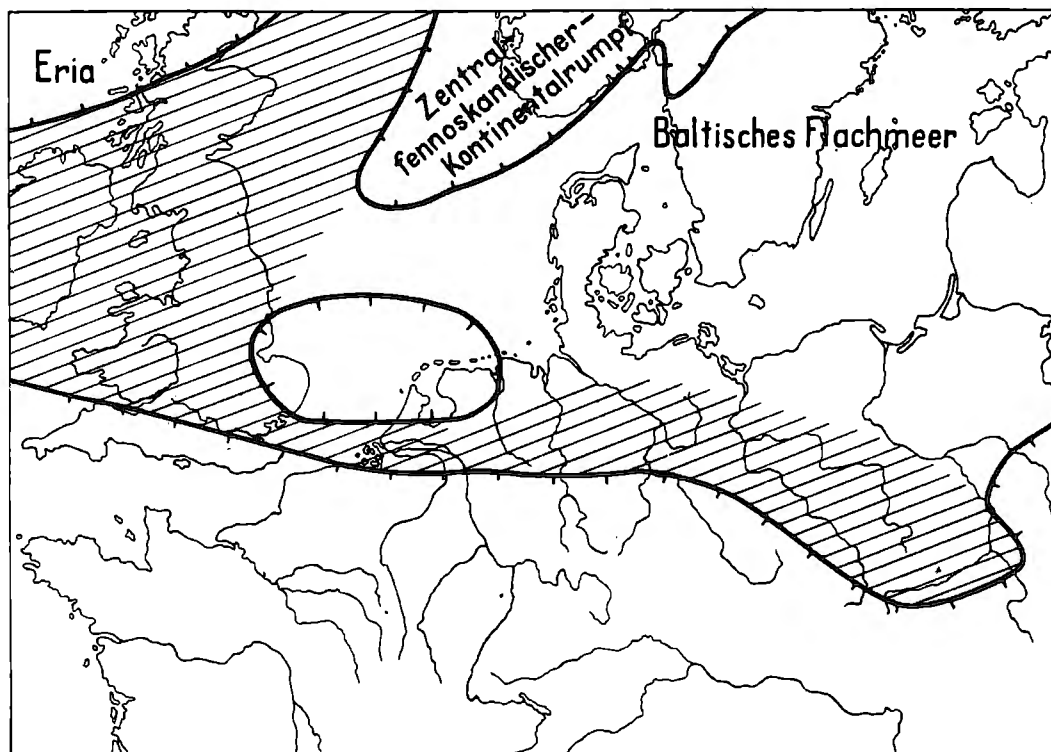
KAMBRIUM

Der Name der Formation, mit welcher das Paläozoikum beginnt, ist von „Cambria“ hergeleitet, dem alten keltischen Wort für das Land Wales, in dem man zuerst Schichten dieser Periode eingehender untersuchte. Auch im mittleren England (Shropshire), in Schottland und in Irland kommen Ablagerungen des Kambriums vor.

In Schweden, in dem oft genannten Kinekulle-Berg am Wener-See, haben kambrische Gesteine ihre waagerechte Lagerung bis heute bewahrt,

ebenso auch im estnischen Küstengebiet, wo Schichten kambrischen Alters zum Teil noch als plastische Tone oder als lose Sande vorliegen.

In Zentraleuropa sind kambrische Sedimente, die im Raum von Prag anstehen, durch die vorzüglichen Arbeiten J. Barrandes schon frühzeitig bekannt geworden. Dagegen weist Deutschland verhältnismäßig wenige Fundstellen fossilhaltigen Kambriums auf; nennenswert sind hier das Fichtelgebirge und die Gegend von Görlitz; Erwähnung verdient auch, daß im Gebiet von Doberlug kambrische Gesteine das Liegende des kohleführenden Unterkarbons bilden.



KARTE 1

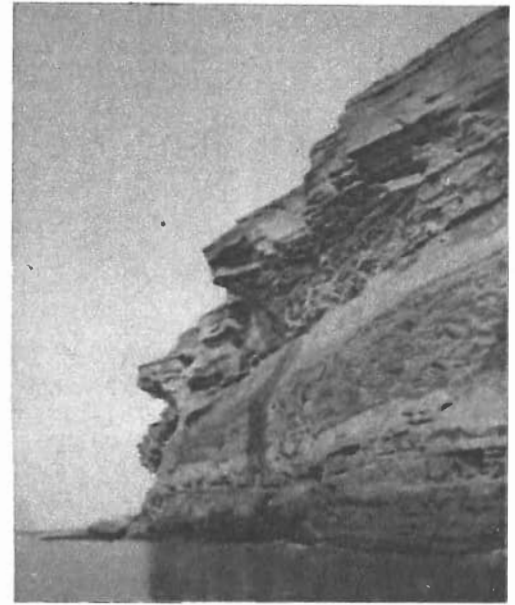
Verteilung von Land und Meer im Kambrium.

Weit verbreitet ist das Kambrium in Nordamerika und in Asien. Alles in allem ergibt sich, daß während dieser Periode Meere sehr große Teile der Erdoberfläche bedeckten und als Flachseen auch tief in die damals bereits bestehenden Kontinente eindrangen. Eine reiche Tierwelt, die immerhin schon Tausende von Arten umfaßt, kennzeichnet die kambrischen Meeressedimente. Bezeichnend für die Faunen des Kambriums sind die Trilobiten (Dreilapper). Diese eigentümlichen Tiere sind schon im untersten Kambrium vorhanden, erreichen dann im Unteren Silur eine besonders hohe Blüte und sterben am Ende des Paläozoikums aus. Sie sind also Charaktertiere der ganzen paläozoischen Zeit und bei der großen Zahl ihrer oft leicht bestimmbaren Gattungen und Arten als ausgesprochene Leitfossilien gut verwendbar. Die allgemein übliche Dreigliederung des Kambriums in Unter-, Mittel- und Oberkambrium beruht auf der Aufeinanderfolge verschiedener Trilobitengattungen in den kambrischen Ablagerungen. Diese Gattungen waren auf der Erde weit verbreitet und hatten jeweils nur eine kurze Lebensdauer. Die Schichten sind nach den Trilobiten benannt: Unterkambrium = Olenellus-Schichten, Mittelkambrium = Paradoxides-Schichten, Oberkambrium = Olenus-Schichten.

Außer den zahlreichen Trilobiten enthalten die kambrischen Faunen noch Vertreter der weichtierähnlichen Brachiopoden (Armfüßer), ferner Mollusken (Weichtiere), nämlich einfach gebaute Schnecken und die ersten, noch sehr kleinen Cephalopoden (Kopffüßer). Reste von Wirbeltieren sind aus dem Kambrium bisher noch nicht bekannt geworden.

Abschließend sei noch bemerkt, daß nach den Ergebnissen der Bleimethode das Kambrium vor etwa 560 Millionen Jahren begonnen und im ganzen 70 bis 80 Millionen Jahre gedauert hat. Es muß noch erwähnt werden, daß in der Unmasse der verschiedenartigen Gesteine, die das Inlandeis während der diluvialen Vergletscherung in das norddeutsche Flachland und die im

Abb. 2.
Steilküste des Glint.
Unten Kambrium,
darüber Untersilur
(Ordovizium)
Nach Öpik.



Osten anschließenden großen Flachlandräume transportiert hat, auch Sedimentärgesteine kambrischen Alters vorkommen. Wie die Erfahrung lehrt, sind unter diesen Geschieben sowohl verschiedene, meist fossilarme Sandsteine des unteren Kambriums als auch fossilführende Sandsteine der Paradoxides-Schichten und fossilreiche Stinkkalke (Gesteine, die infolge ihres Gehaltes an organischen Substanzen beim Anschlagen einen eigentümlichen Geruch aufkommen lassen) der Olenus-Schichten vertreten.

SILUR

Die Silurer, nach denen die Silurformation benannt ist, waren ein keltischer Volksstamm in Wales. Schon der Name der Formation deutet also darauf hin, daß silurische Ablagerungen in Britannien weit verbreitet sind. Das Silur ist nicht selten in den Gebieten verbreitet, in denen auch Kambrium vorkommt. Man findet Silur in Schweden, wo es in dem schon erwähnten Kinkulle-Berg über dem Kambrium in ungestörter Lagerung vorhanden ist, und im estländischen Glint. Auf der Insel Gotland sind silurische Korallenriffe ausgezeichnet entwickelt. Für das Gebiet von Prag hat J. Barrande außer dem Kambrium auch das Silur vorzüglich beschrieben.

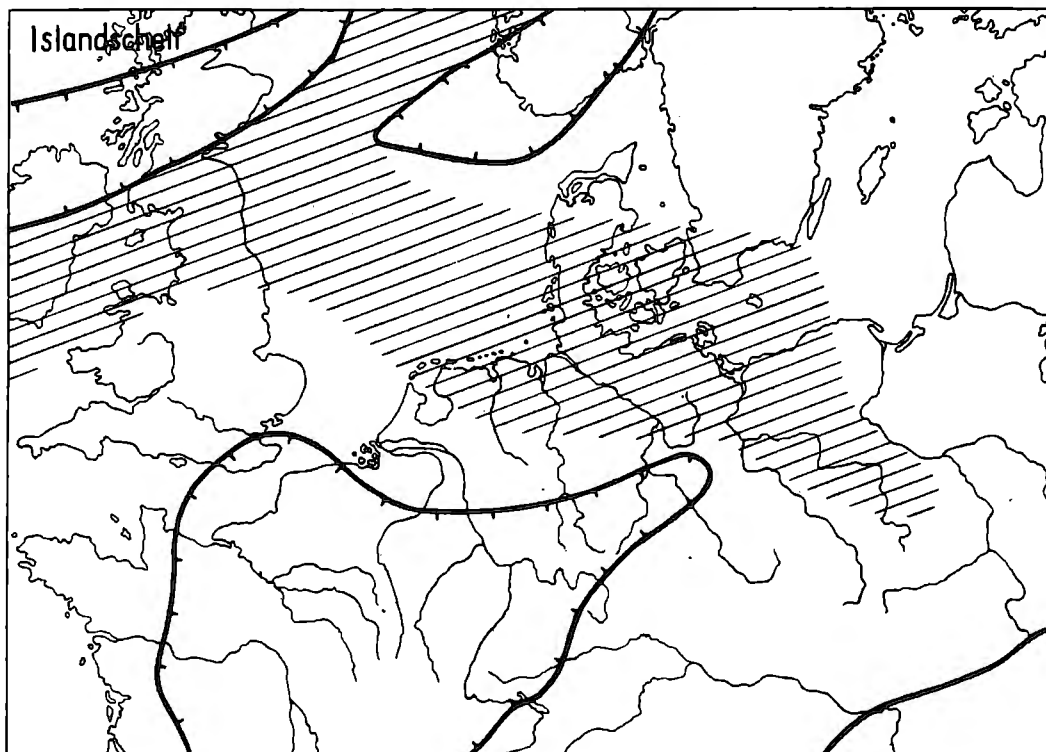
In Deutschland ist Silur viel häufiger nachgewiesen als Kambrium. Wir werden auf die Verbreitung der silurischen Sedimente auf deutschem Boden nachher noch zu sprechen kommen.

Silurgesteine von großer Mächtigkeit nehmen in Nordamerika gewaltige Flächen ein, und in Asien lassen sich Sedimente silurischen Alters über weite Gebiete bis nach China hin verfolgen. Es ist üblich, die Silurformation in zwei große Abteilungen zu gliedern, denen manche Autoren sogar den Rang selbständiger Formationen zubilligen. Diese beiden Abteilungen sind das Untersilur oder Ordovizium (auch dieser Name rührt von einem keltischen Volksstamm her) und das Obersilur oder Gotlandium (nach der schwedischen Insel Gotland). Jede der beiden Abteilungen zeigt in ihren Gesteinen und den darin gefundenen Faunen zweierlei Erscheinungsformen oder Fazies. Es haben also damals in verschiedenen Sedimentationsräumen gleichzeitig verschiedene geographische, biologische und physikalisch-chemische Verhältnisse geherrscht; infolgedessen entstanden auch gleichzeitig verschiedenartige Ablagerungen, deren Fossilinhalte in wesentlichen Zügen voneinander abweichen.

Schon während der Zeit des Ordoviziums lassen sich zwei Fazies feststellen, die sich grundlegend voneinander unterscheiden. Ein Meer mit sauerstoffarmem Bodenwasser und dementsprechend äußerst geringem Tierleben auf dem Meeresboden (Stillwasserfazies) lieferte dunkle, feingeschichtete Gesteine, deren Fossilinhalt in der Hauptsache aus Graptolithen besteht. Man pflegt diese Serien dunkler Schiefer als „Graptolithenfazies“ zu bezeichnen.

Gleichzeitig bildeten sich in Gebieten flacher Meere mit gut durchlüftetem, also sauerstoffreichem Bodenwasser und dementsprechend reichem Tierleben auf dem Meeresboden oder, wie man auch sagt, reichem „Benthos“, ausgedehnte sandig-kalkige Ablagerungen (Bewegt-wasserfazies). Auch im Gotlandium sind beide Fazies, sowohl die Graptolithenfazies wie die sandig-kalkigen Fazies, gut entwickelt und klar voneinander zu unterscheiden.

Die Graptolithen beginnen zwar mit ihren ersten Vertretern schon im Kambrium, erlangen aber erst im tiefsten Ordovizium eine größere Häufigkeit. Da sie größtenteils am Ende der Silurzeit wieder verschwinden, sind sie die eigentlichen Charakterfossilien des Silurs. Sie geben infolge des raschen Auftretens immer neuer Formen vor-



KARTE 2

Verteilung von Land und Meer im Ordovizium.

Land
Meer Küste
Geosynklinale

treffliche Leitfossilien ab, mit deren Hilfe eine sehr genaue Feingliederung des gesamten Graptolithen-Silurs in zahlreiche Zonen möglich wurde. Freilich wird man die genaue Bestimmung der Graptolithen zumeist den zuständigen Spezialisten überlassen müssen, deren es nicht viele gibt. Neben den Graptolithen sind aus der Tierwelt der Silurzeit in erster Linie die Trilobiten zu nennen, die bereits während des Kambriums eine große Rolle spielten und jetzt in der sandig-kalkigen Fazies des Silurs so häufig sind, daß sie als Leitfossilien zur Gliederung dieser Fazies verwendet werden können. Aus der Welt der Gliederfüßer sind, besonders im Obersilur, echte Kleinkrebse zu erwähnen (Muschelkrebse oder Ostracoden), die – wenn auch gewöhnlich von sehr geringer Körpergröße, so doch in sehr großer Zahl – die Meere des Gotlandiums bevölkerten. Auch der Gigantostraken sei hier gedacht, einer eigentümlichen Gruppe großwüchsiger Tiere, die ebenfalls zu den Gliederfüßern gehören und schon im Algonkium vorhanden waren. Ihre Blütezeit hatten sie erst im älteren Paläozoikum und sind anscheinend gegen Ende der paläozoischen Zeit ausgestorben. Die Brachiopoden finden im sandig-kalkigen Silur neben den Trilobiten als Leitfossilien Ver-

wendung. Aus dem Kreise der Echinodermen (Stachelhäuter) sind die Seelilien hervorzuheben, deren zahlreiche Stielglieder in manchen Silurschichten geradezu gesteinsbildend auftreten (Crinoidenkalk). Die Mollusken sind mit Muscheln, Schnecken und Cephalopoden, deren erste, noch kleinwüchsige Formen bereits im Kambrium auftauchten, vertreten. Die Cephalopoden des Silurs sind viel größer als die des Kambriums. Besonders bezeichnend sind Gattungen, deren Gehäuse die Form gerader Hörner haben (Orthoceren).

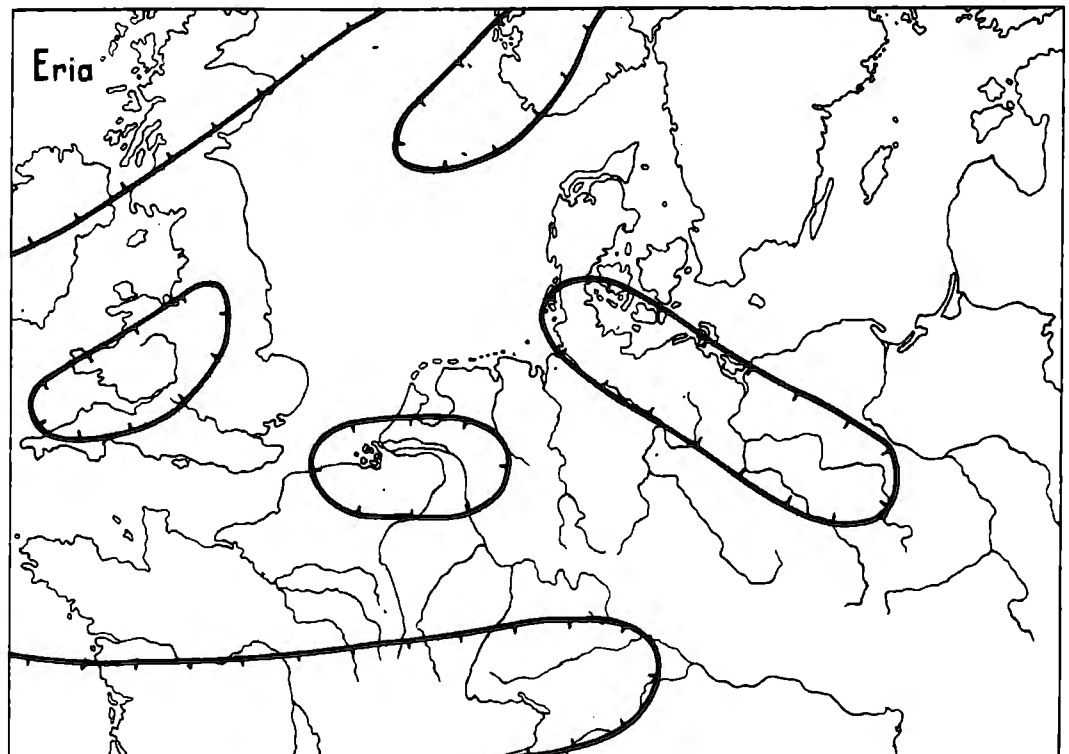
Es sind auch schon Angehörige des am höchsten entwickelten Tierstammes, der Wirbeltiere, nachweisbar. Naturgemäß gehören aber die bisher aus dem Silur bekannt gewordenen Wirbeltierreste erst der untersten Wirbeltierstufe, den Fischen, an. Diese älteste Wirbeltiergruppe tritt zum erstenmal im oberen Gotlandium reichlicher auf. Diese Fischreste sind vorwiegend in Süßwasserablagerungen oder in brackischer Flachwasserfazies zusammen mit Gigantostraken und Ostracoden aufgefunden worden. Es sind aber anderwärts auch in rein marinen Sedimenten Fischreste nachgewiesen worden.

Alles in allem ist zu sagen, daß die Tierwelt der Silurzeit im ganzen schon viel mannigfaltiger

KARTE 3

Verteilung von Land und Meer im Gotlandium.

Land
Meer Küste



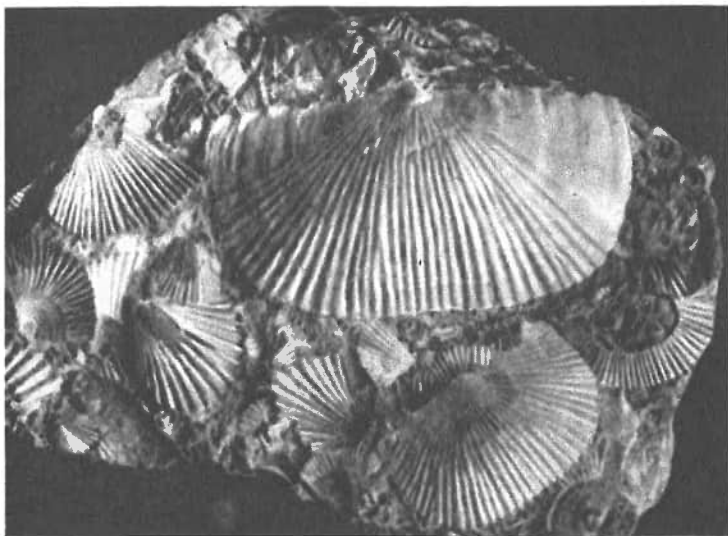


Abb. 3. Beyrichienkalk mit *Chonetes striatella* und *Rhynchonella nucula*. *Chonetes* und *Rhynchonella* sind Brachiopodengattungen, während die Beyrichien, nach dem Geologen E. Beyrich genannt, zu den Muschelkrebsen gehören. Diluvialgeschiebe aus dem Obersilur (Gotlandium). Finkenheerd bei Frankfurt (Oder). (3mal vergr.)

war als die des Kambriums. Wichtig ist auch der Nachweis, daß im Silur Landpflanzen vorhanden waren, während Meerespflanzen, insbesondere Kalkalgen, in dieser Formation bisweilen schon gesteinsbildend auftreten.

Es sei nun noch kurz auf die Entwicklung des Silurs in Deutschland hingewiesen: In Ostthüringen wurden im Ordovizium fossilarme küstennahe Sedimente eines Flachmeeres gebildet, vielfach Schiefer, deren eine Art eigentümliche Gebilde (Phycodes) enthält, die als Grabespuren von Würmern gedeutet werden. Wirtschaftlich von Bedeutung sind die ebenfalls dem Unteren Silur angehörenden ostthüringischen Eisenerze (Eisenerz bei Schmiedefeld).

Während das ordovizische Flachmeer in Deutschland anscheinend nur eine verhältnismäßig geringe Ausbreitung gehabt hat, überschwemmte das Meer der Obersilurzeit weite Regionen des deutschen Raumes. Im ostthüringischen Schiefergebirge sind gut zugängliche Graptolithenschiefer ebenso vorhanden wie in der Lausitz. Über den Harz und den Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges lassen sich gotlandische Graptolithenschiefer bis nach Belgien und zur

nordfranzösischen Landschaft Artois, ja bis in die Bretagne nachweisen. Sie sind zum Teil von grauen, verschiedenartige Gemengteile enthaltenden Sandsteinen, sogenannten „Grauwacken“, begleitet.

Das Bild der Silurformation wäre höchst unvollständig, wenn man nicht die kaledonische Gebirgsbildung erwähnen würde, die als intensive Faltung in mehreren Phasen erhebliche Teile der Erdrinde umgestaltet hat. In Nordeuropa entstand dabei das sogenannte Kaledonische Gebirge, das nach Caledonia, dem lateinischen Namen von Nordschottland, benannt ist. Dieses Gebirgssystem bildete damals einen großen Bogen, der von Irland über Schottland, Skandinavien und Spitzbergen bis nach Grönland reichte.

Im Zusammenhang mit dieser Gebirgsbildung fanden auch im Bereiche der deutschen Mittelgebirge Bewegungen statt. Sie hatten das Ergebnis, daß große Teile Deutschlands zu Beginn der folgenden Formation, nämlich des Devons, Festland waren.

In Nordamerika schufen Faltungsvorgänge um die Wende vom Unteren zum Oberen Silur ein Mittelgebirge, das sich von Virginien bis nach Neufundland erstreckte. Da sich in Nordamerika infolge der Krustenbewegungen während der Silurperiode Meereseinbrüche und Festlandszeiten wiederholt ablösten, zeigt gerade das nordamerikanische Silur einen außergewöhnlich großen Reichtum an Tierformen.

Die gewaltigen Mächtigkeiten, die in manchen Gegenden der Erde von silurischen Sedimenten erreicht werden, sprechen für die Annahme, daß die Silurperiode besonders lange gedauert haben muß. In der Tat hat man mit der Bleimethode festgestellt, daß die Silurzeit vor etwa 490 Millionen Jahren begonnen und im ganzen rund 120 bis 130 Millionen Jahre gedauert hat.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, daß sich unter den unzähligen Sedimentärgesteinen, die während der diluvialen Vergletscherung durch das Inlandeis aus Skandinavien und dem

gesamten Ostseeraum in das mitteleuropäische Flachland geschleppt wurden, eine Fülle von Silurgesteinen, sowohl aus dem Ordovizium wie auch aus dem Gotlandium, befindet.

DEVON

Die Devonformation hat ihren Namen von der englischen Grafschaft Devonshire. Damit ist schon gesagt, daß England eines der Gebiete ist, in denen Gesteine dieser Formation anstehen. Viel reicher als im englischen Raum aber ist das Devon im Rheinischen Schiefergebirge entwickelt, wo die devonischen Gesteine auch außerordentlich große Mächtigkeiten erreichen (bis zu etwa 8000 m!). Diese gewaltigen Sedimentmächtigkeiten hier wie anderwärts zwingen zu der Annahme, daß eine derartige Sedimentation, gleichgültig, wie auch immer sie erfolgte, das Vorhandensein entsprechender Senkungströge (Sammelmulden, Geosynklinalen) zur Voraussetzung hatte. Wir wissen auch, daß diese devonischen Geosynklinalen, nachdem sie ihre „Reife“ erlangt hatten, in der folgenden Formation, dem Karbon, in den Zustand der Auffaltung, also der Gebirgsbildung, übergingen.

In Deutschland umfaßte ein solcher Senkungstrog anfänglich nur das Gebiet des heutigen Rheinischen Schiefergebirges; aber schon im oberen Unterdevon dehnte sich dieser Trog bis in die Gegend des Harzes aus, und im Mitteldevon endlich war auch das Land Sachsen in den Sedimentationsraum einbezogen, der dann noch weiter nach Osten ausgriff. Es breitete sich also während der Devonzeit das Meer in Deutschland immer mehr nach Osten hin aus.

Im Zusammenhang mit der zunehmenden Senkung und Ausdehnung der großen devonischen Geosynklinale brachen beträchtliche Mengen basischer Glutflüsse hervor und erstarrten zu Diabasen, Melaphyren und Keratophyren. Vielfach erfolgten diese Ergüsse in der Tiefe des Meeres; dabei gelangten eisenreiche Dämpfe in das

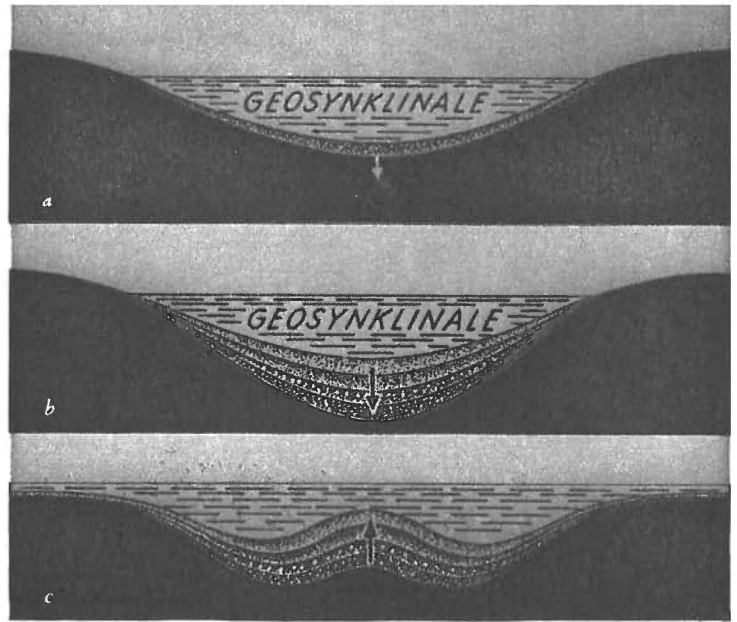


Abb. 4. Eine Geosynklinale, also eine bewegliche, tief und verhältnismäßig rasch einsinkende Zone der Erdrinde. Diese Zone wird infolge ihrer Senkung in der Regel vom Meer und seinen Sedimenten bedeckt und später zu einer Stätte der Faltung (Beringer).

a) Frühes Stadium der Senkung und Sedimentation.

b) Fortschreitende Senkung und Sedimentation.

c) Beginnende Auffaltung.

Meerwasser. Dadurch reicherten sich Eisenverbindungen an, die sich wieder ausschieden und Roteisenerz bildeten (Lahn-Dill-Gebiet). An manchen Stellen wurden bereits vorhandene Kalksedimente des Devonmeeres nachträglich vererzt (Massenkalk von Elbingerode im Harz). So entstanden wirtschaftlich wichtige Erzlagerstätten.

Die Gesteine der devonischen Sedimentationsräume sind außerordentlich mannigfaltig. Je nach den faziellen Verhältnissen treten Sandsteine und Quarzite (= Sandsteine, deren Quarzkörner randlich aufgelöst und dann zu einem sehr feinkörnigen Gefüge verbunden wurden), Ton-schiefer, Plattenkalke, Korallenriffkalke, Knotenkalke, Mergel, Dolomite und andere auf. Dazu kommen dann noch die bereits erwähnten vulkanischen Gesteine und die Erze. Das Rheinische Schiefergebirge und der Harz bieten genügend Gelegenheit, die verschiedenartigen Devon-gesteine gründlich zu studieren.



Abb. 5. Gefalteter Knotenkalk des Oberen Devons bei Fischersdorf.

Nachdem wir eben die geologischen Verhältnisse des deutschen Devons geschildert haben, wollen wir nun einige andere Devongebiete einer kurzen Betrachtung unterziehen. Zur Zeit des Devons trennte eine mitteleuropäische Insel das nördlich von ihr gelegene deutsche Devonmeer von einem großen Südmeer, der „Tethys“. Dieses devonische Südmeer erstreckte sich von Südengland durch das heutige Mittelmeergebiet nach Kleinasien und ist von dort um die ganze Erde herum zu verfolgen. Es handelt sich hierbei um die große Mittelmeer-Geosynklinale, die anfänglich noch durch Schwellen gegliedert war. Später wurde diese mediterrane Geosynklinale zu einem einheitlichen riesigen Kanal, der eine weite Verbreitung der Meeresfaunen ermöglichte.

Von ganz anderer Beschaffenheit war zu der gleichen Zeit das im Norden gelegene Gebiet, in dem der „alte rote Sandstein“ (englisch = Oldred) entstand. Hier hatte die kaledonische Gebirgsbildung das geographische Bild der Erdoberfläche weitgehend umgestaltet. Die nördlichen Festlandskerne Laurentia (Kanada + Grönland), Fennosarmatia (Skandinavien + Finnland + Nordgebiete des europäischen Teiles der UdSSR) und Angara (nördliches Mittelsibirien), die im Silur teilweise vom Meere überflutet worden waren, hoben sich schildförmig heraus. Laurentia und Fennosarmatia lieferten

dann das Material für die Oldred-Sedimente, während das Angaraland mindestens im Unterdevon durch weit nach Norden ausgreifende Meeresarme von Laurentia und Fennosarmatia getrennt blieb.

Gleichzeitig bestand südlich der Tethys als deren südliche Begrenzung ein großer Kontinent, der sich aus den alten Festlandsblöcken Brasiliens, Zentralafrikas, Indiens und Australiens zusammensetzte. Dieser Südkontinent, von dem auch noch in anderen Formationen die Rede sein wird, heißt „Gondwanaland“. Im Süden des Gondwanalandes wiederum sind Sedimente eines Meeresgürtels nachgewiesen; jedoch hatten die Meere dieses Gürtels nur eine geringe Wassertiefe. Die Faunen der einzelnen Devongebiete sind naturgemäß je nach der Beschaffenheit der von ihnen bewohnten Lebensräume außerordentlich voneinander verschieden. Dabei sind, ganz abgesehen von den grundsätzlichen Unterschieden, die selbstverständlich zwischen Landfaunen und Meeresfaunen bestehen, auch bei den Meeresfaunen selbst erhebliche Abweichungen vorhanden, die nicht nur paläogeographische Gründe haben, sondern teilweise auch auf Faziesunterschieden und innerhalb ein und desselben Gebietes auf wiederholtem Fazieswechsel beruhen.

Was nun die einzelnen Tiergruppen betrifft, so haben unter den Gliederfüßern die Trilobiten offenbar den Höhepunkt, den sie im Silur erreicht hatten, überschritten und sind während der Devonzeit bereits im Abnehmen. Sie spielen auch als Leitfossilien keine große Rolle und werden in dieser Hinsicht von den im Devon stratigraphisch außerordentlich wichtigen Brachiopoden übertroffen. Auch gewisse Cephalopoden, die Alt-Ammoniten, sind als Leitfossilien zu nennen. Neben diesen Tieren sind auch die Korallen von Bedeutung. Von den Stachelhäutern können die Seelilien gelegentlich gesteinsbildend auftreten. Außerdem werden im rheinischen Unterdevon auch See- und Schlangensterne vorzüglich erhalten gefunden.

Ein besonderes Interesse gebührt den devonischen Fischen, die sich in überraschender Mannigfaltigkeit entwickeln und eine große Anzahl sehr verschiedenartiger und zum Teil höchst eigentümlicher Formen aufweisen, z. B. die berühmten devonischen Panzerfische. Man hat fossile Fische der Devonzeit sowohl in rein marinen Sedimenten als auch in den Oldred-Ablagerungen gefunden.

Stärkste Beachtung verdient auch die Tatsache, daß eine dänische Grönlandexpedition vor etwa 25 Jahren in Ostgrönland Reste äußerst primitiver Amphibien gefunden hat. Die Devonzeit hat vor etwa 360 Millionen Jahren begonnen und rund 60 Millionen Jahre gedauert.

Im mitteleuropäischen Flachland treten die Geschiebe devonischen Alters zwar an Menge gegenüber den zahllosen Silurgeschieben sehr zurück, aber sie sind in den meisten Gegenden, namentlich nach Osten hin, auch nicht gerade so große Seltenheiten, wie man noch vor Jahrzehnten angenommen hat. Es sei in diesem Zusammenhang auf Kalk- und Dolomitgeschiebe, die gelegentlich eine gut erhaltene marine Devonfauna enthalten, und auf die ebenfalls devonischen sogenannten Kugelsandsteine hingewiesen.

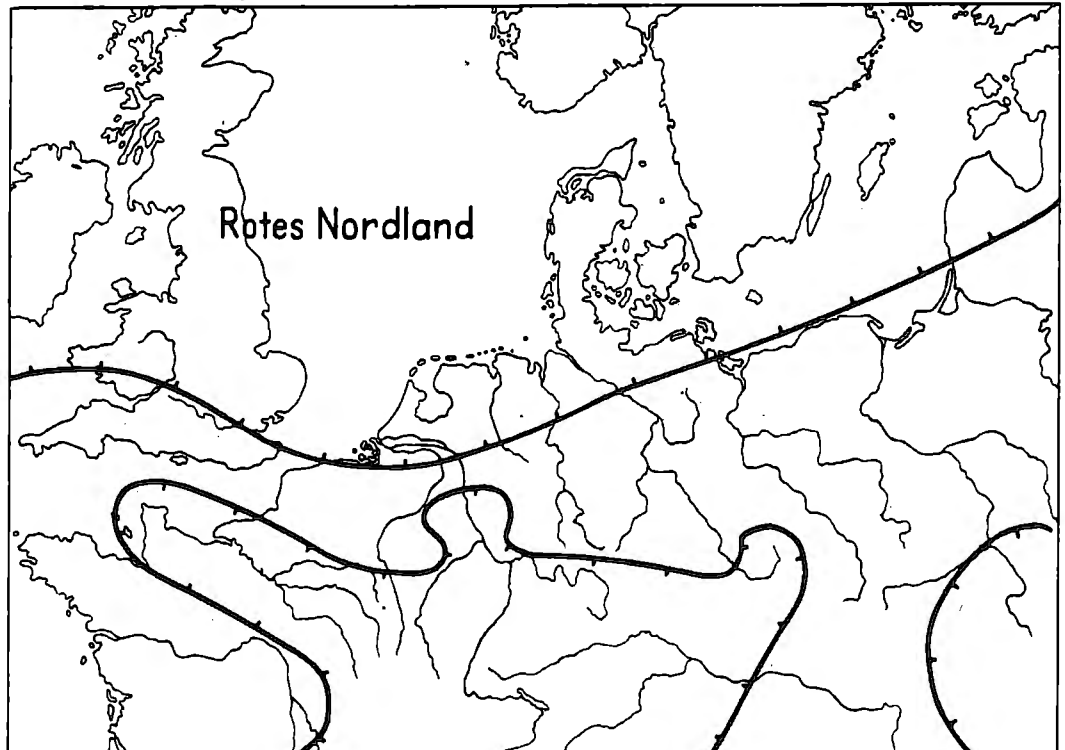
KARBON

Das lateinische Wort „carbo“, auf das der Formationsname Karbon zurückgeht, bedeutet Kohle. Man kann das Karbon auch Steinkohlenformation nennen. Beide Namen sind seit langem gebräuchlich. Bereits im Jahre 1822 wurde in England zum ersten Male für eine Gesteinsfolge, welche neben anderen Sedimenten auch flözführende Schichten umfaßte, die Bezeichnung Karbon gebraucht, und im Jahre 1839 nahm der englische Geologe Murchison die stratigraphische Abgrenzung der Steinkohlenformation nach unten und nach oben hin im wesentlichen schon so vor, wie sie heute noch üblich ist. Es muß hier aber bemerkt werden, daß gewöhnlich nur die obere Abteilung der Formation, das produktive Karbon, Steinkohle führt und daß selbst in diesem Teil des Karbons in den wichtigsten Kohlengebieten der Erde die Steinkohle nur etwa 2 bis 4% der Gesamtmächtigkeit ausmacht. Es hat also ein auffallendes und außerdem wirtschaftlich sehr wertvolles Gestein, die Steinkohle, der ganzen Formation den Namen gegeben, obwohl die Kohlenflöze selber nur einen geringen Bruchteil aller überhaupt im Karbon vorhandenen Gesteine ausmachen. Auch bei

KARTE 4

Verteilung von Land und Meer im Oberdevon.

Land
Meer Küste

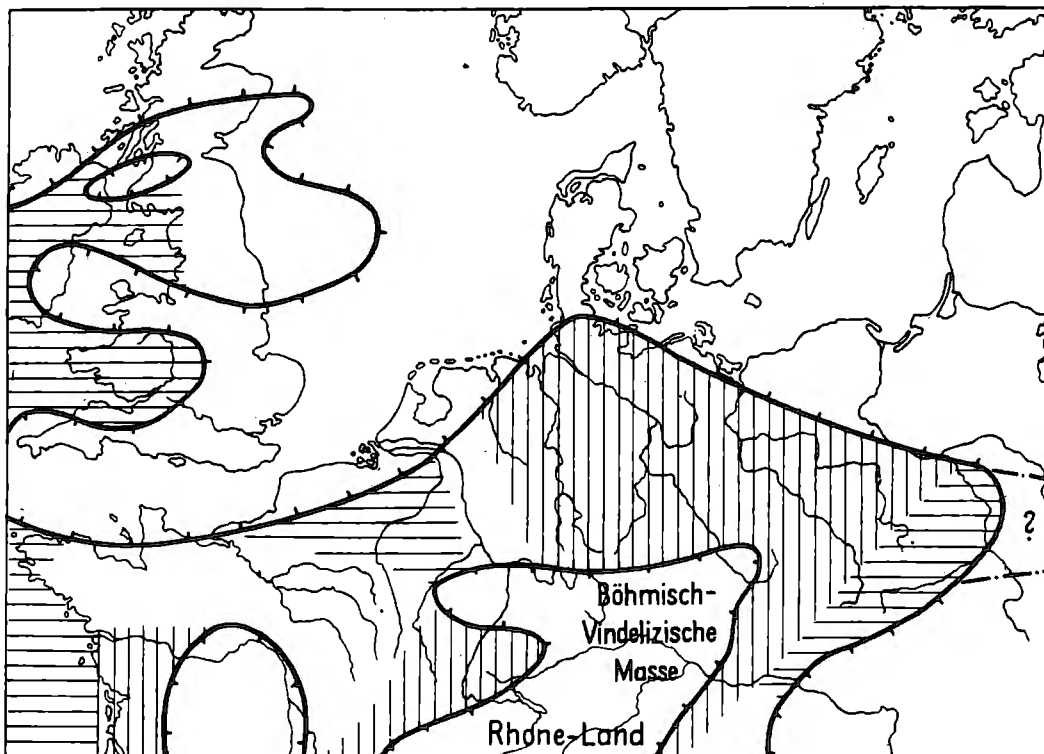


der Kreide und dem Tertiär (Braunkohlenformation) finden wir etwas Ähnliches.

Es sind nicht nur während des Karbons, sondern auch zu anderen Zeiten der Erdgeschichte Steinkohlen entstanden. Dennoch bleibt die Tatsache bestehen, daß reichlich 50% aller gegenwärtig bekannten Steinkohlevorkommen der Erde dem Karbon angehören. Der Name Steinkohlenformation ist daher durchaus berechtigt. Was die Gliederung dieser Formation betrifft, so ist bereits von der oberen Abteilung, dem produktiven Karbon, die Rede gewesen. Damit ist schon angedeutet, daß dem produktiven oder jüngeren Karbon ein älteres Karbon vorausgeht. Die untere Abteilung, das ältere oder Unterkarbon, in Nordamerika Mississippian genannt, ist dadurch gekennzeichnet, daß in ihm Meeresablagerungen eine sehr erhebliche Rolle spielen. Diese enthalten eine reiche Fauna, an deren Zusammensetzung gewisse gehäusetragende Einzeller, die Foraminiferen, ferner Korallen, Seelilien, Brachiopoden, Muscheln und Alt-Ammoniten (Goniatiten) beteiligt sind. Die marinen Sedimente bestehen oft aus Kalken (besonders im linksrheinischen Gebiet). Deshalb wird das Unterkarbon hier gewöhnlich Kohlenkalk genannt. Anderwärts treten im Unterkarbon gleich-

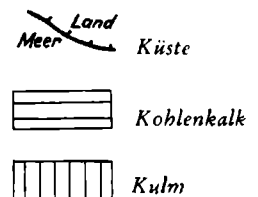
altrige Sedimente ganz anderer Beschaffenheit, nämlich Konglomerate, Grauwacken, Sandsteine und Tonschiefer, auf. Diese Ausbildung (Fazies) des Unterkarbons tritt vorwiegend rechts des Rheins auf und wird Kulm genannt. Wichtig sind in diesem Zusammenhang auch dunkle Kieseliefer (Lydite), die nicht selten reich an kieselgehäusetragenden Einzellern (Radiolarien) sind und wegen ihrer großen Widerstandsfähigkeit längere Transporte aushalten und infolgedessen weithin verschleppt werden können. Manchenorts haben sich während der Zeit des Unterkarbons auf dem Festland Kohlen gebildet. Man kann das Unterkarbon (oder Dinant) in eine Tournai- und eine Visé-Stufe gliedern. Die der Tournai-Stufe vorausgehende Etroeungt-Stufe ist, wie neuere Untersuchungen ergeben haben, mindestens zum Teil noch in das Oberdevon zu stellen.

Die obere Abteilung, das jüngere oder Oberkarbon, in Nordamerika Pennsylvanian genannt, besteht in manchen Steinkohlenrevieren Europas aus vorwiegend festländischen Sedimenten, Grauwacken, Sandsteinen und Tongesteinen, die mit zahlreichen Kohlenflözen abwechselnd lagern. Konglomerate sind im Oberkarbon verhältnismäßig selten. Dagegen sind in vielen



KARTE 5

Verteilung von Land und Meer im Unterkarbon. Linksrheinisch vorwiegend Kohlenkalk, rechtsrheinisch vorwiegend Kulm.



Karbonebenen in die Serien der Festlandsgesteine marine Ablagerungen eingeschaltet, und regional können Meeressedimente sogar die Oberhand gewinnen. Als Stufenbezeichnungen verwendet man im Oberkarbon die Namen Namur, Westfal und Stefan. Das Karbon war eine Zeit, in welcher die Erdkruste äußerst lebhaft Bewegungen durchmachte. Daher lösen auch bisweilen an ein und demselben Ort Sedimente sehr verschiedener Beschaffenheit einander rasch ab. Bei diesen Bewegungsvorgängen handelte es sich einmal um großräumige Hebungen und Senkungen von Teilen der Erdkruste, also um tektonische Veränderungen, die im wesentlichen Verbiegungen der Kruste waren, während Brüche gewöhnlich ausblieben (epirogenetische Bewegungen). Zum anderen aber waren es großartige Gebirgsbildungen, also Stauchungen, Faltungen und Überschiebungen (orogener Bewegungen), die die Entstehung der „Karbonischen Alpen“ zur Folge hatten.

Diese neue große Gebirgsbildung (Orogenese) ist die variscische (variskische, varistische oder auch jungpaläozoische) Faltung, deren Name von dem Volksstamm der Varisker hergeleitet ist. Man darf sich nun diese variscische Gebirgsbildung nicht als ein Naturereignis vorstellen, das

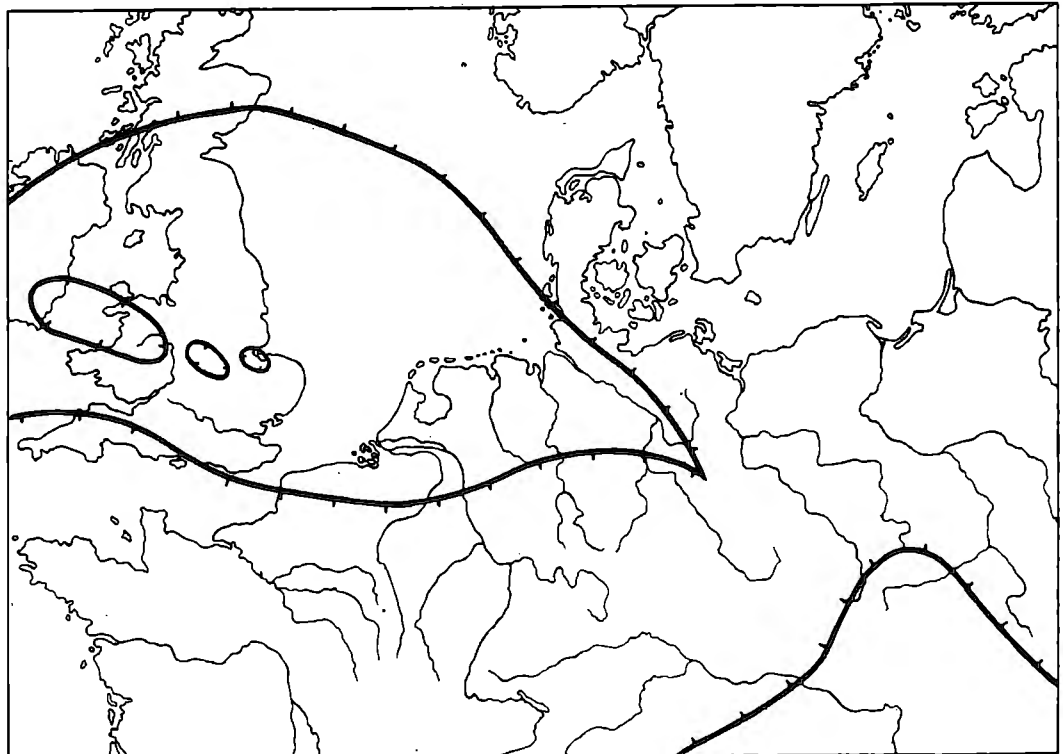
ganz plötzlich einsetzte, in einer, geologisch gesehen, verhältnismäßig kurzen Zeit die Karbonischen Alpen schuf und ebenso unvermittelt wieder aufhörte. Schon bei der Besprechung des Devons ist gesagt worden, daß während dieser Zeit in großen Senkungströgen (Geosynklinalen) sehr mächtige Sedimente abgesetzt wurden; diese devonischen Geosynklinalen gingen dann, nachdem sie ihre „Reife“ erlangt hatten, in eine Periode der Auffaltung über. Die variscische Gebirgsbildung ist schon im Devon vorbereitet worden. Man hat den Verlauf der variscischen Orogenese durch sehr gründliche Untersuchungen in vielen Gegenden bis ins einzelne klären können. Diese Untersuchungen erfolgten oft schon aus praktischen Gründen im Zusammenhang mit der Steinkohlengewinnung und wurden in den zahlreichen Steinkohlenrevieren der Erde durch die vorzüglichen Aufschlüsse, die der Bergbau schuf, außerordentlich gefördert. Es ist infolgedessen auch genau bekannt, wann sich diese Gebirgsbildungsvorgänge in den verschiedenen Regionen abgespielt haben, welches ihre verschiedenen Phasen waren und wann sie ihre Höhepunkte erreichten.

Eine altvariscische Faltung (Bretonische Phase, nach ihrem Vorkommen in der Bretagne) setzte

KARTE 6

Verteilung von Land und Meer im Oberkarbon. In Mitteleuropa hat eine Regression des Meeres stattgefunden, bedingt durch die Bewegungen der Erdkruste im Zusammenhang mit der variscischen Gebirgsbildung.

Land
Meer Küste



im obersten Devon, in Nordamerika sogar schon im Mitteldevon ein. Sie hatte um die Wende der Devon- zur Karbonzeit ihren Höhepunkt und reichte noch in das mittlere Unterkarbon hinein. So faltete sie im südlichen Schwarzwald die Schichten des unteren Kulms.

In Europa erlangte die mittelvariscische Faltung, mit einer wichtigen Phase zwischen Unter- und Oberkarbon (Visé-Namur, Sudetische Phase) eine besonders große Bedeutung. Das Ruhrgebiet wurde allerdings von der Sudetischen Phase nicht berührt. Erst während der Zeit des Oberkarbons (Asturische Phase) wurden das Sauerland und das anschließende Mittel- und Nordwestfalen von der Faltung erfaßt.

Die jungvariscische Gebirgsbildung, die in vielen Karbongebieten der Erde nachweisbar ist (Donez, Ural, Himalaja), gehört schon der dem Karbon folgenden Zeit des Perm an. Auch die in Nordamerika vor sich gehende „appalachische Gebirgsbildung“ ist permischen Alters.

Das Ergebnis der variscischen Gebirgsbildung war in Mitteleuropa das Variscische Gebirge. Es zog sich von Südwesten nach Nordosten quer durch Südwest- und Mitteldeutschland hin und bog dann in Sachsen nach Südosten um. Teile der Faltenzüge dieses Gebirges wurden lange nach ihrer Abtragung herausgehoben. Sie stiegen als große Schollen zwischen Bruchlinien empor. Diese Hebungsvorgänge erfolgten aber erst während der Kreide- und Tertiärzeit. Herausgehobene Teile des alten Variscischen Gebirges sind die heutigen deutschen Rumpfgebirge, z. B. das Rheinische Schiefergebirge, der Harz, der Thüringer Wald und das Erzgebirge. Dem Variscischen Gebirge in Deutschland entsprach in Westeuropa das Armoricanische Gebirge (Armorica = Bretagne), das sich von Südwestengland über die Bretagne bis nach Südostfrankreich erstreckte.

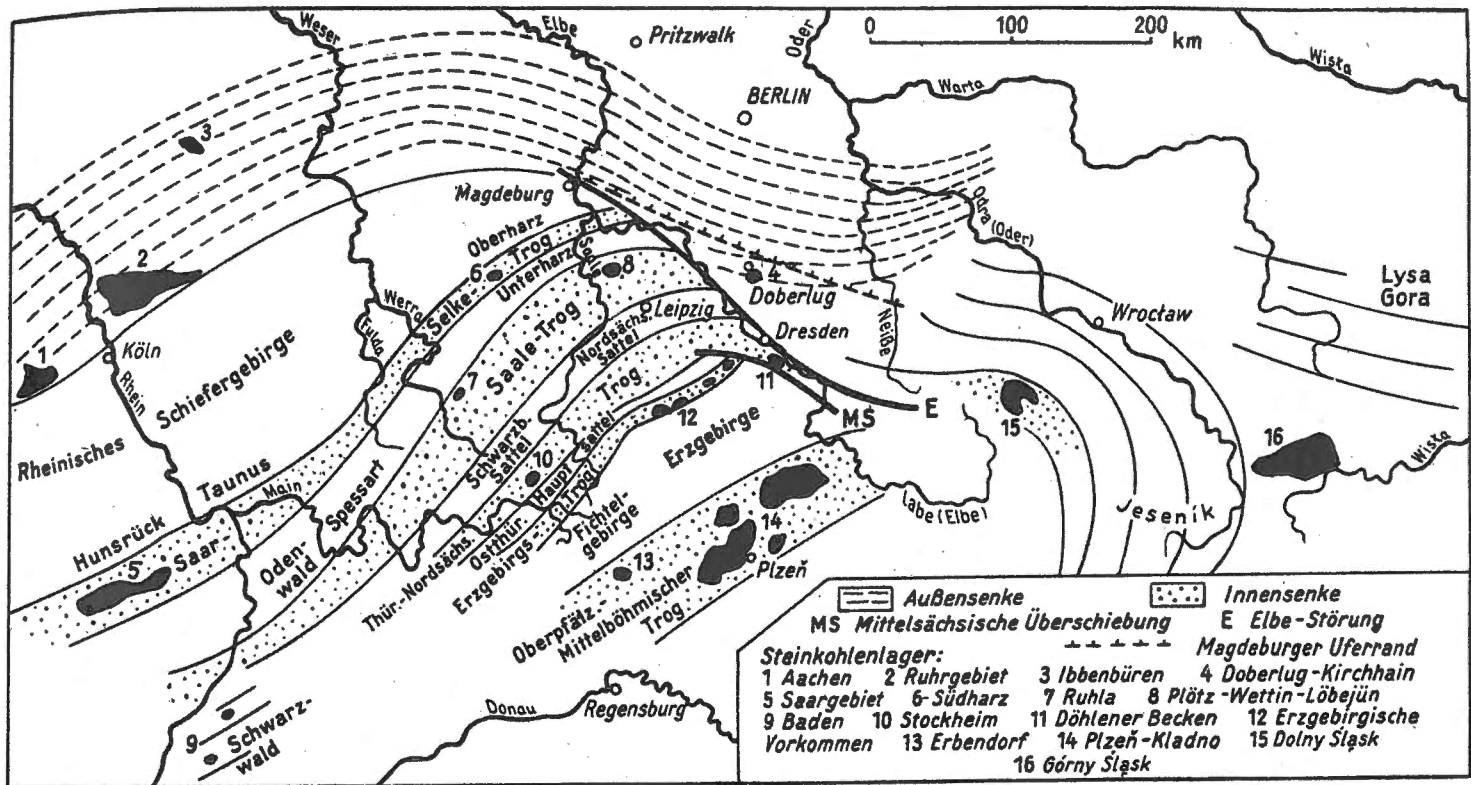
Zwischen den einzelnen parallel verlaufenden Gebirgszügen und im Vorland zogen sich große Senken hin (Innen- und Außensenken), die für die heutige Wirtschaft von besonderem Interesse

sind. Da die Faltung im Süden, also mit der Innenseite des Gebirgsbogens, begann und sich im Laufe der Zeit nach Norden verlagerte, so schob das entstehende und sich immer mehr ausdehnende Gebirge auf seiner Außenseite eine langgestreckte Senke vor sich her, die zunächst vom Meere erfüllt war. In dieser Vorsenke (Außensenke) kam es in Belgien, den Verhältnissen in Südwestengland entsprechend, zur Ablagerung von Kohlenkalk. Diese Kohlenkalkfazies läßt sich in Deutschland über die Gegend von Aachen bis an den Rhein nachweisen (Ratingen bei Düsseldorf). Weiter östlich gelangten in der Außensenke Sedimente der Kulmfazies zur Ablagerung. Alle diese Gesteine gehören dem Unterkarbon an.

Da mit der Auffaltung des Gebirges auch die Verwitterung einsetzte und die wasserreichen Gebirgsflüsse Schuttmassen von den Höhen in die Außensenke trugen, so konnten sich in ihr in verhältnismäßig kurzer Zeit mächtige Sedimente bilden. Im Oberkarbon erfaßte die Faltung auch die Vorsenke und entzog dadurch diese Gebiete dem Bereich des Meeres. Es entstanden im nördlichen Vorland des Gebirges ausgedehnte Landschaften mit Sümpfen und Waldmooren. In ihnen bildeten sich die den Torfen und dem Faulschlamm der Gegenwart entsprechenden Stoffe, die wir heute als Steinkohlen bezeichnen.

Da die Senkung andauerte, aber gewöhnlich durch die fortschreitende Sedimentation wieder ausgeglichen wurde, kam es in der Außensenke von Zeit zu Zeit immer wieder zur Bildung von Kohlen. So entstand allmählich eine ganze Anzahl von Kohlenflözen, die in Zeiten schnellerer Senkung bald mit Sand und Schlamm bedeckt wurden und infolgedessen heute durch entsprechende Gesteine (Sandsteine und Schiefertone) voneinander getrennt werden.

Neben der Außensenke auf der Nordseite des Variscischen Gebirges gab es auch Innensenken, die in Längsfurchen innerhalb des Gebirges lagen und infolgedessen, im Gegensatz zur



KARTE 7

Schwellen und Senken des Variscischen Gebirges im Oberen Karbon und Unteren Rotliegenden. — Nach Pietzsch.

Außensenke, keinerlei Beziehungen zum Meere hatten. Sie bildeten keine zusammenhängenden Rinnen, sondern waren in Einzelbecken gegliedert. In diesen Innensenken kam es ebenfalls zur Entstehung von Mooren und damit auch zur Bildung von Steinkohlen. Die Existenz und das lange dauernde Absinken der Senken war also eine der Voraussetzungen für die Entstehung unserer heutigen Steinkohlenlagerstätten in Mitteleuropa.

Eine weitere Voraussetzung für die Steinkohlenbildung war der Entwicklungsstand, den die Pflanzenwelt jener Zeit erreicht hatte, eben jene Welt der Farnpflanzen, der baumförmigen Schachtelhalme, der Schuppen- und Siegelbäume sowie der Farnsamer, die an anderer Stelle ausführlich gewürdigt wird.

Auch die klimatischen Verhältnisse der damaligen Zeit spielten eine Rolle. Die Erhebungen des

Variscischen Gebirges wirkten – ähnlich wie unsere heutigen Mittelgebirge oder der Nordrand der Alpen – für ihr Vorland als Regenfänger. Die vom Meere kommenden Luftströmungen gaben an die aufsteigenden Berghänge große Wassermassen ab. Es wurden also die Waldmoore des Vorlandes reichlich mit Niederschlägen versorgt. Außerdem waren die Temperaturen in jenen Regionen so hoch, daß sie im Verein mit den beträchtlichen Regenmengen ein ausgesprochen üppiges Pflanzenwachstum ermöglichten. Schwankungen der Temperatur mit den Jahreszeiten traten, wie sich belegen läßt, nur in geringem Maße auf.

Es wurde schon vorhin gesagt, daß die Innensenken, fern der See innerhalb des Gebirges gelegen, keine Beziehungen zum Meere hatten. Demgegenüber ging die gesamte Sedimentation und insbesondere die Steinkohlenbildung in der Außensenke in ständiger Meeresnähe vor sich, und hin und wieder erfolgten Meereseinbrüche, die zwar nicht von langer Dauer waren, aber vorübergehend zur Bildung mariner Gesteine

in der Außensenke führten. Diese Meeres-sedimente sind an ihren Fossilien gut zu erkennen und geben unter Umständen Leitschichten ab, die neben der Flora bei der genauen Gliederung des produktiven Karbons verwertet werden können. Es ist üblich, Steinkohlenlager, die in der Nähe des Meeres entstanden sind, als paralische Steinkohlen zu bezeichnen. Im Gegensatz dazu werden die in den Innensenken entstandenen Steinkohlenlager limnische Steinkohlen genannt. Beispielsweise sind die Steinkohlen des Ruhrgebietes paralische, die des Saargebietes limnische Kohlen.

Zu den paralischen Steinkohlenegebieten gehört auch das Steinkohlenvorkommen von Doberlug und Kirchhain in der Lausitz. Es nimmt unter den deutschen Karbonvorkommen insofern eine Sonderstellung ein, als es nicht dem produktiven Karbon, sondern, wie durch die Flora bewiesen werden konnte, dem obersten Unterkarbon angehört. Das unmittelbare Liegende des Unterkarbons bilden bei Doberlug, wie bereits erwähnt, fossilführende Schichten des marinen Kambriums.

Unter den Tieren erreichen die Foraminiferen im Karbon den ersten Höhepunkt ihrer Entwicklung. Sie sind sehr häufig und treten gesteinsbildend auf. Besonders die Fusulinen spielen als Leitfossilien eine Rolle.

Brachiopoden und Korallen sind hauptsächlich in der Kohlenkalkfazies verbreitet. Sie werden zur Gliederung des Unterkarbons benutzt. Muscheln sind stärker vertreten (Kulm) als in den vorangegangenen Formationen. Die Alt-Ammoniten (Goniatiten) werden vorwiegend für die Gliederung des Oberkarbons verwertet.

Mit der Entfaltung der Pflanzenwelt entwickeln sich Rieseninsekten. Die Panzerfische sind aus-

gestorben. An ihre Stelle sind Haie, Lungenfische und Schmelzschupper getreten.

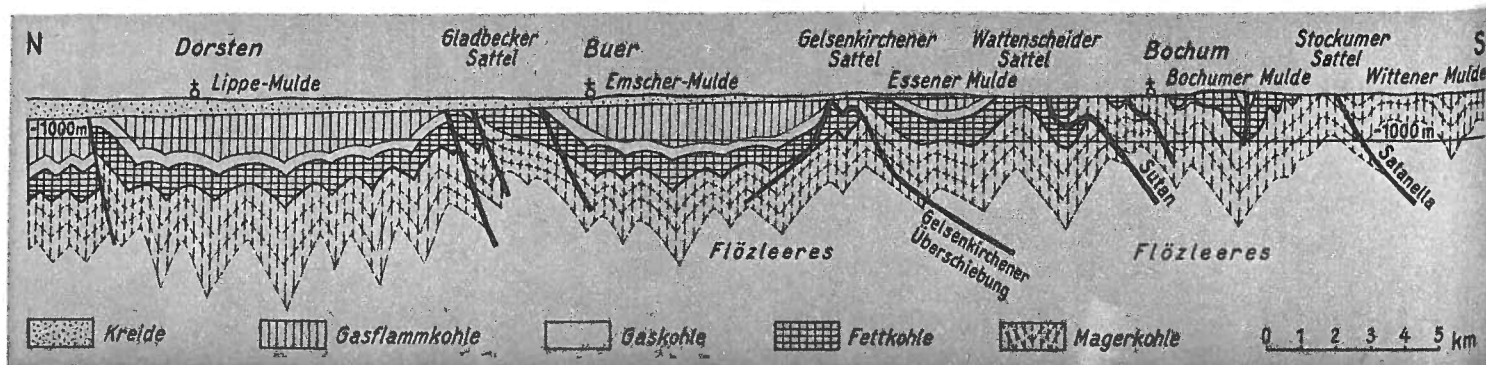
Eine Betrachtung der paläogeographischen Verhältnisse des Karbons würde hier zu weit führen. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß auch in der Steinkohlenzeit das schon im Devon vorhandene Gondwanaland bestand und das östliche Südamerika, Mittel- und Südafrika, Madagaskar, Indien und das westliche Australien umfaßte. Das Gondwanaland ist vor allem paläobotanisch durch eine besondere Flora, die Glossopteris-Flora, gekennzeichnet, außerdem durch Gesteine, die man als verfestigte Moränen einer damaligen Eiszeit deutet.

Über diese jungpaläozoische Vereisung im Bereiche des Gondwanalandes wird bei der Besprechung der Permformation noch einiges gesagt werden.

Im Verlauf der variscischen Gebirgsbildung drangen Glutflüsse im französischen Zentralmassiv, in den Vogesen, im Schwarzwald, ferner auch im Odenwald und Spessart, im Fichtelgebirge, im Erzgebirge, in der Lausitz und anderwärts bis unter die Oberfläche empor und erstarrten zu Gesteinen vom Charakter des Granits. Es ist sicher, daß die Hauptmasse der deutschen, insbesondere auch der süddeutschen Granite, karbonischen Alters ist. Dabei ist jedoch anzunehmen, daß die Glutflüsse nicht alle in der Tiefe erstarrten, sondern bisweilen örtlich zur Oberfläche durchbrachen und dort Vulkane bildeten. Freilich erfolgten die stärksten Ausbrüche wohl erst gegen Ende der variscischen Gebirgsbildung, vor allem in der auf das Karbon folgenden Zeit des Rotliegenden.

Die Karbonzeit hat vor etwa 300 Millionen Jahren begonnen und rund 70 Millionen Jahre gedauert.

Abb. 6. Profil durch das niederrheinisch-westfälische Steinkohlenegebiet. — Nach Kukuk.



Bei den vorausgehenden paläozoischen Formationen sind jeweils am Schlusse der Darstellung Angaben darüber gemacht worden, in welchem Ausmaß im Bereiche der diluvialen Inlandeisvergletscherung Nord-, Mittel- und Osteuropas Geschiebe der betreffenden Formation vorkommen. Vom Karbon ist zu sagen, daß echte Karbongeschiebe, abgesehen von denen örtlicher Herkunft, wie beispielsweise am Koschenberg bei Senftenberg oder in der Gegend von Halle, im mitteleuropäischen Flachland bis jetzt fast unbekannt sind. Vor Jahrzehnten fand sich in der Gegend von Kiel als Geschiebe ein grauer Kalk mit *Productus semireticulatus*, einem Leitfossil des Karbons. Ferner wurde einmal im Oder-raum (Wroclaw) eine gelbe Hornsteinknolle gefunden, die ebenfalls das genannte Leitfossil enthielt. Man hat seinerzeit versucht, dieses Geschiebe aus dem zentralrussischen Karbon herzuleiten. Es wäre aber im Hinblick auf die große Widerstandsfähigkeit solcher Hornsteinknollen wohl auch denkbar, daß es sich bei dem betreffenden Stück um ein Geschiebe oder Geröll südlicher Herkunft gehandelt hat.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß das erste Karbonkonglomerat, das in der Gegend von Doberlug als Konglomerat kulmischen Alters erkannt und beschrieben worden ist, nicht etwa aus dem anstehenden Karbon des Untergrundes stammte, sondern ein westlich des genannten Ortes gefundenes Geschiebe war. Damit ist erwiesen, daß der Aufsammlung auch sogenannter einheimischer Geschiebe eine große Bedeutung zukommen kann.

PERM

Die Permformation hat ihren heute üblichen Namen nach dem früheren Gouvernement Perm in Rußland. Der Name der Formation deutet also schon darauf hin, daß in den Gebieten etwas westlich des Urals diese Formation verbreitet ist.

Ein älterer Name derselben Formation ist die lange Zeit in Deutschland üblich gewesene



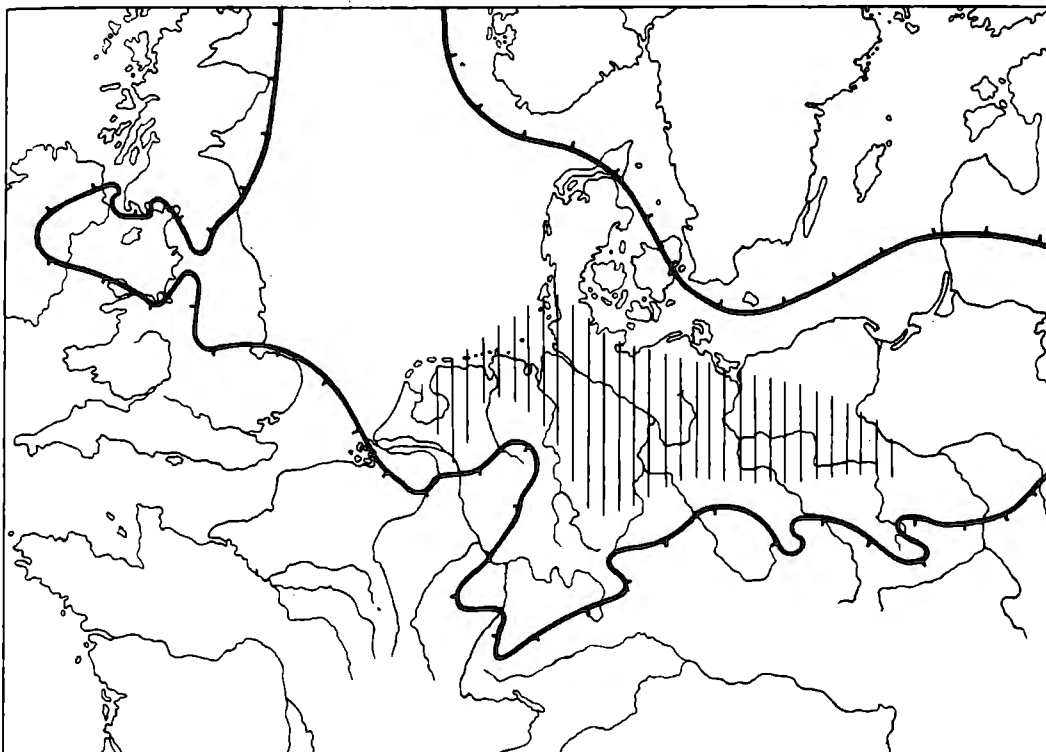
Abb. 7. Konglomerat des Oberen Rotliegenden, gebankt und felsbildend. Elgersburg.

Bezeichnung *Dyas*. Man hatte diese Formation in der deutschen Geologie so genannt, weil sie im deutschen Raum eine klare Teilung in zwei Abteilungen, Rotliegendes und Zechstein, aufweist. Beide Bezeichnungen stammen aus der Sprache der Mansfelder Bergleute. Zechstein war das Gestein, auf dem die Zechenhäuser standen. Die roten Sandsteine, die unter dem Kupferschiefer auftauchen, wurden das „rote, tote Liegende“ genannt, und aus dieser Bezeichnung hat sich dann der abgekürzte Name Rotliegendes entwickelt. Die Zweiteilung der deutschen Permformation in Rotliegendes und Zechstein kann aber nicht ohne weiteres auf andere Gegenden der Erde übertragen werden.

Wenn man zunächst die deutschen Verhältnisse in dieser Formation berücksichtigt, so ergibt sich folgendes Bild: Die Gesteine des Rotliegenden sind, wie schon der Name besagt, vielfach intensiv rot gefärbt. Sie verdanken ihre Entstehung geologischen Vorgängen, die bereits im Oberen Karbon begonnen hatten. Es wurde nämlich um die Zeit des Rotliegenden das Variscische Gebirge weiter abgetragen, und die vorhandenen Senken verfielen der Zuschüttung. Das Rotliegende wird gewöhnlich als Ablagerung aufgefaßt, die in einem wüstenähnlichen Klima entstanden ist; d. h. also, daß das Klima trocken und sehr warm war und die Eisenverbindungen in den Böden oxydiert wurden, wodurch

die rote oder braune Farbe der entstehenden Sedimente hervorgerufen wurde. Wenn sich kurze und heftige Regengüsse einstellten, wurden buntfarbige Tone in die Seen geschwemmt. Diese Seen veränderten ständig ihre Lage. Wir werden solche Verhältnisse in Deutschland noch einmal wiederfinden, und zwar im Buntsandstein, also in der unteren Abteilung der Triasformation. Außer den fossilarmen bis fossilereen roten Sandsteinen, Konglomeraten und Schiefer-tonen, die im Rotliegenden weit verbreitet sind, gibt es auch Gesteine wesentlich anderer Beschaffenheit, die zeigen, daß zu manchen Zeiten erheblich stärkere Niederschläge vorhanden waren. In den Zeiten dieses regenreicheren Klimas entstanden schwarze Tongesteine, und es kam örtlich zur Bildung von Kohlenflözen, die zwar heute wirtschaftlich keine erhebliche Bedeutung haben, aber paläobotanisch wichtig sind, da sie eine reiche Pflanzenwelt zur Voraussetzung hatten. Kohlenflöze des Rotliegenden sind beispielsweise die der Gegend von Ilfeld am Harz sowie von Manebach in Thüringen und die des Döhlener Beckens bei Dresden. Die geschilderten Verhältnisse mit aridem Klima führten im Gebiet der unteren Elbe und in Schleswig-Holstein schon während der Zeit des Rotliegenden zur Bildung

von Salzlagerstätten. Diese Ablagerungen bezeichnet man als salinares Rotliegendes. Charakteristisch für die Zeit des Rotliegenden ist außer dem vorwiegend wüstenartigen Klima die starke vulkanische Tätigkeit. Im Variscischen Gebirge drangen sehr große Mengen von Schmelzflüssen empor und ergossen sich in Form von Decken in das Land. Die auftretenden Ergußgesteine sind im wesentlichen Porphyre und Melaphyre. Zwischen den Ergußgesteinen liegen die aus vulkanischen Aschen entstandenen Tuffe. Gebiete, die sich durch reiche Porphyrvorkommen aus dem Rotliegenden auszeichnen, sind der Thüringer Wald und die Gegend von Halle. In der jüngeren Abteilung der Permformation, im Zechstein, war das Variscische Gebirge schon zu einem sehr großen Teil abgetragen. In Deutschland setzte eine Bodensenkung ein. Das Meer stieß von Norden vor und überflutete große Teile Deutschlands. Bei seinem Anrücken, der Transgression, entstand zunächst unter der Wirkung der Brandung ein Transgressionskonglomerat. Die Verhältnisse des Zechsteinmeeres waren denen des heutigen Schwarzen Meeres ähnlich. Das Bodenwasser war wenig durchlüftet und wurde schließlich fast sauerstofffrei. Es bildete sich das lebensfeindliche Schwefel-



KARTE 8

Verteilung von Land und Meer im Zechstein. Der Küstenverlauf wechselte häufig. Es waren zum Teil abgeschnürte Meeresbecken vorhanden, die bei ihrer „Eindampfung“ das Salz ausschieden.

Land
Meer
Küste
Verbreitung der Kalisalze

wasserstoffgas. Die zu Boden sinkenden tierischen Stoffe wurden in dem schwarzen Schlamm angereichert, während gleichzeitig in der Nähe der Küste das hinzutretende Grundwasser vom Festland her Verbindungen des Kupfers, des Bleis, des Zinns und des Eisens zuführte. Der Schwefelwasserstoff verband sich mit den Metallen, besonders mit dem Kupfer. Diese Schwefelverbindungen wurden ausgefällt und bildeten den Kupferschiefer. Seit Jahrhunderten wird Kupferschiefer in Deutschland abgebaut. Die wichtigste Kupferlagerstätte Deutschlands ist die Mansfelder Mulde.

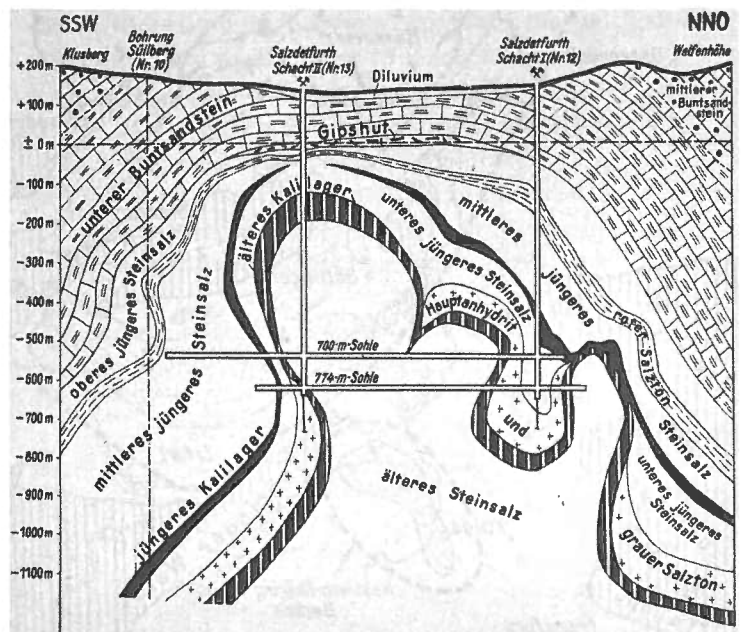
Recht mannigfaltiger Art sind die Sedimente des Zechsteins, die dem Kupferschiefer folgten. Sie deuten darauf hin, daß zeitweise ein lebhafterer Wasseraustausch mit dem damaligen Weltmeer stattfand und demzufolge günstigere Lebensverhältnisse im Zechsteinmeer herrschten. In der Nähe der Küsten wurden organische Stoffe in den entstehenden Gesteinen angesammelt und führten so zur Bildung des Stinkkalkes und des Hauptdolomits, eines Gesteines, das ein Doppelsalz von kohlensaurem Kalk und kohlensaurem Magnesium ist. Der Gehalt an solchen organischen Stoffen konnte so stark werden, daß es zur Bildung von Erdöl kam (Erdöl von Volkenroda in Thüringen). Vergleichsweise war in diesem Zechsteinmeer das Tierleben sogar ausgesprochen reich, wie in manchen Gegenden die Riffe bezeugen, die im wesentlichen aus den Kalkskeletten der sogenannten Moostierchen (Bryozoen) aufgebaut sind, aber daneben auch andere fossile Meerestiere enthalten (Bryozoenriffe in Thüringen). Andere Gesteine, die im Inneren des Meeresbeckens gebildet wurden, sind wasserfreier schwefelsaurer Kalk (Anhydrit) und ein Stinkschiefer, der ebenfalls organische Stoffe enthält. Nunmehr kam es zu großartigen Abschnürungsvorgängen, bei denen es im deutschen Zechsteinmeer zur Ausscheidung von Stein- und Kalisalzen kam. Über die Frage, wie die Ablagerungen des Steinsalzes und der Kalisalze zustande gekommen sind, ist viel dis-



Abb. 8. Vorn links: Zechsteinriff östlich Oppurg. Unten. Ausräumungs- und Senkungstal des Oberen Zechsteins, dahinter Buntsandsteinhöhen.

kutiert worden. Tatsache ist, daß die mächtigen Salzlagerstätten vorhanden sind und daß sie nur durch Eindampfung von Meerwasser entstanden sein können. Es handelt sich bei diesen Salzgesteinen des Oberen Zechsteins in Deutschland um Eindampfungsrückstände eines weitgehend abgeschlossenen Binnenbeckens. Um diese Abschließung zu erklären, arbeitet man gewöhnlich mit der Vorstellung von einer Barre, über die zwar Salzwasser in das Binnenmeer einströmte, die aber später gehoben wurde und eine Ausfällung der Salze in dem abgeschnittenen,

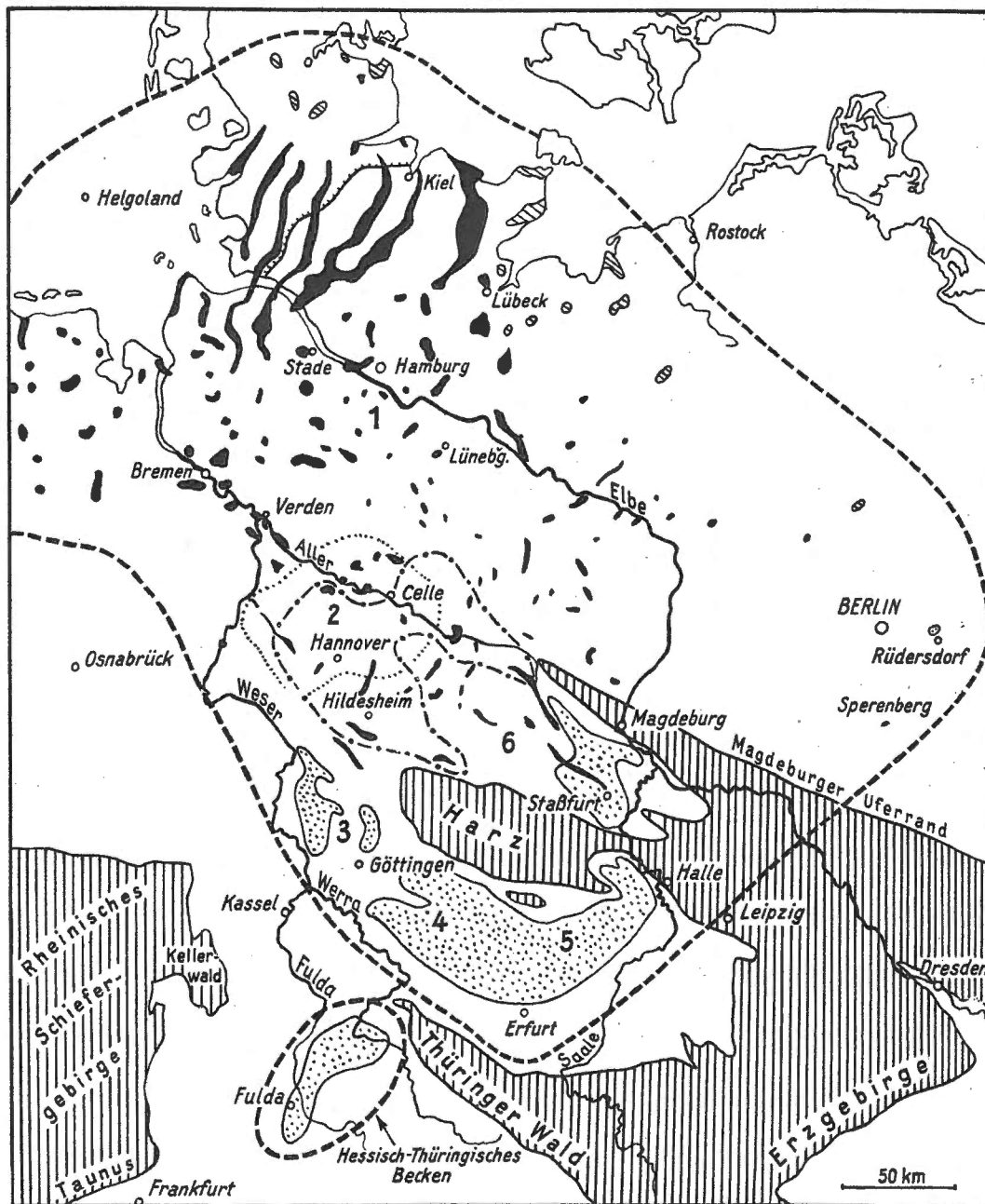
Abb. 9. Profil durch den Salzstock von Salzdetfurth bei Hildesheim. — Nach Fulda



verdampfenden Binnensee somit ermöglichte. Diese Barrentheorie geht auf Ochsenius zurück. Etwas andere Vorstellungen über die Entstehung der Salzlagerstätten entwickelte der hervorragende Kenner der deutschen Salzlagerstätten, Fulda.

Zu bedenken ist bei diesen Theorien, daß die Verbreitung der Salzlager außerordentlich groß ist und im mitteleuropäischen Raum vom Gebiet um Inowrazlaw (Polen) bis zum Niederrhein reicht. Man unterscheidet in Deutschland gewöhnlich drei verschiedene Salzbecken: 1. ein

Hauptbecken im Gebiet der Elbe, der Aller und der Weser. Hier fand die Salzbildung im Oberen Zechstein statt; 2. das hessisch-thüringische Becken im Gebiet der Werra und der Fulda. Die Salzbildung in diesem Becken erfolgte bereits im Mittleren Zechstein; 3. das niederrheinische Becken im Gebiet von Wesel und Xanten. Auch hier erfolgte die Salzbildung im Mittleren Zechstein. Innerhalb des Hauptbeckens kann man noch verschiedene Entwicklungen unterscheiden, die im allgemeinen nach den betreffenden Städten benannt werden.



KARTE 9

- Salzaufpressung vermutet
- Verbreitung des Kaliflozes „Ronneberg“
- Verbreitung des Kaliflozes „Riedel“
- flache Lagerung
- älterer Untergrund bzw. Gebirgsrümpfe

- 1 Norddeutscher Flachlandsbezirk
- 2 Nordhannoverscher Bezirk
- 3 Südhanoverscher Bezirk
- 4 Südharzbezirk
- 5 Saale-Unstrut-Bezirk
- 6 Magdeburg-Halberstädter Bezirk

Die großen Salzlagerstätten sind gewöhnlich in sogenannten Salzstöcken nachweisbar, d. h. in Auftragungen aus dem Untergrund, die bis in die Nähe der Erdoberfläche vorstoßen oder diese selbst erreichen. Zur Bildung dieser Salzstöcke müssen besondere Bewegungsvorgänge in der Erdkruste angenommen werden. Eine Erörterung dieser Fragen würde aber hier zu weit führen. Wenn ein Salzstock, der normalerweise nur unter völligem Wasserabschluß existieren kann, da Stein- und Kalisalze wasserlöslich sind, unter den Einfluß des Grundwassers gerät, was zunächst mit seinen obersten Teilen der Fall sein wird, so findet eine Auslaugung der Salze statt, und das in den Salzlagerstätten vorhandene wasserfreie schwefelsaure Kalzium (Anhydrit) wird durch hinzutretendes Wasser in wasserhaltiges schwefelsaures Kalzium, also in Gips, überführt. Es entsteht dadurch gewissermaßen als Gipfelregion des Salzstockes ein sogenannter Gipshut. Derartige Gipshüte können die Erdoberfläche erreichen und liegen beispielsweise in den Gipsvorkommen von Sperenberg südlich Berlins und von Segeberg in Holstein vor.

Die Steinsalzvorkommen der Zechsteinformation sind seit langem in Deutschland Gegenstand des Salzbergbaues. Verhältnismäßig spät (erst vor etwa hundert Jahren) hat die Gewinnung der Kalisalze eingesetzt, die man früher als unbrauchbar abräumte, um an das Steinsalz heranzukommen. Deshalb nannte man sie Abraumsalze.

Nachdem Justus Liebig die Bedeutung dieser Salze für das Wachstum der Pflanzen erkannt hatte, wurden die Kalisalze zum Hauptgegenstand des Salzabbaues gemacht. Daneben wird selbstverständlich der Abbau des für uns lebensnotwendigen Steinsalzes fortgesetzt.

Es sei hier bemerkt, daß die Bildung von Salzlagerstätten, wie sie gerade in Deutschland in großartiger Weise während der Zechsteinzeit erfolgte, nicht auf das jüngere Perm beschränkt ist, sondern auch in verschiedenen anderen Formationen stattfand.

Über die Tierwelt der Zechsteinzeit wurden schon einige Angaben gemacht. Sie ist in den Meeren anderer Gebiete viel besser entwickelt als in Deutschland. Wir finden im Perm z. B. einzellige Foraminiferen von erheblicher Größe; sie schließen sich an entsprechende Formen der Steinkohlenzeit an. Ferner spielen Brachiopoden, Muscheln und Schnecken, vor allem auch die Kopffüßer, unter denen mancherlei interessante Formen auftreten, eine Rolle. Auf die aus Moostierchen gebildeten Riffe der Zechsteinzeit wurde schon hingewiesen.

Die Wirbeltiere sind im Perm zunächst durch Fische vertreten, die sich an die der Steinkohlenzeit anschließen. Ferner sind, namentlich auch außerhalb Deutschlands, altertümliche Amphibien, sogenannte Stegocephalen, und auch Reptilien nachweisbar.

Eine eigentümliche Entwicklung zeigt die Permformation in den Südkontinenten. Zu diesen Südgebieten gehören Südamerika, Südafrika, Madagaskar, Vorderindien, Australien. Sie sind durch die Glossopteris-Flora gekennzeichnet. Außerdem ist bemerkenswert, daß in den Süderdteilen gelegentlich ein ausgesprochener Reichtum an Stegocephalen und Reptilien feststellbar ist.

Im Bereiche der eben genannten Gebiete der Erde hat im Perm auch eine Vereisung stattgefunden. Die verfestigten Moränen heißen Tillit.

Man hat aus der Richtung der Schrammen auf dem Untergrund auch Folgerungen auf die Bewegungsrichtung des Eises in jener Zeit ziehen können. Die Lage der Vereisungsgebiete in Südafrika, in Australien und in Südamerika bereitet aber der Paläoklimatologie außerordentlich große Schwierigkeiten, wenn man annimmt, daß jene Teile der Erde schon in der Permformation genau an denselben Stellen gelegen haben wie heute.

Die Permzeit hat vor etwa 230 Millionen Jahren begonnen; ihre Dauer betrug rund 30 Millionen Jahre.

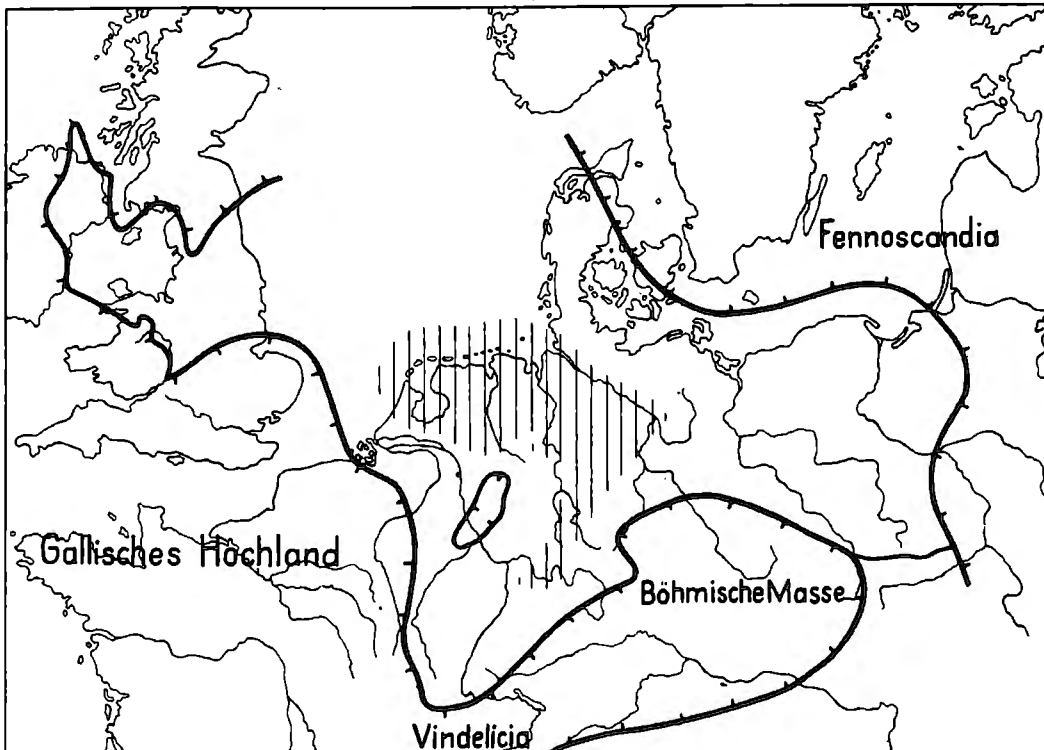
MESOZOIKUM

TRIAS

So wie sich der alte Name *Dyas* für die Permformation aus der Zweiteilung dieser Formation in Deutschland ergeben hatte, verdankt die Trias ihren Namen ebenfalls einer in Deutschland bestehenden klaren Dreigliederung ihrer Schichtenfolge. Es muß aber stärkstens betont werden, daß diese in der deutschen Geologie schon vor langer Zeit üblich gewordene Dreiteilung, nämlich in Buntsandstein unten, Muschelkalk in der Mitte und Keuper oben, im wesentlichen nur in Zentraleuropa Gültigkeit hat. Anderwärts auf der Erde ist eine solche Dreigliederung dieser Formation nicht möglich; es wird vielmehr außerhalb Deutschlands die „Trias“ – diesen Namen hat man allgemein beibehalten – in ganz anderer Weise gegliedert, und man kann durchaus nicht immer einzelne Stufen der deutschen oder, wie man zu sagen pflegt, „germanischen“ Trias so in das internationale Schema der Triasgliederung einfügen, daß die untere und die obere Begrenzung einer bestimmten Stufe in Deutschland mit den Begrenzungen einer etwa gleichaltrigen Stufe der internationalen Trias-

gliederung übereinstimmt. Da die außerdeutsche Trias zunächst in den Kalkalpen gut entwickelt und untersucht ist, pflegt man im Gegensatz zur germanischen von der alpinen Trias zu sprechen.

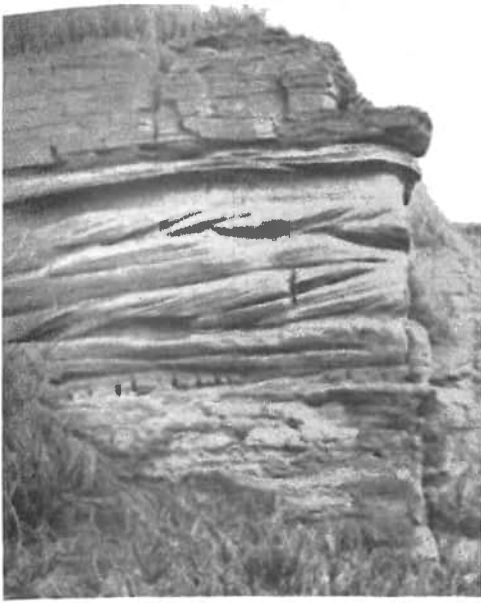
Die Ursache für die Unmöglichkeit einer vollständigen Parallelisierung der deutschen Trias mit der anderwärts üblichen Einteilung ist darin zu suchen, daß, ähnlich wie schon im Perm, in Deutschland geologische Verhältnisse herrschten, die man beim Vergleich mit den Verhältnissen in anderen Ländern als ungewöhnlich bezeichnen muß. Die Ablagerungen der germanischen Trias sind entweder Landbildungen (z. B. der Untere und der Mittlere Buntsandstein), oder aber sie sind in einem ausgesprochenen Binnenmeer entstanden, dessen Fauna zwar nicht selten reich an Individuen, im allgemeinen aber verhältnismäßig arm an Arten war (Muschelkalk). Demgegenüber sind die Sedimente der alpinen Trias als Gesteine aufzufassen, die in offenen Meeresräumen entstanden sind. Es besteht also zwischen der germanischen und der alpinen Trias etwa der Unterschied, der in der Gegenwart zwischen der Fauna der Ostsee einerseits



KARTE 10

Das Buntsandsteinbecken (Oberer Bs.). Während des Buntsandsteins herrschte in Mitteleuropa arides Klima. Das Land war nicht vom Meer bedeckt. Es war eine Beckenlandschaft, die zeitweise durch episodisch auftretende Regengüsse überschwemmt wurde. Erst im Röt brach das Meer in dieses Becken ein.

Beckenrand
Verbreitung der Rötalsalze



*Abb. 10.
Mittlerer
Buntsandstein
mit Diagonal-
schichtung und
Wurmhöhlen-
schicht.
Verwitterte alte
Bruchwand.
Haynsburg bei
Zeitz.*

und der des Golfes von Biskaya oder des europäischen Nordmeeres andererseits besteht. Im einzelnen ist über die Zeit des Unteren und des Mittleren Buntsandsteins zunächst zu sagen, daß in Deutschland ein heißes Klima in teilweise wüstenartigen Gebieten herrschte. Es wurden während dieser Stufen rote und weiße Sandsteine und Konglomerate abgelagert, die allgemein in dieser Weise gedeutet werden. Binnenseen, die von gelegentlichen Regengüssen gespeist wurden und manchmal wohl ähnlich wanderten wie der heutige Lop-nor in Zentralasien, wurden von Krebstieren bevölkert, deren Reste sich in den tonigen Sedimenten der Seen vorfinden. Im ganzen sind sonst in diesen Schichten Fossilien nur sehr spärlich vorhanden. Am ehesten findet man noch Fährtenabdrücke eines Reptils, das den Namen *Chirotherium* (Handtier) erhalten hat. In Mitteldeutschland sind im Mittleren Buntsandstein zwei Muschelbänke nachgewiesen.

In der Zeit des Oberen Buntsandsteins, die in Deutschland auch Röt genannt wird, brach das Meer in den deutschen Raum ein. Es entstanden Mergel- und Tongesteine, auch Dolomite, deren Fossilien mit Sicherheit die Anwesenheit eines Meeres beweisen. Es müssen aber bisweilen Meereslagunen von der offenen See abgeschnit-

ten und dann eingedampft worden sein, denn es kam im Röt auch Gips und sogar Steinsalz zur Ablagerung. Auch in den nördlichen Kalkalpen enthalten die „Werfener Schichten“, die dem deutschen Buntsandstein entsprechen, an manchen Orten (Berchtesgaden, Hallstadt) Lagerstätten von Gips und Steinsalz. – Der deutsche Buntsandstein kann eine Mächtigkeit von etwa 1000 m erreichen. Er ist in Mittel- und Südwestdeutschland weit verbreitet, steht aber auch auf der Insel Helgoland und im Berliner Raum bei Rüdersdorf an.

Die Gesteine des Muschelkalks sind Ablagerungen eines Binnenmeeres, dessen Tierwelt, im wesentlichen Muscheln und Schnecken, schon vorher kurz beschrieben wurde. Leitfossilien des Muschelkalks sind unter anderem frühe Ammoniten, die sogenannten Ceratiten. Außerdem treten in manchen Gegenden gewisse Brachiopoden in ganzen Bänken auf. Auch Seelilien haben eine hohe Bedeutung.

Abb. 11. Buntsandstein. Helgoland.

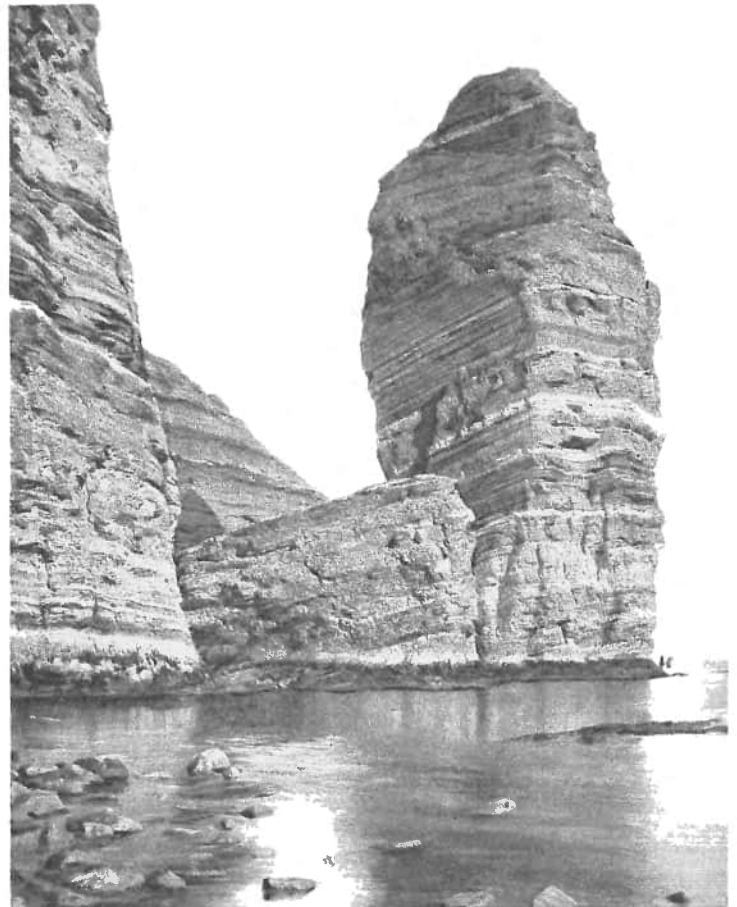




Abb. 12. Jenzig bei Jena. Typischer Muschelkalkberg mit flacherem Buntsandsteinsockel.



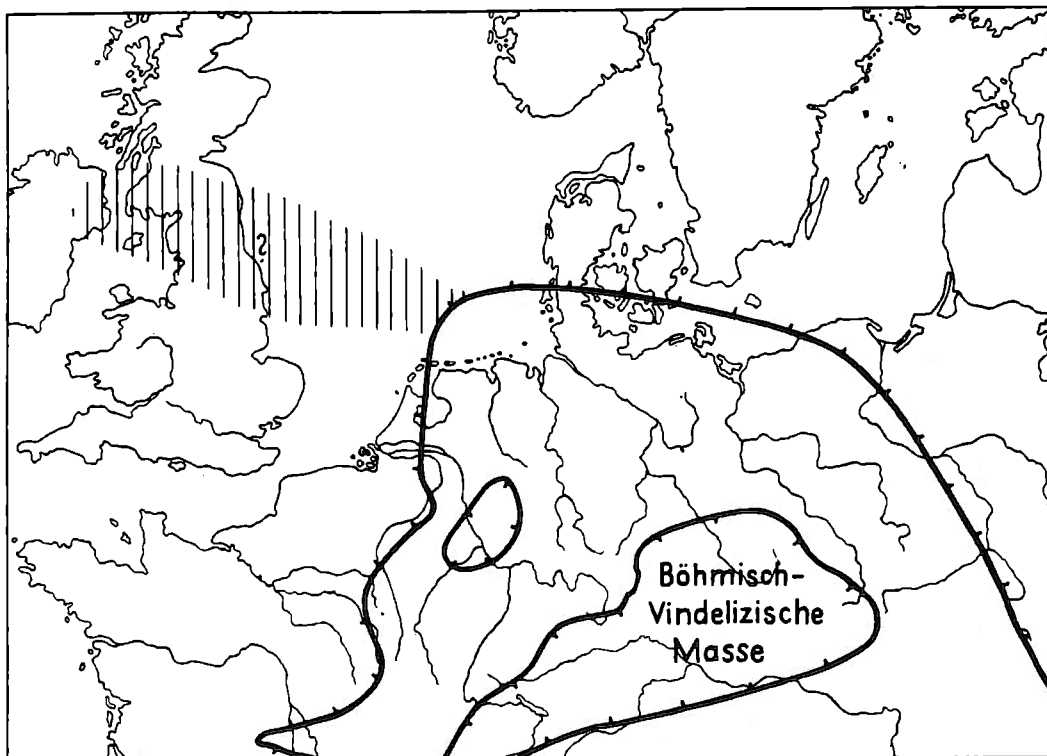
Abb. 13. Felswand der Reinsberge (nördlich Ilmenau). Unterer Muschelkalk.

Die außerordentlich verbreiteten Gesteine des Muschelkalkmeeres haben nach bestimmten Eigenschaften allgemein übliche Namen erhalten (Wellenkalk, Schaumkalk usw.). Gebiete mit ausgedehnten Muschelkalkvorkommen sind vor allem Thüringen und Südwestdeutschland.

Im Keuper müssen zeitweise ähnliche Verhältnisse geherrscht haben wie in der Zeit des Oberen Buntsandsteins. Es finden sich vielfach Sandsteine mit fossilen Pflanzen, außerdem Tonmergel, Dolomitbänke und anderes. Manche dieser Ablagerungen werden als Sedimente gelegentlicher Meereseinbrüche aufgefaßt, während andere Gesteine fraglos Landablagerungen sind.

Es kam sogar zur Bildung von Kohlenflözen, die zwar keine wirtschaftliche Bedeutung besitzen, aber der unteren Stufe des Keupers zum Namen „Kohlenkeuper“ verholfen haben. Auf den Kohlenkeuper folgt dann der Mittlere Keuper, dessen Name „Gipskeuper“ schon darauf hindeutet, daß es zu dieser Zeit, den Sedimentationsverhältnissen während des Röt entsprechend, auch zur Bildung von Gips und gelegentlich selbst etwas Steinsalz gekommen ist.

Während des Oberen Keupers, der auch Rhät genannt wird, kam es abermals zu Meereseinbrüchen. In diesen Meeren wurden manchenorts Knochenbruchstücke und Zähne von Fischen



KARTE 11

Verteilung von Land und Meer im Muschelkalk. Das Gebiet des heutigen Rheinischen Schiefergebirges taucht aus dem Meer auf und bleibt bis in die Gegenwart Festland. Das deutsche Muschelkalkmeer hatte Verbindung mit dem großen Südmeer.

Land
Meer Küste
Landablagerungen



Abb. 14. Steinmergelkeuper an der Wachsenburg, schräg-
stehend (nordwestlich Arnstadt). Die Steinmergelbänke bil-
den Leisten im Letten.



Abb. 15. Nordwände der Hinterautaler Kette. Muschel-
kalk und Wettersteinkalk der alpinen Trias über Jura-
mergel überschoben.

und Reptilien zu einem Knochenbett (Bonebed) zusammengeschwemmt. Die Ablagerungen des Oberen Keupers kommen in Deutschland in denselben Gebieten wie der Muschelkalk und der Buntsandstein vor. Der äußerste Süden allerdings gehört schon in das Gebiet der alpinen Trias. Dort kam es zur Ablagerung mächtiger Schichten von Kalk und Dolomit. Es handelt sich bei diesen Sedimenten um das Gebiet der Hochsee, eines ausgedehnten Meeres, das im Bereiche des heutigen Mittelmeerraumes und von dort bis zum Stillen Ozean nachzuweisen ist. Dieses weit über das gegenwärtige Mittelmeer hinausreichende Meeresgebiet ist die alte Tethys. Im Bereich der Tethys erfolgte während der Kreide und des Tertiärs die Auffaltung der jungen Kettengebirge.

Die Triaszeit hat vor etwa 200 Millionen Jahren begonnen. Die Dauer der Formation wird gegenwärtig auf etwa 40 Millionen Jahre veranschlagt.

JURA

Die Juraformation trägt ihren Namen nach dem Schweizer Jura, in welchem Schichten dieser Periode besonders gut entwickelt sind. Wir finden den Namen aber auch im Schwäbischen und im Fränkischen Jura, die ebenfalls aus Gesteinen dieser Formation bestehen. Man hat der-

artige Sedimente auch anderwärts in weiter Verbreitung nachgewiesen und sich daran gewöhnt, diese Schichtenfolgen als „Juraformation“ zu bezeichnen.

Wie schon die germanische Trias, so läßt auch der Jura eine klare Dreigliederung erkennen. Diese Gliederung gilt aber nicht nur für Deutschland, sondern sie ist auch in vielen anderen Gebieten nachzuweisen und deswegen allgemein üblich geworden. Es handelt sich bei diesen Jura-
gesteinen um Meeresablagerungen, die in jeder der drei Abteilungen durch eine in ihr vorwiegende Farbe gekennzeichnet sind. Der Schwarze Jura oder Lias besteht im wesentlichen aus dunkelgrauen bis schwärzlichen Tongesteinen; der Braune Jura oder Dogger ist vorwiegend aus eisenhaltigen braunen Sandsteinen und Kalken, nicht selten auch aus Brauneisenerzen zusammengesetzt; der Weiße Jura oder Malm endlich ist durch das häufige Auftreten weißer oder doch zumindest ausgesprochen hellgrauer Kalke gekennzeichnet, die in manchen Gegenden echte Korallenriffe oder auch Schwammriffe bilden, anderwärts aber aus zahllosen weißen Kalkkügelchen aufgebaut sind und dann „Kalkoolithe“ genannt werden.

Die Gliederung der Juraformation wurde durch den bereits erwähnten außerordentlichen Reichtum vieler Juraschichten an Fossilien erleichtert. Eine Unzahl von Fundorten, von denen manche



Abb. 16. Diluvialgeschiebe aus dem Lias. Das Geschiebe enthält zahlreiche Ammoniten (*Harpoceras elegans*). Ötendorf nordöstlich von Hamburg.

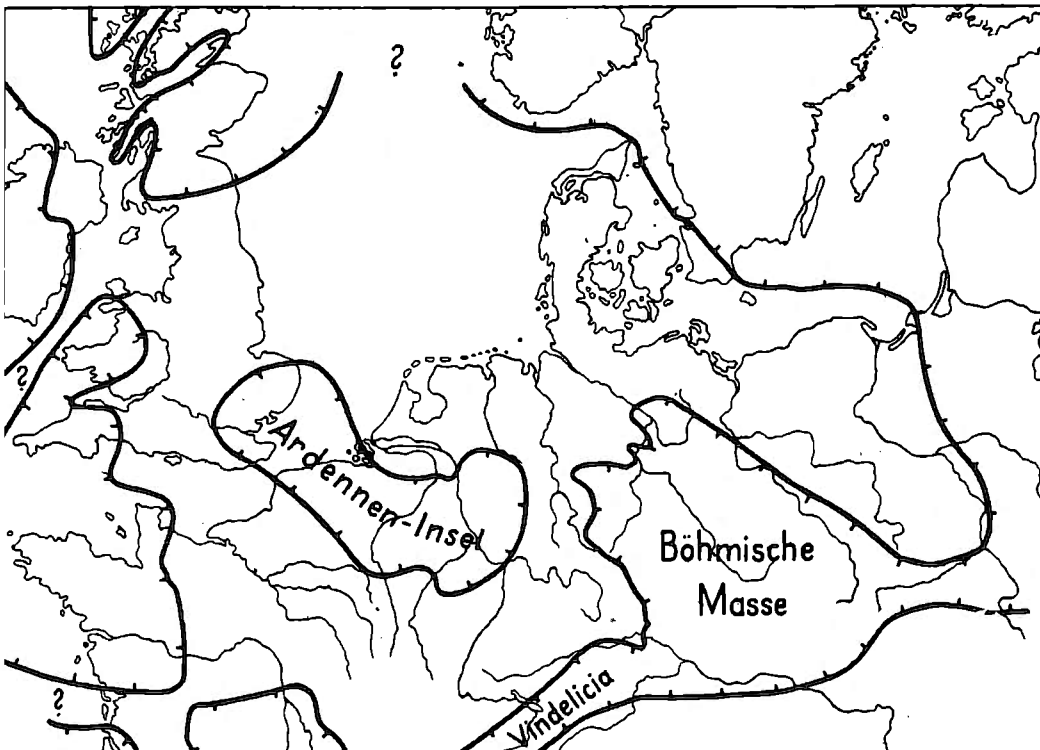
in Fachkreisen und weit darüber hinaus eine große Berühmtheit erlangt haben, hat eine Fülle von Petrefakten geliefert. Der Fossilinhalt der Juraschichten in Schwaben ermöglichte es schon dem süddeutschen Geologen F. A. Quenstedt, jede der drei Abteilungen in sechs Stufen zu gliedern, die er mit griechischen Buchstaben benannte. Vor allem die Ammonshörner (Ammoniten) haben diese Gliederung möglich gemacht und sind auch heute noch als Leitfossilien, die

über die ganze Erde nachgewiesen werden können, von hoher Bedeutung.

Außer den eben genannten, zu den Cephalopoden (Kopffüßern) gehörenden Weichtieren kommen aus derselben Verwandtschaft in sehr großer Zahl noch die sogenannten „Belemniten“ vor, Tiere, deren Reste (die sogenannten Rostren) unter dem Namen „Donnerkeile“ volkstümlich geworden sind. Neben Cephalopoden treten Mollusken (Muscheln und Schnecken) in großen Mengen auf.

Aus der Verwandtschaft der Stachelhäuter sind Seeilien und Seeigel von Bedeutung. Alle diese Tiere treten aber zurück gegenüber den Beherrschern der Jurazeit, den großen Reptilien. Zu diesen gehören auch Flugechsen, an die sich wiederum das erste gefiederte Flugtier, der sogenannte Urvogel (Archäopteryx), anschließt.

In Deutschland findet sich der Jura außer in den bereits erwähnten Landschaften vor allem in Nordwestdeutschland (so im Weserbergland) und im nördlichen Harzvorland. Einzelne, voneinander weit entfernte Vorkommen in Bohrunge(n) (z. B. Berlin-Hermsdorf) oder in Gestalt von Schollen, die während der Eiszeit vom Eise aus dem Untergrund losgerissen und dann verschleppt worden sind (z. B. Dobbartin in Meck-



KARTE 12

Verteilung von Land und Meer im Unteren Jura. Vindelia ist zum größten Teil abgetragen und vom Meer überflutet. Zwischen Böhmischer Masse und Ardenneninsel verläuft die Verbindung des süddeutschen Beckens mit dem norddeutschen.

Land
Meer Küste

lenburg), beweisen, daß mindestens der Schwarze Jura auch in den Flachlandräumen, deren Untergrund durch eine starke Decke von eiszeitlichem Schutt verhüllt ist, eine weite Verbreitung hat. Bekannte Fundorte des Weißen Juras liegen in Gestalt von Kalksteinvorkommen östlich der unteren Oder. Auch von Inowrazlaw ist Weißer Jura seit langem bekannt. Juraablagerungen sind auch anderwärts in Polen sowie in der Sowjetunion vorhanden. Eine Nennung weiterer Fundgebiete würde bei der großen Verbreitung von Juraablagerungen über die gesamte Erde hier viel zu weit führen.

Eine Betrachtung der Juraformation wäre unvollständig, soweit hier überhaupt von Vollständigkeit die Rede sein kann, wenn man nicht auch die hohe wirtschaftliche Bedeutung erwähnen würde, die zahlreichen Gesteinen dieser Formation zukommt. Sedimente des Lias enthalten organische Substanzen, die durch Verswelen dieser Gesteine gewonnen werden können. Eisenerze des Braunen Juras gehören zu den größten Eisenerzlagerstätten, die überhaupt in Europa vorhanden sind. Hier sei nur auf die lothringische Minette hingewiesen. Die Kalke des Weißen Juras werden vielfach zur Gewinnung von gebranntem Kalk, von Düngekalk

sowie für die Zementfabrikation abgebaut. Der oberste Weiße Jura in Franken hat den berühmten „Lithographieschiefer“ geliefert, der allerdings, genau betrachtet, kein Schiefer, sondern ein mehr oder weniger dünnplattiger Kalkstein ist. Bekanntlich ist dieser Plattenkalk zur Grundlage des Steindruckverfahrens geworden.

Außerdem haben gerade die Plattenkalkfundorte Eichstätt und Solnhofen eine Anzahl berühmter Fossilien, beispielsweise die beiden bisher gefundenen Exemplare der Urvögel, geliefert.

Abschließend sei darauf hingewiesen, daß in Nordwestdeutschland in der Zeit des obersten Weißen Juras bereits das Meer zurückweicht. Es kommt hier zur Ablagerung von Brackwassergesteinen, die zu Bildungen der Unteren Kreide überleiten.

Die Jurazeit hat vor etwa 160 Millionen Jahren begonnen und rund 50 Millionen Jahre gedauert.

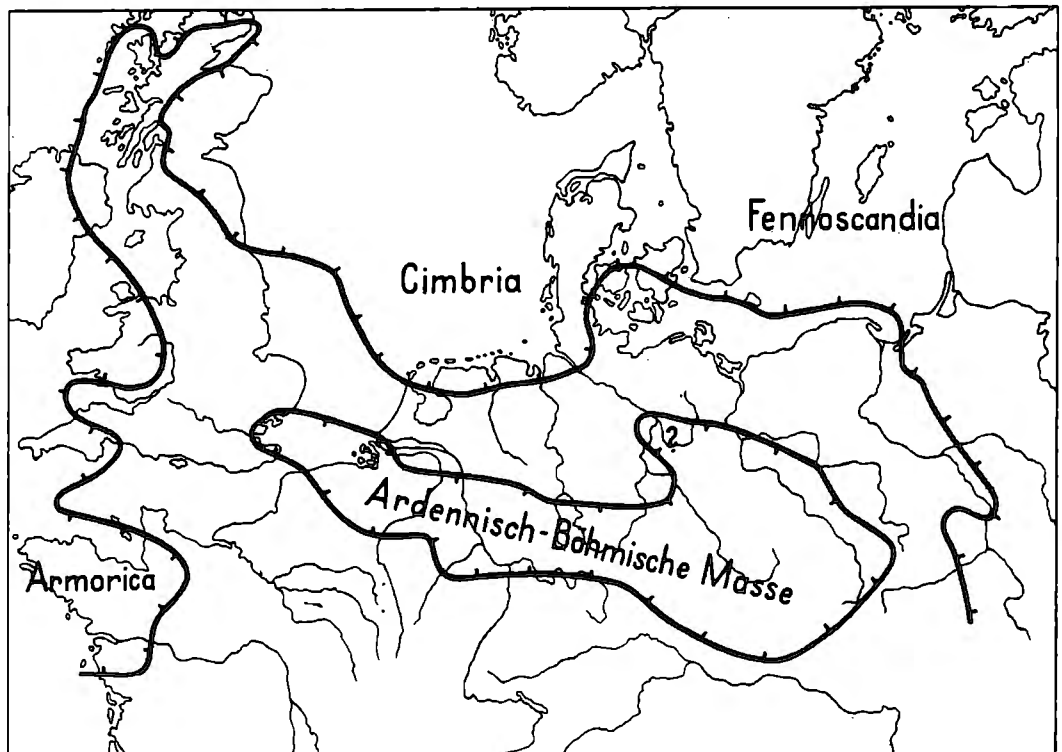
KREIDE

Der Name der Kreideformation ist von der Schreibkreide hergeleitet, einem stark abfärbenden Kalkgestein, das sich durch seinen Reichtum

KARTE 13

Verteilung von Land und Meer im Mittleren Jura. Die Verbindung des süddeutschen Beckens mit dem norddeutschen wird durch die Ardennisch-Böhmische Masse unterbrochen. Während des Oberen Juras wird das norddeutsche Becken eingeengt. Im süddeutschen Becken entstehen die Schwammriffe, das Meer versflacht.

Land
Meer Küste

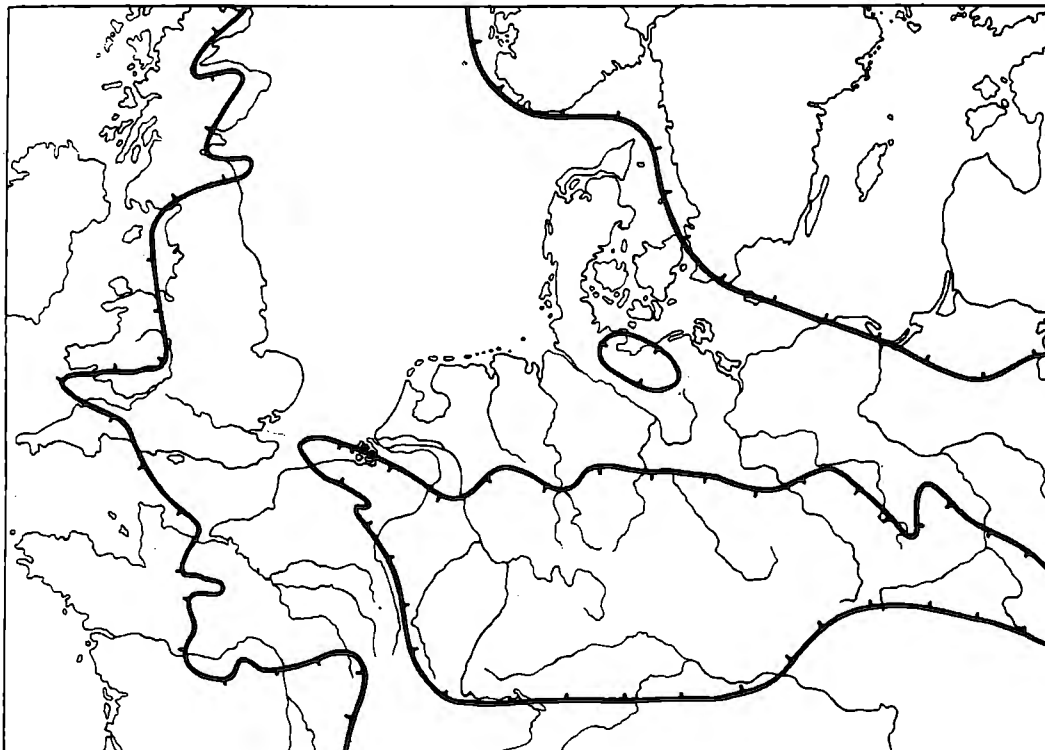


an Fossilien, insbesondere auch an Mikro-fossilien, ausgezeichnet. Derartige Kreidekalke kommen in vielen, räumlich weit voneinander entfernten Gebieten vor. So ist Schreibkreide auf Rügen (z. B. in der Steilküste von Jasmund) ebenso zu finden wie im Bereich der dänischen Inseln, wo die Kreide beispielsweise an der Küste der Insel Møen zutage tritt. Auch aus Schleswig-Holstein sind seit langem Kreidevorkommen bekannt, und auf die Düne von Helgoland werden Blöcke von Kreidekalk und lose Kreidefossilien getrieben. In Nordfrankreich und überhaupt im Bereich des Pariser Beckens (im Artois und an der Somme sowie in der Champagne) nehmen Schreibkreide und festere Kreidekalke große Flächen ein. Auch in England tritt Schreibkreide in zum Teil beträchtlicher Mächtigkeit auf.

Die weite Verbreitung des auffälligen, schon wegen seiner Verwendung als Tafelkreide allgemein bekannten und außerdem für die Zementfabrikation wichtigen Gesteins darf aber nicht über die Tatsache hinwegtäuschen, daß die Schreibkreide mengenmäßig nur einen recht geringen Bruchteil aller zur Kreideformation gehörenden Gesteine ausmacht. Es verhält sich mit ihr genau so wie mit dem Karbon, wo ebenfalls

ein auffälliges und noch dazu wirtschaftlich wertvolles Gestein einer ganzen Formation zu ihrem Namen verhalf, obwohl es an Menge gegenüber den anderen im Karbon vorhandenen Gesteinen fraglos sehr zurücktritt.

Was die Entstehung der Schreibkreide betrifft, so beweist ihr Fossilinhalt eindeutig, daß es sich bei diesem Gestein um ein Meeressediment handelt. Da unter den zahllosen Mikrofossilien der Schreibkreide gewisse Foraminiferen, die Globigerinen, ungeheuer häufig sind, so hat man früher die Kreide gern mit dem Globigerinenschlamm verglichen, der in der heutigen Tiefsee gewaltige Flächenräume einnimmt. Aus diesem Vergleich ergab sich dann die Folgerung, daß die Schreibkreide eine Tiefseebildung sein könne. Bei solchen Betrachtungen ist aber zu bedenken, daß die Globigerinen keine am Meeresboden lebenden Foraminiferen sind, sondern der mit den Strömungen treibenden Kleinorganismenwelt (dem Plankton) des Meeres angehören. Es können sich also die Globigerinengehäuse, die nach dem Absterben der einzelligen Lebewesen zu Boden sinken, auch in den Ablagerungen eines flachen Meeres in großer Menge finden. Tatsächlich besteht nach den Ergebnissen neuerer und neuester Untersuchungen nicht der min-



KARTE 14

Verteilung von Land und Meer in der oberen Unterkreide.

Land
Meer Küste

deste Zweifel, daß sich die Schreibkreide im großen und ganzen in einer verhältnismäßig geringen Wassertiefe – im allgemeinen nur wenige hundert Meter – gebildet hat.

Ein umfangreiches Schrifttum beschäftigt sich mit der Entstehung der Feuersteine, die in Gestalt meist mehr oder weniger unregelmäßiger Knollen oder aber als zusammenhängende Schichten vielenorts in der anstehenden Schreibkreide enthalten sind. Die von Laien angesichts der „glasigen“ Beschaffenheit von Feuersteinbruchflächen oft geäußerte Ansicht, daß der Feuerstein ein erstarrter Schmelzfluß sei, ist vollkommen abwegig. Die in vielen Feuersteinen sitzenden Fossilien, wie z. B. Gehäuse von Seeigeln, Schalen von Brachiopoden, vor allem auch die überaus häufigen „Donnerkeile“ (Rostren von Belemniten) beweisen unwiderlegbar, daß die Feuersteine nicht aus Schmelzflüssen entstanden sein können. Alle diese Fossilien bestehen aus kohlensaurem Kalk, und dieser hätte die Temperatur eines Schmelzflusses auf keinen Fall überstanden, sondern wäre gebrannt und in die Schmelze aufgenommen worden. Es ist also vollkommen sicher, daß die Feuersteine sich nur durch Abscheidung aus wäßriger Lösung gebildet haben können. Jedoch hat es umfangreiche wissenschaftliche Erörterungen über die Frage gegeben, unter welchen Umständen die Feuersteinbildung vor sich gegangen ist, besonders auch darüber, ob die Feuersteine gleichzeitig mit der Schreibkreide, also während der Sedimentation des Kreideschlammes, oder aber erst später in dem bereits mehr oder weniger fertigen Kreidegestein ausgeschieden worden sind. Die übrigen in der Kreideformation vorkommenden Gesteine, denen gegenüber, wie schon vorhin festgestellt wurde, das namensgebende Gestein, die Schreibkreide selbst, mengenmäßig sehr stark zurücktritt, sind von sehr verschiedener Beschaffenheit. Kalkhaltige Tone (Mergel) und tonige Kalksteine mit Resten von Meeresresten sind weit verbreitet. Mergelige weiße, gelegentlich auch rötlich gefärbte marine Kalke der

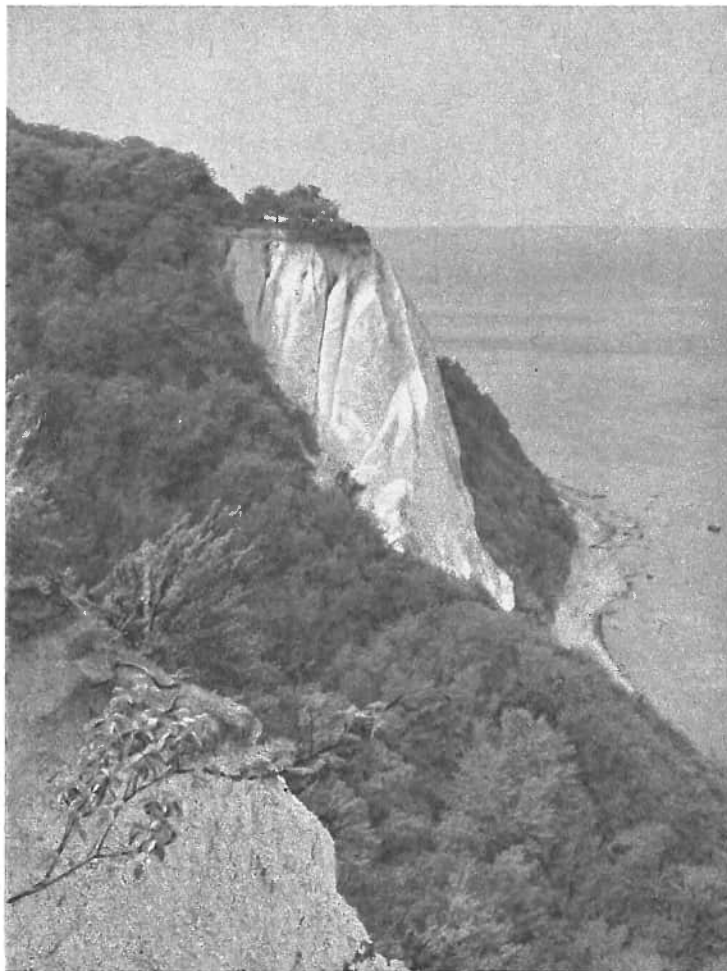


Abb. 17. Königsstuhl auf Rügen. Schreibkreide der Kreideformation.

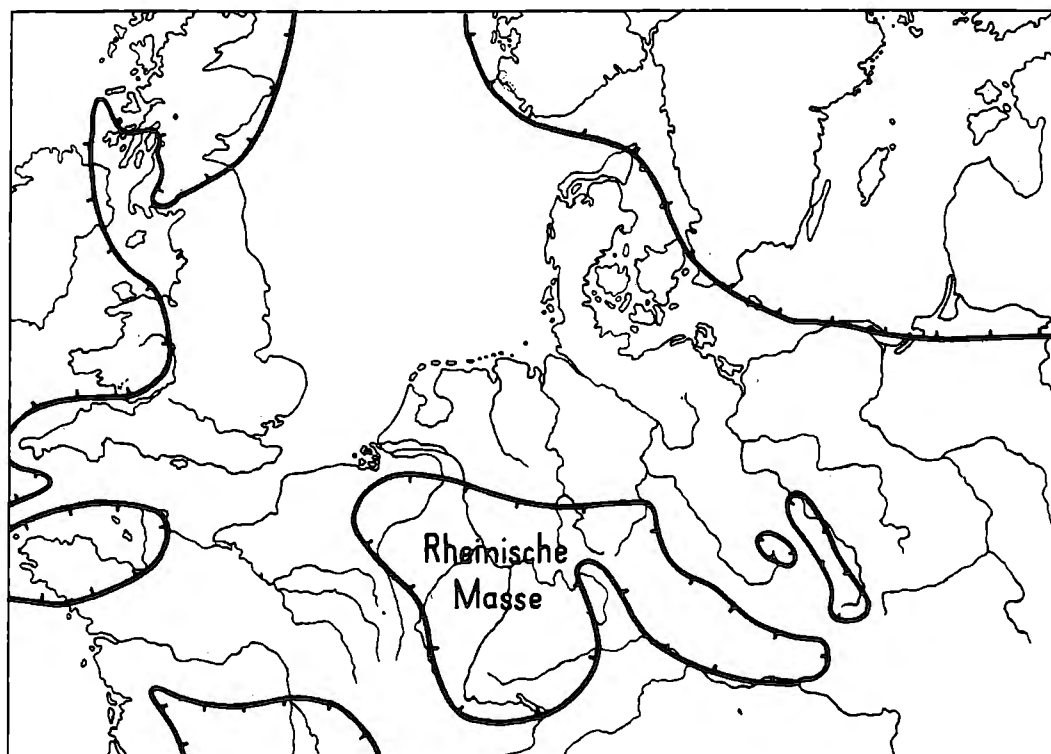
Kreideformation werden in der Gegend von Dresden seit langem als „Pläner“ bezeichnet, und diese Bezeichnung ist dann auf gleichartige Gesteine anderer Gebiete übertragen worden. Während sich der Pläner in den damaligen Meeren in einiger Entfernung vom Festland bildete, entstanden gleichzeitig in der Nähe der Küsten sandige Sedimente, die später zu Sandsteinen verkittet wurden (z. B. die Quadersandsteine des Elbsandsteingebirges). Viele Gesteine der Kreideformation, sowohl Kreidekalke wie Sandsteine, verraten schon durch ihren Gehalt an grünem Glaukonit, daß sie mariner Entstehung sind. Die Kreideformation beherbergt sogar Eisenerzlagerstätten, von denen nachher noch die Rede sein wird.

Es ist üblich, die Kreide in zwei Abteilungen, die Untere und die Obere Kreide, zu gliedern: Jede dieser beiden Abteilungen wiederum wird, wie auch in anderen Formationen gebräuchlich, in eine Anzahl von Stufen eingeteilt. In der Kreideformation sind die Namen der einzelnen Stufen ganz verschiedener Herkunft und infolgedessen nicht leicht zu merken. Außerdem werden in manchen Fällen für ein und dieselbe Stufe zwei verschiedene Bezeichnungen gebraucht (z. B. Gault, Alb). Im ganzen ist daher die Gliederung der Kreide nicht besonders übersichtlich.

Über den Verlauf der Kreidezeit in Deutschland und in den benachbarten europäischen Ländern sei zunächst gesagt, daß ganz Süd-deutschland, wie schon während der Zeit des obersten Weißen Juras (Purbeck), auch während der gesamten Unteren Kreide Festland war. Außerdem waren durch Krustenbewegungen, die schon im obersten Weißjura begonnen hatten und während der Kreidezeit noch andauerten, weite Räume in Südengland, ebenso in dem benachbarten Teil von Nordfrankreich, ferner in Belgien (Hennegau) und in Nordwestdeutschland, aber auch noch viel weiter nach Osten hin landfest geworden. In diesen Landgebieten wurden Sande und dunkle Tone abgelagert, deren

Inhalt an Pflanzen und an tierischen Fossilien beweist, daß es sich um Süßwasserbildungen handelt. An einigen Orten ermöglichte üppiger Pflanzenwuchs in sumpfigen Niederungen die Entstehung von Kohlenflözen, die wegen ihrer guten Qualität trotz geringer Mächtigkeit abbauwürdig sein können (Deisterkohle). Sandsteine dieser Zeit liefern ein ausgezeichnetes Baumaterial (Deistersandsteine). Die sandigen Sedimente dieser Schichtenfolge sind als Erdöl-speichergesteine wichtig. Man pflegt in Deutschland wie anderwärts diese Stufe der Unteren Kreide mit dem Namen Wealden zu bezeichnen. Die Wealden-Sedimente werden von marinen Ablagerungen überdeckt, die Meereseinbrüchen ihre Entstehung verdanken. Weite Räume sinkenden Festlandes werden vom Meere überschwemmt. Meeressedimente der Unteren Kreide sind beispielsweise in Nordwestdeutschland, vor allem auch durch zahlreiche Erdölbohrungen, nachgewiesen, wurden aber auch östlich von Rostock erbohrt und sind, wie neuere Untersuchungen der Tiefbohrung Groß-Lichterfelde (1889) erwiesen haben, auch im Raume von Berlin vorhanden.

In der Zeit der Unteren Kreide entstand auch ein erheblicher Teil der bereits erwähnten kreide-



KARTE 15

Verteilung von Land und Meer in der unteren Oberkreide. Das Böhmi-sche Massiv ist zum gro-ßen Teil überflutet. In der obersten Oberkreide gleicht das Bild in Mitteleuropa ungefähr wieder dem der oberen Unterkreide. In der Kreide und im Tertiär verschieben sich die Kü-sten ständig. Es ist die Zeit der alpinen Gebirgs-bildung, in der auch unsere deutschen Mittel-gebirge entstanden sind (Bruchfaltengebirge).

Land
Meer Küste

zeitlichen Eisenerzlagernstätten. Ein Meer brach in Festlandsgebiete ein und zerstörte dabei die dort vorhandenen, zum Teil wohl schon als festländischer Verwitterungsschutt vorliegenden Eisenerze der Juraformation. Die Zerstörungsprodukte wurden als Transgressionskonglomerat wieder abgelagert und ergaben ein Gestein, das aus Brauneisenstücken und zahllosen kleinen Brauneisenkugeln besteht, die durch ein Bindemittel miteinander verkittet sind. Solche „Trümmererze“ der Unteren Kreide haben in Nordwestdeutschland eine sehr hohe wirtschaftliche Bedeutung erlangt (Erzlagernstätten von Salzgitter).

Die Zeit der Oberen Kreide beginnt im Cenoman mit einer gewaltigen Transgression, die in vielen Gegenden der Erde große Räume, die sonst Festland waren, in Meere verwandelt. Während einer langen Zeit beherrscht nun die See die eroberten Gebiete. Häufig entstehen dabei als Meeressedimente tonige Kalksteine, deren Mächtigkeit in Trögen, die sich ständig weiter senkten, viele Hunderte von Metern betragen kann. Anderwärts kommt es zur Bildung sandiger Sedimente, welche, nachträglich zu Sandstein verfestigt, ein wichtiges Baumaterial liefern (Quadersandsteine des Elbsandsteingebirges). Dann nimmt aber die Sedimentation reiner Kalke überhand, und in weiten Meeresregionen entsteht die Schreibkreide, von deren Verbreitung schon die Rede gewesen ist. Er-

wähnung verdient noch, daß sich während der jüngeren Kreidezeit der Vorgang der Ablagerung von Trümmererzen unter Aufbereitung älterer Erze noch einmal wiederholt (Eisenerzlagernstätten von Peine-Ilse).

In vielen Gegenden Europas schließt die Obere Kreide mit der Ablagerung der Schreibkreide und anderer Kalksedimente (z. B. der sogenannten Tuffkreide von Maastricht) ab. In Dänemark und im südlichen Schweden dauert aber die Herrschaft des Meeres länger. Die in dieser Zeit gebildeten marinen Sedimente sind ein fester, fossilführender Kalk (Salzholmskalk), ferner Korallenriffkalke (Faxekalk) sowie Kalksteine, die aus zahllosen Skelettbruchstücken von Moostierchen bestehen. Vielfach entstehen Feuersteine, die dann die betreffenden Versteinerungen enthalten. Alle diese Gesteine pflegt man unter dem Namen Dänische Stufe oder Danien, abgekürzt Dan, zusammenzufassen. Meeresablagerungen dieser Stufe sind auch in manchen Gebieten der Sowjetunion und in Ägypten nachgewiesen.

In Dänemark folgen auf die Sedimente der Dänischen Stufe unmittelbar Meeresablagerungen des ältesten Tertiärs, und es gibt Forscher, die das Dan nicht mehr zur Kreide, sondern bereits zum Tertiär rechnen.

Die Kreidezeit hat vor etwa 110 bis 120 Millionen Jahren begonnen und rund 60 bis 70 Millionen Jahre gedauert.

NEOZOIKUM

TERTIÄR

Der Name der Tertiärformation stammt aus einem lange zurückliegenden Entwicklungsstadium der Geologie. Damals gebrauchte man in der Erdgeschichte noch die Ausdrücke Primär-, Sekundär-, Tertiär- und Quartärzeit. Während die Bezeichnungen Primär- und Sekundär-

zeit längst ungebräuchlich geworden sind, haben sich Tertiärzeit und Quartärzeit als Formationsnamen erhalten.

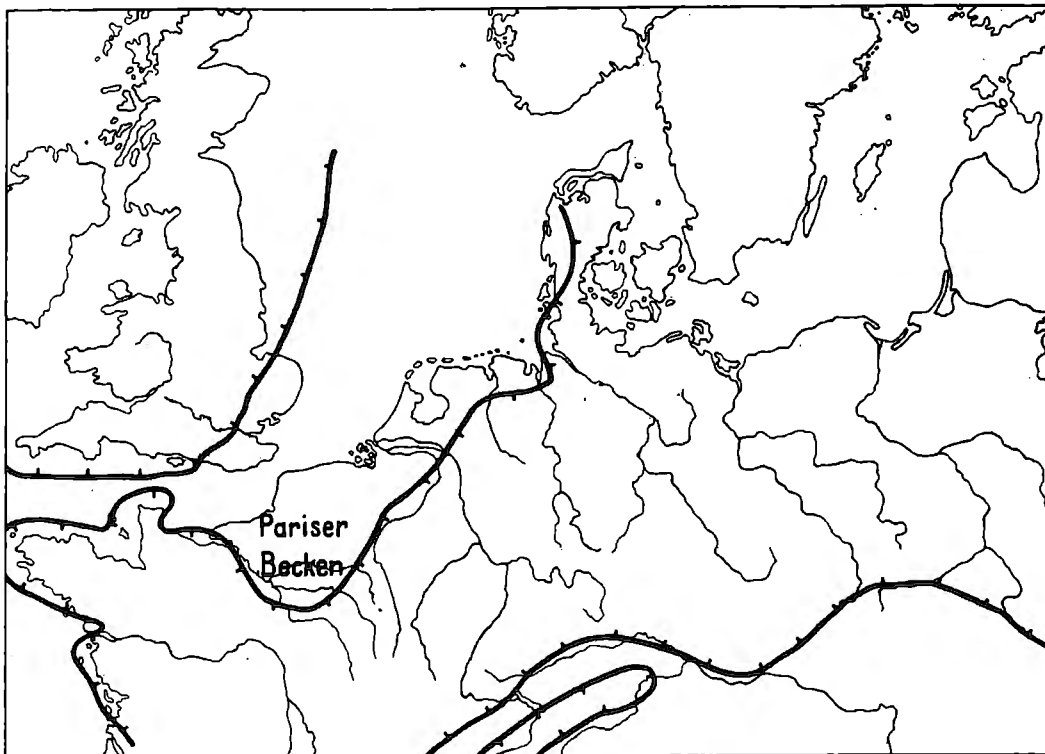
Ursprünglich gliederte man die Tertiärformation, mit der die Neuzeit der Erdgeschichte beginnt, in eine Frühzeit, welcher man den aus dem Griechischen hergeleiteten Namen Eozän gab, ferner in eine Mittelzeit, die in der Tierwelt

„weniger Neues“ als der nächste Abschnitt enthielt und deswegen Miozän genannt wurde, und schließlich in eine Spätzeit, in welcher „mehr Neues“ lebte und die deshalb den Namen Pliozän bekam.

Bei weiterem Studium des Tertiärs machte man dann die Feststellung, daß es Schichtenfolgen gab, die in keine der drei damals bestehenden Abteilungen hineingehörten. Daher fügte der Berliner Geologe E. Beyrich zwischen Eozän und Miozän das Oligozän ein, eine Zeit, die in der Tierwelt noch „wenig Neues“ aufwies. Schließlich stellten Schimper und v. Koenen vor das Eozän noch ein Paläozän als einen Zeitraum, der durch das „alte Neue“ gekennzeichnet war.

Man pflegt die Abteilungen Paläozän, Eozän und Oligozän als Alttertiär, die Abteilungen Miozän und Pliozän als Jungtertiär zusammenzufassen. Bei einer genaueren Gliederung des Tertiärs verwendet man Bezeichnungen, die von Ortsnamen hergeleitet sind und in englischer oder französischer Schreibung gebraucht werden, z. B. Yprésien oder Ypresian (von Ypern in Westflandern) für Untereozän, Lutétien oder Lutetian (von Lutetia Parisiorum = Paris) für Mitteleozän usw. Diese Feingliederung ist in der Fachwelt international üblich geworden.

Die Städte, nach denen die eben aufgeführten Stufen genannt werden, sind Fundorte, von denen die betreffenden Gesteine zuerst allgemein bekannt geworden oder beschrieben worden sind, und diese Gesteine wurden dann vielfach auch anderwärts in der gleichen oder doch wenigstens in einer sehr ähnlichen Ausbildung nachgewiesen. So ist das Ypresian in der Umgebung der namengebenden Stadt durch einen sehr fetten Ton des Alttertiärs vertreten, der auch aus London seit langem bekannt ist und deswegen nicht selten Londonton genannt wird. Der Londonton ist ferner in Nordwestdeutschland nachgewiesen als Sediment eines Meeres, dessen Bodenwasser nicht sehr viel Sauerstoff enthalten haben dürfte. Vielmehr deutet die Häufigkeit von Schwefelverbindungen des Eisens (z. B. Eisenkies) darauf hin, daß hin und wieder wie schon in früheren Zeiten, so auch zur Zeit des Ypresians in diesen Gegenden das lebensfeindliche Schwefelwasserstoffgas im Meerwasser in erheblicher Menge vertreten war. Die Armut dieser Tone an Resten bodenbewohnender Tiere – ziemlich selten werden einzelne Schnecken und kurzschwänzige Krebse gefunden – bestätigt diese Auffassung. Selbst verhältnismäßig große Kieselalgen sind in derartigen Tonen



KARTE 16

Verteilung von Land
und Meer im Mittleren
Eozän.

Land
Meer Küste

vielfach nicht als Kieselsubstanz, sondern als Eisenkieskerne erhalten.

Erwähnung verdient noch, daß in den Schichten, die dem eigentlichen Londonon vorausgehen, in weiter Verbreitung Lagen vulkanischer Asche gefunden werden, die beweisen, daß um jene Zeit eine starke Vulkantätigkeit zu verzeichnen war. Der Aschenregen dieser Vulkane ging dann auf See nieder und wurde dem auf dem Meeresboden entstehenden Sediment beigemischt. Bekannte Fundorte solcher Aschenlagen sind Hemmoor und Baasbeck-Osten in Nordwestdeutschland sowie das Gebiet des Limfjords in Dänemark (Insel Mors). Tone mit Basalttuffen finden sich aber auch noch auf der Greifswalder Oie, und derartige Basalttuffe sowie die vielfach zusammen mit ihnen auftretenden fasrigen Kalke findet man als vom diluvialen Inlandeis verschleppte Geschiebe im Osten bis über die Oder hinaus.

Auf die Zeit der untereozänen Tone folgte im Obereozän (Bartonian) in den damals in Nordwestdeutschland verbreiteten Meeren eine Periode, während der das Meerwasser reichlich Sauerstoff enthielt. Infolgedessen kam es nun zur Entwicklung einer reicheren Bodentierwelt, die vor allem aus einer großen Menge von kalk-

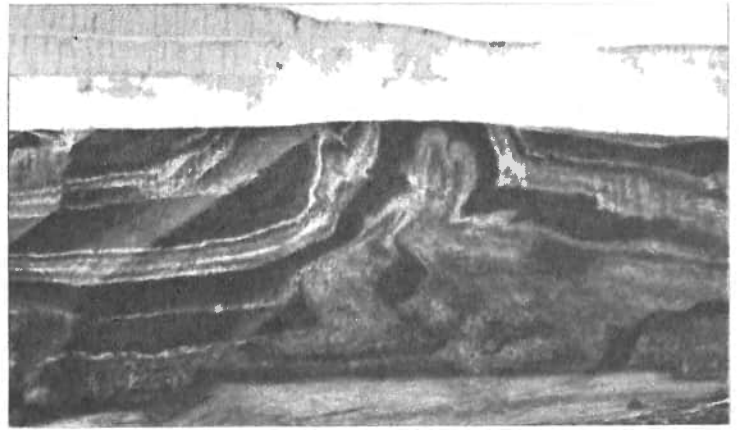


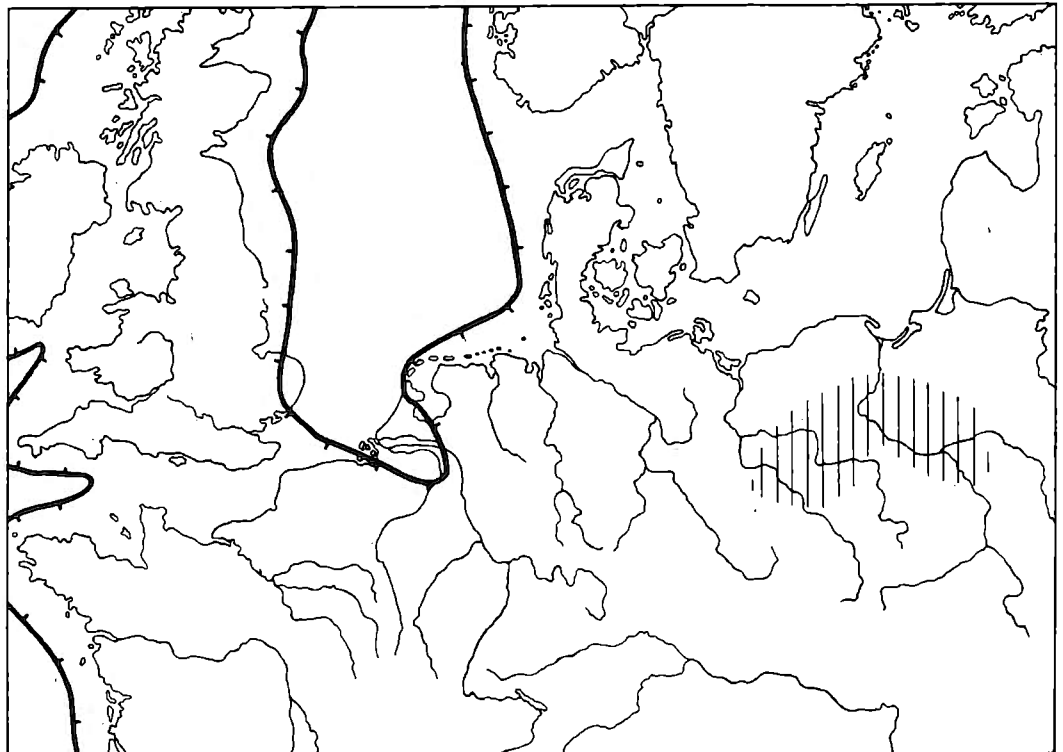
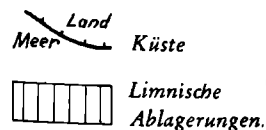
Abb. 18. Stauchungserscheinungen in der Braunkohle. Diese Stauchungen sind in dem vorliegenden Falle auf diluvialen Eisdruck zurückgeführt oder aber als Gleitfaltung gedeutet worden, die bereits im Braunkohlenmoor stattfand.

schaligen Einzellern (Foraminiferen) bestand. Um diese Zeit kamen vorwiegend Kalkmergel oder auch reine Kalke zum Absatz, während in anderen Fällen ein kieseliges Bindemittel den feinen Meeressand zu einem sehr festen Gestein verkittete. Diese „Kalk-Kiesel-Gesteinsserie“ findet sich in zahlreichen Bohrungen Nordwestdeutschlands und ist auch in Mecklenburg nicht nur in Tiefbohrungen, sondern verschiedentlich über Tage nachgewiesen.

Im Pariser Becken ist die Zeit des Eozäns durch Meereskalke und -sande vertreten, deren reicher Fossilinhalt diese Landschaften zu einem der

KARTE 17

Verteilung von Land und Meer im Oberen Pliozän.

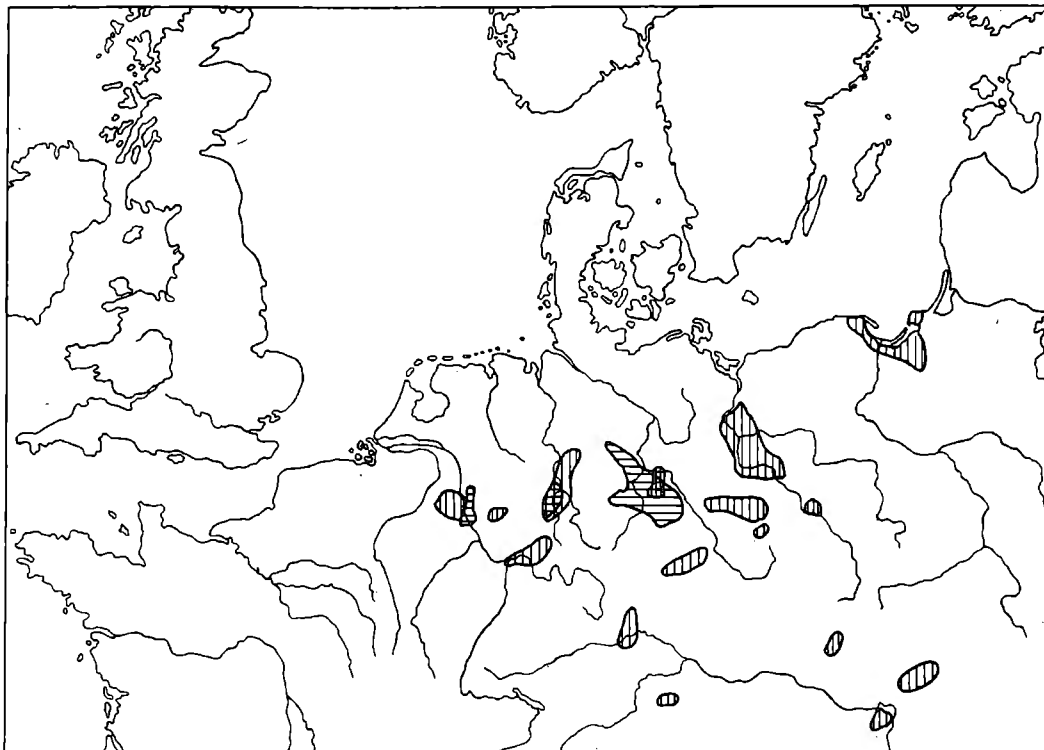


klassischen Gebiete tertiärer Faunen werden ließ. Auch der berühmte Grobkalk, der dort allenthalben als Baustein verwendet wird, gehört zu diesen Meeressedimenten. Die Faunen des Eozäns jener Gegenden sind durch das Auftreten verhältnismäßig sehr großer Foraminiferen, der sogenannten Nummuliten, gekennzeichnet. Diese Nummuliten werden neben den zahllosen Muscheln und Schnecken in ungeheuren Mengen gefunden und treten hier wie anderwärts geradezu gesteinsbildend auf. Sie sind Bewohner eines großen Südmeeres, das sich im Bereiche des heutigen Mittelmeeres und weit darüber hinaus nach Osten erstreckte und durch besonders günstige Lebensverhältnisse ausgezeichnet war. Nummulitenkalke haben im Bereich dieses großen Meeresraumes eine sehr erhebliche Verbreitung. Die Pyramiden in Ägypten sind aus ihnen erbaut. In Deutschland finden sich Nummulitenkalke im Bereich der Nördlichen Kalkalpen. Reich an Nummuliten ist auch eines der wenigen nennenswerten Eisenerzvorkommen der Tertiärformation, der Kressenberg in Oberbayern.

In der Zeit nach dem Bartonian dehnte sich in manchen Gegenden das Meer weiter aus. Seine Sedimente sind Grünsande, die durch ihren

hohen Gehalt an Glaukonit gekennzeichnet werden und manchenorts reiche Faunen geliefert haben; so an dem namengebenden Fundort Lattorf (Lattorfian = Unteroligozän). Diese glaukonitischen Gesteine enthalten nun in bestimmten Gebieten sehr reichlich den Bernstein, das Harz von Nadelbäumen, die gewaltige Wälder gebildet haben müssen. Der Bernstein ist seit langem nicht nur als Schmuck berühmt, sondern auch wegen der zahlreichen Insekteneinschlüsse, die sich in einzelnen Stücken des Harzes finden. Die reiche Insektenwelt der Bernsteinwälder deutet auf ein subtropisches Klima hin, in welchem jene Bernsteinbäume vortrefflich gediehen und Unmassen von Harz lieferten. Diese Bernsteinwälder hat man bisweilen als mit dem Meere gleichzeitig, also als Unteroligozän, angesehen. Doch ist es durchaus möglich, daß diese Landräume bereits im Eozän den Wald trugen und dann im Unteroligozän vom Meer überflutet wurden, wobei der unverwüsthliche Bernstein in die Sedimente eingebettet wurde.

Auch in der Zeit des Mitteloligozäns hatten in Mitteleuropa Meere eine weite Verbreitung. Zu dieser Zeit entstanden kalkhaltige Meerestone, die gewöhnlich „Septarienton“ genannt werden.



KARTE 18

Die wichtigsten Braunkohlenvorkommen in Mitteleuropa.

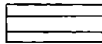
-  Eozäne Braunkohlensbildungen
-  Miozäne Braunkohlensbildungen

Abb. 19. Braunkohlentagebau. Die Kohle wird in mehreren Horizonten abgebaut. Der Abbau erfolgt maschinell.

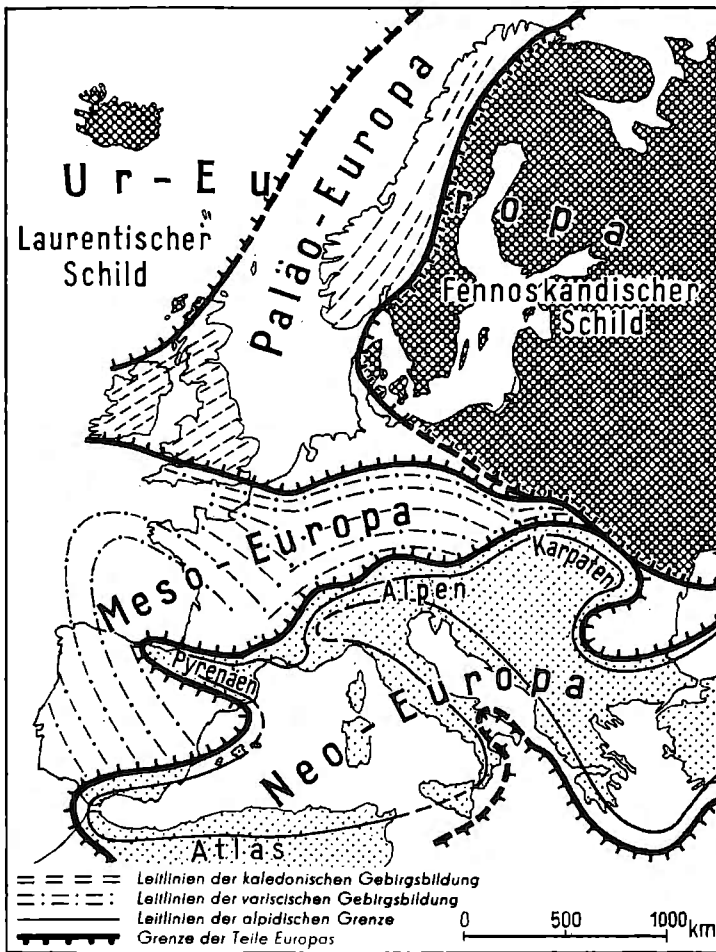


Sie enthalten eine ziemlich reiche Fauna von Muscheln und Schnecken und vor allem von Foraminiferen, die aus den Schlämmrückständen dieser Septarientone leicht in großer Zahl zu gewinnen sind. Einer Erläuterung bedarf noch der Name „Septarienton“. Man nennt „Septarien“ die in diesen Tönen enthaltenen großen, oft brotlaibförmigen Knollen aus tonigem Kalkstein, der Klüfte aufweist, die durch Kalkspat ausgekleidet sind. Diese Kalkspatausfüllungen wirken in den Knollen wie Scheidewände, deren lateinischer Name (septum) zu dem Namen „Septarien“ Veranlassung gegeben hat. Die Sedimente des Oberoligozäns sind in Deutschland, soweit es sich dabei noch um Meeresablagerungen handelt, zu einem erheblichen Teil durch einen nennenswerten Gehalt an Eisenverbindungen gekennzeichnet. Manche dieser Gesteine sind durch ihren großen Reichtum namentlich an Muscheln und Schnecken seit langer Zeit berühmt, z. B. die sogenannten „Sternberger Kuchen“ in Mecklenburg.

Im Miozän zieht sich das Meer in Deutschland in nordwestlicher Richtung bis in das Gebiet der heutigen Nordsee zurück, so daß marine Sedi-

mente sich nur noch im Nordwesten – in Mecklenburg und in Holstein – finden. Um jene Zeit haben bereits die Landräume in weiten Gebieten die Oberhand.

Es ist seit langem üblich, das Tertiär auch mit dem Namen „Braunkohlenformation“ zu bezeichnen. In der Tat ist die Tertiärzeit vor allem in Deutschland durch die außerordentlich reiche Entwicklung braunkohlenführender Ablagerungen gekennzeichnet. Ähnlich wie die Entstehung der Steinkohle ging auch die Bildung der Braunkohle in mehr oder weniger sumpfigen Landschaften mit einem warmen Klima vor sich. Die weite Verbreitung von Braunkohlenablagerungen hat Deutschland zum braunkohlenreichsten Land Europas gemacht. Die Entwicklung der Braunkohlenflöze erfolgte auf dem Lande, und zwar während eines großen Teiles der Tertiärzeit. Es gibt also in Deutschland eozäne, oligozäne, miozäne und pliozäne Braunkohlen. Eine genaue Gliederung und Einstufung der Braunkohlenflöze wird in neuerer Zeit in zunehmendem Maße mit Hilfe der Untersuchung von Pollen vorgenommen (Pollenanalyse).



KARTE 19

Tektonische Gliederung Europas nach H. Stille. Paläo-Europa (Alteuropa) = Gebiet der kaledonischen Faltung (kaledonisch konsolidierter Teil Europas). Meso-Europa (Mittelteleuropa) = Gebiet der variscischen Faltung (variscisch konsolidierter Teil Europas). Neo-Europa (Neueuropa) = Gebiet der alpidischen Faltung (alpidisch konsolidierter oder noch nicht konsolidierter Süden Europas).

Die Tertiärzeit hat vor etwa 50 bis 60 Millionen Jahren begonnen und annähernd ebenso lange gedauert.

Wir haben bisher die Tertiärzeit als eine Periode kennengelernt, die unter wechselnden Bedingungen in großer Ausdehnung sehr verschiedenartige Meeresablagerungen geliefert und nebenher in Landräumen die für uns so überaus wichtigen Braunkohlenschätze geschaffen hat. Das Bild der Tertiärformation wäre aber ganz

unvollständig, wenn man nicht auch noch auf die Gebirgsbildungsvorgänge dieser Zeit zu sprechen käme.

In früheren Abschnitten ist bereits von zwei großen Orogenesen, der kaledonischen und der variscischen Gebirgsbildung, die Rede gewesen. Zu diesen beiden Orogenesen tritt noch eine dritte, die alpidische, die nach einer Zeit verhältnismäßig geringer Krustenbewegung (Trias und Jura) in der Kreidezeit einsetzt und während der Tertiärzeit ihren Höhepunkt erreicht.

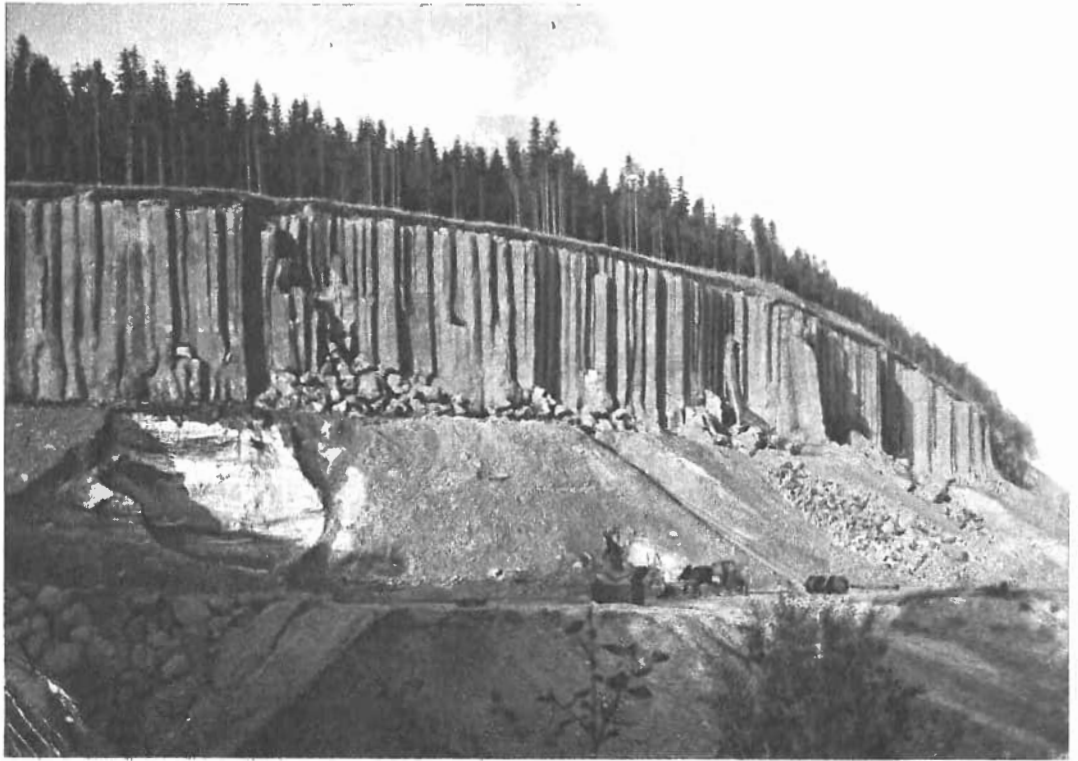
Die alpidische Gebirgsbildung ist nach den Alpen genannt, die gleichzeitig mit allen übrigen jungen Kettengebirgen – diese erstrecken sich vom Mittelmeerraum bis zum Großen Ozean und umsäumen außerdem beide Ränder des Pazifiks – emporgefaltet worden sind. Gleichzeitig steigen in Deutschland die bereits variscisch gefalteten Rumpfe empor, die seitdem unsere Mittelgebirge bilden (Rheinisches Schiefergebirge, Harz usw.). Alle diese Vorgänge sind mit den großartigen Erscheinungen eines jungen Vulkanismus verknüpft, dessen Schmelzflüsse zu Gesteinen erstarrten, die man größtenteils als Basalte zu bezeichnen pflegt. Alles in allem ist also das Tertiär eine Periode der großen erdumspannenden Umwälzungen.

QUARTÄR

Die Quartärformation, deren Name auf eine frühe Entwicklungsstufe der Geologie zurückgeht, wird in Diluvium (Pleistozän) und Alluvium (Holozän) gegliedert. Das Diluvium wird gewöhnlich als Eiszeit bezeichnet, während das Alluvium der sehr kurze Zeitraum der geologischen Gegenwart ist (etwa 15 000 bis 20 000 Jahre).

Die richtige Deutung der Ablagerungen, die seit langem als Diluvium bezeichnet wurden, hat früheren Generationen von Forschern große Schwierigkeiten gemacht, da die vorgefundenen Sedimente von allem, was man sonst aus ande-

Abb. 20. Säulenförmige Absonderung des Basalts auf dem Pöhlberg bei Annaberg im Erzgebirge.



ren Formationen kannte, in mancher Hinsicht abwichen. Es war insbesondere auch nicht möglich, in der üblichen Weise eine Gliederung des



Abb. 21. Leopold v. Buch (1774-1853) studierte auf zahllosen Wanderungen die geologischen Verhältnisse großer Teile Europas. Er war der bedeutendste deutsche Geologe seiner Zeit.

Diluviums mit Hilfe von Leitfossilien vorzunehmen. Erst spät gelang es, annehmbare Deutungen für diese Ablagerungen zu finden. Unter anderen hatte sich schon L. v. Buch mit diesem Problem befaßt. Der englische Geologe Lyell erklärte die Entstehung der Diluvialablagerungen durch die Annahme, daß es sich dabei um Schutt handele, der von schwimmenden Eisbergen in das Gebiet des norddeutschen Flachlandes transportiert worden sei (Drifttheorie). Diese an sich durchaus vernünftige Ansicht wurde dann einige Jahrzehnte später, im Jahre 1875, durch die Inlandeistheorie abgelöst, die von dem schwedischen Geologen Torell ausgesprochen wurde. Diese Theorie besagt, daß eine große Inlandeis- masse, die einen Raum von mehreren Millionen Quadratkilometern bedeckt haben muß, gewaltige Schuttmassen aus Skandinavien, Finnland, den östlich anschließenden Gebieten und auch aus dem Boden der heutigen Ostsee in die gegenwärtigen Flachlandräume Zentraleuropas sowie in den anschließenden östlichen Flachlandraum geschafft hat. Grundmoränen des



Abb. 22. Blockpackung in der Endmoräne der Ihlowberge bei Joachimsthal.

Inlandeises mit gekritzten Geschieben (sogenannte Geschiebemergel, verwittert: Geschiebelehme), Endmoränen (zum Teil Blockpackungen) und Schmelzwasserablagerungen, je nach der Transportkraft der Schmelzwässer entweder Schotter, Kiese oder Sande, und schließlich gebänderte Tone (als feinste Sedimente in Schmelzwasserseen) sind die verbreitetsten Gesteine des Diluviums.

Das Inlandeis hat da, wo es anstehenden Gesteinsuntergrund wie etwa den Muschelkalk von Rüdersdorf oder den Sandstein von Gommern überschritt, das Gestein geebnet und mit Schrammen und Kritzern versehen. Da aber beim Heranrücken des Inlandeises die Oberfläche der Gebiete des heutigen Flachlandes aus noch nicht verfestigten und infolgedessen leicht zerstörbaren Gesteinen der Tertiärformation bestand und auch manche zutage tretende Gesteine älterer Formationen, wie etwa die Tone des Schwarzen Juras und die Schreibkreide, ebenfalls keine große Widerstandsfähigkeit besaßen, wurden ungeheure Mengen solcher Gesteine zerstört. Man überlege einmal, welche Unmassen von Kreidegesteinen während der eiszeitlichen Vergletscherung zerkleinert worden sein müssen, damit die zahllosen Feuersteine, die geradezu ein Leitgestein des nordischen Diluviums

darstellen, übrigbleiben konnten; ebenso mußten gewaltige Mengen des oligozänen Septarientones der Zerstörung anheimfallen, damit so viele Geschiebe von Septarien gebildet wurden, wie man sie in manchen Gebieten, beispielsweise in der Gegend östlich von Berlin, findet. Wenn man berücksichtigt, daß die Septarien eines anstehenden mitteloligozänen Tones im Verhältnis zum Tonvorkommen nur einen geringen Bruchteil darstellen, dann kommt man nicht um die Vorstellung herum, daß Kubikkilometer Septarientone vom Eise aufbereitet worden sein müssen, um die Septariengeschiebe zu liefern. Entsprechendes gilt für die Zerstörung von Braunkohlenflözen, Braunkohlenkiesen usw. sowie auch für die Verfrachtung des Bernsteins, der als Geschiebe und als von Schmelzwässern verschlepptes Geröll manchenorts in diluvialen Ablagerungen zu finden ist.

Die Eiszeitforschung ist ursprünglich vom Studium der ziemlich früh als ortsfremd erkannten



Abb. 23. Otto Torell (1828-1900), schwedischer Geologe, deutete die eiszeitlichen Ablagerungen Norddeutschlands als Ergebnis einer Bedeckung durch diluviales Inlandeis (Inlandeis-theorie). Diese Theorie fand allgemeine Anerkennung.

„Wanderblöcke“ (= erratische Blöcke = Findlinge) und vor allem der Sedimentärgeschiebe aus dem Kambrium, dem Silur, dem Devon, ferner aus dem Jura und auch aus anderen Formationen ausgegangen. Es stellte sich dann heraus, daß auch Geschiebe von Erguß- und Tiefengesteinen überaus charakteristisch sein und mit anstehenden Vorkommen in Skandinavien und Finnland verglichen werden können. Als sogenannte „Leitgeschiebe“ werden daher in neuerer Zeit im wesentlichen derartige „Massengesteine“, also ehemalige Schmelzflüsse, benutzt. Zu den Geschieben nordischer Herkunft treten andere Gruppen, die dem Untergrund der vom Eise überschrittenen Flachlandräume entstammen dürften. Es ist auch nicht zu bestreiten, daß der Raum, welcher heute von der Ostsee eingenommen wird, einen erheblichen Beitrag zum gesamten Geschiebestand der Flachlandräume geliefert haben muß. Ferner ist zu berücksichtigen, daß während des Diluviums aus eisfrei gebliebenen Gebieten Flüsse Gesteinsmaterial nach Norden geschafft haben. Das sind die sogenannten südlichen Geschiebe. Mit allen diesen Problemen, insbesondere auch mit der Frage nach der Bewegungsrichtung, welche die Eismassen in den verschiedenen Ge-



Abb. 24. Schichtenstörung durch Eisdruck: Links unten Geschiebemergel (Diluvium), darüber Braunkohle, Braunkohlenletten und Formsande des Jungtertiärs. Tongrube der Ziegelei Saarow bei Fürstenwalde a. d. Spree.

genden gehabt haben, beschäftigt sich die Geschiebeforschung, die außerdem auch der Paläontologie wertvolle Funde geliefert hat. Eine nähere Erörterung dieser Fragen würde hier zu weit führen.

Während in der eben angedeuteten Weise das nordische Inlandeis die Flachlandräume gestaltete, waren gleichzeitig die Alpen in besonders hohem Maße vergletschert, und die Eismassen



Abb. 25. Eiszeitliche Schrammung des Schaumkalkes an der östlichen Kante des Alvenslebenbruches im Muschelkalk von Rüdersdorf.

der Talgletscher traten in das heutige Alpenvorland hinaus und vereinigten sich dort zu Vorlandgletschern. Die Untersuchung der jetzigen wie auch der früheren Vergletscherung in den Alpenländern, insbesondere in der Schweiz, hat wesentlich zur Entwicklung der wissenschaftlichen Meinungen über die Diluvialablagerungen des Flachlandes beigetragen, und eine Reihe von allgemein üblichen Begriffen und Ausdrücken sind aus der Diluvialgeologie der Alpen übernommen worden. So stammt das Wort „Moräne“ aus den Walliser Alpen. Grundmoräne, Endmoräne und andere Ausdrücke stammen ebenfalls aus der alpinen Glazialgeologie. Dagegen kommt der Ausdruck „Sander“, der für ausgedehnte Schmelzwasserablagerungen im Vorlande der Inlandeisvergletscherung üblich geworden ist, aus dem Isländischen. Die Eiszeitforschung setzt also eine gründliche Kenntnis der gegenwärtigen Vergletscherung der Erde voraus.

Bei ihren Untersuchungen kann die Diluvialgeologie ohne die Berücksichtigung der Oberflächenformen, die das Inlandeis wie auch das Eis alpiner Gletscher geschaffen haben, nicht auskommen. Die Morphologie ist also eine unentbehrliche Methode der Eiszeitforschung.

Endmoränen, Drumlins, Kames und anderes sind eben Formen, die im Gelände erkannt werden müssen und demnach eine Sache der Morphologie. Die morphologische Betrachtungsweise darf aber in der Diluvialforschung nie zu einer reinen Morphologie werden, die mehr oder weniger ohne geologische Untersuchungen auszukommen gedenkt.

Aus dem Gebiet der Alpen rühren auch die ersten grundlegenden Versuche zu einer Gliederung der eiszeitlichen Ablagerungen her. Penck und Brückner schufen in ihrem großen Werk über die Alpen im Eiszeitalter als erste eine Viergliederung des Diluviums, indem sie vier Vereisungen annahmen, die sie unter Verwendung von Flußnamen als Günz-, Mindel-, Riß- und Würmvereisung bezeichneten. (Man beachte die alphabetische Reihenfolge!) Im Norden können mehrere entsprechende Vereisungen nachgewiesen werden. Die sogenannte Elstervereisung des Flachlandes entspricht der Mindelvereisung der Alpen, die Saalevereisung mit dem Warthestadium der Rißvereisung und schließlich die Weichselvereisung der Würmvereisung. Als Elbevereisung nimmt man ein Vereisungsstadium an, das der Günzvereisung entsprechen würde, aber im Flachland infolge der Über-



Abb. 26. Aletschgletscher vom Jungfraujoch. Ein Beispiel für einen Alpengletscher der Gegenwart.

deckung durch die Ablagerungen der jüngeren Eiszeiten schwer nachweisbar ist. Die einzelnen Vereisungen waren, wie heute ziemlich allgemein angenommen wird, durch sogenannte Zwischeneiszeiten getrennt, deren Klima etwa dem der Gegenwart entsprochen haben kann. Man pflegt die Zwischeneiszeiten, auch Interglazialzeiten genannt, mit den Namen der ihnen jeweils voraufgehenden und folgenden Eiszeiten zu bezeichnen, also Elster-Saale-Interglazial usw. Diese Benennungsweise ist bestimmt klarer als die früher und zum Teil auch heute noch übliche Bezeichnung mit Interglazial I und Interglazial II, ganz abgesehen davon, daß zwischen Elbe- und Elstervereisung ein noch älteres Interglazial dem sogenannten Interglazial I vorausgegangen sein muß.

Während der Zwischeneiszeiten waren die eisfrei gewordenen Räume, deren Klima dem heutigen entsprochen hat oder zeitweise sogar noch wärmer war, mit Pflanzen und Tieren besiedelt. Die Reste dieser Tierwelt gehören verschiedenen Tierstämmen an. Verhältnismäßig häufig finden sich Schnecken, insbesondere im Berliner Tal eine Sumpfschnecke, die vielgenannte *Paludina diluviana*, sowie Knochen großer Säugetiere. Reste von Säugetieren sind auch aus den Randgebieten während der einzelnen Vereisungszeiten bekannt, z. B. die des Mammuts. Diese Tiere haben damals vor dem Rande des Inlandeises gelebt.

Ein Überblick über das Diluvium des Flachlandes wäre unvollständig, wenn man nicht auch die sogenannten „Urstromtäler“ erwähnen würde, jene großen und breiten Talzüge, die morphologisch zum Charakter des mitteleuropäischen Flachlandes beitragen. Sie gliedern die großen Hochflächen, die aus Grundmoränen des Inlandeises und aus den dazugehörigen Schmelzwasserablagerungen aufgebaut sind, in einzelne Teile. So wird beispielsweise durch das Warschau-Berliner Urstromtal im Raum von Berlin die Hochfläche des Barnims im Norden und Nordosten der Stadt von der des Teltows im

Süden getrennt. Man unterscheidet im mitteleuropäischen Flachland mehrere Urstromtäler und benennt sie nach Städten.

Eines der schwierigsten Probleme der Diluvialgeologie ist die Frage nach der Entstehung der Urstromtäler. Die übliche Erklärung ist die, daß sie durch die Schmelzwassermassen des Eises ausgewaschen worden sind. In der Tat folgen die Urstromtäler der allgemeinen Abdachung des Flachlandraumes nach Nordwesten. Von anderer Seite ist, und zwar in den ersten Anfängen schon vor etwa hundert Jahren, versucht worden, im Verlauf der Urstromtäler die Hauptrichtungen zu erkennen, die im geologischen Bau Mittel- und Süddeutschlands hervortreten und auch in Nordwestdeutschland, im Weserbergland, erkennbar sind. Wenn solche Zusammenhänge tatsächlich bestehen, so würde also das norddeutsche Flachland als eine Region aufzufassen sein, deren Gebirgsuntergrund, durch einen Schleier eiszeitlichen Schuttes gewissermaßen verhüllt, doch noch sichtbar ist. Bedenkt man aber, wie gering beispielsweise im Raum zwischen Elbe und Oder die sichere Kenntnis des Untergrundes noch ist und wie viele Vorkommen, die früher als Anstehendes galten, sich in neuerer Zeit als vom Eise verschleppte Schollen erwiesen haben und daß jede neue Tiefbohrung die Geologen vor Überraschungen stellen kann, dann muß einem der Versuch, zwischen Untergrundbau und gegenwärtiger Oberflächengestaltung einen Zusammenhang zu konstruieren, als äußerst gewagt erscheinen. Gewiß deutet manches darauf hin, daß beispielsweise die Urstromtäler ein Charakterzug sind, der schon alt angelegt ist und während der Interglazialzeiten eine Wiederbelebung erfahren hat. So hat es den Anschein, als ob das schneckenreiche Interglazial der Berliner Gegend, die sogenannte Paludinenbank, im wesentlichen, wenn nicht gar ausschließlich, auf die gegenwärtigen Urstromtäler beschränkt ist. Das würde also heißen, daß da, wo sich jetzt das Warschau-Berliner Tal befindet, auch schon während des sogenannten

älteren Interglazials ein Urstromtal vorhanden war. Doch bedürfen, so sollte man wenigstens bei vorsichtiger Betrachtung meinen, alle diese Fragen und ihre Beantwortung erst noch weiteren Tatsachenmaterials. Vielleicht werden künftige Geologen, die dann über sehr viel mehr Unterlagen, vor allem auch aus zahlreicheren Tiefbohrungen, verfügen werden als die Fachleute der Gegenwart, diese Fragen klären können.

Bei einer Betrachtung des Diluviums darf nicht vergessen werden, daß im Flachland auch Meeresablagerungen aus dieser Zeit bekannt sind. Sie greifen allerdings im allgemeinen nur wenig über das Verbreitungsgebiet der heutigen Nord- und Ostsee nach Süden hinaus. Man kann ein älteres und ein jüngerer interglaziales Meer unterscheiden. Ablagerungen dieser Meere sind beispielsweise aus Holstein, aber auch aus Mecklenburg sowie von der Insel Hiddensee bekannt. Doch handelt es sich mindestens bei den zuletzt genannten Vorkommen um während der Eiszeit verschleppte Schollen.

Eine Frage, die oft gestellt worden ist und immer wieder gestellt wird, ist die, durch welche Umstände denn die Eiszeiten verursacht worden sind. Zweifellos lagen während des jeweils höchsten Standes der einzelnen Vereisungen die Jahrestemperaturen in unseren Gegenden unter 0°C , entsprachen also den klimatischen Verhältnissen, die heute im Norden der UdSSR und in Alaska herrschen. Die Temperaturen waren aber nicht nur in bestimmten Gebieten niedriger als heute; es steht vielmehr fest, daß sie während der Eiszeiten auf der ganzen Erde stark herabgesetzt waren. Dazu ist aber noch zu bemerken, daß es für die Zunahme der Vergletscherung ganz allgemein weniger auf die durchschnittlichen Jahrestemperaturen als auf die Sommertemperaturen ankommt. Es muß also das erhebliche Absinken der Temperaturen insbesondere für die Zeit des Sommers erklärt werden.

Man denkt in diesem Zusammenhang heute ziemlich allgemein an ein Zusammenspiel astronomischer Ursachen. Es sei dabei auf die Strah-

lungskurve verwiesen, die unter Umdeutung der seinerzeit durch Pilgrim errechneten Kurven durch Köppen und Milankovitsch geschaffen worden ist. Diese Strahlungskurve bildet die exakte Grundlage für alle Betrachtungen über die Strahlungsverhältnisse während des Diluviums. Da aber nicht während der ganzen Erdgeschichte ein regelmäßiger Wechsel von Kalt- und Warmzeiten stattgefunden hat, so sind die tatsächlich nachgewiesenen Eiszeiten durch die Strahlungskurve allein nicht erklärt. Man muß vielmehr noch weitere Ursachen annehmen, wenn man die Schwankungen in der Vergletscherung der Erde erklären will. Eine Erörterung aller dieser Probleme würde hier zu weit führen. Sicher ist nur, daß die Frage, durch welche Umstände die Eiszeiten verursacht worden sind, noch nicht befriedigend und endgültig beantwortet werden kann.

In der kurzen Zeit, die seit dem Abschmelzen des letzten Inlandeises aus dem mitteleuropäischen Flachland vergangen ist (etwa 15000 bis 20000 Jahre; Dauer des Diluviums: rund 1 Million Jahre) ist eine Reihe von Veränderungen in dem Bilde eingetreten, welches das Inlandeis hinterlassen hat. Die nacheiszeitliche Pflanzen- und Tierwelt ist eingewandert, Seen sind verlandet, Flüsse haben ihre Täler gestaltet. Die Küstenzerstörung – anderwärts durch Schaffung von Nehrungen ausgeglichen – liefert den Beweis, daß auch in der Gegenwart die Grenze zwischen Land und Meer nicht unveränderlich ist. Die Geschichte der Ostsee, die zeitweise – etwa 9000 Jahre vor der Gegenwart – ein Binnengewässer war, das Süßwasser enthielt, ebenso auch die Geschichte der Nordsee, deren zerstörende Tätigkeit an den Küsten Hollands und im Bereich der deutschen Bucht bis nach Dänemark hin sich noch in der Gegenwart auswirkt, wären Probleme, die einer besonderen Betrachtung bedürfen, aber hier nicht erörtert werden sollen.

Seit dem älteren Diluvium ist in Europa auch das Dasein von Menschen nachweisbar.

WIE DAS LEBEN AUF DER ERDE ENTSTAND

PROF. DR. JACOB SEGAL

WAS IST DAS LEBEN?

DIE Frage, was das Leben ist und wie sich Lebewesen von unbelebten Körpern unterscheiden, mag zunächst müßig erscheinen. Jeder Schuljunge weiß, daß Lebewesen sich bewegen können. Stößt man einen Käfer mit einem Stäbchen an, und er läuft fort oder zappelt, so ist er lebendig. Bleibt er still liegen, so ist er wahrscheinlich tot.

Aber da fährt ein Auto vorüber. Es bewegt sich zwar, ist jedoch offensichtlich nicht lebendig. Dabei ist seine Bewegung ähnlichen Ursprungs wie bei den Lebewesen. Der Motor des Autos nimmt brennbare Substanzen auf, zerkleinert sie im Vergaser bis zu feinsten Tröpfchen, führt ihnen Sauerstoff zu, den er mit der Außenluft einsaugt, läßt sie in diesem Sauerstoff verbrennen und stößt die Verbrennungsgase wieder aus. Die durch diesen Prozeß frei werdende Energie erzeugt die Bewegung. Lebte der Motor, würden wir sagen: Er frißt, er verdaut, er atmet, er scheidet aus. Und doch ist es keinen Augenblick zweifelhaft, daß es sich nicht um ein Lebewesen handelt. Das Auto wächst nicht, es vermehrt sich nicht, es hat keinen Stoffwechsel.

Sind aber Wachstum und Vermehrung sichere Kennzeichen des Lebens? Gewiß nicht. Ein Kristall wächst in der Mutterlauge, ebenso wächst ein Eiszapfen oder eine Sanddüne. Sie alle entnehmen ihrer Umwelt Baustoffe, mit deren Hilfe sie die eigene Masse vergrößern. Zerschlagen wir einen Kristall und lassen die Splitter in der Mutterlauge liegen, so wachsen sie unabhängig voneinander weiter, wobei sie die ursprüngliche Form neu bilden. Dies entspricht

einer sehr primitiven Art der Vermehrung, in der sogar die Form des Mutterkristalls auf die Tochterkristalle übertragen wird, so daß eine gewisse Artkonstanz gewahrt bleibt.

Die Physiker und Chemiker haben eine Reihe von künstlichen Systemen entwickelt, in denen die verschiedenen Äußerungen des Lebens in viel vollkommenerer Weise nachgeahmt werden, als das mit unseren sehr einfachen Beispielen möglich ist. Dennoch bleiben es grobe, unbelebte Modelle, Imitationen der tatsächlichen Leistungen des Lebens. Entscheidend für das wirklich Einzigartige der Natur ist nicht nur, was sie leistet, sondern vielmehr die Art und Weise, wie diese Leistung vollbracht wird.

Ein Kristall besteht aus Atomen, die sich im Ruhezustand befinden. Wächst der Kristall, so setzen sich neue Atome an seiner Oberfläche fest, ohne daß sich jedoch die ursprüngliche Zusammensetzung des Kristalls verändert. In der lebenden Substanz dagegen gibt es keine Ruhe. Die Moleküle, aus denen sie aufgebaut ist, zerfallen ständig und werden aus dem Verband ausgestoßen; neue, aus körperfremden Stoffen aufgebaute Moleküle treten an ihre Stelle. Eine lebende Zelle kann man mit einem Staat vergleichen. Er kann über lange Zeiträume die gleichen Grenzen und die gleiche gesellschaftliche Struktur behalten; seine Molekel, die Menschen, sterben inzwischen oder wandern aus und werden durch neue ersetzt. Bleibend ist die äußere Form, das gemeinsame Wirken; der Inhalt aber ist rasch vergänglich und unterliegt einem steten Wechsel. Diesen ständigen Auf- und Abbau, die ununterbrochene Erneuerung der Baustoffe, die dem lebenden Organismus erlauben, seine äußere

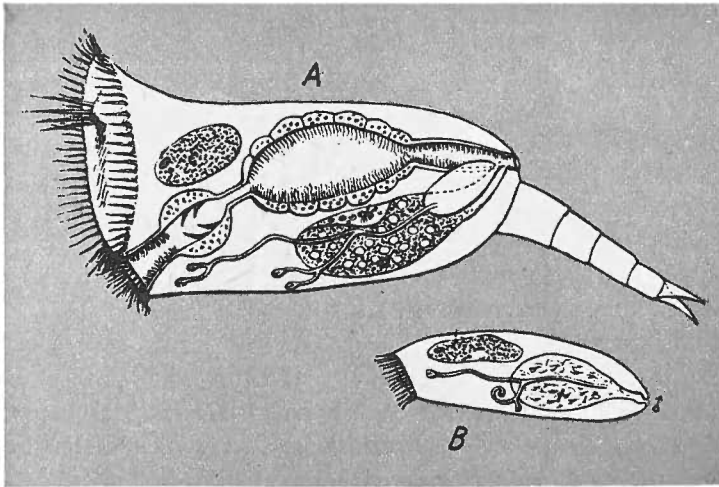


Abb. 1. Rotatorien (Rädertierchen).
A — Weibchen, B — Männchen.

Form und seine Funktionen unverändert aufrechtzuerhalten, nennen wir Stoffwechsel.

Im Stoffwechsel liegt der wesentliche Unterschied zwischen belebter und unbelebter Substanz. Eine Maschine kann zwar sehr komplizierte Leistungen vollbringen, aber nur dann, wenn bestimmte Bedingungen eingehalten werden; sie vollzieht sie nur auf eine einzige Weise. Ein lebendiger Organismus dagegen ist anpassungsfähig.

Ändern sich die äußeren Bedingungen, dann ändern sich auch der Verlauf der chemischen Umsetzungen und das gesamte Verhalten, so daß immer die gleichen arteigenen Baustoffe erzeugt werden und die wesentlichen Lebensprozesse unverändert ablaufen können. Die lebende Substanz erleidet nicht passiv die Einwirkungen der Umwelt, sondern wird durch sie zu Ausgleichsreaktionen angeregt. Sie ist erregbar und reaktionsfähig. Die Erregbarkeit ist neben dem Stoffwechsel die entscheidende Eigenschaft der lebenden Substanz.

Lange Zeit hindurch wurde das Leben als ein geheimnisvoller Prozeß besonderer Art angesehen, der unseren Untersuchungsmethoden unzugänglich ist. Man sprach von einer besonderen Lebenskraft, welche völlig verschieden sei von den Kräften, die uns aus der Physik und der Chemie bekannt sind. Als Beweis dafür führte man die Tatsache an, daß es niemandem gelungen sei,

sogenannte organische Substanzen künstlich zu erzeugen.

Die Chemie kennt in der Tat seit langem eine große Zahl von Stoffen, die in der unbelebten Natur nicht vorkommen, von lebenden Organismen jedoch ständig erzeugt werden. Das sind Alkohole, Fette, Zucker, Eiweiße und viele andere Verbindungen, die alle das eine gemeinsam haben, daß sie als wesentlichen Baustein Kohlenstoffatome enthalten. Die Anhänger der Lebenskraft-Theorie verstiegen sich zu der Behauptung, es würde den Chemikern niemals gelingen, organische Substanzen aus anorganischen zu erzeugen. Aber im Jahre 1828 stellte der deutsche Chemiker Wöhler künstlichen Harnstoff her, und seitdem ist die Zahl der synthetischen organischen Verbindungen ins Unermeßliche gewachsen. Man denke nur an das synthetische Benzin, den synthetischen Gummi, die künstlichen Riechstoffe, die Farbstoffe, die Medikamente sowie an die Unzahl von organischen Substanzen, die in der Natur überhaupt nicht existieren, wie das Perlon, um nur eines der neuesten Beispiele zu nennen.

Die Anhänger der Lebenskraft meinten jedoch: Wenn man auch die Synthese von organischen Substanzen fertiggebracht hätte, ein künstliches Eiweiß würde man niemals erzeugen. Die Eiweiße sind bekanntlich die eigentlichen Träger des Lebens. Sie sind äußerst komplizierte große Molekel, die aus Tausenden von Atomen zusammengesetzt sind und viele freie elektrische Ladungen aufweisen, wodurch sie außerordentlich reaktionsgierig sind. Gerade ihre Bereitschaft zu den verschiedenen chemischen Umsetzungen befähigt sie zu den komplizierten Prozessen des Stoffwechsels und verleiht ihnen die große Anpassungsfähigkeit, welche die Lebensprozesse auszeichnet.

Für den Chemiker ist der Umgang mit derartigen Substanzen naturgemäß nicht leicht. Je komplexer sie sind, um so zahlreicher sind die Reaktionen, zu denen sie neigen, um so schwieriger ist es, Bedingungen zu schaffen, in denen die neu-

gebildeten Eiweißmolekel nicht sofort wieder zerfallen. Immerhin ist man bereits ein gutes Stück vorwärtsgekommen. Die synthetischen Polypeptide enthalten bereits mehrere hundert Molekel. Wenn wir ihnen in der Natur begegneten, würden wir sie bedenkenlos als primitive Eiweiße ansprechen. Die Herstellung hochmolekularer Eiweiße scheint demnach nur noch eine Frage der Zeit und der Verbesserung der Technik zu sein.

Wenn es uns nun gelänge, künstliches Eiweiß herzustellen, würde es anfangen zu leben? Könnten wir Leben nach Belieben erzeugen? Darüber sind die Meinungen geteilt. Schon vor 80 Jahren sprach der große Philosoph Friedrich Engels die Vermutung aus, daß das Leben nichts anderes sei als die Existenzform der Eiweiße unter geeigneten äußeren Bedingungen. Damit im Eiweiß Lebenserscheinungen auftreten, würde es demnach genügen, Eiweiß herzustellen, ihm die geeignete chemische Struktur zu geben und für entsprechende Bedingungen zu sorgen.

Die Anhänger der Lebenskraft, die „Vitalisten“, behaupten aber, daß man niemals künstliches Leben schaffen könne. Zwar hätten die Menschen gelernt, organische Stoffe herzustellen, auch die Synthese des Eiweißes würde ihnen vielleicht gelingen, aber ohne die Lebenskraft würde auch das vollkommenste künstliche Eiweiß tote Materie bleiben.

Es ist natürlich nicht einfach, die Vitalisten durch ein Experiment zu überzeugen. Leider verfügen wir nicht über künstliches Eiweiß und wären auch noch nicht in der Lage, ihm die erforderlichen Feinstrukturen zu verleihen. Aber niemand hindert uns, natürliches unbelebtes Eiweiß zu verwenden. Eine Leiche zum Beispiel gewährt uns alle erforderlichen Bedingungen. Sie besteht aus Eiweiß und besitzt auch den erforderlichen Bau. Sollte es gelingen, eine Leiche zu beleben, dann wäre es ebenso, als würden wir künstliches Leben schaffen.

Das ist natürlich kein leichtes Unterfangen. Die Leiche hat aufgehört zu leben, weil irgendwelche

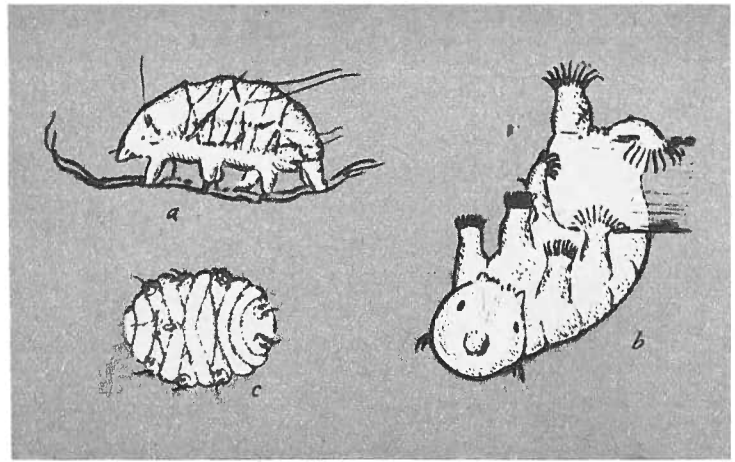


Abb. 2. Tardigraden (Bärtierchen).

a) *Echiniscus sigismundi*, an einem Algenfaden kletternd

b) *Echiniscus blumi*.

c) Tönnchenstadium (Trockenform) eines *Hyphibius*.

Störungen im Mechanismus des Organismus vorlagen, die ein Weiterleben unmöglich machten. Diese müssen wir rückgängig machen. Außerdem setzen sofort nach dem Tode Veränderungen ein, die das Eiweiß denaturieren, so daß es schon kurze Zeit darauf nicht mehr lebensfähig ist. Man muß also ein Tier derart abtöten, daß die Todesursache restlos, ohne Spuren zu hinterlassen, beseitigt werden kann. In der Zwischenzeit muß man die Leiche so konservieren, daß sie keine Veränderungen erleidet.

Die Natur hilft uns bei der Durchführung dieses Experimentes. Es gibt eine ganze Reihe von niederen Tieren, die beim Eintreten ungünstiger Bedingungen Dauerformen bilden, deren Lebensfähigkeit stark zurückgeht. Die Rädertiere (Rotatorien), die in schlammigen Pfützen leben, und die Bärtierchen (Tardigraden), die man in feuchtem Moos findet, schrumpfen zusammen, wenn das Wasser, in dem sie leben, verdunstet. In diesem Zustande können sie selbst mehrjährige Trockenheit überstehen. Feuchtet man sie an, so erwachen sie wieder zum Leben. Selbstverständlich sind sie im Zustand der Trockenstarre nicht tot, sondern die Lebensprozesse sind nur außerordentlich verlangsamt. Bewahrt man sie 10 bis 15 Jahre trocken auf, dann sind die Nahrungsreserven restlos verbraucht, und der endgültige Tod tritt ein.

In diesem Zustand des herabgesetzten Lebens (Anabiose) sind die Dauerformen äußerst widerstandsfähig. So kann man sie ohne Schaden sogar in flüssiges Helium bringen, das eine Temperatur von -272°C hat (nur 1 Grad über dem absoluten Nullpunkt). Bei dieser Temperatur sind keine chemischen Umsetzungen mehr möglich und erst recht nicht Reaktionen von so hochmolekularen Stoffen wie Eiweißen. Es gibt da keinen Stoffwechsel, keine Erregbarkeit, keine Bewegung, geschweige denn Wachstum und Vermehrung. Alle Lebensfunktionen sind ausgelöscht, und wir haben eine Leiche vor uns. Wir können sie in diesem Zustand jahrelang aufbewahren, ohne daß sie Veränderungen erleidet, denn bei derart unvorstellbar niedrigen Temperaturen sind nicht nur die Lebensfunktionen, sondern auch die sonst nach dem Tode einsetzenden Veränderungen absolut stillgelegt.

Hiermit sind alle Bedingungen unseres Versuches erfüllt. Wir töten ein Lebewesen durch Kälte, wobei alle Zerstörungen der Gewebe durch Eiskristalle vermieden werden, weil ja vorher sämtliches Wasser durch sorgfältiges Austrocknen entzogen worden war. Durch vorsichtiges Aufwärmen können wir die Todesursache restlos beseitigen. Und da in der Zwischenzeit alle chemischen Umsetzungen in der Leiche verhindert waren, kann es uns nicht wundern, daß es genügt, sie vorsichtig anzuwärmen und dann anzufeuchten, damit in wenigen Minuten ein häßliches Staubkorn sich in ein zappelndes Tierchen verwandelt.

Der Versuch ist also geglückt. Es ist möglich, eine Leiche zum Leben zu erwecken, ohne Zauber, ohne geheimnisvolle Lebenskräfte, einfach durch Wärme und einen Tropfen Wasser. Unter entsprechenden Bedingungen lebt also das Eiweiß. Und wenn wir uns in den folgenden Kapiteln die Frage stellen, woher das Leben auf der Erde kommt, so brauchen wir nur noch zu erklären, wie sich das erste Eiweiß gebildet hat und welche Bedingungen erforderlich waren, um ihm das Leben zu ermöglichen.

WOHER STAMMT DAS LEBEN AUF DER ERDE?

Das Leben kann nicht von jeher auf der Erde bestanden haben. Als die Erde ein glühender Gasball war, konnten sich chemische Verbindungen überhaupt nicht bilden. Erst mußte sich das Gas abkühlen, sich verflüssigen und verfestigen, erst mußte der Wasserdampf der Luft sich auf die Erdoberfläche als Regen niederschlagen können, ohne bei Berührung mit dem heißen Boden sofort wieder zu verdampfen; dann erst konnte lebende Substanz sich bilden und bestehen bleiben.

Es ist nicht leicht zu erklären, wie die hochkomplizierten Eiweißverbindungen von selbst zustande kamen, während es selbst heute dem Chemiker nur gelingt, sie in sehr grober Form zu imitieren. So kann man verstehen, daß die Theorie, das Leben sei gar nicht auf der Erde entstanden, sondern sei zu uns von anderen Planeten, von anderen Sternsystemen gekommen, einen großen Anklang fand. Zwar war damit das Problem noch nicht gelöst, sondern nur verlagert, denn irgendwo mußte ein erstes Leben aufgetreten sein, und seine Entstehung blieb nach wie vor zu erklären.

Immerhin wäre das Problem, was die Erde anbetrifft, damit gelöst.

Man stellte sich also vor, daß Dauerkeime von primitiven Lebewesen von aufsteigenden Luftströmungen in die obersten Schichten der Gas-hülle, welche die Himmelskörper umgibt, verschleppt worden sind. Unter Umständen könnten daran auch große Vulkanexplosionen beteiligt gewesen sein. Man weiß zum Beispiel, daß man, nachdem der Vulkan Krakatau in die Luft geflogen war, noch nach Jahren Spuren von Staub in den obersten Schichten der Atmosphäre nachweisen konnte.

In diesen Schichten ist die Lichtstrahlung sehr stark, und der Druck der Lichtwellen gegen sehr leichte Körper kann unter Umständen genügen, um die Anziehungskraft der Erde zu überwin-

den. Ein Keim, der dieses Schicksal erleidet, wird so durch den Weltenraum getrieben, bis er in den Anziehungsbereich eines anderen Planeten gerät und auf seine Oberfläche niederfällt. Da die Temperatur im Weltenraum -273° beträgt, sind alle Lebenserscheinungen auf unbegrenzte Zeit unterbrochen, und der Keim kann noch nach Millionen von Jahren wieder zum Leben erwachen.

Leider stößt diese schöne Theorie auf eine anscheinend unüberwindliche Schwierigkeit. Der Weltenraum ist erfüllt von ultravioletter Strahlung. Davon gelangt nur ein winziger Bruchteil auf die Erde, denn die Ozonschicht, die über unserer Atmosphäre lagert, läßt das ultraviolette Licht nicht hindurch. Aber selbst das ultraviolettarme Sonnenlicht, das unsere Erdoberfläche erreicht, tötet Bakterien in wenigen Minuten. Im Weltenraum würden unsere Keime von der starken Strahlung zerstört werden und keine Sekunde existieren. Zu bemerken ist hierzu, daß es sich um photochemische Wirkungen handelt, die kaum von der Temperatur beeinflusst werden, im Gegensatz zu rein chemischen Reaktionen, die durch Kälte verlangsamt werden und bei Weltenraumtemperaturen völlig zum Stillstand kommen.

So müssen wir darauf verzichten, den Ursprung des Lebens auf fremden Planeten zu suchen. Wenn es ein Leben auf der Erde gibt, dann muß es auch auf der Erde entstanden sein.

DER STREIT UM DIE URZEUGUNG

Lange Zeit hindurch galt es als selbstverständlich, daß Lebewesen jederzeit neu entstehen könnten. Im Altertum und im Mittelalter glaubte man noch fest daran, daß Ungeziefer aus Unrat entsteht. Noch im 17. Jahrhundert schrieb van Helmont, aus den üblen Gerüchen der Sümpfe entstünden Frösche, und es genüge, ein schmutziges Hemd mit Weizenkörnern in einen irdenen Topf zu tun, um Mäuse zu erhalten.

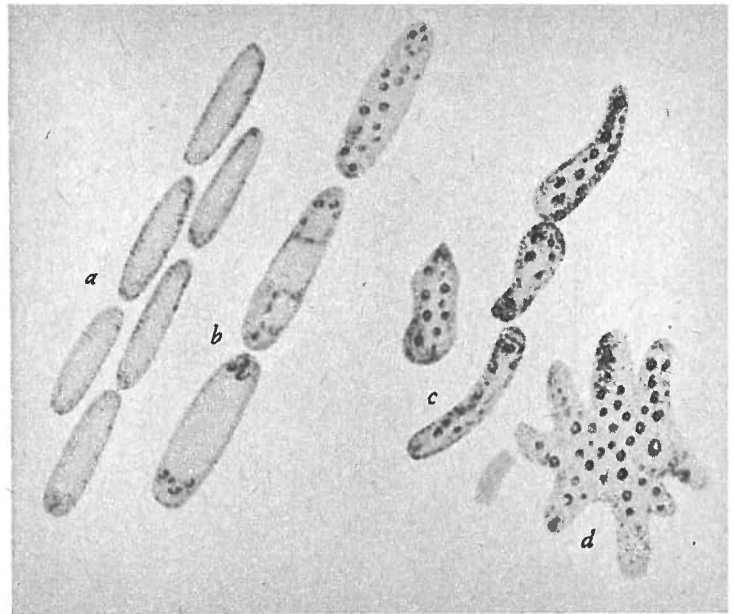


Abb. 3. Wirkung von ultravioletten Strahlen auf Kleinlebewesen (*Bacillus mycoides*).

- a) Ursprüngliche Form der Kleinlebewesen.
- b) Nach 2 bis 3 Minuten Bestrahlung mit ultraviolettem Licht entstehen Vakuolen und Fetttropfchen.
- c) Nach weiterer Bestrahlung beginnt das Zerfließen (die Degeneration) der Bakterien.
- d) Die abgetöteten Bakterien haben sich zu einer einzigen Masse zusammengeballt.

Auch vor dem Menschen machte die Idee der Urzeugung nicht halt. Der berühmte Arzt und Alchimist Paracelsus gab mehrere Rezepte für die Schaffung eines künstlichen Menschen, eines sogenannten „Homunkulus“. Er empfahl zum Beispiel, Blut in einen Pferdemenagen zu tun, das Ganze 40 Tage lang im Warmen aufzubewahren und den Inhalt wohl zu ernähren, worauf man im Magen ein Männlein finden würde, „wohlgestaltet, wenn auch klein“. Wahrscheinlich hat der Pferdemenagen der vierzigtägigen Wärme nicht standgehalten und ist schon vorher verfault und geplatzt. Den darin vorgefundenen Blutkuchen mag Paracelsus für einen menschlichen Embryo gehalten haben, woraufhin er mit der damals üblichen Leichtfertigkeit in experimentellen Dingen den scheinbar nur aus technischen Gründen mißglückten Versuch in Gedanken vollendete und der Öffentlichkeit mitteilte.



Abb. 4. Erzeugung eines Homunkulus.

Der erste Versuch, gegen die Theorie der Urzeugung vorzugehen, wurde von dem Italiener Francesco Redi im Jahre 1668 unternommen. Redi bewahrte Fleisch in Töpfen auf, die mit feinem Tüll zugebunden waren, und konnte zeigen, daß dann in ihm keine Maden entstanden. Ließ man aber Fliegen hinein, dann legten sie ihre Eier auf dem Fleisch ab, und Maden entwickelten sich.

Dieses Experiment erforderte seinerzeit großen Mut, denn die Kirche vertrat damals den Standpunkt der Urzeugung auf Grund einer Bibelstelle, in der von Bienen die Rede ist, die aus dem Leibe eines toten Löwen entstanden seien (Richter, Kap. 14). Daher sprach Redi sich auch nicht eindeutig gegen jede Urzeugung aus, sondern ließ gewisse Ausnahmen zu: Darm- und Holzwürmer entstünden aus faulenden Stoffen, die Würmer in den Eichengallen aus Pflanzensäften.

Redis Einfluß machte sich bemerkbar, und unter dem Eindruck präziser Experimente verlor die Lehre von der Urzeugung an Bedeutung. Sie

erhielt einen neuen Auftrieb durch die Erfindung des Mikroskops. Im Jahre 1674 schrieb der holländische Brillenschleifer Anton van Leeuwenhoek an die Königlich-Wissenschaftliche Gesellschaft in London einen Brief, in dem er mitteilte, er hätte mit einer selbstgeschliffenen Linse in einem Tropfen Wasser kleinste Tierchen verschiedener Art entdeckt. Drei Jahre später teilte er mit, diese Tierchen hätten weder Vater noch Mutter, denn sie entstünden von selbst in fauligem Wasser. Man fände sie in Regentonnen, aber auch in Aufgüssen von Pfeffer, Ingwer, Gewürznelken oder Muskatnuß.

Es hatte ganz den Anschein, als hätte Leeuwenhoek recht. Überall, wo organische Stoffe verfaulen, fand man auch diese mikroskopischen Tierchen, sei es in einem Heuaufguß oder im weißen Belag unserer Zähne, im Kot der Tiere oder im Wasser des Dorfsteiches. Selbst in gekochter Fleischbrühe, in der alles Leben erloschen sein mußte, wimmelten schon nach wenigen Tagen Bakterien.

Viele Wissenschaftler, die an der Urzeugung höherer Tiere zu zweifeln begonnen hatten, beugten sich dem Augenschein. Sehr verbreitet



Abb. 5. Francesco Redi.

war die Ansicht, höhere Lebewesen, die mit einer Seele behaftet seien, sogenannte „sensitive“ Tiere, könnten nur durch göttliches Eingreifen neu geschaffen werden; niedere und seelenlose „vitale“ Lebewesen entstünden dagegen von selbst aus lebloser Materie.

Im Jahre 1755 griff der englische Priester Needham zum Experiment. Er füllte Glaskolben mit warmer Hammelbrühe, verstopfte sie mit Watte oder Korken und stellte sie für mehrere Minuten auf heiße Asche, um alle Spuren des Lebens zu vernichten. Die abgekühlte Brühe wimmelte bald von Bakterien. Needham schloß daraus, daß sie nur durch Urzeugung entstanden sein könnten.

Ein anderer Priester, der Italiener Lazare Spallanzani, machte sich an die Widerlegung von Needhams Versuchen. Er stellte die Kolben mit Brühe nicht nur auf heiße Asche, sondern ließ sie lange auf kochendem Wasser schwimmen, um alle Keime wirksam abzutöten. Außerdem verstopfte er sie nicht mit Watte, sondern schmolz sie zu. In allen diesen Kolben blieb die Brühe klar. Machte er aber nach dem Erkalten kleine Öffnungen in die Kolben, dann ent-



Abb. 6. Anton Leeuwenhoek.

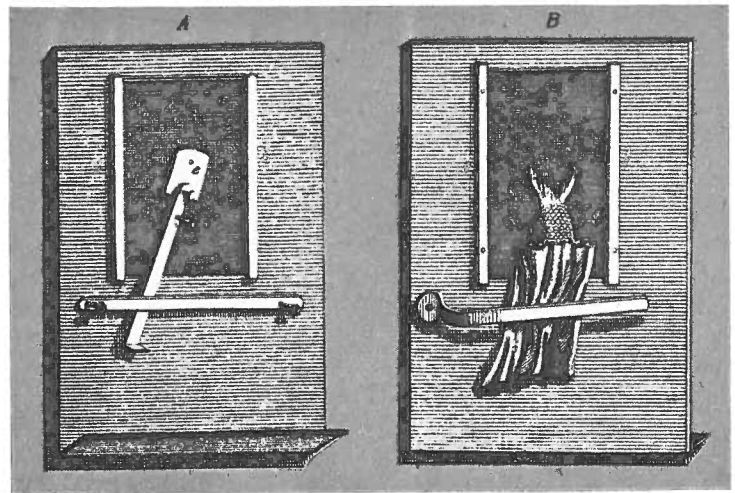


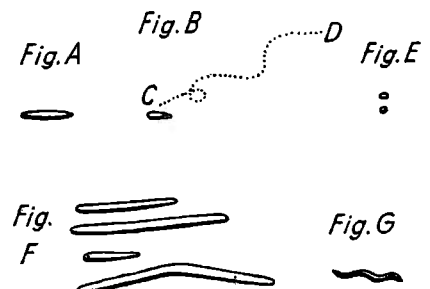
Abb. 7. Eines der Mikroskope Leeuwenhoeks. e — Linse.

wickelten sich Mikroben, und die Brühe trübte sich. Es handelte sich also nicht um Urzeugung, sondern um Einwandern von Keimen aus der Luft.

Spallanzani selbst hielt den Versuch nicht für absolut beweiskräftig. Man könnte annehmen, so sagte er, daß die Luft im Kolben durch die Hitze verdorben würde und daß die Brühe dann nicht die richtige Art Fäulnis entwickeln könne, die zur Bildung von Lebewesen notwendig sei. Dieses gleiche Argument hielt man auch ein Jahrhundert später dem großen französischen Bakteriologen Louis Pasteur vor, als er mit ganz ähnlichen Methoden wie Spallanzani nachzuweisen versuchte, Bakterien entstünden nicht von selbst, sondern kämen nur von Bakterien gleicher Art her.

Zu dieser Zeit stellte die Diskussion über die Urzeugung nicht mehr eine rein akademische Debatte dar. Robert Koch und Louis Pasteur hatten die Rolle der Mikroben aufgeklärt: Die Mikroben waren Freunde, weil sie als Hefe Bier gären ließen und als Bakterien die Leichen

Abb. 8. „Levende dierkens“ aus der Mundhöhle (Zahnbelag) des Menschen. Die ersten Abbildungen von Bakterien. Nach Leeuwenhoek (1683)



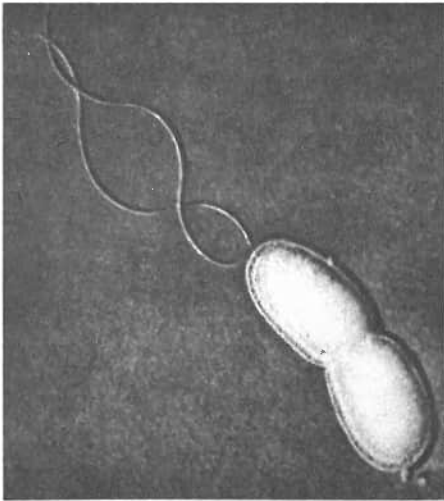


Abb. 9. Einzellige Lebewesen (nebenstehend Abb. a und Seite 133 Abb. b-b)

- a) *Pseudomonas fluorescens*, geißeltragendes Bakterium, in Teilung begriffen. (Aufnahme mit dem Elektronenmikroskop, Vergrößerung etwa 22 000mal.)
- b) *Euglena viridis*, Geißeltierchen.
- c) *Ceratium hirudinella*, gehäusetragendes Geißeltierchen 1) Vorder-, 2) Seitenansicht.
- d) *Biocera socialis*, koloniebildendes Geißeltierchen.
- e) *Amoeba proteus*, Wechseltierchen.
- f) *Discortina frayeri*, gehäusetragendes Wechseltierchen.
- g) *Stentor polymorphus* (Trompetentierchen), wimperntragendes Infusorium.
- h) *Ophryoscolex caudatus*, panzertragendes Infusorium.

von Tieren und Pflanzen beseitigten; aber sie waren auch Feinde, die uns mit vielfältigen Krankheiten bedrohten, die Lebensmittel verderben und edlen französischen Wein in übelriechende Brühe verwandelten. Pasteurs Kampf um das Bier, um den Wein und um die Gesundheit konnte die Öffentlichkeit nicht kaltlassen. Entstanden Bakterien von selbst, dann mußte der Mensch die Waffen vor ihnen strecken. Stammten sie aber von anderen Bakterien ab, dann konnte man Weinflaschen desinfizieren, die Milch sterilisieren und Krankheiten verhüten, indem man die Übertragung von Keimen verhinderte.

Mit großem Interesse verfolgte daher das Publikum den Kampf zwischen Pasteur und seinen Widersachern Bastian und Jolly. Auf das Argument, die in den Kolben erhitzte Luft verliere ihre Elastizität und damit ihre belebende Kraft, reagierte Pasteur, indem er viele Kolben mit Fleischbrühe kochte, zuschmolz und damit unter Lebensgefahr auf den Mont-Blanc-Gletscher stieg. Dort, in einer praktisch bakterienfreien Luft, wurden die Kolben aufgebrochen, frische „elastische Luft“ drang ein, dann wurden sie wieder zugeschmolzen, aber die Brühe blieb klar. Die Entstehung der Bakterien lag also nicht an der Elastizität der Luft, sondern an den in ihr enthaltenen Keimen.

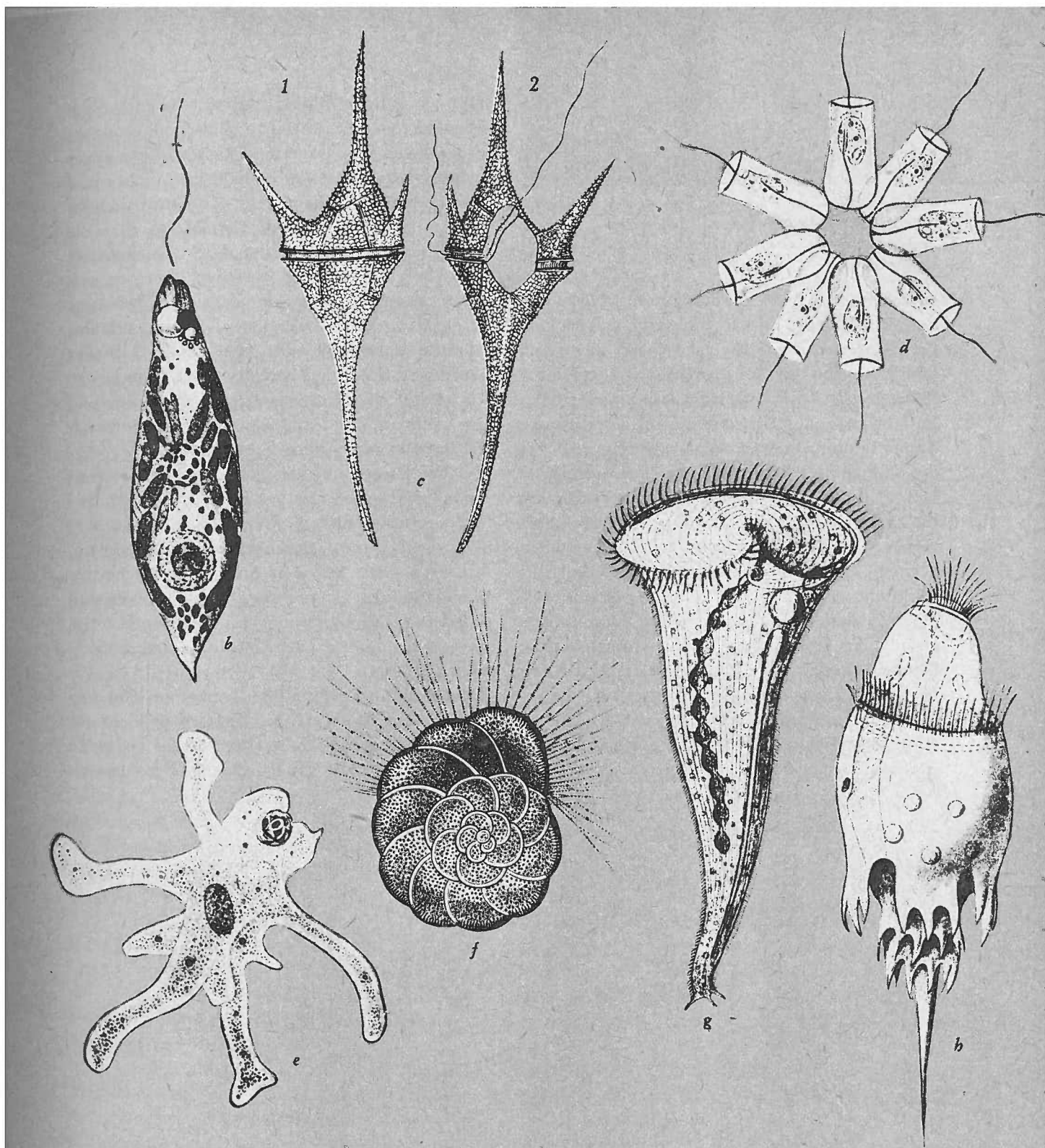
Pasteur machte auch folgenden Versuch: Er füllte Glaskolben mit Fleischbrühe und zog ihren Hals zu langen S-förmig gekrümmten

Röhrchen aus. Dann wurden die Kolben gekocht, der Wasserdampf vertrieb die Luft aus dem Innern, und beim Abkühlen drang frische Luft von außen nach. Nur mußte sie einen langen Weg durch die dünnen Röhren nehmen, und unterwegs blieben die Bakterien an den Wandungen haften. Die Brühe blieb klar und steril. Neigte man den Kolben aber, so daß die Brühe in die Röhre stieg und wieder zurückfloß, wobei sie die Keime mitschwemmte, dann wimmelte der Kolben bald von Bakterien.

Seine Gegner gaben sich aber nicht so leicht geschlagen. Mit vielen Kolben voll Heubouillon



Abb. 10. Louis Pasteur



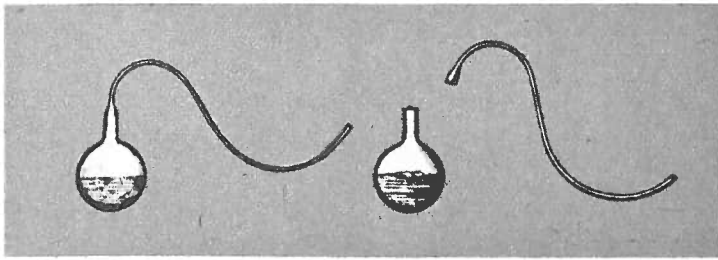


Abb. 11. Pasteurscher Kolben mit S-förmigem Hals.
Links: Nährflüssigkeit bleibt keimfrei, rechts: Entwicklung von Bakterien.

versehen, stieg Jolly auf den Pic du Midi in den Pyrenäen, öffnete sie dort und fand, daß sie bald von Bakterien wimmelten. Es fehlte nicht viel, und Pasteurs These wäre an diesem Versuch gescheitert. Erst viel später erkannte man, daß es im Heu besondere Bakterien gibt, deren Keime Temperaturen von weit über 100° ertragen, so daß die Kolben Jollys praktisch nie steril waren. Heute gibt es wohl kaum noch Wissenschaftler, die daran glauben, daß hochorganisierte Lebewesen spontan aus unbelebter Materie entstehen können. Aber in irgendeinem Stadium der Entwicklung der Erde mußte das Leben ja aufgetreten sein, sich aus unbelebter Materie herausgebildet haben. Irgendwann einmal hat die Urzeugung stattgefunden, und es fragt sich, ob etwas Derartiges nicht genau so gut auch zu unserer Zeit möglich sein könnte, daß das Leben einfachster Form auch noch heute ständig neu entsteht.

Der sowjetische Biologe Oparin leugnet diese Möglichkeit. Die physikalischen Bedingungen, unter denen sich die ersten Eiweißstoffe gebildet haben, sind nach seiner Ansicht jetzt nicht mehr vorhanden. Außerdem stellt das erste primitive Eiweiß zunächst eine passive Masse dar, die dem Angriff von Bakterien hilflos ausgeliefert ist. Überall, wo Leben bestehen kann, da existiert es auch, und zwar immer in dem Maße, wie es die Menge der vorhandenen Nahrung erlaubt. Sich heute neu bildende lebensfähige Substanz würde sofort von dem bereits vorhandenen Leben als geeignete Nahrung ausgewertet werden und der völligen Vernichtung verfallen, lange bevor sie nennenswerte Mengen bilden könnte.

Bei der Entstehung des ersten Lebens bestand diese Gefahr nicht. Es gab keine Bakterien, und das primitive Eiweiß konnte sich in sterilem Milieu gefahrlos jahrtausendlang ansammeln, bis es Konzentrationen erreichte, welche die Kondensation zu organisierten Plasmamassen erlaubten. Die Urzeugung sei also einmal möglich gewesen, aber, nach Oparin, in unserer Zeit ausgeschlossen.

Demgegenüber weist Olga Lepschinskaja darauf hin, daß die Entstehung des Lebens nicht unbedingt mit der Bildung von Eiweiß beginnen mußte. Nicht jedes Eiweiß ist lebendig. Aber oft

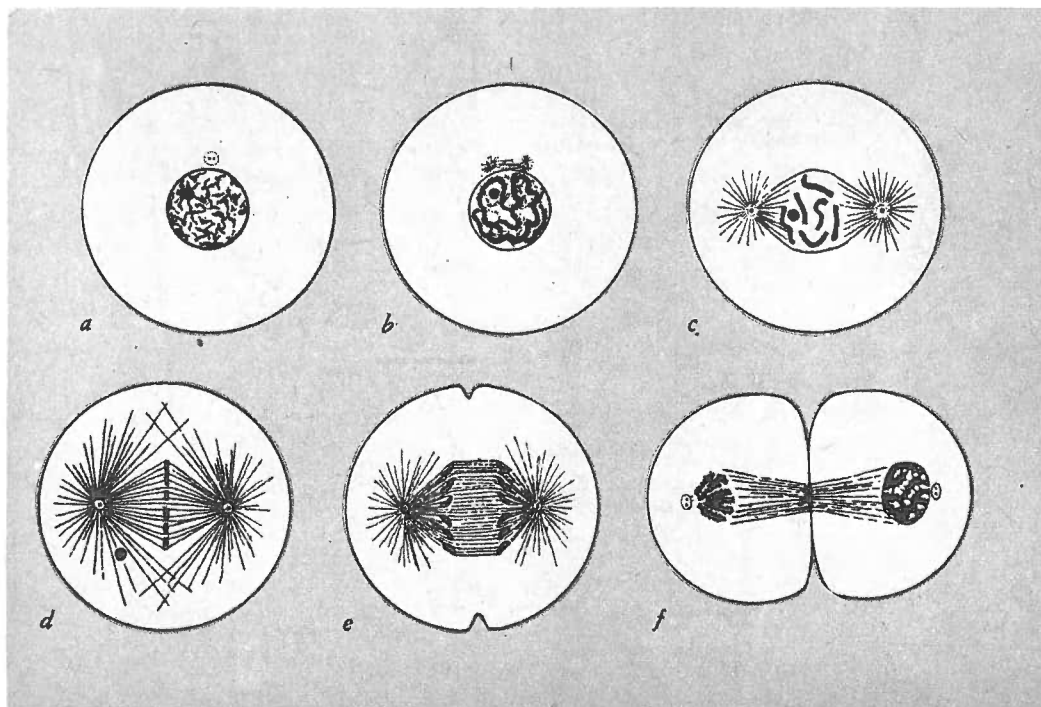


Abb. 12.
Stadien der Zellteilung.

befindet es sich unter Bedingungen, welche Bakterien fernhalten und ihm erlauben, unzersetzt zu bestehen. Dies ist z. B. der Fall beim Blutplasma, der gelblichen Flüssigkeit, in welcher die Blutkörperchen schwimmen. Der Dotter im Ei stellt eine solche unbelebte, aber steril aufbewahrte Eiweißmasse dar. Und Olga Lepeschinskaja hat gezeigt, wie unter dem Einfluß der vom Embryo des Eies ausgehenden Reize einzelne Dotterkörner anfangen zu reagieren, einen Zellkern ausbilden und schließlich zu vollwertigen Zellen werden.

Demnach wäre die Urzeugung eine alltägliche Erscheinung. Lebensfähige, aber unbelebte Substanz wird durch entsprechende äußere Einflüsse zunächst zu primitiven Lebensäußerungen gebracht. Sie macht dann eine rasche Entwicklung durch, in deren Verlauf sie den Weg von unorganisierter lebender Masse zur Zelle durchmacht.

Auch außerhalb eines lebenden Organismus kann man derartige Entwicklungen beobachten. Olga Lepeschinskaja zerstampfte einen Süßwasserpolyphen in einem Mörser, siebte und zentrifugierte den Brei, bis alle Zellen ausgeschieden waren und nur noch eine klare Flüssigkeit übrigblieb, die aus in Wasser gelösten Eiweißstoffen bestand. Es dauerte nicht lange, und in der Flüssigkeit erschienen winzige Eiweißtröpfchen, die langsam anwuchsen und im Innern eine kernartige Struktur zeigten. Erreichte solch ein Tröpfchen eine gewisse Größe, dann begann es sich zu teilen, formte ein Gebilde aus 2, dann 4 und schließlich bis zu 32 Zellen.

Zum Wachstum gehört auch Nahrungsaufnahme. Olga Lepeschinskajas Eiweißtröpfchen wachsen nur, wenn man der Flüssigkeit etwas Saft zusetzt, den man aus Floßkrebse, der normalen Nahrung des Polyphen, ausgedrückt hat.

Man könnte den gegenwärtigen Stand des Problems der Urzeugung etwa folgendermaßen zusammenfassen: Unter den augenblicklichen Bedingungen kann eine vollständige Urzeugung, eine Entstehung lebender Materie aus unbelebter

Substanz und ohne Mitwirkung lebender Organismen nicht erfolgen. Aber es ist durchaus wahrscheinlich, daß Eiweiße, die von bereits bestehenden Lebewesen gebildet und in unbelebter Form ausgeschieden oder abgelagert werden, zu einem späteren Zeitpunkt wieder Lebenserscheinungen aufweisen. Normalerweise kann das nur innerhalb eines lebenden Organismus geschehen.

Die Frage nach dem Auftreten des ersten Lebens auf der Erde wird dadurch noch nicht geklärt. Wir müssen eine Erklärung dafür suchen, wie organische Substanzen entstanden, wie sie sich zu Eiweißen weiterentwickelten und wie diese Eiweiße die Fähigkeit hervorbrachten, immer kompliziertere Strukturen zu bilden und immer kompliziertere Funktionen auszuüben.

DIE ENTSTEHUNG DES EIWEISSES

Als die Erde sich von der Sonne in Form einer glühenden Gaswolke trennte, herrschten dort Temperaturen, bei denen keine chemischen Verbindungen bestehen konnten. Erst als die Abkühlung einsetzte, begannen Atome zu Gruppen zusammenzutreten und Moleküle zu bilden. Eines derjenigen Elemente, die am meisten zur Bildung derartiger Atomgruppen neigen, ist der Kohlenstoff, der wichtigste Baustein aller organischen Verbindungen.

Die älteren Theorien gehen alle von der Idee aus, daß der Kohlenstoff bei der großen Hitze verbrannte, sich mit dem Sauerstoff verband und so Kohlendioxyd bildete, das zur Ausgangssubstanz aller organischen Verbindungen wurde. Auf Grund der Arbeiten Oparins neigt man heute mehr zu einer anderen Vorstellung. Danach hätten sich bei abnehmender Temperatur immer mehr Kohlenstoffatome aneinandergehängt, bis sie schließlich in Form von Schnee, von glitzernden Diamantkristallen oder von schwarzen Graphitflocken zu Boden sanken. Der Boden bestand damals aber aus flüssigen

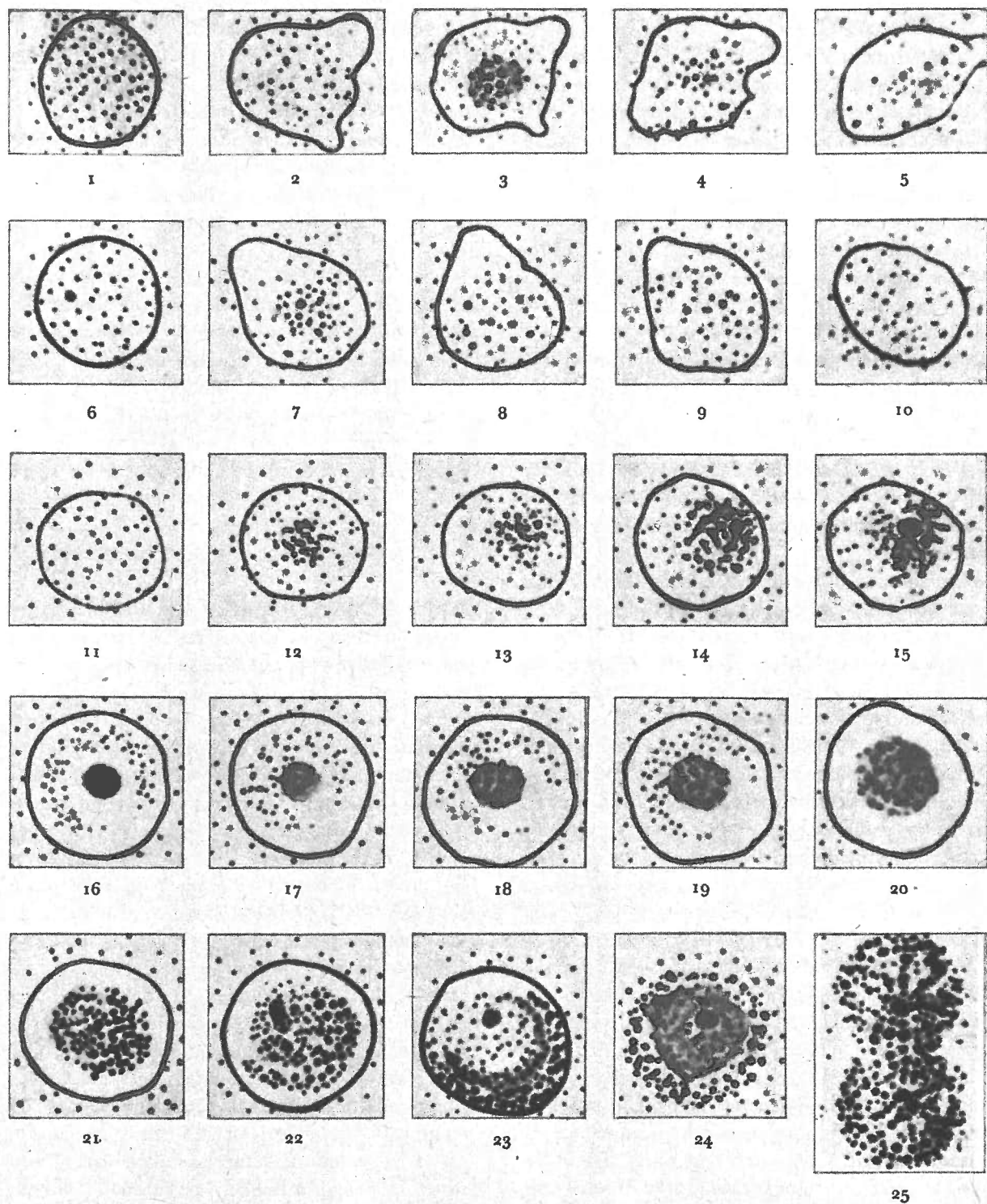


Abb. 13. Entwicklung von Zellen aus den Dotterschollen im Hühnerei. Nach Olga Lepeschinskaja.

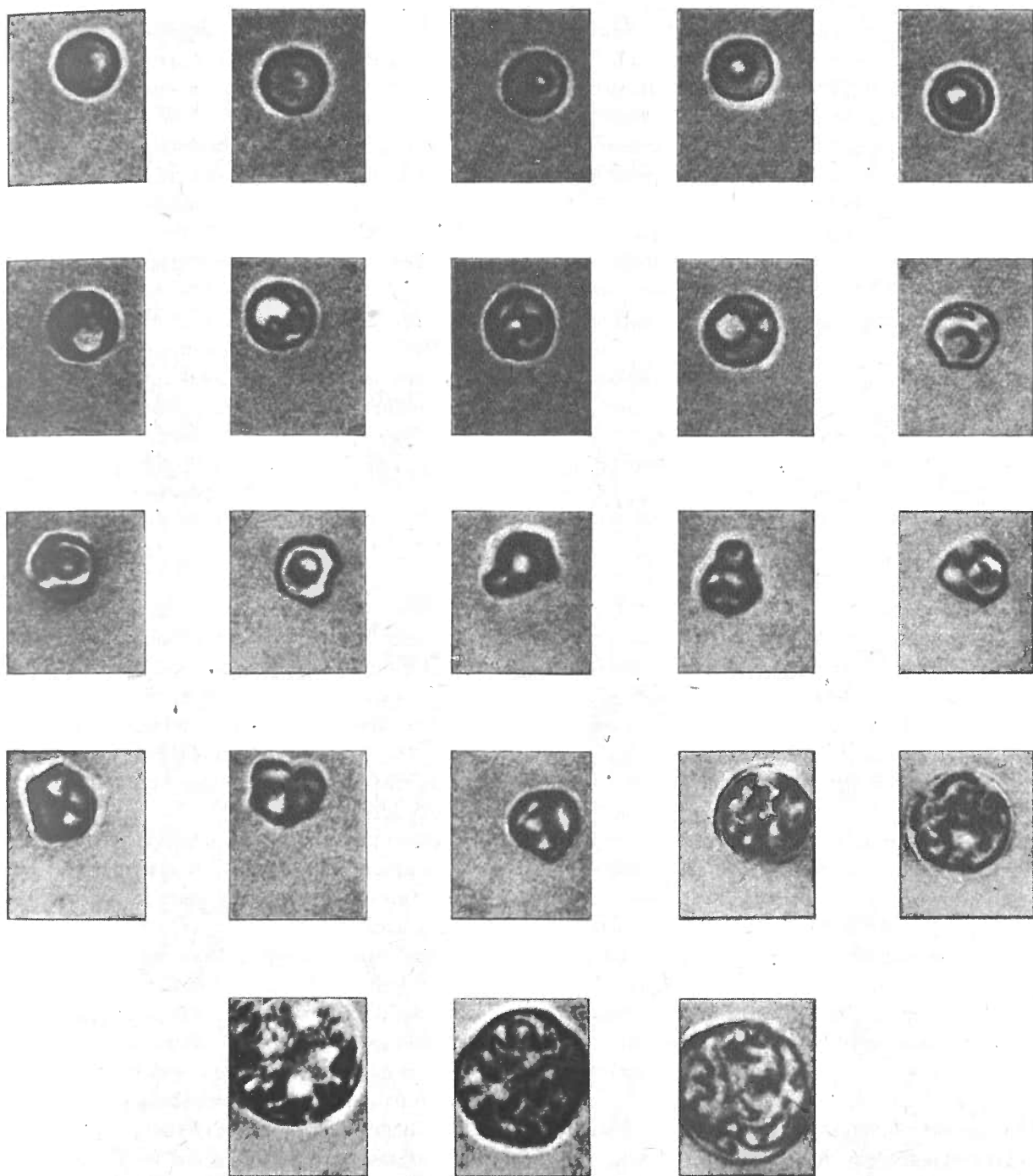


Abb. 14. Bildung und Vermehrung von Zellen im zellfreien Eiweiß des Süßwasserpolyphen. Nach Olga Lepeschinskaja.

Schwermetallen, vor allem aus Eisen und Nickel; alle anderen Stoffe befanden sich noch in gasförmigem Zustand. So fiel der Kohlenstoffschnee auf eine glühende, flüssige Metallschicht, löste sich in ihr auf und verband sich bei der hohen Temperatur zu einfachen Kohlenstoff-Metallverbindungen, den Karbiden.

Zu einem späteren Zeitpunkt fielen auch die Leichtmetalle aus dem Gas aus, bildeten zunächst eine leichte Flüssigkeitsschicht auf den Schwermetallen, dann bei weiterer Abkühlung eine Kruste, die im wesentlichen aus Silizium- und Aluminiumverbindungen bestand. Die Gezeitenbewegung, die sich im flüssigen Metall genau so zeigte wie in den gegenwärtigen Meeren, rief unter dieser Kruste durch die Anziehungskraft der Sonne und des Mondes regelmäßige Flutwellen hervor, welche die Kruste immer wieder aufrissen und die Karbide in Berührung mit der Atmosphäre brachten, die damals im wesentlichen aus überhitztem Wasserdampf bestand. Dabei mußten Verbindungen von Kohlenstoff und Wasserstoff entstehen, sogenannte Kohlenwasserstoffe. Weitere Reaktionen mit dem Sauerstoff des Wasserdampfes ergaben eine ganze Reihe organischer Verbindungen: Alkohole, Fette, organische Säuren und Kohlehydrate wie den Zucker.

Inzwischen war die Temperatur so weit gesunken, daß auch der Stickstoff Verbindungen eingehen konnte. Bei der hohen Temperatur verband sich der Stickstoff mit dem Wasserstoff des überhitzten Wasserdampfes zu Ammoniak, das seinerseits mit den Kohlenstoffverbindungen reagierte und eine ganze Reihe von Stickstoffverbindungen bildete, unter denen uns besonders die Aminosäuren interessieren, da sie die Bausteine der Eiweiße darstellen.

Immer weiter kühlte sich die Erde ab. Der Wasserdampf schlug sich als heißer Regen nieder und löste alle diese Substanzen, und in der heißen Lösung ging ein Prozeß vonstatten, den wir als Polymerisation bezeichnen. Er besteht darin, daß sich chemische Verbindungen gleicher oder

verwandter Struktur in großer Zahl aneinanderhängen und so zur Bildung großer Einheiten führen. Derartige Polymerisationen sind in der Natur sehr häufig. Die Zellulose entsteht durch Polymerisation von Zuckermolekülen, der Gummi besteht aus polymerisierten Isoprengruppen. Auch künstlich stellen wir sie heute mühelos her. Die Kunstharze, wie Vinidur, Igelit, Perlon, sind solche künstlichen Polymere. Das Eiweißmolekül entsteht ebenfalls durch Polymerisation. Es besteht im wesentlichen aus Hunderten von Aminosäureresten, deren Bildung wir soeben kennengelernt haben. Wir kennen zur Zeit mehr als 30 derartiger natürlicher Aminosäuren, und man versteht, daß deren Kombination eine unendliche Vielfalt von chemischen Substanzen ergeben kann, um so mehr, als an jedem dieser Säurereste noch andere chemische Gruppen oder auch freie elektrische Ladungen sitzen können.

Das Schema auf Seite 139 unten gibt einen schwachen Begriff von der Komplikation derartiger Eiweißmolekel. Die Hauptkette wird hier nur durch 6 Aminosäurereste dargestellt, während sie z. B. im relativ einfach gebauten Fibroin, dem Eiweiß der Seide, bereits 2592 Aminosäurereste enthält, die sich in regelmäßiger Aufeinanderfolge wiederholen.

Zur Ausbildung derart komplizierter Substanzen ist keine besondere Kraft erforderlich. Der Zusammenschluß von chemischen Verbindungen zu größeren Gruppen erfolgt meist unter Freigabe von Energie. Und solche Prozesse pflegen sich spontan, ohne äußeren Anstoß, zu vollziehen, weil natürliche Prozesse immer im energieärmsten Zustand zur Ruhe kommen, genau so wie eine Kugel von selbst eine schiefe Bahn hinabrollt und am tiefsten erreichbaren Punkt liegenbleibt. Diese Prozesse verlaufen zwar langsam, aber Zeit stand ja reichlich zur Verfügung. Schließlich mußten sich im Urmeer nennenswerte Mengen Eiweiß angesammelt haben. Die Vorbedingungen zur Entstehung des Lebens waren erfüllt.

DIE EINFACHSTEN FORMEN DES LEBENS

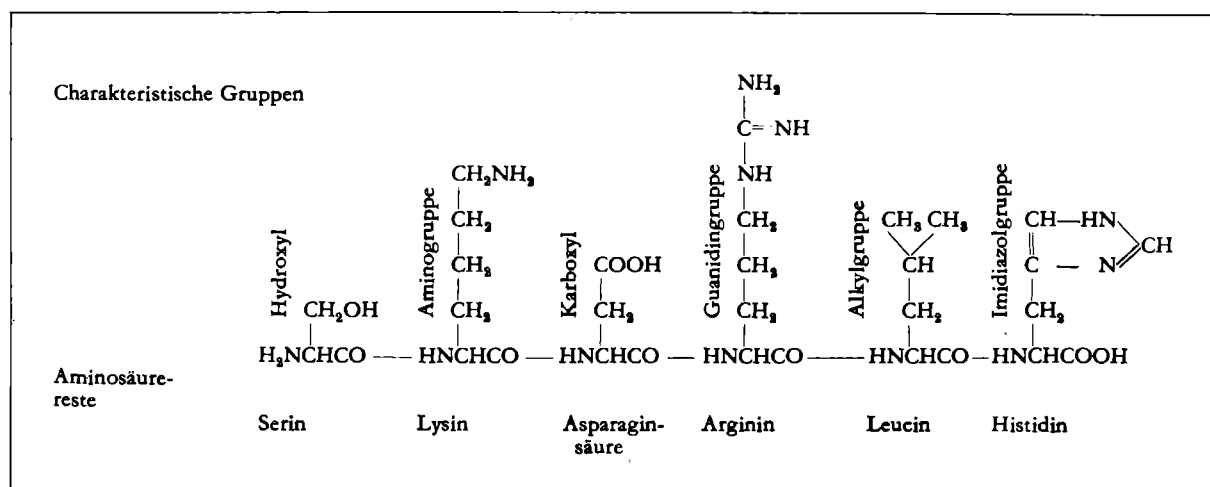
Wir haben gesehen, daß die Eiweißketten zahlreiche Seitenzweige tragen, die von den unterschiedlichsten chemischen Gruppen gebildet werden können. Diese Gruppen sind nur locker an die Hauptkette gebunden, und die Möglichkeit, sie zu verlieren, wieder zu binden oder gegen andere Gruppen einzutauschen, bildet gerade die besondere Eigenschaft des Eiweißes, welche ihm gestattet, unendlich vielfältige chemische Reaktionen zu vollziehen.

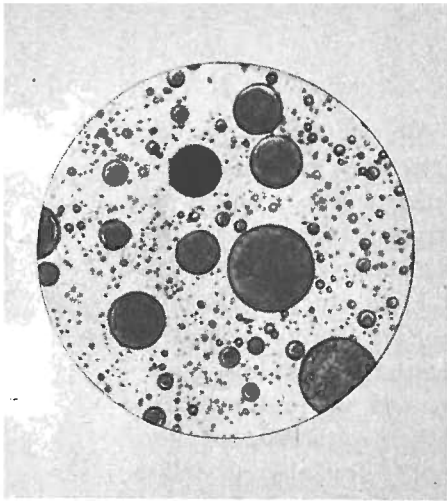
Alle diese Gruppen werden nicht gleich stark gebunden. Man spricht von einer verschiedenen großen Affinität, die bewirkt, daß gewisse Reaktionen leichter erfolgen als andere. Auch sind diese Verbindungen nicht sehr konstant, sondern sie lösen sich und stellen sich ständig wieder her. Wird nun ein Eiweiß sich selbst überlassen, so wird es ständig seine Verbindungen lösen und dann jeweils von den im Augenblick möglichen Verbindungen diejenige eingehen, welche die größte Affinität aufweist. Auf die Dauer wird dadurch ein Zustand erreicht, in dem alle Valenzen durch Reaktionen höchster Affinität abgesättigt sind. In diesem Zustand wird das Eiweiß reaktionsunfähig, es ist „denaturiert“.

Es entsteht nun die Frage, wie es kommt, daß das Eiweiß, das über viele Jahre, vielleicht sogar Jahrtausende, angesammelt wurde, nicht in der Zwischenzeit denaturiert und lebensunfähig wird. Das liegt wahrscheinlich daran, daß dieses Eiweiß im Seewasser, d. h. in einer Salzlösung, entstanden ist. Gewisse Eiweiße, und vor allem die für das Leben so wichtigen Globuline, zeichnen sich dadurch aus, daß sie in schwachen Salzlösungen die Fähigkeit verlieren, die von ihnen gebundenen Gruppen freizulassen. Selbst Säuren vermögen es unter diesen Umständen nicht, die Valenzen der Globuline freizulegen, obgleich sie es sonst in besonders wirkungsvoller Weise tun.

Ein derartiges Eiweiß verliert dadurch weitgehend die Fähigkeit, zu denaturieren und chemische Reaktionen zu vollziehen. Das ist vor allem ausschlaggebend für Eiweiße, in denen kein Stoffwechsel Energie frei macht und die Denaturierung wieder aufhebt.

Ein solches Eiweiß ist zum Beispiel das Serumglobulin, das den wesentlichsten Bestandteil des Blutserums ausmacht. Es wird dadurch am Denaturieren verhindert, daß das Serum fast 1 Prozent Kochsalz enthält. So wird es zu einem ausgezeichneten Transportmittel im Innern des Organismus, zu einem Stoff, der keine Nahrung





*Abb. 15.
Die Anordnung
von Wassermolekeln
in Kolloiden
und Koazervaten.
a) Koazervattröpfchen
(Vergrößerung
etwa 500mal).*

erfordert, keinen Sauerstoff verbraucht und nicht mit den zu transportierenden Substanzen reagiert.

Das Seewasser enthält etwa zehnmal mehr Kochsalz, als es nötig wäre, um die Globuline am Denaturieren zu hindern. Sie bleiben darin ausgezeichnet konserviert, aber dadurch, daß sie die Fähigkeit zum chemischen Reagieren einbüßen, können sie auch keinen Stoffwechsel vollziehen. Sie bilden eine zwar lebensfähige, aber passive und unbelebte Substanz.

Der Umschlag tritt ein, wenn die Konzentration der Eiweiße einen gewissen Grad erreicht. Wenn die verschiedenen Eiweißmolekel nur noch einen kleinen Abstand voneinander aufweisen, wird ihre gegenseitige Anziehung, die auf ihrer verschiedenartigen elektrischen Ladung beruht, stärker als die Strömung, die Wärmebewegung und all die anderen Kräfte, die zu einer gleichmäßigen Durchmischung des Wassers führen und sie voneinander zu entfernen versuchen. Dann beginnen die Eiweißmolekel aufeinander zuzuwandern und schließen sich zu größeren Einheiten zusammen, die sich wie Fetttröpfchen auf der Suppe von der sie umgebenden Flüssigkeit scheiden. Diese mit Wasser unmischar gewordenen Eiweißtröpfchen nennen wir Koazervate.

Die Koazervate haben nun sehr merkwürdige Eigenschaften. Zum Beispiel ist in ihnen alles Wasser fest an die Oberfläche der Eiweißpartikel gebunden. Es ist, als sei ein Koazervat eine

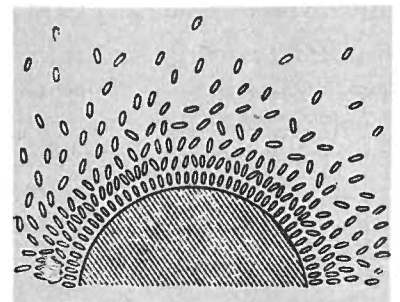
völlig gesättigte Eiweißlösung, in der sich kein fremder Stoff mehr lösen kann. Überschüssiges Wasser wird hinausgedrängt, und mit ihm gehen alle Salze hinaus, die in dem gebundenen Wasser keine Lösungsmöglichkeit mehr finden.

Durch das Auswandern der Salze verliert das Koazervat den Schutz, den es als frei gelöstes Eiweiß vor der Denaturierung besaß. Es kann plötzlich denaturieren, es kann chemisch reagieren und es kann sich auch zersetzen. Dafür gewinnt es wieder neue wertvolle Eigenschaften. Zunächst einmal hat sich seine Konzentration sprunghaft erhöht. Dadurch erhöht sich wiederum seine Pufferwirkung.

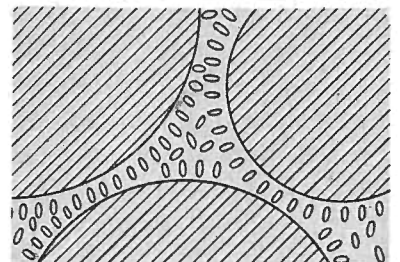
Dieser neue Begriff erfordert eine Erklärung. Gewisse Salzmischungen haben die Eigenschaft, daß man ihnen beträchtliche Säuremengen zusetzen kann, ohne daß sich ihre Reaktion nennenswert verändert. Derartige Mischungen nennt man Puffer, und diese Puffereigenschaften sind in Eiweißen aufs stärkste entwickelt.

Die biologische Bedeutung dieser Pufferwirkung liegt auf der Hand. Sie verleiht der lebenden Substanz eine große Konstanz. In ihrer Umwelt können starke Änderungen auftreten, aber un-

*b) Wassermantel
eines
Kolloidteilchens.*



*c) Wassermantel
von Kolloidteilchen
im Koazervat-
verband.*



abhängig von ihnen verlaufen die chemischen Umsetzungen im Innern der Zelle in unveränderter Weise, vollziehen stets die gleichen Reaktionen und produzieren stets die gleichen Substanzen. Stark verdünntes Eiweiß ist ein schwacher Puffer, und seine Reaktionen werden von der geringsten Schwankung der Umweltbedingungen gestört. Dadurch, daß es sich in Koazervaten konzentriert und seine Puffereigenschaften gewaltig steigert, erlangt es eine Unabhängigkeit gegenüber dem Milieu und kann seine Artkonstanz in weitem Maße aufrechterhalten.

Aber auch die Koazervate sind nicht unbegrenzt widerstandsfähig. Eine Änderung des Säuregrades des Wassers wirkt sich zwar nur in stark verringertem Grade auf die lebende Substanz aus, aber ganz wirkungslos ist sie nicht. Hier tritt jedoch eine neue Eigenschaft des Eiweißes in Erscheinung. Je stärker sein Säuregrad wird, um so lockerer werden seine chemischen Bindungen, um so leichter lösen sich die locker gebundenen Gruppen, um so leichter vollziehen sich die chemischen Umsetzungen. Der Stoffwechsel verstärkt sich, mit Hilfe des aufgenommenen Sauerstoffs werden organische Substanzen verbrannt, Energie wird frei. Ein Teil dieser Energie tritt in Form elektrischer Ladungen auf, welche die Wirkung der Säure aufheben und das Eiweiß in seinen ursprünglichen Zustand zurückführen.

Je größer die Störung, um so stärker ist auch die Ausgleichsreaktion. So stellt sich automatisch ein Zustand ein, bei dem die inneren Reaktionen gerade stark genug sind, um die störenden äußeren Einflüsse auszugleichen und die Konstanz der inneren Bedingungen aufrechtzuerhalten. Das Koazervat hat die Eigenschaft entwickelt, erregt zu werden und auf Erregungen aktiv in zweckmäßiger Weise zu reagieren.

Geht einmal eine Störung über das normale Maß hinaus, so verfügt das Koazervat über eine weitere Schutzvorrichtung. Seine elektrischen inneren Ladungen verändern sich so weit, daß

die gegenseitige Anziehung der Teilchen abnimmt. Das Koazervat „bricht zusammen“. Und damit verschwindet seine hervorragende Eigenschaft, die Fähigkeit, alles in ihm enthaltene Wasser fest zu binden und eine Masse zu bilden, in der die Salze der Außenflüssigkeit sich nicht lösen können. Das zusammengebrochene Koazervat wird zu einem Lösungsmittel für Salze, und Kochsalz strömt hinein.

Wir haben aber gesehen, daß Salze die Fähigkeit haben, die Reaktionsfähigkeit der Eiweiße zu unterbinden. Geht also eine Reaktion über das normale Maß hinaus und bricht das Koazervat zusammen – das würde das Ende der lebenden Substanz bedeuten –, so werden seine chemischen Reaktionen durch das einströmende Kochsalz unterbunden, die normalen elektrischen Ladungen stellen sich wieder her, und das Koazervat bildet sich von neuem. Das Koazervat ist also nicht nur imstande, kleine Änderungen seines Milieus laufend auszugleichen; auch gegen größere Katastrophen vermag es kurzzeitig wirksam zu reagieren.

Diese vielseitigen neuen Eigenschaften, die die Eiweiße im Koazervat gewinnen, erlauben ihnen ein Verhalten, das in seiner Art völlig neu ist und weit über den Grad der Vollkommenheit hinausgeht, den wir in der unbelebten Natur antreffen. Wenn wir uns nun die Frage stellen, von welchem Augenblick an wir das Eiweiß als belebt ansprechen dürfen, so gehen wir wohl kaum fehl, wenn wir das Auftreten des Lebens in den Moment der Bildung von Koazervaten aus verdünnten Eiweißlösungen verlegen.

Das soll natürlich nicht bedeuten, daß jedes Koazervat notwendigerweise Lebenserscheinungen aufweist. Wir kennen z. B. Koazervate aus Gelatine und Gummiarabikum. Die Gelatine ist ein totes, durch langes Kochen völlig abgetötetes Eiweiß. Die damit hergestellten Koazervate haben daher auch keinerlei chemische Aktivität. Trotz ihrer Struktur stellen sie unbelebte Materie dar. Damit nun das Leben in Erscheinung tritt, ist sowohl eine bestimmte

physikalische Struktur, das Koazervat, als auch eine bestimmte chemische Natur der Substanz, nämlich die des reaktionsfähigen, nicht denaturierten Eiweißes, erforderlich. Nur durch ihr Zusammentreffen wird das komplizierte Gesamtverhalten verwirklicht, das wir als Leben bezeichnen.

STOFFWECHSEL, WACHSTUM, VERMEHRUNG

Auf die entscheidende Eigenheit des Koazervats sind wir bisher noch nicht genügend eingegangen. Wir sahen bereits, daß bei der Bildung des Koazervats Salze im wesentlichen ausgetrieben werden, wodurch das Eiweiß die Fähigkeit erlangt, chemisch zu reagieren. Da die Eiweißmolekel im Urmeer sich wahrscheinlich mehr oder weniger dem Zufall entsprechend aus Aminosäuren gruppiert hatten, so mußten die vielfältigsten Eiweißtypen vorhanden sein und Koazervatröpfchen mit verschiedenen Eigenschaften gebildet haben. Der Ablauf der chemischen Reaktionen in jedem von ihnen muß daher auch durchaus unterschiedlich gewesen sein.

Normalerweise verläuft ein chemischer Prozeß unter gegebenen Bedingungen derart, daß eine unter diesen Bedingungen wenig stabile Form in eine stabilere übergeht. Locker gebundene Gruppen werden durch Gruppen größerer Affinität, d. h. festerer chemischer Bindung, ersetzt. Der Normalzustand des Koazervatröpfchens aus Eiweißen ist ein ständiges Pendeln zwischen Erregung und Ruhe, wobei locker gebundene chemische Gruppen ihren Platz an Eiweißmoleküle kurzfristig freigeben. Zugleich erfolgt ein mehr oder weniger weitgehender Zusammenbruch des Koazervats, so daß Fremdstoffe jeder Art eindringen können. Vergessen wir hierbei nicht, daß das Urmeer reich war an organischen Substanzen jeder Art, so daß unter den eindringenden Produkten sich auch solche befanden, deren Affinität zum Eiweiß größer war als die der ursprünglich gebundenen Gruppen. So werden die chemischen Bindungen innerhalb des

Eiweißmoleküls mit der Zeit immer fester geworden sein, wobei seine Reaktionsfreudigkeit zurückging und die Fähigkeit zu vielfältigem chemischem Verhalten sich verlor. Als Endstadium einer derartigen Entwicklung mußte ein völlig inaktiver Eiweißkörper vorhanden sein. Die kurz aufgeflammten Äußerungen primitiven Lebens waren erloschen.

Nicht immer muß die Gesetzmäßigkeit des Ablaufs chemischer Reaktionen zu diesem tragschen Ende führen. Wir kennen einen besonderen Reaktionsablauf – der Chemiker nennt ihn Autokatalyse (Selbstanregung) –, bei dem ein Stoff mit anderen Substanzen in derartiger Weise reagiert, daß am Ende mehr von ihm da ist, als ursprünglich vorhanden war. Der Stoff hat auf Kosten von Fremdstoffen seine Masse vermehrt, er ist gewachsen.

Unter den zahllosen Eiweißsorten, die im Urmeer vertreten waren, befanden sich zweifellos auch solche, die imstande waren, unter den gegebenen Bedingungen einen autokatalytischen Zyklus zu durchlaufen, das heißt, mit den Stoffen, die sie der Außenwelt entnahmen, ihre eigene Masse zu vermehren, auf deren Kosten zu wachsen. Und während die Eiweiße, die der Autokatalyse nicht fähig waren, abstarben und aus der Entwicklung ausschieden, vermehrten sich die wenigen Begünstigten, rissen die im Meer verfügbaren organischen Stoffe als Nahrung an sich und wuchsen auf deren Kosten.

Nun können derartige Prozesse in recht verschiedener Weise ablaufen. Sie können streng gesteuert sein, so daß nur diese Reaktion und keine andere sich vollzieht. Ein derartiger Prozeß hätte einen großen Nutzeffekt, aber ein Lebewesen, das nach diesem System aufgebaut wäre, hätte keinerlei Anpassungsfähigkeit. Die geringste Störung der Bedingungen würde genügen, um den Zyklus der Autokatalyse abreißen zu lassen; Fremdreaktionen würden überwiegen, das Leben erlöschen.

Wir haben aber gesehen, daß eine wesentliche Eigenschaft der lebenden Substanz seine Erreg-

barkeit ist, das heißt, die Fähigkeit, den Endzweck, die Aufrechterhaltung eines chemischen Verhaltens, nicht nur auf eine einzige Weise, sondern durch Anpassung an die jeweiligen Bedingungen auf verschiedenen Wegen zu erreichen. Ein derartiger Prozeß kann nicht scharf gesteuert sein. Nicht diejenigen Eiweißsorten, die am schnellsten wachsen, werden sich am ehesten erhalten, sondern solche, die die meisten Ausweichreaktionen erlauben. Bei ihnen wird durch die Katalyse nur die unter normalen Bedingungen vorherrschende Reaktionsweise festgelegt, und nur ein Teil der Eiweißmolekel führt diese Reaktion aus. Ein großer Teil der Molekel kann abweichende Reaktionen vollführen, durch die sie die Fähigkeit verlieren, später einmal an der Autokatalyse, das heißt an dem Wachstum teilzunehmen. Diese Molekel durchlaufen die bereits beschriebene Entwicklung, ihre chemischen Bindungen werden immer fester, sie werden lebensunfähig. Schließlich werden sie vom Organismus als tote Substanz abgestoßen.

Zur Aufrechterhaltung des Lebens genügt es, daß diese Verluste an lebender Materie durch die Autokatalyse wettgemacht werden. Wenn mehr Molekel der eigenen Substanz neu gebildet werden, als durch Fremdreaktionen in gleicher Zeit zum Absterben verurteilt sind, dann wird der Organismus wachsen und sich vermehren. Ändern sich aber die Bedingungen und wird die ursprüngliche autokatalytische Reaktion unmöglich oder zu sehr verlangsamt, dann vollzieht sich die Reaktion auf etwas abgeänderte Weise. Die gleichen Fremdreaktionen, die bisher die Existenz des Lebewesens bedrohten, werden nun zur Grundlage der Lebensfunktionen. Nur dadurch, daß ein Organismus ständig stirbt, ständig einen Teil seiner lebenden Substanz in fruchtlosen Reaktionen verliert, erlangt er die Fähigkeit, in einer ständig wechselnden Umwelt eine ständig erneuerte Substanz in diesem Zustand kritischen Gleichgewichts zu erhalten, den wir Leben nennen.

So entsteht im Koazervattröpfchen der Stoffwechsel. Stoffe aus der Umwelt werden aufgenommen, zu körpereigener Substanz umgebaut, „assimiliert“. Gleichzeitig sterben die eigenen Körpersubstanzen ständig ab, werden zersetzt und ausgeschieden. Da aber die Aufbauprozesse hierbei überwiegen, wächst das Koazervattröpfchen, und die lebende Materie nimmt auf Kosten der unbelebten an Masse zu.

Sofort stehen wir vor einem neuen Problem. Wir haben gesehen, daß ein zusammenbrechendes Koazervat dadurch gerettet wird, daß Salze aus dem umgebenden Wasser eindringen und die Denaturation des Eiweißes aufheben. Derartige Wirkungen sind naturgemäß am stärksten an der Oberfläche der Tröpfchen, weil dort das Eindringen der Salze am raschesten und am gründlichsten erfolgt. Je tiefer wir ins Innere des Tröpfchens dringen, um so langsamer wird die Reaktion und um so unvollständiger die Instandsetzung. Bei kleinen Tröpfchen wird das keine Rolle spielen, weil daselbst der Mittelpunkt noch nahe der Oberfläche liegt und von den Salzen leicht erreicht wird; durch starkes Wachstum kann es aber dahin kommen, daß die Dicke die regulierende Wirkung der äußeren Salzlösung nicht mehr zur Wirkung kommen läßt. Der normale Ablauf der chemischen Prozesse wird dadurch gestört, und das Wachstum müßte zum Stillstand kommen.

Hier setzt eine neue Erscheinung ein. Im Innern bricht das Koazervat zusammen, während die Außenschicht erhalten bleibt. Ein Koazervat im Wasser verhält sich aber genau so wie ein Öltröpfchen, und infolge der Oberflächenspannung versucht es, sich abzurunden und eine möglichst geringe Berührungsfläche mit dem Wasser zu bilden. Bricht aber innerhalb des Tröpfchens das Koazervat zusammen und bildet sich dadurch im Inneren eine zweite Berührungsfläche zwischen dem Koazervat und einem wäßrigen Medium, dann vergrößert sich die Oberfläche ganz beträchtlich. Die Oberflächenspannung drängt aber auf eine Verringerung der

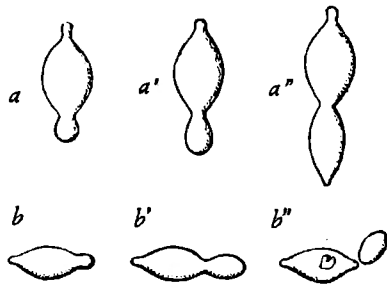


Abb. 16.
Sprossende Hefezellen.

Berührungsfläche zwischen den beiden Phasen, und dies wird am einfachsten erreicht, wenn der innere flüssige Einschluß ausgestoßen wird. Es genügt daher die geringste Ungleichmäßigkeit im Koazervat, damit die Spannung beginnt, den inneren Einschluß hinauszutreiben, ganz wie es geschieht, wenn wir in ein Fettagge einen Tropfen Wasser bringen.

Je mehr sich der zentrale wäßrige Teil des Tröpfchens dem Rande nähert, um so stärker wirkt die Oberflächenspannung, um so schneller bewegt er sich dem Rande zu, und schließlich platzt die Koazervatschicht; der flüssige Tropfen wird ins äußere Wasser ausgestoßen. Trotz seiner wäßrigen Natur kann er sich mit dem Wasser nicht vermischen, denn sobald dies eintritt, reißt es Salze mit, die den Koazervatzustand wiederherstellen und den soeben ausgetretenen Eiweißtropfen mit dem Wasser unmischbar machen. Aus einem Koazervattropfen sind zwei geworden.

Eine derartige Form der Vermehrung – denn es handelt sich um nichts anderes – nennt man Sprossung. Wir treffen sie vor allem bei einfachen Formen von Einzellern, zum Beispiel bei Hefen an. Die Bildung von Zellmembranen und Strukturen sowie die Verbindung von einzelnen Zellen zu Geweben verhindern das freie Spiel der Oberflächenspannung. Innere Spannungen treten hier an die Stelle der äußeren, und die Zelle pflegt sich in zwei annähernd gleiche Stücke zu teilen. Wie sehr die Art der Zellteilung an äußere mechanische Bedingungen gebunden ist, zeigt die Tatsache, daß manche Zellen, die in ihrem normalen Gewebe die übliche

Zweiteilung aufweisen, plötzlich zu sprossen beginnen, wenn man sie in eine künstliche Nährlösung bringt. Darin entwickeln sich die Zellen unter völlig veränderten mechanischen Bedingungen, da sie nach allen Seiten reichliche Ausbreitungsmöglichkeit haben. Sie bilden dabei meist lockere Gewebe, wobei die Zellen wenig Zusammenhang untereinander zeigen. In derartigen Fällen tritt manchmal eine typische Vermehrung der Zellen durch Sprossung auf, was darauf hinweist, daß die beiden Arten der Zellteilung ihrem Wesen nach verwandte Vorgänge sein müssen.

VOM EINFACHEN ZUM KOMPLIZIERTEN

Wir haben gesehen, daß sich im Urmeer zunächst unbeschränkt mannigfaltige Eiweißsorten ausbildeten, indem die Aminosäuren sich in verschiedener Anordnung aneinanderlegten. Nicht alle hatten die Fähigkeiten, unter den gegebenen Bedingungen Koazervate zu bilden, und konnten sie das, dann hatten sie nicht immer die Fähigkeit, ihre Masse durch Autokatalyse zu ergänzen und zu vermehren.

Sobald das primitive Leben entstanden war, waren auch schon Kräfte am Werk, die eine Auswahl vornahmen zwischen Brauchbarem und Unbrauchbarem, zwischen gut und schlecht Angepaßtem. Was unter den gegebenen Bedingungen nicht imstande war, sich zu vermehren, was nicht imstande war, sein inneres Gleichgewicht aufrechtzuerhalten oder es wiederherzustellen, wenn es einmal gestört war, das konnte an der Weiterentwicklung nicht teilnehmen.

Solange das Urmeer reichlich mit organischen Stoffen aller Art angefüllt war, übten die so entstandenen Lebewesen nur wenig Einfluß aufeinander aus. Sie wuchsen und vermehrten sich nebeneinander, ohne sich gegenseitig zu helfen oder zu stören. Aber dieser Zustand konnte nicht unendlich lange anhalten. Alle Arten von Lebewesen benötigten mehr oder weniger dieselben Grundsubstanzen zu ihrem Aufbau und

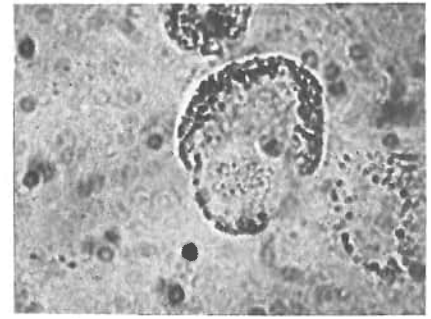
als Energiequellen für ihre Lebenstätigkeit. Ein Zeitpunkt mußte kommen, an dem die Rohstoffe anfangen knapp zu werden. Ein Wettstreit entstand um die so lebensnotwendige Nahrung. Dabei schnitten die einzelnen Eiweißarten verschieden gut ab. Diejenigen, die eine starke Affinität zu den von außen aufzunehmenden Stoffen besaßen und sie daher auch aus sehr verdünnten Lösungen an sich reißen konnten, standen besser da als solche, die eine hohe Konzentration der Nährstoffe verlangten. Diejenigen, welche die in der Nahrung enthaltene Energie vollständig ausnutzten, konnten sich besser erhalten und vermehren als solche, die die Energie ungenutzt verschwendeten. Eiweiße, die zur Durchführung ihrer Autokatalyse an eine engbegrenzte Auswahl von Rohstoffen gebunden waren, hatten weniger Entwicklungsmöglichkeiten als Eiweiße, die weniger wählerisch waren und verschiedenartige Nährstoffe zu assimilieren vermochten. Erfolgte in der ersten Etappe des Lebens eine Scheidung des Brauchbaren vom Unbrauchbaren, des Angepaßten vom Unangepaßten, so bedeutete diese zweite Entwicklungsspanne eine Auswahl des Brauchbarsten, des am besten Angepaßten aus der großen Masse des weniger gut Gelungenen.

In der ersten Etappe des Lebens auf der Erde sind wahrscheinlich Lebewesen vielfältiger Natur entstanden. In der zweiten Etappe ist ihre Zahl stark eingeschränkt worden, ja, es ist nicht ausgeschlossen, daß zu dieser Zeit das Leben auf eine einzige Art Eiweiß beschränkt war, die den schwierigen Aufgaben des Weiterbestehens besonders gut gewachsen war und alle anderen verdrängt hatte. Die Eiweiße der heute lebenden Organismen haben eine derart große Ähnlichkeit in ihren Strukturen und auch in ihren Funktionen, daß eine gemeinsame Abstammung von einer einzigen Urart durchaus nicht ausgeschlossen erscheint.

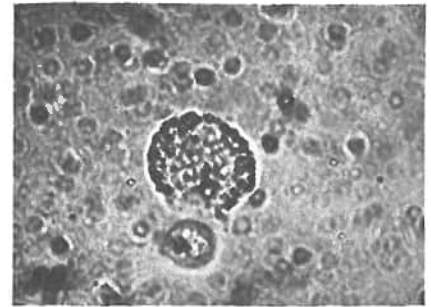
Man darf nicht vergessen, daß es zu jener Zeit keine Klimaunterschiede gab. Die Wärme stammte viel mehr vom heißen Erdinnern als

Abb. 17. Sprossende Zellen der Thymusdrüse in einer Gewebeskultur.

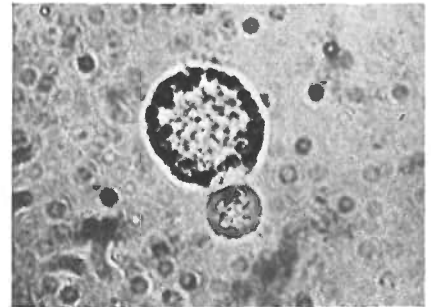
a) Die Zelle platzt auf; der Zellinhalt beginnt herauszuquellen.



b) Der herausgequollene Zellinhalt kugelt sich ab; die Lücke der Mutterzelle beginnt sich zu schließen.



c) Die Mutterzelle hat sich fast völlig geschlossen; die Sprossung ist vollzogen.



von der Sonnenstrahlung her, und von den Polen bis zum Äquator mußte das Urmeer die gleiche Temperatur besitzen. Entstand an einem Punkte des Weltmeers eine Eiweißart, welche sich unter den örtlichen Bedingungen als besonders aktiv erwies und die anderen Eiweißarten verdrängte, so mußte sie sich an allen Punkten des Meeres als gleich erfolgreich erweisen, da ja die Bedingungen überall die gleichen waren.

Von dieser Art oder von diesen wenigen Arten lebenden Eiweißes ging nun eine vielfältige Entwicklung aus, die zu den verschiedenen uns bekannten Formen von Lebewesen führte. In den ersten beiden Etappen des Lebens hatten sich die Lebewesen nicht entwickelt, sie erfuhren nur passiv eine Auslese. Nunmehr setzte eine aktive Entwicklung ein.

Zwei Kräfte waren es, die diese Entwicklung vorwärtstrieben. Da war zunächst die ständige Veränderung der Umgebung. Geologische Zeitalter waren vergangen, das Meer hatte sich abgekühlt, sein Salzgehalt hatte sich infolge des Auslaugens der Erdkruste erhöht, die auftauchenden Kontinente lenkten die Wasserbewegungen in scharf ausgeprägte Strömungen. Aus dem einheitlich warmen Urmeer mit konstanten Klimabedingungen, in denen es keine Jahreszeiten gab, da die Wärme in der Hauptsache vom glühenden Erdkern geliefert wurde, entstanden Ozeane, deren Temperatur von der Sonnenstrahlung abhing und zwischen Tag und Nacht, zwischen Sommer und Winter, zwischen Nord und Süd große Unterschiede aufwies. Sollten unter all diesen Bedingungen die Lebensfunktionen aufrechterhalten bleiben, so mußten die Lebewesen tiefgehende Änderungen erleiden. Waren sie dazu nicht oder nur unvollkommen imstande, so verringerte sich das Ausmaß des Wachstums, die Vermehrung vermochte nicht mit den Verlusten Schritt zu halten, und die Art starb aus. Nur diejenigen konnten überleben, welche sich den neuen Bedingungen voll anpassen vermochten.

Die zweite treibende Kraft war die Erschließung neuer Lebensbedingungen. Das warme Wasser, in dem ursprünglich das Leben entstanden war, beschränkte sich nur noch auf einen Gürtel am Äquator. Wer in das kalte Polarwasser vorzudringen vermochte, fand dort Raum und ungenutzte Nahrung. Wer in der Lage war, als erster in das Brackwasser der Flußmündungen und von dort aus in die Flüsse aufzusteigen, war der Konkurrenz der Mitbewohner und der Bedrohung durch die Feinde entzogen.

Die ersten Lebewesen existierten auf Kosten der einfachen organischen Verbindungen, die sie im Wasser des Urmeeres vorfanden. Indem sie sie verbrannten, gewannen sie chemische Energie für ihre Stoffwechselprozesse. Gelang es, andere Energiequellen nutzbar zu machen, zum Beispiel die Energie des Sonnenlichts, so standen den

Lebewesen unbegrenzte Mengen anorganischer Substanzen als Nahrungsquelle zur Verfügung. Die Folge war rasches Wachstum, ungehemmte Vermehrung; die Menge der lebenden Substanz auf der Erde mußte von diesem Moment an stark anwachsen.

Eine andere Quelle ungenutzter Nahrung war das denaturierte Eiweiß. Wir hatten gesehen, daß nur wenige Eiweiße imstande waren, einen autokatalytischen Zyklus zu vollziehen. Die meisten von ihnen sättigten mit der Zeit ihre chemischen Bindungen und starben ab. Aber auch in den eigentlichen Lebewesen mit vollständigem Stoffwechsel erlitt ein beträchtlicher Teil des Eiweißes diesen Verfall, so daß die Menge denaturierten, chemisch inerten Eiweißes immer mehr anwuchs. Wer es vermochte, diese Eiweiße in Aminosäuren aufzuspalten, der verfügte über energiereiche Aufbaustoffe, die ein rasches Wachstum und starke Vermehrung garantierten. Auch hier handelte es sich um eine unversiegbare Nahrungsquelle, denn solange es Pflanzen gab, die Sonnenenergie dazu benutzten, organische Substanzen aufzubauen, wurde die Masse sich ständig denaturierenden Eiweißes unbegrenzt erneuert.

Die erste Quelle von Nährstoffen für das entstehende Leben waren die sich spontan im Urmeer bildenden organischen Verbindungen. Ihre Bildung hat aber längst aufgehört. Die Karbide des flüssigen Erdmagmas kommen nicht mehr mit überhitztem Wasserdampf in Berührung, weder Azetylen noch Ammoniak kann unter den heutigen Bedingungen spontan auftreten. Das entstehende Leben hat die Vorräte des Ozeans an organischen Stoffen erschöpft, und die ursprüngliche Quelle lebender Substanz ist versiegt. Heute ist alles Leben auf zwei Quellen aufgebaut: Die Pflanzen bauen ihr Eiweiß aus Mineralien auf, die sie mit Hilfe der Sonnenenergie zu organischen Stoffen umwandeln; die Tiere und die Bakterien ernähren sich von Eiweißen, die letzten Endes alle von der synthetischen Tätigkeit der Pflanzen herrühren. Wären die Lebe-

wesen nicht imstande gewesen, sich diese beiden neuen Energiequellen zu erschließen, das Leben auf der Erde wäre erloschen, als die Vorräte organischer Substanzen im Meerwasser zur Neige gingen.

WIE KOMMT ES NUN,
DASS DIE ORGANISMEN IMSTANDE SIND,
SICH IN ZWECKENTSPRECHENDER WEISE
ZU ENTWICKELN, UM SICH STETS NEUEN
BEDINGUNGEN ANZUPASSEN?

Der erste Mann, der hierauf eine Antwort zu geben versuchte, war der französische Biologe Lamarck. Er ging von der Beobachtung aus, daß Organe sich beim Gebrauch entwickeln und beim Nichtgebrauch verkümmern. Ein Schmied bekommt mit der Zeit starke Arm-muskeln, ein Läufer starke Beine und Lungen.



Abb. 18. Jean Baptiste de Lamarck.

War es nicht naheliegend zu denken, daß diese Eigenschaften sich auch auf die Nachkommen übertrugen und sich im Laufe von Generationen ständig mehr ausprägten?

Mit Hilfe der Vererbung so erworbener Eigenschaften versuchte Lamarck die verschiedenen Eigenschaften der Tiere zu erklären. Der lange Hals der Giraffe sei darauf zurückzuführen, meinte er, daß er sich ständig nach den Blättern auf den Bäumen gereckt habe; durch das ständige Graben im Boden habe der Maulwurf seine Vorderbeine zu gewaltigen Schaufeln entwickelt; seine Augen dagegen seien verkümmert, weil er sie unter der Erde nie gebrauche. Daneben äußerte Lamarck auch Ansichten, die uns heute lächerlich vorkämen, wüßten wir nicht, durch welchen Wust von Vorurteilen und Aberglauben die Wissenschaft des 18. Jahrhunderts sich durchkämpfen mußte. So erklärte Lamarck, die Tiere kalter Gegenden entwickelten ein dichtes Pelzwerk, weil ein ständiges Sehnen nach Wärme diese Entwicklung begünstige. Auch das Hirschgeweih habe eine psychische Ursache. Der Anblick eines Konkurrenten im Werben um das Weibchen bringe die Hirsche in Wut, das Blut steige ihnen zum Kopfe, und die verstärkte Ernährung des Schädels bringe derartige Knochenwucherungen zustande.

Lamarck konnte seine Anschauungen nicht durchsetzen. Die Entwicklung der Tierarten aus einfacheren Formen stand im Widerspruch zur biblischen Schöpfungsgeschichte. Außerdem bedeutete sie, daß es in der Welt eine ständige Entwicklung gäbe, daß der derzeitige Zustand nicht gottgewollt und endgültig sei. Revolutionäre Geister schreckten nicht davor zurück, den Schluß zu ziehen, daß auch die gesellschaftliche Struktur der Monarchie, mit einer kleinen besitzenden und einer großen besitzlosen Klasse, mit all den Ungerechtigkeiten, die eine kleine Schicht von Unterdrückten der großen Masse der Unterdrückten täglich antat, nicht ewigen Bestand haben müsse. Die Tatsache, daß es einen Fortschritt in der Tierwelt gab, faßten sie als Ermutigung in ihrem Kampf um den Fortschritt der Menschheit auf.

So ist es auch nicht verwunderlich, daß die Lehre Lamarcks von der Veränderlichkeit der

Tierarten sehr bekämpft wurde und sich nicht durchsetzen konnte. Es dauerte fast ein Jahrhundert, bis der englische Forscher Charles Darwin, gestützt auf zahlreiche inzwischen bekanntgewordene Tatsachen, dem Entwicklungsprinzip zum Siege verhelfen konnte. Zugleich damit setzte sich auch der von Darwin vorgeschlagene Mechanismus der Entwicklung durch.

Darwin ging von der Tatsache aus, daß die Nachkommen eines Tieres den Eltern niemals in allen Einzelheiten gleichen. Sie sind größer oder kleiner, heller oder dunkler, schlanker oder gedrungener. Der Züchter, der eine Rinderrasse mit reichem Milchertrag erhalten will, sucht unter den Kühen seiner Zucht diejenigen aus, die den besten Ertrag geben, und benutzt sie zur Nachzucht. Unter diesen Nachkommen wird es Tiere geben, deren Milchleistung höher ist als die der Mutter, und andere, bei denen sie niedriger ist. Die ersteren werden wiederum ausgewählt, und so steigt der Ertrag von Generation zu Generation.

Genau wie der Züchter verfährt auch die Natur. Es werden ständig mehr Tiere geboren, als zur Erhaltung der Art notwendig sind. Futtermangel, klimatische Schwierigkeiten, Krankheiten und Feinde vernichten die Mehrzahl, bevor sie selbst Nachkommen zeugen können. Je besser ein Tier den Lebensbedingungen angepaßt ist, um so mehr hat es Aussicht, zu überleben und der Nachzucht zu dienen. Sinkt die Temperatur, so werden Tiere mit dem dichtesten Fell seltener in kalten Nächten erfrieren und weniger Nahrung zur Aufrechterhaltung ihrer Körpertemperatur benötigen. Unendlich langsam nimmt im Laufe der geologischen Epochen die Kälte zu, und genau so langsam wird von Generation zu Generation der Haarbald immer dichter, weil von all den geworfenen Jungen nur die wenigsten dazu kommen, sich fortzupflanzen, und nur die mit dem stärksten Haarkleid dazu die größte Aussicht haben.

Die Theorie der „natürlichen Zuchtwahl“, wie sie Darwin nannte, geht im wesentlichen von zu-

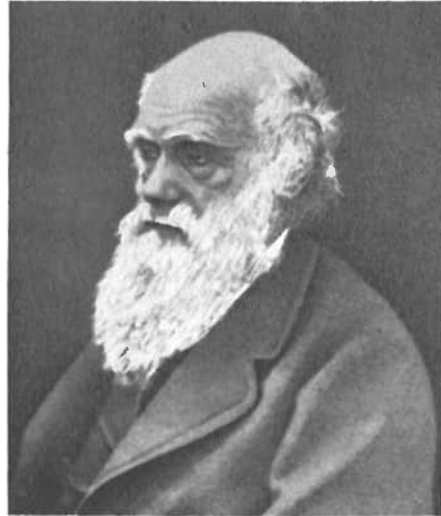


Abb. 19. Charles Darwin.

fälligen, angeborenen Schwankungen der Tierart aus und zieht die im Laufe des individuellen Lebens dabei erlittenen Veränderungen kaum in Betracht. Später wurde unter dem Einfluß Weismanns diese einseitige Beurteilung noch übertrieben. Weismann und seine Nachfolger leugnen überhaupt, daß Veränderungen eines Lebewesens nach seiner Zeugung auf die Nachkommen vererbt werden können. Nennenswerte Veränderungen der Arten könnten nach Ansicht der Weismannisten nur dadurch entstehen, daß in der Erbmasse von Zeit zu Zeit zufällige Änderungen auftreten, sogenannte Mutationen, die erbliche Veränderungen hervorrufen können. Ist eine Mutation dem Tiere nützlich, so wird sie durch die natürliche Zuchtwahl begünstigt und setzt sich durch; ist sie schädlich – und das wird in den meisten Fällen so sein, da ja eine zufällig entstandene Änderung in einem komplizierten Mechanismus viel mehr Aussicht hat, ihn betriebsunfähig zu machen, als ihn zu verbessern –, so sind die von ihr betroffenen Organismen lebensuntauglich und werden durch die Zuchtwahl ausgeschaltet.

Es ist schwer, sich die Entwicklung der Arten durch eine Anhäufung nützlicher zufälliger

Mutationen vorzustellen. Ein lebender Organismus stellt einen Präzisionsapparat dar, bei dem sämtliche Teile aufs genaueste aufeinander abgestimmt sind. Wird ein Teil abgeändert, so müssen Hunderte andere ebenfalls umgebaut werden, wenn die Gesamtleistung gerettet werden soll. In der Tat sind die uns bekannten Mutationen vom biologischen Standpunkt als Mißerfolge zu werten. Fliegen mit verkümmerten Flügeln sind zwar für den Forscher interessant, in der freien Natur aber nicht lebensfähig. Kernlose Orangen sind für den Züchter eine Einnahmequelle, aber im Grunde sind es sterile Krüppel, die künstlich durch Setzlinge vermehrt werden müssen und, sich selbst überlassen, nicht weiterbestehen könnten. Wirklich biologisch nützliche Mutationen scheinen zur Zeit nicht bekannt zu sein.

Einen ganz neuen Weg der Entwicklung von Pflanzen und Tieren zeigte der sowjetische Pflanzenzüchter Mitschurin. Er versuchte, im mittleren Teil der Sowjetunion Apfelsorten aus dem südlichen heimisch zu machen; aber alle seine vielen Versuche, kräftige, ausgewachsene



Abb. 20. Iwan Wladimirowitsch Mitschurin.

Stämme in das neue Klima zu verpflanzen, endeten mit Mißerfolgen. Früher oder später vernichtete sie ein besonders kalter Winter, ein besonders scharfer Frostwind. Zog er dagegen selbst Sämlinge auf und setzte die empfindlichen jungen Pflanzen auf den kältesten, sturmgepeitschten Hügelhang, so stellte er fest, daß ein Teil von ihnen überlebte und sich zu widerstandsfähigen Bäumen entwickelte, die allen Unbilden der Witterung standhielten. Diese Winterhärte übertrug sich auch auf ihre Nachkommen. Neue, erbliche Eigenschaften waren somit entstanden, eine Anpassung an die neuen Bedingungen war erfolgt.

Mitschurin und sein Nachfolger Lyssenko beschreiben folgendermaßen den Vorgang, der zur Veränderung der bestehenden Lebewesen und zu ihrer Anpassung an eine veränderte Umwelt führt:

Die erblichen Eigenschaften eines lebenden Organismus erlauben seinen Funktionen nur sehr beschränkte Schwankungen. Dadurch wird die Konstanz der Arten aufrechterhalten, und es wird verhindert, daß bei geringsten Änderungen der Umwelt die Arten ins unendliche variieren. Besonders bei erwachsenen Organismen sind diese erblichen Bindungen stark ausgeprägt.

Solange die Umweltsbedingungen in mäßigen Grenzen schwanken, kann der Organismus ihnen folgen, ohne die Grenzen der Erbllichkeit zu überschreiten. Wachsen sie aber so weit an, daß weitergehende Anpassungen erforderlich werden, dann tritt eine Krise ein. Alte Individuen mit starrer Vererbung können derartige Änderungen nicht vollziehen, ihre Lebensfunktionen erweisen sich als ungeeignet für die neuen Anforderungen, und der Organismus geht ein. Junge Individuen dagegen, bei denen die Vererbung weniger gefestigt ist, überwinden ihren Zwang. Es tritt, wie Mitschurin es nennt, ein Zustand „erschütterter Vererbung“ ein, der es den Lebensfunktionen erlaubt, neue, den veränderten Bedingungen entsprechende Wege einzuschlagen.

Wir können den Verlauf der Entwicklung neuer Arten folgendermaßen verstehen: Das Klima und alle anderen daran gebundenen Bedingungen erleiden stetige langsame Veränderungen. Eine ursprünglich an diese Bedingungen gut angepaßte Art, deren Anpassungsfähigkeit durch die Vererbung begrenzt ist, wird sich zunächst leicht dem neuen Zustand entsprechend abändern, dann aber in immer größere Schwierigkeiten geraten. Der Widerspruch zwischen dem Zwang seiner erblichen Eigenschaften und den Erfordernissen der veränderten Umwelt verschärft sich, bis schließlich die äußerste Grenze der Existenzmöglichkeit erreicht ist. In dem Moment, in dem die alten Funktionen unter den neuen Bedingungen nicht mehr weiter ablaufen können, bricht auch die Vererbung zusammen. Diese ist ja nichts weiter als selbsttätige Steuerung von chemischen Reaktionsabläufen, die in ständigem Kreislauf immer den gleichen Stoff erzeugen und von diesem Stoff wieder zu gleichen Reaktionen angeregt werden, ein Vorgang, dem wir bereits unter dem Namen Autokatalyse begegnet sind. Unterbrechen die Außenbedingungen einmal diesen Kreis, lenken sie ihn gewaltsam in andere Bahnen, dann reißt die Regulierung ab, und die chemischen Abläufe vollziehen sich in der Richtung, die unter den neuen Bedingungen die leichtesten Reaktionen gewährleistet. Der Organismus hat sich durch einen Entwicklungssprung der neuen Umwelt angepaßt.

Nun tritt eine der natürlichen Zuchtwahl sehr ähnliche Erscheinung auf. Unter den vielen möglichen Reaktionen setzen sich diejenigen durch, die unter den gegebenen Umständen am raschesten verlaufen; sie reißen die verfügbare Nahrung in ihren Zyklus hinein und verdrängen mit der Zeit alle anderen möglichen Reaktionsformen. Dieses Vorherrschen der meistbegünstigten Reaktionen bedeutet zwar eine maximale Anpassung an die neuen Verhältnisse, beschränkt aber zugleich die Möglichkeit der Anpassung an veränderte Bedingungen. Eine neue, starre Erb-



Abb. 21. Trofim Denirowitsch Lyssenko.

lichkeit bildet sich aus, die zu neuen Konflikten zwischen dem Organismus und seiner Umwelt führt und so den nächsten Entwicklungssprung vorbereitet.

Diese sprunghafte Entwicklung, die von Art zu Art führt, konnte Lyssenko in folgender Weise anschaulich nachweisen. Im Vorgebilde des Kaukasus, wo der Weizen nur noch spärlich gedeiht, findet man in den Weizenfeldern eine starke Verunreinigung durch Roggenähren, weit mehr, als dies bei normaler Saatgutreinigung der Fall sein sollte. Lyssenko fragte sich, ob dies nicht von einem Umschlag des Weizens zum Roggen, einer nah verwandten, aber den klimatischen Bedingungen des Vorgebirges besser angepaßten Form herrührt. Der Beweis hierfür wurde erbracht, als er in einigen Weizenähren vereinzelt Roggenkörner entdeckte, die also unmöglich durch eine Verunreinigung des Saatgutes hineingekommen sein konnten. Auch bei anderen Kulturpflanzen und auch Unkräutern wurden derartige Umschläge von einer Art in die andere beobachtet. Die amerikanischen Forscher Sonneborn und Lesueur stellten ähnliches

bei einzelligen Infusorien fest, so daß an der Wirklichkeit der sprunghaften Entwicklung heute nicht mehr gezweifelt werden sollte.

Den entscheidenden Beweis für die Richtigkeit der Vorstellungen Mitschurins und Lyssenkos erbrachte aber die landwirtschaftliche Praxis. Mitschurin hatte gezeigt, wie man durch extreme Lebensbedingungen die Erbllichkeit einer Pflanze erschüttern konnte. Das verlieh ihr die Fähigkeit, sich neuen Bedingungen der Umwelt anzupassen. Zugleich erkannte er aber auch, daß alle Eigenschaften der Pflanze, auch solche, die mit den veränderten Bedingungen direkt nichts zu tun hatten, ebenfalls plastisch und wandelbar wurden. Er und seine Nachfolger entwickelten eine ganze Reihe von Methoden, um die Erbllichkeit zu erschüttern und während dieser Zeit, die sich über zwei bis drei Generationen erstrecken kann, die Entwicklung neuer Eigenschaften nach Belieben zu lenken, den Zeitpunkt der Reife zu verschieben, die Qualität der Frucht zu verändern und die Anfälligkeit Krankheiten gegenüber zu beseitigen.

Jahrhundertlang hatte die Rolle des Züchters darin bestanden, daß er die bei verschiedenen Rassen von Tieren und Pflanzen vorhandenen Merkmale durch Kreuzung in einer einzigen Rasse zu vereinen suchte. Die Schaffung neuer Eigenschaften war ihm nicht gelungen. Bestenfalls konnte er nach geduldigem Warten aus einer gelegentlichen Mutation Nutzen ziehen. Mitschurin zeigte der Züchtung völlig neue Wege, die die Nachahmung natürlicher Prozesse zum Ziel hatten. Seit dieser Zeit hat die systematische Verbesserung der Kulturpflanzen und der Haustiere einen großen Aufstieg genommen. Natürlicher nikotinfreier Tabak, der sein volles Aroma behält, Roggen, den man nur alle drei Jahre einmal zu säen braucht, Weinberge um Leningrad, Getreidefelder in der sibirischen Tundra und Gemüsekulturen jenseits des Polarkreises, sie alle legen ein beredtes Zeugnis ab von der Richtigkeit der Vorstellung über den Mechanismus der Entwicklung der Lebewesen, die wir Mitschurin und Lyssenko verdanken.

WOHER DIE PFLANZEN KOMMEN

PROF. DR. WALTHER GOTHAN†

DAS heutige Pflanzenkleid der Erde, der Schmuck der Erdoberfläche, ohne den sie uns unerfreulich und kahl erscheinen würde, setzt sich aus sehr verschiedenen, teils einfachen, teils äußerst komplizierten Formen zusammen. Den Augen bieten sich zunächst die großen baumförmigen Gestalten, dann die Sträucher und Kräuter verschiedener Größen, oft mit schönen Blüten geschmückt. Viele andere Pflanzen entziehen sich aber dem Blick, insbesondere die einfachsten Pflanzen, die im Wasser leben und zum großen Teil dem bloßen Auge unsichtbar sind: mikroskopisch kleine Algen des Süß- und Salzwassers. Alles das lebt heute gleichzeitig auf der Erde, in den unterschiedlichsten Lebensräumen und nach Pflanzengesellschaften getrennt, die sich auf Grund gleicher Existenzbedingungen zusammengefunden haben. Die heutige Mannigfaltigkeit der Pflanzenwelt war nicht immer vorhanden, sondern hat sich in sehr langen Zeiträumen im Laufe der Erdgeschichte herausgebildet, in Zeitspannen, deren viele Millionen Jahre man zwar zahlenmäßig auszudrücken verstanden hat, deren Zeitdauer aber jegliche menschliche Vorstellung übersteigt. Die Pflanzen und die Lebewesen überhaupt haben ursprünglich auch nicht die Lebensräume besiedelt, die sie jetzt innehaben. Das Leben begann in einem einzigen Lebensraum, den flachen Randmeeren der Urozeane. Von hier aus hat es sich unter aktiver Anpassung und Entwicklung höherer Formen die übrigen Lebensräume der Erde erobert.

In dem vorhergehenden Abschnitt ist versucht worden, die Entstehung der ersten lebenden Organismen in Gestalt von vermehrungs-

fähigen, sich selbst ernährenden Eiweißklümpchen – sogenannten „Koazervaten“ (wörtlich: zusammengewachsenen Häufchen) – dem Verständnis näherzubringen, wobei man sich besonders auf die neueren Untersuchungen und Anschauungen des sowjetischen Forschers Oparin stützte. Dieser hat zugleich aber darauf hingewiesen, daß diese ersten „lebenden“ Eiweißkörper nicht in der Lage waren, die im Wasser gelösten anorganischen Substanzen oder damals in der Luft vorhandenen Gase zum Aufbau ihres Körpers zu benutzen, und daß sie sich wahrscheinlich von fertigen organischen Substanzen ernährt haben, die im Wasser vorhanden waren; denn im Wasser muß das erste organische Leben entstanden sein, darüber sind sich alle Forscher einig. Wie sich diese als lebend angesehenen Eiweißstoffkörper entwickelt haben mögen, wurde in dem vorangegangenen Abschnitt näher auseinandergesetzt. Die fortschreitende Entwicklung der ersten lebenden Substanz führte schließlich dazu, daß die zur Ernährung dienenden organischen Stoffe im Wasser immer geringer wurden.

Damit war die weitere Existenz des gerade erst entstandenen Lebens ernsthaft in Frage gestellt. Ohne Nahrung kann das Leben nicht existieren. In diese Periode fällt die Entwicklung solcher Eiweißkörper, die in der Lage waren, sich die ebenfalls im Wasser gelösten anorganischen Substanzen anzueignen, auszunutzen und umzuwandeln. Es entstanden Eiweißkörper, die assimilieren konnten. In ihnen bildeten sich Stoffe, die man in der Chemie als Katalysatoren bezeichnet. So entstand der grüne Farbstoff der Pflanzen, das Chlorophyll, bei dessen Gegenwart

die anorganischen Stoffe umgesetzt wurden und sich Stärke, Zucker und organische Stickstoffverbindungen ausbilden konnten. Diese Entwicklungsstufe war von außerordentlicher Bedeutung für die gesamte weitere Entwicklung der Lebewesen.

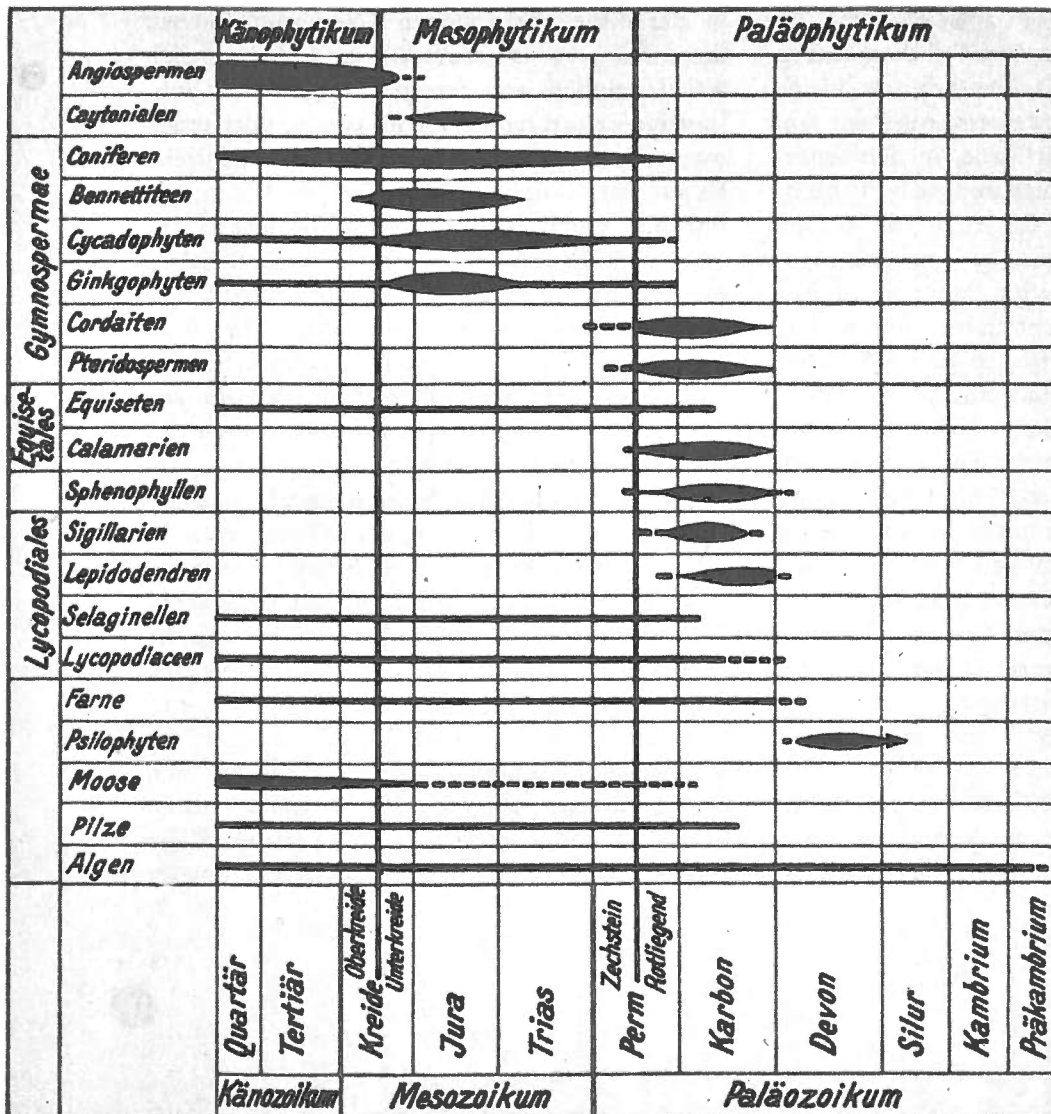
Aus den ursprünglichen lebenden Eiweißklümpchen entwickelten sich die zwei großen Reiche der Lebewesen: die Pflanzen und die Tiere.

Die Pflanzen sicherten durch ihre Fähigkeit, anorganische Stoffe für ihre Ernährung zu verwenden, die weitere Entwicklung des Lebens. Sie wandelten anorganische Stoffe in organische Substanz um.

Tiere sind nicht in der Lage, anorganische Stoffe umzusetzen und daraus organische Stoffe

zu bilden. Sie leben als Nutznießer der fertigen Pflanzenformen kleineren oder größeren Formats und können erst nach der Bildung der ersten Pflanzen aufgetreten sein. Ursprünglich sind also nur die reinen Eiweißkörper der „Koazervate“ vorhanden gewesen, und erst nachdem sie sich durch Ausbildung des grünen Farbstoffs der Pflanze aus anorganischen Stoffen ernähren konnten, war die Aufspaltung der lebenden Organismen in ein Pflanzen- und in ein Tierreich möglich.

Wann diese Aufspaltung vor sich gegangen ist, wissen wir heute noch nicht. Da wir aber bereits in den ältesten Perioden der Erde (Präkambrium und Kambrium, siehe Tabelle auf dieser Seite) verhältnismäßig hoch entwickelte Tierformen wie Armfüßer und dergleichen vor-



Übersicht über die geologischen Formationen und das Vorkommen der wichtigsten Pflanzengruppen, mit Gegenüberstellung der großen Entwicklungsperioden der Tierwelt (linker Rand) und der Pflanzenwelt (rechter Rand). Die Letztgenannten werden als *Paläophytikum* (Altzeit), *Mesophytikum* (Mittelzeit) und *Känophytikum* (Neuzeit) der Pflanzenwelt bezeichnet. (Siehe auch Tabellen 1 und 2 am Schluß des Buches.)

finden, muß die Teilung der Organismenwelt in die beiden Reiche schon vorher stattgefunden haben. Erschwerend für die genauere Einsicht in die Fossilien der Gesteine dieser langen Zeiträume ist, daß die ersten, sicher algenförmigen Pflanzen sehr empfindliche Gebilde von meist mikroskopischer Kleinheit waren, von denen sich in den Gesteinen keine greifbaren Gestalten erhalten haben, sondern höchstens in Kohle verwandelte organische strukturlose Substanz. Größere Körper verschiedener Formen, deren Entstehung die Tätigkeit von Algen, namentlich der primitiven Blaualgen, voraussetzt, wofür auch Bakterien in Frage kommen, sind bekannt. Mit anderen Worten: Die wirkliche Gestalt dieser ersten Pflanzen ist uns nicht bekannt und kann nur theoretisch aus der erdgeschichtlichen Pflanzenfolge und aus dem Aufbau des heutigen Pflanzensystems gefolgert werden; es beginnt mit den einfachsten derartigen Organismen, wie dies in jedem botanischen Lehrbuch nachgelesen werden kann.

Daß die Entwicklung der Pflanzenwelt so eine Art Vorsprung vor derjenigen der Tierwelt bekam, prägt sich deutlicher noch in den späteren geologischen Formationen aus, die wesentlich auf den Inhalt der Erdschichten an Tierresten gegründet sind. Eine neue Pflanzenwelt von höherer Stufe als die vorhergehende beginnt stets vor der Entwicklung der höheren tierischen Organismen zu erscheinen, und zwar lange Zeit früher. Die großen Entwicklungsabschnitte der Pflanzen- und Tiergeschichte decken sich nicht, wie auch die Tabelle auf Seite 154 zeigt. Der Verfasser hat das einmal als „Fundamentaltatsache“ der Pflanzengeschichte bezeichnet, und es ist wohl zuerst von dem Berliner Paläobotaniker E. Weiß im Jahre 1877 klar ausgesprochen worden.

In diesem Zusammenhang ist es von großem Interesse, daß es heute noch unter den einfachsten Algen Formen gibt, bei denen es schwerfällt zu sagen, ob man sie als pflanzliche oder als tierische Organismen ansehen soll. Die Botani-

ker behandeln sie in ihren Lehrbüchern, die Zoologen in den ihrigen. Also auch in der heutigen Organismenwelt ist die Grenze zwischen dem Pflanzen- und dem Tierreich noch verwischt, und da sie sich im Laufe der organischen Entwicklung herausgebildet hat, ist das nicht verwunderlich. Trotzdem soll nach Möglichkeit eine Grenzziehung zwischen den beiden Reichen vorgenommen werden.

Die heutigen Pflanzen haben als Wirkungsstoff das Blattgrün als unverkennbare Eigentümlichkeit, die Tiere nicht. Die Pflanze umgibt ihre Zellen mehr und mehr mit einer festen Zellwand, wesentlich aus Zellulose (unter Umständen mit Holzstoff, Korkstoffen und ähnlichen gefestigt); den Tieren fehlt dieses in ihren Muskeln. Die Pflanze ist stationär, das heißt, sie kann nicht selbsttätig ihren Standort verändern; sie ist standortgebunden. Das gilt aber nicht für die niedersten, einfachsten, zum Teil einzelligen mikroskopisch kleinen Algen, die noch frei beweglich im Wasser umherschwimmen. Ebenso haben die sonst stationären höheren Sporenpflanzen wie Farne und Bärlappe noch für den Geschlechtsakt im Wasser bewegliche männliche Fortpflanzungskörper (Spermatozoen); die fertigen Pflanzen, wie das Farnkraut und der Bärlapp selber, sind jedoch bereits unbeweglich. Sie haben also einige Charaktere der im Wasser beweglichen kleinen Algen bewahrt, gewissermaßen als Erinnerung an ganz bewegliche Urvorfahren. Daher kommt es, daß man bei gewissen mikroskopisch kleinen Algen nicht sagen kann, ob sie als Pflanzen oder als Tiere zu bezeichnen sind; immerhin gibt bei diesen das etwa vorhandene Chlorophyll einen Wink.

Aus den einfachsten Pflanzenformen haben sich allmählich mehrzellige komplizierte entwickelt. Wir finden solche bereits im Reich der vielgestaltigen Algen, die teils unsichtbar klein, teils, vor allem bei den tangartigen Gewächsen, riesengroß werden können, so daß zum Beispiel eine Tangform der warmen Meere, namens *Macrocystis*, es an Länge mit den höchsten Bäumen



Abb. 1. In Kohle verwandelte Pflanze aus der Jurazeit (*Podozamites*). (Nat. Gr.)

aufnehmen kann; sie ist jedoch trotz allem, und obgleich sie wie eine lange Schnur mit „Blättern“ aussieht, doch nur eine Tangform, wie uns ihr innerer Aufbau zeigt. Die heutige Algenwelt deutet in ihren verschiedenen Formen die Tatsache und Möglichkeit der Entwicklung zu höheren und größeren Pflanzenformen an, innerhalb desselben Pflanzenstamms, der noch an das Wasserleben gebunden ist. Erst später im Devon treten eigentliche Landpflanzen auf, zunächst äußerlich fast algenartig aussehend, aber doch nach ihrer Organisation „hochstehende“ Formen, die wir noch kennenlernen werden.

Es gibt im Pflanzenreich zahlreiche Formen, die keinen grünen Farbstoff enthalten. Bei diesen handelt es sich ausnahmslos um Schmarotzer, die auf oder in anderen Pflanzen leben und des-

wegen den „Katalysator“ Chlorophyll nicht benötigen, wie die kleinen Bakterien, die Pilze und auch hochstehende Pflanzen verschiedener Familien, wie die Flachsseide der Leinpflanzen, die Rafflesien der Tropen mit den größten Blumen und ihren Verwandten. Ihre Pflanzennatur verraten sie trotzdem durch ihre sonstigen Eigenschaften.

METHODEN DER PALÄOBOTANIK

Über die in den Gesteinen gefundenen Überreste der ehemaligen Pflanzenwelt muß zunächst gesagt werden, daß sich in den meisten Fällen die ganze Pflanze nicht erhalten konnte. Die Einbettung in das Gesteinsurmaterial erfolgte durch fließendes Wasser, das ehemals Schlamm oder Sand gemeinsam mit den darin enthaltenen Pflanzenteilen transportierte und ablagerte; man findet zum Beispiel von einem Baum irgendwo das Holz, an anderer Stelle die Blätter, die Früchte, die Samen und Kleinpflanzenteile, wie den Blütenstaub, und der „Paläobotaniker“ (wörtlich: Altpflanzenforscher), der sich mit der Pflanzenwelt der Vorzeit befaßt, hat die Aufgabe, diese an verschiedenen Stellen getrennt abgelagerten Pflanzenstücke als zusammengehörig zu erkennen und so die ehemalige vollständige Pflanze wiederherzustellen. Diese Aufgabe ist in vielen Fällen lösbar, erfordert aber umfangreiche Studien und Kenntnisse; oft muß die Aufgabe ungelöst bleiben. In diesem Falle muß man die einzelnen Teile einer größeren Pflanze für sich behandeln und sie „bestimmbar“ machen, das heißt sie so kennzeichnen, daß sie von anderen Forschern wiedererkannt werden können. Das muß auch dann geschehen, wenn die ganze Pflanze nicht bekannt ist und man auch nicht weiß, wo die natürliche Verwandtschaft der Pflanze zu suchen ist. Sie kann für den Geologen trotzdem von Wert sein, wenn sie sich als „Leitfossil“ erweist, das heißt für eine bestimmte geologische Periode kennzeichnend ist.

Man kann besonders zwei Erhaltungsformen unterscheiden, die zwar gänzlich verschieden erscheinen, aber doch miteinander Berührungspunkte haben:

1. *Die Erhaltung der Pflanzenteile in Form von Kohle*, die „kohlige“ Erhaltung. Diese Art der Erhaltung besteht darin, daß die in den Erdschichten und Schiefern eingebetteten Pflanzenteile in Kohle umgewandelt sind. Bei den sogenannten „Pflanzenabdrücken“, die wohl jeder einmal in den Museen oder naturwissenschaftlichen Sammlungen gesehen hat, liegen die Pflanzen meist schwarz auf dem dunkleren oder helleren Gestein (Abb. 1). Es sind aber keine „Abdrücke“, sondern, soweit sie schwarz sind, die ehemaligen Pflanzen selber, jedoch in Kohle umgewandelt.

Schlägt man ein Gestein mit Pflanzenteilen auseinander, so spaltet dieses mit Vorliebe nach der Lage der eingeschlossenen Pflanzenreste. Die Spaltstücke enthalten dann die schwarze, kohlige Pflanze, und man erkennt deren äußere Merkmale, wie Gestalt und Blattaderung. Handelt es sich um größere, dickere Anhäufungen von Pflanzensubstanz, wie beim Torf, so wird das ganze Pflanzengehäuf zu Kohle, und darin sind, wie zum Teil in Torf und Braunkohle, in stärkerem Maße in der Steinkohle, einzelne Pflanzenteile nicht mehr ohne weiteres erkennbar; sie können aber, soweit sie nicht vollständig zersetzt sind, durch geeignete Präparation zum Teil noch sichtbar gemacht werden. Ebenso sind manchmal an einzelnen Teilen der Pflanzen noch mikroskopische Merkmale sichtbar. Wie dabei vorzugehen ist, soll hier nicht näher erklärt werden; man kann das in den Handbüchern und Anleitungen nachlesen. Am wichtigsten ist hier die „Mazerationsmethode“, die Behandlung mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure und nachfolgendem Auszug mit Kalilauge oder Ammoniak, wobei schwerzersetzbare Einzelteile der Pflanzen zurückbleiben und für sich untersucht werden können. Die Abb. 2 zeigt so gewonnene Häute von kohlig erhaltenen Blättern aus alten

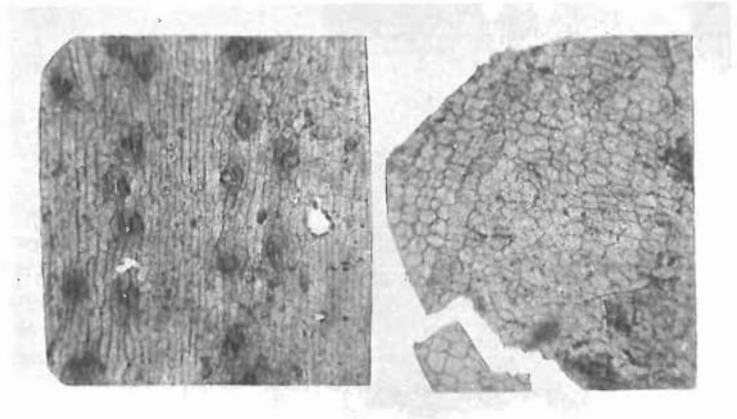


Abb. 2. Blatthäute einer Pflanze aus der Steinkohlenzeit (Karbon), mit der „Mazerationsmethode“ gewonnen. (50mal vergr.)

geologischen Perioden, die Abb. 3 zeigt dickere und dünnere Häute von Sporen verschiedener Art aus der Steinkohle. Daß man in den Kohlen manchmal noch ohne weitere Präparation in dünnen Schliffen pflanzliche Körper sieht, zeigt Abb. 4.

Es ist zu sagen, daß sowohl die Wissenschaft als auch die Praxis aus diesen Studien wertvolle Erkenntnisse gezogen haben. Viele Pflanzenteile sind erst mit diesen Methoden enträtselt worden, und in der Praxis haben diese Methoden für die Unterscheidung der verschiedenen Kohlenarten großen Nutzen gebracht; kleinere, so gewonnene unscheinbare Pflanzenteile haben oft den Wert von „Leitfossilien“ erhalten.

2. *Versteinerungsprozeß* im eigentlichen Sinne (echte Versteinerung oder Intuskrustation).

Abb. 3. Sporen (Häute) und Pollen (Blütenstaub) aus der Steinkohle. (Etwa 20mal, rechts stärker vergrößert).

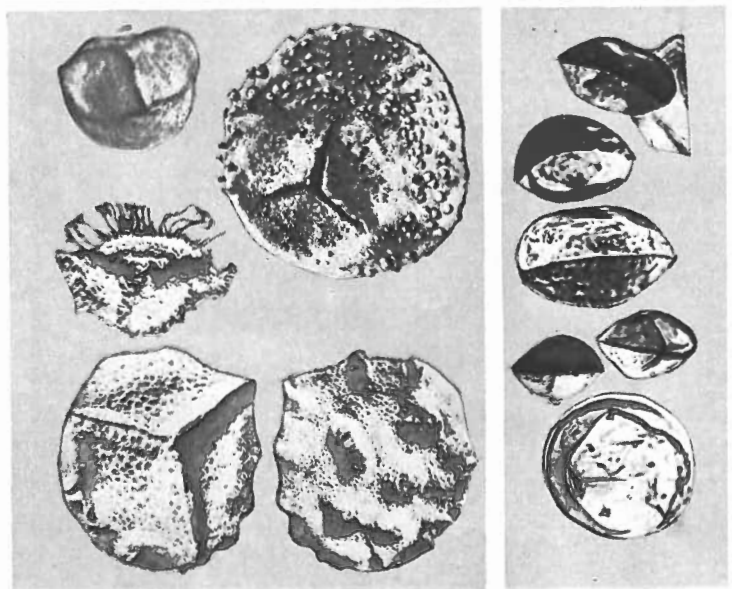
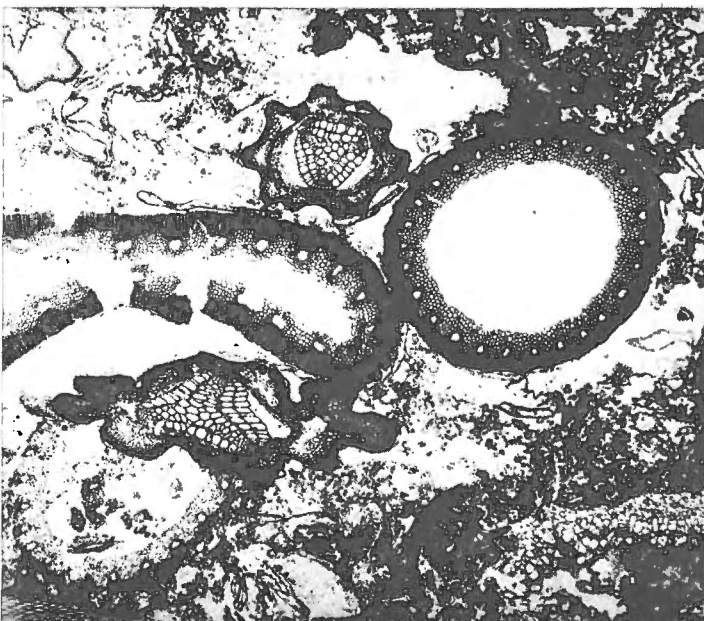




Abb. 4. Querschliffe durch eigentümliche Kohlen aus der Steinkohlenzeit. Oben eine Boghead-Algenkohle mit durchscheinenden „Olalgen“, unten eine sehr sporenreiche Steinkohlenart (Kannelkohle). Die Sporen sind quer durchschnitten und flach zusammengesunken. (Etwa 50mal vergr.)

„Versteinerte Pflanzen“ im wahren Sinne des Wortes stellen die andere wichtige Form der Erhaltung von Pflanzen dar. Die kohlig erhaltenen Pflanzen, von denen wir bisher gesprochen haben, sind eigentlich gar keine „Versteinerungen“; sie sind noch dieselben Pflanzen, wie sie eingebettet wurden, nur in Kohle umgewandelt. Bei den „versteinerten Pflanzen“ ist die Sache wieder ganz anders; bei diesen werden die Hohlräume des Pflanzenkörpers und die einzelnen

Abb. 5. Querschliff durch versteinerten Urtorf eines Steinkohlenflözes. (Dolomitknolle, Torfdolomit aus dem Flöz „Katharina“ des Ruhrreviers, etwa 30mal vergr.)



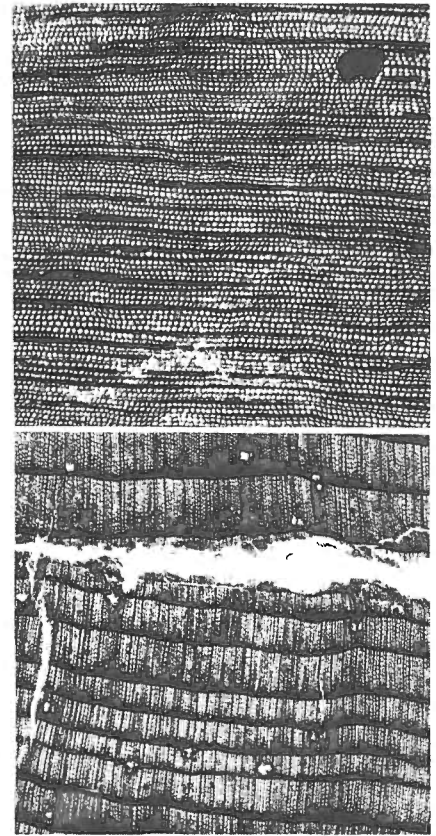
Zellen mit gewissen Mineralsubstanzen ausgefüllt. Außerdem werden die Zellwände selber durch diese Substanzen ersetzt, so daß man schließlich einen Stein vor sich hat, der die betreffende Pflanze enthält, die ihre innere Struktur mehr oder weniger gut in diesem versteinerten Zustand erhalten hat; man kann sie unter dem Mikroskop wie lebende Pflanzen untersuchen. Zu diesen Formen gehören die versteinerten Hölzer, verkieselt, verkalkt oder aus noch anderen Substanzen bestehend. Oft sieht man ihnen ihre wahre Natur, wie bei den Kieselhölzern, schon von außen an; oft sind aber Gesteinsbänke oder Knollenbildungen entstanden, bei denen man zunächst nichts von dem wahren Inhalt bemerkt. Um das zu verstehen, müssen wir uns über die Entstehungsweise dieser „Versteinerungen“ im Gestein klarwerden. Man kann hierbei von einer künstlichen Mineralsalzlösung, zum Beispiel Alaun, Kupfervitriol oder Kochsalz, ausgehen, an der man sich zunächst die Ausscheidung des gelösten Minerals an sogenannten „Niederschlagszentren“ klarmachen kann. Hängt man in solche Lösungen einen Bindfaden, ein Stück Holz oder auch einen bereits fertigen Kristall des betreffenden Salzes, so bemerkt man, daß sich das gelöste Salz an diesen Gegenständen niederschlägt, als wenn es von ihnen „angezogen“ würde. Solche Minerallösungen sind häufig auch in dem Urmaterial der späteren Gesteine, wie in lehmigem Schlamm (den späteren Schiefertönen) und Sand (den späteren Sandsteinen), enthalten. Befinden sich in diesem Urmaterial festere Gegenstände, wie Pflanzenteile, Muscheln, Knochen, so wird an diesen in dem Gestein das betreffende gelöste Mineral ausgeschieden, und es bilden sich um sie „Niederschlagszentren“, Festigungszonen, die man aus dem späteren Gestein als feste Körper, meist Knollen, herauschlagen kann. Dieser Prozeß geht außerordentlich langsam vor sich, und man hat das im Laboratorium noch nicht nachahmen können. Diese Knollen umhüllen jetzt die betreffenden pflanzlichen oder tierischen Überreste,

und wenn man sie aufschlägt, sieht man meistens noch, wodurch die Bildung der Knolle verursacht wurde. Die Geologen nennen diese Art auch Konkretionsbildung.

Bei der bereits erwähnten „echten Versteinerung“ findet nun eine Durchdringung des etwa vorhandenen Pflanzenteils, zum Beispiel eines Holzes, in der Weise statt, wie es oben geschildert wurde, indem sowohl die Hohlräume der Zellen als auch die Zellen selbst durch die Versteinerungssubstanz ersetzt werden, so daß das ganze Objekt schließlich ein festes Stück Stein aus Kalk oder Kiesel wird, das man aus dem umhüllenden Gestein herauschlagen kann. Da die Kieselhölzer vielfach in harten Quarz umgewandelt werden, so bleiben sie bei der Zerstörung des umgebenden Gesteins als besonders harte Bestandteile übrig und finden sich bei uns häufig als Stücke verkieselten Holzes in Kiesgruben vor. Ebenso ist es mit anderen Versteinerungsmaterialien, wenn sie auch weniger hart als Kieselsubstanz sind. Man hat dann ein Stück Pflanze mit mehr oder weniger gut erhaltener innerer Struktur vor sich; davon kann man sich überzeugen, indem man davon feine Splitter abschlägt und diese unter das Mikroskop legt. Vollkommener ist die Verwendung von Dünnschliffen, dünnen Platten oder Plättchen, die man mit einer Gesteinsschneidemaschine von den Versteinerungen abschneidet, auf einen Glasobjektträger mit Kanadabalsam oder dergleichen aufkittet und sie dann weiter dünnschleift bis auf weniger als $\frac{1}{10}$ Millimeter Dicke. Diese Methode ist auch in der Mineralogie bekannt. Unter dem Mikroskop sieht man dann die Holzstruktur der Pflanzen noch deutlicher, mehr oder weniger gut ausgeprägt wie bei lebenden Pflanzen. Dunkel-färbende humöse Substanz in den Zellenwänden läßt das Bild kontrastreicher erscheinen als bei lebenden Pflanzen (vgl. Abb. 5 u. 6).

Die kohligten Substanzen färben sehr stark; sie können später, durch Einwirkung des Sauerstoffs der Luft, verschwinden, und es können andere färbende Mineralsubstanzen an ihre

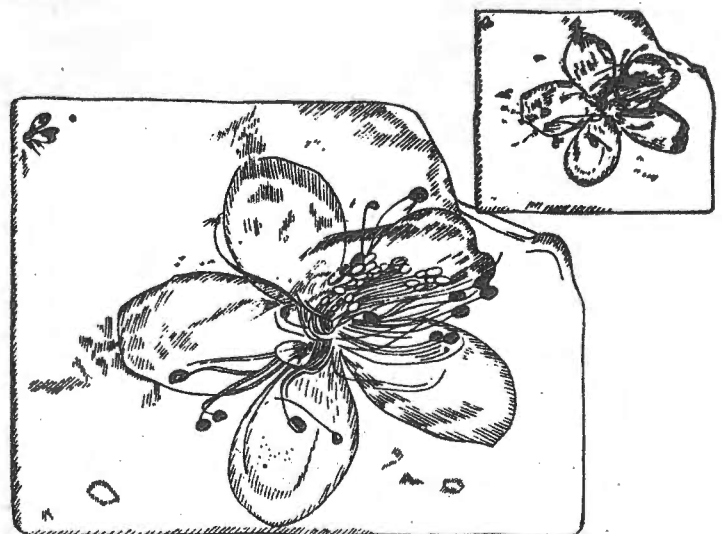
Abb. 6. Querschliffe durch verkieselte Holzstücke, aus der Steinkohle ohne Jahresringe, aus der ältesten Kreide der Arktis mit Jahresringen und Harzgängen. (Etwa 50mal vergr.)



Stelle treten, wodurch oft schön gefärbte Produkte entstehen, die bei Kieselhölzern dazu verführt haben, sie ebenso wie Schmucksteine zu verarbeiten.

Es gibt noch andere Möglichkeiten der Einschließung von Tier- und Pflanzenresten in Erdmineralien, von denen wir kurz die Einschlüsse in fossilen Harzen, insbesondere im Bernstein,

Abb. 7. Größte im Bernstein gefundene Blume (rechts oben, nat. Gr.). Wahrscheinlich mit der Kamellie verwandt.



erwähnen müssen. Der Bernstein ist ein fossiles Harz, meist von harzreichen Nadelbäumen, das aus Wunden der Bäume ausfließt und an dem in der Luft herumfliegende Pflanzenteile und Insekten festkleben wie am Fliegenleim; es erstarrt dann und kann nur noch von der Sonne umgeschmolzen werden. Solch ein klarer Bernstein läßt die eingeschlossenen Pflanzen- und Tierkörper Teile sehr gut erkennen. Es sind außer Nadeln von Nadelbäumen kleine Blättchen und vereinzelt Blüten oder Blumen auf diese Weise erhalten geblieben. Diese sind für die Forschung sehr wertvoll, da sie in Schiefer und anderem Gestein nur selten und dann meist schlecht erhalten sind. An diesen Einschlüssen sind die

feinsten Einzelheiten noch erkennbar, wie Staubgefäße an Blüten, Haare, Atemöffnungen und ähnliches. Trotz der guten Sichtbarkeit der feinen Kennzeichen ist in dem Bernstein nur ein Abdruck des betreffenden Objekts vorhanden, wie es auch im Kopal, dem Harz heutiger tropischer Bäume, vorkommt. Nur ein geringer Teil der Pflanzen- oder Tiersubstanz ist wirklich erhalten, was man erkennt, wenn man den Bernstein auflöst, um etwa das eingeschlossene Objekt zu gewinnen. Man zerstört dieses dadurch und erhält nur einzelne Fetzen unzusammenhängender Pflanzensubstanz, bei Insektenresten zum Beispiel Chitinreste der Flügel und andere Rückstände (Abb. 7).

DIE GESCHICHTE DER PFLANZENWELT AUF DER ERDE

A. ALGEN UND ALGENZEIT

(VON DEN ÄLTESTEN SCHICHTEN BIS ZUM SILUR)

Vom Aussehen der ersten Pflanzen besitzen wir keine direkte Kenntnis, da sie in den alten Gesteinen, insbesondere in der ursprünglich heißen, zum Teil glutflüssigen Erdkruste keine sichtbaren und äußerlich erkennbaren Spuren hinterlassen haben. Wir können uns über ihre Art nur ein ungefähres Bild machen durch Betrachten der Entwicklung der Pflanzenfolge in den aufeinanderfolgenden späteren geologischen Formationen, in denen sich erkennbare fossile Reste von Pflanzen finden. Wir sind also bis zu einem gewissen Grade auf theoretische Betrachtungen angewiesen, die aber in verschiedener Beziehung einen soliden Boden haben. Wir sind dazu auch in der Lage, wenn wir das System der Pflanzen betrachten, in dem die ganze Pflanzenwelt nach der Höhe ihrer Entwicklungsstufe eingeordnet ist. In diesem System stehen zu unterst die einfachsten Pflanzen, die wir unter dem Gesamtbegriff der Algen oder Thallophyten zusammenfassen; diese enthalten ihrerseits

sehr verschieden hochstehende Gruppen, die sämtlich das Wasser als Lebenselement benutzen und zum großen Teil mikroskopisch klein sind. Weiter folgen im System die moosartigen Pflanzen, dann die farnartigen, zu denen außer den eigentlichen Farnen die Bärlappgewächse und Schachtelhalme gehören. Die zuletzt Genannten sind die höchststehenden Sporenpflanzen, nicht unpassend als „Gefäßkryptogamen“ bezeichnet, da sie im Stengel bereits Leitstränge mit besonders ausgerüsteten, Wasser und andere Stoffe fortführenden Leitzellen, „Gefäße“, und dergleichen besitzen.

Als Kryptogamen, das heißt „Verborgene“, bezeichnet man die Gesamtheit der Algen, Moospflanzen und Gefäßkryptogamen, bei denen der Fortpflanzungsvorgang an das Wasser gebunden und nicht ohne weiteres sichtbar ist.

Es folgen dann die Samenpflanzen, zunächst die nacktsamigen (Gymnospermen), bei denen die

DER STEINKOULENURWALD

Vor etwa 300 Millionen Jahren, in der Steinkohlen- oder Karbon-Formation, breiteten sich in den Niederungen des Landes riesige Urwälder aus, die sich in ihrer Zusammensetzung und durch nur geringe Schattenbildung von den Urwäldern der Jetztzeit völlig unterschieden. Es gab noch keine Blütenpflanzen. Den Hauptbestandteil dieser ewig grünen Urwälder bildeten fast ausschließlich kryptogame Gewächse, Sporen erzeugende Pflanzen. Neben riesigen baumartigen Schachtelhalmen (im Mittelgrund des Bildes) waren es Bärlappbäume (*Lepidodendron*, rechts im Hintergrund aufragend), Sigillarien (unter dem *Lepidodendron* im Hintergrund) oder Siegelbäume, ferner zahlreiche Farnkräuter von niedrigem oder baumartigem Wuchs, äußerlich heutigen Farnbäumen ähnlich, mit schirmförmiger Krone (links im Bild). Hier wuchsen auch eigentümliche Vorfahren der nacktsamigen Pflanzen, die äußerlich farnähnlich aussehenden Pteridospermen, z. B. Neuropteriden (links am Bildrand), Lyginopteriden (rechts unter dem Farnbaum schlingend). Andere nacktsamige Gewächse waren die Cordaiten (rechts am Rand). Umgestürzte Bärlappbäume waren zahlreich, wie im Vordergrund die längsrippigen Sigillarien, an denen sich kleine, etwas schachtelhalmartige Keilblättrler oder Sphenophyllen emporstützten (im Vordergrund). Mit den umstürzenden Stämmen wurden auch die Wurzeln dieser, als Stigmarien bekannt, mit herausgerissen.

Das Leben in diesen Urwäldern der Steinkohlenzeit war nicht besonders bunt. In der feuchten Luft flogen primitive Urinsekten umher, deren Flügelspannweite bis $\frac{3}{4}$ m betrug (Urilbellen, *Meganeura*). Durch das dichte Gewirr schoben sich Urschaben, Tausendfüßler, Urspinnen und krebsartige Tiere (*Arthropleura*). Das Wasser war von einer großen Anzahl Fische belebt, Pleuracanthen oder Urhaifische, *Acanthoden*, glasschuppigen *Palaeonisciden*, die den Larven der anderen Tiere auflauerten. Die meisten Tiere entfernten sich kaum weit vom Wasser. Seltene Kriechtiere waren die höchstentwickelten Formen der damaligen Wirbeltierwelt. Aus den abgestorbenen Pflanzenkörpern häufte sich in den Karbonsümpfen- und -mooren Torfsubstanz auf. Diese wurde später von Sand- und Schlamm-schichten bedeckt — den späteren Gesteinen — und verwandelte sich im Laufe der Zeit durch den Kohlungsprozeß in Braunkohle. Später setzten dann Faltungen der Erdschichten und andere Einflüsse ein, und so wurden diese Kohlen schließlich durch den Einfluß von Druck und Wärme in Steinkohle umgewandelt.



E. B. Dunn 5m

DER BRAUNKOULENURWALD

Vor ungefähr 30 bis 50 Millionen Jahren, in der sogenannten Tertiärzeit, wurden unsere Braunkohlen abgelagert, in einer älteren und einer jüngeren Braunkohlenzeit. In den Gegenden, wo wir heute rege Industrie finden, wo Fördertürme und hohe Schornsteine vieler Fabriken zum Himmel ragen, breiteten sich in der Tertiärzeit ausgedehnte Urwälder aus, z. B. im Delta großer Flüsse, ähnlich den heutigen sumpfigen Urwäldern (Dismal swamps) an der Südostküste der Vereinigten Staaten. An den kohligen Hölzern (Xyliten, früher meist Lignite genannt) und an den Abdrücken von Blättern und Früchten, die wir in den Braunkohlenschichten finden, erkennt man klar, daß die Braunkohlenflora mannigfaltig zusammengesetzt war. An gewissen Stellen herrschten Nadelbäume vor wie z. B. die Sumpfyypressen (Taxodien, links und in der Mitte) mit zahlreichen Luftwurzeln (links am Rand). Die Sumpfyypressen sind hier als herrschende Nadelbäume dargestellt, waren aber oft weniger zahlreich als Sequoia-Arten, mit den Mammutbäumen verwandt. Dazu kamen Laubbäume wie die Nyssa-Arten (rechts am Rand) oder Sumpf und Feuchtigkeits liebende Weiden, Ahorne und Pappeln sowie mehr oder weniger wärmeliebende Typen (Magnolien, Tulpenbäume, Kampferbäume); oft überwogen die Laubbäume. In den subtropischen Wäldern fehlte es auch nicht an schlingenden Lianen; der Eindruck des warmen Klimas wurde besonders in der älteren Braunkohle durch oft zahlreiche Palmen verstärkt. Rohrgewächse umsäumten die Ufer und Tümpel, der Wasserspiegel wurde von Blättern und Blüten von Seerosengewächsen, Wassernußarten, Laichkräutern usw. bedeckt. Die Urwälder beherbergten auch eine reiche Tierwelt. Das Wasser bevölkerten Fische, Amphibien und Kriechtiere, in den Gebüsch hausten Säugetiere, und Vögel und auch zahlreiche Insekten durchschwirrten die Luft.

Unser Bild zeigt einen Ausschnitt aus dem Innern eines solchen Sumpfwaldes mit vorherrschenden Nadelbäumen. Die dicken Unterteile der Stämme zeigen, wie sie sich dem Wachstum in dem weichen sumpfigen Boden angepaßt haben. Die Taxodien hatten wie heute außer etwas stützenartigen Wurzeln auch pfahlartig aufragende Atemwurzeln (links am Rand). Auch bei den Laubbäumen kamen stark verdickte Basalteile vor. Von der Tierwelt ist auf dem Bilde ein Ur-Tapir (*Palaeotapirus*) mit einem Jungtier zu sehen.



Samen noch frei und offen daliegen wie bei den Nadelbäumen, und schließlich die bedecktsamigen oder Angiospermen, bei denen die Samen in besonderen Organen (Kapseln, Hülsen, Beeren und ähnlichem) eingeschlossen sind und erst beim Öffnen der Hüllen frei werden. In jedem Lehrbuch der Botanik kann man diese Reihenfolge der Pflanzen im System nachlesen, das allein auf Grund der allmählich immer komplizierteren und vollkommeneren Einrichtungen des Pflanzenkörpers an Hand der heute lebenden Pflanzen aufgestellt ist. Da nun im Laufe der Erdgeschichte ebenfalls die Pflanzenformen beinahe in dieser Reihenfolge nacheinander auf der Erde erscheinen, so kann man mit gutem Grund annehmen, daß die ältesten Pflanzen, die wir kennen, noch einfacher als diejenigen gebaut waren, über die wir durch Funde in den Erdschichten unterrichtet sind. Wenn wir von diesen Pflanzen keine entzifferbaren Reste in den Erdschichten finden, so liegt das einmal in der Natur der kristallinen Urgesteine begründet, andererseits darin, daß ein großer Teil dieser einfachsten Pflanzenkörper wie bei unseren lebenden einfachsten Pflanzen sehr zart und empfindlich war. Sie haben sich daher wegen ihrer Zartheit und Hinfälligkeit in den Erdgesteinen nicht erhalten. Es gibt ja gerade unter den einfachsten Algen heute noch sehr viele solcher zarten Formen, die als mikroskopisch kleine, oft einzellige Einzelwesen an der Grenze von Tier- und Pflanzenreich stehen und ihre Pflanzennatur nur dadurch andeuten, daß sie den grünen Pflanzenstoff, das Blattgrün oder Chlorophyll, enthalten, vielfach aber noch im Wasser frei beweglich sind, während höhere Pflanzen sämtlich ortsgebunden an ihren Wachstumsstellen bleiben müssen. So kommt es, daß in den Lehrbüchern der Zoologie und Botanik unter den einfachsten Organismen teilweise die gleichen Gruppen behandelt werden; die der Zoologe wegen ihrer Eigenbeweglichkeit für sich in Anspruch nimmt, die aber auch der Botaniker nicht außer acht lassen kann, weil sie grünen Farbstoff enthalten und sich

an höher entwickelte Algengruppen anschließen. Für alle diese Organismen ist und war, wie schon gesagt, das Lebaselement das Wasser.

Die älteste Periode, aus der wir Reste von ehemaligen Organismen kennen, ist das Präkambrium; unter diesen finden sich keineswegs die einfachsten denkbaren oder auch bekannten Tierformen, sondern bereits solche, die höher im System stehen. Ihre Existenz setzt jedenfalls das Vorhandensein einer Pflanzenwelt, wenn auch von primitiver Art, voraus. Diese Tierreste gehören zum Beispiel den Gruppen der Armfüßer, Schwämme, vielleicht auch der Gliedertiere und anderen Arten an. In der Tat kennen wir auch aus diesen uralten Erdschichten schon eine Anzahl von algenartigen Pflanzenresten, die durch besondere Umstände, durch härtere Beschaffenheit ihres Körpers uns etwas hinterlassen haben, oder von solchen, die aus dem Wasser – insbesondere aus dem Meerwasser – mineralische Bestandteile niederschlugen, wie Kalk oder auch Kieselsubstanz, die noch bestimmte Formen des Pflanzenkörpers erhalten haben. Überwiegend sind es kalkige Knollen und schichtige Gebilde, deren Form unter Beteiligung pflanzlicher Lebewesen (Organismen) zustande gekommen sind und die es auch heute noch gibt. Besonders als Bildner von Kalkkörpern mit gewissen Strukturen spielen heute noch einfache Algen eine Rolle. Manchmal ist es allerdings schwer zu sagen, ob derartige Körper mit oder ohne Einwirkung von Organismen im Gestein zustande gekommen sind, aber für eine Anzahl davon muß man die Tätigkeit von solchen annehmen. So ist es bei einigen Pflanzen, die unter ähnlichen Bedingungen wie die Korallen leben und am Aufbau von Kalkriffen beteiligt sind oder aber selbst solche aufbauen.

Wir verzichten hier auf die Nennung von Namen dieser Gebilde und wenden uns lieber den Resten zu, die durch die Form ihrer hinterlassenen Steinskelette oder sonst gut erkannt und bestimmten Pflanzengruppen zugeordnet werden können. Gebilde dieser Art sind uns in größerer Menge

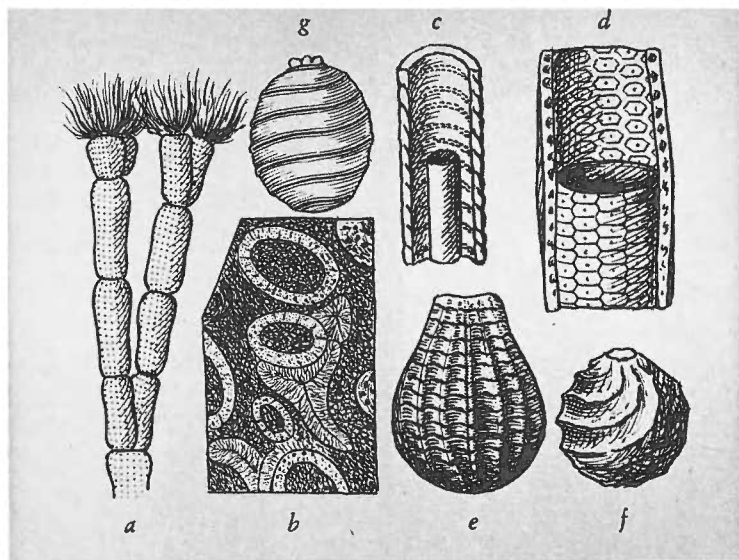


Abb. 8. Verschiedene Kalkalgen aus verschiedenen geologischen Perioden. a) *Cymopolia*, lebend, mit Plasmafäden oben. b)-d) Fossile Kalkalgen (quirlige Siphoneen, *Dasycladeen*) aus der Triaszeit. e)-g) *Charophyten* (Armlauchtergewächse), sogenannte Oogonien, e), f) aus dem Devon, g) aus dem Alttertiär von Paris.

aus der auf das Kambrium folgenden Silurformation bekannt. Nur äußerst langsam machte sich in diesen langen Urzeiten eine Fortentwicklung der Organismen selbst bemerkbar, die sämtlich noch zu tiefstehenden Gruppen dieser vielgestaltigen Pflanzenurklasse gehörten. Abb. 8 zeigt einige solcher Formen, die zunächst gar nicht an unsere gewöhnliche Vorstellung von Pflanzen erinnern. Es hat allerdings ziemlich lange gedauert, bis man ihre Natur erkannte. Unter der großen, vielgestaltigen Gruppe der Schlauchalgen (Siphoneen) gibt es einige mit Kalkskeletten wie die in dem Bild dargestellten Formen. Die Plasmasubstanz der Pflanzen lebte in den Gipfelteilen der Körper; aber in den Regionen unterhalb der Pflanzen ist nur das Kalkskelett sichtbar. Manche der „quiriligen Siphoneen“ mit den horizontalen Kanalreihen haben heute noch einige Nachkommen in den wärmeren Meeren, von denen die *Cymopolia* noch in der Nordsee bei Helgoland vorkommt, deren Körper vergleichsweise ähnlich aufgebaut ist. Im Silur finden sich etwas abweichende Formen, die aber jetzt allgemein in diese Gruppe eingeordnet

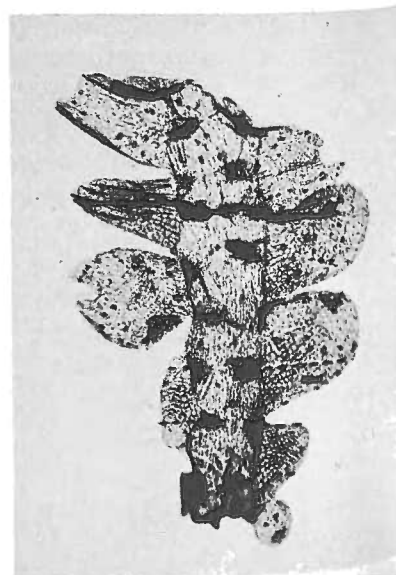
werden. Die ältesten Vorkommen sind mit den heutigen durch bald seltenere, bald zahlreichere Formen in den späteren Erdformationen verbunden. Mancher Botaniker ist durch ihre Ahnen in den älteren Erdschichten zum Studium der heutigen wenigen Nachkömmlinge angeregt worden. Nach Mitteilung von Maslow haben sie im Gebiet der heutigen Sowjetunion schon im Kambrium existiert.

Eine weitere Familie dieser Schlauchalgen ist ebenfalls im Silur nachgewiesen, die von den Botanikern als *Codiaceen* bezeichnet wird. Es sind heute büschelförmig wachsende Fadenalgen, die verkalken und dann knollige Gebilde hinterlassen, die man als *Sphaerocodium* bezeichnet und die unter dem Mikroskop auch noch deutliche Zellenstruktur verraten.

Zweifellos ist die Algenwelt dieser Perioden nach dem vorher Gesagten viel reicher gewesen; wir haben nur einige greifbare Beispiele herausgezogen. Die meisten Formen kennen wir eben nicht, höchstens Produkte davon.

Auch Bakterien sind sicher schon vorhanden gewesen, von denen die Eisenbakterien heute Fäden entwickeln, die von einem dünnen Eisenschlauch umgeben sind und Eisenerze von der Art der Raseneisensteine liefern. In den ältesten Formationen vorhandene Eisensteinlagen sind vermutlich zum großen Teil von solchen Bakterien gebildet worden, die schon in den heutigen Raseneisensteinen unsichtbar werden und natürlich in den alten Gesteinen erst recht nicht kenntlich sind.

Abb. 9. Präparat eines Lebermooses aus der Steinkohlenzeit; nach Auflösen der Schiefersubstanz mit Flußsäure bleiben die feinen Pflanzenteile übrig. Nach Walton. (Etwa 50mal vergr.)



DIE MOOSARTIGEN PFLANZEN

Wir müssen weitere Formen dieser Algenzeit übergehen und uns der nächsten Pflanzengruppe, den Moosen, die noch manches Algenartige an sich haben, zuwenden.

In der Pflanzengruppe der Moose gibt es zwei Klassen, die Lebermoose und die Laubmoose, von denen wenigstens die Letztgenannten jedem bekannt sind. Es sind bereits höhere Sporenpflanzen, die fast den Eindruck einer Vorstufe der farnartigen Gewächse machen, von denen wir vorher sprachen. Die Lebermoose haben meist einen wenig gegliederten Körper, der an Algenformen erinnert, aber schon ein echtes Zellgewebe besitzt. Bei den Laubmoosen ist die Pflanze immer in Stengel und Blätter gegliedert. Man sollte nun nach dem Pflanzensystem nach den Algen als nächste Gewächse in der Erdgeschichte diese Pflanzengruppe erwarten; sie erscheint aber in Wirklichkeit erst später. Die ersten Lebermoose finden wir in der jüngsten Steinkohlenzeit (vergleiche Tabelle Seite 154 und Abb. 9). Die Laubmoose zeigen sich mit Sicherheit erst viel später in größerer Menge in der Braunkohlenformation, im Tertiär, also in einer ganz jungen geologischen Periode. Die Botaniker

haben die Moose mit den farnartigen Gewächsen in eine große Gruppe als höhere Sporengewächse, nach der Art der weiblichen Geschlechtsorgane, zusammengeschlossen; aber sie unterscheiden sich voneinander sehr stark in der Höhe ihrer Organisation und können trotz allem nach dem Vorigen nicht als Vorstufe der farnartigen Gewächse in Anspruch genommen werden; sie sind übrigens, wie diese im allgemeinen, echte Landpflanzen.

Da die Moose überhaupt ziemlich zarte und kleine Gewächse sind, finden wir sie in den Gesteinen und auch in den Kohlen nur selten. Trotzdem hat man solche hin und wieder gefunden und dadurch den vorhererwähnten Tatbestand festgestellt, wonach zuerst die einfacheren Lebermoose, dann die Laubmoose, aber erst lange nach dem Erscheinen der Farnpflanzen, sich auf der Erde einstellen.

Gewaltig ist dagegen die Zahl der bekanntgewordenen Farnpflanzen verschiedener Art in den Erdschichten. Bereits unter den älteren befinden sich Arten, die man in heute noch lebende Familien einordnen kann, während andere bereits in der frühen Altzeit der Erdgeschichte, besonders im Karbon, nach reicher Entwicklung wieder ausstarben.

B. ZEIT DER GEFÄSSKRYPTOGENEN ODER FARNARTIGEN PFLANZEN (PTERIDOPHYTEN) (OBERDEVON BIS UNTERPERM)

I. DIE NACKTPFLANZENZEIT (PSILOPHYTENZEIT) DES FRÜH- UND MITTELDEVONS (*lokal schon im Obersilur*)

Bei den farnartigen Pflanzen oder Pteridophyten, die wir vorhin als Gefäßkryptogamen bezeichneten, müssen wir uns zunächst daran erinnern, daß dazu äußerlich sehr verschiedene Gruppen gehören. Diese sind gegenüber den Moosen vollkommener durch den Besitz besonderer Leitstränge, „Gefäßbündel“, und durch

die Ausbildung von oft ziemlich großen Blättern mit verschiedener Aderung, die zum Teil einfach ist, zum Teil aber an die Blätter der gewöhnlichen Laubbäume erinnert.

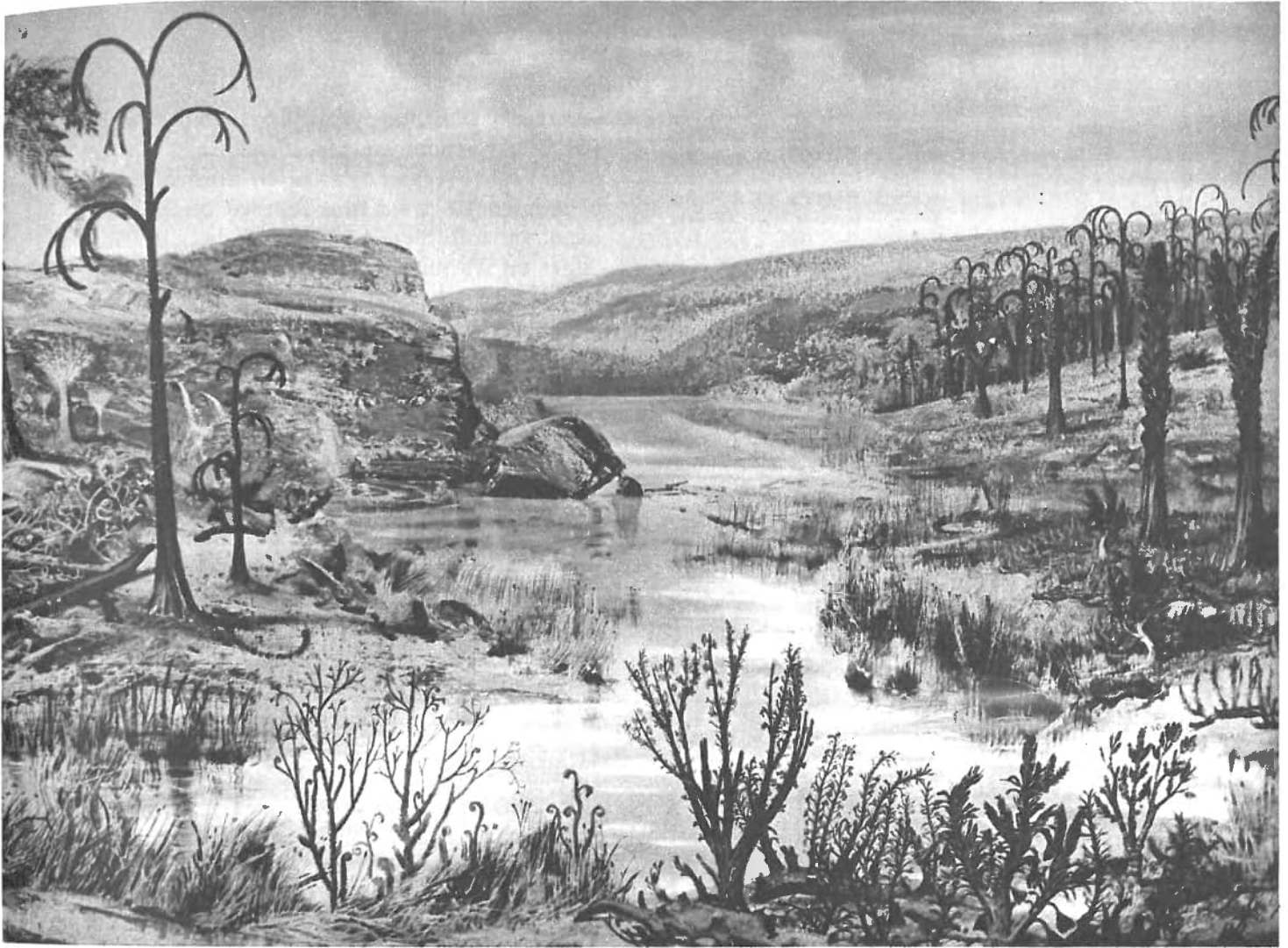
Die bereits erwähnten verschiedenen Gruppen (siehe Seite 160) sind einmal die als ziemlich große Pflanzen, als krautige oder baumförmige Formen allbekannten eigentlichen Farne, ferner die unter dem Namen Schachtelhalme bekannten Gewächse mit der besonderen Gliederung des Stengels und schließlich die teilweise



noch etwas „moosartig“ aussehenden Bärlappgewächse oder Lycopodien, die bei uns auf dem Boden wachsen, in den Tropen aber auch die Rinde der größeren Bäume als Wohnplatz benutzen. Trotz der Unähnlichkeit dieser drei Gruppen haben sie doch in der Reihenfolge ihrer Entwicklung gemeinsame Merkmale. Diese sind das Abwechseln einer geschlechtlichen, meistens sehr unscheinbar aussehenden, und einer rein vegetativen Generation, die wir als die eigentlich sichtbare Pflanze kennen: bei den Farnen mit mehr oder weniger großen Blättern, bei den Schachtelhalmen die quirlig beblätterten und gegliederten Stengel, bei den Bärlappen die moos-

GROSSBILD A. Landschaft der älteren Devonpflanzenwelt der Psilophytenzeit. Links in der Ecke Taenioocrada („Haliserites“), daneben im Wasser Zosterophyllum; rechts im Vordergrund Sciadophyton am Boden, dahinter (höhere Pflanze) Psilophyton, rechts davon Drepanophycus, ein Vorläufer der Bärlappe. Links in der Mitte, am Rande, Hyeniabestand.

artigen, lang dahinkriechenden kleinblättrigen Pflanzen. Diese Formen erzeugen einfache Sporen, die in verschiedener Weise an den Pflanzen vorhanden sind. Außer diesen heute noch existierenden Pflanzengruppen gab es aber in der Altzeit eine einfacher aussehende, zum großen Teil blattlose „Nacktpflanzengruppe“, die Psilo-



GROSSBILD B. Höher entwickelte Devonflora. Links im Vordergrund *Asteroxylon*, rechts daneben *Calmophyton*, dann *Barrandeina*. Rechts am Rande *Duisbergia*. Links am Rande mit den krummen Zweigen, auch weiter rechts hinten „*Archäosigillaria*“.

phyten. Sie tauchten nach der Algenzeit im älteren Devon auf und schmückten bis zur mittleren Devonzeit in meist lockeren Beständen den Boden als erste eigentliche Landvegetation, die nur in Australien schon etwas früher, im Oberen Silur, gefunden wurde. Die Großbilder A und B geben einen Eindruck verschiedener Gestalten dieser Vegetation. Im Laufe der Devonperiode erlebte sie einen Aufstieg, und es traten schon

häufig blatttragende Formen auf, nur selten mit wirklichen flächigen Blättern, meist nur mit kleinen, zum Teil dornartigen Stengelanhängseln. Diese Formen waren sowohl bei uns als auch in Nordamerika lange Zeit bekannt, aber bei uns mißverstanden oder falsch gedeutet worden, indem die sogenannten Haliseriten („Meerfäden“) für Tange, also für Algen, gehalten wurden. Es waren aber wirklich „Gefäßkryptogamen“, da sie bereits sämtlich die erwähnten Leitstränge im Stengel besaßen. Ihre Sporangien (Sporenbehälter) saßen endständig auf den Pflanzen, und man erkennt auch die Sporen darin. Nach den ersten Funden in Nordamerika hörte man lange

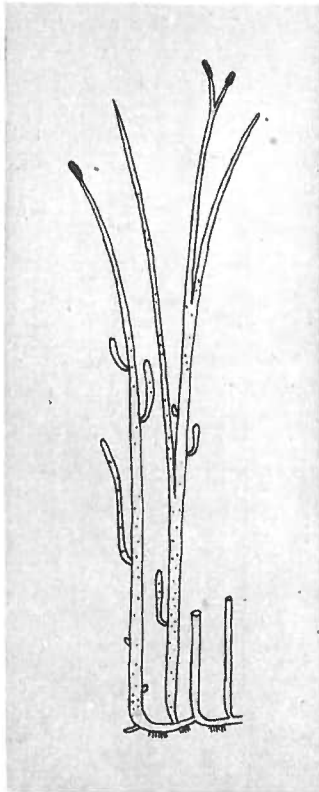


Abb. 10. Rekonstruktion einer Psilophytenform („Nacktpflanze“), *Rhynia* genannt, die noch ganz blattlos war. An der Spitze die Sporenkapseln. Mittlere Devonzeit. (Etwa $\frac{1}{4}$ nat. Gr.)

Zeit nichts mehr davon, bis zunächst die Engländer sie in verkieseltem Zustand auffanden und in Schottland (etwa 1920) entdeckten. Später wurden bei uns namentlich in der Gegend von Elberfeld Formen davon gefunden, die auch die äußere Gestalt ohne weiteres zeigten, die man aus den englischen Resten erst rekonstruieren mußte. Seitdem sind unsere Kenntnisse von dieser ersten, ältesten Landflora durch weitere Funde so bedeutend gewachsen, daß man sie in einem Vegetationsbild zusammenfassen kann. Ein Teil bevorzugte noch Sumpf und Wasser als Element, ein anderer bewohnte trockenes Land. Da diese ältesten Landpflanzen schon Bewohner des Festlandes waren, mußten sie sich an das Luftleben mehr und mehr anpassen. Es ist deutlich zu erkennen, wie sie zur Ausnutzung des Lichts und der Verwertung des in der Luft enthaltenen Sauerstoffs und der Kohlensäure ihre

Oberfläche allmählich vergrößerten, wie sie sich standfest machten und nach und nach stärker in die Höhe wachsende Pflanzen wurden. Dazu benötigten sie wiederum festeren Stengelbau, damit sie aufrecht stehen konnten, was bei den Algen im Wasser nicht nötig war. So entwickelten sie sich bereits zu kleinen Bäumchen oder höheren Kräutern. Abb. 10 zeigt uns die Rekonstruktion einer *Rhynia* genannten Pflanze, die blattlos war, Abb. 11 ihren Querschliff mit Leitstrang im Zentrum. Eine andere Pflanze namens *Asteroxylon* („Sternholz“) war unten dornig „beblättert“ und oben nackt. Fast alle trugen die Sporenkapseln nackt am Ende ihrer Sprosse, einige aber auch in gewisser Beziehung zu den blattartigen Organen, wie es bei den späteren Gefäßkryptogamen allgemein ist. Die Wurzeln dieser Pflanze waren fein wie bei den Moosen, zum Teil einfache Wurzelstöcke. Großbild B zeigt mehrere Formen aus dem deutschen Devon. Wir wollen übrigens hervorheben, daß eine ausgiebige Psilophytenflora aus der Tschechoslowakei lange bekannt war, die aber wegen ihrer einfachen Gestalten für eine Algenflora gehalten wurde und Namen bekam, die nach heutigen Tangarten gewählt waren. Die Schichten mit der Flora wurden damals irrtümlich als silurisch angesehen, und das war ein Grund mehr, sie als „Algen“ anzusprechen. In dieser Flora waren auch einige Formen der Gattung der Psilophyten selbst vertreten, die zuerst aus Nordamerika bekanntgeworden waren, ferner aber schon

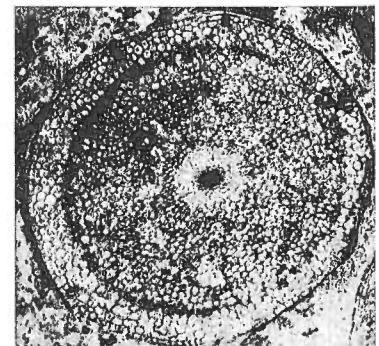


Abb. 11. Querschliff durch den Stengel der Pflanze in Abb. 10.

kompliziertere Formen, wie der *Pseudosporochnus* (Abb. 12), der bereits einige Meter hoch wurde und eine Art flacher „Krone“ trug. Interessant ist zu beobachten, wie sich allmählich die zuerst dornförmigen einfachen Stengelanhängsel zu flächigen Blättern entwickelten oder sich stark verzweigten, alles im Interesse der Vergrößerung der Pflanzenoberfläche zwecks Förderung der Assimilation, das heißt der Ausnutzung der Kohlensäure und des Sauerstoffs in der Luft. Es zeigen sich im oberen Mitteldevon auch bereits Anfänge eines eigentlichen Dickenwachstums in den Stämmen oder Stengeln mit einem kleinen Holzkörper. Obwohl es sich meist um kleinere Gewächse handelt, bereiten sie gewissermaßen die größere Vollkommenheit der späteren Pflanzenformen vor.

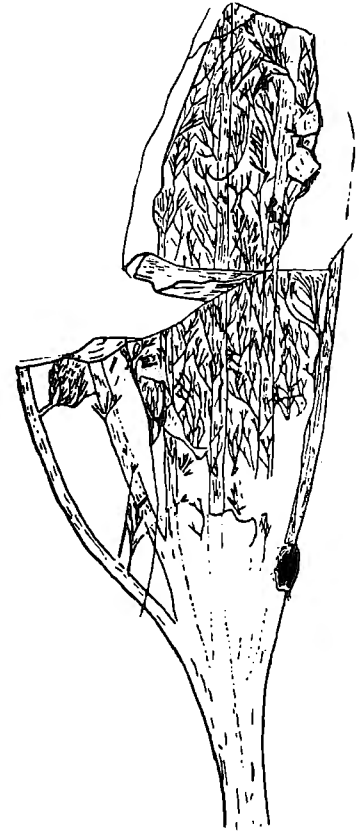
Wir können auf die vielen Einzelheiten, die in der Psilophytenzeit vom Unteren bis zum Mittleren Devon in Erscheinung treten, nicht eingehen, haben aber das Wesentliche dieser Urlandpflanzenwelt hervorgehoben und verweisen auf die Erläuterungen zu Bild A und B. Trotz ihrer Einfachheit stellt sie die erste Etappe der Gefäßkryptogamen dar und zeigt etwa die Eigenschaften, die man theoretisch von einer aus größeren Wasseralgengewächsen hervorgegangenen, das Land erobernden Pflanzenwelt verlangen kann.

II. DIE HAUPTZEIT DER GEFÄSSKRYPTOGENEN

(vom Oberdevon durch die Steinkohlenformation bis einschließlich zum Unteren Perm oder Rotliegenden)

Noch in der Devonzeit selbst, im Oberdevon, macht die Entwicklung der Pflanzenformen so große Fortschritte, daß sie sich viel mehr an die Pflanzenwelt der folgenden Steinkohlenperiode anschließt als an die vorhergehende Psilophytenwelt. Im Oberdevon treten fast sprungartig die ersten echten Farne in Gestalt großer Farnwedel auf, die ersten echten

Abb. 12. *Pseudosporochnus*, Form einer Psilophytenpflanze mit Stamm und stärker gegliederter „Krone“. (Etwa $\frac{1}{4}$ nat. Gr.)



gliedrigen Schachtelhalmgewächse und dickere Bäume mit einem mächtigen Holzkörper vom Aufbau der Nadelbäume. Das ist wiederum ein bedeutender Schritt vorwärts. Möglicherweise waren schon samentragende Pflanzen neben den sporenerzeugenden Gefäßkryptogamen vorhanden. Aber der wirkliche Nachweis von Samen selbst fehlt noch im Oberdevon; diese treten dann im anschließenden Unterkarbon bald häufig auf. Die Samen sind von der Pflanze sich loslösende härtere Organe, die sich deswegen, zum Beispiel in der folgenden Steinkohlenformation, zahlreich erhalten haben.

Bleiben wir zunächst noch bei den schachtelhalmartigen Pflanzen. Unter diesen fällt die nur selten gefundene *Pseudobornia* (Abb. 13) auf, mit deutlich gegliedertem Stengel und zu einem

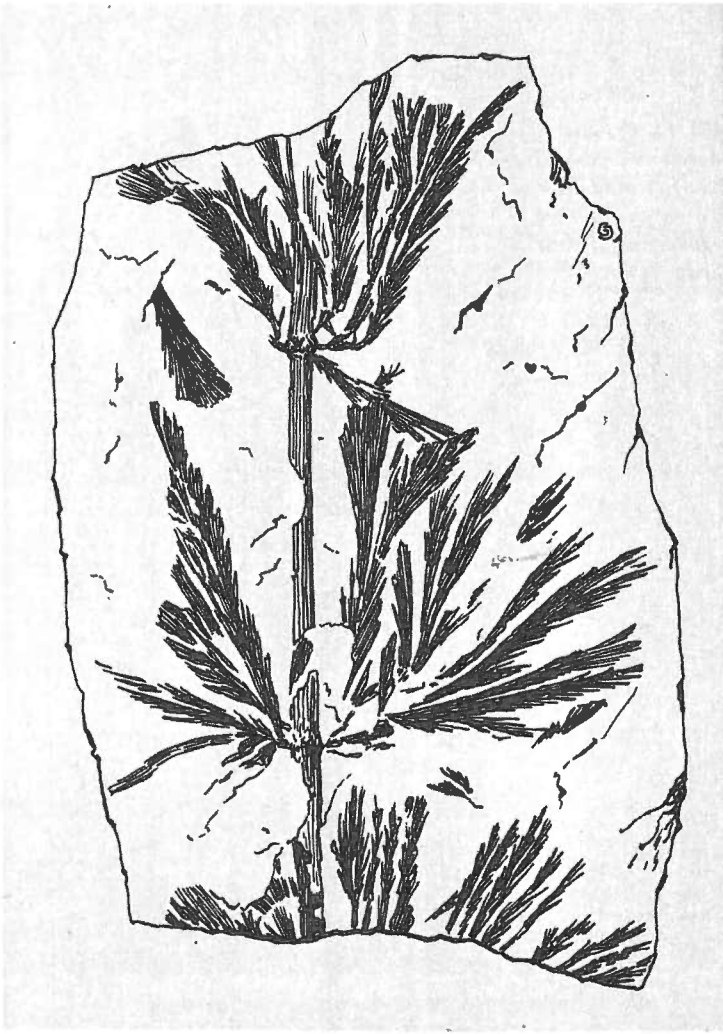


Abb. 13. *Pseudobornia* mit schachtelhalmartig gegliedertem Stengel und quirlig stehenden zerschlitzten Blättern, eine der ältesten Formen der schachtelhalmartigen Pflanzen aus dem Oberdevon.

Zapfen, wie bei den heutigen Schachtelhalmen, vereinigten Sporenträger. Es waren auch noch andere kleinere schachtelhalmartige Pflanzen vorhanden. Außerdem aber machen sich die ersten echten Bärlappgewächse bemerkbar, die schon die Größe kleiner Bäume erreichten und eindrige längere schmale Blättchen trugen wie alle Bärlappgewächse oder Lycopodien. Nach ihnen und dem genannten Archäopterisfarn (Abb. 14) hat man die oberdevonische Flora als Archäopteris-Cyclostigmaflora bezeichnet. Dicke Bäume mit einem Aufbau ähnlich den

späteren Cordaitenstämmen stellen sich ein, bei denen man aber nicht weiß, wie die Beblätterung ausgesehen hat. Auch echte krautige kleine Bärlappe (Lycopodien) treten lokal bereits hervor, mit Zäpfchen, ähnlich vielen heutigen Bärlapparten.

Die so vorbereitete eigentliche Steinkohlenflora kommt nun in gewaltiger Formenfülle in der Steinkohlenperiode selbst zur Entwicklung. Sie ist uns in großer Menge erhalten geblieben, meist in den Schichten dicht über den Steinkohlenflözen dieser Zeit, deren Kohlenschätze von ihnen aufgehäuft wurden.

Wir entwerfen nun ein gedrängtes Bild dieser für uns wirtschaftlich so wichtig gewordenen Pflanzenwelt.

Was zunächst ihre äußere Gestalt und ihre Wachstumsformen betrifft, so sind es büschlige Bodenfarne wie die heimischen oder aber baumförmige und kletternde Formen mit reichgegliedertem Laub. Die Familien, denen sie angehören, haben häufig noch andersartige Nachkommen in den wärmeren Gegenden der Erde. Durchaus modern muten die Farnbäume an, deren Gestalt mit den Formen der heutigen weitgehend übereinstimmt, mit schirmförmiger Krone zarten Laubes. Einige von ihnen waren zweizeilig beblättert, etwa wie der Baum der Reisenden aus der Bananenfamilie im heutigen Madagaskar, alle mit großen Narben am Stamm, von den abgefallenen großen Farnwedeln herrührend, gerade wie bei den heutigen. Auch hatten viele Farnbäume des Karbons einen Luftwurzelmantel wie die heutigen, dessen einzelne Wurzeln aber durch ein Bindegewebe verbunden waren, was den heutigen fehlt. Sie gehörten der heute noch lebenden eigenartigen Familie der Marattien, aber auch noch anderen lebenden Farnfamilien an. Man hat für diese fremdartigen Farngruppen keine deutschen Namen, da sie nur in den Tropen und Subtropen vorkommen. (Vergleiche hierzu die Farbtafel I.)

Von ganz anderer Verwandtschaft waren zahlreiche kletternde Farne mit ebenfalls zweizeiliger

Beblätterung, die mit den heutigen nichts zu tun haben und mit dem Ende der Gefäßkryptogamenperiode, im Rotliegenden, ausstarben. Durchaus farnartig sehen aber äußerlich die Angehörigen einer anderen Gewächsgruppe aus, die in Wirklichkeit zu den Samenpflanzen gehören, wenn auch einfacherer Art. Es sind die sogenannten „Farnsamer“ oder Pteridospermen, die einer höheren Gewächsgruppe angehören, den Nacktsamern oder Gymnospermen. Ihre Natur ist erst in diesem Jahrhundert erkannt worden, obwohl man ihre Besonderheit gegenüber den echten Farnen bereits früher vermutet hatte. Zu ihnen gehören ganze Gruppen von „Farnlaub“, die als Neuropteris, Alethopteris, Sphenopteris bekannt sind und zu den häufigsten Erscheinungen der Steinkohlenflora gehören. Bei einer dieser Gruppen, den sogenannten Lyginopterisarten mit ausgesprochen feinem farnartigem Laub, gelang es zum ersten Male, die Zugehörigkeit zu Samengewächsen nachzuweisen. Es hat eine ganze Weile gedauert, bis man die einzelnen Teile der Fundstücke dieser Gruppe als zusammengehörig erkannt hatte. Die Formen der männlichen, pollentragenden Organe sind sehr verschieden und können trotz der vielen Merkwürdigkeiten, die sie bieten, hier nicht näher betrachtet werden. Bei der einen Gruppe kennt man die männlichen Organe genau, bei anderen wieder oft nur die weiblichen Samen. Schon im Unterkarbon waren die Farnsamer reich entwickelt, ganz im Gegensatz zur oberdevonischen Flora. Zunächst haben wir uns weiter mit den Sporenpflanzen, genauer mit den Gefäßkryptogamen, zu beschäftigen, die wir vorhin schon genannt haben. Die schachtelhalmartigen Pflanzen mit den gegliederten Stämmen oder Stengeln waren fast nur durch große baumförmige Gestalten, die Calamiten, vertreten, allbekannt als Massenvegetation von „Rohrgewächsen“, also Wasserpflanzen. Wenn auch die Steinkohlenwälder einen nassen Boden hatten, so war doch die Oberfläche

dieser Waldmoore keineswegs ganz von Wasser bedeckt. Es war lediglich ein hoher Grundwasserstand vorhanden. Die freien Wasserstellen besiedelten vornehmlich die Calamiten (Farbtafel I). Sie unterscheiden sich von den heutigen außer durch ihre Größe auch durch die Beblätterung. Während bei den heutigen Formen die Blätter zu einer zusammenhängenden Scheide verwachsen sind, waren die Einzelblätter der Calamiten frei, entweder flach und sternförmig ausgebreitet (Annularia — Abb. 15) oder mehr aufrecht stehend. Die heutigen endständigen „Zapfen“ oder Blüten der Schachtelhalme bestehen nur aus den wie die Blätter quirlig angeordneten Sporenkapseln. Bei den Calamiten wechselten



Abb. 14. Archäopteris.
(„Altfarn“) aus dem Oberdevon, älteste Form echter Farnwedel.

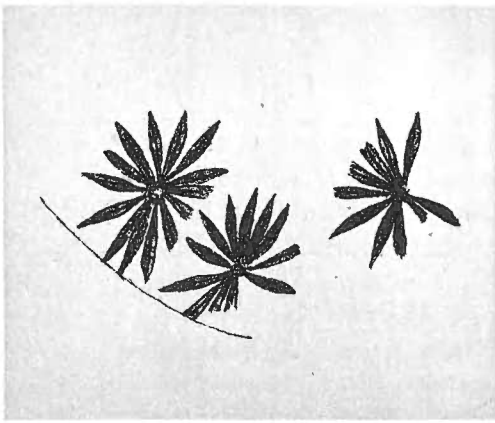


Abb. 15. Sternförmiger Blattquirl (*Annularia*) eines *Calamiten* aus der Steinkohlenzeit. (Nat. Gr.)

grüne Blattquirle mit solchen von Sporenkapseln (Abb. 17), die im einzelnen verschieden aufgebaut waren und zum Teil männliche (Mikrosporen) und weibliche Sporenkapseln (mit Makrosporen) enthielten, was bei den heutigen Schachtelhalmen nie der Fall ist. Rein äußerlich sahen manche *Calamiten* großen, verzweigten heutigen Schachtelhalmen ähnlich; manche aber waren unverzweigt wie auch heute noch einige. Diese waren also weiter nichts als hohe Pfähle mit großem Hohlraum im Zentrum. Wie die meisten heutigen Schachtelhalme hatten die *Calamiten* als Wasserpflanzen im Inneren größere Luftkanäle, was wir in irgendeiner Form bei allen möglichen im Wasser und Schlamm vorkommenden Pflanzen finden, sogar schon bei manchen Pflanzen der Psilophytenzeit des Devons.

Eine zweite Gruppe der Gefäßkryptogamen mit gliedrigem Stengel Aufbau waren die *Sphenophyllen* oder Keilblättler, deren Name sich bei der Betrachtung der Abb. 16 ohne weiteres als

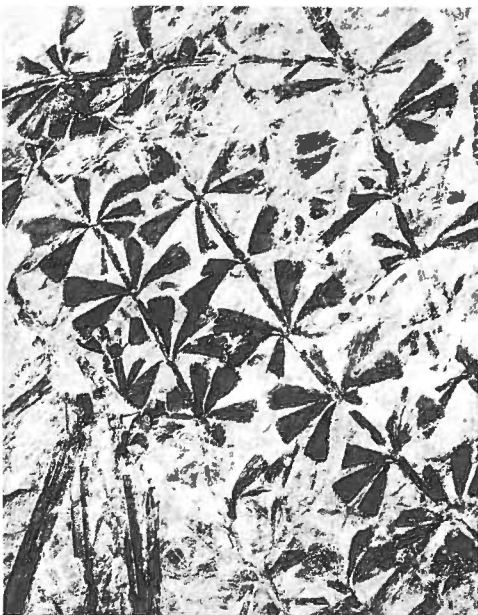
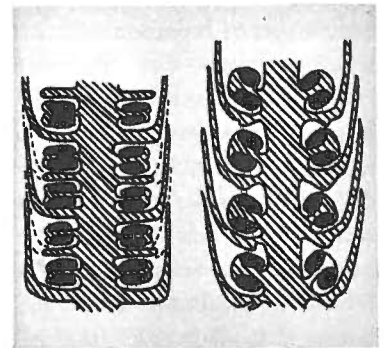


Abb. 16. Keilblattpflanzen (*Sphenophyllum*) aus der Steinkohlenzeit, eine Kletterpflanze.

berechtigt erweist. Es waren Gewächse von bedeutend geringerer Größe als die Schachtelhalme; sie hatten mehradrige Blätter. Sie sahen Schwimmpflanzen sehr ähnlich und wurden früher zumeist auch so dargestellt. Wahrscheinlich waren es aber sich stützende oder kletternde Pflanzen, da sie einen massiven Stengel ohne Luftkanäle und auffällig starre, feste Blätter aufwiesen (Farbtafel I).

Wir kommen jetzt auf die Bärlappgewächse der Steinkohlenperiode zu sprechen. Ihre Entwicklung ist ähnlich der der Schachtelhalme. Sie waren bis auf geringe Ausnahmen große baumförmige Gewächse, die durch die Masse ihrer

Abb. 17. Schematischer Längsschnitt durch Blüten eines *Calamiten*, abwechselnd übereinander Quirle mit Sporenkapseln und grüne Blattquirle.



Stämme den Hauptanteil der Steinkohlensubstanz der Kohlenflöze geliefert haben, während die heutigen Bärlappe alle kleine Kräuter sind. Bei den Bärlappbäumen sind besonders zwei Formen bekannt, die auch (Abb. 19) in der Steinkohlenvegetation tonangebend hervortreten: die eigentlichen Schuppenbäume oder *Lepidodendren* mit reichverzweigter Krone und die wenig oder gar nicht verzweigten *Sigillarien* oder Siegelbäume mit einem großen Blattschopf als Krone. Neben diesen gibt es noch eine Anzahl anderer verwandter Formen, auf die wir hier verzichten müssen. Was zunächst das Äußere der Schuppenbäume anbetrifft, so hatten diese an den Stämmen eine sehr charakteristische Rindenzeichnung in Gestalt von länglichen, spindelförmigen Blattnarben oder Polstern, an denen ehemals die Blätter saßen, abfielen und dabei auf

der Rinde entsprechend verteilte Blattnarben hinterließen. An den jüngeren Zweigen saßen die Blätter der Schuppenbäume noch längere oder kürzere Zeit fest (Abb. 18). Die sporenerzeugenden Zapfen dieser Bäume waren zum Teil ziemlich groß und lang und saßen meistens an den Enden der Zweige. Bei ihrer Größe müssen sie eine Unmenge von Sporen erzeugt haben, einen wahren Sporenregen. Das prägt sich auch in der Kohle selbst aus, wo oft ganze Lagen mit den Häuten dieser Sporen angefüllt sind (Abb. 4, unten). In Übereinstimmung mit den heutigen kleinen Bärlappgewächsen hatten sie längliche einadrige Blätter. Die Zapfen der heutigen Pflanzen dieser Art haben wie die Schachtelhalme und echten Farne nur einfache Sporen, die ohne weitere Befruchtung auskeimen und dann eine meist sehr unscheinbare geschlechtliche Generation hervorbringen, aus der wieder die gewöhnliche Pflanze hervorwächst. Die Schuppenbäume hatten aber, wie auch die Calamiten, männliche und weibliche Sporen meist in demselben Zapfen, wobei die kleinen männlichen Sporen im oberen Teil und die Großsporen im unteren Teil saßen.

Die Sigillarien oder Siegelbäume mit ebenfalls charakteristischer Rindenzeichnung bieten ein etwas anderes Bild durch ihre geringe oder fehlende Verzweigung des Stammes, wie Abb. 19 zeigt. In dem Blattschopf der Krone oder vielleicht auch unter ihm saßen die langen Zapfen, die meistens leicht zerfielen. Die Großsporen der Schuppenbäume und Siegelbäume sind in der Kohle leicht zu erkennen und wurden oft durch chemische Behandlung (Mazeration) daraus gewonnen (Abb. 3). Die recht dicken

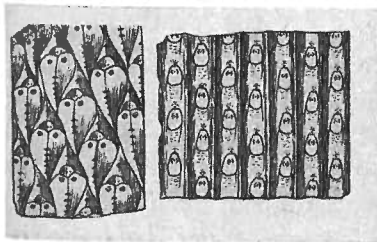


Abb. 18. Rindenoberfläche eines Schuppenbaumes (*Lepidodendron*) und eines Siegelbaumes (*Sigillaria*), rechts.



Abb. 19. Bestand von *Lepidodendren* und *Sigillarien*. (Nach einem Bild im Stockholmer Museum.)

Stämme hatten aber keinen großen Holzkörper, sondern das eigentliche Feste bei ihnen war eine dicke Außenrinde, auf der die Skulpturen der Stammoberfläche saßen. Das Innere der Stämme bestand in der Hauptsache aus schwammigem Gewebe, das leicht verfaulte und Hohlräume bildete, die sich sehr schnell mit Gestein – ursprünglich Schlamm – füllten und äußerlich verschiedene charakteristische „Steinkerne“ hinterließen.

Trotz ihrer keineswegs bedeutenden Massivität haben die Stämme doch die Hauptmasse der Kohlenflöze geliefert. Eigentümlich ist nun, daß beide äußerlich recht verschieden aussehende



I



II



III

Dreibild zur Erläuterung des Werdeganges eines Steinkohlenflözes aus dem Karbon.

- I Von Bäumen und kleineren Pflanzen des Steinkohlenmoorwaldes wird der darunter sichtbare Torf aufgehäuft. In diesem sind zunächst noch die größeren Pflanzenteile sichtbar; die Torfschicht ist zum Teil abgedeckt gedacht. Unter dem Flöz befindet sich von Wurzeln verschiedener Art durchzogener Boden („Liegendes“) mit Wurzelstöcken der großen Schuppenbäume (Lepidodendren und Sigillarien, oben links) und eine Lage mit Schachtelbaumwurzeln (Calamiten, die oben als Bestand im Wasser stehen).*
- II Der Torf des zukünftigen Flözes ist von anderen Massen bedeckt worden und bereits stark zusammengeschrunpft; einzelne Pflanzen sind nur noch schlecht sichtbar. Die Vegetation oben gehört einer jüngeren*

Periode des Karbons an, links Sigillarien und Farnbäume, rechts besonders große Cordaitenbäume. Die Wurzelböden unter dem Flöz bleiben im Gestein sichtbar (bis heute).

- III Die Schichten mit dem Kohlenflöz sind von anderen jüngeren Schichten bedeckt worden und „verworfen“, indem der linke Teil auf den rechten etwas aufgeschoben ist. Die Verwerfungsspalte ist sichtbar. Die Vegetation oben gehört der etwa 200 Millionen Jahre alten Jurazeit an und zeigt ganz andere Gewächse als die vorigen Bilder, namentlich Nacktsamer (Gymnospermen), daneben auch Farne und Schachtelhalme (im Hintergrund). Die palmenartigen Pflanzen sind Cycadeengewächse. Das Flöz selber ist zu dieser Zeit schon etwa 200 Millionen Jahre alt, und die Kohle ist bereits echte Steinkohle geworden.*

Familien zusammenfassend als Lepidophyten (Schuppengewächse) bezeichnet, gleichartige Wurzelstöcke besaßen, nämlich die bekannten Stigmarien („Narbenbäume“), deren Äußeres sich aus der Abb. 21, links, ergibt. An den runden Narben saßen lange Anhängsel, die als Wurzeln funktionierten und hohle Schläuche mit einem kleinen Leitstrang waren. In Abb. 21, rechts, werden Durchschnitte durch sie gezeigt. Die Gesteine unterhalb der Flöze enthalten regelmäßig viele Stigmarien und werden von den Wurzelanhängseln in verschiedenen Richtungen

durchzogen, so daß es unregelmäßig klüftig bricht, im Gegenteil zum „Hangenden“, dem Gestein über der Kohle, das oft schöne Platten liefert und die schönen Pflanzenabdrücke, aber auch versteinerte Muscheln und andere Fossilien enthält (Dreibild).

Unterhalb der Flöze ist also der Wurzelboden der damals beginnenden Vegetation vorhanden. Diese hat das Flöz gebildet. In ihm selbst sind Stämme fast unsichtbar, da sie infolge ihres inneren Baues flach zusammensinken und deshalb keine standfesten Stämme in der Kohle liefern

können, wie es die Nadelbäume in der jüngeren Braunkohle getan haben (vergleiche hierzu Abb. 36).

Wir lassen weitere Formen der Lepidophyten hier beiseite und gehen zu den Nacktsamern (Gymnospermen) der Steinkohlenvegetation über. Von diesen hatten wir schon die äußerlich farnartigen Farnsamer oder Pteridospermen behandelt. Andere wichtige und bekannte Nacktsamer dieser Periode waren die Cordaitenbäume (Abb. 20). Für unsere heutigen Begriffe von nacktsamigen Gewächsen, wie Nadelbäumen, Cycadeen und anderen, bieten sie bis auf die abweichende Art der Blätter nichts Fremdartiges. Sie haben eine reichverzweigte Krone (vergleiche Farbtafel), glatte Stammoberfläche, im Stamm einen ziemlich großen Markkörper und ein massives Holz, das ungefähr wie ein Nadelbaumholz aufgebaut ist. Das Mark hat eine querschnittliche Struktur und ähnelt dem von Walnußbäumen. Die Blätter in der Krone sind lang und bandförmig mit Längsadern, so daß sie früher als grasartige Pflanzen oder Palmen angesehen wurden; es sind aber typische Nacktsamer. Zwischen den Blättern sitzen die männlichen und weiblichen Blütenstände, von denen ein Teilechte Samen enthielt, die anderen eigentümlich lange Pollensäcke. Man kennt diese Blüten sehr genau, besonders in verkieseltem Zustand. Die Blätter,

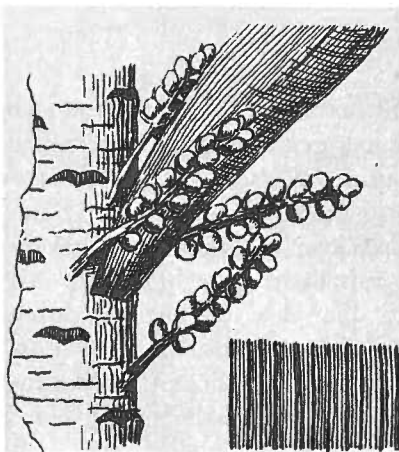


Abb. 20. Blätter und Blüten der Cordaitenbäume; in den „Knospen“ sitzen männliche oder weibliche Blütenorgane.

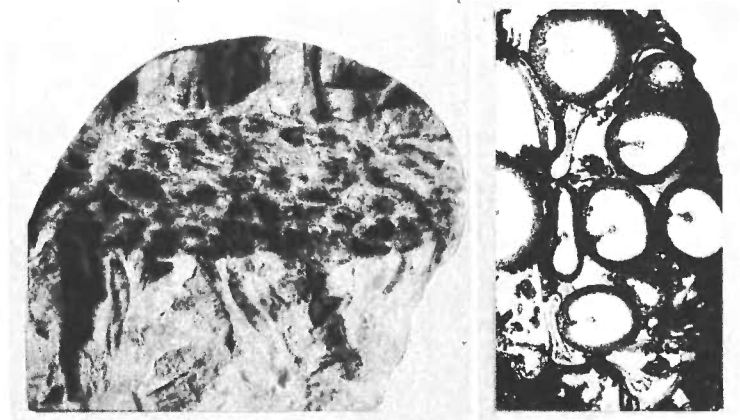


Abb. 21. Wurzelstock von *Lepidodendron* und *Sigillaria* aus dem Gestein unterhalb eines Kohlenflözes. (Nat. Gr.) Daneben Querschnitt der Wurzeln, die in der anderen Figur wie kohlige Bänder erscheinen. (Etwa 10mal vergr.)

die man am häufigsten findet, werden kurz Cordaites genannt. Blütenstände sind auch in kohligter Form nicht selten und durch die zweizeilige Stellung der Blüten sehr charakteristisch. Die Blätter liegen oft in großen Mengen zusammen. Ihre innere Struktur ist uns ebenfalls bekannt. Gegen Ende der Steinkohlenformation, ungefähr an der Grenze des Unteren Perms (Rotliegendes, siehe Tabelle Seite 154), machen sich neben vielen Arten verschiedener Gefäßkryptogamenfamilien, die fast unverändert fortleben, eine Anzahl neuer Formen aus der Gruppe der Gymnospermen bemerkbar. Dazu gehören vor allem die ersten Angehörigen der Nadelbäume oder Koniferen, deren Zweige mit dem Sammelnamen *Walchia* bezeichnet werden und zum Teil den Zweigen unserer sogenannten Zimmertanne, der Norfolk-Araukarie, ähnlich sehen. Man glaubte früher, sie seien mit ihr verwandt. Das ist jedoch nicht der Fall, sie stellen vielmehr eine besondere Gruppe von Nadelbäumen dar, in die gerade in neuester Zeit die Untersuchungen von Florin Licht gebracht haben. Ihre eigentliche Blütezeit liegt im Rotliegenden, wo sie oft eine Massenvegetation gebildet haben (Abb. 22).

Mit dieser Periode klingt bei uns die Steinkohlenbildung aus, an der sich hier Farnbäume, Calamiten, Sphenophyllen und andere Pflanzen beteiligten, aber nicht die Walchien und einige andere Formen. Es sind ganz deutlich zwei

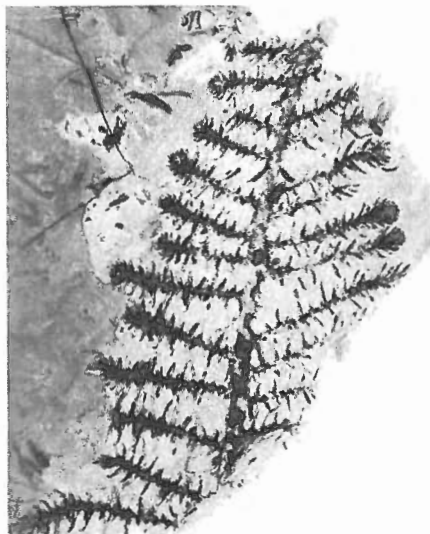


Abb. 22. Zweig einer *Walchia*, der ältesten Nadelbäume aus dem Rotliegenden.

verschiedene Pflanzengesellschaften ausgebildet, was sich in ähnlicher Weise auch sonst bemerkbar macht. Zur Rotliegendenzeit macht sich gewissermaßen ein Vorgeschmack der nächsten großen Pflanzenperiode, des Mittelalters der Pflanzenwelt, bemerkbar, das vom Oberen Perm (Zechstein) bis zur Unteren Kreide reicht und durch das Vorherrschen der Gymnospermen charakterisiert ist. Es zeigen sich nämlich die ersten, wenn auch noch seltenen Spuren von zwei anderen Gymnospermengruppen: den Cycadeen und Ginkgobäumen. Von den Cycadeen oder „Palmenfarnen“ gibt es noch heute zahlreiche Ver-

treter, von den Ginkgopflanzen nur eine zufällig herübergerettete Art, den Ginkgobaum selbst. Die Blütezeit dieser Gymnospermenfamilien liegt in der Mittelzeit der Pflanzenwelt (Mesophytikum).

Während der ostasiatische Ginkgobaum oft bei uns angepflanzt wird und jedem Naturwissenschaftler bekannt ist, sind die Cycadeen bei uns nur in Gewächshäusern zu finden. Es sind Bäumchen oder mit knolligem Stamm versehene ausdauernde Gewächse von meist palmenartiger Gestalt (Abb. 24). Sie haben jedoch mit Palmen nichts zu tun. Ihre ersten Blätter treten schon als Seltenheiten im Rotliegenden auf, wie die ersten Blätter ginkgoartiger Bäume. Im übrigen trägt die Pflanzenwelt des Rotliegenden noch durchaus Charaktere der Steinkohlenvegetation: Farnbäume, Calamiten, Sphenophyllen, Pteridospermen sind zahlreich vertreten, Schuppenbäume sind zwar verschwunden, aber es sind noch bestimmte Sigillarien übriggeblieben. Die Pteridophytenzeit, die Zeit der Gefäßkryptogamen, endet mitten in der Permformation, die demnach für die Entwicklung der Pflanzenwelt in zwei Teile gegliedert werden muß. Wir sehen hier ein „Vorausgehen“ der Entwicklung der Pflanzenwelt gegenüber der Tierwelt deutlich ausgeprägt.

C. DAS MITTELALTER DER PFLANZENWELT

(MESOPHYTIKUM, VOM OBEREN PERM BIS ZUR UNTERSTEN KREIDEFORMATION)

Am Schluß der Pteridophytenzeit macht sich bei uns eine mehr und mehr zunehmende Trockenheit des Klimas bemerkbar. Daher findet die kohlenbildende, ein feuchtes Klima erfordernde Pflanzenwelt von der Art der Steinkohlenperiode immer weniger zusagende und nur beschränkte Standorte in einigen Niederungen. Bereits gegen Ende des Rotliegenden hört bei uns die Kohlenbildung vollständig auf. Mit dem Zechstein beginnt das Klima ausgesprochen trocken zu werden.

Bei uns im nördlichen Deutschland befand sich ein seichtes, salzhaltiges Meer, das schließlich nach Verdunstung des Wassers die großen Salzlager hinterlassen hat, die als Steinsalz und eingeschaltete Kalisalzlager die extreme Trockenheit des Klimas aufs deutlichste bezeugen. Als erste Ablagerung über dem im übrigen durch starke Eruptivtätigkeit (Ausbrüche von Porphyren, Melaphyren) ausgezeichneten Rotliegenden zeigt sich bei uns der allbekannte Mansfelder Kupferschiefer. In diesem liegen die ersten

Zeugen der Pflanzenwelt dieser Zeit eingebettet. Ein ganz anderes Bild als vorher enthüllt sich unseren Blicken. Es sind in erster Linie Nadelbäume, als *Ullmannia* seit langem bekannt, die vorherrschen. Daneben treten farnartige Gewächse auf, wahrscheinlich Pteridospermen, in Form von Blättern von verschiedener Gestalt, und einige wenige Calamitenspurten. Sonst aber sind es noch Blätter von ginkgoartigen Bäumen, die hier zum ersten Male in größerer Häufigkeit erscheinen, und auch noch einige andere Koniferen. Diese im Kupferschiefer eingeschwemmte Pflanzenwelt bestand aus Küsten- oder Uferpflanzen. Manchmal sind sie plastisch erhalten, in vererzter Form, und die alten Bergleute verglichen sie mit Getreideähren („Frankenberger Kornähren“). Einige Meeresalgen merkwürdiger Art zeugen von der Meerespflanzenwelt in kalkig-dolomitischen Gesteinen.

Die Zeugen der Pflanzenwelt dieser Zeit sind bei uns aber doch dürftig. Noch dürftiger sind diejenigen des darauffolgenden Buntsandsteins, des untersten Gliedes der Triasformation, der von vielen Geologen als Wüstenbildung betrachtet wird. Nur an wenigen Stellen, meist erst gegen Abschluß dieser Periode, werden einige Pflanzenfunde gemacht. Die merkwürdigste Form dieser Pflanzenfunde ist die vielzitierte

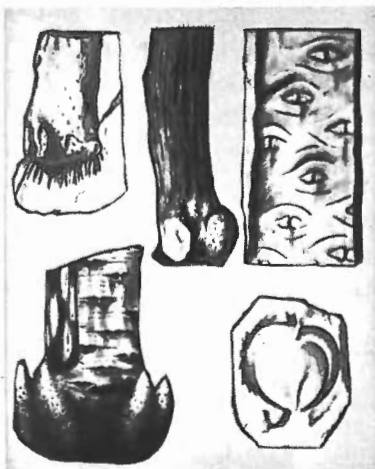


Abb. 23. Stangenförmiges, unverzweigtes Gewächs mit kurzen Blättern und Blattnarben auf dem Stamm, mit sporentragenden Zapfen am Gipfel, zu den bärblattartigen Gewächsen gehörig (*Pleuromeia*). Aus der Buntsandsteinzeit. (Etwa $\frac{1}{5}$ nat. Gr.)



Abb. 24. Bild von Cycasbäumen aus Japan, naktsamige Gewächse, die äußerlich etwas an Palmen erinnern.

Pleuromeia, ein mit den Bärlappen verwandtes Gewächs von einiger Höhe, das sich wie ein kleiner Pfahl mit starren Blättern und einem Zapfen als Krone zeigt (Abb. 23). Daneben enthält die jüngere Buntsandsteinflora einige Farne, einige cycadeenartige Blätter und besonders mehrere Koniferen mit länglichen nadelförmigen Blättern, von denen die Gattung *Voltzia* dem Oberen Buntsandstein den Namen Voltzien-sandstein eingetragen hat.

Reichere Pflanzenfunde beginnen sich nun in der nächsten Stufe der Triaszeit, im Keuper, zu zeigen, in dessen Flora sich bereits der eigentliche Charakter der mittelalterlichen (mesozoischen) Pflanzenwelt stark ausprägt. Zunächst erscheinen etwas schüchtern die ersten Vorfahren der Juraflora, die dann den eigentlichen Höhepunkt der mesophytischen Flora bezeichnet und uns an verschiedenen Punkten der Erde in

reicher Fülle erhalten geblieben ist. Sie tritt wie die Steinkohlenflora meist als Begleiterin einer mehr oder weniger bedeutenden Kohlenformation im Jura auf, die zwar in Europa nur lokal (Rumänien, Ungarn) eine Rolle spielt, um so mehr aber in anderen Ländern der Erde, wie in Sibirien und Ostasien. Die vorhergehende Keuperzeit führt nur an einigen Orten Kohle und dann eine reichere Begleitflora. Wir können hier ein Bild dieser Pflanzenwelt im Zusammenhang mit der Keuperzeit entwerfen und müssen aus der Fülle das Wesentlichste herausgreifen. Da wir uns nunmehr im Zeitalter der Nacktsamer oder Gymnospermen befinden, müssen wir diese einer näheren Betrachtung unterziehen. Da ist zunächst die uns geläufigste Gruppe dieser Gewächse, die der Koniferen oder Nadelbäume. Sie sind in vielen Formen vertreten, aber oft ist ihre Familienzugehörigkeit schwer zu bestimmen, da man dazu der genaueren Kenntnis der Zapfen, der samentragenden Organe, bedarf, die sich oft in nicht genau zu entziffernder Form finden. Als die einfachste Familie dieser Gruppe gelten die Araukarien (siehe Seite 173). Sie sind heute und waren wahrscheinlich auch früher vorwiegend auf der Südhalbkugel zu finden. Ihre Zweige besitzen kürzere oder längere Nadel-

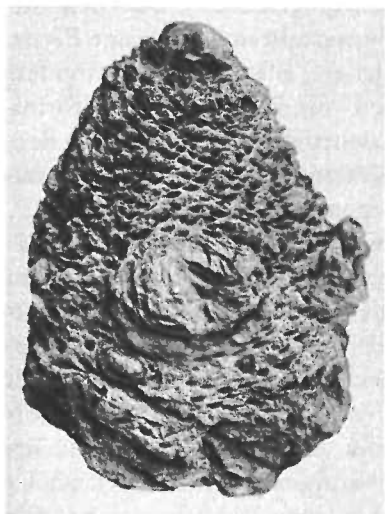
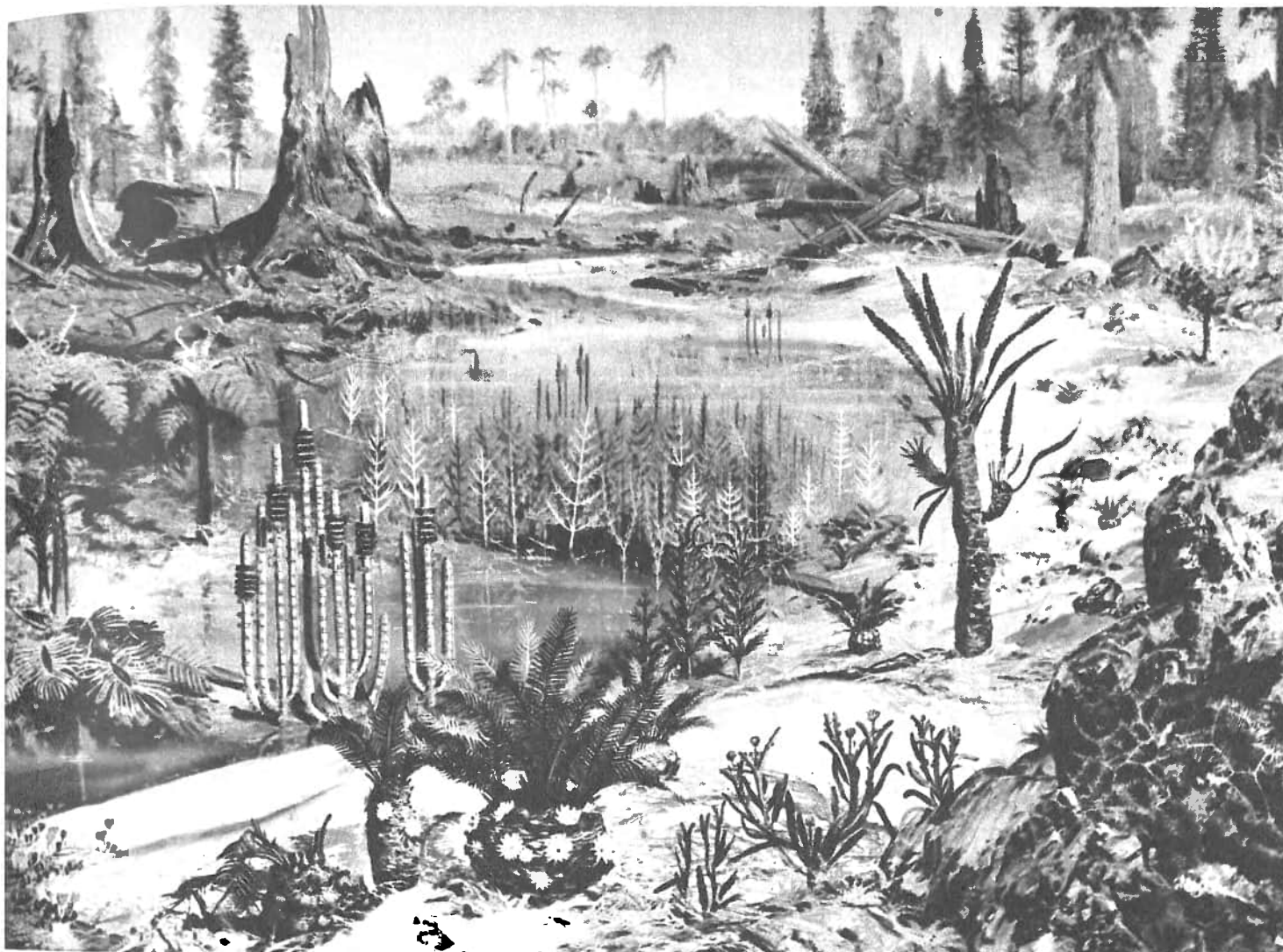


Abb. 25.
Cycadeoidea-
stamm mit Blatt-
füßen auf der
Stammoberfläche
und Blütenorganen
dazwischen, die
blumenartig aus
der Oberfläche
herausragen,
eine der jüngsten
Bennettititen. (Ver-
gleiche Großbild C.)

blätter in „spiraliger“ Verteilung. Dagegen ist der Zapfen durch die Einsamigkeit der Zapfenschuppen ausgezeichnet. Daran hat man ihr Vorhandensein in dieser Periode mit Sicherheit feststellen können, auch wenn die Zapfen, wie meist, zerfallen sind. Auch die Art des Holzes ist charakteristisch; jedoch ist hier der Umstand erschwerend, daß in den alten Zeiten der Erde fast alle Koniferen und auch andere Gymnospermen die Struktur von Araukarienholz zeigten.

Die Tannenfamilie (Abietineen), die modernste und heute zahlreichste Koniferenfamilie, erscheint im Jura zuerst zögernd, dann gegen Ende des Pflanzenmittelalters zahlreicher. Sie erreicht aber einen Höhepunkt der Entwicklung erst viel später. Die Familie der Sumpfyypressen (Taxodieen), zu denen die Mammutbäume (Sequoien) in den USA und die Sumpfyypressen Floridas (Taxodium) gehören, ist wahrscheinlich schon formenreicher entwickelt gewesen (Voltzia des Buntsandsteins), als man denkt, wird aber erst mit Abschluß dieser Periode in der Unteren Kreide deutlicher. Schwach sind auch noch die Zeugen der Zypressenfamilie, deren Zweige schon äußerlich durch die Gegenständigkeit der Blätter kenntlich sind. Gegen Ende dieser Periode beginnt auch die Eibenfamilie (Taxusgewächse) ihren Lauf, d. h. ungefähr im Anfang der Jurazeit. Ohne genauere Kenntnis ihrer Blüten, die sich in einigen Fällen gefunden haben, sind sie nicht bestimmbar. Neben diesen gab es noch eine Anzahl oft recht markanter Formen, deren genauere Verwandtschaft man vielfach nicht kennt und die vielleicht auch besonderen ausgestorbenen Familien angehört haben.

Sehr zahlreich sind nach den Blattfunden besonders die Angehörigen verschiedener Gruppen der cycadeenartigen Gewächse, deren erstes Erscheinen wir bereits (siehe Seite 174) erwähnt haben. Diese heute meist auf der Südhalbkugel verbreiteten, aber auch bis zum südlichen Japan und bis nach Florida hinaufsteigenden Gymno-



GROSSBILD C. Aus der Mittelzeit der Erde (Mesophytikum), aus verschiedenen Abschnitten zusammengestellt. Links im Vordergrund die kleine Pflanze auf der Düne ein kleiner Dipteridinenfarn. Vorn in der Mitte Cycadeoidea mit aus dem Stamm hervorbrechenden „Blumen“. Daneben am Grunde des Felsens Williamsoniella (Bennettitee). Im Mittelgrund: Links Farnbaum, an dessen Fuß Farnkraut aus der Gruppe der Dipteridinen (*Dictyophyllum*). In der Mitte plumpe und rechts feiner verzweigte Schachtelhalme. Die große Pflanze weiter rechts eine Williamsonie (Bennettitee). Im Hintergrund Koniferen verschiedener Art und ein Ginkgobaum (mehr rechts am Rande).

spermen sind dem Nichtbotaniker weniger geläufig. Abb. 24 zeigt einige jetzt vorkommende Formen davon. Sie haben eine gewisse Ähnlich-

keit mit Palmen, aber der mit Blattfüßen bewehrte Stamm und die nacktsamigen Zapfen oder Fruchtblätter lassen sie nebst dem inneren Aufbau der Stämme sofort als Nacktsamer erkennen. Die Zweige einiger Arten werden als „Palmenwedel“ bei Trauerkränzen benutzt. Die heute noch lebende Gruppe dieser Gewächse, die eigentlichen Cycadeen, sind schon seit der Keuperzeit nachweisbar. Später erscheinen hin und wieder einige unverkennbare Fruchtblätter von ihnen, ähnlich wie bei der lebenden Gattung *Cycas* selbst. Die als Cycadeenblätter schlechthin angesprochenen zahllosen Blattfunde mit einfachen oder zahlreichen Längsadern gehören

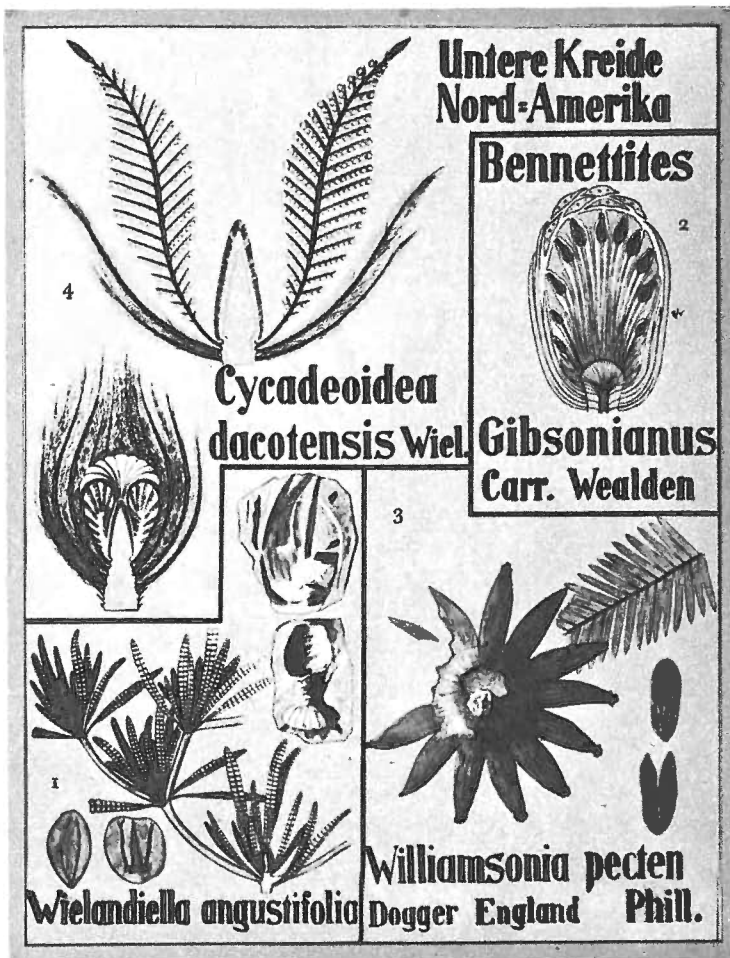


Abb. 26. Bennettiteenformen, mit den Cycadeen verwandt.

1. *Wielandiella*, eine ältere Form aus der jüngsten Trias (Rhät). Rechts oben Frucht mit Hüllblättern, darunter männliche Blüte mit der zu einem „Kragen“ verwachsenen Pollenkammer. Diese Blüten saßen in den Gabelwinkeln der Pflanze, die darunter rekonstruiert ist. Links unten zwei Pollenkörner aus dem obenerwähnten Kragen.
2. *Bennettitea*, weibliche Frucht, längs durchschnitten. Langgestielte Samen mit dazwischensitzenden, keulig verdickten Hochblättern, die am Gipfel verwachsen. Um das Ganze Hüllblätter herum.
3. *Williamsonia*, links eine sternförmige männliche Blüte, oben ein Blatt, darunter zwei Pollenkörner aus den Pollensäcken innerhalb des Blütensternes.
4. *Cycadeoidea*, fast der jüngste Typ der Gruppe. Unten junge, noch eingerollte Blüte. Oben aufgerollte Blüte mit fransigen Hüllblättern, der samentragenden Frucht in der Mitte und farnähnlichen Staubbeutelträgern um diese herum.

aber nur zum Teil zu diesen Cycadeen. In vielen und im Jura wohl in den meisten Fällen stammen sie von der Familie der Bennettiteen, die

zwar der äußeren Erscheinung nach durchaus an Cycadeen erinnern, aber durch die Blütenverhältnisse ganz von ihnen abweichen. Abb. 25 zeigt das Äußere einer Gruppe dieser Bennettiteen. Man sieht zwischen den Blattfüßen auf dem Stamm blumenartige Organe herauschauen, deren innere Beschaffenheit man durch verkieselte Exemplare, aber auch durch kohlig erhaltene genau kennt. Wie die fast blumenartig aussehenden Blüten beschaffen sind, sieht man auf dem Großbild C unten in der Mitte; den genaueren Blütenbau zeigt jedoch Abb. 26. Von Hüllblättern umgeben, haben sie in der Mitte einen weiblichen Fruchteil, der aus zahlreichen kurz- oder länger gestielten Samen mit unfruchtbaren Stielen dazwischen besteht. Der Fruchteil ist von einem Panzer umhüllt, der durch Verwachsung der angeschwollenen Enden der unfruchtbaren Stiele gebildet wird. Die Oberfläche bekommt dadurch eine kleinfeldrige Fläche, deren Panzer Durchtrittsöffnungen zu den Samen oder ehemaligen Samenlagen freiläßt. Der Fruchteil dieser Formen war umgeben von Staubbeutelträgern, die wie kleine Farnwedel aussahen und mit Staubblättern behängt waren. Die Blüte war also zweigeschlechtig; es befanden sich in derselben Blüte männliche und weibliche Organe, wie bei den heutigen Angiospermen mit „Blumen“. Die sonstigen Eigenschaften, der Stamm und die Blätter, sind jedoch ganz cycadeenartig. Diese *Cycadeoidea* genannte Gruppe ist nur eine der Bennettiteen. Bei anderen waren die Blüten nicht eingesenkt, sondern gestielt oder saßen andersartig an der Pflanze verteilt (Abb. 26 und Großbild C). Bei den *Williamsonien* waren die Geschlechter meist auf getrennten Pflanzen, und die Blüten sahen stern- bis glockenförmig aus (Abb. 26, 3.), wobei die Früchte ähnlich den oben besprochenen waren. Die Staubbeutelträger befanden sich einfach oder verzweigt im Innern der Sterne. Auf der Farbtafel und auf Großbild C sind einige Rekonstruktionen – nicht Phantasiegebilde, sondern nach den Funden gestaltete ganze Pflanzen

dargestellt, die einen Ausschnitt der Vielfältigkeit innerhalb dieser Gruppe geben, deren Formen sich durch neue Funde dauernd vermehren. Schon zur Keuperzeit gab es eine Reihe von merkwürdigen Formen davon, und solche ziehen sich durch das ganze Mittelalter der Pflanzenwelt. Zuletzt enden sie mit den bereits als Cycadeoidea bezeichneten Formen, die man wegen der Farnähnlichkeit der Staubbeutelträger vielleicht als erste vermutet haben möchte. Auch die Williamsonien mit ihren sehr einfachen Staubbeuteln erscheinen bereits am Ende des Keupers.

Man hat an diese in der Oberen Kreide verschwindende Gruppe zahlreiche Spekulationen angeknüpft, indem man die „vielfruchtigen“ Blüten mit solchen von gewissen Bedecktsamigen oder Angiospermen verglich, unter denen man dabei an eine Gruppe von „Vielfruchtlern“ dachte, zu denen unsere Hahnenfußgewächse (Ranunkeln) und besonders die Magnolien gehören. Man hat versucht, diese direkt von den Bennettiteen abzuleiten, aber es ergeben sich dabei verschiedene Hindernisse, auf die wir hier nicht näher eingehen können. Insbesondere bleiben die Bennettiteen im ganzen nach den vegetativen Organen (Stamm und Blätter) immer Gymnospermen. Sie hatten allerdings an den Blättern bereits vorgeschrittene Konstruktionen der Atemöffnungen gegenüber den Cycadeen. Trotz aller Schwierigkeit muß man zufrieden sein, daß man in ihnen überhaupt Formen kennenlernte, deren Blütenbau von dem der Blumenpflanzen (Angiospermen) nicht so sehr verschieden ist, wie es sich nach den heutigen Verhältnissen darstellt.

Noch andere mit den Cycadeen mehr oder weniger verwandte Gymnospermenformen treten um diese Zeit auf. Dahin gehören die Nilssonien, die den Blättern nach halb farnartig aussehen. Man hat an ihren Fruchtbildungen neuerdings ihre Verwandtschaft näher kennengelernt. Eine ganze Anzahl von Nacktsamern gab es jedoch um diese Zeit, die äußerlich ganz farnartig aus-

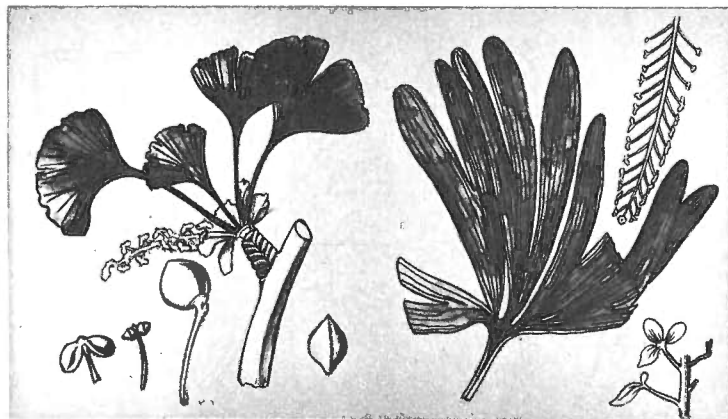


Abb. 27. Blattgruppe des lebenden Ginkgobaums mit Staubbeutelträgern und langgestielter fleischiger Frucht. Rechts ein verwandtes Gewächs mit tief zerteiltem Blatt und Staubbeutelträgern. Aus der Jurazeit.

sehen – wie im Karbon die Pteridospermen –, die aber in Wirklichkeit Gymnospermen waren, wie man bei verschiedenen von ihnen an den Blüten oder Fruchtbildungen (Fruktifikationen) gesehen hat. Sie hatten meist ziemlich ledriges Laub.

Bei dem in Abb. 26, 1 dargestellten Wielandiella-typus verrieten einzelne Blütenorgane nichts von ihrer wahren Natur. Erst durch die modernen Präparationsmethoden wurden sie näher bestimmt.

Als weitere Gymnospermen in dieser Periode entwickelten sich die Ginkgobäume oder -pflanzen zu außerordentlich zahlreichen Formen, meist als Blätter gefunden. Abb. 27 zeigt einige Beispiele davon. Ein größerer Teil dieser Blätter hat eine stärkere Zerteilung als unser heutiger Ginkgobaum. Die Natur dieser Blätter erkannte man durch Funde der männlichen Staubbeutelträger, die den heutigen prinzipiell ähnlich und nicht zu verkennen sind. Mit den Blättern wußte man zuerst nichts Rechtes anzufangen. Die Fruktifikationsorgane spielen bei den Pflanzen die Hauptrolle, und das haben wir von den Koniferen, Cycadeen, Bennettiteen und früher bei den Steinkohlenpflanzen zur Genüge erfahren. Die Jurazeit ist die Blütezeit der Ginkgobäume. Ihre ersten Spuren, wie auch die der cycadeenartigen Gewächse, waren bereits am Ende der Altzeit der Erde fühlbar (siehe Seite 174).

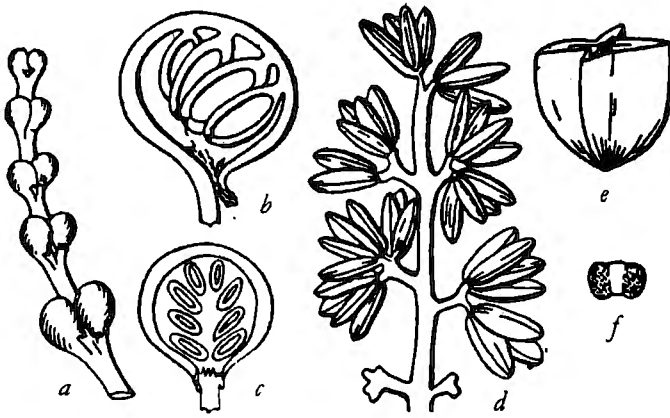


Abb. 28. Blütenorgane von Caytonienpflanzen; Blätter meist farnartig, die Samen in Früchten eingeschlossen (a, b, c), die männlichen Organe Pollenstaubbeutel ähnlich (d-f).

Am Ende der Mittelzeit der Erde sind Ginkgo-
gewächse noch zahlreich. Danach werden sie
immer spärlicher, sind aber im Tertiär, also in
der der Eiszeit vorausgehenden jungen Periode
der Neuzeit, noch weit, wenn auch spärlich, auf
der Erde verbreitet und verschwinden erst all-
mählich in den verschiedenen Gebieten. Man
hat aber verschiedene Funde bis fast zum „Her-
einbrechen“ der letzten Eiszeit noch in Europa
gemacht, so in Nordfrankreich und bei Frank-
furt am Main. Erst die Eiszeit hat diese Formen
bei uns ausgelöscht, die einst hier Heimat-
recht hatten. Ihre Blätter sind farnartig, ihr
Holz ist im Innern ganz nadelbaumartig, ihre
Staubbeutelträger sind sehr primitiv und ihre
Samen mit einem fleischigen Mantel umhüllt wie
bei den Eibenbäumen, zu denen man sie früher
rechnete.

So erscheint unser Ginkgobaum als ein zufällig
herübergeretteter Einsiedler aus der Mittelzeit
der Pflanzenwelt, der noch immer nicht wild
gefunden wurde. Er wurde in Ostasien kulti-
viert, wo sich so viele Sonderlinge der Pflanzen-
welt noch lebend erhalten haben, die zum Teil
durch ihre Anpflanzung bei uns vertrauter ge-
worden sind.

Wir werden bei der Besprechung der Farn-
pflanzen dieser Periode sehen, daß sich noch
weitere Sonderformen des Mesophytikums in
die Jetztzeit herübergerettet haben.

Wir müssen aber noch kurz einer erst in neuerer
Zeit erkannten Pflanzengruppe gedenken, die
sich durch meist farnartiges Laub auszeichnete,
aber bereits vollständig eingeschlossene Samen
trug, wie die Angiospermen. Ihre männlichen
Organe weichen jedoch von solchen ganz ab.
Diese Caytoniengewächse stellen eine recht
isolierte Gruppe des Pflanzenreiches dar, die be-
sonders in der Jurazeit eine ziemliche Formen-
fülle entwickelte und keinerlei Ähnliches in der
jetzigen und fossilen Pflanzenwelt aufzuweisen
hat (Abb. 28).

Außer den Gymnospermen bietet die meso-
zoische Flora noch eine Anzahl sehr interessan-
ter Farngewächse, die schon einen modernen
Anstrich haben, da Nachkommen von ihnen
heute noch in ziemlicher Menge existieren. Man-
che von ihnen sind selbst in kleinen Stücken un-
verkennbar durch ihre laubblattartige Aderung,
die Dipteridinen, deren Blätter oft für Laub-
baumblätter gehalten wurden, sich aber durch
den Besitz von Sporenbehältern als Farne aus-
weisen.

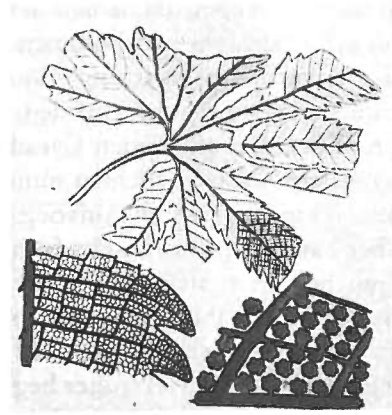
Abb. 29 zeigt etwas von diesen Formen, deren
Nachkommen heute auf den Sundainseln und
im polynesischen Gebiet vegetieren. Es sind ein
„Gitterfarn“ (*Clathropteris*) mit langgestielten,
handförmig geteilten Blättern und die stärker
aufgeteilten *Dictyophyllen* („Netzblatt“). Die
Gattung *Dipteris* ist uns in dem genannten Ge-
biet als „lebendes Fossil“ erhalten geblieben. Bei
diesen Farnpflanzen tritt überhaupt zum ersten
Male in der Erdgeschichte wie bei Laubblättern
eine komplizierte Netzaderung auf, die eine be-
sondere Festigung und ausgiebige Versorgung
des Blattes mit Nährstoffen garantiert.

Wir können hier ein paar Worte über die Ent-
wicklung der Blattaderung einfügen. Zur devo-
nischen Psilophytenzeit finden wir Ansätze zur
Blattbildung überhaupt und auch schon fächrig
geaderte Blätter wie bei unserem Ginkgobaum
und wie beim heutigen Frauenhaarfarn. Diese
Aderung haben auch noch die oberdevonischen
Farne (*Archäopteris*, Abb. 14) und sehr viele

farnlaubige Pteridospermen des Unterkarbons. Zu dieser Zeit schreiten einige Blätter zur Ausbildung einer stärkeren Mittelader als Hauptstrang für die Blattversorgung, der feinere Seitenadern aussendet. Im späteren Karbon treten die Seitenadern miteinander in Verbindung und bilden deutlich eine Netzsaderung wie *Lonchopteris* (Abb. 30). Erst vom Keuper an, in der hier behandelten Mittelzeit der Pflanzenwelt, tritt dann zum ersten Male eine Aderung nach der Art unserer Laubblätter in Erscheinung wie bei der genannten *Clathropteris*. Man erkennt einen deutlichen Fortschritt in dieser Art der Entwicklung der Blattaderung. Diese netzadrigen Dipteridinen verschwinden mit dem Ende der Mittelzeit der Pflanzen nach der Unteren Kreide nicht ganz, sondern es sind als Seltenheiten auch noch zur Braunkohlenzeit Spuren von ihnen gefunden worden, so in Alaska und im Süden der UdSSR. Heute haben diese offenbar immer in einem sehr warmen Klima gewachsenen Farne ihre letzten Asyle in dem genannten Gebiet gefunden. Ein ähnliches Schicksal hat eine andere Farngruppe gehabt, die ebenda noch lokal fortexistiert: die Matonienfarne. Diese und die Dipteridinen sind in der untersten Kreide noch zahlreich. Von den Matonien hat man in der Oberen Kreide noch Spuren in Europa gefunden. Sie waren also früher auf der Erde weit verbreitet und haben das Schicksal von anderen, namentlich ostasiatischen Pflanzenformen geteilt.

Noch eine andere Familie wollen wir hier kurz erwähnen, die Königsfarne oder *Osmundafarne*, von denen der heimische Königsfarn auf humusreichem Boden nicht selten ist und viel gepflanzt wird. Die ersten Spuren davon machen sich bereits im Perm bemerkbar. Verkieselte Stämme dieser Gewächse gehören zu den wunderbarsten Pflanzenfossilien, die wir kennen. In der Mittelzeit der Erde, also vom Keuper bis zur untersten Kreide, waren sie zahlreich. Sie sind nach der Gestalt ihrer Sporenkapseln leicht zu erkennen.

Abb. 29.
Clathropteris
(Gitterfarn) mit
laubblatt-
ähnlicher Aderung.



Von anderen Pteridophyten oder Gefäßkryptogamen spielen die Bärlappgewächse nur eine geringe Rolle. Hin und wieder finden sich Spuren davon, darunter solche von kleinen Selaginellen, die an der grünen Pflanze weibliche und männliche Sporen erzeugen und halb moosartig aussehen. Es ist ebenfalls eine alte Familie, die schon im jüngeren Karbon nachweisbar ist und bis heute mit gewissen Veränderungen durchgehalten hat. Viel zahlreicher sind dagegen die Funde von Schachtelhalmen, die sich schon mehr den jetzigen Formen annähern und sporentragende Zapfen, ähnlich den heutigen Schachtelhalmen, gehabt haben. Es waren einmal kleine Kräuter, zum anderen jedoch hatten sie fast

Abb. 30. *Lonchopteris*, Blattstück einer farnähnlichen sammentragenden Pflanze aus dem Karbon (Pteridospermen) mit Netzsaderung. (Etwa 2mal vergr.)



armdicke Stengel, die namentlich in Sandsteinen oft in großer Menge vorkommen. Sie werden nach der Schachtelhalmgattung *Equisetum* – meist *Equisetites* – genannt. Auf dem Großbild C sind sie hinter den blühenden *Cycadeoidea* sichtbar. Von den Moosen scheinen nunmehr die Lebermoose einen stärkeren Aufstieg zu erleben. Darüber hatten wir uns bereits früher geäußert und brauchen hier nicht weiter darauf einzugehen. In den Meeresablagerungen dieser Zeit, speziell in der Trias, haben Algen aus der Verwandtschaft der bereits viel früher beginnenden „quirlichen Schlauchalgen“ (siehe Seite 162) Unmassen von ihren Kalkgehäusen hinterlassen. Besonders in den Triaskalken der Alpen treten sie in solcher Menge auf, daß sie als Gesteinsbildner viele Meter dicke Schichten zusammensetzen. Sie müssen wie die Landpflanzen nach ihrer derzeitigen Verbreitung als Zeugen eines warmen Meeresklimas aufgefaßt werden. Ihre Formenfülle ist außerordentlich groß und in der Forschung Gegenstand eines Spezialstudiums geworden (Abb. 8).

Für die gesamte Juraflora müssen wir nun einer merkwürdigen Erscheinung gedenken, die uns ein großes Rätsel aufgibt, das bis heute noch nicht gelöst ist. Wir haben heute auf der Erde sehr deutliche „Klimazonen“, das heißt, vom Pol aus gesehen, macht sich nach dem Äquator zu ein immer wärmer werdendes Klima bemerkbar, so daß wir nacheinander vom Norden her ein Kälteklima, dann die Zone des gemäßigten Klimas, in der wir leben, anschließend einen subtropischen und in der Nähe des Äquators einen tropischen Klimagürtel erkennen können. Demgemäß ist auch die Pflanzenwelt dieser einzelnen Zonen sehr verschieden, wie allgemein bekannt ist. Eine solche Klimazonenbildung ist nach der Verbreitung der Pflanzenwelt im späteren Mesozoikum und speziell in der Juraformation nicht bemerkbar. Wir kennen einander recht ähnliche Juraflora von Alaska, aus Grönland, aus unseren Breiten, aus Sibirien und China und schließlich aus tropischen Ländern,

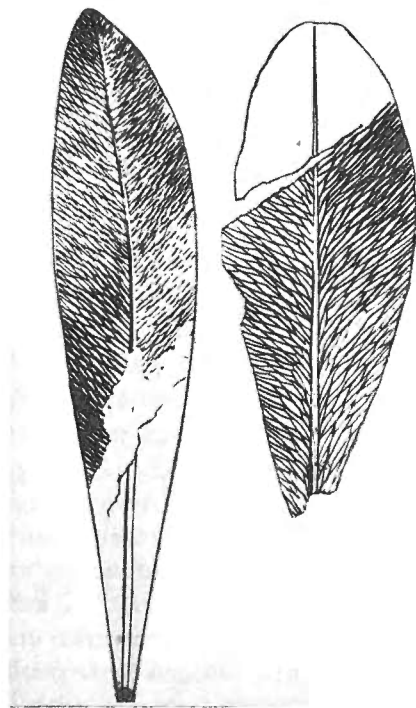
zum Beispiel Indien, und ferner auch von der Südhalbkugel aus Südamerika (Argentinien) bis hinunter in das Südpolargebiet (Seymour-Insel), die keine großen Unterschiede erkennen lassen, zum Teil sogar gleiche Arten beherbergen, die aus den anderen Gebieten bekannt sind. Man hat versucht, für die Pflanzen eine geringere Empfindlichkeit gegen klimatische Einflüsse von heute anzunehmen, aber die Lösung des Problems auf diese Weise ist unmöglich, zumal sich eigentlich auch in früheren Formationen und auch noch in der späteren Kreidezeit – also in der Neuzeit der Pflanzen – die gleiche Erscheinung bemerkbar macht. Man hat eine oder mehrere andere Lagen der Pole oder eine „Verschiebung der Kontinente“ angenommen, aber abgesehen davon, daß das Hypothesen sind, ist es kein Allheilmittel für das genannte Problem. Bei der Lage der polnahen Jura- und Kreideflora müssen die Polargebiete mindestens eisfrei gewesen sein, und das ist von den heutigen Verhältnissen aus gesehen für uns nicht vorstellbar. Mit der Annahme anderer Pol-Lagen bekommt man wieder andere Fundpunkte in das betreffende Polgebiet hinein, und so ist damit nichts gebessert. Wir werden auf diese Fragen bei der Besprechung der jungen Tertiärflora zurückkommen, bei denen schon eine deutliche Klimazonenbildung bemerkbar wird, die aber auch nicht so intensiv war wie heutzutage. Erst im Laufe dieser Periode ist eine starke allmähliche Abkühlung im Polargebiet spürbar, die sich schließlich gewaltig südwärts ausdehnte und in den letzten großen eiszeitlichen Vereisungen des nord- und mitteleuropäischen, asiatischen und nordamerikanischen Kontinents gipfelte.

Wir greifen nunmehr etwas zurück auf das Ende der Pteridophytenzeit. Hier schiebt sich eine andere Erscheinung ein, die unterschiedliche Ausbildung der jungpaläozoischen Flora auf der Südhalbkugel. Es ist das Erscheinen der Gondwanafloren an der Wende der Steinkohlenformation und des Perms. Wir hätten dieses auch hier nicht zu umgehende Problem bereits am

Ende der Gefäßkryptogamenzeit betrachten können, es schließt sich aber sehr passend an die Betrachtung der Verbreitung der Jura-, der mesozoischen Flora an, weil die Florenentwicklung schließlich in diese ausmündet.

Wir hatten eben die Gleichmäßigkeit der Verbreitung der Juraflora mit Verwunderung zur Kenntnis genommen. Im Grunde ist dieses Problem schon uralt und besteht bereits seit den ältesten Zeiten, aus denen wir eine größere Kunde von der jeweiligen Pflanzenwelt haben. So läßt schon die Flora der Psilophytenzeit des Devons (siehe Seite 163) erkennen, daß weithin über die Erde eine ziemlich gleichförmige Pflanzenwelt verbreitet war, von Spitzbergen herunter bis in unsere Breiten. Aus Australien kennen wir Funde davon, und wenn auch die Formen etwas verschieden sind, so ist doch der Charakter der Flora ähnlich, zeigt deutlich die Züge der Psilophytenverwandtschaft und setzt ähnliche Vegetationsverhältnisse voraus. Nicht viel anders ist es im Oberdevon. Allerdings fehlen auch hier noch Funde aus vielen Gebieten der Erde, aber an den bisherigen lassen sich die Kennzeichen dieser Flora so weit wiedererkennen, daß man von einer allgemeinen Ähnlichkeit sprechen kann. Man hat darauf hingewiesen, daß sich viele der Fundstellen in den Gegenden nahe dem Nordpolgebiet befinden, aber im ganzen sehen diese Funde nicht viel anders aus als in unseren Breiten. Deutlicher zeigt sich die verhältnismäßige Gleichartigkeit der Pflanzenwelt auf der ganzen Erde noch im Unterkarbon. Aus dieser Periode kennen wir Funde aus dem hohen Norden, den mittleren nördlichen Breiten von Europa und Nordamerika sowie China, aber auch südwärts, aus Südamerika und dem indischen und australischen Gebiet, die ebenfalls ihr geologisches Alter deutlich zu erkennen geben. Zur Zeit der Steinkohlenformation macht sich aber ein Wandel bemerkbar. Während in Europa und Nordamerika nach dieser Zeit die Hauptsteinkohlenbildung beginnt, die sich mit ähnlicher Florenfolge in beiden Gebieten bis zur

Abb. 31. Glossopterisblätter aus den Gondwanagebieten, meist auf der Südhalbkugel, wo eine Sonderentwicklung der Pflanzenwelt am Ende der Steinkohlenzeit einsetzte.



Permformation fortsetzt, fehlen uns Funde karbonischen Alters auf der Südhalbkugel und auch in Indien. Steinkohlenbildung fehlt hier ganz und demgemäß auch die Kunde von der betreffenden Pflanzenwelt. In diesen Gebieten macht sich statt dessen der Eintritt einer Eiszeit bemerkbar, deren Höhepunkt in die spätere Karbonzeit fällt. Es zeigen sich die aus der letzten Eiszeit bekannten Phänomene, wie Schrammung des unterlagernden festen Gesteins und die Bildung weit ausgedehnter Moränen mit Gesteinsblöcken wie bei unserem Inlandeis in Gestalt von Konglomeraten (Tilliten), die den „Grundmoränen“ unserer letzten Eiszeit, unserem „Geschiebemergel“, entsprechen. Nach dem Verschwinden dieser alten Vereisung lagert sich aber eine kohlenführende Schichtenfolge ab, die sehr deutlich an vielen Stellen diese Grundmoräne überlagert und reiche Pflanzenfunde in Indien, Südafrika, Südamerika und Australien führt. Aber die Pflanzenwelt ist eine andere als die gleichzeitige „permokarbonische“ bei uns. Sie wird charakterisiert durch die großen einfachen Blätter der Glossopterisarten (Abb. 31) mit verschiedenen anderen Begleitern und andersartigen

Schachtelhalmgewächsen sowie den Cordaiten ähnlichen Blättern, die wahrscheinlich von Bäumen herrühren, deren Stämme man oft verkieselt in gleichaltrigen Ablagerungen findet. Man hat versucht, diese Pflanzenwelt als eine eiszeitliche anzusprechen, aber sicher mit Unrecht. Die Formen der Pflanzen, die Größe der Blätter und die Größe der Bäume sprechen dagegen. Jedoch muß sie unter einem kühleren Klima gediehen sein als unsere unter einem warmen, wenn auch nicht tropischen Klima gewachsene Steinkohlenflora. Dafür spricht auch, daß hier zum erstenmal in der Pflanzengeschichte ziemlich regelmäßige Jahresringbildung bei vielen Stämmen einsetzt, was in diesem Fall auf einen jahreszeitlichen Wechsel von warmen und kälteren Perioden zurückzuführen sein dürfte. Von einem Kälteklima kann um so weniger die Rede sein, als es einige Punkte auf der Erde gibt, wo – offenbar vom Norden zugewandert – sich Pflanzenformen der nördlichen gleichaltrigen Flora mit denen der Glossopteris- oder Gondwanaflores zusammengefunden haben. Den letztgenannten Namen hat sie nach einem Gebiet in Ostindien bekommen. Wir kennen diese Flora aus Südamerika, Südafrika, Australien und Indien, also weltweit verbreitet wie die Zeichen der vorangehenden Eiszeit. Die Ursache dieser Vereisung ist unklar und hat mit Klimazonen nichts zu tun, da sonst Zeichen dafür auch bei uns bekannt sein müßten, wonach man eifrig, aber vergeblich gesucht hat.

Weiterhin macht sich um dieselbe Zeit im nördlichen und mittleren Sibirien eine andere, ebenfalls in die Schlußzeit des Karbons fallende Sonderentwicklung der Pflanzenwelt bemerkbar, in die auch Formen der Gondwanaflores eingedrungen sind. Die Kohlenbildungen dieser als Angaraflora bezeichneten Pflanzenmassen haben zum Beispiel die mächtigen Kohlen des Kusnezckbeckens am Altai und im Tunguskagebiet gebildet. Sie reicht bis in das nördliche Gebiet der Sowjetunion (Petschora). Außerdem hat sie gewisse Beziehungen zu unserer heimischen Rotliegendenflora.

Weiter im Osten, von Korea durch China bis nach Sumatra, macht sich gleichzeitig eine andere Pflanzenwelt mit reichen Kohlenbildungen bemerkbar, die man nach einem alten Namen von China als Cathaysiaflora bezeichnet hat. Sie hat merkwürdigerweise im ganzen einen ähnlichen Anstrich wie die gleichzeitige europäisch-nordamerikanische, führt aber doch verschiedene nur dort vorkommende Gewächse, wie insbesondere große, fast laubblattähnliche Blätter, die man wegen ihrer Größe als Gigantopteris bezeichnet, und noch andere Sonderformen, die sich auch im Südwesten der Vereinigten Staaten von Amerika bemerkbar machen. Nach all diesen Eigentümlichkeiten hat man verschiedene Florenbereiche auf der Nordhalbkugel zu dieser Zeit unterschieden: ein euramerisches Gebiet (Europa und Nordamerika), die permokarbonische Angaraprovinz Sibiriens und die genannte Cathaysiaflora. Alle diese zusammen haben trotz ihrer Verschiedenheit gewisse gemeinsame Züge und erscheinen als ein um den Nordpol herum gelegenes, also zirkumpolares Florengebiet, das man passend als arktokarbonisch bezeichnen kann, da die Nordpolargebiete auch Arktis genannt werden. Die Gondwanagebiete der Südhalbkugel erscheinen im Gegensatz dazu als antarktokarbonische (Antarktis = Südpolargebiete); denn sie gruppieren sich am deutlichsten um den Südpol herum, zumal man an mehreren Stellen diese Gondwanaflores in der Nähe des Südpols selbst gefunden hat.

Bei den früheren Betrachtungen (siehe Seite 182) haben wir gesehen, daß inmitten der Permformation eine Umstellung der Pflanzenwelt stattfindet, die sich bei uns als Zechsteinflora scharf von der vorhergehenden unterscheidet und den Anfang der mittelzeitlichen Pflanzenwelt markiert. Der Verlauf ist in den Gondwanagebieten allmählicher, indem die Formen der Glossopterisflora nicht so plötzlich verschwinden.

Die zwischen Nord und Süd vorhandenen Gegensätze sind noch etwa bis zum Ende der Keuperzeit stark und leicht zu erkennen, aber

im Laufe der Jurazeit gleichen sich die Gegensätze aus, und wir kommen damit wieder zu unserem Ausgangspunkt zurück, nämlich zu der Tatsache der gleichartigen Verbreitung der Juraflora auf der Erde: ein merkwürdiger Verlauf der Entwicklung der Pflanzenwelt, starke Gegensätze am Ende der Gefäßkryptogamen-Steinkohlenzeit, dann erstmalig Ausbildung deutlicher Pflanzenprovinzen, zur Jurazeit aber

gleichmäßige Flora und damit Ähnlichkeit der Wachstumsbedingungen auf der Erde, die sich noch bis zur untersten Kreide erhalten, zum Teil noch darüber hinaus.

Erst in der Neuzeit der Pflanzenwelt bahnt sich eine Neugestaltung der Klimate an, die keineswegs plötzlich, sondern sehr allmählich fühlbar wird, so daß in der Nähe der Polgebiete noch längere Zeit ein recht warmes Klima geherrscht haben muß.

D. DIE NEUZEIT DER PFLANZENWELT

(KÄNOPHYTIKUM, VON DER OBEREN KREIDEFORMATION BIS HEUTE)

Die jüngste Entwicklungsperiode der Pflanzenwelt wird, wie früher bereits kurz erwähnt, von den bedecktsamigen Pflanzen, den Angiospermen, beherrscht, den höheren Samenpflanzen, bei denen die Samen in Behältern verschiedener Art (Kapseln, Nüssen oder Beeren) eingeschlossen und abgeschlossen sind und erst bei deren Zerfall frei werden. Unter den heutigen Pflanzen sind sie bei weitem am zahlreichsten, teils als Bäume, teils als Sträucher oder als Kräuter vertreten.

Man unterscheidet bei ihnen zwei große Klassen, die Einkeimblättrigen (Monokotylen, zum Beispiel Gräser, Liliengewächse, Palmen) und die am zahlreichsten vertretenen Zweikeimblättrler oder Dikotylen, unsere meisten Laubbäume, Sträucher und zahllose Kräuter umfassend. Man streitet sich heute noch darum, welche von beiden als am höchsten entwickelte aufzufassen ist, wonach bei den Monokotylen die Orchideen den Höhepunkt bilden und bei den Dikotylen die Korbblütler oder Kompositen, eine außerordentlich zahlreiche Pflanzengruppe, zu denen unsere Asten, Sonnenblumen, der Löwenzahn und andere gehören.

Von den in den Erdschichten überlieferten Resten aus läßt sich diese Frage nicht beantworten, da die beiden erwähnten Gruppen in der

Oberen Kreide ungefähr gleichzeitig auftreten. Die Monokotylen sind dabei in der Überlieferung im fossilen Zustand benachteiligt, da sie meist Kräuter enthalten. Die Zartheit der Kräuter aber hat ihre fossile Erhaltung erschwert, was auch für alle Kräuter, selbst unter den Dikotylen, gilt.

Erhalten sind uns besonders zahlreich die Blätter von laubwerfenden Bäumen, harte Früchte und Samen, sehr selten und meist nur als Einschlüsse im Bernstein, Blüten dieser Pflanzen, die besonders kostbare Dokumente der ehemaligen Pflanzenwelt darstellen. Außerdem finden sich Holzreste der Angiospermen in Form von verkieselten oder verkalkten Stämmen, meist von Laubhölzern herrührend, aber auch viele von Palmbäumen.

In neuerer Zeit haben die pflanzlichen Kleinfossilien, die Blütenstaubkörner (Pollen), eine besondere Bedeutung gewonnen, die man auch aus der Kohle noch herausgewinnen kann. Hierbei sind besonders die windblütigen Pflanzen bevorzugt, da sie sehr dauerhafte und zahlreiche Pollen erzeugen. Man kann nur noch einen Teil dieser Klein- (Mikro-) Fossilien „bestimmen“, das heißt ihre Herkunft von gewissen Pflanzen angeben. Aber trotzdem haben sie als fossile Zeugen sowohl praktisch als auch wissenschaftlich

eine steigende Bedeutung gewonnen, da man vielfach auch das geologische Alter danach bestimmen kann, wozu man früher nur die größeren Pflanzenfossilien benutzte.

Die neue Zeit der Pflanzenwelt beginnt mit der Oberen Kreide; die unterste Kreide, bei uns besonders durch die kohlenführende „Wealdenformation“ bei Hannover bekannt, hat noch ganz mesozoischen Charakter. Man sollte erwarten, daß Übergangsfloren zwischen der mittelzeitlichen (mesophytischen) Pflanzenwelt und der neuzeitlichen häufig sind. Das ist aber nicht der Fall. Nur selten findet man ein Gemisch von Pflanzenresten, die noch mittelzeitlichen Charakter tragen, zusammen mit solchen von Angiospermen. Das ist zum Beispiel der Fall in der oberen Etage der Unteren Kreide, wie in Südengland, in Portugal, in Grönland und gelegentlich noch woanders. Im allgemeinen zeigt schon die unterste Etage der Oberen Kreide, das Cenoman, eine so erdrückende Fülle von Laubblättern und anderen Resten der Angiospermen, daß man ihr Gesamtaufreten als explosionsartige Entwicklung empfindet. Noch heute ist diese plötzliche Massentwicklung ein Problem, um dessen Lösung die Forschung bemüht ist. Man muß sich nun daran erinnern, daß uns von den früheren Pflanzengesellschaften fast nur die Vegetation der Flachländer, oft in Verbindung mit Kohlenflözen, erhalten geblieben ist. Was in den Gebirgen, besonders den Hochgebirgen, ferner in den Wüsten und Steppen wuchs, ist uns so gut wie unbekannt, und nur unter ungewöhnlichen Umständen ist etwas davon erhalten geblieben. Es mag daher die Urentwicklung der Angiospermen in solchen Gebieten, wo ja auch der Kampf ums Dasein besonders scharfe Formen annahm und Anstöße zu besonderer Entwicklung gegeben haben mag, zuerst in größerem Maßstab eingesetzt haben, wovon wir nichts wissen. Immerhin muß man aber sagen, daß auch schon in der mesozoischen Zeit spärliche Funde auftauchen, die möglicherweise Vorläufer von Angiospermen gewesen sind,

die jedenfalls den Eindruck von Laubbaumblättern machen. Ferner sind an verschiedenen Stellen hier und da Holzreste, auch Pollen, gefunden worden, die man nur als Laubbaumreste ansehen kann. Die Laubbäume haben gegenüber dem Koniferenholz leicht erkennbare Charaktere, besonders die Ausbildung von verschiedenartigen Zellen im Holzkörper, in dem besonders die durch ihren größeren Durchmesser auffallenden wasserleitenden Gefäße hervorstechen. Der ganze Holzkörper ist bei ihnen überhaupt in verschiedene Zellenarten gegliedert, was bei den Nadelhölzern nur in sehr untergeordneter Weise oder gar nicht der Fall ist. Es gibt jedoch unter den Laubbäumen eine kleine Anzahl, die dieser großen Gefäße entbehrt und daher größere Ähnlichkeit mit dem Gymnospermenholz hat. Solche Laubbäume sind schon in der Jurazeit gefunden worden, wo außerdem noch einige echte unverkennbare Laubholzstammstücke (und Pollen) ausnahmsweise angetroffen worden sind. Es ist nun sehr bemerkenswert, daß solche gefäßlosen Laubhölzer einer Pflanzengruppe angehören, die schon die früheren Botaniker als die einfachsten oder im System am tiefsten stehenden Dikotylen angesehen haben, nämlich die „Vielfruchtler“, unter denen wiederum gewisse Holzgewächse aus der Magnolienfamilie diejenigen sind, die derartige Formen noch heute enthalten. Diese Vielfruchtler hatten wir bereits erwähnt bei der Betrachtung der Bennettiteen (siehe Seite 179), die ebenfalls „Vielfruchtler“ sind, aber im übrigen zu den Gymnospermen gehören. Man hat versucht, diese „Ranales“ – eben diese Vielfruchtler – direkt von den Bennettiteen abzuleiten, und wir haben auch darauf hingewiesen, daß dem große Schwierigkeiten entgegenstehen. Bei all diesen Bemühungen ist der Wunsch der Vater des Gedankens, der besonders durch die Tatsache gefördert wird, daß unter den ersten Dikotylen der Oberkreide auch schon Formen der Magnolien, also „Vielfruchtler“, vorhanden waren und daß am Schluß der Unteren Kreide, am Schluß des Mittel-

alters der Pflanzenwelt, gerade solche Bennettiteen mit zweigeschlechtigen „angiospermenhaften“ Blüten auftreten (Abb. 26). Diese kommen in der Unteren Kreide auch noch gemeinsam mit echten Laubhölzern vor, wie besonders deutlich die verkieselten Stämme dieser Schichten in Südengland gelehrt haben.

Trotz solcher Funde von Angiospermenresten selbst schon in der Juraformation bleibt die rapide, die ganze Erdoberfläche umfassende Massenentwicklung der Angiospermen eine Erscheinung, deren Ursache man noch nicht genau kennt und der man nur theoretisch, wie bereits angedeutet, beikommen kann.

FLORA DER NEUZEIT

Wir gehen nun zu einer gedrängten Darstellung der Pflanzenwelt der Neuzeit über und beginnen mit den wichtigsten Gruppen der Angiospermen, neben denen auch die Nadelbäume, besonders einige ihrer Familien, noch einen starken Aufstieg erleben.

Obwohl die unter dem Gesamtnamen „Käno-phytikum“ zusammengefaßte Neuzeit der Pflanzenwelt durch das Vorherrschen der verschiedenen Angiospermen charakterisiert ist, lassen sich in dieser langen Zeit natürlich einzelne Perioden unterscheiden, die ihrerseits Besonderheiten der Pflanzenwelt beherbergen. Der älteste Abschnitt dieser Neuzeit ist nach dem vorher Gesagten die Obere Kreide.

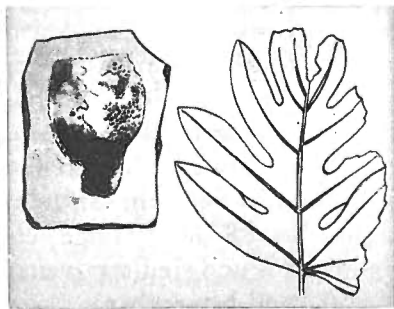


Abb. 32. Blatt und Frucht eines Affenbrotbaumes (*Artocarpus*) aus der Oberen Kreide von Grönland, wo also damals tropische Pflanzen existieren konnten. (Blatt in etwa $\frac{1}{2}$ nat. Gr.)

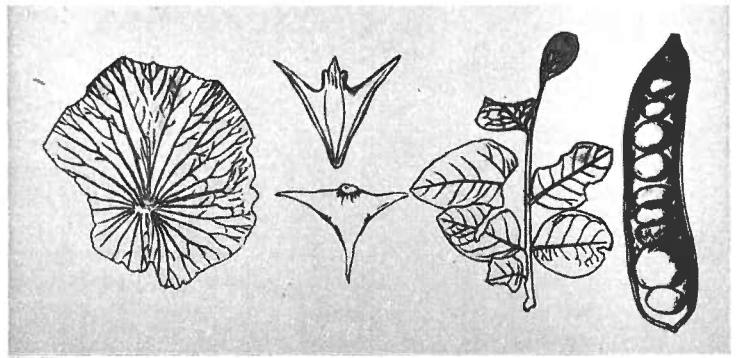
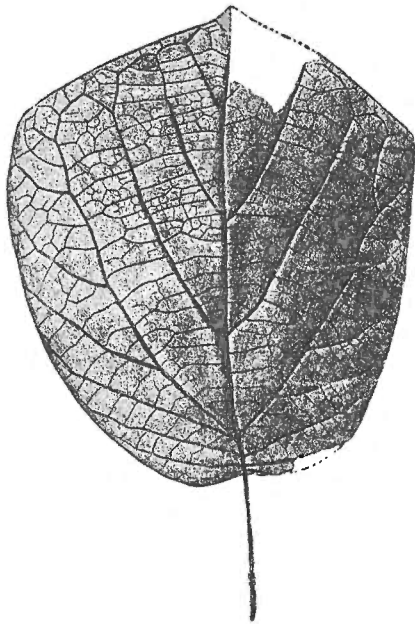


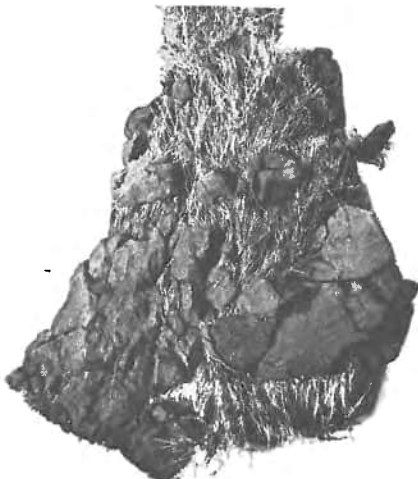
Abb. 33. Links: Blatt eines Seerosengewächses (verkl.). In der Mitte Früchte einer Wassernuß (*Trapa*). Rechts: Blatt und Hülsenfrucht einer Robinie („Akazie“) aus der Braunkohlenzeit. (Blatt und Frucht in etwa nat. Gr.)

Bei uns in Europa sind Pflanzenfundstellen dieser Periode vom Mittelmeergebiet herauf bis in unsere Breiten zu verzeichnen, aber noch weit hinauf bis zum hohen Norden finden sich Zeugen dieser Pflanzenwelt in Grönland. Besonders reich ist sie in Nordamerika entwickelt, wo zahlreiche Kohlenlager aus dieser Zeit bekannt sind. Die hier auftretenden Angiospermen gehören größtenteils den als einfachere Formen betrachteten Familien an, und von diesen hatten wir bereits vorher auf die magnolienartigen Gewächse hingewiesen. Es finden sich Fruchtstände von diesen und außerdem Blätter, die als Vorläufer des auch bei uns gepflanzten Tulpenbaums (*Liriodendron*) angesehen werden. Außerdem hat sich ausgerechnet in der Kreide Grönlands eine Form des tropischen Brotfruchtbaums (*Artocarpus*, Abb. 32) nachweisen lassen, womit wir wiederum auf das vorhin behandelte Problem des warmen Klimas in der Nähe des Pols zurückkommen. Weiterhin sind besonders als *Dryophyllum* bezeichnete große, längliche, gezähnte Blätter hervorzuheben, die man mit tropischen Eichen in Verbindung bringt und die teilweise auch der echten Kastanie ähneln, die mit der Eiche nahe verwandt ist. Sie gehören zu den Kätzchenblütlern, die in der Kreidezeit schon recht zahlreich waren und einfache Formen der Dikotylen bilden. Unverkennbare Blätter der Seerosenfamilie, die auch mit den Vielfrüchtlern verwandt ist, zeugen von deren Anwesenheit (Abb. 33). Von der Myrtenfamilie sind



*Abb. 34. Credneria-
blatt aus der Oberen
Kreide des Harzes.
(Nat. Gr.)
Möglicherweise mit
den heutigen Platanen
verwandt.*

Zweige mit Früchten der Eukalyptusbäume, die jetzt in Australien zu Hause sind, gefunden worden und ferner einige an sich gut kenntliche Blätterformen, die man aber nach ihrer näheren Verwandtschaft nicht genauer unterbringen kann. Es sind handförmig geteilte, schmale, gezähnte Blätter mit Namen Dewalquea und in der jüngeren Abteilung der Oberen Kreide, die gerade aus Deutschland, aber auch aus Böhmen und Nordamerika bekannten Credneriablätter (Abb. 34), die mit unseren Platanen in Verbindung gebracht werden können. In dieser Zeit haben auch die Palmen eine größere Rolle gespielt, was Blätter und Stämme bezeugen. Das sind natürlich nur einige Beispiele aus dieser Pflanzenperiode. Außer ihnen entwickeln die Nadelbäume nun eine ganze Reihe von Formen,



*Abb. 35. Rinde eines
Kautschukbaumes aus
der älteren Braunkohle
von Sachsen-Anhalt.
Die hellen Fäden sind
die Ausfüllungen der
Milchsaftschläuche, die
die Kautschuksubstanz
führen. (Etwa nat. Gr.)*

die den jetzigen schon recht nahestehen. Die Tannengewächse zeichnen sich besonders durch zahlreiche Formen von Kiefern (Pinus) aus. An den damaligen kann man schon mehr oder weniger eine Unterscheidung der Kiefernarten nach zweinadligen, dreinadligen und fünfnadligen Formen vornehmen. Außer diesen müssen wir noch die mehr und mehr hervortretende Entwicklung der Sumpfzypressengewächse erwähnen, von denen besonders Verwandte der heutigen Mammutbäume (Sequoien) hervortreten.

TERTIÄRFLORA

In der nun folgenden Periode des Tertiärs machen sich zu Anfang noch Anklänge an Formen aus der Kreidezeit bemerkbar, bald aber tritt die eigentliche Tertiärflora, die unsere Braunkohle geliefert hat, mit einer großen Formenfülle hervor.

Im Laufe des Tertiärs macht sich in Europa allmählich eine Abkühlung des Klimas vom Pol aus fortschreitend bemerkbar. In der ältesten Periode des Tertiärs, dem Eozän, und auch in dem folgenden Oligozän ist das Klima noch sehr warm gewesen. Das stellt sich im Eozän durch die Funde von Kautschukbaumresten (Abb. 35) in der Eozänbraunkohle Deutschlands heraus sowie durch unverkennbare Funde von Palmenblättern (Abb. 37), von denen sowohl Fiederpalmen, die mit den Kokospalmen verwandt sind, als auch Fächerpalmen häufig waren, den Zwergpalmen und den Sabalpalmen Floridas entsprechend. Auch Formen der sogenannten „Graspalmen“, zu denen der Drachenbaum der Kanarischen Inseln gehört, kamen damals noch in den mittleren Breiten vor. In dieser Zone, in der wir selbst leben, haben die Palmen bis zum Anfang der zweiten Braunkohlenzeit Deutschlands, dem Miozän, ausgehalten. Im Laufe dieser Schichtenfolge verschwinden sie dann bei uns und sind erst weiter südlich im fossilen Zustand bemerkbar.

Aus den eigentlichen Tertiärschichten ist uns eine solche Fülle von fossilen Resten der Dikotylen erhalten, daß wir nur eine kleine Auswahl zur Charakterisierung dieser Pflanzenwelt hier vorbringen können (vergleiche Abb. 38 und die Farbtafel II).

Greifen wir nun wiederum auf die „Vielfrüchtler“, von denen schon mehrfach die Rede war, zurück. Die Anzahl der uns überlieferten Reste ist außerordentlich groß. Zunächst ist es die Familie der schon mehrfach erwähnten Magnolien, von denen besonders Samenfunde wertvoll sind, ferner aber eine große Menge von Angehörigen der Lorbeerfamilie (Lauraceen), die sicherlich auch schon in der Kreidezeit vorhanden waren. Zahlreich sind die Funde aus der Verwandtschaft des Zimtbaumes (Cinnamum). Die Blätter sind charakteristisch, überraschend sind aber die wundervollen Blütenreste davon aus dem Bernstein, der uns auch sonst wertvolle Blütenreste überliefert hat, wie von Eichen, männliche Blüten von Nadelbäumen und andere. In Abb. 7 ist die größte der im Bernstein gefundenen Blumen wiedergegeben, die man mit der Teefamilie in Verbindung bringt (Stuartia). Außerordentlich zahlreich sind die verschiedenen Familienformen der Kätzchenträger. Von diesen

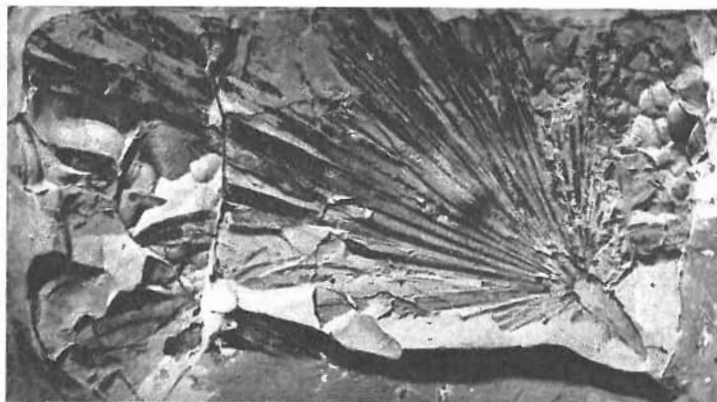


Abb. 37. Fächerpalmenblatt aus dem Mittleren Tertiär.

hatten wir oben bereits die Eichen erwähnt. Vorfahren der echten Kastanie (*Castanea*) schließen sich an, ferner Erlen (*Alnus*), Birken (*Betula*), Hainbuchen, Ulmen, Weiden, Pappeln und ähnliche. Dazu kommen Angehörige der Walnußfamilie. Nicht unerwähnt lassen wollen wir die Blätter und Früchte der Gagelfamilie (*Myricaceen*), von denen nur eine Art bei uns im Westen auf Torfmooren vorkommt. Die Angehörigen dieser Familie sind durch den Besitz von Öldrüsen in Blättern und Früchten ausgezeichnet und demgemäß aromatisch duftende Sträucher oder Bäume. Sie sind für die Geschichte der Paläobotanik des Tertiärs insofern noch interessant, als ihre Blätter mit denen einer in Australien und

Abb. 36. Vegetationsbild aus der Mittleren Braunkohlenzeit Mitteleuropas. Neben verschiedenen Laubbäumen und Bodenfarnen sind große Nadelbäume (rechts), namentlich Verwandte der Mammutbäume (*Sequoien*), und außerdem Fieder- und Fächerpalmen sichtbar. Die Gewächse lieferten die Braunkohlenflöze.



überhaupt auf der Südhalbkugel beheimateten Familie der Proteaceen verwechselt worden sind. Dadurch hatten die betreffenden Forscher der mitteleuropäischen Tertiärflora ein Florenelement hinzugefügt, das dort entweder gar nicht oder nur in äußerst geringem Maße vorhanden gewesen ist.

Die Ulmengewächse sind, wenigstens in der jüngeren Tertiärflora, sehr zahlreich vertreten, und außer den Verwandten der gewöhnlichen Ulmenarten ist besonders die heute in Japan und Transkaukasien verbreitete „Steinulme“ (*Zelkova*) als sehr verbreitete Form zu nennen. Weniger in Form von Blättern als in gelegentlichen Funden von Samen (Fruchtkernen) sind die Rosenblütigen zu dieser Zeit bei uns reich entwickelt gewesen. Das gleiche gilt von den Leguminosen (Hülsenfrüchtlern), von denen namentlich Blatt- und Fruchtreste von dahingehörigen Bäumen zu nennen sind, die mit den heutigen Gleditschien und Robinien („Akazien“, Abb. 33) und vielen anderen verwandt sind. Die einzelnen Gattungen sind meist schwierig zu erkennen, die kleinen Blättchen der gefiederten Blätter noch weniger, da sie sich meist einzeln erhalten haben. Eine gewöhnliche Erscheinung sind die Angehörigen der „Zaubernuß“- (*Hamamelis*-) Familie, von denen die Blätter von Amberbäumen (*Liquidambar*) fast in jeder Braunkohlenflora auftreten (Abb. 38). Die Platanenfamilie, heute in Kleinasien und Nordamerika zu Hause, hat Blatt- und Fruchtreste hinterlassen. Wir hatten erwähnt, daß möglicherweise die *Crednerien* der Oberen Kreide zu dieser Familie gehören können, die wegen ihrer Sonderstellung sicher sehr alt sein muß. Häufig wird bei uns der chinesische Götterbaum (*Ailanthus*) gepflanzt, der an den Früchten leicht erkannt werden kann. An den Früchten und an den Blättern sind weiter leicht kenntlich die Ahornbäume, von denen eine große Anzahl verschiedener Arten damals bei uns existierte, unter diesen besonders solche, die heute in Nordamerika und Ostasien vorkommen (Abb. 38).

Ein uns allbekannter Baum, eine Zierde unserer Parkanlagen ist die griechische Roßkastanie, die in Europa nur in der einen Art vorkommt; alle anderen Arten wachsen in Nordamerika und Ostasien.

Von den Wasserpflanzen hatten wir gelegentlich das Vorkommen der Seerosen erwähnt, die auch im eigentlichen Tertiär ziemlich zahlreiche Reste hinterlassen haben. Eine andere, bei uns selten gewordene Wasserpflanze ist die Wassernuß (*Trapa*), von der die charakteristischen Nüsse (Abb. 33), manchmal auch die Laubrosetten in dieser Periode gefunden wurden.

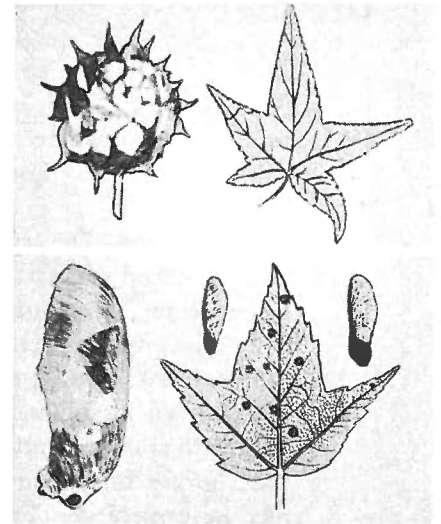
Von den Doldengewächsen (*Umbellifloren*) sind die eigentlichen Doldenblütler fast nur Kräuter und demgemäß wenig erhalten geblieben. Dagegen gibt es auch einige Baum- und Strauchformen in dieser Gesamtgruppe, von denen bei uns nur Arten der Kornelkirsche und verwandte Sträucher eine Rolle spielen. Dafür wurden häufiger die harten Früchte einer früher unbeachteten Untergruppe dieser Familie aus dem südöstlichen Asien bei uns gefunden, die unter dem Namen *Mastixioideen* in neuerer Zeit in der mittleren Tertiärflora eine Rolle bekommen haben. Zu den Doldnerformen gehören auch die namentlich ostasiatischen *Araliengewächse*, von denen bei uns nur der Efeu vorkommt. Im Tertiär war jedoch eine ganze Anzahl anderer, jetzt meist ostasiatischer Arten vertreten.

Alle *Dikotylen*, von denen wir bisher etwas erwähnt haben, gehören der Untergruppe der „*Choripetalen*“-Formen der *Dikotylen* an, das heißt solchen mit freien, nicht verwachsenen Blumenkronenblättern, oder auch Kätzchen-trägern, die keine kenntlichen Blumenblätter besitzen. Die zweite Gruppe der *Dikotylen* sind die sogenannten „*Sympetalen*“, bei denen die Blumenblätter verwachsen sind, vielfach zu einer Art Röhre oder Glocke. Sie enthalten schließlich die als höchstehend angesehenen *Dikotylen* in Gestalt der Korbblütler oder Kompositen, von denen bereits auf Seite 185 die Rede war.

Nach allem, was wir wissen, scheint es, als ob diese „Sympetalen“-Gruppe sich im ganzen erst nach der Kreidezeit im Tertiär entwickelt hat. Zu ihr gehören zunächst die Angehörigen der Heidekrautfamilie, deren erste Spuren nicht genau anzugeben sind. Für diese ganze Pflanzenreihe kommt als ungünstig für die Erhaltung in fossiler Form in Betracht, daß sie zum allergrößten Teil aus Kräutern besteht, was zum Beispiel für die Familien der Primelgewächse, der Lippenblütler, Maskenblütler, Windengewächse und Kompositen zutrifft, von denen daher fossil nur sehr wenig bekannt ist. Deshalb ist die Zahl der fossilen Zeugen in der Gruppe wesentlich nur auf solche Gruppen beschränkt, die Bäume und Sträucher enthalten. Als Arten nennen wir hier zunächst einmal die Ölbaumgewächse. Von diesen scheint ein Ölbaum selbst schon damals vorgekommen zu sein, ferner findet man nicht selten Blatt-, Holz- und Fruchtreste der Eschen (*Fraxinus*), von denen ja einige Arten heute noch in Europa existieren. Bei dieser Familie wollen wir noch die Forsythien erwähnen, die als Frühlingssträucher bei uns unter dem Namen „Goldflieder“ allbekannt sind. Sie stammen aus Ostasien. Vor nicht langer Zeit wurde noch eine Art davon auf dem Balkan (Albanien) gefunden. Das dortige Vorkommen dieser Art weist mit Bestimmtheit darauf hin, daß sie als Überrest aus der Tertiärflora anzusehen ist, von der mehrere „Relikte“ (Überbleibsel) auf dem Balkan erhalten geblieben sind.

Man wird aus dem Vorigen bereits bemerkt haben, und man hätte das auch bei den Familien der Buchen, Eichen, Ulmen und anderer hervorheben können, daß ein großer Teil dieser Formen jetzt bei uns zwar verschwunden ist, aber dafür in Nordamerika, Ostasien und zum Teil auch in den Mittelmeerländern fortexistiert. In der Tat war das Florenbild des Tertiärs auf der Nordhalbkugel und offenbar ebenso auf der Südhalbkugel um die Pole herum (zirkumpolar) viel gleichmäßiger als jetzt, so daß man mit Recht von einer „arktotertiären“ Flora spricht. Wir

Abb. 38. Oben: Blatt und Frucht des Amberbaumes (*Liquidambar*) aus der Braunkohlenzeit. Unten links: Große Flügelfrucht eines ahornähnlichen Baumes. (Etwa $\frac{1}{2}$ nat. Gr.) Rechts: Blatt und Früchte eines dreilappigen Ahornblattes mit Pilzpusteln auf dem Blatt. Aus der Braunkohlenzeit. (Blätter meist etwa $\frac{1}{2}$ nat. Gr.)



werden dabei an die arktokarbonische Flora erinnert, von der auf Seite 184 die Rede war. Daß gerade in Mitteleuropa die ostasiatischen und nordamerikanischen Arten verschwunden sind, liegt an dem Dazwischentreten der letzten Eiszeit nach dem Tertiär in Mitteleuropa. In Europa bilden die Hochgebirge, insbesondere die Alpen, ostwestliche Querriegel. Sie verhinderten, daß die etwa im Süden durchhaltenden Tertiärformen wieder nach Norden zuwandern konnten. Anders liegt die Sache in Nordamerika, wo die hohen Gebirge eine nordsüdliche Richtung haben, so daß eine Wiedereinwanderung der verdrängten Tertiärflora nach Norden stattfinden konnte. Wir haben heute noch in Ostasien und Nordamerika eine „Tertiärflora“ sozusagen wieder in voller Vegetation. Manche Formen haben sich allerdings nur an gewissen Punkten dieser Gebiete bis heute erhalten. Das liegt daran, daß sich manche dieser schon uralten Formen längst überlebt haben und deswegen nur noch in gewissen Gebieten erhalten geblieben sind. Das gilt für die Sequoien des westlichen Nordamerikas, die Sumpfyzypressen des atlantischen Nordamerikas, den Ginkgobaum in Ostasien, die Kryptomerien und anderen Pflanzen Japans. Das ostasiatische Gebiet hat noch bis in die neueste Zeit neue Formen dieses Charakters kennengelehrt. In diesem Zusammenhang muß das Schicksal eines besonderen „Mammutbaums“ erwähnt werden, der *Metasequoia*, deren Reste zuerst

fossil bekannt waren und die erst vor einigen Jahren in lebender Form in China aufgefunden wurden.

Von weiteren Dikotylen aus dieser zweiten Gruppe heben wir Reste des Oleanderbaums und solche einer jetzt nordamerikanischen und in einer etwas weniger schönen Art in Ostasien vorkommenden Gattung der Bignonienfamilie hervor, die wir als Lianen, aber auch zum Teil als Bäume kennen. Sie zeichnen sich durch prachtvolle große Blüten aus. Von ihnen interessiert uns besonders der Trompetenbaum (*Catalpa*), der einer der schönsten Schmuckbäume unserer Anlagen ist und im Spätsommer seine bis zu einem gewissen Grade an die Roßkastanie erinnernden Blütensträube entfaltet. Von ihm sind Blätter und mehrfach die unverkennbaren Samen auch in Deutschland gefunden worden. Der Trompetenbaum stellt wiederum ein nordamerikanisches Element in unserer Tertiärflora dar.

Die Geißblattgewächse oder Caprifoliaceen sind uns als verschiedene Ziersträucher wohl bekannt. Zu ihnen gehört unser allbekannter Holunderstrauch. Von ihm sind Blüten im Bernstein konserviert, aber in der Braunkohle selbst auch Samen gefunden worden. Diese durchweg strauchige Familie hat noch mehr fossile Reste hinterlassen, besonders von der Gattung *Viburnum*, zu der unser Schneeballstrauch gehört. Daß von den zahllosen Kräutern dieser Dikotylengruppe nur wenig erhalten ist, hatten wir leider bereits betonen müssen. In den Torfen der jüngsten Zeit haben sich mehr Reste von Lippenblütlern und vom „Fieberklee“, dieser sogar schon in tertiären Schichten, gefunden. Die quirlig stehenden Blätter der Labkräuter (*Galium*) sind hier und da erhalten geblieben und ebenso im jüngeren Tertiär eine Gattung namens *Porana*, die zu den Windengewächsen gerechnet wird. Außerordentlich dürftig ist es mit Spuren der jetzt artenreichsten Familie dieser Pflanzengruppe bestellt, den Kompositen. Von ihnen haben sich stellenweise die durch einen Haarkelch als Flug-

organ ausgezeichneten Früchte gefunden; solche kommen auch in den Torflagern vor, die sich nach der Eiszeit gebildet haben.

Auch im Tertiär haben wir noch in polnahen Gegenden eine reiche Flora gehabt, die etwa der unserer Mittleren Braunkohlenzeit (Miozän) entsprach. Der Schweizer Forscher O. Heer hatte die Schichten mit dieser Flora für gleichaltrig mit denen der mitteleuropäischen Miozänflora unserer jüngeren Braunkohlenzeit angesehen. Das war sicher nicht richtig, denn damals machte sich, wie wir auch aus weiteren Vergleichen mit südeuropäischen Tertiärfloren wissen, bereits eine immer stärkere Ausprägung von Klimazonen bemerkbar, so daß die polnahen Floren dieses Charakters sicher aus dem Alttertiär, also ungefähr dem Eozän, stammen müssen. Auf dem Balkan haben ganz jungtertiäre (pliozäne) Floren und in Süddeutschland auch sonst besonders klimatisch begünstigte Vorkommen den Charakter der bei uns vorher gewachsenen wärmeren Miozän- oder sogar Oligozänflora.

Die jüngste Tertiärstufe, das eben genannte Pliozän, ist als höchste Stufe der Braunkohlenzeit gleichzeitig die Vorstufe der letzten Vereisung. Ihre Pflanzenwelt unterscheidet sich von der älteren miozänen Pflanzengesellschaft durch kühles Klima vertragende Pflanzenformen, insbesondere durch das Verschwinden der größeren Ansprüche an Wärme stellenden Bäume und Pflanzen. Auch die Palmen waren bei uns verschwunden, und das Klima ähnelt mehr dem jetzigen Klima. Immerhin haben aber bis dahin noch verschiedene Formen durchgehalten, die bei uns zum Teil empfindlich sind. So findet sich in dieser jüngsten Tertiärzeit immer noch eine Menge nordamerikanisch-ostasiatischer Pflanzenformen, von denen wir bereits gesprochen haben, wozu auch der Ginkgobaum, die Sumpfyypressen, ja selbst noch Sequoien und andere gehören. Die weitere Abkühlung des Klimas im Pliozän von Norden her macht sich so deutlich bemerkbar.

Ähnlich war es auf der Südhalbkugel, wo jetzt weiter nördlich beheimatete Pflanzen bis fast an die Südspitze Südamerikas vorkamen, wie gewisse Araukarien. Also von beiden Polen aus verbreitete sich nach Norden oder Süden ein kühles Klima. Die Pole müssen sich dann mehr und mehr mit Eiskappen bedeckt haben, deren Gipfelpunkt und weiteste Ausdehnung die letzte Hauptvereisung darstellt.

EISZEITFLORA

Die auf die Tertiärformation folgende Eiszeit hat, wie bereits gesagt, die Tertiärflora bei uns vernichtet. Alles, was heute bei uns wächst, ist erst nachher zugewandert. Die Eiszeit selbst wurde aber von wärmeren Zwischenzeiten unterbrochen, in denen sich meist die heimische Pflanzenwelt findet. Man kann jedoch in einigen Fällen beobachten, wie sich noch weitere Formen des Tertiärs wenigstens über die erste Eiszeit hinaus gerettet haben. Dazu gehören beispielsweise eine Lebensbaumart (Thuja), die sich in den Kalksintern bei Weimar erhalten hat, eine jetzt ostasiatische kleine Form der Seerosenfamilie namens *Brasenia*, ein südeuropäischer Ahorn (*Acer monspessulanum*) und einige andere. Die heutige Flora von Mitteleuropa ist also von Westen, Osten, Südosten und auch von Norden zugewandert. Man kann daher speziell in Deutschland eine atlantische Provinz, die etwa vom Westen bis zur Elbe reicht, und eine östliche, die noch an der Oder sehr deutlich entwickelt ist, unterscheiden. In dem warmen Klima des Oderbezirks hat sich auch heute noch der Weinbau und Tabakbau erhalten. Weinarten waren übrigens schon im Tertiär bei uns vorhanden, was besonders durch die Erhaltung sehr harter Samen der Weinbeeren in der Braunkohle hervortritt. Es findet auch heute noch eine Zuwanderung von Formen aus den genannten Gebieten statt, aber auch aus dem südatlantischen Gebiet, wo die Burgundische Pforte und

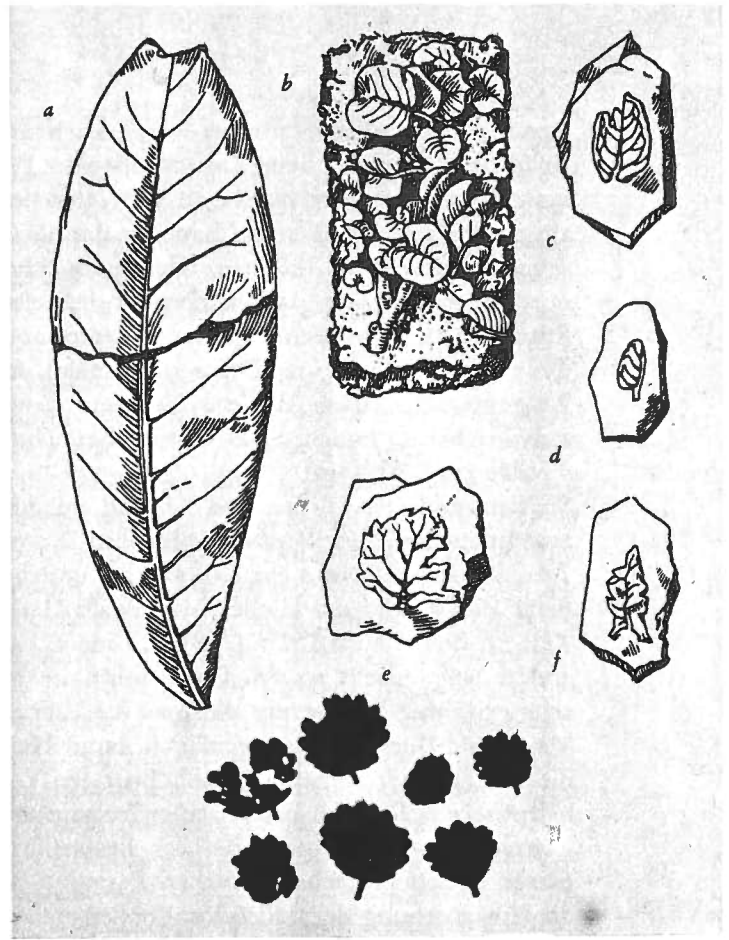


Abb. 39. Eiszeitliche und zwischeneiszeitliche Pflanzen.

- a) Blatt eines *Rhododendrons*, verwandt mit dem pontischen *Rhododendron*, der bei uns viel angepflanzt wird. Aus der Zwischenzeit von Innsbruck.
- b) Gletscherweiden oder Zwergweiden aus dem hohen Norden, lebend.
- c) und d) Blätter von Polarweiden aus eiszeitlichen Ablagerungen.
- e) Blatt der Zwergbirke aus eiszeitlichen Tonen und
- f) Blatt der Silberwurz (*Dryas*).
Darunter in Schwarz Blattreste der Zwergbirke aus Torfablagerungen. (Alles in etwa nat. Gr.)

das Rheintal eine Wanderstraße für solche Formen abgeben.

Nach der Eiszeit hat sich keineswegs bis heute eine dauernd steigende Erwärmung unseres Klimas bemerkbar gemacht, sondern es gab um die Bronzezeit herum eine besondere Wärmezeit, in der die Haselnuß und Wassernuß viel

weiter nach Norden verbreitet waren als heute. Im übrigen herrschte beim Zurückgehen des Eismantels bei uns zunächst eine an das Kälteklima angepasste Vegetation vom Charakter der nordischen Tundren mit kleinen Gletscherweiden, nordischen Moosen und anderen nordischen Pflanzen. Zu ihnen gehört unter anderem auch die hübsche Silberwurz (*Dryas octopetala*), ein Rosengewächs, nach der die Töne, in denen sich ihre Blätter finden, als *Dryastone* bezeichnet werden (vgl. Abb. 39).

Später wanderten Birken und Kiefern ein, und man bezeichnet diese Periode als Kiefern-Birken-Zeit. Danach kamen mehr Laubbäume und bildeten die Wälder der Eichen-Mischwald-Hasel-Zeit, in denen auch Erlen (*Alnus*), Linden und andere beigemischt waren. Dann folgt die bereits erwähnte Wärmezeit, die man als Eichen-Mischwald-Buchen-Zeit bezeichnen kann. Nach dieser treten wir allmählich in die heutigen Verhältnisse ein, die sich bereits lange vor unserer Zeitrechnung anbahnten. Bei der Feststellung dieser einzelnen nacheiszeitlichen Perioden hat die Untersuchung der Pollenflora (Pollenanalyse, „Palynologie“) hervorragende Dienste geleistet, ja im allgemeinen hat sie sogar die Hauptrolle gespielt, da auch in den Torflagern Blätter und Früchte aus diesen Zeiten nur untergeordnet erhalten geblieben sind.

RÜCKBLICK UND ZUSAMMENFASSUNG

Aus den vorliegenden Darlegungen ergibt sich, was wir bereits auf Seite 160 angedeutet hatten, nämlich eine Pflanzenfolge, die im großen und ganzen deutlich mit der Reihenfolge übereinstimmt, die das System des Pflanzenreichs vom Einfachen zum Vollkommenen fortschreitend auführt.

Wir hatten zuerst eine Algenzeit von den ältesten Perioden bis einschließlich zum Silur, danach eine Zeit der höheren Sporenpflanzen oder auch Gefäßkryptogamen, die mit dem Oberdevon be-

ginnt und durch die Steinkohlenformation hindurch bis zum Unteren Perm zu rechnen ist. Innerhalb dieser Entwicklungsperiode hatten wir noch eine Unterteilung vorzunehmen, indem wir am Anfang die Zeit der Psilophyten als die der einfachsten Gefäßkryptogamen abgesondert hatten, die dann in der Steinkohlenperiode selbst einen glanzvollen Aufstieg erlebten. Im Pflanzensystem und auch in der Entwicklung in den geologischen Perioden folgte dann die Herrschaft der Gymnospermen oder Nacktsamer, deren Vielfältigkeit wir in Gestalt der Nadelbäume, der Ginkgo-, Cycadeen-, Bennettiteen- und noch anderer Gewächse kennenlernten, die ungefähr mit dieser Periode wieder ausstarben, wie zum Beispiel die Bennettiteen, Nilssonien und Caytoniengewächse. Zuletzt folgt dann im Pflanzensystem wie auch der Zeitfolge nach die Neuzeit der Pflanzenwelt mit der Herrschaft der Angiospermen oder bedecktsamigen Gewächse, die heute noch andauert. Wenn sich auch manchmal in dem Auftreten gewisser Pflanzen und Pflanzenfolgen einzelne Unregelmäßigkeiten nicht leugnen lassen, so ist doch die ganze Pflanzengeschichte eine eindeutige Bestätigung der Deszendenztheorie, der Lehre von der allmählichen Fortentwicklung und Komplizierung der Pflanzenformen, und das ist das wichtigste Resultat, das wir von den Forschungen der Paläobotanik erwarten konnten. Dieses Resultat ist um so befriedigender, als man sich immer vor Augen halten muß, daß uns nur ein kleiner Teil der ehemaligen Pflanzenwelt überhaupt erhalten geblieben ist. Wir hatten bereits auf Seite 186 darauf hingewiesen, daß es fast nur Flachlandgewächse mit günstigerem, feuchtem Klima sind, von denen wir aus der Vorzeit Kunde haben, daß aber gewisse Pflanzenvereine, wie die Wüsten- und Steppenpflanzen, die Pflanzen der Gebirge und Hochgebirge nicht oder nur ausnahmsweise erhalten geblieben sind. Die Bemerkungen im letzten Abschnitt illustriert noch besonders deutlich die Tabelle auf Seite 154, die auch die Ungleichzeitigkeit der großen Ent-

wicklungsperioden der Tier- und Pflanzenwelt in anschaulicher Form zur Darstellung bringt.

URSACHEN DER ENTWICKLUNG

Zunächst läßt sich schon aus dem in der Einleitung Gesagten über das Entstehen der eigentlichen Organismen aus Eiweißklümpchen entnehmen, daß eine Tendenz zur Erzielung höherer Organisation vorhanden war. Es ergab sich das Bedürfnis, sich die im Wasser und in der Luft vorhandenen organischen Stoffe zum Aufbau des Körpers nutzbar und sich von dem Vorhandensein organischer Stoffe unabhängig zu machen. Die Ausgestaltung der Pflanzen und weiter die allmähliche Aufeinanderfolge der höheren Pflanzen im Laufe der Erdgeschichte läßt diese Tendenz ebenfalls erkennen. Als eine Ursache kann man auch den Zwang bezeichnen, dem die Pflanzen unterlagen, als sie versuchten, das Wasser als Element zu verlassen und das feste Land zu besiedeln. Diese Bemühungen lagen sehr nahe, da gewisse Formen an den Meeresküsten dauernd mit dem Festland in Berührung traten. Auf dem Festland standen ihnen die Gase der Luft noch leichter zur Verfügung als im Wasser, und so beginnt der Kampf der Eroberung des Landes. Heute sind die meisten größeren sichtbaren Pflanzen Festlandbewohner, gegenüber denen die Wasserbewohner zurücktreten. Hierbei muß man bedenken, daß viele hoch organisierte Wasserpflanzen, wie Seerosen und Laichkräuter, trotz ihres wäßrigen Elements als Landpflanzen zu bewerten sind, da ja ihre Standorte auf dem Festland liegen und sie sich dem Wasser nur angepaßt haben, wie umgekehrt die großen Meeressäuger und fischartigen Saurier sich von Landtieren wieder zu Wassertieren entwickelt haben. Das Festlandleben brachte weiter den Zwang mit, die Pflanzen zu stützen, was die Wasserpflanzen nicht nötig haben. Ferner mußten sie möglichst durch Ausbildung einer größeren Pflanzenoberfläche

das Licht besser ausnutzen. Dem gleichen Zweck dient die verschiedene Höhe der Luftpflanzen – Kräuter, Sträucher und Bäume –, die schließlich in Etagen übereinander auf demselben Boden zusammen wachsen, so daß unten die Kräuter, darüber Sträucher und oben die Baumkronen sich befinden.

Ein weiterer Zwang der Entwicklung bestand darin, die Fortpflanzungsorgane weitgehend zu schützen. So finden wir nach der Algenzeit zunächst die Gefäßkryptogamen mit getrennter, wasserbedürftiger geschlechtlicher Generation, dann die Nacktsamer, bei denen die Samen ungeschützt offen daliegen. Bei den Bedecktsamigen, höchsten Pflanzen, müssen die Früchte erst geöffnet werden – sei es von selbst, sei es mit Hilfe von Tieren –, damit die Samen frei werden und auf dem Boden auskeimen können. So ergab sich als Ursache der Entwicklung bei den Pflanzen das Bedürfnis, eine höhere Organisationsstufe zu erreichen, die der besseren Erhaltung der Art der Pflanze diene und zugleich einen sparsameren Stoffverbrauch, wie bei den Insektenblütlern, mit sich brachte. Dabei war es nötig, daß sich die Pflanzen an die Eigentümlichkeiten der verschiedenen Lebensräume anpaßten, deren Eigenart wiederum zur Entstehung von neuen Formen und Besonderheiten der Pflanzenformen führte, die zum Vorteil der Pflanzen ausgebildet wurden. Die Fähigkeit der Pflanzen, neue Formen hervorzubringen, haben die Menschen im Laufe der Geschichte sich zunutze zu machen verstanden. Während die Natur durch ihre Bedingungen die am besten angepaßten Formen in langen Zeiträumen ausgelesen hat (natürliche Auslese), hat der Mensch in der relativ kurzen geschichtlichen Zeit die seinen Bedürfnissen entsprechenden Pflanzen in Kultur genommen und durch Auslese die ihm geeignetsten ausgesucht (künstliche Auslese), aus denen dann die Kulturpflanzen von heute entstanden sind.

Wie die seit längerer Zeit in der Sowjetunion und auch in anderen Ländern erzielten Erfolge in

der Neuzüchtung zeigen, läßt sich auch auf diesem Wege noch viel mehr und in viel kürzerer Zeit erreichen, wenn man die Mannigfaltigkeit der Faktoren, die eine Veränderung von Pflanzen zu neuen Formen beeinflussen, näher erforscht hat und kennt. Diese Faktoren haben im Verlaufe von etwa zwei Milliarden Jahren aus winzigen einzelligen Lebewesen das so formenreiche und

vielgestaltige „Pflanzenkleid der Erde“ von heute entstehen lassen. Die Erforschung der Geschichte dieses Pflanzenkleides, die wir in ihren Hauptzügen soeben verfolgt haben, liefert uns wertvolle Erkenntnisse über diese Faktoren und damit eine Handhabe, das Pflanzenkleid nach unseren Wünschen und Bedürfnissen noch weiter zu verändern.

WOHER DIE TIERE KOMMEN

DR. WINFRIED REMY

IM vorigen Kapitel haben wir die Entwicklung der Pflanzenwelt von den Anfängen bis zur Jetztzeit verfolgt. Pflanzen und Tiere haben einen gemeinsamen Ursprung und entwickelten sich aus einfachen, primitiven Formen. In diesen ersten Lebensformen werden Pflanze und Tier kaum zu unterscheiden gewesen sein. Es ist selbst bei einigen heute lebenden Organismen schwierig zu sagen, ob es sich um Pflanzen oder um Tiere handelt.

Die Tiere, welche im Gegensatz zu den autotrophen Pflanzen heterotrophe Organismen sind, konnten erst nach dem Vorhandensein pflanzlicher Lebewesen entstehen, die ihnen die zu ihrer Ernährung notwendigen organischen Substanzen lieferten.

Das Leben ist, wie mit ziemlicher Sicherheit vermutet werden darf, in den sonnenbeschiedenen Randzonen des Meeres entstanden. Seitdem hat es sich in den jeweils vorhandenen Formen so weit wie möglich ausgedehnt, hat alle Lebensräume erobert und alle Lebensformen, soweit es mit den jeweiligen Gestaltungsplänen möglich war, verwirklicht. Spezielle Anpassungen eines Organismus an einen anderen, wie beispielsweise die Symbiose, gibt es schon sehr früh. Als Lebensregionen auf der Erde unterscheiden wir das Meer, das Festland, das Süßwasser und die Luft. Diese Lebensräume wiederum lassen sich nach Licht-, Wärme- und Feuchtigkeitseinfluß unterteilen.

Um uns einen systematischen Überblick zu verschaffen, wollen wir die jetzt lebende Tierwelt mit der Tierwelt der Vorzeit vergleichen. (Siehe Tabelle III am Schluß des Buches.) In dieser Tabelle sind alle Stämme und die wichtigsten Klas-

sen des Tierreiches aufgeführt. Unter Stämmen verstehen wir im Tierreich Gruppen, die durch ein gemeinsames Merkmal verbunden sind, zum Beispiel Arthropoda (Gliederfüßer); allen gemeinsam sind das Außenskelett und die gegliederten Gliedmaßen. Ein weiteres Beispiel wären die Vertebraten (Wirbeltiere), denen das Innenskelett und die Wirbelsäule (Chorda dorsalis) gemeinsam sind. Klassen sind Kategorien, deren Angehörige in weit größerem Maße übereinstimmen. So stimmen die Angehörigen der Klasse Insecta z. B. durch das Merkmal der sechs Beine überein. In der Tabelle ist das geologische Alter und Erscheinen der Klassen eingetragen. Außerdem ist jede Klasse sowohl durch einen der ältesten wichtigen Vertreter als auch durch eine jetzt lebende Form symbolisiert. Die Einzelheiten der Entwicklung werden in den folgenden Kapiteln eingehend beschrieben. Beim Betrachten der Übersicht fällt uns auf, daß im Laufe der Erdgeschichte ganze Tiergruppen ausgestorben sind. Es fragt sich daher, wie wir überhaupt Kunde von der Existenz der Vertreter dieser Tiergruppen erhalten haben. Um auf diese Frage einzugehen, müssen wir weit zurückgreifen.

Bereits vor mehr als zwei Jahrtausenden fiel es guten Naturbeobachtern auf, daß in den Erdschichten tier- oder pflanzenartig aussehende Steine oder Abdrücke im Gestein vorkommen. Xenophanes von Kolophon (614 v. u. Z.) berichtet schon von versteinerten Fischen und anderen Meerestieren sowie von Lorbeerblättern im Gestein von Paros und Syrakus. Später wurden derartige Funde als Naturspiele, „ludus naturae“ (Zufallsgebilde), gedeutet. Erst vor zwei

Jahrhunderten begann man, sich eingehender mit diesen Versteinerungen zu beschäftigen.

Eine Versteinerung ist der in den Erdschichten eingebettete Rest eines ehemaligen Lebewesens. Seine Substanz ist meist nicht mehr ursprünglich; sie ist stark verändert oder fehlt, so daß oft nur ein Abdruck des ehemaligen Lebewesens erhalten bleibt. Um überhaupt den Begriff Fossil oder Versteinerung erfassen zu können, müssen wir uns mit der Entstehung der Fossilien befassen.

Allgemein ist zu sagen, daß fast jedes Lebewesen fossil werden kann. Vorbedingung ist jedoch, daß es, dem Luftsauerstoff entzogen, in eine Umgebung gerät, in der es von feinkörnigen Sedimenten überdeckt und nach dieser Überdeckung nicht wieder den zerstörenden Kräften der Atmosphären preisgegeben wird. Der Abschluß vom Luftsauerstoff kann auf sehr unterschiedliche Weise erfolgen. Am einfachsten und sichersten geschieht er z. B. bei Wasserlebewesen oder im Sumpfgelände lebenden Tieren durch Bedeckung der Organismen mit Wasser und daran anschließende rasche Überdeckung mit einem Sediment. Die Einbettung in ein Sediment erfolgt am häufigsten in einem Schwebstoffe führenden Wasser. Die aus feinstem Sand, Ton oder anderer zum Teil organischer Substanz bestehende Trübe setzt sich ab und bedeckt die organischen Reste. Eine andere Möglichkeit, z. B. bei Landlebewesen, ist schnelles Überdecken mit feinem Sand oder Ton. Dies ist auf größeren, wenig oder gar nicht bewachsenen Flächen, wie im Dünen Gelände oder in Lößwüsten, häufig der Fall. Organische Substanz kann aber auch in Asphalt oder in Eis konserviert werden und so für spätere Zeiten erhalten bleiben.

Speziell ist zu sagen, daß tierische und pflanzliche Fossilien auf grundverschiedene Art erhalten bleiben. Bei Tieren sind es in der Regel die Hartteile, die uns überliefert werden, da die Weichteile verwesen; so bei den Invertebraten (wirbellosen Tieren) die äußeren Hartteile, die Schalen oder Panzer. Wir finden hier also die

leeren Schnecken- oder Muschelschalen, die Skelette der Korallen und die Panzer von Krebsen und ähnlichen Tieren. Alle diese Hartteile lassen bei guter Erhaltung sehr viele, zur systematischen Einstufung wichtige Einzelheiten erkennen.

Bei den Vertebraten (Wirbeltieren) dagegen sind es die inneren Hartteile, das Knochenskelett mit seinen teilweise äußeren Anhängseln, die uns erhalten bleiben. Gelegentlich finden sich ganze Skelette von Fischen, Amphibien, Reptilien oder sogar Säugetieren. Meist sind es aber nur einzelne Knochen, Fischschuppen oder Zähne, die uns überliefert werden. Schon diese Einzelteile des Skelettes können aber so charakteristisch sein, daß man die Reste in das System des Tierreiches einordnen kann. Von manchen Wirbeltieren kennen wir nur die Fährtenreste und müssen versuchen, uns allein daraus eine Vorstellung von dem Tier zu machen. Nur in wenigen besonders günstigen Fällen sind Muskelpartien, Fellreste usw. überliefert.

Vorbedingung ist immer, wie bereits gesagt, daß die Organismen von einem feinkörnigen, weitgehend luftundurchlässigen Sediment überdeckt werden. Nur so ist es möglich, daß Form und Skulptur in allen Einzelheiten vom Gestein übernommen werden und erhalten bleiben. Ganz anders ist es bei den Pflanzenresten. Besonders wichtig ist dort die kohlige Erhaltung, die bei Tierresten nur ganz selten vorkommt. Neben dieser Art der Erhaltung kommen Pflanzen- und auch Tierreste als Verkieselungen oder in Dolomiterhaltung bzw. Vererzung vor. Diese Reste werden einerseits nach der äußeren Gestalt, andererseits mit Hilfe von Dünnschliffen unter dem Mikroskop untersucht.

Es ist für die Wissenschaft von großer Bedeutung, daß, obgleich häufig nur einzelne Teile erhalten bleiben, die Möglichkeit besteht, die Tiere zu bestimmen und mit den lebenden Tiergruppen zu vergleichen. Die Bestimmung der fossilen Tiere und ihre Eingliederung in das System der Tiere erfolgt auf Grund äußerer Merkmale. Diese Tatsache ist wichtig und beson-

ders zu beachten, da die jetzt lebenden Tiere im allgemeinen nach anderen Gesichtspunkten in das System eingereiht werden. Obwohl der Paläontologie oft nur äußere Merkmale zur Verfügung stehen, kommt sie prinzipiell zu den gleichen Ergebnissen wie die Zoologie. Die Grundlagen des heutigen Systems wurden von Linné (1707 bis 1778) geschaffen.

Zu den Männern, die sich genauer mit dem Vorkommen fossiler Tiere in den Erdschichten beschäftigten, gehörte auch der Engländer W. Smith (etwa um 1815). Er gelangte zu der richtigen Ansicht, daß in den verschiedenen Erdschichten jeweils andere Tierarten vorkommen, und folgerte, daß sich der Formenreichtum der Tierwelt im Laufe der Erdgeschichte geändert hat. W. Smith war auch der erste, der an die praktische Nutzanwendung dieses Formenwechsels dachte und die Meinung aussprach, daß man auf Grund bestimmter Tiergemeinschaften Rückschlüsse auf das Alter dieser Schichten ziehen könnte. Auf Grund dieser Erkenntnisse hat man die Erdgeschichte nach der Entwicklung der Tierwelt, in Verbindung mit der Pflanzenwelt, gegliedert. (Vergleiche die Tabellen I bis IV am Schluß des Buches.)

Wenn wir die in den einzelnen Formationen aufgeführten Tiergruppen und die allgemeine Entwicklung des Lebens vom Kambrium bis zur Gegenwart überschauen, erkennen wir drei große Perioden. Diese als Paläozoikum, Mesozoikum und Neozoikum bezeichneten Zeitabschnitte sind jeweils durch das Vorherrschen bestimmter Tiergruppen, Tiervergesellschaftungen und die Weiterentwicklung einzelner Formenkreise charakterisiert. Die für das Tierreich geltenden großen Einschnitte in der Höherentwicklung liegen jeweils etwas später als die Entwicklungseinschnitte des Pflanzenreiches (siehe Tabelle II). Diese für die Gesamtheit des Lebens charakteristische Weiterentwicklung ist bei den Tieren, die meist nicht wie die Pflanzen ortsgebunden sind, viel auffälliger und vielgestaltiger. Als Parallele zwischen

Pflanzen- und Tierreich könnte man hervorheben, daß in beiden Reichen, einzellige und mehrzellige Formen vorkommen. Sowohl Pflanzen als auch Tiere haben im Meer ihren Ursprung und werden von diesem Medium ausgehend das Festland erobert haben. Die Besiedlung des Festlandes verlangte, wenn sie für dauernd erfolgen sollte, eine Umgestaltung des Atmungsapparates, einen Schutz gegen das Austrocknen der lebenswichtigen Körperflüssigkeit und die Entwicklung von Stützorganen, die bei den Tieren auch zum Teil der Fortbewegung dienen. Die Tiere, die ihre Nahrung in den meisten Fällen aktiv, durch Suchen, erwerben, bilden besondere Organe, wie Augen, Ohren und Nase, aus. Diese Organe, wie auch die Atmungs- und Verdauungsorgane, werden vom Zentralnervensystem gesteuert; nur dadurch ist eine sofortige Reaktion der tierischen Lebewesen auf einen Reiz möglich. Eine derartige zentrale Steuerung von Organen kennen wir bei den Pflanzen nicht. Für die Tiere kommt zu diesen Umstellungen noch die des Wärmehaushaltes.

Während das Meereswasser nur geringe Temperaturschwankungen im Jahresablauf aufweist, ist das auf dem Festland ganz anders. Hier sind in der Regel schon stärkere Schwankungen in einem einzigen Tagesablauf, besonders aber im Verlaufe eines Jahres (Jahreszeiten) festzustellen. Bei allen wirbellosen Tieren und den Wirbeltieren, ausgenommen die Säuger und Vögel, gleicht sich die Körpertemperatur der Umwelttemperatur weitgehend an. Diese Tiere werden daher als wechselarm bezeichnet. Die Körpertemperatur der Meereslebewesen ist infolge der nur geringen Temperaturschwankungen des Meereswassers im Jahresablauf nur geringen Änderungen unterworfen. Anders ist es bei den Süßwassertieren, besonders aber bei den das Festland bewohnenden Lebewesen. Hier kann die für einen normalen Ablauf des Lebensvorganges, besonders für den Ablauf der Stoffwechselvorgänge notwendige Temperatur nicht

zu allen Jahreszeiten aufrechterhalten werden. Unterhalb gewisser Temperaturen, die artlich verschieden liegen, hört daher der Stoffwechsel fast ganz auf, und die Tiere fallen in Kältestarre, in den den meisten Lesern aus der heimatlichen Tierwelt bekannten Winterschlaf.

Gegenüber den wechsellarmen sind die gleichwarmen Tiere (Warmblüter), die Vögel und Säuger, von den Umwelttemperaturen fast unabhängig. Ihre Körpertemperatur bleibt bis auf geringe Schwankungen konstant und liegt meist höher als die Umgebungstemperatur. Die Säugetiere sind, was Spezialisierung und Vervollkommnung der Entwicklung betrifft, am weitesten fortgeschritten. Sie zeichnen sich, ganz kurz aufgezählt, von den übrigen Tiergruppen durch hochentwickelte Sinnesorgane, stark ent-

wickeltes Zentralnervensystem und Gehirn, Warmblütigkeit und Ernährung der Embryonen im Mutterkörper aus.

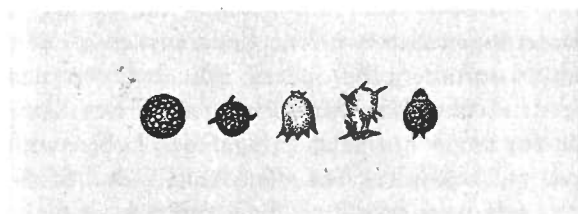
Aus dem Stamm der Säugetiere entwickelte sich der Mensch, der sich durch seine geistigen Fähigkeiten von den übrigen Säugern stark unterscheidet. Man darf aber auf Grund dieser Charakterisierung die übrigen Lebensformen nicht für untüchtig halten; in dem großen Kreislauf der Natur erfüllen sie alle ihren Sinn und sind, für sich gesehen, vollkommen entwickelt und lebensstüchtig.

Nach dieser kurzen allgemeinen Charakteristik der Entwicklung der Tierwelt wollen wir auf das Erscheinen der verschiedenen Tierstämme und der wichtigsten Formen im Laufe der Erdgeschichte näher eingehen.

DIE TIERWELT IM ARCHAIKUM UND ALGONKIMUM

Aus dem Archaikum kennen wir keine Lebensspuren oder Reste von Lebewesen. Auch im darauffolgenden Algonkium sind trotz der teilweise recht guten Erhaltung der Gesteine die Spuren der Entwicklung des Lebens äußerst lückenhaft. Daher wurde das Algonkium (Präkambrium) früher zum größten Teil als von Lebensspuren frei angesehen. Daß das aber nicht der Fall ist, zeigen uns die zum Teil gut

Abb. 1. Die ältesten bisher gefundenen Radiolarien (Strahlentierchen) aus dem Präkambrium (Algonkium) der Bretagne. In ihrer Gehäuseform stimmen sie mit jetzt lebenden Gruppen weitgehend überein. Nach Cayeux, aus v. Bubnoff.



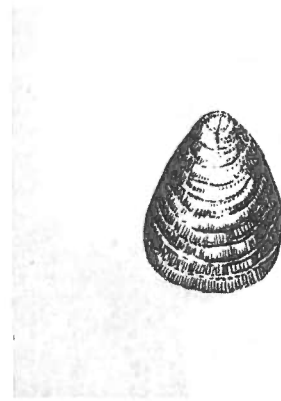
erhaltenen Reste von Tieren und Pflanzen, die in Nordamerika und Australien gefunden wurden. Diese Funde stammen alle aus dem jüngeren Algonkium. Das Leben dieser Zeit war, soviel wir wissen, nur auf das Meer beschränkt. Auch in den nachfolgenden Zeiten finden wir vorerst keine Landlebewesen. Aus dem Algonkium sind schon relativ hoch entwickelte Formen tierischer Reste bekanntgeworden. Daraus läßt sich schließen, daß die Organismen bis zu diesem Zeitpunkt schon eine lange Entwicklungsgeschichte durchlaufen hatten.

An Einzellern (Protozoa) kennen wir aus dem Jungalgonkium Radiolarien (Strahlentierchen), mikroskopisch kleine Lebewesen, die von einem Kieselskelett umgeben sind (Abb. 1). Die Radiolarien gehören zur Klasse der Wurzelfüßer (Rhizopoda), die aus den Poren ihrer Skelette feine fadenförmige Protoplasmafortsätze austreten lassen. Sie dienen zum Teil als Schweborgane, zum Teil dem Nahrungsfang. Diese

Lebewesen, die wir auch heute noch kennen, führen eine planktonische Lebensweise, d. h., sie treiben passiv in den Meeren. Sie bilden, wie viele andere kleine, dem Plankton zugerechnete Pflanzen und Tiere, die Nahrung größerer Wasserlebewesen. Neben diesen in ihrem Außenskelett sehr kunstvoll und kompliziert gebauten Einzellern kennen wir schon höher entwickelte Vielzeller. Hier seien die Armfüßer (Brachiopoden – siehe Seite 203), eine noch heute lebende Tiergruppe, genannt. Die Brachiopoden sind im Jungalgonkium mit kleinen hornschaligen, schloßlosen Formen vertreten (Abb. 2).

Als am höchsten entwickelte Lebewesen dieser Zeit wären Vertreter vom Stamme der Gliederfüßer (Arthropoden) zu nennen. Doch sind diese Funde in ihrer Deutung zum Teil noch umstritten.

Abb. 2. Lingulella (Brachiopode, Armfüßer), ein sehr altes Brachiopodengeschlecht. Diese Form gehört zu den schloßlosen (inarticulaten), hornschaligen Brachiopoden. Nach Brinkmann.



Über die spärliche Überlieferung der Lebensreste aus dem Algonkium hat man verschiedene Theorien aufgestellt. Einige Forscher nehmen an, daß die Organismen damals noch keine Hartteile, wie z. B. Schalen, gebildet hatten, andere wieder glauben, daß durch zu hohen CO_2 -Gehalt des damaligen Meeres die Schalen oder sonstige Skelettelemente wieder aufgelöst worden seien.

DIE TIERWELT IM PALÄOZOIKUM

Im Paläozoikum erreicht das tierische Leben seine volle Entfaltung. In diesem Zeitraum erscheinen alle Stämme des Tierreiches. Es fällt auf, daß, im Gegensatz zu dem eben besprochenen fossilarmen Algonkium, schon aus der ältesten Formation des Paläozoikums, dem Kambrium, ein äußerst reiches Leben überliefert ist. Eine weitere sprunghafte Entwicklung findet im Silur statt. Im älteren Paläozoikum wird die Vielfalt der Lebewesen hauptsächlich von den Invertebraten, den wirbellosen Tieren, hervorgerufen. Diese sind im älteren wie aber auch im jüngeren Paläozoikum durch die Dreilapper (Trilobiten), die Nautilusartigen (Nautiloideen), die Ammonshörner (Ammonoideen) und die Armfüßer (Brachiopoden) sowie teilweise durch die Korallen vertreten. Unter den Wirbeltieren des Paläozoikums sind die Panzerfische und die Amphibien besonders wichtig. Die Amphibien bringen eine große Formenzahl hervor und sind

bis zum Perm die herrschenden Landtiere. Gegen Ende des Paläozoikums nehmen auch die Reptilien an Mannigfaltigkeit zu und repräsentieren vom Perm bis zur Kreide die dominierenden Landtiere.

KAMBRIUM

Die im Kambrium sowohl an Art- wie auch an Individuenzahl hervortretende und dieser Zeit das Gepräge gebende Tiergruppe sind die Dreilapptiere (Trilobiten), die jetzt in die Nähe der Arachmorpha (spinnenartigen Tiere) gestellt werden. Die Dreilapptiere zeichnen sich, wie schon ihr Name andeutet, durch ihre Dreiteilung aus (Abb. 3). Diese ist sowohl in Richtung der Längsachse als auch in der Querrichtung deutlich ausgeprägt. In Richtung der Längsachse des Tieres können wir einen Kopfschild, den Rumpf und den Schwanzschild unterscheiden. Der Kopfschild hat in der Mitte

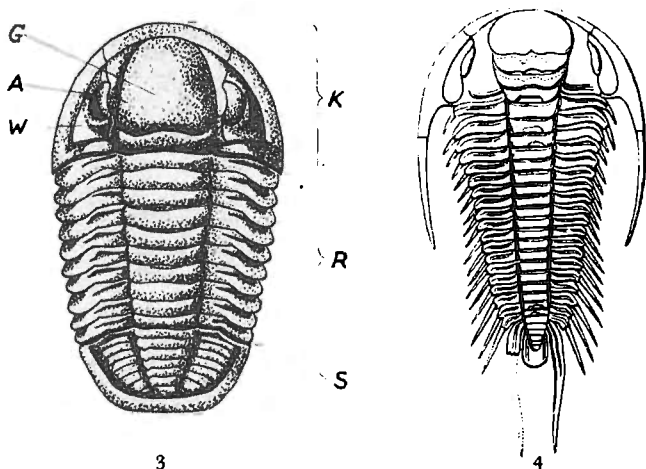


Abb. 3. Schema eines Trilobitenpanzers (Dreilapptier). Die Dreiteilung ist sowohl in der Längs- als auch in der Querrichtung deutlich erkennbar. (Etwa nat. Gr.)

K = Kopfschild mit den Wangen (W), der Glabella (G) und den Augen (A).

R = Rumpfpanser; er besteht aus vielen, meist gleichartig gebauten Gliedern. Die Vorderkanten der Glieder sind als Gleitflächen ausgebildet und ermöglichen den erdgeschichtlich jüngeren Formen das Einrollen. (Vergleiche dazu Abb. 17.)

S = Schwanzschild; bei der Mehrzahl der erdgeschichtlich älteren Formen ist der Schwanzschild klein, während er bei den jüngeren Formen die Größe des Kopfschildes erreicht.

Abb. 4. *Paradoxides* (Trilobit, Dreilapptier) aus dem Mittlen Kambrium Böhmens. Der Kopfschild ist in zwei lange Stacheln ausgezogen. Der Schwanzschild ist bei dieser Form noch klein. Aus Zittel. (Etwa nat. Gr.)

einen Längswulst, die Glabella (Glatze) und daneben die Wangen. Auf den Wangen stehen die Augen, die als Einzel- oder Facettenaugen ausgebildet sein können. Bei einigen Formen fehlen die Augen. An der Unterseite des Kopfschildes befindet sich der Kauapparat. Der Rumpf oder Thorax wird durch eine größere Anzahl im allgemeinen gleichartig gebauter Segmente gebildet, die ebenfalls in einen Mittelteil (Spindel) und in Seitenteile (Pleuren) gegliedert sind. Der Schwanzschild ist bei den kambrischen Formen sehr klein und kann durch Stacheln oder Höcker verziert sein (Abb. 4). Der Rückenpanzer der Trilobiten ist, ganz ähnlich wie bei den Krebsen,

aus Chitin, dem Kalksalze eingelagert sind, aufgebaut. An den Rändern ist der Panzer zur Bauchseite hin umgeschlagen. Die Trilobiten sind marine Tiere, die sich teils kriechend, teils aber auch schwimmend fortbewegt haben werden. Entsprechend der unterschiedlichen Lebensweise sind auch die Augen, wie schon erwähnt, verschieden ausgebildet. Die Trilobiten haben eine Vielfalt von Formen hervorgebracht, lassen aber immer die eben angegebene Dreiteilung erkennen (Abb. 3). Ihre Größe schwankt von weniger als einem Zentimeter bis zu etwa einem halben Meter. Einige Formen (wie z. B. *Acidaspis* oder *Lichas*, Abb. 18) haben durch lange Stacheln ein abenteuerliches Aussehen. In einigen Fällen kennen wir Jugend- und Altersstadien und sind somit über die Entwicklung einiger Arten gut unterrichtet (Abb. 5). Die Stammesgeschichte der Trilobiten ist noch unklar. Mit Beginn des Kambriums treten sie uns schon in ihrer vollen Entwicklung entgegen. Es ist anzunehmen, daß sie von annelidenartigen Vorfahren abstammen, worauf unter anderem die Gliederung des Körpers hindeutet. (Anneliden = Gliederwürmer, zu denen z. B. der Regenwurm gehört.) Mit dem Ausgang des Paläozoikums erlöschen sie anscheinend ohne Nachkommen. Man erkennt schon an diesem Beispiel, daß wir über die fossilen Tiere recht gut unterrichtet und daß die Aussagen durch Belegmaterial gestützt sind, wie die Abbildungen zeigen.

Eine weitere uns schon im Algonkium begegnete Tiergruppe, die im Kambrium eine reiche Ent-

Abb. 5. Entwicklungsstadien des Trilobiten *Sao hirsuta* aus dem böhmischen Kambrium. Jede Häutung ergibt ein neues Segment zwischen Kopf- und Schwanzschild, bis die definitive Zahl erreicht ist. Nach Barrande, aus Endriss. (3mal vergr.)

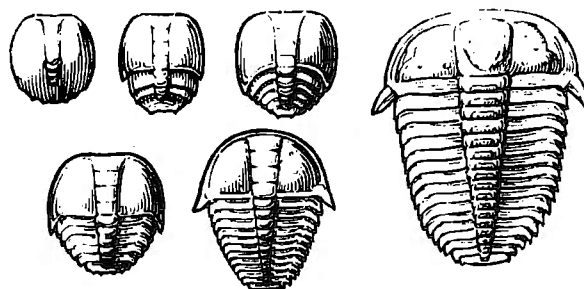
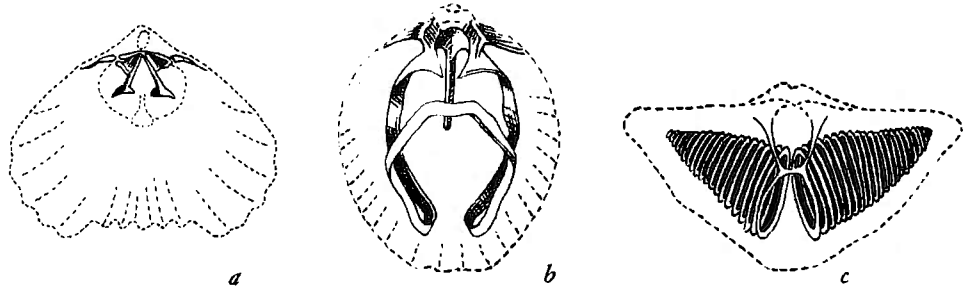


Abb. 6. Schema der wichtigsten kalkigen Armgerüsttypen bei den Brachiopoden (Armfüßern).

a) Nur Häkchen entwickelt, z.B. bei Rynchonellen,
b) spiralförmig, z.B. bei Spiriferen,
c) schleifenförmig, z.B. bei Terebrateln. (Vergr.)



faltung aufweist, sind die Armfüßer (Brachiopoden). Sie gehören zu dem Stamm der Weichtierartigen (Molluscoidea). Das Kennzeichen der Brachiopoden ist ihr (früher für Arme gehalten) Atmungsapparat. Vielfach werden die Brachiopoden mit den Muscheln verwechselt, da diese ebenfalls zwei Schalen besitzen. Beide Tiergruppen haben aber miteinander nichts gemeinsam. Während die Muscheln zweiseitig angeordnete Schalen haben, so daß man von einer rechten und einer linken Klappe spricht, haben die Brachiopoden eine Rücken- und eine Bauchklappe. Für die Systematik der Brachiopoden ist die Gestalt des Armgerüstes wichtig. Bis auf die Inarticulaten (schloßlosen Formen), zu denen die ältesten Vertreter und die noch lebende Lingula gehören, haben, bis auf wenige Ausnahmen, alle Formen der Articulaten (schloßtragenden Formen) ein kalkiges Armgerüst. Dieses Gerüst dient als Stütze der fleischigen, als „Arme“ bezeichneten Respirationsorgane. Das kalkige Stützgerüst und die fleischigen Arme sind symmetrisch ausgebildet. Als wichtige Typen des Armgerüstes unterscheidet man (siehe Abb. 6):

- a) das ancistropegmate, bei dem nur kalkige Häkchen (Crura) ausgebildet sind,
- b) das ancylopegmate, mit Crura und Kalkschleifen,
- c) das helicopegmate, mit spiralig gerolltem Kalkgerüst.

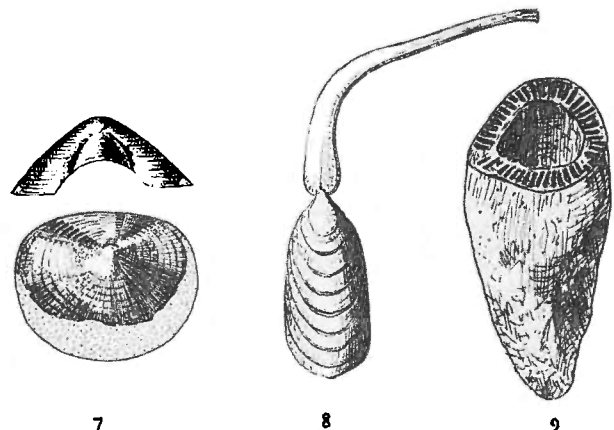
Die beiden letzten Typen werden je nach der Ausbildung der Schleife bzw. der Kalkspirale noch weiter untergliedert. Die Untersuchung des

kalkigen Stützapparates geschieht bei dem fossilen Material meist mit Hilfe von An- und Dünnschliffen. Der Anschaulichkeit halber sind die wichtigsten Typen in Abbildung 6 dargestellt. Neben dem Armgerüst spielt auch die Ausbildung der Schloßregion und des Stielloches eine Rolle. Im Kambrium sind die hornschaligen, inarticulaten Brachiopoden besonders häufig vertreten (Abb. 7). Genau wie die noch heute lebende Lingula (Abb. 8), die die Vertreterin einer sehr alten Gruppe ist, waren auch die fossilen Armfüßer teilweise mit einem Stiel an einer Unterlage festgeheftet.

Abb. 7. *Paterina* (Brachiopode) aus dem Kambrium. Diese Form gehört zu den schloßlosen, hornschaligen Brachiopoden. Nach Zittel. (Vergr.)

Abb. 8. *Lingula anatina* (Brachiopode, Armfüßer), noch lebende Vertreterin der schloßlosen, hornschaligen Brachiopoden. (Vergr.)

Abb. 9. *Archäocyathus* (Spongie), Kieselschwamm aus dem Kambrium. Der Schwammkörper ist becherförmig, aus zwei Schichten aufgebaut. Die Archäocyathiden wurden früher zu den Korallen gerechnet. Sie bildeten im Kambrium der Lausitz, Sardinien, Spaniens und Sibiriens ganze Rasen, die wohl infolge günstiger Lichtverhältnisse und immer wieder neuer Besiedlung zu riffartigen Bildungen führten. Nach Kuhn. (Etwa nat. Gr.)



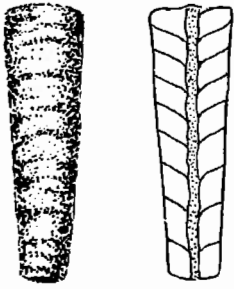


Abb. 10. Volborthella (Cephalopode), ältester Kopffüßer aus dem Unterkambrium. Die Volborthellen sind nur wenige Millimeter lang. Daß sie echte Cephalopoden sind, geht daraus hervor, daß die Gehäuse gekammert sind und die Scheidewände einen Durchlaß für den Siphon haben. Nach Brinkmann. (Vergr.)

Abb. 11. Schema eines Graptolithen.

Anfangskammer (Sicula) (A) mit dem Nema (Röhre), das die einzelnen Thecen (T) miteinander verbindet. Nach Abel. (Vergr.)

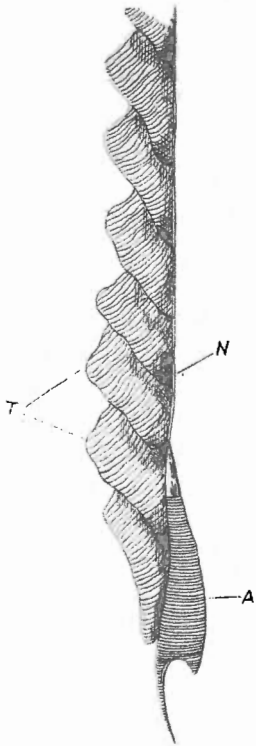
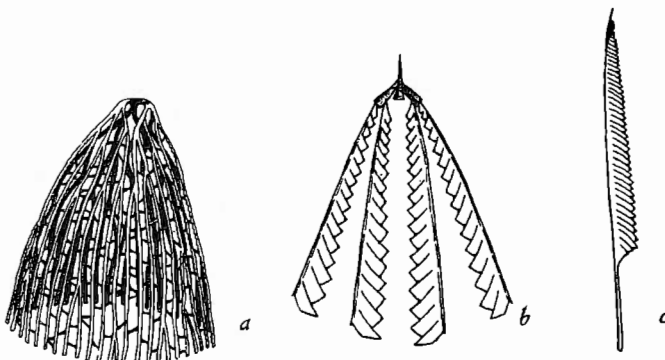


Abb. 12. Graptolithen. (Vergr.)

- a) Älteste bekannte Form der Graptolithen. Es handelt sich um netzartig verzweigte Kolonien.
- b) Form aus dem Untersilur (Ordovizium), bei der die Sicula (Anfangskammer) und die Thecen (Wohnkammern) in derselben Richtung angelegt sind.
- c) Form aus dem Obersilur, bei der die Thecen in entgegengesetzter Richtung zur Anfangskammer angelegt sind. Nach Brinkmann und Endriss.



Unter den Spongien (Schwämmen), die die einfachsten Vielzeller (Metazoa) sind, tritt im Kambrium eine Gruppe der Kieselschwämme auf, die sich durch becherförmigen Bau auszeichnet. Diese als Archäocyathiden bezeichneten Schwämme sind nur auf das ältere Paläozoikum beschränkt (Abb. 9).

Von den Kopffüßern (Cephalopoden – siehe Seite 207), einer zu den Weichtieren (Mollusken) gehörenden Tiergruppe, die uns vom Silur an besonders beschäftigen wird, kennen wir aus dem Unterkambrium die älteste Form (Abb. 10). Das Gehäuse ist stabförmig und nur einige Millimeter lang. Es ist anscheinend auch noch nicht rein kalkig ausgebildet wie bei den jüngeren Formen. Die Kammerung und die Siphonalduten beweisen die Zugehörigkeit zu den Cephalopoden. Neben diesen genannten Tiergruppen kennen wir aus dem Kambrium Einzeller (Protozoa), Schnecken (Gastropoda) und Wurmbauten.

Es fehlen im Kambrium noch an wichtigen marinen Formen die Muscheln (Lamellibranchiata), die Seeigel (Echinoidea) und Seesterne (Asteroidea) sowie die Fische als Vertreter der Wirbeltiere (Vertebraten).

SILUR

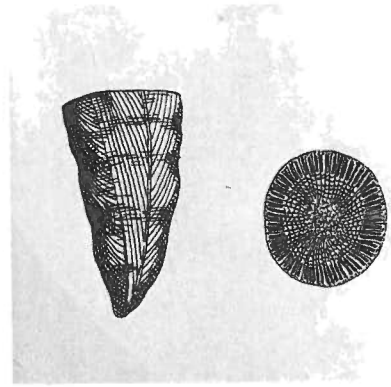
Wie aus dem Kambrium und allen früheren Zeiten sind uns auch aus dem Silur nur marine Lebewesen überliefert worden. Die wichtigste, das Silur kennzeichnende Tiergruppe sind die Graptolithen. Sie sind, genau wie die im Kambrium so wichtigen Trilobiten, eine vollkommen ausgestorbene Tiergruppe. Ihre Deutung und systematische Gliederung ist daher noch umstritten. Es handelt sich um kolonienbildende Tiere. Jedes einzelne Individuum hat eine eigene tassen- oder tütenförmige Kammer (Theca), und viele solcher Thecen sind zu verästelten oder einfach länglich stabförmigen, sägeblattartigen Kolonien von wenigen Zentimetern Länge vereinigt (Abb. 11 und 12). Das Außenskelett dieser

Tierkolonien ist aus Chitin aufgebaut. Diese Substanz ist ein dem Tierreich eigener Baustoff, der nur noch bei den Pilzen im Pflanzenreich auftritt. Aus einer Anfangszelle (Embryonalzelle, Sricula) entstehen die einzelnen Kolonien, indem sich weitere Thecen an die Sricula anbauen. Die neuen Thecen können dabei entweder in derselben Richtung wie die Sricula oder aber entgegengesetzt wachsen. In dem letzteren Falle befinden sich ihre Öffnungen auch in entgegengesetzter Richtung zur Sricula. Die jüngeren Formen im Obersilur (Gotlandium) sind fast ausschließlich in der zuletzt angegebenen Art gebaut. Bei ihnen ist ein Achsenstab (Virgula) ausgebildet, der eine die Thecen miteinander verbindende Röhre (das Nema) durchzieht. Diese Tierkolonien lebten, soweit wir wissen, in der Mehrzahl planktonisch, d. h., sie setzten sich an treibenden Gegenständen fest und ließen sich mittreiben, oder aber sie trieben mit Hilfe einer gasgefüllten Blase mit der Meeresströmung. Schon mit dem Ende des Silurs starben die echten Graptolithen nachkommenlos aus. Infolge ihrer stetig sich ändernden Formenfülle läßt sich der Zeitraum des Silurs nach ihrem Gestaltenwandel in 37 Stufen untergliedern. In ihrer Entwicklung macht sich die Tendenz von verzweigten Formen zu einfachen, unverzweigten Formen bemerkbar.

Im Silur treten vom Stamm der Nesseltiere (Cnidaria) die ersten Korallen (Anthozoa) auf. Es sind Formen, die nicht, wie die lebenden Korallen, zyklisch in der Sechszahl angeordnete Septen haben, sondern fiedrig in der Vierzahl aufgebaute Septen besitzen. Zunächst sind es Einzelformen, die mehr oder weniger kelch- bis hornförmig aussehen (Abb. 13).

Die Korallen sind in der Mehrzahl kolonienbauende, sessile (festsitzende) Lebewesen. Sie bilden hornige oder kalkige Skelette, die meist Innenskelette sind. Die uns aus dem Paläozoikum bekannten Vertreter gehören zu den sogenannten Tetrakorallen, die wenigstens teilweise ein Außenskelett besessen haben werden,

Abb. 13. *Streptelasma* (Tetrakoralle) aus dem Untersilur. Auf der Abbildung kommt die fiederförmige Stellung der Septen deutlich zum Ausdruck. Dieser Bauplan ist nur auf das Paläozoikum beschränkt. Nach Zittel. (Nat. Gr.)



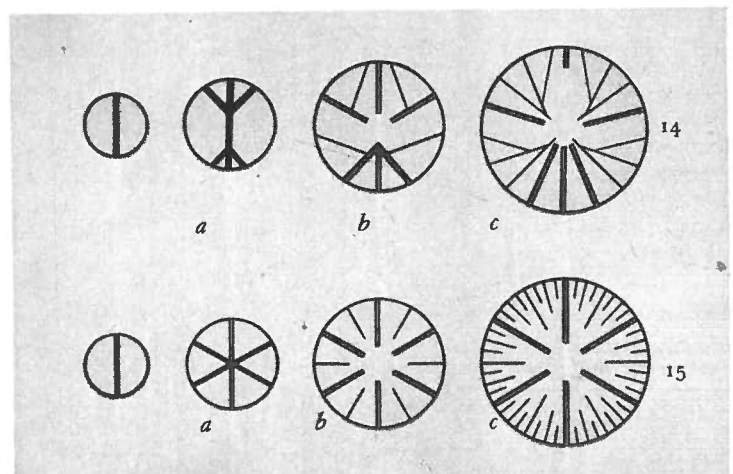
wie z. B. die Pantoffelkoralle (*Calceola sandalina*), eine Form mit Deckel (Abb. 25). Das Skelett der Korallen ist besonders durch die Septen (das sind mehr oder weniger senkrecht zur Außenwand stehende Kalkelemente) gekennzeichnet. Außer diesen senkrechten können aber auch waagerechte Bauelemente, die Böden, vorkommen. Durch die Einschaltung von Böden wird der Körper des Tieres gehoben und der Fortbau des Korallenstockes bewirkt. Der Weichkörper des Tieres ist sackförmig, und in den großen Darmraum ragen entsprechend den

Abb. 14. Schema der Septenstellung bei den Tetrakorallen, die nach der fiederförmigen Einschaltung der Nebensepten auch Fiederkorallen genannt werden.

- a) Anfangsstadium mit sechs Primärsepten.
- b) Stadium, bei dem die vier Hauptsepten den Kelch in vier ungleiche Sektoren teilen.
- c) Stadium, bei dem die fiederförmige Einschaltung der Nebensepten sichtbar ist.

Abb. 15. Schema der Septenstellung bei den Hexakorallen, zu denen auch die heute lebenden Korallen gehören. Alle Septen sind in der Sechszahl angeordnet und stehen zyklisch.

- a) Anfangsstadium mit sechs Primärsepten.
- b) Stadium mit zyklisch eingeschalteten Nebensepten, 1. Ordnung.
- c) Stadium mit zyklisch eingeschalteten Nebensepten, 2. Ordnung.



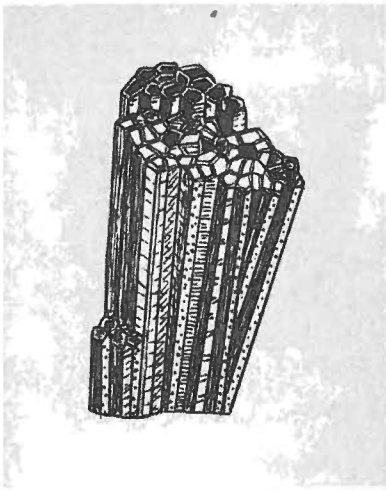


Abb. 16. Favosites (Bödenkoralle) aus dem Silur. Die Bödenkorallen oder Tabulaten bilden meist Kolonien von eng nebeneinanderstehenden Kelchen. Die Kelche sind nicht wie bei den übrigen Korallen durch Septen in radiärer Richtung unterteilt, sondern weisen nur Böden auf. Nach Brinkmann. (Vergr.)

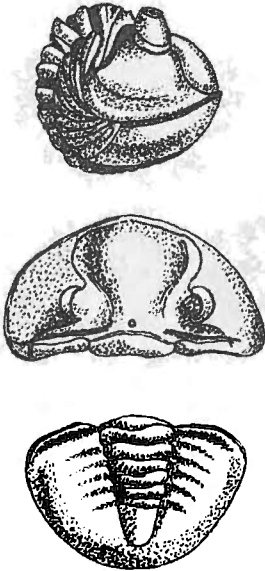


Abb. 17. Asaphus (Trilobit) aus dem Silur. Die silurischen Trilobiten können sich im Gegensatz zu den kambrischen Formen einrollen. Außerdem ist der Schwanzschild meist so groß wie der Kopfschild, was auf der Abbildung gut zum Ausdruck kommt. Nach Zittel. (Vergr.)

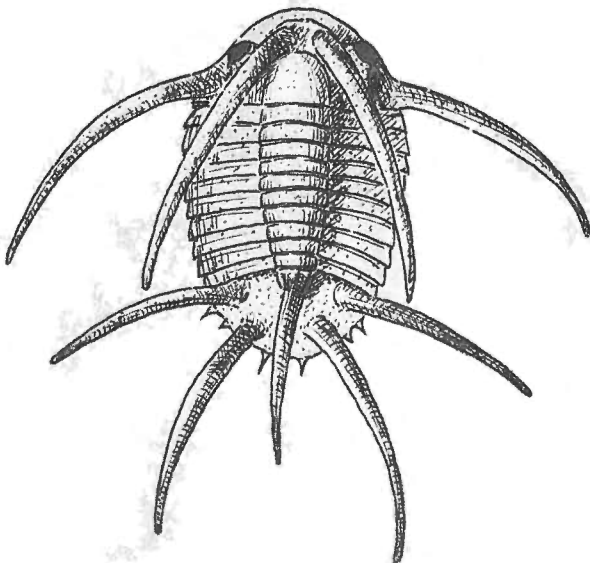


Abb. 18. Lichas (Trilobit, Dreilapptier) aus dem Silur, mit dorn- und stachelartigen Fortsätzen am Panzer. Nach Zittel. (Vergr.)

Kalksepten Fleischsepten hinein und unterteilen die Leibeshöhle in radiärer Richtung. Von oben hängt der Schlund in die Leibeshöhle hinein, um den Mund stehen die dem Nahrungserwerb dienenden Tentakeln (Fangarme), die bei einem Teil der Korallen, den Oktokorallen, gefiedert, bei den Hexakorallen einfach sind. Die Hexakorallen haben sich am Ende des Paläozoikums allem Anschein nach aus den nur aus dem Paläozoikum bekannten Tetrakorallen entwickelt. Uns interessieren zunächst die Tetrakorallen, die auf Grund der rauhen Außenfläche auch als rugose Korallen bezeichnet werden. Bei ihnen werden zuerst sechs Septen angelegt, von denen vier zu Hauptsepten werden und den Kelch in vier mehr oder weniger gleichgroße Sektoren einteilen. Die folgenden Septen legen sich einseitig niedrig an die Hauptsepten an (Abb. 14). Daher werden diese Formen unter anderem auch Fiederkorallen (Pterocorallia) genannt. Diese Gestaltung des Kelches ist vom Silur bis zum Ende des Perms zu erkennen. Im Perm setzen dann die ersten Hexakorallen ein, bei denen alle sechs Septen gleichmäßig entwickelt sind und in deren Zwischenräume wechselseitig neue und kürzere Septen eingeschaltet werden (Abb. 15). Diese Ausgestaltung hat sich bis heute erhalten. Außer diesen beiden Haupttypen kennen wir, besonders aus dem Paläozoikum, die Tabulatenkorallen (Bödenkorallen). Wie schon der Name andeutet, ist das Hauptcharakteristikum dieser Korallen die Bödenbildung, wobei die Septen fast völlig unterdrückt werden. Es sind in der Regel sehr engröhrige Formen, die in Kolonien, mit dicht aneinandergebauten Kelchen, auftreten (Abb. 16). Diese Formen haben ihre Blüte im Silur (Favosites, Halysites, Aulopora).

Als wichtige Gruppen sind im Silur ferner die uns schon bekannten Trilobiten und Brachiopoden zu erwähnen. Die Trilobiten weisen eine reiche Formenfülle auf und erscheinen hier erstmalig mit asselartig zusammenrollbaren Formen (Abb. 17). Früher hat man sie auch mit asselartigen Tieren verglichen und zu den Krebs-

tieren gezählt. Sie entwickeln sich von vielgliedrigen, nicht oder kaum einrollbaren Formen mit kleinem Schwanzschild im Kambrium, Silur und Devon zu Formen mit wenigen Rumpfgliedern und großem Schwanzschild.

Neben diesen krebstartigen Tieren sind aber schon echte Krebstiere (Crustaceen) bekannt. Wir kennen hier die ausgestorbenen Gigantostracen (Riesenkrebse, Abb. 19) und die Ostracoden (Muschelkrebse – so genannt, weil sie wie auch die Muscheln zwei Schalen besitzen – Abb. 20).

Die Brachiopoden, die im Kambrium schon recht häufig auftraten, zeichnen sich im Silur durch eine außerordentliche Formenfülle aus. Nicht nur die im Kambrium erwähnten hornschaligen Arten sind vorhanden, auch die kalkschaligen Arten bringen es zu einer besonderen Blüte (Abb. 21).

Die Kopffüßer (Cephalopoden), deren Anfänge in das Kambrium zurückreichen, sind in großer Formen- und Artenzahl vertreten. Als noch heute lebender Vertreter der Kopffüßer sei Nautilus besprochen (Abb. 22). Dieses zu den Weichtieren (Mollusken) gerechnete marine Tier hat einen deutlich in Kopf und Rumpf gegliederten Körper. Der hintere Teil des Körpers steckt, wie bei den Schnecken, in einer Schale, die jedoch nicht eine durchgehende Röhre darstellt, sondern durch Scheidewände in Kammern unterteilt wird. Das Tier füllt nur die letzte, der Mündung nächste Kammer mit dem Hinterleib aus (Abb. 22). Die übrigen Kammern werden von dem häutigen Siphon durchzogen, der vom Hinterleib ausgeht. In der Mitte des vorderen Körperendes liegt der Mund, der mit harten,

Abb. 19. *Eurypterus* (Gigantostrace, Riesenkrebs) aus dem Silur. Die Riesenkrebse haben einen gegliederten Panzer und ein als Schwimm- oder Grabbeine gedeutetes fünftes Beinpaar. Nach Abel. (Verkl.)

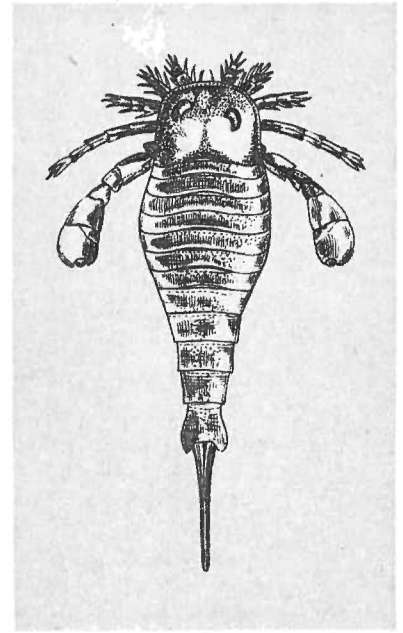


Abb. 20. *Leperditia* (Ostracode, Muschelkrebs) aus dem Silur. Die zu den Krebstieren gehörenden Ostracoden sind eine alte Gruppe. Sie haben einen zweiteiligen, an Muschelschalen erinnernden Panzer, in den sich das Tier vollkommen zurückziehen kann. Nach Zittel. (Vergr.)

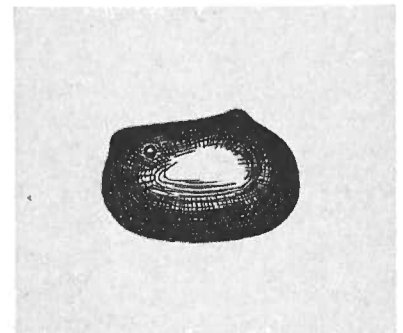


Abb. 21. *Orthis calligramma* (Brachiopode, Armfüßer) aus dem Silur. Die Orthiden bilden kalkige Schalen, die meist scharfe Falten aufweisen. Sie sind vom Silur bis zum Perm bekannt. Nach Brinkmann. (Vergr.)

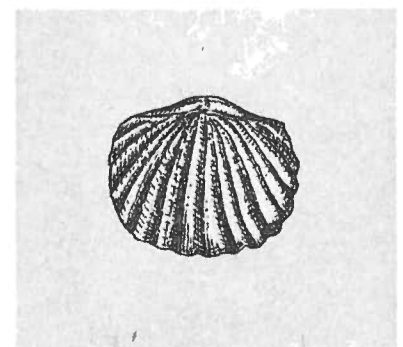
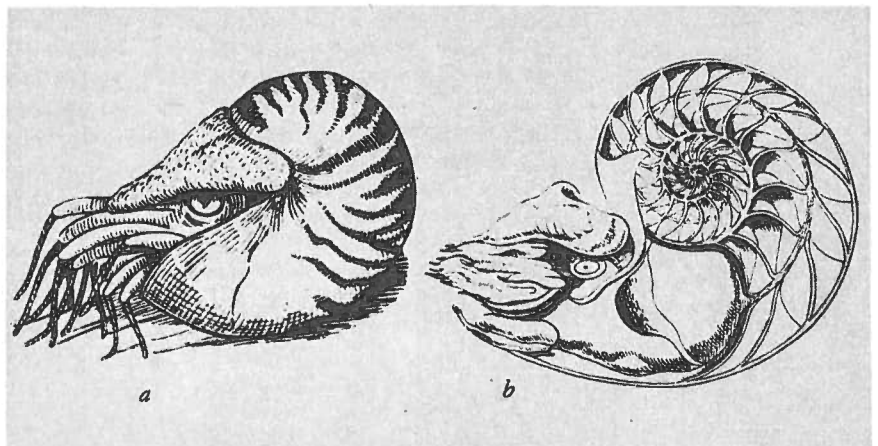


Abb. 22. *Nautilus pompilius* (Cephalopode, Kopffüßer), ein noch heute im Indischen Ozean lebender Vertreter der sonst ausgestorbenen Gruppe der vierkiemigen und eine Außenschale besitzenden Kopffüßer. An die Mündung schließt sich eine große Wohnkammer an, in die sich das Tier völlig zurückziehen kann. Im Anschluß an die Wohnkammer ist das ganze Gehäuse gekammert. Die Kammerscheidewände lassen den Durchlaß für den Siphon erkennen. a) kriechendes Tier, b) Schale längs durchschnitten. Nach Endriss. (Verkl.)



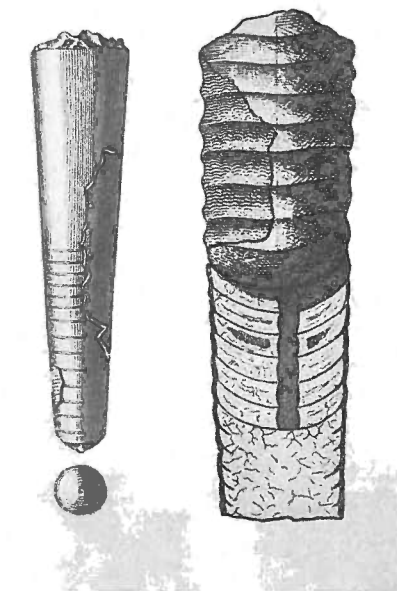


Abb. 23. *Orthoceras* (Cephalopode, Kopffüßer) aus dem Silur. Die Schale ist bei dieser Form, die zu den nautilusartigen (Nautiloideen) gehört, völlig gestreckt. Nach Zittel. (Etwa nat. Gr.)

schnabelartigen Kiefern besetzt ist. Um ihn herum stehen Armpaare, die mit etwa 90 Tentakeln besetzt sind. An den Seiten des Kopfes steht je ein nach dem Lochkammerprinzip gebautes Auge. Auf dem Scheitel trägt das Tier einen großen Kopflappen, der es von der Außenwelt abschließt, wenn es sich in die Schale zurückzieht. Auf beiden Seiten der Bauchpartie hat Nautilus je ein Paar Kiemen und in der Mitte einen als Trichter umgewandelten Fuß, der einerseits den Austausch des Atemwassers und der Exkremente ermöglicht, andererseits durch rasches Ausstoßen des Wassers das Tier nach dem Rück-

stoßprinzip fortbewegt. Der Rumpf und die Atemhöhle sind von einem Mantel eingeschlossen, der nach außen die Schale abscheidet. Die lebenden Cephalopoden werden nach der Zahl der Kiemen in das zoologische System eingereiht. So hat Nautilus 4 Kiemen, während alle anderen lebenden Cephalopoden nur 2 Kiemen besitzen. Die Kiemenanzahl ist bei den fossilen Formen nicht feststellbar, und man hat die fossilen Cephalopoden daher nach dem Vorhandensein oder Fehlen einer Außenschale untergliedert. Wenn man beide Gliederungen vergleicht, so zeigt es sich, daß sie bei den lebenden Formen prinzipiell übereinstimmen. Für die völlig ausgestorbenen Ammoniten, die eine Außenschale haben, können wir somit annehmen, daß sie ebenfalls, wie Nautilus, vier Kiemen besaßen. Die Schale der Cephalopoden besteht hauptsächlich aus zwei Schichten, einer äußeren, aus Aragonit (Kalk) bestehenden, glatten Porzellanschicht und einer inneren Perlmutterchicht. Die Schale kann stabförmig gestreckt bis spiralig eingerollt sein. Sie ist durch Scheidewände gekammert, die bei Nautilus und seinen fossilen Verwandten vorn konkav und mehr oder weniger in der Mitte von der Siphonalöffnung durchbohrt sind. Die Siphonalöffnung geht nach hinten in ein Kalkröhrchen über. Diese Röhre füllt der von einer Kalkhülle umgebene Siphon genau aus. Die ältesten Vertreter der Klasse der Cephalopoden sind die Volborthellen im Kambrium; sie sind nur wenige Millimeter lang und stabförmig gestreckt. An der Wende vom Kambrium zum Silur treten neben geraden Formen (*Orthoceras*, *Endoceras*, Abb. 23 und 24) gekrümmte und eingerollte Formen (*Lituities*, *Cyrtoceras*) auf. *Endoceras* gehört einer Sondergruppe mit am Rande gelegenen großem Siphon an, die fast nur auf das Untersilur beschränkt ist. Die *Orthoceraten*, mit mehr oder weniger zentralem Siphon, gibt es während des Silurs und Devons in Fülle. Als wichtigstes Ereignis in der Entwicklung des Lebens in diesem Zeitraum ist im Silur das Erscheinen der ersten Wirbeltiere, der Fische, zu



Abb. 24. *Endoceras* (Cephalopode, Kopffüßer) aus dem Silur. *Endoceras* gehört zu einem Seitenzweig der Nautiloideen mit großem, am Rand gelegenen Siphon. Diese Gruppe ist fast ausschließlich auf das Silur beschränkt. Nach Zittel. (Etwa nat. Gr.)

AM MEERESGRUNDE DER SILURZEIT

Aus dieser Zeit kennen wir noch keine das Festland bewohnenden Tiere, alles tierische Leben ist noch an das Wasser, besonders an das Meer gebunden. Gegenüber dem Kambrium ist eine deutliche Weiterentwicklung der Tierwelt festzustellen. Die wichtigsten Vertreter im Silurmeer sind die Trilobiten, Graptolithen, Kopffüßer, Armfüßer und die ersten Fische. Wie im Abschnitt über das Silur dargestellt ist, sind aber auch andere Tiergruppen, wie die Stachelhäuter und Schnecken, vorhanden.

Das Bild zeigt links im Vordergrund einige Trilobiten, die sich am Boden kriechend bewegen. Man erkennt die Dreigliederung des Panzers. In der Mitte sind zwei Vertreter der Nautiloideen mit ihren spitz zulaufenden Gehäusen dargestellt. Das Tier links, mit dem geraden Gehäuse, ist ein Orthoceras. Aus dem Gehäuse schaut nur der Kopf heraus, der von vielen beweglichen Armen umgeben ist. Die Tiere schwammen nach dem Rückstoßprinzip, so daß der Kopf beim Schwimmen nach hinten gerichtet, während das zugespitzte Gehäuse vorn ist. Das rechts daneben abgebildete Tier mit dem leicht gebogenen Gehäuse ist ein sogenannter Cyrtoceras. Ganz rechts im Vordergrund sind einige Brachiopoden dargestellt. Der Mittel- und der Hintergrund des Bildes ist von Korallen- und Seelilienrasen bedeckt. Während die Korallen auf dem Boden oder an Steinen festgewachsen sind, haben die Seelilien mit ihren langen Stielen eine gewisse Beweglichkeit.



verzeichnen. Diese ersten Fische haben nicht, wie die jetzt lebenden, ein Innenskelett, sondern ein Außenskelett. Das Außenskelett umhüllt wie ein Panzer den Vorderrumpf und den Schädel (Abb. 26 und 27).

DEVON

Während wir aus den vorhergehenden Formationen nur marine Bildungen und somit auch nur marine Tierreste kennen, ändert sich dieses Bild im Devon. Erstmals in der Entwicklung des Lebens finden wir hier Tierformen, die das Festland wenigstens zeitweilig bewohnen. Kunde vom Leben und von der Entwicklung des Lebens auf der Erde gibt uns jedoch auch aus dieser Zeit hauptsächlich das Meer. Die Korallen sind jetzt sehr häufig und zum Teil rasenbildend. Auch Formen mit Deckel sind bekannt. Als Beispiel dafür sei *Calceola sandalina* aus dem Mitteldevon genannt (Abb. 25). Die Trilobiten, die in den vorhergehenden Formationen durch die Vielfalt ihrer Formen auffallen, treten im Devon schon stark zurück. Ihre Blütezeit war das Silur; entwicklungsgeschichtlich wichtige Formen bringen sie nicht mehr hervor. Die Brachiopoden sind auch im Devon weit verbreitet, und im Unteren Devon ist es besonders die

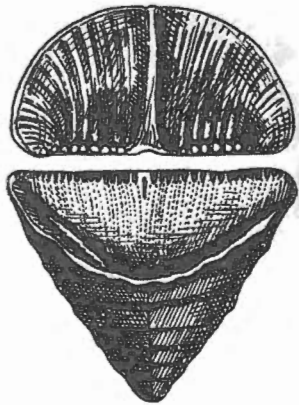
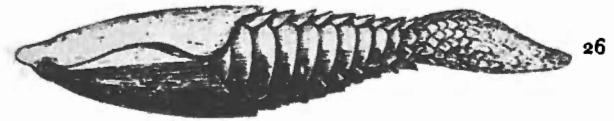
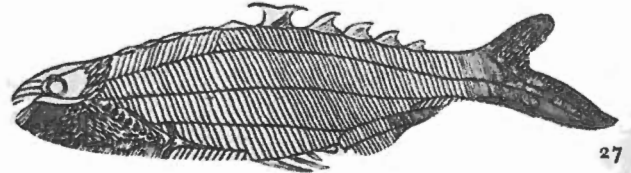


Abb. 25. *Calceola sandalina* (Tetrakoralle) aus dem Mitteldevon. Sie hat als bei den Korallen ungewöhnliche Erscheinung einen Deckel. Es handelt sich um Einzelformen, die auf dem Meeresboden gelegen haben. Nach Zittel. (Vergr.)



26



27

Abb. 26. *Anglaspis* (Agnathe, Fisch ohne Kiefer) aus dem Silur. *Anglaspis* hat wie die meisten anderen altpaläozoischen Fische einen festen Panzer, der Kopf und Rumpf umgibt. Nach Romer. (Verkl.)

Abb. 27. *Birkenia* (Agnathe) aus dem Silur. Nach Romer. (Etwas verkl.)

Gruppe der Spiriferen, die durch ihren Formwandel erdgeschichtlich wichtige Leitformen abgibt. Die Spiriferen sind meist von sehr breiter Form mit geradem Schloßrand, der überhaupt für die Mehrzahl der paläozoischen Brachiopoden typisch ist (Abb. 28). Besonders häufig sind die Spiriferen in Steinkernerhaltung im rheinischen Unterdevon. Im Mittleren Devon bringen die Brachiopoden einige charakteristische und große Formen wie den *Stringocephalus* hervor.

Nunmehr, besonders aber in den folgenden Formationen, sind die Stachelhäuter (Echinodermata) in ihrer Entwicklung gut zu verfolgen. Sie sind in der Jetztzeit durch die Seeigel, die Seesterne, die Schlangensterne, die sogenannten Seelilien und die Seegurken bekannt. Für diesen Stamm ist, bis auf wenige Ausnahmen, ein Kalkskelett kennzeichnend. Die einzelnen Kalktäfelchen entstehen im Bindegewebe unter der Epidermis (Außenhaut). Da dieses Kalkskelett widerstandsfähig ist, sind uns die Echinodermen fossil zahlreich überliefert.

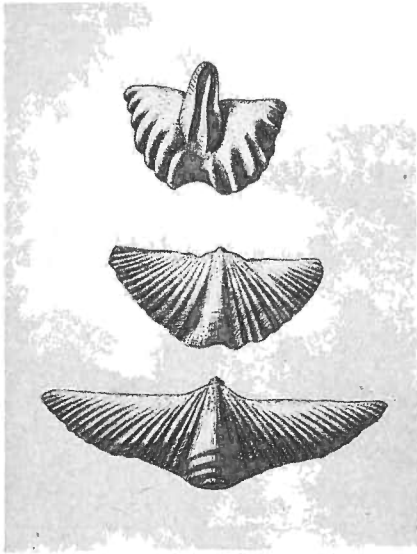


Abb. 28. Spiriferen (Brachiopoden, Armfüßer) aus dem Unterdevon. Die Spiriferen haben einen langen geraden Schloßrand und ein kalkiges Armgerüst mit nach außen zeigenden Armspiralen. Die Spiriferen treten erstmalig im Obersilur (Gotlandium) auf. Nach Brinkmann verändert. (Etwa nat. Gr.)

Sehr bezeichnend und im Tierreich einmalig ist das sogenannte Ambulacralgefäßsystem. Es handelt sich um ein mit der Außenwelt in Verbindung stehendes Wassergefäßsystem, das ursprünglich nur der Ernährung diene, bei den meisten Formen aber später ganz in den Dienst der Fortbewegung gestellt wurde. Die der Bewegung dienenden Ambulacralfüßchen sind schlauchartige Ausstülpungen. Sie funktionieren als Saugnäpfe, indem in ihnen Unterdruck hergestellt wird.

Im Devon interessieren uns aus dieser Tiergruppe zunächst die Seelilien (Crinoidea) und die Seesterne (Asterozoa). Der Körper der Crinoidea liegt in einem als Kelch bezeichneten, von subepidermal ausgeschiedenen Kalkplatten umgebenen, basal in einen Stiel übergehenden kelchförmigen Hohlraum. Am oberen Rand dieses Hohlraumes entspringen die Arme. Der Kelch wird nach oben von der Kelchdecke abgeschlossen, die zentral den Mund und exzentrisch den After trägt. Die Arme sind in der Fünzfzahl ausgebildet und können einfach oder mehrfach verzweigt sein. Sie dienen zum Herbeistrudeln der Nahrung. Von dem in der Kelchdecke gelegenen Mund gehen fünf bewimperte Furchen auf die Arme über und setzen sich bis in die feinsten Verzweigungen derselben fort. Neben der Furche stehen auf beiden Seiten Ambulacralfüßchen, die bei den Seelilien, die eine sessile Lebensweise

führen, nur zum Herbeistrudeln der Nahrung dienen. Hier also erfüllen diese Organe noch ihre ursprüngliche Funktion. Erst bei den Seesternen und den Seeigeln werden die Ambulacralfüßchen zu Fortbewegungsorganen. Der Kelch sitzt auf einem mehr oder weniger langen und demzufolge auch mehr oder weniger beweglichen Stiel. Der Stiel besteht aus vielen Einzelgliedern, die rund oder aber eckig sind. Diese Glieder sind gegeneinander durch Gleitflächen beweglich gelagert. Am Stiel selbst können noch Seitenranken entwickelt sein. Das untere Ende ist teilweise wie ein Anker gestaltet und dient der Festheftung.

Die Seelilien sind eine seit langer Zeit in ihrer Lebensweise konservative Gruppe, was unter anderem durch die sessile Lebensweise bedingt sein wird. Sie gehören, wie einige ausschließlich aus dem Paläozoikum bekannte Gruppen, zu den Pelmatozoen („gestielten Tieren“). Obwohl die Crinoidea heute im wesentlichen auf die Tiefsee beschränkt sind, waren sie während des Paläozoikums zumeist im küstennahen Flachwasser zu Hause. Der Aufenthalt in diesem rauen und unruhigen Lebensbezirk drückt sich im Bau ihrer Skelette aus, die, besonders im Devon, derb gebaut sind (Abb. 29).

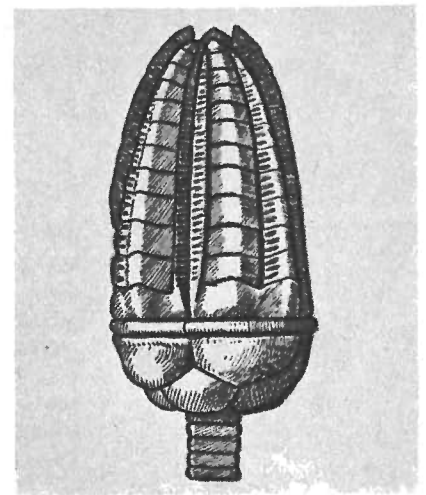


Abb. 29.
Cupressocrinus
(Crinoidea,
Seelilie) aus
dem Devon.
Nach Endriss.

Zur Gruppe der Pelmatozoen im Silur und im Devon gehören auch einige ausgestorbene, in ihrem Aufbau abweichende Gruppen, wie die Beutelstrahler (Cystoidea). Diese sind durch ein besonderes Porensystem ausgezeichnet. Die Deutung dieses Porensystems ist noch unklar. Neben den festgehefteten treten im Devon auch freie Formen, wie die Seesterne, auf. Im Rheinischen Schiefergebirge sind sehr gut erhaltene Seesterne und Schlangensterne gefunden worden. Die Seesterne sind seit dem Silur bekannt (Abb. 30). Prinzipiell trifft das für die Echinodermen Gesagte auch für sie zu. Sie bilden nur nicht, wie die Seelilien und die Seeigel, ein festverbundenes Kalkskelett, sondern besitzen lediglich lose im Bindegewebe eingelassene Kalkplättchen. Die Seesterne unterscheiden sich von den Schlangensternen durch abgeflachte Arme. Bei diesen beiden Gruppen dienen die Ambulacralfüßchen zur Fortbewegung. Die Muscheln (Lamellibranchiata), deren erstes sicheres Auftreten in das Silur fällt, werden im Devon etwas häufiger (Abb. 31). Es sind schon die wichtigsten Gruppen zu erkennen. Im jüngsten Devon treten die ersten Süßwasserformen auf. Die Muscheln haben, im Gegensatz zu den auf Seite 203 besprochenen Brachiopoden, zwei

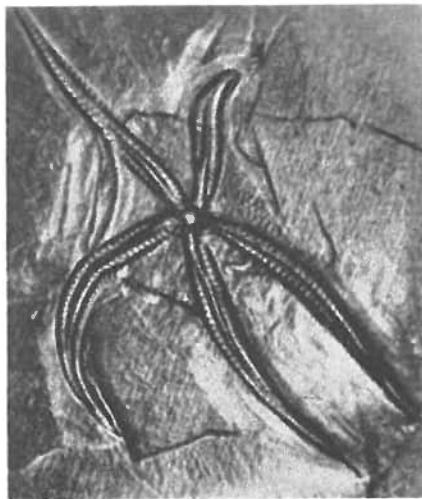


Abb. 30.
Encrinaster
(Asterozoa,
Seestern) aus
dem Devon des
Rheinlandes.
Nach Kuhn.
(Etwa nat. Gr.)

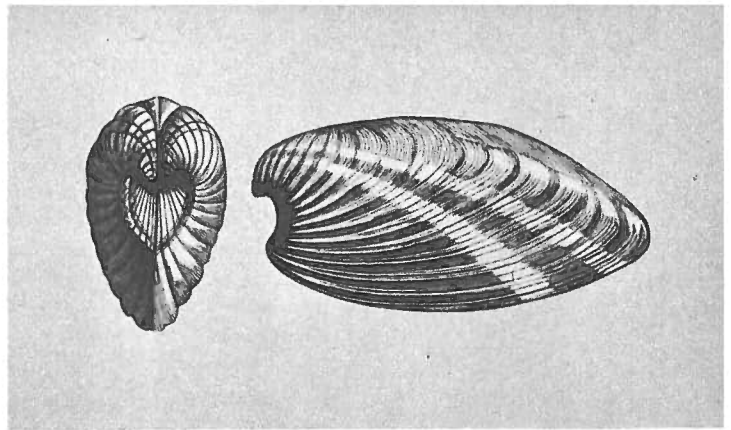


Abb. 31. *Grammysia* (Lamellibranchiat, Muschel) aus dem Devon. Nach Brinkmann. (Etwa nat. Gr.)

seitlich angeordnete Schalen, so daß man von einer rechten und einer linken Klappe spricht. Die Weichteile werden vom Mantel umhüllt, der nach außen die Schale abscheidet und nach innen die Leibeshöhle umgibt. Aus dem Mantel tritt der Fuß heraus. Er ist muskulös und dient zur Fortbewegung oder zum Eingraben. In die vom Mantel umschlossene Atemhöhle hängen die Kiemenlamellen hinein. Ein Kopf ist nicht ausgebildet. Die zweiteilige Schale wird an der Rückseite durch ein Schloß mit elastischem Schloßband zusammengehalten. Das mehr oder weniger an der Außenseite gelegene Band bewirkt das Öffnen der Schalen, während das Schließen durch im Innern von einer Schale zur anderen verlaufende Muskeln bewirkt wird. Das Schließen der Schalen kann also nur vom lebenden Tier vorgenommen werden. So ist zu erklären, daß die Schalen von toten Muscheln auseinanderklaffen. Einige Muscheln, die eine grabende Lebensweise führen, besitzen lange Siphonen, das sind schlauchartige Ausstülpungen, die das im Boden vergrabene Tier mit der Oberfläche des Meeresgrundes verbinden und so den Wasser- und Nahrungsaustausch des Tieres ermöglichen. Ein Beispiel dafür ist die in der Ost- und Nordsee vorkommende Herzmuschel (*Cardium edule*, Abb. 32). Die Nahrung der Muscheln besteht aus Mikroorganismen, die das Wasser mit sich führt. Die Schnecken (Gastropoda), die wie die Muscheln und die Kopffüßer zu dem Stamm der

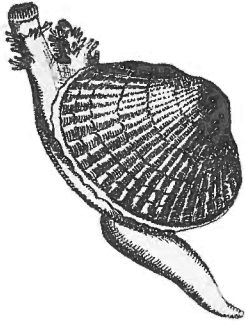


Abb. 32. *Cardium edule* (Lamellibranchiat, Muschel). Die Herzmuschel ist eine z. B. in der Nord- und Ostsee lebende Form. Sie gräbt sich ein und steht nur durch die schlauchförmigen Siphonen mit der Oberfläche in Verbindung. Nach Abel. (Nat. Gr.)

Abb. 33. *Soleniscus* (Gastropode, Schnecke) aus dem Devon. Nach Brinkmann. (Vergr.)

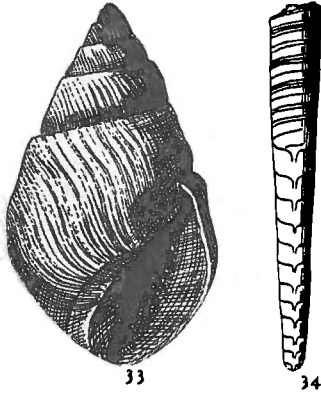
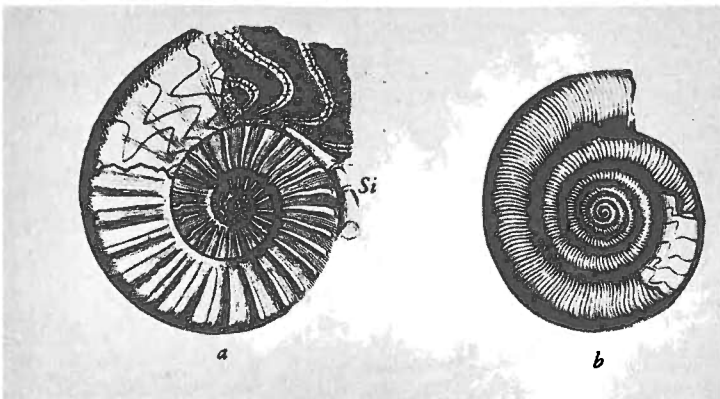


Abb. 34. *Bactrites* (Ammonit, Ammonshorn) aus dem Devon. Die Form, die wie die Geradhörner (Orthoceraten) gestreckt ist, hat keine völlig gerade Anwachsnaht zwischen Gefäß- und Scheidewand, sondern hat im Gegensatz zu *Orthoceras* an der Seite, an der der Siphon liegt, eine Ausbuchtung. Sie gehört daher schon zu den Ammoniten. Nach Zittel. (Etwas vergr.)

Mollusken gehören, stammen wie diese beiden Gruppen von rein marinen Formen ab. Während die Muscheln als deutliches äußeres Merkmal zweiklappige Schalen besitzen, ist die Schnecken- schale ein einheitliches, napfförmiges bis spiral- förmig eingerolltes Gebilde. Diese, wie auch die Muschelschalen, bestehen aus vom Mantel ab-

Abb. 35. *Clymenien* (Ammoniten, Ammonshörner) aus dem Oberdevon. Es handelt sich um stets spiralig gewundene Formen, bei denen der Siphon nicht wie bei den übrigen Ammonshörnern auf der Außenseite der Windungen, sondern auf der Innenseite liegt. Wie Bild a) zeigt, können die Siphonalduten (Si) am Hinterrand der Scheidewände so lang werden, daß sie tütenförmig ineinanderstecken. Nach Zittel.

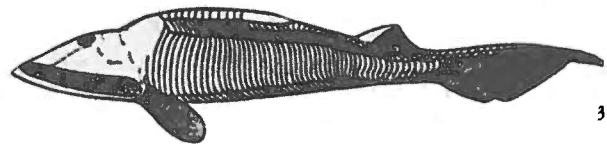


geschiedenem Kalk. Wie den Muscheln dient die Schale auch den Schnecken als Schutz vor Feinden. Sie können sich meist völlig in den Schalenraum zurückziehen. Im Unterschied zu den Muscheln besitzen die Schnecken in der Regel einen vom Körper sichtbar abgesetzten Kopf. Der Körper wird in der Hauptsache durch den Eingeweidesack gebildet, der die wichtigsten Eingeweide umschließt. An seiner Vorderseite buchtet sich die Mantelhöhle als Atemhöhle ein. In dieser Atemhöhle liegen die Kiemen. Bei Landformen ist dieser Hohlraum mit respiratorischem Gewebe ausgekleidet. An der Bauchseite schließt sich der sehr muskulöse, unten abgeplattete Fuß an, der zur gleitenden Fortbewegung dient. In einigen Fällen kann er in ein Schwimm- oder Graborgan abgewandelt sein. Der Kopf trägt die Sinnesorgane, die Augen und Fühler. Die Schale wird von dem den Eingeweidesack und die Atemhöhle umgebenden Mantel nach außen abgeschieden. Die häufigste Form der Schale ist die Spirale. Sie kann sowohl in einer Ebene als auch im Raum gewunden sein und durch Rippen, Knoten oder Stacheln stark variieren (Abb. 33). Wir finden bei den Schnecken im Devon noch dieselben Typen wie im Silur. Wichtig ist in dieser Zeit das erstmalige Auftreten der Landschnecken.

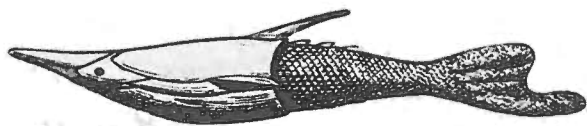
Die Kopffüßer (Cephalopoden) erleben im Devon wichtige Veränderungen. Die im Silur in Zahl und Formenreichtum hervortretenden Orthoceraten treten zurück. Während bei diesen Formen die Kammerscheidewände gerade und ungewellt an die Außenwand stoßen, treten jetzt Formen mit gewellten Septen (Scheidewänden) auf. Die Nahtlinie zwischen Septum und Außenwand wird als Sutura oder Lobenlinie (vergleiche Abb. 61) bezeichnet. Sie spielt eine entscheidende Rolle in der Systematik der Cephalopoden. Ihre Wandlung erschließt uns die Wege der Stammesentwicklung der Cephalopoden. Zuerst traten, wie schon bereits hervorgehoben, die zu den Nautiloideen gehörigen Orthoceraten mit gerader, ungewellter Sutura auf. Im Unter-

silur erscheinen die Ammoniten mit ihrem ersten Vertreter Eobactrites. Während die Formen der devonischen und späteren Ammonoideen spiralg eingewickelt sind, ist Bactrites stabförmig (Abb. 34). Diese Formen mit nur einfach gewellten Septen reichen bis zum Ende des Devons und werden als Goniatiten bezeichnet. Im Oberdevon treten die nur auf diesen Zeitraum beschränkten Clymenien auf (Abb. 35). Sie haben genau wie die Goniatiten spiralförmig in einer Ebene gewundene Gehäuse. Der Siphon, der bei den Goniatiten extern, d. h. auf der Außenseite der Windungen gelegen ist, befindet sich bei den Clymenien intern, d. h. auf der Innenseite der Windungen. Die Siphonalduten sind sehr lang und stecken zum Teil tütenförmig ineinander. Die Lobenlinie ist, ähnlich wie bei den Goniatiten, einfach. Dasselbe trifft für die Skulptur des Gehäuses zu. Es ist anzunehmen, daß die Clymenien von Goniatiten abstammen.

Die Fische behalten bis zum Ende des Devons den Bau der „Panzerfische“ bei, den sie jedoch verschiedenartig variieren können. Ganz allgemein herrscht die Tendenz, den schweren, einheitlichen Panzer aufzulösen. Den Typ der Panzerfische finden wir sowohl bei den Agnathi (kieferlosen Fischen) als auch bei den Gnatostomata (Fischen mit Kiefer). Die seit dem Silur bekannten Agnathen haben sich bis heute in den sogenannten Cyclostomen (Rundmäulern) erhalten, die durch ein knorpliges Skelett, unpaare Flossen, 7 bis 14 Kiementaschen und eine in der Mittellinie des Kopfes liegende unpaare Nasenöffnung gekennzeichnet sind. Zu den bekanntesten jetzt noch lebenden Vertretern dieser Gruppe gehören die Neunaugen (Petromyzon). Die fossilen gepanzerten Formen werden als Ostracodermen („Schalenhäuter“) zusammengefaßt. Der Panzer kann entweder einheitlich sein (Osteostraci) und Kopf und Rumpf gemeinsam umfassen (Abb. 36) oder in Einzellelemente gegliedert sein (Heterostraci, Abb. 37). Im Devon treten zu diesen Formen die Gnatostomata. Auch sie beginnen mit stark gepanzer-



36



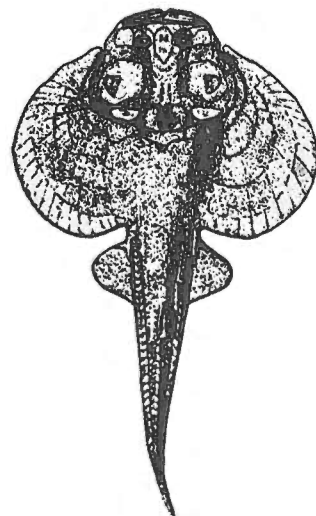
37

Abb. 36. *Hemicyclaspis* (Osteostrace, Panzerfisch mit kompaktem Rumpspanzer). Die Osteostracen haben im Gegensatz zu den Heterostracen einen einheitlichen Kopf- und Rumpspanzer. Sie gehören zu den seit dem Silur bekannten kieferlosen Fischen. Nach Romer. (Verkl.)

Abb. 37. *Pteraspis* (Heterostrace, Panzerfisch) aus dem Devon. Die Heterostracen haben einen aus mehreren Elementen bestehenden Panzer. Nach Romer. (Etwas verkl.)

ten Formen (Placodermen, „Plattenhäuter“). Der Panzer umfaßt Kopf und Rumpf. Im Laufe der Entwicklung zerfällt der zunächst einheitliche Panzer in Einzelelemente. Im Devon treten erstmalig die noch heute vorherrschenden Knorpelfische auf. Diese Gruppe, die sich, soweit wir wissen, an die Panzerfische anschließt, bringt im Devon dem Hai und dem Rochen ähnliche Formen hervor, bei denen es sich aber nicht etwa um echte Verwandte der jetzt lebenden Haie und Rochen handelt (Abb. 38). Sie gehören zu den im Perm aussterbenden Aphetohyoidea (Abb. 39). Als weitere wichtige Gruppe der Fische sind im Devon die Crossopterygier (Quastenflosser) zu nennen (Abb. 40). Diese Gruppe hat, wie auch

Abb. 38. *Gemuendina* (Aphetohyoidea), Fisch aus dem Devon von rochenartiger Gestalt mit teilweise entwickeltem Kauapparat. Es wird sich, wie bei den heutigen Rochen, mit denen *Gemuendina* jedoch keine Verwandtschaft hat, um am Boden liegende und auf Beute lauende Fische handeln. Nach Romer. (Vergr.)



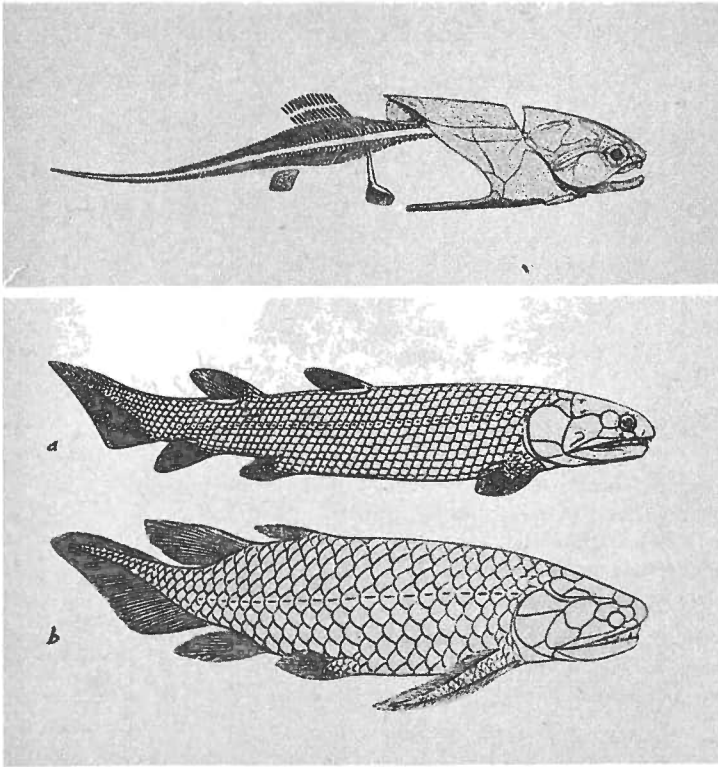


Abb. 39. *Coccosteus* (*Aphetohyoidea*) aus dem Devon. Nach Romer.

Abb. 40. a) *Osteolepis*, b) *Holoptychius* (*Crossopterygier*, Quastenflosser) aus dem Devon. Nach Romer. (Verkl.)

die Dipnoi (Doppelatmer, Abb. 42), Luft- und Kiemenatmung. Die Schwimmblase übernimmt bei ihnen die Funktion einer primitiven Lunge. Man war bis vor wenigen Jahren der Meinung, daß die Crossopterygier im Mesozoikum ausgestorben seien, bis vor einigen Jahren ein lebender Vertreter (*Latimeria*, Abb. 41) und neuerdings weitere Exemplare vor der südafrikanischen Küste entdeckt wurden. Die Crossopterygier werden als nahe Verwandte der primitiven Tetrapoden (Vierfüßer) des Oberdevons und Karbons angesehen. Sie stimmen mit den primitiven Vierfüßern in verschiedenen Merkmalen überein, und zwar im Vorhandensein der Choane (Nasen-Rachen-Gang), im Bau der Zähne und Unterkiefer sowie im Wirbelbau und Schultergürtel. Während die bisher besprochenen Lebewesen nur im Wasser die ihnen gemäßen Lebensbedingungen fanden, treten am Ende des Devons

erstmalig im Wasser und auf dem Lande lebende Formen auf. Es sind dies die Amphibien (Lurche). Sie sind die ersten Tetrapoden (Vierfüßer) in der Geschichte des Lebens. Ihre Fortpflanzung ist jedoch noch an das Wasser gebunden. Die Larven haben Kiemenatmung. Im Devon sind diese Formen die höchstentwickelten Lebewesen. Sie werden sich aus gemeinsamen Vorfahren mit den Crossopterygiern, die genau wie die systematisch höheren Wirbeltiere einen Nasen-Rachen-Gang (Choane) besitzen, entwickelt haben. Für diese Entwicklung spricht unter anderem der Bau des Schädels sowie die Anlage des Schultergürtels.

Die Amphibien haben, wie alle anderen Landwirbeltiere, zwei Beinpaare. Die ersten im Oberdevon auftretenden Individuen dieser Klasse werden zu den vom Devon bis zur Trias bekannten Stegocephalen (Dachschädlern) gerechnet (Abb. 43). Diese Gruppe zeichnet sich durch ein geschlossenes Schädeldach ohne Schläfengruben aus. Das Schädelskelett ist in der Regel aus viel mehr Knochenelementen aufgebaut als das der jetzt lebenden Amphibien. Die Entwicklungstendenz geht dahin, das schwere Schädeldach aufzulösen, was einerseits durch Anlage von Durchbrüchen (Schläfengruben) geschieht, andererseits durch Reduktion der Knochenelemente. Einen ähnlichen Vorgang können wir, wie schon erwähnt, bei den Fischen beobachten. Hier wird der schwere Panzer der alten Formen im Laufe der Entwicklung ebenfalls aufgelöst. Die systematische Untergliederung der fossilen Amphibien erfolgt auf Grund des Wirbelbaus. In der Gegenwart ist diese Klasse durch die Frösche, die Salamander und die nur wenig bekannten Blindwühler vertreten.

KARBON

Das Karbon ist eine Zeit der Entstehung großer, von Lebewesen bewohnter Festlandteile. Diese Festlandbildung bahnte sich schon am Ende des Devons mit der Entstehung eines gro-

ßen Kontinentes in Nordeuropa an. Mit dem Devon lernten wir zugleich die ersten Süßwasser- und die ersten Landtiere kennen. Nachdem sich das Leben bis dahin im wesentlichen auf das Meer beschränkt hatte, griff es nun auf das Festland und am Ende des Karbons sogar auf den Luftraum über.

Im Karbon treten erstmalig zwei Gruppen der Einzeller als Gesteinsbildner auf. Die uns schon aus dem Algonkium, der Frühzeit des überlieferten Lebens, und bis zur Jetztzeit bekannten Radiolarien tragen mit den nach ihrem Tode übrigbleibenden harten Kieselskeletten zur Bildung harter Kieselgesteine bei; zum Teil sind diese Gesteine sogar fast nur aus ihren Skeletten aufgebaut.

Für die bisher nur kurz erwähnten, heute noch vertretenen Foraminiferen (Lochträger) ist der Besitz einer festen Schale charakteristisch, die entweder aus Kalk oder aus zusammengeklebten Fremdkörpern, bei Süßwasserformen zum Teil aus Chitin besteht. Das Gehäuse ist entweder einkammerig oder, bei periodischem Gehäusewachstum, vielkammerig. Der Plasmakörper des Tieres tritt entweder durch die Hauptöffnung oder durch die Poren der Gehäusewand aus dem Gehäuse. Mit Hilfe dieser austretenden Plasmafäden (Pseudopodien) bewegen sich die Foraminiferen auf einer Unterlage kriechend fort; einige Formen leben frei schwebend. Die Plasmafäden dienen in der Hauptsache der Nahrungs-

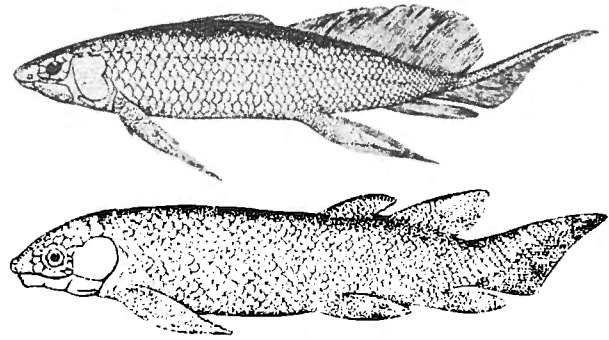
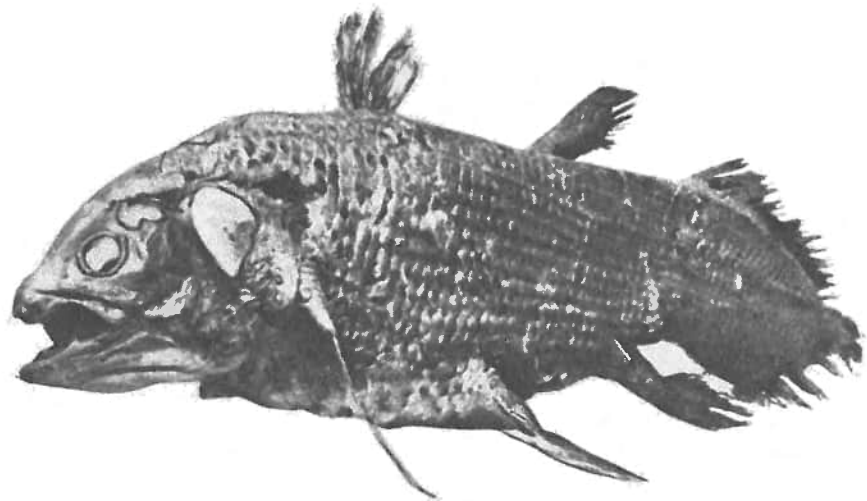


Abb. 42. Zwei Vertreter der Gattung *Dipternus* (*Dipnoi*, *Doppelatmer*) aus dem Devon, sowohl mit Kiemen als durch Lungen atmende Fische. Heute leben Vertreter der *Dipnoi* noch in Australien (*Ceratodus*). Nach Romer. (Verkl.)

aufnahme. Bei den einkammerigen wie bei den vielkammerigen Formen füllt der Plasmakörper den Gesamtschalenraum aus. Die Scheidewände der mehrkammerigen Formen sind daher von vielen Poren durchbrochen, so daß das Plasma aller Kammern miteinander in Verbindung steht. Die Form der Schalen variiert sehr stark. Wir kennen flaschenförmige, scheibenförmige, gestreckte, kugelförmige, zopfförmige, spiralförmige und andere unregelmäßig gestaltete Gehäuse. Im Karbon bilden sie zuerster Male in der Erdgeschichte Riesenformen, die Durchmesser bis zu mehreren Millimetern haben können. Es handelt sich besonders um spindelförmige und fast kugelartige Formen. Die letzteren erreichen in der folgenden Zeit, im Perm, ihre Blüte.

Abb. 41. *Latimeria* (*Crossopterygier*, *Quastenflosser*), ein an der Küste Südafrikas aufgefundenes Exemplar dieser als schon lange ausgestorben angesehenen Gruppe. (Verkl.)



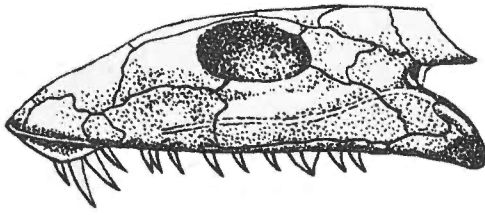


Abb. 43. *Ichthyostega* (*Stegocephale*, Dachschilder) aus dem Devon. Es handelt sich hierbei um den ältesten bisher bekannten Amphibienschädel, der in Grönland gefunden wurde. Nach H. Schmidt.

Während bei den Korallen im Silur und Devon die Einzelkorallen überwiegen, bilden sie im Karbon Kolonien und Rasen. Die Trilobiten sind im Rückgang begriffen und sterben im Perm aus. Bei den übrigen Arthropoden (Gliederfüßern) sind besonders die Süßwasser- und Landformen im Aufblühen begriffen. Die ersten Spinnen, die noch, als ursprüngliches Merkmal, einen gegliederten Hinterleib besitzen (Abb. 44), Tausendfüßer und geflügelte Insekten sind hier zu nennen. Diese ursprünglichen Insekten konnten ihre Flügel noch nicht einfalten. Sie erreichten Flügelspannweiten bis zu 75 Zentimetern (Abb. 45). Aber schon im Oberen Karbon erscheinen auch die kleineren Formen mit einfaltbaren Flügeln. Somit hatte das Leben auch vom letzten Lebensraum, der Luft, Besitz ergriffen.

Die ersten Spuren der Insekten sind aus dem Devon bekannt. Diese Formen gehören jedoch noch zu den flügellosen Insekten (Apterygota). Die geflügelten Formen (Pterygota) sind, wie schon angeführt, erst aus dem Karbon bekannt. Die Insekten haben als konstantes Merkmal 3 Brustsegmente und 3 Beinpaare (daher auch die Bezeichnung Hexapoda). Der Hinterleib besteht aus 5 bis 11 Gliedern und hat meist keine Extremitäten. Am Kopf stehen ein Paar Fühler und drei Paar Mundgliedmaßen. Die Augen sind als Facettenaugen ausgebildet.

Unter den Weichtieren (Mollusken) treten bei den marinen Muscheln keine besonders wich-

tigen Änderungen ein. Das Oberkarbon ist aber für die paläozoischen Süßwassermuscheln eine besondere Blütezeit. Der Formenwandel ist so stark spürbar, daß man sogar in einigen Ländern versucht hat, das Oberkarbon nach ihnen zu untergliedern.

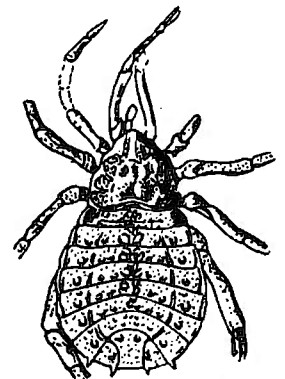
Auch bei den Schnecken ist, bis auf die neu auftauchenden Landformen, keine Änderung eingetreten. Im Oberkarbon finden wir die ersten Süßwasserschnecken.

Unter den Ammonoideen sind die Clymenien ausgestorben, die durch den am Innenrand der Gehäusewindungen liegenden Siphon charakterisiert sind. Die Goniatiten machen eine ruhige Weiterentwicklung durch. Die bei den devonischen Formen besprochene Sutura wird stärker gefaltet.

Bei den Brachiopoden sind jetzt die Productiden besonders wichtig (Abb. 51). Sie unterscheiden sich von allen anderen Brachiopoden durch die meist mit Stacheln besetzten Schalen und durch besondere Größe. Sie sind typisch paläozoische Formen mit geradem Schloßrand.

Bei den zu den Echinodermen gehörigen Crinoiden treten die im Devon stark gepanzerten Flachwasserformen in den Hintergrund. Leichter gebaute Formen, die das tiefere Wasser besiedeln, kommen auf. Die Crinoiden können

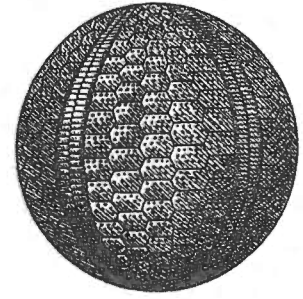
Abb. 44. *Eophrynus* (*Aranida*, Spinnentiere) aus dem Karbon. Die abgebildete Form ist eine der ältesten und hat noch einen gegliederten Hinterleib, was bei den heutigen Spinnen nicht mehr bekannt ist. Es ist ein Hinweis darauf, daß die Spinnen ebenfalls von segmentierten Vorfahren abstammen. Nach Kuhn. (Verkl.)



jetzt teilweise sogar gesteinsbildend werden. Ihre Stielglieder, die eckig oder rund sind, werden vom Volksmund als „Bonifatius-Pfennige“ bezeichnet. Erstmalig werden auch die Seeigel häufiger (Abb. 46). Es sind aber meist noch stark an die Kugelform anklingende, mit großen Stacheln besetzte Tiere, die weit mehr Plattenreihen besitzen als die heutigen Seeigel; sie gehören zu den sogenannten Palechinoidea (Alt-Seeigeln). Die Schale (Corona) der Seeigel ist aus einer großen Anzahl im Bindegewebe gebildeter Plättchen aufgebaut. Bei den lebenden Formen ist sie herzförmig bis rund und oft stark abgeflacht. Bei den älteren Formen sind die das Gehäuse aufbauenden Kalktäfelchen irregulär umgrenzt, bei den höher stehenden Typen sind sie regelmäßig, meist fünfeckig begrenzt. Die Tafeln sind mit verschiedenartig gestalteten Stacheln besetzt, die zur Verteidigung und zur Fortbewegung benutzt werden können.

Die jüngeren Formen der Seeigel sind streng nach der Fünffzahl gebaut und lassen sogenannte Ambulacralfelder und Interambulacralfelder erkennen. Jeweils fünf Felder der eben genannten Art wechseln miteinander ab. Jedes Feld ist aus zwei Reihen von nebeneinanderliegenden Platten aufgebaut. Die Platten der Ambulacralfelder sind für den Durchtritt der Ambulacralfüßchen durchbohrt. Außer den Ambulacralfeldern können sie noch Stacheln tragen. Die Interambulacralfelder sind nicht durchbohrt. Sie tragen Warzen und Stacheln.

Abb. 46. Palechinus (Palechinozoa, Alt-Seeigel) aus dem Karbon. Die Alt-Seeigel haben noch nicht die strenge Regelmäßigkeit im Aufbau des Gehäuses. Es sind noch viel mehr Plattenreihen vorhanden als bei den späteren Jung-Seeigeln. Nach Endriss. (Etwas vergr.)

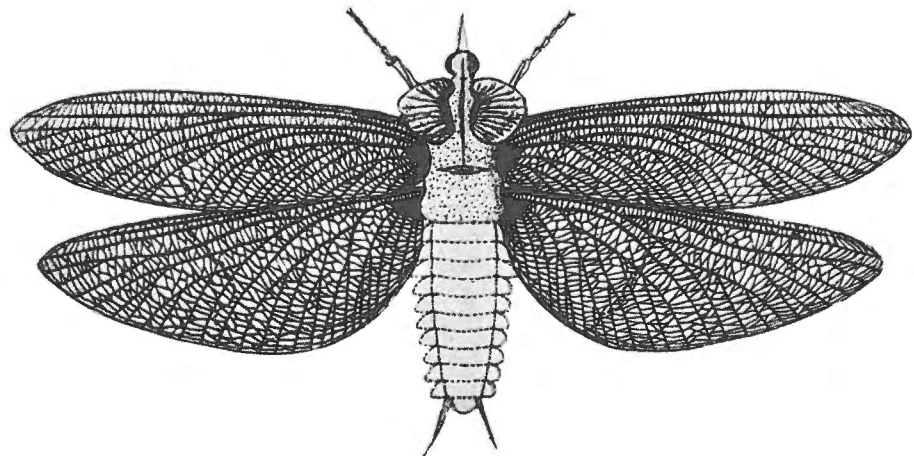


Bei den höher entwickelten Seeigeln wechseln stets zwei Reihen Ambulacralfelder mit zwei Reihen Interambulacralfelder (Abb. 47); eine Regelmäßigkeit, die bei den paläozoischen Formen noch nicht vorhanden ist (Abb. 46). An der Unterseite des Gehäuses liegt entweder zentral oder an den Vorderrand der Unterseite vorgeschoben die Mundöffnung. Der Mund ist mit fünf starken, dolchartig ausgebildeten Kiefern versehen. Der After liegt entweder im Scheitel oder rückt hinten bis an den Rand der Unterseite herab.

Bei den Fischen finden wir jetzt kaum noch Vertreter der im Devon tonangebenden Panzerfische. Dafür werden die Vertreter der Knorpelfische und Knochenfische häufiger. An Knorpelfischen sind Haie und Meerkatzen im Karbon besonders stark vertreten.

Die Amphibien des Karbons haben noch, wie ihre Ahnen im Oberdevon, sehr schwere, geschlossene Schädel, die mit dem Schultergürtel verbunden sind (Abb. 48).

Abb. 45. Lithomantis (Paläodyctioptere, Urinsekt) aus dem Oberen Karbon, mit 20 Zentimeter Spannweite. Die Paläodyctiopteren hatten starre, nicht einfaltbare Flügel und erreichten Größen, wie sie heute höchstens von Tropenformen annähernd bekannt sind. Nach H. Haupt. (Verkl.)



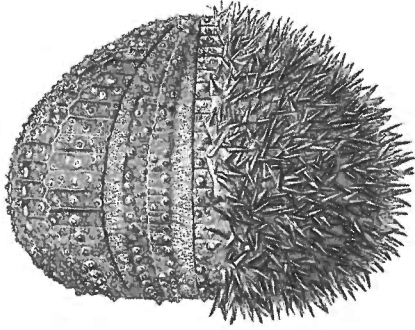


Abb. 47. Echinus (Echinozoa, Secigel) aus der Jetztzeit. Die abgebildete Form gehört zu den radiärsymmetrischen Seeigeln und kommt in der Nord- und Ostsee vor. Um die Ambulacral- sowie die Interambulacralfelder sichtbar zu machen, sind auf der einen Hälfte die Stacheln entfernt worden. Nach Endriss, vergleiche auch Text S. 217. (Nat. Gr.)

Als wichtiges neues Glied in der Entwicklung der Wirbeltiere treten jetzt im Oberkarbon die Reptilien auf. Sie sind eigentlich die ersten echten Landtiere unter den Wirbeltieren, da sie auch bei der Fortpflanzung bis auf Ausnahmen nicht mehr an das Wasser gebunden sind.

Ogleich die Amphibien sich erstmalig von dem Lebensmedium Wasser weitgehend unabhängig

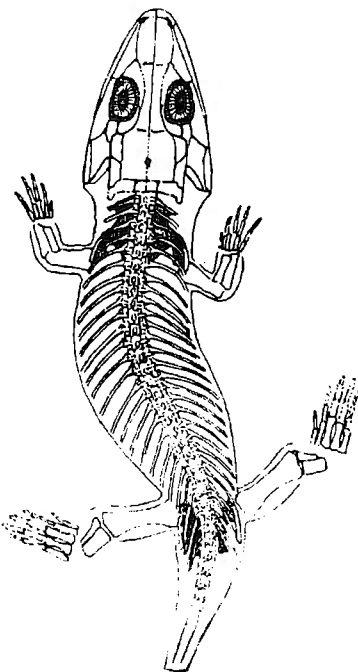


Abb. 48.
Diplovertebron
(Amphibium, Lurch)
aus dem Karbon.
Die Amphibien des
Karbons haben noch
den ursprünglichen
Bauplan mit einem
festen und geschlossenen
Dachschädel. Nach
Romer. (Verkl.)

gemacht und das feste Land als neuen Lebensraum besiedelt hatten, waren sie in ihrem Larvenstadium immer noch auf das Wasser angewiesen. Die Reptilien aber benötigten das Wasser nicht mehr. Sie sind reine Lungenatmer und somit echte Landtiere. Doch sind genau wie bei den erst spät auftretenden Säugetieren einzelne Formen nachträglich zum Wasserleben übergegangen. Als Beispiele kann man bei den Reptilien die Ichthyosaurier und bei den Säugern die Wale nennen. Da die Reptilien wechselwarme Tiere sind, sind sie von klimatischen Einflüssen abhängig und kommen daher nur in bestimmten Klimabereichen vor. Die fossilen Vertreter werden nach dem Vorhandensein von Schläfengruben untergliedert, die Art der Bezahnung spielt ebenfalls eine Rolle. Die Zähne sind einspitzig kegelförmig.

PERM

Mit dem Ende des Perms setzt in der Tierwelt ein Wandel ein. Ganze Gruppen, die wir im älteren Paläozoikum auftauchen sahen und die uns durch das Paläozoikum begleiteten, sterben jetzt aus, so z. B. die Trilobiten. Auch bei den Korallen macht sich die Wende vom Paläozoikum zum Mesozoikum in der Umgestaltung des Septalapparates bemerkbar. Die Reptilien, die im Oberkarbon erstmalig auftauchten, beginnen eine lebhafte Entwicklung. Wenn wir, wie in den vorangegangenen Formationen, uns die Tierwelt des Perms in systematischer Reihenfolge betrachten, so können wir feststellen, daß die im Karbon durch das Aufblühen besonders großer Formen charakterisierten Foraminiferen im Perm weiterhin durch Großformen vertreten sind. Es sind jetzt weniger die langspindelförmigen, an ein Getreidekorn erinnernden, als mehr oder weniger kugelhähnlich geblähte Formen. Diese Formen machen innerhalb des Perms einen steten Gestaltenwandel durch und werden zum Teil zur Untergliederung dieses Zeitraumes

herangezogen. Neben den Großforaminiferen existieren aber seit dem älteren Paläozoikum heute noch zu findende mikroskopisch kleine Formen. Die eben erwähnten Großformen sterben am Ende des Perms aus. Bei den Nesseltieren (Cnidarien) setzen im Perm starke Änderungen in der Symmetrie der Septenstellung ein. Während wir in den vergangenen Formationen nur nach der Vierzahl gebaute Korallen mit fiedriger Septenstellung kennen, verwischt sich jetzt die Vierzahl und macht an der Wende vom Perm zur Trias der sechszähligen Septenstellung Platz. Damit erleben wir bei den Korallen eine ganz ähnliche Entwicklung wie bei den Echinodermen, indem ursprünglich bilateralsymmetrische Tierformen durch sessile Lebensweise einen radiärsymmetrischen Aufbau erhalten. Diese Entwicklung ist für die Korallen mit dem Ende des Perms abgeschlossen. Bei den Arthropoden tritt insofern eine Änderung ein, als die im Altpaläozoikum in ihrer Entwicklung und Formenfülle so wichtigen Trilobiten mit dem Ende des Perms, soviel wir wissen, ohne Nachkommen ausstarben. Wenn sie, wie einige Autoren annehmen, die Stammformen der Insekten bilden sollten, so waren es bestimmt nicht die uns bekannten Formen des Paläozoikums. Daß beide Gruppen eventuell auf gemeinsame Stammformen zurückgehen, ist nicht von der Hand zu weisen.

Als letzter Vertreter der Trilobiten aus dem Perm kommen die Proetiden mit *Phillipsia* vor. Von den Alt-Insekten des Karbons finden wir jetzt nur noch die letzten Vertreter, die jedoch auch bald aussterben. An ihre Stelle treten neue Formen, unter ihnen die ersten Käfer.

Unter den Mollusken haben die Schnecken noch das paläozoische Gepräge beibehalten, wenngleich sie nicht so stark in den Vordergrund treten. Die Muscheln, die im Karbon besonders durch Süßwasserformen in der Entwicklung hervortraten, sind auch in der marinen Fazies ein wichtiges Element. Sie werden nach dem Vorhandensein der Schließmuskeln systematisch

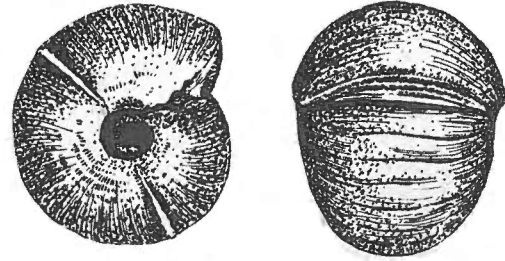


Abb. 49. *Cyclolobus* (Cephalopode, Kopffüßer) aus dem Perm. Nach Zittel. (Etwas nat. Gr.)

untergliedert. Bei dieser Einteilung ergeben sich zwei große Gruppen, auf der einen Seite Formen mit zwei mehr oder weniger gleichartig ausgebildeten Schließmuskeln, die Isomyarier, auf der anderen Seite Formen mit zwei ungleichwertigen Muskeln bzw. mit nur einem, die Anisomyarier. Im Perm sind es besonders die Anisomyarier, die jetzt den Hauptanteil der Formen ausmachen. Weitere Untergliederungen der Muscheln nimmt man nach der Art der Schloßausbildung und der Anwachsline des Mantels vor.

Bei den Ammonoideen läßt sich die im Karbon andeutete Tendenz der stärkeren Verfaltung bzw. Zerschlitzung der Sutura weiterverfolgen. Es treten jetzt Formen mit kompliziert aufgeteilter Sutura auf (Abb. 49). Diese Formen, bei denen in der Regel jedoch nur die Loben, d. h. die nach hinten gerichteten Ausbuchtungen der Lobenlinie, zerteilt sind, werden als Ceratiten zusammengefaßt. Die Loben sind meist sägeblattartig fein zerschlitzt, während die Sättel glatt sind. Die Blütezeit der Ceratiten ist die Trias. Sie sind wie alle Cephalopoden rein marine Tiere. Die Formen der Trias sind meist berippt oder bedornt. Sie stehen in geradezu krassem Gegensatz zu den permischen Formen, die in der Mehrzahl glatte und unverzierte Gehäuse besitzen.

Unter den Molluscoidea (Weichtierartigen), die uns aus den früheren Formationen durch die Brachiopoden bekanntgeworden sind, treten seit dem Silur bekannten Bryozoen (Moostiere)

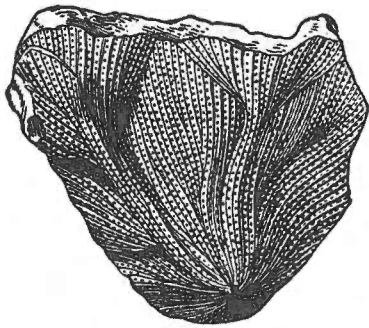
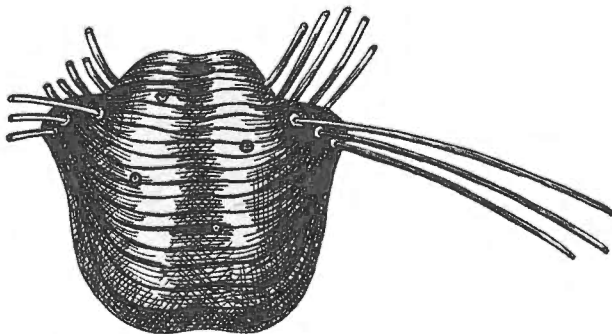


Abb. 50. *Fenestella* (Bryozoe, Moostierchen) aus dem Zechsteinmeer (Perm). Die Fenestellen besitzen ein festes Außenskelett und konnten daher im Zechsteinmeer riffartige Bildungen aufbauen. Nach Endriss. (Vergr.)

als für den engeren mitteleuropäischen Raum erstmalig wichtige Formen in Erscheinung. Im Oberen Perm, zur Zeit des sogenannten Zechsteinmeeres, bauten diese kolonienbildenden Tiere ganze Riffe. Diese sind stellenweise vollkommen aus den kalkigen Außenskeletten aufgebaut.

Die Bryozoen sind sehr kleine Tiere, die stock- oder krustenbildend auftreten (Abb. 50). Jedes Individuum scheidet eine Außenhülle ab, die entweder aus Chitin, Kalk oder Gallerte besteht. Um den Mund stehen Tentakeln, die zum Herbeistrudeln der Nahrung dienen; sie stehen bei der fossil am besten bekannten Gruppe im Kreise. Bei den Bryozoen handelt es sich fast ausschließlich um marine Tiere, deren verkalkte Kolonien häufig fossil erhalten sind. Die ältesten Formen kennen wir aus dem Silur. Im Schutze dieser Bryozoenriffe lebten die ebenfalls zur Klasse der Molluscoidea gehörenden Brachio-

Abb. 51. *Productus* (Brachiopode, Armfüßer) aus der Zechsteinzeit (Perm). Bei den *Productiden* handelt es sich um recht große Formen, deren Schalen oft mit langen Dornen versehen waren, die den Tieren wohl zum Verankern dienten. Nach Endriss. (Etwa nat. Gr.)



poden. Die im Karbon schon durch ihre Größe und zum Teil starke Bestachelung des Gehäuses aufgefallenen *Productiden* sind in der Riffregion besonders reichlich vertreten (Abb. 51). Mit ihren Schalen haben sie sich teilweise auf dem Untergrund verankert. Mit dem Perm, in dem diese Formen ihren Höhepunkt erreichen, sterben sie aus.

Unter den Brachiopoden treten im Perm des marinen Bereiches eigenartige, von der Form der übrigen Brachiopoden völlig abweichende Formen auf. Diese als aberrant bezeichneten Gruppen gleichen in ihrer äußeren Gestalt der Form von Korallen (Abb. 52). Bei ihnen hat sich die an der Unterlage festgeheftete Schale enorm verlängert, so daß sie einem auf der Spitze stehenden Kegel gleicht. Die zweite Schale liegt wie ein

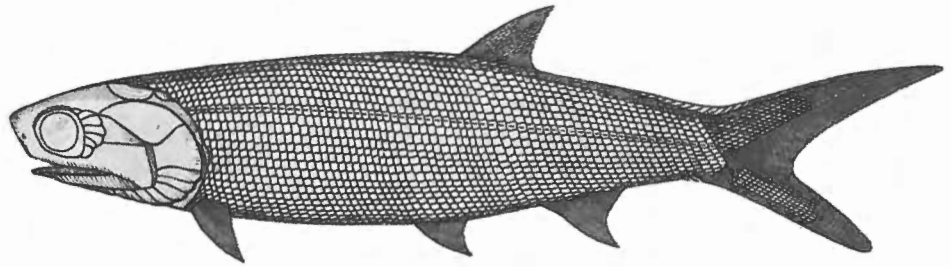
Abb. 52. *Richthofenia* (Brachiopode, Armfüßer) aus dem Perm. Diese Form gehört zu den sogenannten aberranten Armfüßern, deren festgewachsene Schale die Gestalt von Korallen hat. Es sind direkt am Boden angewachsene Formen. Nach Brinkmann. (Etwa nat. Gr.)



Deckel darauf. Man kann es sich nicht anders erklären, als daß diese Formen auf einem sich relativ schnell aufhöhenden Meeresgrund lebten. Nur durch diese eigenartige Wuchsform konnten die Tiere dem Verschüttetwerden entgehen. Ähnliche Wuchsformen werden wir später noch bei den Muscheln (Seite 222) und auch bei den Crustaceen kennenlernen.

Diese uns jetzt interessierenden, von der Normalform abweichenden Brachiopoden, die zum Teil von den *Productiden* abstammen, sind auf das Perm beschränkt. Bei den Echinodermen setzt sich die von den Crinoiden im Karbon begonnene Vereinfachung des Kelchbaues fort. Die

Abb. 53. *Paläoniscus*
(Chondrostei, Knorpel-
ganoide) aus dem mittel-
europäischen Zechsteinmeer.
Nach Romer. (Etwa
nat. Gr.)



Knospenstrahler (Blastoidea, Abb. 54), ein auf das Paläozoikum beschränkter Zweig der Pelmatozoen, d. h. der mit einem Stiel auf der Unterlage verankerten Formen, zu denen auch die eben erwähnten Crinoiden gehören, erleben im Perm eine Blüte und sterben dann aus.

Vom Perm bis heute existieren also von den gestielten Formen (Pelmatozoen), die im Altpaläozoikum durch mehrere Gruppen vertreten waren, nur noch die Crinoidea (Seelilien). Wie bei dieser Gruppe, so ist auch die Entwicklung der Seeigel im Perm durch die Reduktion der das Gehäuse aufbauenden Platten gekennzeichnet.

Während im Karbon die in ihrer Plattenzahl noch nicht fixierten sogenannten Palechinoidea (Alt-Seeigel) herrschten, treten im Karbon und Perm

Abb. 54. *Pentremites* (Blastoidea, Knospenstrahler) aus dem Perm. Die Knospenstrahler gehören zu den mit Stiel festgehefteten Stachelhäutern. Sie sind nur auf das Paläozoikum beschränkt und erleben im Perm eine Nachblüte. Nach Endriss (Etwas vergr.)



erstmals die Euechinoidea, und zwar reguläre Formen auf. Bei dieser Gruppe wechseln regelmäßig jeweils zwei Platten ohne Poren mit zwei Platten mit Poren für den Durchlaß der Ambulacralfüßchen ab.

Unter den Fischen sind, wie im Karbon, haiartige Fische häufig. Besonders zahlreich und durch die Funde im Kupferschiefer bekannt sind die Paläonisciden (Abb. 53), die vom Karbon bis zur Kreide vorkommen. Die Paläonisciden gehören zu den Ganoiden (Schmelzschuppen) und haben eine knorplige Wirbelsäule. Die Amphibien, die im Karbon noch durch den vollkommen geschlossenen Schädel gekennzeichnet waren, werden im Perm besonders häufig. Als entwicklungsgeschichtliche Fortschritte sind hier die Reduktion des schweren Schädels und die Loslösung des Schultergürtels zu verzeichnen.

Die Reptilien, die im Oberkarbon erstmalig auftraten und in diesem Zeitraum nur vereinzelt aufgefunden wurden, werden im Perm häufig und bringen zwei große Gruppen hervor. Wir können unter ihnen fleischfressende und pflanzenfressende Formen unterscheiden. Einzelne Formen gingen sekundär wieder zum Wasserleben über. Zur Unterteilung der einzelnen Gruppen der fossilen Reptilien wird die Schläfenregion benutzt, je nachdem, ob kein Durchbruch, einer oder zwei Durchbrüche vorhanden sind. Ein näheres Eingehen darauf würde zu weit führen.

DIE TIERWELT IM MESOZOIKUM

Das Mesozoikum erhält sein Gepräge dadurch, daß unter den Invertebraten besonders die Muscheln, Schnecken und Ammoniten stark in den Vordergrund treten. Auf der anderen Seite ist das Mesozoikum charakterisiert durch das Fehlen einiger uns durch das Paläozoikum begleitenden Faunengesellschaften. Ausgestorben sind die Graptolithen und die Trilobiten unter den Invertebraten, die Panzerfische unter den Vertebraten. Bei den Wirbeltieren machen sich im Mesozoikum die Reptilien stärker bemerkbar. Sie bringen Riesenformen hervor, die unter der Bezeichnung Dinosaurier (Schrecksaurier) bekannt sind. Im Mesozoikum beleben die Reptilien auch den Luftraum. Verschiedene Gruppen sind sekundär zum Wasserleben übergegangen, so daß alle drei Lebensmedien durch die Reptilien bewohnt wurden. Wie mannigfaltig diese Gruppe im Mesozoikum ist, geht schon daraus hervor, daß wir aus dieser Zeit 21 Ordnungen kennen, von denen heute nur noch 4 Ordnungen (Brückenechsen, Schuppenechsen, Krokodile und Schildkröten) vertreten sind. Die Reptilien des Mesozoikums nahmen die Plätze ein, die heute durch die Säugetiere behauptet werden. Es gab Pflanzen- und Fleischfresser und unter den Fleischfressern wiederum Aasfresser und Räuber.

TRIAS

Wie schon im Abschnitt über das Perm betont, hat sich das Gesamtbild der Fauna mit der Wende vom Paläozoikum zum Mesozoikum in einigen

Fällen nicht unerheblich geändert. Mit dem Beginn der Trias kennen wir keine Tetrakorallen und auch keine Trilobiten mehr. Auch die Productiden, die für das Karbon und das Perm so charakteristisch waren und im Perm mit den aberranten Richthofeniiden die sonst von den Brachiopoden gewohnte Gestalt völlig verleugnen, sterben aus. Unter den Schnecken sind die schon seit dem ältesten Paläozoikum bekannten Bellerophonaceen ausgestorben, die genau wie die noch heute lebende *Pleurotomaria* durch einen Einschnitt in der Schale, den sogenannten Schlitz, gekennzeichnet sind. Auch bei den Amphibien und Reptilien sind ganze Formenkreise erloschen.

Die jetzt ausschließlich herrschenden Hexakorallen bilden oft eigene Lebensbezirke in Form von Rasen.

Die Weichtiere (Mollusca), die im Perm bis auf die Ammoniten entwicklungsgeschichtlich keine besonderen Fortschritte zu verzeichnen hatten, bringen bei den Schnecken stark verzierte Formen hervor. Bei den Muscheln herrschen, wie im Perm, die anisomyaren Formen vor. Es sind schon die wichtigsten Familien entwickelt (Abb. 55). Für die Anisomyarien charakteristisch ist das Auftreten der ersten Ostreiden (Austern). Sie sind meist mit der linken Schale auf einer Unterlage angewachsen. Unter den Cephalopoden sterben die seit dem Altpaläozoikum bekannten Orthoceren aus. Sie sind höchstwahrscheinlich die Stammformen der in der Trias neu erscheinenden dibranchiaten (zweikiemigen) Dekapoden.

Die Dekapoden aus diesem Zeitabschnitt sind durch die – als Donnerkeil bezeichneten – nach innen verlagerten Gehäuseelemente bekannt. Die heute bekannten Formen werden nach der Zahl der Arme in Dekapoda und Oktopoda unterschieden (Abb. 56). Durch günstige Funde sind wir über die fossilen Vorgänger dieser For-

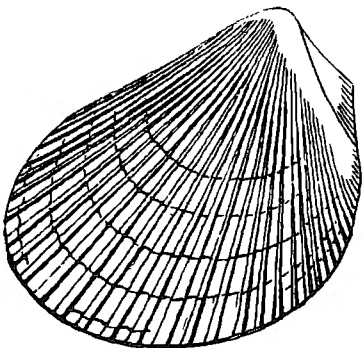


Abb. 55. *Lima*
(Lamellibranchiat,
Muschel aus der Trias.
Nach M. Schmidt.
(Etw. nat. Gr.)

men, wenigstens bei einigen Untergruppen, gut unterrichtet. Uns interessieren zunächst aus der Gruppe der Dekapoden (zehnarmige Tintenfische) die Belemniten (Abb. 57). Sie sind die ältesten Vertreter der Dibranchiaten und sind von der Trias (Perm?) bis zum Eozän bekannt. Die Blüte dieser Formen lag in der Jura- und Kreidezeit. Bei einigen besonders günstig überlieferten Fossilien ist der Tintenbeutel und ein Teil der Weichteile erhalten geblieben. Während bei den Orthoceraten die Schale nur aus einem Teil bestand, können wir bei den Belemniten-schalen drei Teile unterscheiden (Abb. 58), das Rostrum (als Donnerkeil bekannt), den Phragmocon, der gekammert ist, und das schuhlöffelartige Proostracum. Die ältesten Formen (Auloceras) haben ein nur kleines Rostrum, dafür aber einen langen, gekammerten Phragmocon. Die jüngeren Formen haben lange Rostren (bis $\frac{1}{2}$ Meter). Sie zeigen zum Teil Gefäßeindrücke (Belemnitella mucronata, Abb. 57), können Längsrinnen haben oder im ganzen abgeflacht sein (Duvalia, Abb. 59).

Die Belemniten lebten in großer Zahl das Meer dieser Zeit.

Seit dem Ende des Perms kennen wir unter den Ammoniten Formen mit an den Loben gezählter Lobenlinie. Diese als Ceratiten bezeichneten Ammoniten sind besonders in der Trias verbreitet. Sie gehen ohne scharfe Grenzen in die durch vollkommen aufgeschlitzte Lobenlinie gekennzeichneten Jung-Ammoniten der Jura- und Kreidezeit über (Abb. 60). Das Schema der ceratitischen Lobenlinie ist in Abbildung 62 dargestellt. Aus diesen Formen entstehen durch Übergreifen der Zerschlitzung auf die Flanken der Loben und später auf die Sättel die hochkomplizierten Lobenlinien der Jung-Ammoniten. Als neues Element tritt in der Trias die reichverzierte Schale hinzu. Gegen Ende der Trias hört diese Entwicklung jedoch fast völlig auf. Die alten Ammonitengeschlechter sterben aus, und nur die Linie der Phylloceraten (Abb. 64) leitet in die Jurazeit über.

Abb. 56. *Enoploteuthis* (Cephalopode, Kopffüßer), zehnamiger Tintenfisch aus der Jetztzeit. Auch die ausgestorbenen Belemniten (Abb. 57) hatten zehn Arme. Nach Zittel. (Etwa nat. Gr.)

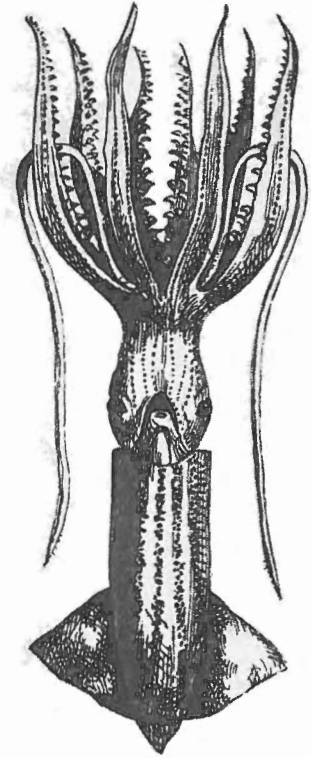
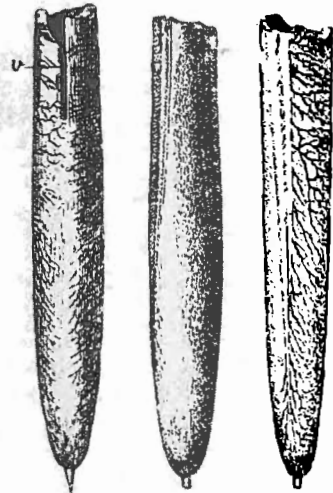


Abb. 57. *Belemnitella* (Cephalopode, Kopffüßer). Diese zu den zweikiemigen und zehnamigen Kopffüßern gehörende Form läßt auf dem Rostrum (vergleiche Abb. 58) deutlich die Gefäßeindrücke erkennen. Daraus geht hervor, daß das Rostrum im Innern des Körpers lag. Nach Zittel. (Etwa nat. Gr.)



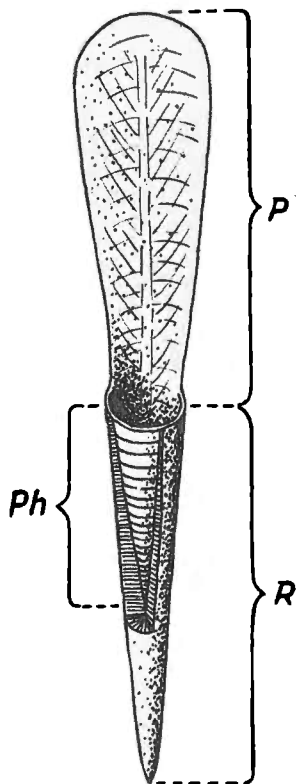


Abb. 58. Schema der Hartteile eines Belemniten.

R = Rostrum
(als Donnerkeil bekannt),
Ph = Phragmocon,
P = Proostracum.

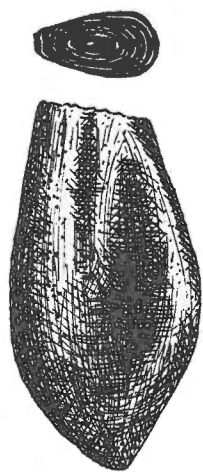


Abb. 59. *Duvalia* (Belemnit, Tintenfisch) — ebenfalls ein Cephalopode —, der, wie auch Belemnitella, zu den zehnmarmigen Zweikiemern gehört. *Duvalia* ist durch das abgeplattete Rostrum leicht kenntlich. Diese Formen waren nur in der Tethys zu Hause. Nach Brinkmann. (Vergr.)

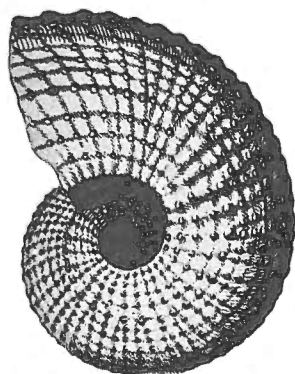


Abb. 60. *Trachyceras* (Ammonit, Ammonshorn) aus der Oberen Trias. Dieser Ammonit ist mit feinen, in Form von Rippen angeordneten Knoten besetzt. Aus Zittel. (Etwas vergr.)

Gleichlaufend mit dem Aussterben der meisten Ammonitengeschlechter bilden die Ammoniten am Ende der Trias eigenartige Nebenformen mit aufgelöster Spiralforn des Gehäuses, wie *Choristoceras*, *Cochloceras* und *Rhabdoceras* (Abb. 61).

Von den Molluscoideen (Weichtierartigen) machen die Armfüßer in ihrer Entwicklung ebenfalls eine stärkere Wandlung durch. Die alten aus dem Perm bekannten Formen wie *Productiden* und *Orthiden* sterben aus. Die Lücken werden durch die noch heute lebenden *Terebratuliden* ausgefüllt. Diese haben meist glatte, runde bis ovale Schalen (Abb. 63).

Unter den Echinodermen sind in der Trias, besonders in der Zeit des Muschelkalks, die Seelilien (*Crinoidea*) häufig. Die in den früheren Formationen angebahnte Entwicklung der Reduktion der Kelchelemente ist in großen Zügen abgeschlossen (Abb. 65). Im Muschelkalk können die Seelilien sogar gesteinsbildend auftreten. Ihre Stielglieder sind oft zu ganzen Bänken angehäuft. Die Seeigel werden jetzt nur noch durch *Euechinoidea*, und zwar reguläre Formen, vertreten. Sie treten aber in der Trias mehr oder weniger zurück. Die aus dem Devon durch gute Erhaltung und große Formenfülle bekannten Seesterne sind auch in der Trias wieder etwas häufiger. Ihre Entwicklung ist im großen und ganzen in diesem Zeitabschnitt abgeschlossen.

Unter den Fischen sind die paläozoischen Gruppen in der Mehrzahl ausgestorben. Die in der Trias lebenden Knochenfische lassen sich in der Hauptsache von den besonders aus dem Perm bekannten Paläonisciden ableiten. Erstmalig aus dieser Zeit kennen wir Flugfische. Bei den Amphibien treten die ersten Anuren (Frösche) auf.

Die Reptilien erleben in der Trias eine Blütezeit. Die Tendenz ihrer Entwicklung ist, wie im Altpaläozoikum bei den Fischen und später bei den Amphibien, die Auflösung der schweren Schädelkapseln. Die Anlage verschiedener Durchbrüche im Schädelskelett kennzeichnet diese

SAURIERGRUPPE AUS DEM MESOZOIKUM
IN EINER LANDSCHAFT VON WÜSTENARTIGEM CHARAKTER

Die links im Bild dargestellten Tiere fallen durch ihre im Verhältnis zu den Vorderfüßen langen und vogelartigen Hinterbeine auf. Die Füße sind dreizehig, mit einer kleinen, nach hinten gerichteten Zehe. Diese als Allosaurus bezeichneten Tiere bewegten sich nur auf den Hinterbeinen laufend und springend fort. In der Ruhestellung wird der Schwanz als Stütze gedient haben. Die kurzen Vorderfüße dienten nur als Greiforgane oder zum Balancieren des Körpers. — Wie das mit spitzen, zurückgebogenen Zähnen besetzte Gebiß zeigt, handelt es sich um fleischfressende Räuber. Die besten Funde dieser Tiere wurden in Nordamerika gemacht. Das rechts im Bild dargestellte Tier wird von der Wissenschaft Stegosaurus genannt. Schon beim ersten Betrachten fällt es durch seinen plumpen Bau und die großen, aus der Rückenseite des Tieres herausragenden Panzerplatten auf. Diese Panzerplatten werden diesem sicherlich nicht gerade besonders schnellen Tier wenigstens von der Rückenseite einen guten Schutz gegeben haben. Von der Bauchseite wird es dagegen mehr oder weniger den Angriffen von Raubsauriern ausgesetzt gewesen sein. Der Schwanz trägt zwei Paar spitze Dornen. Der Kopf ist relativ klein. Da dieser Saurier zu den pflanzenfressenden Formen gehört, fehlt ihm das spitze und scharfe Gebiß, wie es z. B. der Allosaurus besitzt. Das Gehirn war im Verhältnis für dieses große Tier sehr klein, dafür besaßen diese Tiere ein zweites großes Nervenzentrum in der Kreuzgegend, das sogenannte Sakralhirn. Die Vorderfüße der Stegosaurier sind im Vergleich zu den Hinterbeinen sehr kurz. Man vermutet daher eine Abstammung von ehemals zweifüßigen Formen. Diese Form lebte im Oberen Jura Nordamerikas und Englands.



AM UFER EINES NORDAMERIKANISCHEN SUMPFSEES DER JURAZEIT

Im Vordergrund am Ufer und in den flacheren Teilen des Sees sehen wir einige Saurier, die zu den Dinosauriern, den sogenannten Schrecksauriern, gehören. Es handelt sich um eine der größten Saurierformen, die wir kennen. Besonders auffallend ist der im Verhältnis zu dem großen, plumpen Körper sehr kleine Kopf, der auf einem langen Hals sitzt. Diese plumpen und trägen Tiere waren reine Pflanzenfresser, die sich wohl den größten Teil ihres Lebens im flachen Wasser, den Grund abweidend, aufgehalten haben. Hier im Wasser werden sie auch vor den Angriffen von Raubosauriern geschützt gewesen sein. Die Tiere erreichten eine Länge von etwa 18 m und hatten ein sehr kleines Gehirn. Wie viele dieser Riesensaurier, so hatten auch diese Saurier in der Gegend der Kreuzwirbel ein zweites großes Nervenzentrum. Die dargestellte Form wird in der Wissenschaft als Brontosaurus bezeichnet.



Entwicklung. Ein weiteres Entwicklungsmerkmal ist die stärkere Verknöcherung der Wirbel. Aus der Fülle der Formen seien nur die neu auftauchenden Schildkröten, unter anderem die erste Landschildkröte, erwähnt (Abb. 67). Im übrigen sind die Reptilien genau wie die jetzt lebenden Säugetiere allen Lebensbereichen angepaßt. Man findet Fleisch- und Pflanzenfresser, Land- und Wasserformen, und im jüngeren Paläozoikum wird sogar der Luftraum mit einbezogen. Am Ende der Trias treten höchstwahrscheinlich die ersten Säugetiere auf. Sie sind zunächst nur durch Funde von Zähnen belegt, die von einigen Wissenschaftlern in ihrer Deutung jedoch angezweifelt werden (Abb. 66).

JURA

Nach dem stärkeren Wandel an der Wende vom Paläozoikum zum Mesozoikum hat die Entwicklung des Lebens, insbesondere der Tierwelt, am Ende der Trias wieder ruhigere Bahnen eingeschlagen. Dafür herrscht ein bunter Wechsel in den Einzelformen, besonders bei den Ammoniten und Belemniten (Abb. 72). Für diese Formen kann die Jurazeit überhaupt als Blütezeit angesehen werden.

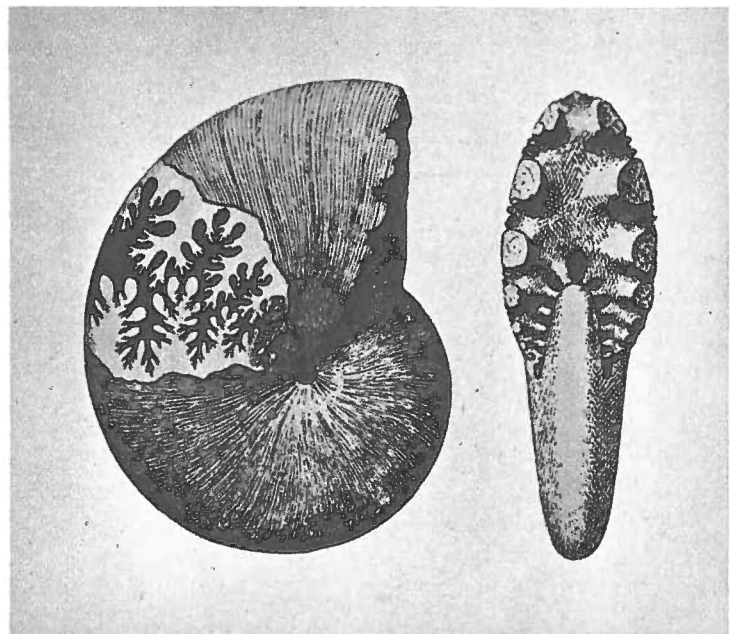
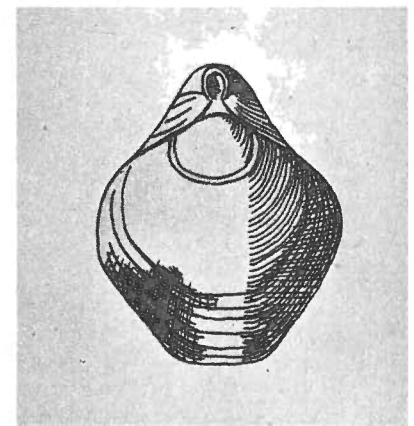
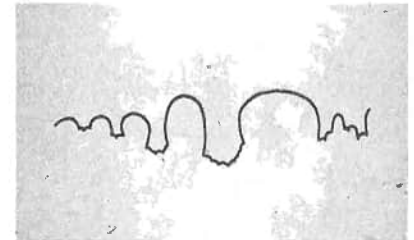
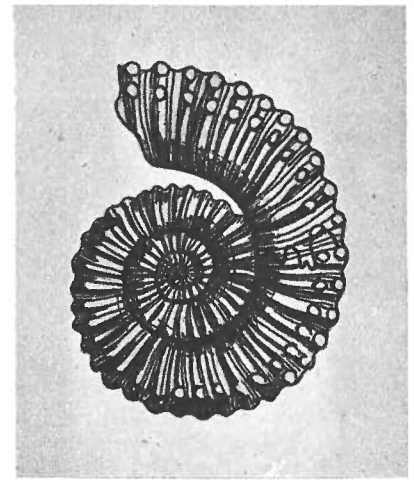
Die Foraminiferen werden vom Jura an durch ihre Häufigkeit und den Wandel ihrer charakteristischen Kleinformen besonders wichtig. Die Schwämme, deren Entwicklung bisher nur im Kambrium gestreift wurde, werden durch ihr verbreitetes Auftreten im Jura wichtiger als in den vorhergehenden Formationen. Ihr Auftreten ist seit dem Kambrium festgestellt. Im Kambrium waren es die zu den Kieselschwämmen gehörenden, mit einem doppelwandigen Becher zu vergleichenden Archäocyathiden. Im Silur erscheinen dann auch die ersten Kalkschwämme,

Abb. 64. Phylloceras (Ammonit, Ammonshorn) aus der Trias. Es handelt sich um eine glatte Form, die in den Jura überleitet und der Stammvater der Trias-Ammoniten ist. Nach Zittel. (Nat. Gr.)

Abb. 61. Choristoceras (Ammonit, Ammonshorn) aus der Oberen Trias. Choristoceras ist ein aberranter Ammonit, bei dem sich die Gehäusespirale auflöst. Es ist eine Degenerationserscheinung, die kurz vor dem Aussterben der aus der Trias bekannten Ammonitengruppen am Ende der Trias auftritt. Nach Zittel. (Vergr.)

Abb. 62. Lobenlinie (Sutur) eines Ceratiten. Die Lobenlinie der Ceratiten unterscheidet sich von derjenigen der Jung-Ammoniten durch die ungeschlitzten, noch völlig glatten Sättel. Nach Zittel.

Abb. 63. Terebratula (Brachiopode, Armsfüßer) aus der Trias. Die terebratulaartigen Armsfüßer stehen seit Beginn der Trias stark im Vordergrund. Sie treten an die Stelle der mit dem Ende des Paläozoikums ausgestorbenen Gruppen wie der Productiden und anderer. Nach Endriss. (Etwas vergr.)



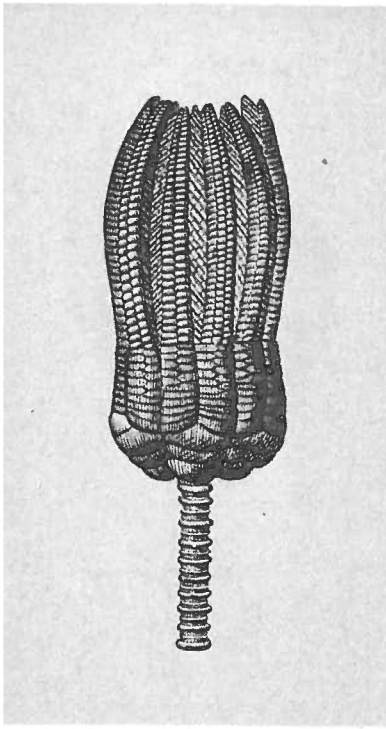


Abb. 65. *Enocrinus* (Crinoidea, Seelilie) aus der Mittleren Trias. Die abgebildete Art ist in dem in Deutschland weite Flächen einnehmenden Muschelkalk recht häufig; oft werden nur die Stielglieder gefunden, da der Kelch meist in die Einzelplatten zerfallen ist. Nach Endriss. (Etwas vergr.)

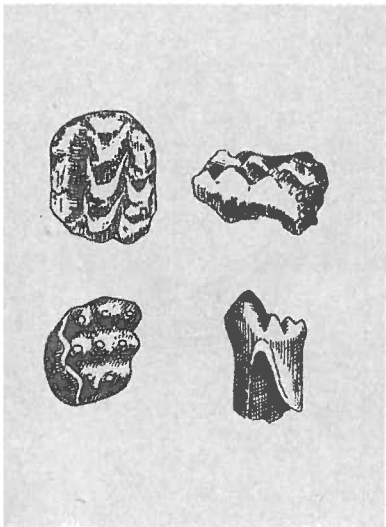


Abb. 66. *Microlestes*, *Triglyphus*, *Oligokyphus*. (*Multituberculata*, Vielhöckerzähner). Derartige Zähnen werden den ersten Säugtieren zugerechnet. Sie sind aus der obersten Trias bekannt. Aus Brinkmann und Kuhn. (Vergr.)

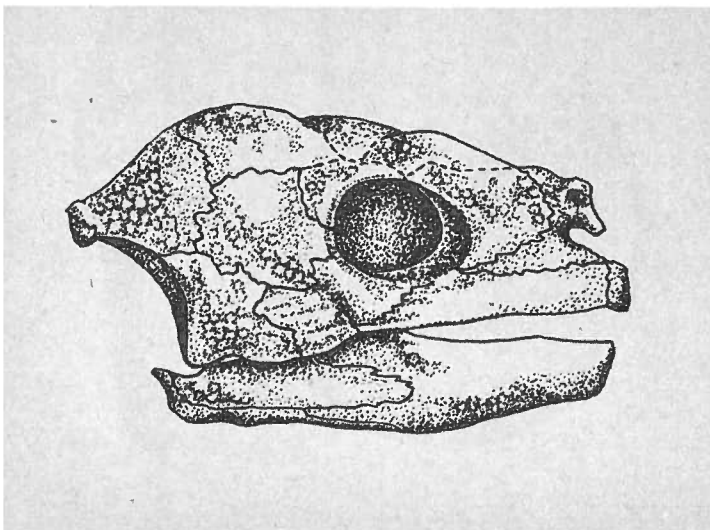


Abb. 67. *Triassochelys* (Reptilia, Schildkröte). Kopf einer Schildkröte, die in der Trias gelebt hat. Nach Romer.

die in einer Vielfalt von Formen rasenbildend auftreten (Abb. 68).

Die Korallen hatten an der Wende vom Perm zur Trias ihre bis in die Jetztzeit bewahrte Symmetrie des Kelchbaues erreicht. Wir finden bei ihnen daher keine großen Änderungen mehr. Besonders häufig werden jetzt buschige und polsterförmige Korallenstöcke (Abb. 69). Sie bilden bis in die Jetztzeit hinein große Riffpartien. Bei den Arthropoden bahnt sich die Entwicklung der noch heute lebenden Gruppen an.

Im Jura erscheinen die ersten Kurzschwanzkrebse (Brachyuren), die heute z. B. durch die Wollhandkrabbe vertreten sind. Von den niederen Krebsen (Entomostraca) sind die seit dem Silur bekannten Ostrakoden vom Jura an besser erforscht, da sie, wie auch die Foraminiferen, für die Ermittlung des Alters der Schichten bei den Bohrungen nach Erdöl praktische Bedeutung haben. Die Ostrakoden sind im Jura häufig und weit verbreitet.

Unter den Insekten sind mit dem Ablauf der Jurazeit alle wichtigen lebenden Ordnungen vorhanden. Im Oberen Jura treten als besonders hervorzuhebende Gruppe die ersten Schmetterlinge auf. Von den Mollusken behalten die Schnecken die in der Trias begonnene reiche Verzierung der Gehäuse bei (Abb. 70). Die Muscheln sind im Jura, wie auch schon in der Trias, häufig. Sie bringen neue Gattungen und somit einen größeren Formenreichtum hervor. Bei den Muscheln finden wir mit dem Auftreten von *Diceras* (Abb. 71) erstmalig aberrante Formen. *Diceras* gehört, wie die Rudisten, in der folgenden Kreidezeit zu den riffbildenden Muscheln.

Bei den Cephalopoden waren die Ammoniten am Ende der Trias bis auf den Stamm der Phylloceraten (Abb. 64), eine in der Gehäuseskulptur wenig entwickelte Gruppe, ausgestorben. Diese sich durch ein einfaches glattes Gehäuse und durch blattförmige Sättelabschnitte auszeichnende Gruppe ist der Stamm der im Jura enorm aufblühenden neuen Ammonitengeschlechter. Die Ammoniten der Jurazeit be-

ginnen mit weitnabligen, sehr einfach gerippten Formen. Im Laufe dieser Formation wird die Berippung in geradezu gesetzmäßiger Weise immer stärker kompliziert (Abb. 72). Die jüngeren Formen sind im allgemeinen engnablig. Gleichzeitig mit dieser Entwicklung kompliziert sich auch die Ausbildung der Lobenlinie.

Die Dibranchiaten, die sich aus den in der Trias ausgestorbenen Orthoceraten entwickelt haben, sind im Jura und in der Kreide durch die schnell aufblühenden Belemnitengeschlechter weltweit verbreitet. Während bei den Orthoceraten das Gehäuse als äußere Schicht den Körper umhüllte, wird dieses Gehäuse bei den Belemniten stark abgewandelt. Der dem Gehäuse der Orthoceraten entsprechende Gehäuseteil bleibt in verkleinerter Form erhalten, wird aber durch den als „Donnerkeil“ bezeichneten Teil verlängert. Außerdem wird dieses ganze Gebilde jetzt von Hautlappen umwachsen und somit mehr oder weniger nach innen verlagert. Daß dies wirklich so ist, wird durch die äußerst deutlichen Gefäßeindrücke auf der Außenseite des Gehäuses einiger Belemnitengeschlechter bewiesen. Diese Gefäße dienten der Durchblutung des alles umhüllenden Mantels (Abb. 57).

Die Brachiopoden, die schon seit der Trias durch das Hervortreten der bis in die jüngste Zeit lebenden Familien gekennzeichnet sind, behalten diese Entwicklung bei. Es treten die Terebratuliden, Terebratelliden und die Rhynchonelliden (Abb. 74) durch ihre Formenfülle in den Vordergrund. Im Unteren Jura sterben die besonders im Devon erwähnten Spiriferiden endgültig aus.

Unter den Echinodermen bilden die Crinoiden weiterhin langstielige, zarte, an ruhiges Wasser angepaßte Formen aus. Gegen Ende des Juras treten auch frei schwimmende Formen auf (Antedon, Saccocoma, Abb. 73). Die Seeigel sind im Jura zahlreich, besonders die regulären Formen. Sie sind durch die Familie der Cidariden vertreten (Abb. 75). Erstmalig treten jetzt irreguläre Formen auf. Die irregulären Seeigel sind

Abb. 68. *Tremadictyon* (Spongia, Schwamm). Gegen Ende des Juras waren Schwämme in Süddeutschland sehr häufig und müssen ganze Rasen gebildet haben. Nach Zittel. (Nat. Gr.)



Abb. 69. *Thecosmilia* (Anthozoa, Koralle) aus dem Jura. Diese Form gehört zu den Hexakorallen (Korallen mit nach der Sechszahl zyklisch aufgebautem Skelett), die seit der Trias auftreten. Nach Zittel. (Vergr.)



Abb. 70. *Harpagodes* (Gastropoda, Schnecke) aus dem Jura. Nach Brinkmann. (Nat. Gr.)

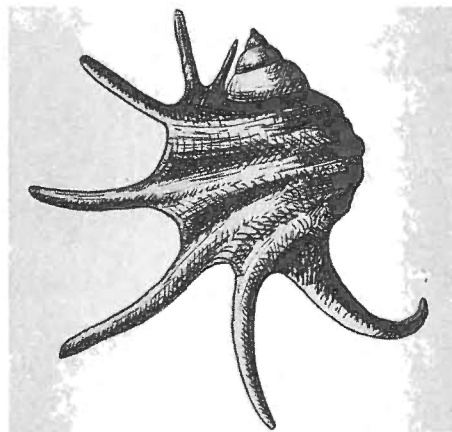
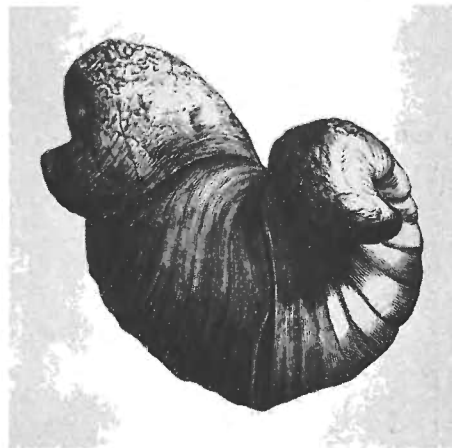


Abb. 71. *Diceras* (Lamelibranchiata, Muschel). Diese aberranten, kaum an eine Muschel erinnernden Formen brachten im Jura riffartige Bildungen hervor. Nach Zittel. (Nat. Gr.)



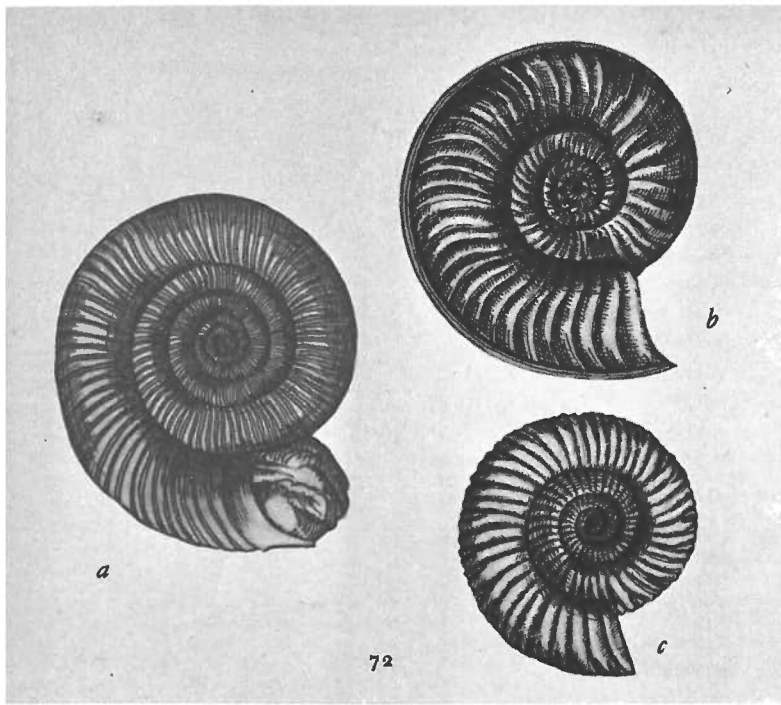
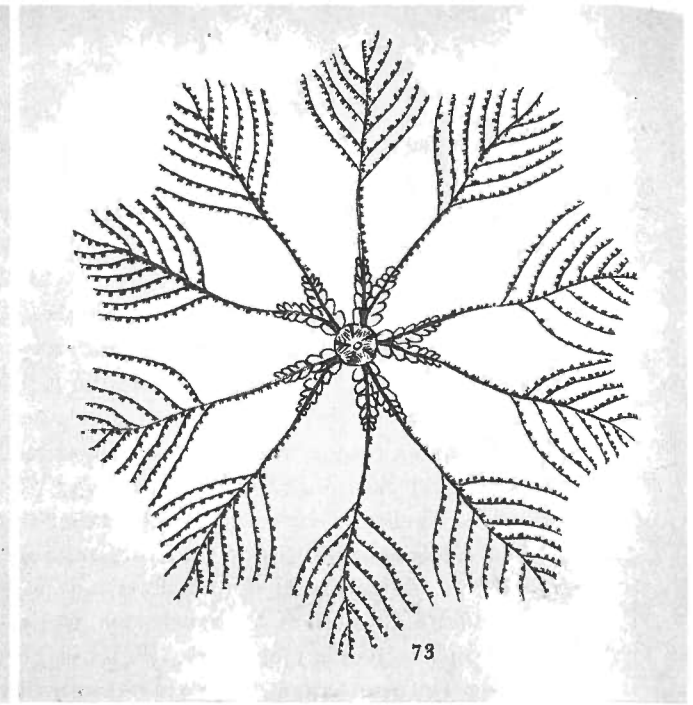


Abb. 72. Ammoniten aus dem Jura. Die Jura-Ammoniten beginnen mit glatten bzw. wenig skulpturierten Formen. Im Laufe der Jurazeit entwickelt sich die Skulptur von einfachen geraden über sichelförmige, einfach gesplante zu komplizierter aufgeteilten Rippen.

a) Psiloceras, glatter Ammonit des untersten, Schwarzen Juras,



b) Grammoceras, Ammonit mit Sichelrippen, aus dem Schwarzen Jura,

c) Parkinsonia, Ammonit mit einfach gegabelten Rippen aus dem Braunen Jura. Nach Endriss, Brinkmann und Abel.

Abb. 73. Saccocoma (Crinoidea, Seelilie) aus dem Oberen Jura. Es handelt sich hierbei erstmalig um frei schwimmende Formen der Seelilien. Nach Brinkmann. (Etwa nat. Gr.)

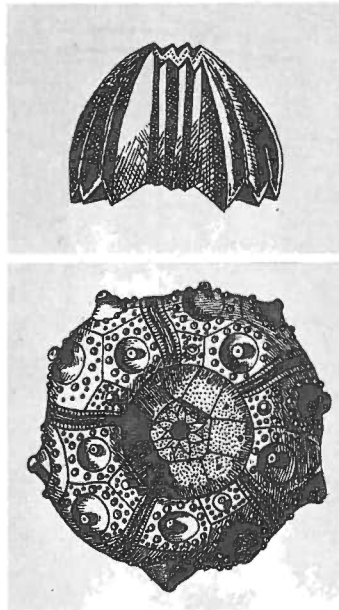


Abb. 74. Rhynchonella (Brachiopode, Armfüßer) aus dem Jura. Die Rhynchonellen sind neben den terebratelartigen Formen die wichtigsten Armfüßer des Mesozoikums. Sie sind an der scharfen, groben Fältelung der Schalen gut kenntlich. Nach Endriss. (Etw. vergr.)

Abb. 75. Cidaris (Echinozoa, Seeigel) des Weißen Juras. Die Cidariformen sind radiärsymmetrisch gebaut und haben meist prachtvoll verzierte Gehäuse und Stacheln. Nach Endriss. (Nat. Gr.)

zweiseitig symmetrisch gebaut. Der After rückt bei ihnen aus dem Scheitelschild heraus. Damit verbunden, wandert in den meisten Fällen auch der Mund vom Zentrum gegen den Rand der Unterseite.

Auch die See- und die Schlangensterne sind wieder zahlreicher. Die Fische lassen ein neuartiges Gepräge erkennen. Bei den Amphibien sind die aus dem Paläozoikum überkommenen Altformen ausgestorben.

An Reptilien kennen wir aus dieser Zeit Schildkröten, Krokodile und andere dem Wasserleben angepaßte Formen, wie die Plesiosaurier (Abb. 78) und die den Fischtypus wiederholenden Ichthyosaurier (Abb. 76). Die Landformen der Saurier machen teilweise einen plumpen Eindruck, wie die pflanzenfressenden Stegosaurier und Brachiosaurier, die sich auf allen vier

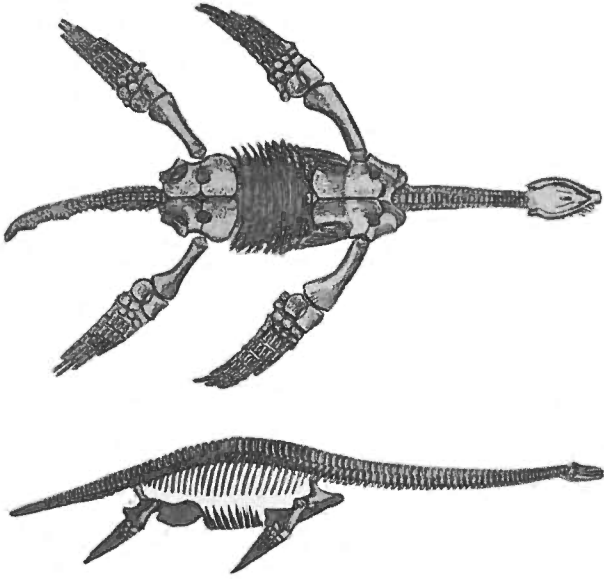


Abb. 76. Ichthyosaurier
(Reptilia, Kriechtiere) aus
dem Jura, die wie die
Plesiosaurier ganz dem
Wasserleben angepaßt sind.
Sie haben Fischform
(Torpedoform) und haben
sich zum Unterschied von
den Plesiosauriern mit dem
ganzen Körper unter Wasser
bewegt. Zum Atmen mußten
sie als Lungenatmer
natürlich an die
Wasseroberfläche kommen.
Nach Romer. (Verkl.)

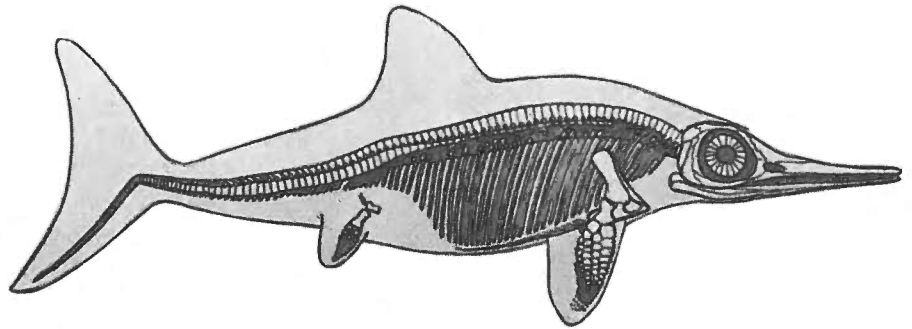
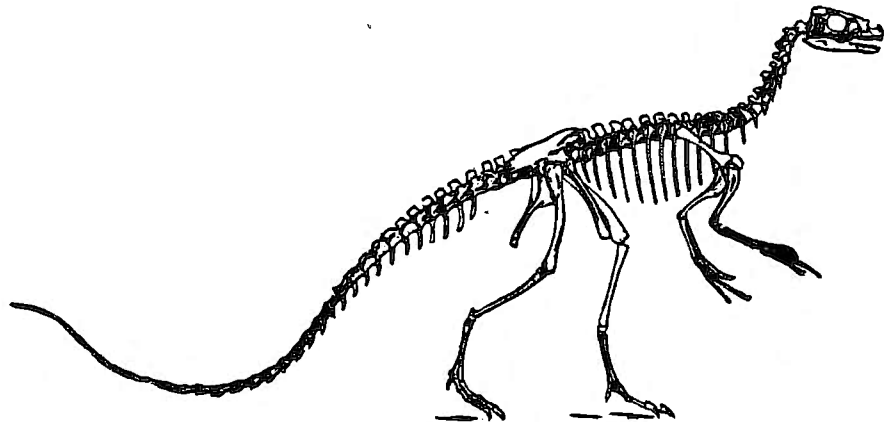


Abb. 77. Ornitholestes
(Reptilia, Kriechtiere),
ein nur auf den Hinter-
beinen springend und
laufend sich fortbewegen-
der Saurier. (Verkl.)



Beinen fortbewegten. Gegenüber diesen Formen erscheint der eine räuberische Lebensweise führende, nur auf zwei Beinen springend und laufend sich fortbewegende Saurier Ornitholestes zierlich (Abb. 77).

Zu dieser Vielfalt der Wasser- und Landformen gesellen sich auch noch Luftformen, die Pterosaurier (Flugsaurier). Sie flogen ganz ähnlich wie heute die Fledermäuse mit Hilfe von Flughäuten, die bei ihnen zwischen den Extremitäten, dem Körper und dem stark verlängerten fünften Finger ausgespannt waren (Abb. 79). Wie man schon aus dem eben Gesagten ersieht, darf man

Abb. 78. Plesiosaurier (Reptilia, Kriechtiere), dem Wasserleben ganz und gar angepaßter Saurier aus dem Jura. Die Plesiosaurier haben einen breiten bootartigen Körper und zu Paddeln umgewandelte Beine. Nach Romer. (Verkl.)

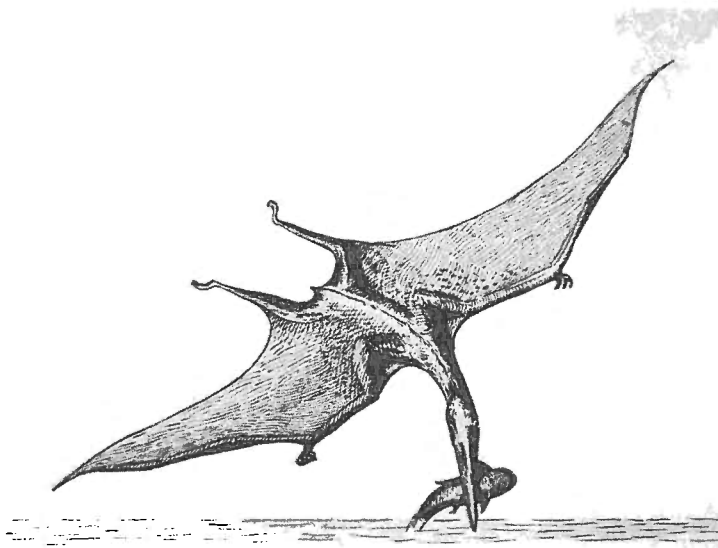


Abb. 79. *Pterodactylus* (Reptilia, Kriechtiere), ein Flugsaurier, der, wie die Fledermäuse, mit Hilfe von Flughäuten flog. Nach Abel. (Verkl.)

Abb. 80. *Archäopteryx* (Aves, Vögel), eine der ersten zu den Vögeln zu rechnenden Formen. Der Flügel ist nicht häutig, sondern befiedert. Zum Unterschied von den heutigen Vögeln hat *Archäopteryx* noch Zähne und einen langen gegliederten Schwanz. Nach Brinkmann. (Verkl.)

sich unter Sauriern nicht etwa nur Riesenformen vorstellen; die ältesten Formen der Saurier im Paläozoikum waren zum Teil nicht viel größer als die heutigen Eidechsen. Am Ende des Juras

erscheinen auch die ersten Vögel. Sie flogen genau wie die jetzt lebenden Vögel mit Federflügeln. Ihre Gestalt mutet eigenartig an, da sie, im Gegensatz zu den heutigen Vögeln, Zähne, freie Finger an den Flügeln und im übrigen einen langen, gegliederten, aber befiederten Eidechsen-schwanz besitzen. Hierher gehört der bekannte *Archäopteryx* (Abb. 80). Die Zähne, die freien Finger an den Flügeln und der lange, gegliederte Schwanz lassen die Herkunft der Vögel von den Reptilien deutlich erkennen.

Die Säugetiere bleiben im Jura und auch noch in der Kreide sehr im Hintergrund, sind aber durch die Multituberculaten (Vielhöckerzähner), Triconodonten und Pantotheria vertreten. Es waren durchweg nur kleinere Formen.

KREIDE

Die Kreide wird in der Großgliederung der Erdgeschichte noch zum Mittelalter, dem Mesozoikum, gerechnet. Die Pflanzenentwicklung eilt etwas voraus. In der Entwicklung des Tierreiches macht sich ein Einschnitt zunächst nicht bemerkbar. Die reiche Entfaltung der Cephalopoden geht vom Jura unverändert und mit denselben Entwicklungstendenzen in die Kreide über. Ähnlich ist es bei den Muscheln und anderen Tiergruppen. Die Reptilien sind in der Kreide reich entwickelt, knüpfen jedoch eng an die aus dem Jura bekannten Gruppen an.

Die Foraminiferen, die in den beiden vorhergehenden Formationen nur kleine Formen ausgebildet haben, bilden jetzt, ganz ähnlich wie im Karbon und Perm, Großformen aus (Abb. 82). Während es im Karbon hauptsächlich spindelförmige und im Perm besonders kugelartige Formen waren, treten jetzt mehr oder weniger scheibenförmige Großformen auf, die im Tertiär ihre Blüte erleben. Zu diesen Großformen gehören auch die nur in der Kreidezeit vorkommenden linsen- bis kegelförmigen Orbitolinen. Neben diesen auffälligen Großformen sind aber

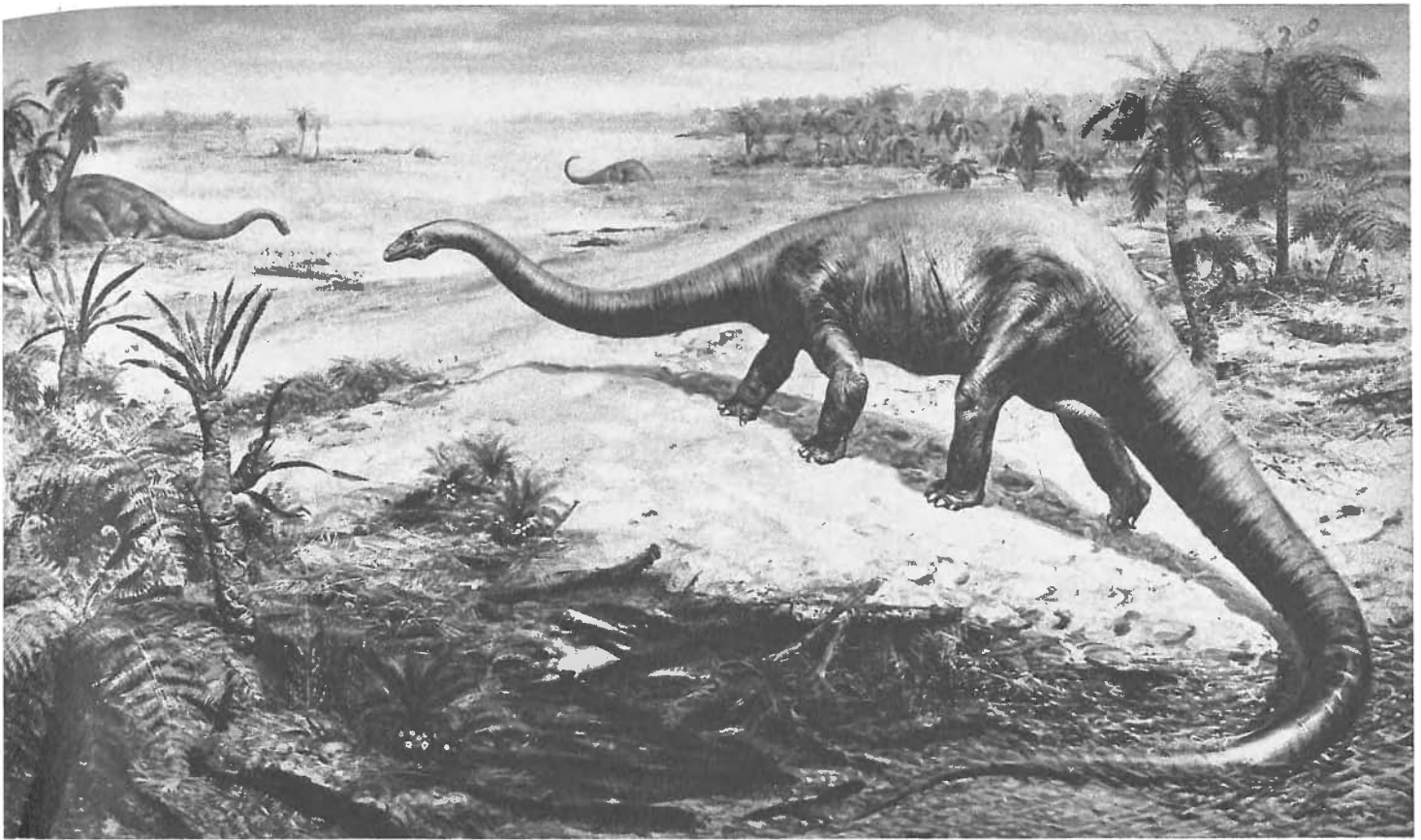


Abb. 81. Lebensbild von Diplodocus, einem 22 m langen Saurier aus dem Oberen Jura und der Kreide. Diese schweren und massigen Saurier mit plumpen, säulenförmigen Beinen werden weitgehend im flachen Wasser gelebt haben. Ihre Nahrung hat aus Pflanzen der Uferzone bestanden.

die Kleinformen in größter Zahl und Formenfülle vorhanden (Abb. 83).

Die Schwämme, die im Jura zum Teil riffbildend auftraten, sind weiterhin vertreten. Auch bei den Korallen geht die Entwicklung ohne nennenswerte Änderungen weiter. Die Schnecken haben teilweise auffällig stark verzierte Formen. Einige an das Leben in bewegtem Wasser angepasste Formen fallen durch ihre derben und dickwandigen Gehäuse auf (Abb. 84). Auch bei den Muscheln verlängert sich die festsitzende Schale zu horn- bis kegelförmiger Gestalt, wobei die zweite Klappe die Funktion eines Deckels übernimmt. Diese eigenartige Umbildung kommt bei mehreren Familien vor, indem einmal die

linke, in anderen Fällen die rechte Klappe umgeformt wird (Hippuriten und Radioliten, Abb. 85). Eine weitere für die Kreidezeit charakteristische Gruppe sind die Inoceramen. Sie zeichnen sich durch eine derbe Schale aus, was noch durch die starken Anwachsstreifen unterstrichen wird.

Die Ammoniten, die, nachdem sie am Ende der Trias fast ausgestorben waren, mit Beginn des Juras eine neue Entwicklung und Blüte erlebten, gehen mit denselben Entwicklungstendenzen in die Kreide über. In dieser Zeit macht sich jedoch ein starker Verfall bemerkbar. Es wird jetzt die altherkömmliche Form des Spiralgehäuses in einigen Gruppen aufgegeben. Es erscheinen statt dessen lose, sich in den einzelnen Windungen nicht berührende Spiralen bzw. Spiralen, die in mehr oder weniger gerade oder hakenförmige Mündungsstücke auslaufen können (Abb. 87). Neben diesen Verformungen des

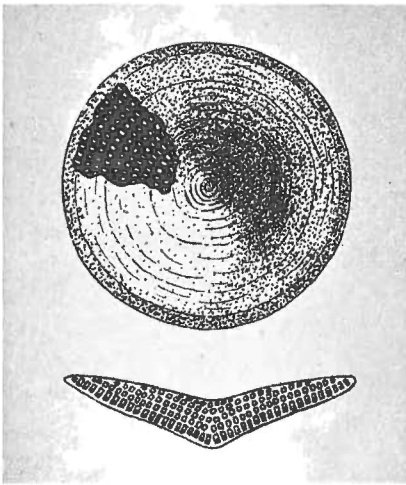


Abb. 82. *Orbitolina* (*Foraminifera*, schalentragender Einzeller) aus der Kreidezeit. Diese zu den Großforaminiferen gehörenden Einzeller treten zum Teil gesteinsbildend auf und werden mehrere Millimeter groß. Nach Zittel. (Vergr.)



Abb. 83. *Globigerina* (*Foraminifera*, schalentragender Einzeller), eine zu den Kleinformen gehörende Foraminifere. Wie alle Einzeller treten diese Formen massenhaft auf. Nach Zittel. (Vergr.)

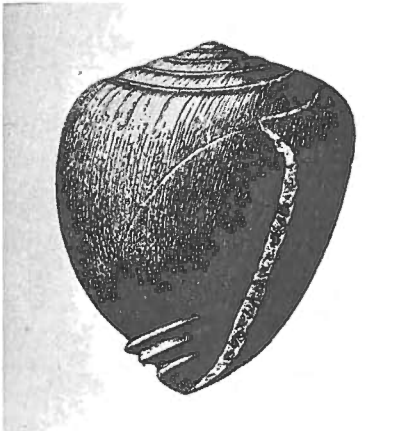


Abb. 84. *Actaeonella* (*Gastropoda*, Schnecke) aus der Kreide. Die *Actaeonellen* sind große Schnecken mit derbem Gehäuse. Nach Zittel. (Etwas vergr.)

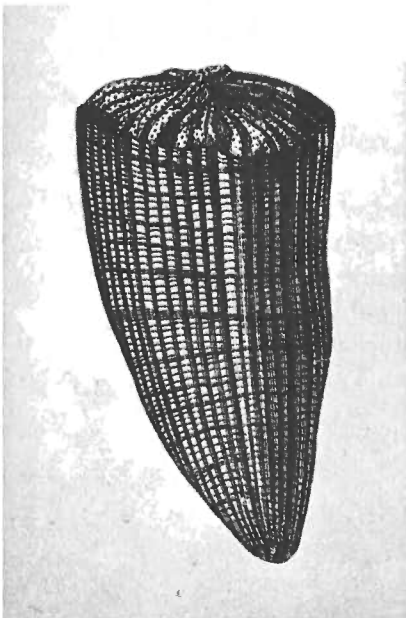


Abb. 85. *Hippurites* (*Lamellibranchiata*, Muschel) aus der Kreide. Es handelt sich um auf dem Boden festgewachsene Formen, die stets in großer Gesellschaft auftreten. Sie haben genau wie einige unter ähnlichen Bedingungen lebende Armfüßer (Abb. 52) eine korallenähnliche Gehäuseform. Nach Zittel. (Vergr.)

Gehäuses treten Riesenformen von über einem Meter Durchmesser auf. Ein weiteres Zeichen der absteigenden Entwicklung ist die Ausbildung von an die Trias-Ammoniten erinnernden, vereinfachten Lobenlinien bei den sogenannten Kreide-Ceratiten, die mit den triadischen Ceratiten jedoch keine Verwandtschaft haben (Abb. 86). Mit dem Ende der Kreide sind die Ammoniten ausgestorben.

Die Belemniten, die in der Jurazeit aufblühten, bringen in der Kreide weitere Formen hervor, überleben aber in der als Belemniten bekannten Form nur knapp das Ende der Kreidezeit.

Die Brachiopoden, die schon im Jura besonders durch die noch lebenden glattschaligen Formen der Terebratuliden und Terebratelliden sowie durch die gerippten Rhynchonelliden als Hauptformen vertreten waren, verarmen in ihrer Formenausbildung völlig.

Die Bryozoen, die wegen ihres Formenreichtums, und weil sie direkt riffbildend auftraten, im Perm erwähnt wurden, treten in der Kreide wieder mehr in den Vordergrund. Zur Zeit der Oberkreide müssen sie ganze Rasen am Meeresgrund gebildet haben.

Von den Echinodermen sind die Crinoiden im Rückgang. Die seit dem Karbon zu verfolgende Tendenz, daß ihre im Devon schwer gepanzerten Kelche durch Reduktion der schweren Plattenelemente erleichtert werden, hat so ziemlich ihren Abschluß gefunden. Gleichzeitig mit dieser Erscheinung fand ein ständiges Abwandern in tiefere Meeresregionen statt. Im Jura und in der Kreide treten als Sonderentwicklung erstmalig stiellose Formen der Crinoiden auf (Abb. 73). Während die Crinoiden als in der Regel mit einem Stiel verankerte Formen eine sessile Lebensweise führen und stark im Rückgang begriffen sind, blühen die frei beweglichen Formen, wie die Seeigel, zur selben Zeit im Jura und in der Kreide stark auf. Besonders sind es die seit dem Oberen Jura vorhandenen irregulären Formen (Abb. 88). Diese irregulären Seeigel haben durch ihre zum Teil flache, breitschild-

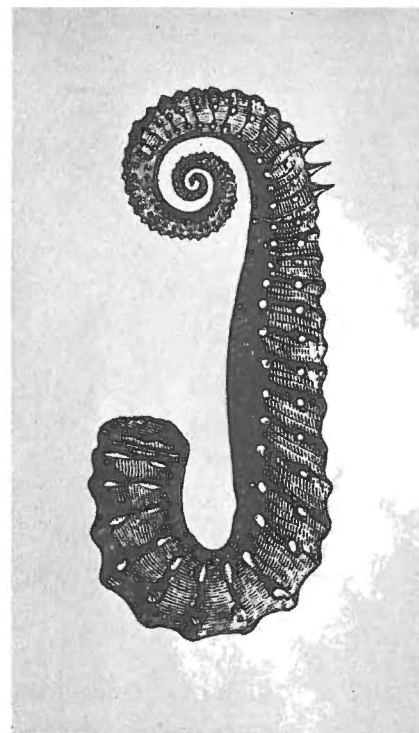
förmige Gestalt und die dadurch geschaffene große Auflagefläche die Möglichkeit, auch in schlammigen Gebieten zu leben. Sie erweitern somit den Lebensraum der Seeigel beträchtlich. Gleichzeitig mit diesen Formen geht die Entwicklung der regulären Seeigel in ruhigem Gleichmaß weiter. Auch hier sind, wie schon im Jura, die Cidariden zu nennen.

In der Kreide erscheinen fast alle heutigen wichtigen Gruppen unter den Fischen. Die Knochenfische sind damit endgültig in den Vordergrund getreten.

Unter den Reptilien sind die Saurier weiterhin die Beherrscher des Festlandes, des Wassers und der Luft. Mit dem Ende der Kreidezeit sterben sie unvermittelt aus. Man darf sich das aber nicht als einen schlagartig, in ganz kurzer Zeit erfolgenden Vorgang vorstellen. Es erscheint nur so, wenn man rückblickend die Erd- und Lebensgeschichte betrachtet. In Wirklichkeit erstreckt sich das Aussterben der einzelnen Gruppen über einen langen Zeitraum. Damit wird für die Säugetiere der Platz zu sprunghafter Entwicklung frei. Seit dem Ende der Kreide kennen wir bei den Reptilien nur die auch heute noch lebenden Gruppen, die Krokodile, Schildkröten,

Abb. 87. Ancyloceras (Ammonit, Ammonshorn), aberranter Ammonit aus der Kreide. Schon am Ende der Trias, als fast alle Ammonitengeschlechter ausstarben, lernten wir in Choristoceras (Abb. 61) einen aberranten Ammoniten kennen.

Eine ganz ähnliche Erscheinung finden wir auch in der Kreide, kurz vor dem endgültigen Aussterben aller Ammonitengeschlechter. Nach Zittel. (Etwas vergr.)



Eidechsen und Schlangen. Die Schlangen treten erstmalig in der Kreide auf.

Infolge ihres langen Halses und kleinen Kopfes sehr eigenartig gestaltet sind die meist im Wasser lebenden Mosasaurier. Aus der Unteren Kreide ist der pflanzen- und fruchteffressende Iguanodon (Abb. 90), mit einem langen, etwa

Abb. 86. Indoceras (Ammonit, Ammonshorn). Nicht nur bei den Gehäusen, sondern auch bei den Lobenlinien treten gelegentlich in der Kreide aberrante Formen auf. Die Lobenlinie der vorliegenden Form erinnert stark an die der Trias-Ceratiten, man nennt diese Formen daher auch Kreide-Ceratiten. Nach Abel. (Etwas vergr.)

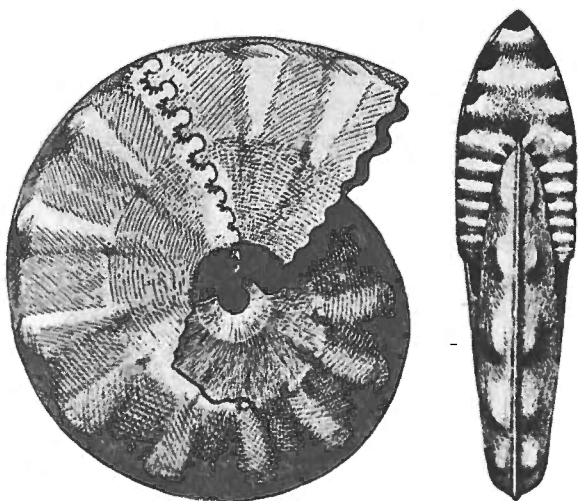
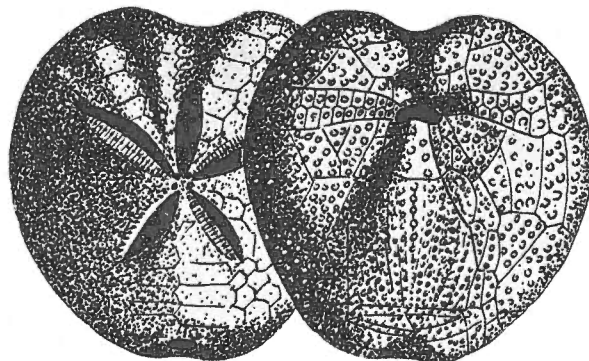


Abb. 88. Micraster (Echinozoa, Seeigel) aus der Kreide. Dieser Seeigel ist nicht — wie der auf Abb. 75 abgebildete Cidarid aus dem Jura — radiärsymmetrisch, sondern bilateralsymmetrisch. Das drückt sich nicht nur im Umriss, sondern auch in der Lage der Analöffnung aus. Nach Zittel. (Etwas nat. Gr.)



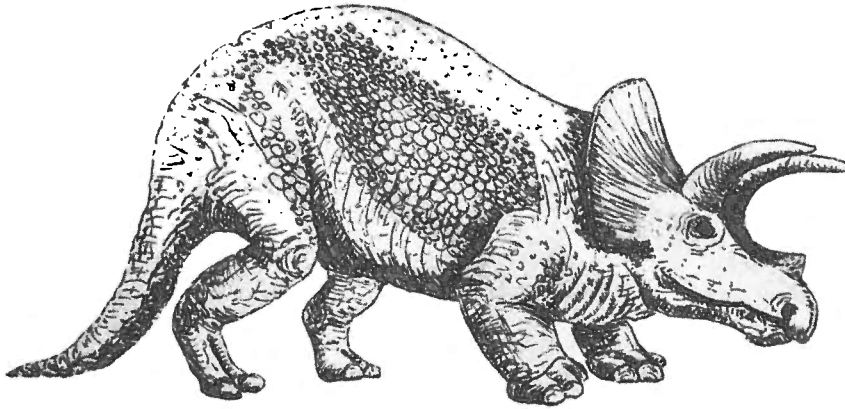


Abb. 89. Triceratops (Reptilia, Kriechtiere) aus der Oberen Kreide. Der Name ist nach den auffällenden Hörnern gegeben worden. Durch den Knochenkragen hat das Tier ein recht abenteuerliches Aussehen, obwohl es sich um einen harmlosen Pflanzenfresser handelt. Nach Brinkmann. (Verkl.)

dolchartigen Daumen, als zweifüßige Form zu nennen. Das schwer gepanzerte und mit einem Knochenkragen versehene Triceratops (Abb. 89) ist dagegen eine vierfüßige, plumpe Form der höchsten Oberkreide. Die Flugsaurier erreichten mit Pteranodon Riesenformen, deren Flügelspannweite bis zu 7 Metern betrug. Die Säuger sind während der ganzen Kreide noch unwich-

Abb. 90. Iguanodon (Reptilia, Kriechtiere) aus der Unteren Kreide. Diese Form bewegte sich ähnlich wie Ornitholestes (Abb. 77) nur auf den Hinterbeinen fort. Es handelt sich um fruchtfressende Reptilien. Nach Brinkmann. (Verkl.)



tig und selten. Die ältesten Säugetiere, die Multituberculaten (Vielhöckerzähner) treten wohl schon in der Trias auf, sterben aber im Unterjura aus. Die heute noch lebenden primitivsten Säugetiere sind die eierlegenden Monotremen (Kloakentiere), von denen das Schnabeltier am bekanntesten ist. Eine weitere primitive Gruppe sind die Marsupialier (Beuteltiere), die ehemals über die ganze Erde verbreitet waren und heute noch in Australien beheimatet sind. Sie sind seit der Kreidezeit nachgewiesen. Die bekanntesten Vertreter dieser Gruppe in der Jetztzeit sind Känguruh, Beutewolf und Opossum. Die höheren Säuger erscheinen erst mit dem Beginn des Tertiärs.

Die Iguanodonten sind in zwei Arten in einer größeren Vergesellschaftung in Belgien gefunden und als Gruppe im Brüsseler Naturkundemuseum aufgestellt worden. Das Iguanodon hat so kurze Vorderextremitäten, daß sie zur Fortbewegung nicht mehr zu gebrauchen sind; wir müssen uns diese Form etwas aufgerichtet, auf den Hinterbeinen laufend, vorstellen. Der verhältnismäßig lange Schwanz wird sicherlich als Stütze bzw. zum Ausbalancieren des Körpers beim Laufen gedient haben. Trotz ihrer erheblichen Größe waren die Iguanodonten völlig harmlose Erdenbürger.

DIE TIERWELT IM NEOZOIKUM

Das Neozoikum, welches, wie das Mesozoikum, etwas später einsetzt als die gleichartigen Entwicklungseinschnitte in der Pflanzenwelt (siehe Tabelle II), ist durch das starke Aufblühen und Hervortreten der Säugetiere gekennzeichnet. Die Säugetiere nehmen nunmehr alle Lebensräume ein, die vorher die Reptilien (Saurier) innehatten.

Sie sind in ihrem Wärmehaushalt nicht mehr wie die Reptilien von der Umwelt abhängig, sondern vermögen durch das Haarkleid den Wärmehaushalt selbst zu regeln (Warmblüter). Die Entwicklung der übrigen Tierwelt verläuft in ruhigem Gleichmaß und geht mehr oder weniger gleitend in die heutige Formenwelt über. Im jüngsten Abschnitt des Neozoikums tritt der Mensch auf. Seine Entwicklung ist biologisch gesehen ähnlich wie die der übrigen Wirbeltiere, aus denen er sich ja auch entwickelt hat. Sein Skelett zeigt in vieler Hinsicht primitive Merkmale. Was den Menschen aber besonders kennzeichnet und von den Tieren unterscheidet, ist seine geistige Entwicklung. Sie ist bedingt durch eine gewaltige Zunahme des Großhirns, das bei den Seitenverwandten des Menschen, den Großaffen, in der Entwicklung zurückbleibt.

TERTIÄR

Während sich die Entwicklung des Lebens in der Kreide eng an die des Juras anschließt, ist die Weiterentwicklung im Tertiär durch das starke und plötzliche Aufblühen der Säugetiere besonders augenfällig. Mit dem Tertiär läßt man daher das Neozoikum beginnen, das durch die Herrschaft der Säugetiere gekennzeichnet ist. Die Foraminiferen, die schon in der Oberkreide durch Großformen auffielen, behalten diese Entwicklung im Alttertiär bei. Genau wie in der Kreide handelt es sich um scheibenförmig flache, mehrere Millimeter große Formen. Während sie

in der Kreide noch ziemlich weit verbreitet waren und auch bei uns vorkamen, ziehen sie sich schon im Tertiär besonders auf den Mittelmeerraum, das Gebiet der alten Tethys, zurück (Abb. 91). Neben diesen durch ihre Größe auffallenden Formen sind die seit der Trias häufigen Kleinforaminiferen in großer Zahl und Formenfülle vorhanden. Obwohl sie infolge ihrer großen Bedeutung für die Erdölgeologie in den Einzelformen sehr gut erforscht sind, ist ihre Entwicklungsgeschichte und die Systematik noch sehr im Fluß.

Von den Schwämmen, die im Jura rasenbildend auftraten und auch noch in der Kreide äußerst zahlreich vorhanden waren, wandern die Kiesel Schwämme – ganz ähnlich wie bei den Echinodermen die Crinoiden – in die tieferen Meeresregionen ab.

Unter den Arthropoden war bei den Crustaceen (Krebstieren) seit Beginn des Mesozoikums kaum ein Fortgang der Entwicklung zu verzeichnen. Seit dem Jura gelangen besonders die Brachyuren (Kurzschwanzkrebse) zu einer immer stärkeren Formenfülle. Sie sind auch heute sehr verbreitet; es sind die allen Badegästen durch ihr schnelles Laufen auffallenden Krabben.

Im Tertiär und bis in die Jetztzeit hinein sind auch die durch ihre festsitzende Lebensweise

Abb. 91. *Nummulites* (Foraminifera, schalentragender Einzeller) aus dem Tertiär. Die Nummuliten sind flache, scheibenförmige Großforaminiferen. Nach Zittel. (Vergr.)

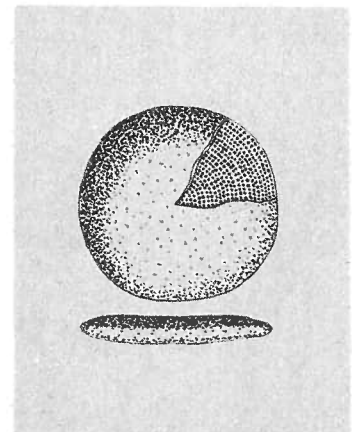




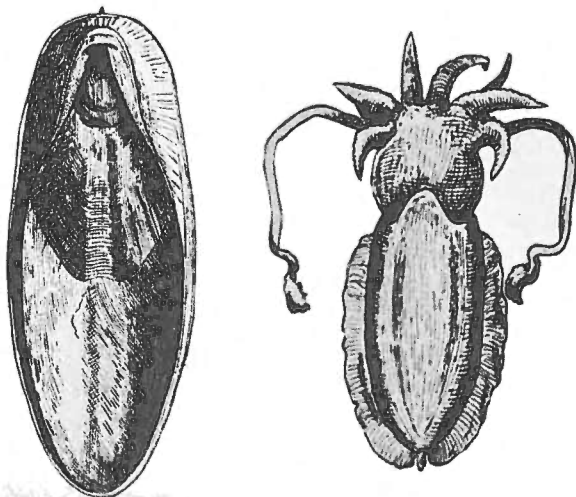
Abb. 92. Fliege als Einschluß im Bernstein. Nach André. (Vergr.)

gekennzeichneten Krebstiere, wie die Balaniden (Seepocken), weit verbreitet.

Die Insekten sind in großer Formen- und Individuenzahl aus tertiären Braunkohlenablagerungen bekanntgeworden. Rückschauend erinnern wir uns, daß sie ihre Entwicklung im Karbon mit den zum Teil riesigen, mit starrem Flugapparat ausgerüsteten Paläodictyopteren begannen. Zu diesen gesellten sich an der Wende vom Karbon zum Perm die kleineren, mit faltbaren Flügeln versehenen Formen. Die weitere Entwicklung der Insekten ist in der Trias durch das Auftreten der ersten Käfer und im Jura durch die Schmetterlinge in ganz groben Zügen umrissen.

Durch ihren bemerkenswerten Reichtum an Insektenresten haben besonders die tertiären Ab-

Abb. 93. *Sepia* (Cephalopoda, Kopffüßer). Diese Formen sind meist unter der Bezeichnung Tintenfische bekannt. Sie haben eine nach innen verlagerte Schale und nur zwei Kiemen im Gegensatz zu *Nautilus*, der vier Kiemen hat. Nach Abel und Zittel.



lagerungen des Geiseltales bei Halle und die Schiefer von Rott im Siebengebirge für die Kenntnis der fossilen Insekten viele wichtige Funde geliefert. Mehr noch sind uns aber im Bernstein guterhaltene Insekten überliefert worden (Abb. 92). Diese Insekten weisen wie die Pflanzenwelt auf ein wärmeres Klima in diesem Zeitraum hin.

Die Mollusken sind seit der Oberkreide durch das Aussterben der Ammoniten und der Belemniten verarmt; unter ihnen sind jedoch die Schnecken seit dem Jura in ständiger Weiterentwicklung begriffen. Sie sind bereits den noch jetzt lebenden Formen ähnlich. Die Muscheln sind gleichfalls weit verbreitet. Im Vordergrund stehen jetzt die mit Siphonen versehenen Formen. Die mit dem Ende der Kreide ausgestorbenen Belemniten sind die Ahnen der jetzt lebenden Sepioideen (Tintenfische, Abb. 93). Auch die tetrabranchiaten Cephalopoden haben mit der Gattung *Nautilus* noch einen Vertreter in der Jetztzeit (Abb. 22).

Die Molluscoideen (weichtierartigen Tiere), die im Paläozoikum und Mesozoikum sehr stark vertreten waren, werden jetzt sehr selten. Die Brachiopoden, die hauptsächlich in der Kreide durch die glattschaligen Terebratuliden und Terebratuliden sowie durch die Rhynchonelliden vertreten sind, ziehen sich weitgehend auf den pazifischen Lebensraum zurück. Die schon seit dem ältestem Paläozoikum bekannten hornschaligen und schloßlosen Formen leben in der Konservativform *Lingula* weiter.

Die Bryozoen, die in der Kreide recht zahlreich vorkamen, sind auch im Tertiär durch rasen- und zum Teil riffbildende Formen vertreten. Von den Echinodermen finden wir, wie auch in der Kreidezeit, die Seelilien (Crinoiden) stark vermindert und wie heute auf die tieferen Meereszonen beschränkt. Die Seeigel sind überwiegend durch Irregularen vertreten, insbesondere durch die schlammfressenden Spatangiden. Neben ihrer Formenfülle treten die regulären Formen stark in den Hintergrund.

Von den Haifischen sind aus dem Tertiär besonders häufig Zähne erhalten (Abb. 94). Das schon in der Kreide angedeutete Hervortreten der noch jetzt lebenden Fischgruppen ist weitgehend abgeschlossen. Wir kennen Vertreter aus den Gruppen der Heringe, Makrelen, Schellfische, Karpfen und vieler anderer.

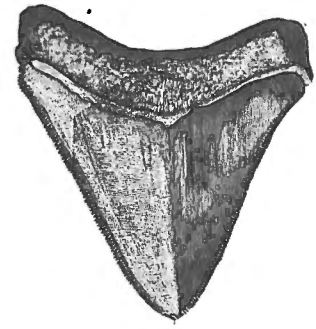
Die Amphibien sind seit der Trias verhältnismäßig selten geworden. Eine bekannte Form ist der Riesensalamander *Andrias scheuchzeri* von Öhningen, der von dem Züricher Professor Scheuchzer 1726 als „betrübtetes Beingerüst von einem armen Sünder“ gedeutet wurde, der bei der Sintflut ertrunken sein sollte.

Bei den Reptilien sind seit dem Ende der Kreide alle Riesenformen, die man als Saurier zusammenfaßt, ausgestorben. Nur die auch heute noch lebenden Gruppen, wie z. B. Schildkröten und Krokodile, sind aus dem Tertiär häufiger überliefert. Unter den Säugern erscheinen jetzt die höher entwickelten Gruppen. Wir können von nun an die Entwicklung der jetzt lebenden Tierwelt, insbesondere des Festlandes, gut verfolgen. Aus der Fülle der Formen und der Gruppen wollen wir uns die Entwicklung der Raubtiere, Huftiere und Affen herausgreifen.

Alle drei Gruppen, die eine ziemlich verschiedenartige Entwicklung durchmachten, stammen von Insektivoren (Insektenfressern) ab.

Die zunächst zu behandelnde Gruppe, die Raubtiere (Carnivora), sind meist kleine bis mittelgroße gewandte Räuber. Sie sind vielfach Zehengänger, wie Hund und Katze. Das Gebiß ist schneidend, charakteristisch sind die mächtig entwickelten Eckzähne und die von Backenzähnen gebildete „Brechschere“, die zum Zerschneiden der Knochen dient. Für den Ansatz der Kau- und Beißmuskulatur sind an den Schädeln manchmal große Knochenkämme ausgebildet. Im ältesten Tertiär treten bei den Raubtieren die Creodontier (Ürraubtiere) in hyänenartigen Formen auf (Abb. 95). Sie haben noch keine Brechschere. Später werden katzenartige Räuber, wie *Machairodus* oder *Felis*, wichtiger.

Abb. 94. *Carcharodon* (Pisces, Fische). Zahn eines Haifisches aus dem Tertiär. Nach Endriss. (Vergr.)



Die Huftiere sind ebenfalls eine alte Gruppe. Sie lassen sich fast bis an den Anfang des Tertiärs zurückverfolgen und entwickeln sich wie die Raubtiere aus unspezialisierten Formen. Während für die Raubtiere das schneidende und starke Gebiß typisch ist, spiegelt sich die Entwicklung der Huftiere im Bau der Hufe und der Zähne wider. Ihre Entwicklungstendenz geht dahin, das Gebiß der Pflanzennahrung anzupassen und eine vielhöckerige, breitkronige Bezahnung auszubilden. An Stelle der für die Raubtiere wichtigen Krallen werden Hufe oder Klauen gebildet, wobei die einzelnen Zehen stark reduziert sein können. Im Extremfall haben wir nur noch eine Zehe wie bei den Pferden. An der Wurzel dieser Entwicklungsreihe stehen die paläozänen Condylarthren, hundegroße, noch fünfzehige Tiere mit langem Schwanz. Aus dieser Form entwickeln sich die Unpaarhufer der Pferdereihe.

Aus dem nächsten Zeitabschnitt, dem Eozän, kennen wir *Eohippus* mit nur noch vier bzw. drei Zehen. Diese Entwicklung geht weiter. Es läßt sich eine Reihe aufstellen, die von *Eohippus* (Abb. 96 A) über *Miohippus* (B), *Merychippus* (C) zu *Equus* (D), dem allbekannten Pferd, verläuft. *Merychippus* (C) geht wie die heutigen Pferde nur noch auf einer Zehe, hat aber noch lange Griffelbeine. Entsprechend der Entwicklung werden die Zähne länger und hochkroniger. Während die älteren Pferdeformen in waldreichen Gegenden lebten und weiche Gräser ästen, lebten die jüngeren Formen in freiem,

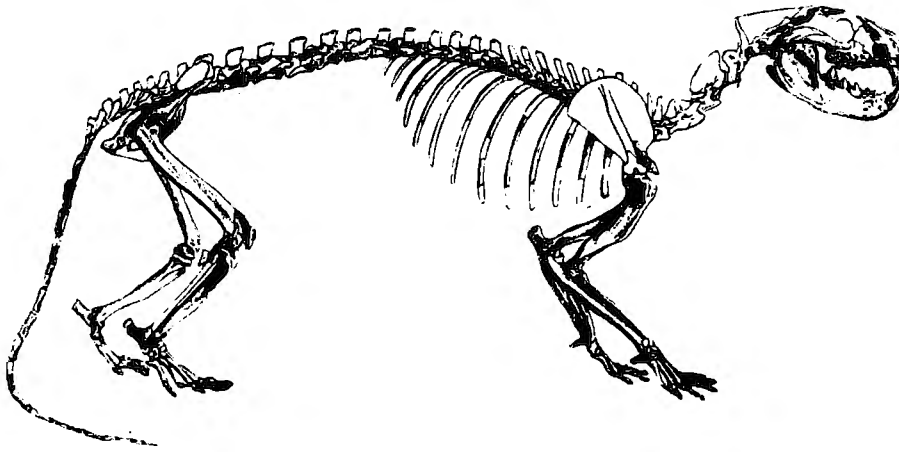


Abb. 95. *Oxyaena* (Creodontier, Urraubtier) aus dem Tertiär. Nach Romer.

steppenartigem Gelände. Das hochkronige Quetschgebiß ermöglichte es ihnen, auch die härtesten Gräser zu zermahlen und ohne Wiederkauen zu verdauen. Die Umbildungen im Fußskelett gehen ebenfalls mit der Verlagerung des Lebensraumes parallel. Während bei den Altpferden im wald- und sumpfreichen Gelände ein breiter, unspezialisierter Fuß von Vorteil war, wurden die jüngeren Pferde durch die Entwicklung des langen, einzeiligen Beines zu schnellen Läufern (Abb. 96). Infolge dieser Eigenschaft benötigten die Pferde auch keine Verteidigungswaffen oder Panzer.

Die Entwicklung der Proboscidiere (Rüsseltiere), zu denen auch die heutigen Elefanten gehören, läßt sich ebenfalls gut verfolgen. Auch bei ihnen beginnt sie mit kleinen, wenig spezialisierten Formen. Im Alttertiär bildet *Moeritherium* die Ausgangsform. Es ist ein verhältnismäßig kleines Tier von der Größe der heutigen Tapire. Diese Form zeigt aber schon einen wichtigen Entwicklungsschritt. Jeweils der zweite Schneidezahn beider Seiten im Ober- und im Unterkiefer ist stark vergrößert und nach vorn gerichtet. Da diese Umwandlung des Gebisses noch eine normale Lebensweise ermöglichte, war kein Rüssel ausgebildet. Aus der eben genannten primitiven Urform entwickelten sich die Paläomastodontiden, aus diesen wiederum,

neben einigen Seitenästen, die verschiedenen Rüsseltiere und der heutige Elefant. Die Entwicklung geht dahin, daß aus dem zunächst noch vielzähligen Gebiß bei *Moeritherium* aus dem Obercozän Ägyptens, mit erst wenig umgewandelten Schneidezähnen, Formen mit stark reduziertem Gebiß und langen, zangenförmigen Schneidezähnen entstehen. Von den Schneidezähnen können jeweils die des Ober- und Unterkiefers umgewandelt werden, wie bei *Moeritherium* oder bei *Phiomia*. In der Endentwicklung können aber auch nur die Schneidezähne des Oberkiefers umgewandelt sein, wie beim Mammut. Die andere Möglichkeit, daß nur die Schneidezähne des Unterkiefers umgewandelt werden, ist bei *Dinotherium* verwirklicht (Abb. 97). Während die alten Formen vielhöckerige Zähne haben, bestehen diese beim Mammut und beim Elefanten aus vielen Querlamellen auf der Kaufläche, die ein Zerquetschen und Zermahlen der Nahrung ermöglichen. Bei den Elefanten sind stets nur zwei Zähne in jeder Kieferhälfte und zuletzt ein einziger Backenzahn im Gebrauch. Die Elefanten sind fünfzehig und hochbeinig. Die Zehen tragen kleine Hufe. Es handelt sich um Pflanzenfresser, die einen langen Rüssel besitzen, da sie durch die „Stoßzähne“ an einem direkten Ergreifen der Nahrung behindert sind.

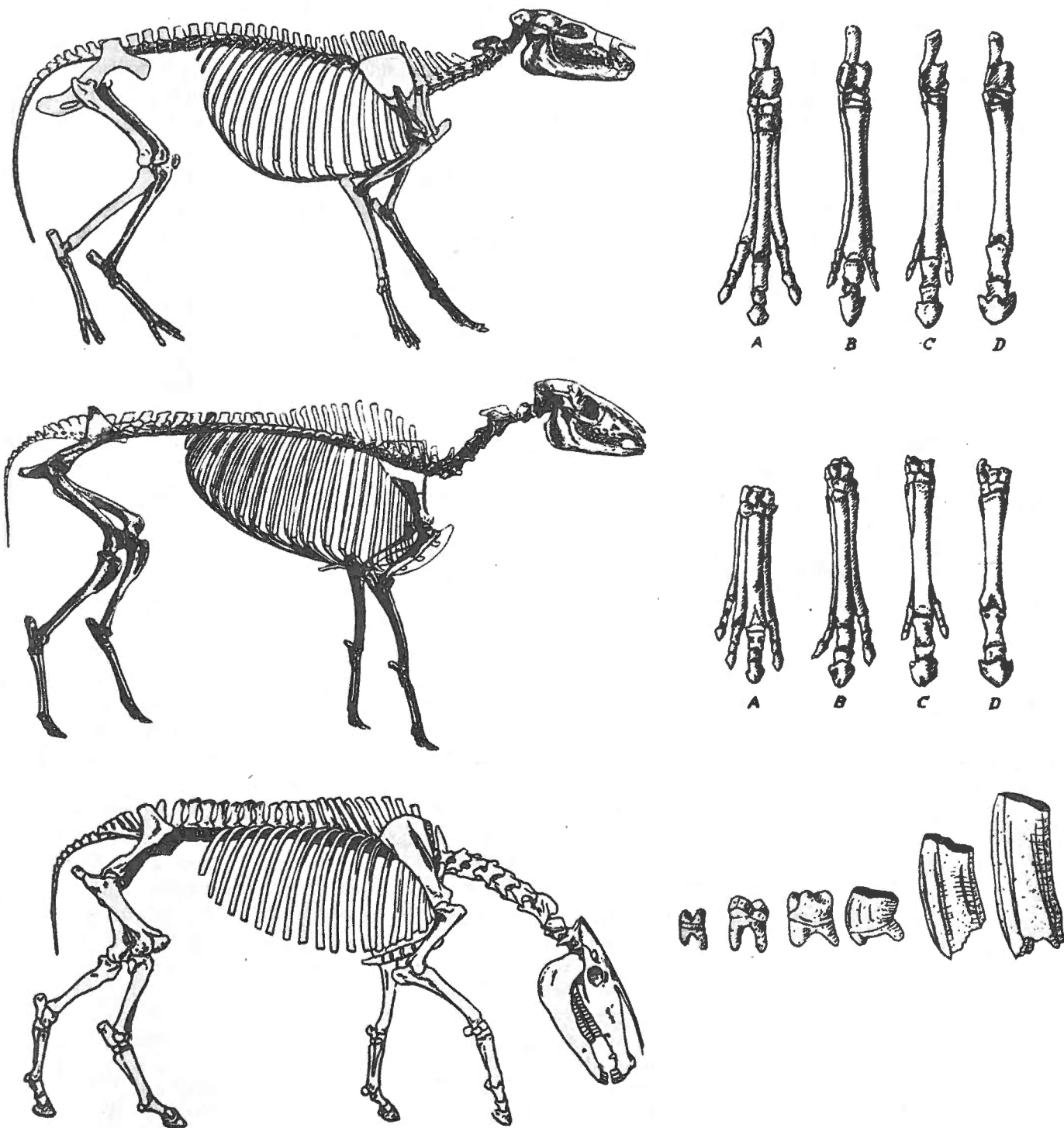


Abb. 96. Entwicklungsreihe der Pferde. A = Eohippus aus dem Untereozän. Vorderfuß mit vier Zehen, Hinterfuß mit drei Zehen. B = Miohippus aus dem Oligozän, dreizehig. C = Merychippus aus dem Obermiozän mit Griffelbeinen. D = Equus aus der Jetztzeit, einzeig, mit zurückgebildeten Griffelbeinen. Zum Teil nach Romer.

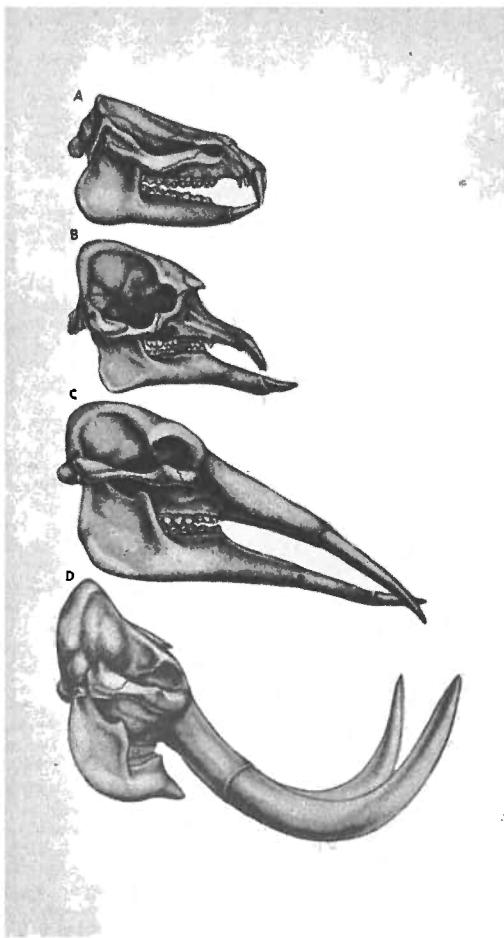


Abb. 97. Entwicklung der Rüsseltiere. Genau wie bei den Pferden beginnt die Entwicklung der Rüsseltiere mit einfachen kleinen Formen. Das hervorstechendste Merkmal dieser Tiergruppe sind die im Laufe der Entwicklung lang ausgewachsenen Schneidezähne und die Entwicklung eines Rüssels. Wie die Abbildung zeigt, können sowohl die Schneidezähne des Unterkiefers wie auch die des Oberkiefers zu langen Stoßzähnen auswachsen. Zum Teil nach Romer.

Die höchstentwickelten Säuger, die Primaten, werden in die beiden großen Gruppen Lemuroidea und Anthroidea unterteilt. Allen gemeinsam ist ein vollständiges, wenig spezialisiertes Gebiß. Sie lebten im Tertiär in waldreichen Gebieten. Von den niederen Affen (Lemuroidea) kennen wir schon aus dem frühesten Tertiär Vertreter, so z. B. *Adapis*. Von den Anthroidea, zu denen die höheren Affen und die Menschen gehören, kennen wir ebenfalls aus dem Tertiär

Vertreter. Die Anthropomorphen (Menschenaffen) sind schwanzlos und haben nach vorn gerichtete Augenhöhlen. Das Gehirn ist bei ihnen größer und besser entwickelt als bei allen übrigen Formen. Die älteste sicher zu den Anthropomorphen zu rechnende Form ist der oligozäne *Propliopithecus*. Menschen selbst sind aus dem Tertiär noch nicht bekannt. Mehrfach gingen im Laufe des Tertiärs einzelne Gruppen der Säugetiere zum Wasserleben über. Im Alttertiär waren es die zu den Huftieren gehörenden Seekühe (*Halitherium*) und von den Raubtieren die Wale. Im jüngeren Tertiär, im Miozän, folgten die Robben, ebenfalls Raubtiere, dieser Entwicklung.

QUARTÄR

Für das Quartär gelten im allgemeinen die schon im Tertiär angedeuteten Entwicklungsrichtungen im Tierreich. Besonders kennzeichnend für das Quartär ist das Auftreten des Menschen.

Die gesamte Tierwelt hatte sich am Ende des Tertiärs so weit entwickelt, daß sich in dem kurzen Zeitraum des Quartärs nur noch geringfügige Veränderungen vollziehen. Es findet im allgemeinen durch Aussterben einzelner Formen und klimatische Einwirkungen für den mitteleuropäischen Raum nur noch eine Verarmung und Größenreduktion statt.

Mit dem Beginn des Quartärs erscheint der Mensch aus dem Kreis der Anthropomorphen. Als sein unmittelbarer Vorfahre wird *Dryopithecus* angesehen. Über seine Abstammung und den Verlauf der einzelnen Entwicklungslinien erfahren wir im nächsten Beitrag Näheres.

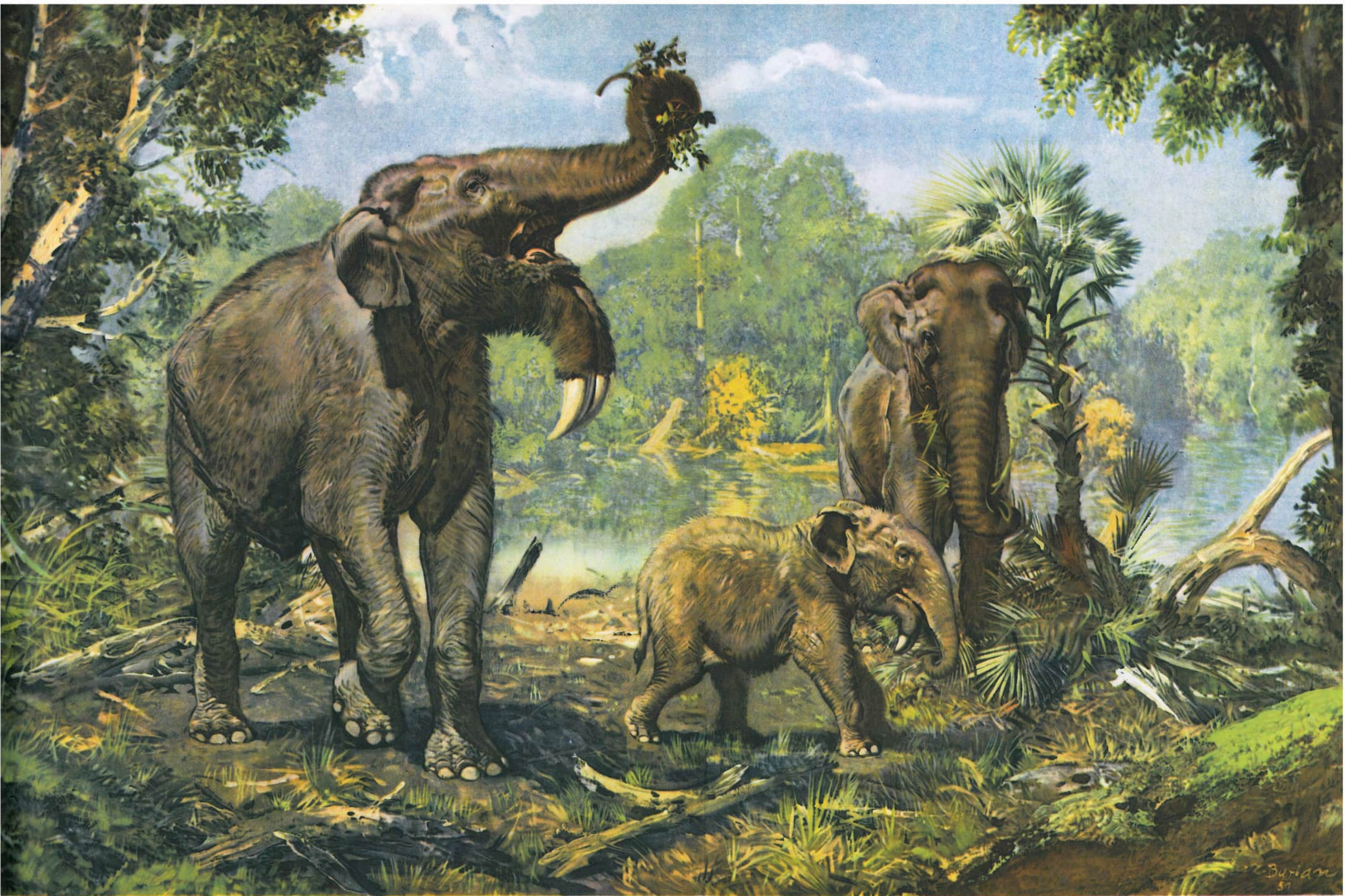
ZWEI VERTRETER DER AUS DEM SOLNHOFENER SCHIEFER
BEKANNTGEWORDENEN GATTUNG ARCHÄOPTERIX

Die Tiere lebten, wie man den Fundumständen entnehmen kann, in der Nähe einer Lagune, was auf dem Lebensbild zum Ausdruck kommt. Es sind die ältesten den Vögeln zuzurechnenden Tiere. Im Gegensatz zu den im Hintergrund abgebildeten Flugsauriern hatte der Archäopterix Federflügel. Weitere nicht mit den heutigen Vögeln übereinstimmende Merkmale sind die bezahnten Kiefer und die an den Flügeln zu erkennenden freien Finger. Der Schwanz ist reptilartig lang, jedoch mit Federn besetzt. Über die Farbe des Gefieders wissen wir nichts, hier wie auch in der Rekonstruktion ist der Phantasie des Malers freier Lauf gelassen. Links im Vordergrund befindet sich ein nur auf den Hinterfüßen mehr oder weniger schnell laufender Saurier. Aus ähnlichen Formen könnte man sich eventuell die Vögel entstanden denken. Auch bei diesem Saurier ist die Darstellung der Hautfarbe phantasiemäßig erfolgt, sie wird sicherlich einen graubraunen Ton gehabt haben.



*EINE GRUPPE DER AUSGESTORBENEN GATTUNG DINOTHERIUM
IM BRAUNKOHLLENWALD*

Das Dinotherium gehört zu den Rüsselträgern, die jetzt noch durch die Elefanten vertreten werden. Beim Betrachten dieser Tiere fallen besonders die scharf nach unten gekrümmten, zu „Stoßzähnen“ umgewandelten Schneidezähne des Unterkiefers auf. Wie die heutigen Rüsselträger, ernährten sich die Dinotherien von pflanzlicher Kost. Damals war in unserem Breitengrad ein subtropisches Klima, so daß neben einer reichhaltigen und viele fremde Formen enthaltenden Tierwelt auch eine viel mehr Arten und subtropische Gruppen umfassende Pflanzenwelt vorhanden war. Die Gattung Dinotherium tritt in Europa erstmalig im Unteren Miozän auf und stirbt im Pliozän, dem jüngsten Tertiär, aus.



RAUBTIERE AUS DER QUARTÄRZEIT

Es handelt sich hierbei um eine Gruppe der völlig ausgestorbenen säbelzahnigen Raubkatzen. Die dargestellte Form gehört zur Gattung Machairodus, die vom Miozän bis zum Pleistozän auch bei uns lebte. Die heute noch lebenden echten katzenartigen Raubtiere, wie z. B. der Löwe oder der Tiger, haben mit der dargestellten Form keine direkte Verwandtschaft, stammen aber von gemeinsamen Urformen ab. Das besondere Kennzeichen der im Lebensbild dargestellten Raubkatzengruppe ist die starke Entwicklung der oberen Eckzähne, die im Laufe der Stammesgeschichte immer länger, spitzer und säbelartig gekrümmter wurden. Mit dieser eigenartigen Ausbildung der oberen Eckzähne war auch eine besondere Gelenkung des Unterkiefers mit dem Schädel notwendig. Die Säbelzahn-Tiger hatten etwa die Gestalt und die Größe der heutigen Tiger, von denen sie sich aber, wie im Bild gut zu erkennen, durch die langen Zähne und den Stummelschwanz unterscheiden. Sie lebten in mehreren Arten in Europa, Asien, Nordafrika und Amerika. Wie schon aus ihrem Gebiß hervorgeht, wird es sich um arge Räuber gehandelt haben. Wildpferde und andere Tiere werden ihre Nahrung gewesen sein.



MAMMUTHERDE IN EIS UND SCHNEE

Das Lebensbild zeigt uns eine Herde Mammuts. Diese Tiere sind durch die auffallend verlängerten, auf- und zurückgebogenen „Stoßzähne“ — die umgewandelten Schneidezähne des Oberkiefers — gekennzeichnet. Unser Lebensbild stellt die Tiere in einer Eis-und-Schnee-Landschaft dar. Das mag zunächst, wenn man an die lebenden Rüsselträger — wie die Elefanten — denkt, verwundern. Die Funde im sibirischen Eis und bei uns selbst haben aber bewiesen, daß diese Tiere in einem kühleren Klima lebten. Rückschlüsse auf das Klima zu Lebzeiten des Mammuts lassen sich aber nicht nur aus den Funden im Eis ziehen, sondern sind auch durch die Begleitflora und die gleichzeitig lebenden Tiere belegt. Das Mammut war im Diluvium auch bei uns heimisch.



WAS WIR VON DER ENTSTEHUNG DES MENSCHEN WISSEN

WOLFGANG PADBERG

Ein englischer Forscher bezeichnete dieses Problem einmal als die „Frage aller Fragen“, und welchem ernsthaft über die Probleme unserer Erde nachdenkenden Menschen erginge es nicht ähnlich?

Die Menschen versuchten seit langer Zeit, in das Dunkel um die Entstehung des Menschen Licht zu bringen. Bei dem Fehlen jeglicher wissenschaftlicher Erkenntnisse konnten die Menschen früherer Jahrtausende und Jahrhunderte lediglich in mehr oder weniger phantasievollen Vermutungen ihre Gedanken über den Ursprung des Menschen zum Ausdruck bringen.

So entstanden Mythen und Märchen, Sagen und Legenden, in denen auf die verschiedenartigste Weise geschildert wird, wie die Welt, Himmel und Erde, schließlich auch der Mensch ihren Daseinsweg nahmen.

Ein Beispiel, das die Entstehung des Menschen betrifft:

Einige Gruppen der Ureinwohner Australiens erzählten sich, ein guter Geist, mit Namen Muramura, habe die Menschen aus schwarzen Eidechsen geschaffen, indem er den Eidechsen die Beine in Hände und Füße verwandelte und, damit sie auch aufrecht gehen könnten, den Schwanz abschnitt.

Im Orient, wo sich sehr frühzeitig eine hochstehende Töpferkunst entwickelte, war es nur natürlich, daß man sich die Schaffung des Menschen aus Ton (beziehungsweise Lehm) vorstellte (Abb. 1).

Bei den Römern wurde die Frage einer Urmenschheit, die einstmals aus Riesen bestanden haben sollte, lebhaft erörtert. Mächtige fossile Tierknochen, die an vielen Orten gefunden

wurden und die von Elefanten oder deren Vorläufern stammten, hielt man für die Reste gewaltiger menschlicher Riesen. Auf der Insel Kos und im Vorgebirge Sigeion wurden im Altertum derartige Knochenreste den schaulustigen Besuchern unter dem Hinweis gezeigt, daß sie von einem untergegangenen menschlichen Riesengeschlecht stammten. Selbst Kaiser Augustus legte sich in seiner Villa auf der Insel Capri eine Sammlung von Riesenknochen an.

Heute versuchen die Menschen ein möglichst wahres und naturgetreues Bild von der Entstehung des Menschen zu entwerfen. Die großen Denker der letzten Jahrhunderte, der Fortschritt auf allen Gebieten der Wissenschaft, dazu die Funde von Menschen aus weit zurückliegenden Jahrtausenden geben die Möglichkeit, daß dieses Bild von der Entstehung des Menschen heute in aller Klarheit vor uns steht. Ein Zweifel an seiner Richtigkeit ist kaum noch möglich.

AUS DER GESCHICHTE DER FORSCHUNG

Eine wissenschaftliche Betrachtung des schwierigen Problems der Entstehung des Menschen bahnte sich erst vor rund 200 Jahren, in der Mitte des 18. Jahrhunderts an; zu dieser Zeit hatte der schwedische Naturforscher Karl von Linné (1707 bis 1778) den Versuch unternommen, die ganze Welt der Lebewesen systematisch zu ordnen. Hierbei hatte er in kühnem Gedankenflug die Einbeziehung des Menschen in das gesamte System des Organismenreiches vertreten. Es geschah durch Zuweisung der Gattung Mensch (latein. = homo) in die Ordnung der Ersttiere (Primaten, latein. = primates)

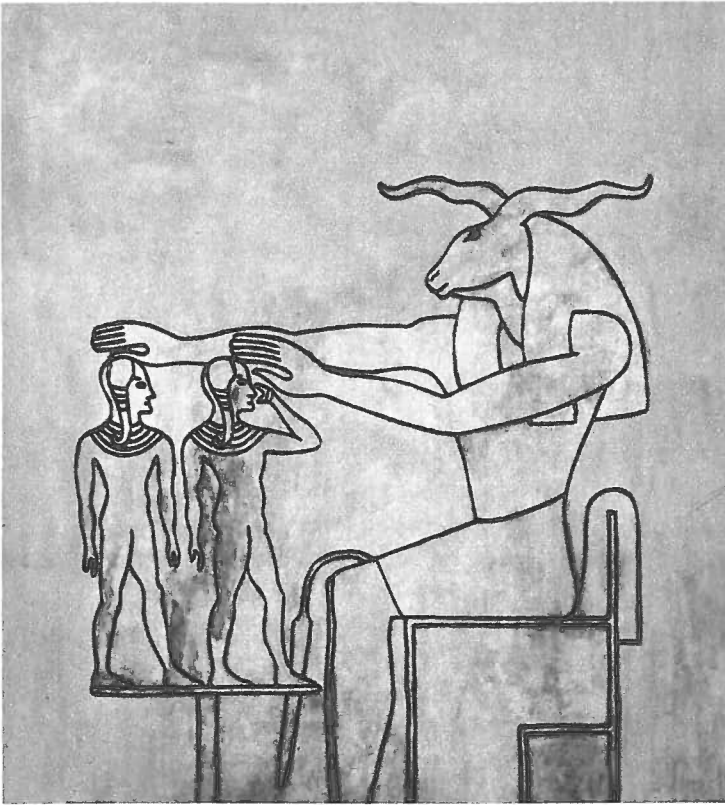


Abb. 1. Eine ägyptische Göttin modelliert die ersten Menschen aus Ton.

bei der Klasse der Säugetiere (latein. = mammalia).

Allerdings war Linné noch der Auffassung, daß alle Tiere, Pflanzen und auch der Mensch einmal geschaffen worden seien und sich seitdem ohne jede weitere Entwicklung unverändert erhalten hätten.

Einen grundsätzlich anderen Standpunkt nahm zu Beginn des 19. Jahrhunderts der französische Gelehrte Jean Baptiste de Lamarck (1744 bis 1829) ein. In seinem Hauptwerk „Zoologische Philosophie“ (1809) vertrat er die Meinung, daß sich die Lebewesen im Laufe einer langen Frist unter dem Einfluß der Umweltbedingungen aus niederen zu höheren Formen entwickelt hätten. Er schrieb: „Die Annahme, daß die Natur ewig sei und daß sie folglich zu jeder Zeit existiert habe, ist für mich ein abstrakter, unbegründeter, unbegrenzter, unwahrscheinlicher Gedanke, mit dem sich meine

Vernunft nicht zufriedengeben kann.“ Den Menschen schloß Lamarck nur ganz vorsichtig und andeutungsweise mit in seine Gedankengänge ein.

Die Anschauungen Lamarcks konnten sich zu ihrer Zeit jedoch nicht durchsetzen, da das Beweismaterial, insbesondere für eine natürliche Entstehung des Menschen, noch nicht vorhanden war. Sollte die tierische Abstammung des Menschen in überzeugender Weise bewiesen werden, so mußten die Beweise in zweierlei Richtung geführt werden. Einmal war es notwendig, ein höheres Alter als das bis dahin angenommene von rund 6000 Jahren für die Menschheit zu beweisen. Zum anderen mußte eine Theorie geschaffen werden, die in einleuchtender Weise die Möglichkeit einer Entwicklung aus niederen zu höheren Formen in der Welt der Lebewesen erklärte.

Die erste Arbeit, nämlich den Nachweis für ein hohes Alter der Menschheit zu liefern, leisteten in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts hauptsächlich französische und englische Forscher. Durch eingehende Untersuchungen der Ablagerungen in Höhlen, sowohl in Frankreich als auch in England, wurde die sichere Erkenntnis gewonnen, daß der Mensch, da man immer wieder primitive Werkzeuge zusammen mit den Knochen ausgestorbener Tiere (Mammut, Höhlenbär, Nashorn, Höhlenlöwe zum Beispiel) gefunden hatte, ebenfalls in einer längst vergangenen Zeit gelebt haben müsse. Wie stark jedoch der Widerstand gegen derartige Erkenntnisse noch war, zeigt die Tatsache, daß die im Jahre 1856 im Neandertal bei Düsseldorf entdeckten Skelettreste eines Urmenschen, die später für eine ganze Entwicklungsstufe der Menschheit namensgebend wurden, auf eine lange Reihe von Jahren hinaus keine Anerkennung fanden (Abb. 2).

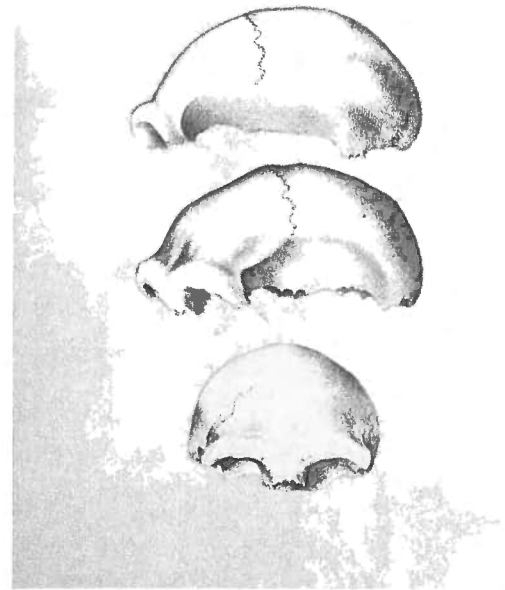
Die zweite, gewaltigere Arbeit, nämlich die Schaffung einer wissenschaftlich begründeten Theorie über die Entwicklung der Lebewesen, leistete der englische Naturforscher Charles

Darwin (1809 bis 1882). In seinem im November 1859 erschienenen Hauptwerk „Über die Entstehung der Arten“ gab Darwin, gestützt auf ein ungeheures Tatsachenmaterial, ohne Zuhilfenahme irgendwelcher übernatürlicher Kräfte eine rationale Erklärung für die Entstehung neuer Arten. Vor der Anwendung seiner Theorie auf die Geschichte der Menschheit, also auf die Frage nach der natürlichen Entstehung des Menschen, schreckte Darwin zunächst zurück; er wollte, wie er einmal sagte, dieses gesamte Problem vermeiden, da „es sehr stark von Vorurteilen umgeben ist“. Erst im Jahre 1871 legte Darwin seine Anschauungen über die Entstehung des Menschen der Öffentlichkeit in seinem Buch „Die Abstammung des Menschen“ vor.

In den Jahren von 1859 bis zum Erscheinen des letztgenannten Werkes von Darwin hatten jedoch andere bedeutende Naturforscher eine tierische Entstehung des Menschen behauptet, indem sie die Evolutionstheorie Darwins auch auf die Abstammung des Menschen anwendeten. In England war es Th. H. Huxley (1825 bis 1895), der erstmalig in wissenschaftlich einwandfreier Weise auf eine Verwandtschaft zwischen Mensch und Menschenaffen hinwies. In Deutschland trat Ernst Haeckel (1834 bis 1919), ein leidenschaftlicher Verfechter des Darwinismus, für die gleichen Anschauungen ein. So stellte Haeckel bereits im Jahre 1866 ein hypothetisches Zwischenglied zwischen Menschenaffen und Mensch auf und nannte es „Pithecanthropus“, das heißt „Affenmensch“ (pithecus, latein. = Affe; anthropus ist die lateinische Form für das griechische Wort anthropos = Mensch). Als wahrscheinlichen Fundort für dieses Zwischenglied (engl. = missing link) sagte Haeckel Südostasien voraus, da er in irriger Weise an eine enge Verwandtschaft zwischen Gibbon und Mensch glaubte.

Blättert man in der Geschichte jener Forschung, die sich die Aufklärung des Problems der Entstehung des Menschen zum Ziel setzt, so klingt

Abb. 2. Das Schädeldach des Neandertalers. Nach der Erstveröffentlichung aus dem Jahre 1859.



es beinahe wie ein Märchen, daß der junge holländische Dozent Eugen Dubois, der von der Richtigkeit der Voraussage Haeckels überzeugt war, um das Jahr 1890 mit der Absicht nach Südostasien fuhr, jenes fehlende Zwischenglied zu finden.

Nach kaum einjährigem Aufenthalt in den holländischen Kolonien fand dann Dubois tatsächlich bei dem Ort Trinil auf der Insel Java das Urtümlichste, was man je vom Menschen entdeckt hatte. Nach anfänglichem Zögern nannte Dubois seinen Fund „Pithecanthropus erectus“, „aufrecht gehender Affenmensch“ (Abb. 3).

Durch die Entdeckung des Pithecanthropus erectus hatten die Anschauungen jener Forscher (Darwin – Huxley – Haeckel) ihre Bestätigung erfahren, die von einer natürlichen Entstehung und einer allmählichen Höherentwicklung des Menschen überzeugt waren. Die Forschungen des 19. Jahrhunderts hatten also, sich stützend auf die Evolutionstheorie Darwins und das entdeckte archäologisch-anthropologische Material, zu dem Gesamtergebnis geführt, daß der Mensch nicht einer übernatürlichen Schöpfung sein Dasein verdankt, sondern von tierischen



Abb. 3. Das Schädeldach
des von Eugen Dubois
gefundenen *Pithecanthropus erectus*.
Nach G. Heberer.

Vorfahren abzuleiten ist. In Worte faßte Ernst Haeckel dieses Resultat, indem er im Jahre 1898 auf dem IV. Internationalen Zoologen-Kongreß in Cambridge feststellte: „Die phyletische Einheit des Primatenstammes, vom ältesten Lemuren bis zum Menschen hinauf, ist eine historische Tatsache.“

An diesem Ergebnis haben die Forschungen unseres Jahrhunderts im grundsätzlichen nichts geändert; doch konnten durch geologische, paläontologische und archäologische Entdeckungen auf der einen Seite, durch anatomische, psychologische und physiologische Untersuchungen auf der anderen Seite, Einzelfragen des Gesamtproblems der tierischen Abstammung des Menschen eine bessere Beantwortung finden, als es im 19. Jahrhundert möglich war.

DIE STELLUNG DES MENSCHEN IM NATÜRLICHEN SYSTEM

Um die Entstehung des Menschen nach unseren heutigen Kenntnissen zu erklären, müssen wir einen kurzen Blick auf die Stellung des Menschen im natürlichen System der Organismen werfen. Eine Orientierung über die systematische Stellung des Menschen ist darum notwendig, weil diese uns zugleich auch nähere

Hinweise über verwandtschaftliche Beziehungen des Menschen zu bestimmten Vertretern des Tierreiches liefert.

Daß der Mensch im Reich der Tiere zum Stamm der Wirbeltiere (latein. = *vertebrata*) gehört, unterliegt keinem Zweifel. Das Knochengerüst des Menschen beweist eindeutig diese Zugehörigkeit. Ebenso eindeutig ist es, daß der Mensch innerhalb des Stammes der Wirbeltiere zur Klasse der Säugetiere (latein. = *mammalia*) gehört und nicht etwa zu einer der anderen Klassen (Fische, Lurche, Kriechtiere, Vögel), denn mit den Säugetieren verbinden den Menschen bestimmte Eigenschaften, wie eine gleichbleibende Körpertemperatur, geteilte Herzkammern, Milchdrüsen, kernlose rote Blutkörperchen, ein Schädel mit zwei Gelenkhöckern, ein Zwerchfell und so weiter.

Stellen wir weiterhin die Frage, mit welchen Säugetieren – es werden zum Beispiel innerhalb der Säugetiere Insektenfresser, Fledermäuse, Nagetiere, Raubtiere, Wale, Seekühe, Paarzeher und Unpaarzeher unterschieden – der Mensch in nähere Beziehung gebracht werden kann, so finden wir nur die bereits genannten Primaten. Unter diesen scheiden jedoch die Halbaffen für einen Vergleich mit dem Menschen aus, denn die Halbaffen besitzen ein hochspezialisiertes Gebiß, und außerdem schließt bei ihnen die Augenhöhle nach hinten bindegewebig ab, während sich beim Menschen als Abschluß eine Knochenwand vorfindet. Innerhalb der Ordnung der Affen, bei denen die beiden Unterordnungen der Schmalnasenaffen (= Ostaffen) und der Breitennasenaffen (= Westaffen) unterschieden werden, kommen die Breitennasenaffen – ihr Lebensraum ist der amerikanische Kontinent – ebenfalls für einen Vergleich nicht in Frage, denn einmal sind die Breitennasenaffen durch eine breite Nasenscheidewand gekennzeichnet – aus diesem Grunde erhielten sie ihren Namen –, und zum anderen haben sie nicht zweiunddreißig Zähne wie der Mensch, sondern sechsunddreißig Zähne.

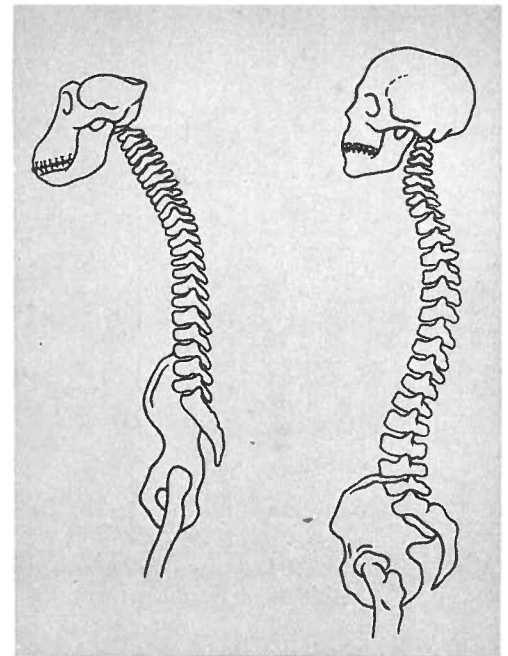
Halten wir in der Unterordnung der Schmalnasenaffen – ihr Name sagt uns schon, daß sie durch eine schmale Nasenscheidewand und durch nach vorn gerichtete Nasenlöcher gekennzeichnet sind – Umschau, so finden wir hier unter anderem die Meerkatzen, Paviane, Makaken, Gibbons (oder Langarmaffen) und schließlich die Menschenaffen, zu denen Orang-Utan, Gorilla und Schimpanse gehören.

Für einen Vergleich mit dem Menschen kommen jedoch Formen wie die Meerkatzen oder Paviane nicht in Frage; es bleiben lediglich die Menschenaffen. Durch vergleichende Untersuchungen wird diese Verwandtschaft zwischen Mensch und Menschenaffen sehr klar und einleuchtend bewiesen.

Denken wir an unsere Hand, dieses unvergleichliche Werkzeug für alle möglichen Arbeiten. Die große Beweglichkeit unserer Hand ermöglichen acht kleine Knochen in unserem Handgelenk; die Affen dagegen haben neun dieser kleinen Knochen. Doch – und das ist das Entscheidende – von den Menschenaffen haben Gorilla und Schimpanse ebenfalls nur acht Handwurzelknochen. Das Auffallende dabei ist, daß auch bei Gorilla, Schimpanse und dem Menschen dieser neunte Handwurzelknochen während des Entwicklungsstadiums vorhanden ist, jedoch bald nach der Geburt mit anderen Knochen im Handgelenk verwächst. Die flache Gestaltung der Fingernägel findet sich wie beim Menschen so auch bei den Menschenaffen; diese Übereinstimmung zwischen Gorilla, Schimpanse und Mensch zeigt uns, daß irgendwann einmal, vor Millionen Jahren, gemeinsame Vorfahren der genannten Formen vorhanden gewesen sein müssen.

Es gibt aber noch andere Hinweise für die Verwandtschaft zwischen Mensch und Menschenaffen; so stimmen beide Gruppen in der Anzahl und Anordnung ihrer Knochen im wesentlichen überein. Wo Unterschiede vorhanden sind, wie in der Länge der Oberarme oder in der Form der Wirbelsäule – letztere ist

Abb. 4. Die Formen der Wirbelsäule beim Menschenaffen und beim Menschen.



beim Menschen doppelt S-förmig gebogen, während sie bei den Menschenaffen nur einen einfachen Bogen beschreibt (Abb. 4) –, sind diese Unterschiede das Ergebnis verschiedener Lebensweisen.

Eine Reihe von weiteren ähnlichen Merkmalen läßt sich als Beweis für eine Verwandtschaft zwischen Mensch und Menschenaffen anführen.

Abb. 5. Hand eines Menschenaffen (Gorilla) und eines Menschen.



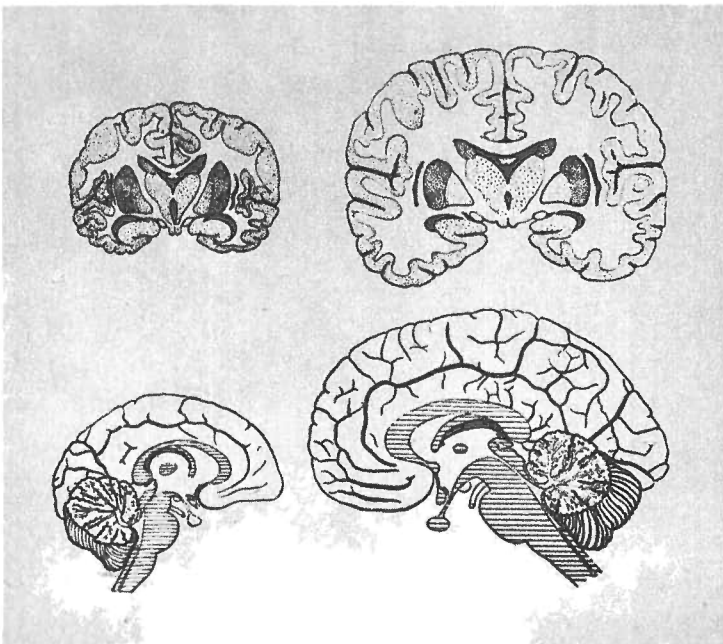


Abb. 6. Fuß eines Menschenaffen (Gorilla) und eines Menschen.

Neben der Hand können wir an die Gestaltung des Fußes denken (Abb. 5 und 6) oder an den im grundsätzlichen gleichen Aufbau des Gehirns (Abb. 7).

Eingehende Untersuchungen, die sich auf die chemische Zusammensetzung des Blutes und auf das Vorhandensein der Blutgruppen beziehen, ergaben gleichlautende Ergebnisse; so finden sich die seit dem Jahre 1901 bekannten vier klassischen Blutgruppen des Menschen O, A, B und AB auch bei den drei Menschenaffen, und zwar die Blutgruppen A und O beim Schimpansen, A beim Gorilla, B und AB beim Orang-Utan. Die Blutfaktoren M, N und Rh, die beim

Abb. 7. Gehirn von Schimpanse und Mensch.



Menschen noch vorhanden sind, scheint nach den heutigen Erkenntnissen nur der Schimpanse zu besitzen.

Alle diese Ähnlichkeiten zwischen Mensch und Menschenaffen – es ließen sich durchaus noch mehrere nennen: ähnlicher Bau der Oberkiefer, der Stirnhöhnen, der Samenzellen und so weiter – zeigen immer, daß eine Verwandtschaft zwischen beiden Gruppen besteht.

Es ist nach allen Gesetzen, die in der Natur wirken, eine Unmöglichkeit, anzunehmen, daß derartige Ähnlichkeiten, wie sie zwischen Mensch und Menschenaffen bestehen, unabhängig voneinander entstanden sind; es müssen also einstmals gemeinsame Vorfahren gelebt haben.

Bevor wir uns jedoch der Frage zuwenden, ob es affenähnliche Vorgänger des Menschen gegeben hat, muß noch eine Feststellung getroffen werden.

Wenn von einer Verwandtschaft zwischen Mensch und Menschenaffen gesprochen wird, denkt jeder leicht an eine Verwandtschaft mit den heute noch lebenden Menschenaffen; doch das ist falsch. Bereits Darwin und Haeckel wiesen darauf hin, daß die heutigen Menschenaffen – Orang-Utan, Gorilla und Schimpanse – Formen darstellen, die sich gleichfalls in einer bestimmten Richtung entwickelt haben, aber keineswegs mit Formen gleichgesetzt werden dürfen, die zu jener Zeit lebten, als sich die zum Menschen führende Entwicklungslinie aus der gemeinsamen Wurzel löste.

AUSGESTORBENE MENSCHENAFFEN

Wenn wir eine Verwandtschaft zwischen Mensch und Menschenaffen feststellten, dabei aber die heute lebenden Menschenaffen als Vorfahren des Menschen unbedingt ausschließen, dann erhebt sich die Frage, ob wir Menschenaffen kennen, die heute längst ausgestorben sind. Tatsächlich hat nun jene Forschung, die sich mit den Lebewesen aus den vergangenen erdgeschichtlichen

Zeiten befaßt, Reste von ausgestorbenen Menschenaffen entdeckt.

Die Entdeckung dieser ausgestorbenen Menschenaffen führte zu der Erkenntnis, daß es in dem der erdgeschichtlichen Gegenwart vorangegangenen Abschnitt, im Tertiär, eine große Anzahl verschiedener Formen von Menschenaffen gegeben hat. Außerdem wurde festgestellt, daß diese ausgestorbenen Formen eine wesentlich größere Verbreitung in der Alten Welt (den Kontinenten Afrika, Asien und Europa) hatten, als die heute lebenden Menschenaffen sie haben. Die Reste der ausgestorbenen Menschenaffen fanden sich zum Beispiel in Frankreich, Deutschland, Österreich, ferner in Ägypten, Ost- und Südafrika und schließlich in Indien und China. Die heutigen Menschenaffen finden wir dagegen nur noch an wenigen Stellen Asiens und Afrikas. Der Orang-Utan lebt als Baumtier auf den Sundainseln; Gorilla und Schimpanse hausen in den Urwäldern Afrikas. Es ergibt sich, daß Orang-Utan, Gorilla und Schimpanse lediglich die Überreste einer ehemals weitverbreiteten Tiergruppe darstellen.

Um die Frage der Entstehung des Menschen zu erörtern, müssen wir uns nunmehr mit der wichtigsten Gruppe der ausgestorbenen Menschenaffenarten beschäftigen; es sind die Australopithecinen (von latein. = australis - südlich und latein. = pithecus - Affe), die in Südafrika entdeckt wurden. Die Australopithecinen stellen darum eine so bedeutsame Entdeckung dar, da sie uns in vielfacher Hinsicht über das Aussehen und auch über die Lebensweise der tierischen Vorfahren des Menschen Aufschluß geben können.

Eingeleitet wurden die Funde in Südafrika durch die Auffindung der Schädelteile eines ungefähr 4 Jahre alten Menschenaffenkindes (Abb. 8) im Jahre 1924. Seit 1936 fanden sich in der gleichen Gegend Südafrikas (vor allem in der Nähe von Johannesburg) noch weitere Reste einer bis dahin unbekannten Tierform. Der zweite Weltkrieg unterbrach dann die Forschungen, die aber seit 1947 erneut fortgesetzt wurden.

Abb. 8. Schädelrest des Menschenaffenkindes von Südafrika.



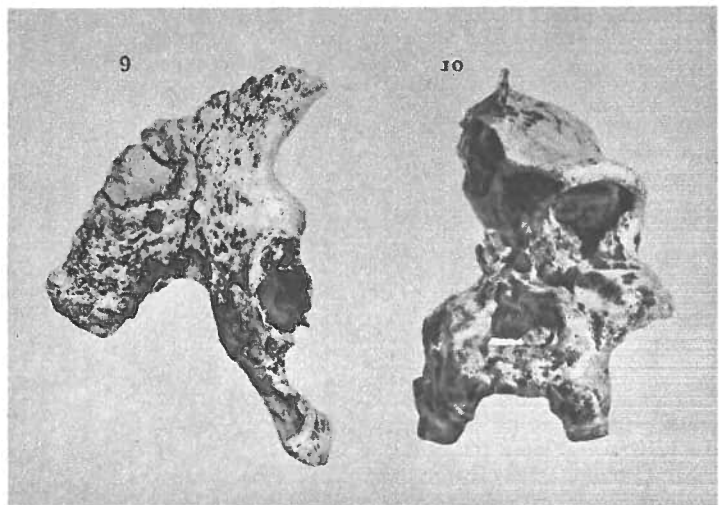
Überblickt man die Skelettreste dieser Menschenaffen aus Südafrika, so kann man sagen, daß bis heute von keiner anderen Stelle der Welt ein derart umfangreiches Material von ausgestorbenen Menschenaffen vorliegt.

Entdeckt wurden die Schädelreste von Individuen verschiedenen Lebensalters (kindlich, jugendlich und erwachsen) und von beiderlei Geschlecht. Glücklicherweise fand man nicht nur Schädelteile, wie es häufig der Fall ist, sondern auch Teile des übrigen Skeletts, wie Beckenbruchstücke (Abb. 9), Arm- und Beinknochen.

Eine nähere Betrachtung der Funde aus Südafrika führt zu dem Ergebnis, daß es schwer ist, diese Tiergruppe einer ganz bestimmten Menschenaffenart zuzuschreiben. Einige Züge erinnern an den Schimpansen, andere wieder an

Abb. 9. Beckenrest eines Menschenaffen aus Südafrika (*Plesianthropus transvaalensis*).

Abb. 10. Schädelrest eines Menschenaffen aus Südafrika (*Paranthropus crassidens*), mit Knochenkamm und starken Augenbrauenwülsten. Nach R. Broom und J. T. Robinson.



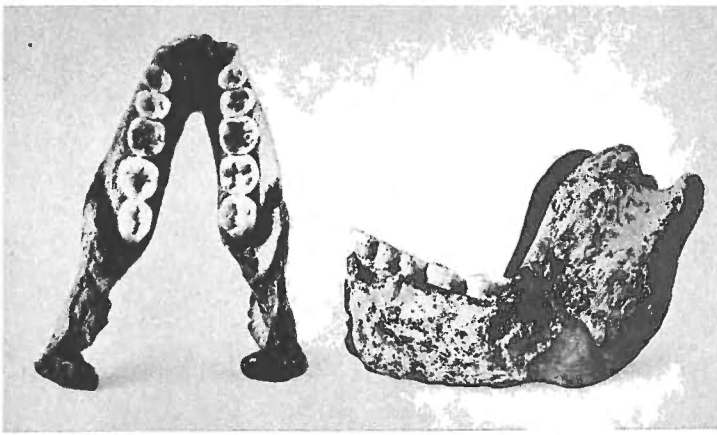


Abb. 11. Unterkiefer eines Menschenaffen aus Südafrika (*Paranthropus crassidens*). Nach W. E. Le Gros Clark.

den Gorilla (Abb. 10) und wieder andere sogar an den Menschen; so sind die Zähne – es wurden allein über 500 Stück gefunden – sehr menschenähnlich; es fehlen die großen Eckzähne (Abb. 11), die wir von den heute lebenden Menschenaffen kennen. Von großer Bedeutung ist aber die Feststellung, daß sich diese ausgestorbenen Menschenaffen in einer dem Menschen ähnlichen Weise fortbewegten; das läßt sich mit Sicherheit aus den Beckenknochen schließen.

Auch die Lebensweise der Australopithecinen unterscheidet sich wesentlich von dem, was wir von den Affen und den Menschenaffen wissen. Während die meisten der heute lebenden Affen- und Menschenaffenarten reine Waldbewohner

sind, kann das von den beschriebenen Formen Südafrikas nicht behauptet werden. In der Zeit, als diese Tiere existierten – vor ein bis zwei Millionen Jahren –, gab es in Südafrika keinen Wald, erst recht keinen Urwald; sie lebten in einer felsigen, waldlosen Steppenlandschaft, und da in einer solchen Landschaft, zumal in den jährlichen Dürrezeiten, die Pflanzenkost nicht allzu reichlich ist, ernährten sie sich auch von dem Fleisch anderer Tiere. Man kann sogar mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die Australopithecinen Gegenstände, welche sich ihnen in der umgebenden Natur boten, benutzt haben, um mit diesen kleinere Tiere zu töten oder zu betäuben. Eigentliche Werkzeuge, zum Beispiel aus Stein, sind trotz größter Aufmerksamkeit an keiner Stelle gefunden worden. Vor einigen Jahren glaubte man außerdem, daß bei den Australopithecinen Spuren einer Feuerbenutzung entdeckt worden seien (aus diesem Grunde erhielt eine Art den Namen *Australopithecus prometheus*). Die weiteren Forschungen zeigten jedoch, daß die Annahme einer Feuerbenutzung irrig war.

Insgesamt zeigt uns die ganze in Südafrika entdeckte Gruppe von Menschenaffen, daß es einmal hochentwickelte Formen gegeben hat, die wesentlich mehr menschenähnliche Züge trugen



Abb. 12. Rekonstruiertes Lebensbild der fossilen Menschenaffen von Südafrika (*Australopithecinen*).

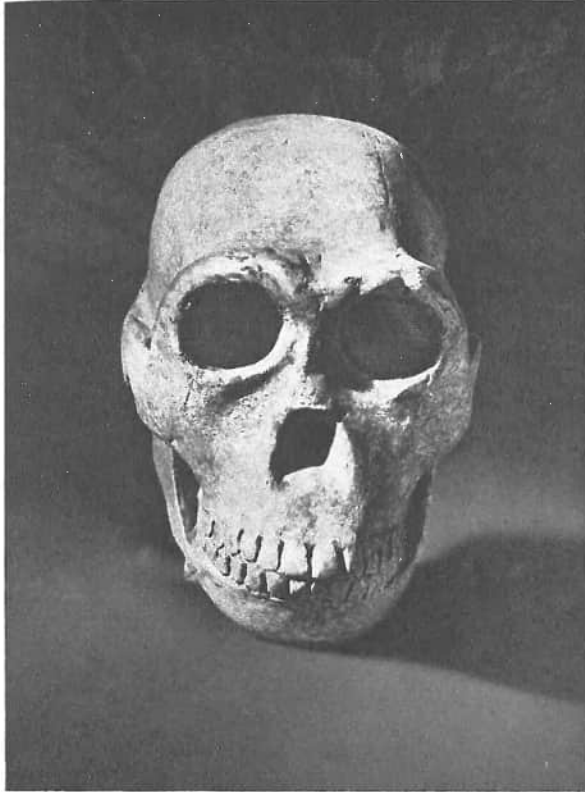


Abb. 13. Schädelrekonstruktion eines Menschenaffen von Südafrika (*Plesianthropus transvaalensis*).

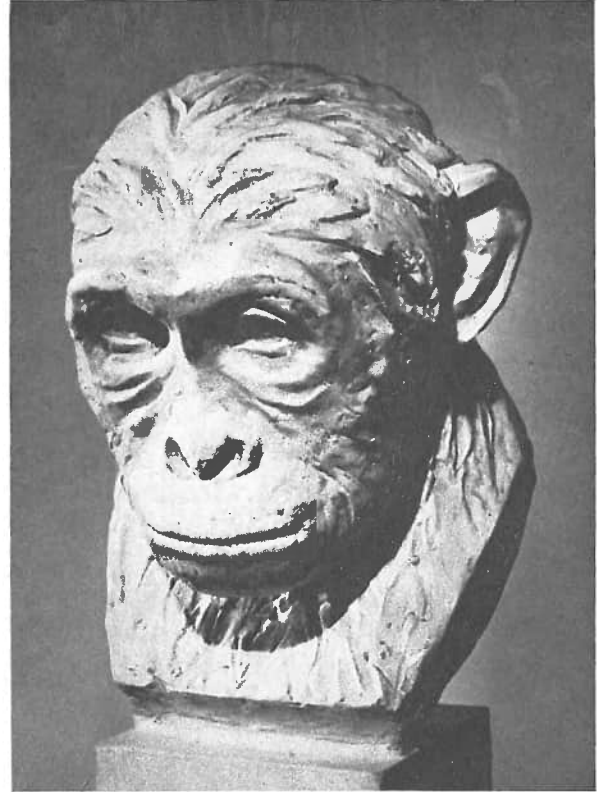


Abb. 14. Lebendrekonstruktion eines Menschenaffen von Südafrika (*Plesianthropus transvaalensis*).

als die heutigen Menschenaffen. Von ähnlicher Gestalt müssen wir uns auch die tierischen Vorfahren des Menschen denken (Abb. 13 und 14). Ob die Australopithecinen selbst diese Vorfahren sind, läßt sich nach unseren heutigen Kenntnissen noch nicht entscheiden; ein Teil der Forscher glaubt dies bejahen zu können; andere wiederum lehnen eine solche Auffassung ab. Daß die tierischen Vorfahren des Menschen irgendwo in Afrika, Europa oder Asien einmal, und zwar in den letzten Abschnitten des Tertiärs, gelebt haben, ist nach den Forschungsergebnissen sicher.

Damit beantwortet sich auch die oft gestellte Frage nach dem genauen geographischen Ort, an dem sich der Übergang von den tierischen Vorfahren des Menschen zum Menschen voll-

zog. Es läßt sich keineswegs ein kleiner, festumgrenzter Raum (zum Beispiel Ostafrika, Südeuropa, Südostasien) in dem riesigen Gebiet der Alten Welt nennen, denn es gab ja, wie uns die Funde zeigen, eine weite Verbreitung der verschiedenen ausgestorbenen Menschenaffenarten. Hinzu kommt noch, daß wir die große Zahl der gleichzeitig in diesem Gebiet lebenden Individuen der gleichen Menschenaffenart berücksichtigen müssen (man schätzt die Zahl der gleichzeitig lebenden Vertreter ein und derselben Art auf annähernd 100 000 Stück). Aus diesem Grunde erübrigt es sich auch, nach dem ersten Menschenpaar zu forschen; ein solches hat niemals existiert, und es hat immer nur eine mehr oder minder große Gruppe von Wesen gegeben, die sich allmählich aus dem Tierreich löste.

DIE MENSCHWERDUNG

In dem Grundproblem um die Entstehung des Menschen spielt das Teilproblem nach dem Wie und Wodurch naturgemäß eine bedeutende Rolle. Um aber diese Frage beantworten zu können, ist zuerst noch eine andere Überlegung notwendig.

Wenn wir feststellen wollen, wie es zur Entstehung der Menschheit gekommen ist, dann muß zunächst Klarheit darüber bestehen, wodurch sich der Mensch denn eigentlich vom Tier unterscheidet. Das Wissen um diesen Unterschied gibt uns nämlich die Antwort auf zwei Fragen. Einmal zeigt sie, ob es sich bei irgendwelchen Funden noch um eine besonders hochentwickelte Menschenaffenart handelt (wie die Australopithecinen) oder schon um Menschen (wie den Pithecanthropus). Zum anderen aber muß die Entstehung dieses Unterschiedes zwischen Mensch und Tier zugleich auch die Entstehung des Menschen, die Menschwerdung sein. Forschen wir einmal nach, worin der Unterschied zwischen Mensch und Tier besteht.

Im 19. Jahrhundert neigte man allgemein zu der Auffassung, daß sich der Mensch durch die Sprachfähigkeit von allen übrigen Lebewesen unterscheide. In diesem Sinne heißt es bei dem bereits erwähnten Th. H. Huxley: „Unsere Ehrfurcht vor dem Adel der Menschheit wird nicht verkleinert werden durch die Erkenntnis, daß der Mensch seiner Substanz und seinem Bau nach mit den Tieren eins ist; denn er allein besitzt die wunderbare Gabe verständlicher und vernünftiger Rede...“ Einen gleichen Standpunkt nahm Ernst Haeckel ein. Im Jahre 1898 beschrieb er die Affenmenschen folgendermaßen: „Obwohl sie – die Affenmenschen – durch die äußere Körperbildung den echten Menschen wohl noch näher als den Menschenaffen standen, fehlte ihnen doch noch das eigentlich charakteristische Merkmal des echten Menschen, die artikulierte menschliche Wortsprache und die damit verbundene bewußte Begriffsbildung, be-

ruhend auf gesteigerter Abstraktion der Anschauungen.“

Neben der Sprache sahen einige Forscher in der Feuerbenutzung den entscheidenden Unterschied zwischen Mensch und Tier. Diese Auffassung basierte auf den Erzählungen primitiver Menschengruppen, die beobachteten, daß sich Menschenaffen gern an verlassene Lagerfeuer setzen, um sich noch an der Glut zu wärmen, jedoch nicht in der Lage sind, ein solches Feuer neu zu entfachen und durch Nachlegen von geeignetem Brennmaterial zu unterhalten. Daß das Feuer in der Geschichte der Menschheit eine der bedeutendsten Errungenschaften darstellt, ist sicher; es spendet Licht und Wärme; es ist Helfer bei der Nahrungszubereitung und

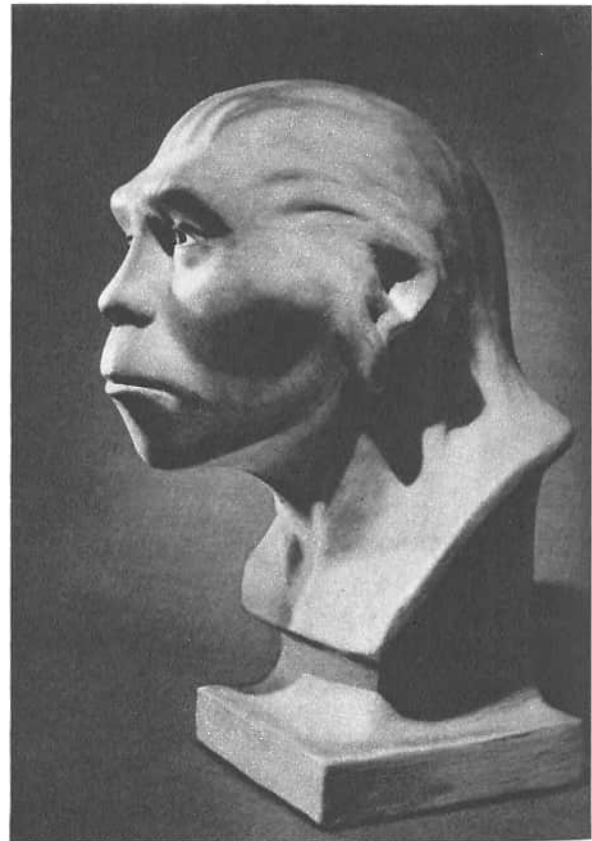


Abb. 15. Lebendrekonstruktion des *Sinanthropus pekinensis*.

kann als Abwehrmittel gegen Raubtiere dienen. Aber ebenso sicher ist es auch, daß die Unterhaltung des Feuers bereits eine bestimmte Höhe des Bewußtseins voraussetzt.

Eine andere Richtung suchte das unterscheidende Merkmal ausschließlich im Biologischen. Die Anhänger dieser Theorie glaubten – und sie glauben es zum Teil noch heute –, daß unter den hochentwickelten Säugetieren allein der Mensch durch den aufrechten Gang ausgezeichnet ist (in der Namengebung des *Pithecanthropus erectus*, „aufrechtgehender“ Affenmensch, macht sich diese Auffassung geltend). Eine derartige Anschauung läßt sich heute aber nicht mehr vertreten. Das in Südafrika gefundene Skelettmaterial zeigt eindeutig, daß es einmal Menschenaffen gegeben hat, die sich in einer dem Menschen ähnlichen Weise fortbewegten. Wir müssen also nach einem anderen Merkmal suchen, das uns die Grenze zwischen Mensch und Tier anzeigt.

Den richtigen Weg zur Lösung dieses schwierigen Problems hat hier Karl Marx gefunden; er stellte fest, daß „der Gebrauch und die Schöpfung von Arbeitsmitteln“ (9), also von Werkzeugen, den Menschen vom Tier unterscheidet. Den Gedanken von Karl Marx verfolgte dann Friedrich Engels bei seinen Forschungen weiter. Friedrich Engels kam dabei zu der wichtigen Erkenntnis, daß in der Arbeit „die erste Grundbedingung alles menschlichen Lebens“ (10) zu erblicken ist und daß die Arbeit jenen großen qualitativen Unterschied zwischen Mensch und Tier darstellt.

Wir selbst müssen am Schluß unserer Untersuchung über die Entstehung des Menschen noch eine Antwort auf die Frage finden, wie es zur Entstehung der Arbeit, wie es zur Herstellung der ersten primitiven Werkzeuge kam.

Man darf nicht daran denken, daß plötzlich und unvermittelt irgendwo einmal eine Gruppe von Menschenaffen zur Anfertigung von Werkzeugen überging und damit die Geschichte der Menschheit begann. Innerhalb des gesamten

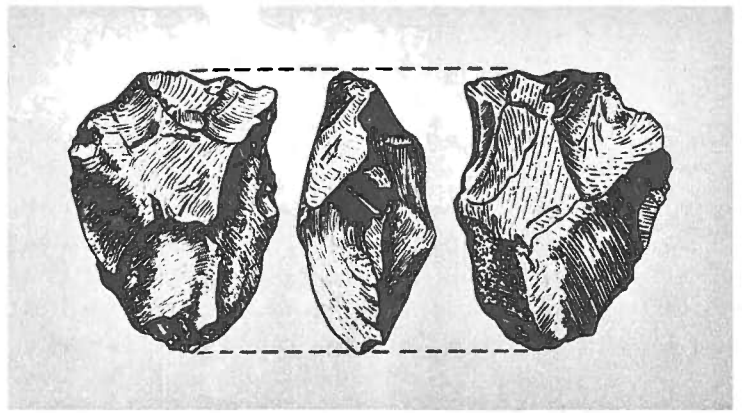
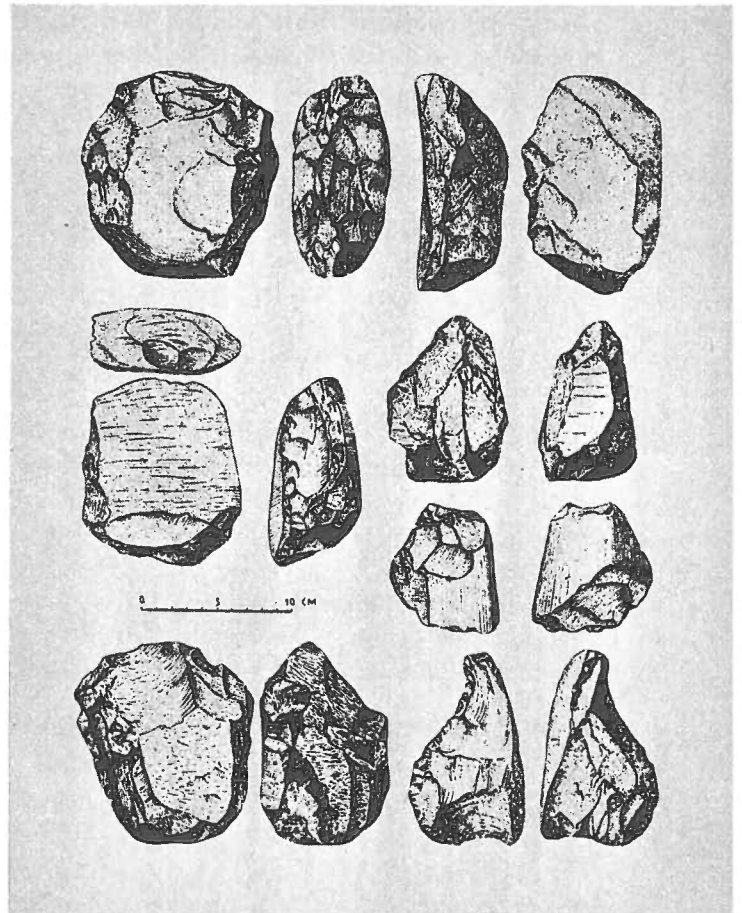


Abb. 16. Das älteste Werkzeug aus den Fundschichten von Chou-Kou-Tien, Station 13. — Nach Movius.

Prozesses des Übergangs vom Tier zum Menschen ging der Werkzeugherstellung zweifellos ein sehr, sehr langer Zeitraum voraus, in dem Gegenstände der umgebenden Natur (Steine, Äste, die Knochen verendeter Tiere) zur Erlangung der täglichen Nahrung benutzt wurden. Wir sahen, daß sich aus dem in Südafrika gefundenen Material derartige Schlüsse ziehen

Abb. 17. Werkzeuge von Chou-Kou-Tien, Station 1. — Nach Movius.



lassen. Erst nach dieser langen Zeit der instinktmäßigen Verwendung von Gegenständen der Natur – vermutlich umfaßte dieser Zeitraum über eine Million Jahre – entstanden die ersten tastenden Versuche, Steine in einfachster Weise für die Zwecke der Nahrungsgewinnung zuzurichten. Es leuchtet ein, daß sich die archäologischen Beweise für diesen Übergang nur sehr schwer erbringen lassen. Man wird nämlich kaum entscheiden können, ob ein Stein, der lediglich eine Absplitterung zeigt, einmal in der Hand eines Menschenaffen lag, um damit eine harte Frucht öffnen zu wollen, oder in der Hand eines Affenmenschen, der mit dem Stein einen Knochen aufschlug, um an das Mark zu gelangen; denn in beiden Fällen kann es zu gleichen Absplitterungen gekommen sein.

Die Beweise für die allmähliche Entwicklung aus dem Tierreich sind einmal das von Affenmenschen erhaltene Skelettmaterial. Von diesem Material haben wir den *Pithecanthropus erectus* schon kennengelernt (siehe Abb. 3). Andere Beweise sind die ersten primitiven Werkzeuge des Affenmenschen. Ein berühmter Fundplatz, an dem sowohl Skelettreste als auch Werkzeuge entdeckt wurden, ist Chou-Kou-Tien in China

(30 Kilometer von Peking entfernt). Die dort entdeckten Funde zeigen, daß jene Wesen, die von einer ausgestorbenen, hochentwickelten Menschenaffenart abstammten, im Laufe einer langen Entwicklung zu arbeiten gelernt hatten. Der chinesische Affenmensch (*Sinanthropus pekinensis*, Abb. 15), der vor rund 500 000 Jahren lebte, fertigte sich einfachste Werkzeuge aus Stein an (Abb. 16 und 17), jagte große Tiere und benutzte das Feuer.

Aus Deutschland kennen wir vom Affenmenschen lediglich einen Unterkiefer; dieser wurde im Jahre 1907 in 24 Meter Tiefe in einer Kiesgrube bei Mauer in der Nähe von Heidelberg gefunden (siehe Abb. 4 auf Seite 255); sein Alter wird auf rund 450 000 Jahre geschätzt. Insgesamt zeigen uns alle diese Funde, daß die Erkenntnisse um die natürliche Entstehung des Menschen, die von der Forschung des 19. Jahrhunderts erstmalig erarbeitet und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts vertieft wurden, in den Grundzügen richtig sind. An die Stelle der in ein mystisches Dunkel sich verlierenden Erzählungen trat ein wissenschaftlich begründetes und klares Bild von der Entstehung des Menschen.

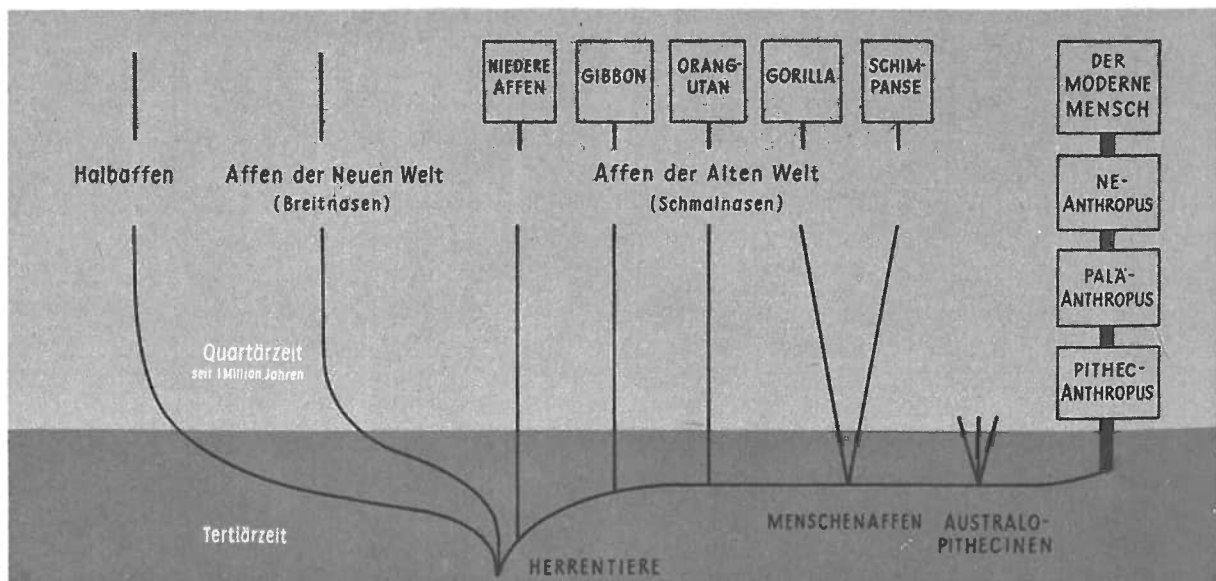


Abb. 18. Stammbaumschema. Umgezeichnet nach M. Plisezki.

WIE DER MENSCH DEN KAMPF UM DIE BEHERRSCHUNG DER NATUR BEGANN

(DIE URGESELLSCHAFT)

DR. GISELA BUSCHENDORF

DIE „WISSENSCHAFT DES SPATENS“ ERFORSCHT
DIE ÄLTESTE GESCHICHTE DES MENSCHEN

DIE Geschichte der menschlichen Gesellschaft begann mit dem ersten Auftreten des Menschen vor etwa 600 000 Jahren. Seit dieser Zeit produzieren die Menschengemeinschaften für ihren Lebensunterhalt, in ständiger Auseinandersetzung mit der Natur. Ihr Verhältnis zur Produktion unterlag im Laufe der Jahrhunderte einer gesetzmäßigen Entwicklung und Veränderung und bildete die Grundlage des historischen Geschehens. Von den 600 000 Jahren menschlicher Geschichte sind nur wenige Jahrtausende durch schriftliche Nachrichten überliefert. Die ältesten schriftlichen Überlieferungen stammen aus Ägypten und Vorderasien und reichen bis ungefähr 3000 Jahre vor unserer Zeitrechnung zurück. Aus Europa gibt es vor dem 1. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung keine schriftlichen Überlieferungen. Für die meisten europäischen Gebiete sind die frühesten Schriftquellen noch um viele Jahrhunderte jünger.

So kam es, daß sich unsere Kenntnis von der menschlichen Geschichte noch vor etwa 150 Jahren nur über wenige tausend Jahre erstreckte, während Hunderttausende von Jahren menschlichen Daseins in tiefes Dunkel gehüllt blieben.

Erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts hat die Archäologie, die „Wissenschaft des Spatens“, begonnen, den engen, zeitlich begrenzten Gesichtskreis der historischen Wissenschaft zu sprengen und ihn bis in die fernen Zeiten der

Anfänge menschlicher Geschichte zu erweitern. Die Archäologie, in Deutschland auch Urgeschichtswissenschaft genannt, erforscht die Hinterlassenschaften der Menschen aus den schriftlich nicht oder nur unzureichend überlieferten Epochen und vermag mit ihrer Hilfe, unterstützt durch zahlreiche Nachbarwissenschaften, insbesondere durch die Völkerkunde (Ethnographie), das verlorengegangene Geschichtsbild zu rekonstruieren. Ihre Quellen sind die sogenannten Bodenfunde, die als Grab-, Siedlungs- und Einzelfunde durch Ausgrabungen, oft aber auch durch einen glücklichen Zufall gewonnen werden. Diese Urkunden aus Stein, Knochen, Holz, Ton, Metall, Bernstein und anderen organischen Stoffen zeugen als Werkzeuge, Waffen oder Gebrauchsgegenstände von der Lebensweise der Menschen, von ihrer Wirtschaft und Kultur und von den Fortschritten im Laufe der Jahrtausende.

Andere Hinterlassenschaften, vor allem die Gräber und Siedlungen selbst, aber auch Zeugnisse der Kunst und des Kultes, vermitteln einen Einblick in die Vorstellungswelt der Menschen, in Sitten und Gebräuche, oder sie zeugen auch von politischen Vorgängen.

Durch genaue Beobachtungen der Lagerung der Hinterlassenschaften in den Erdschichten, durch die Kenntnis und den Vergleich eines umfangreichen Fundmaterials konnte die Aufeinanderfolge von „Steinzeit“, „Bronzezeit“ und „Eisenzeit“ erkannt werden. Durch unermüdliche, schwierige Kleinarbeit hat die Urgeschichtswissenschaft ein kompliziertes System der Datierung ihrer Quellen erarbeitet, dessen



Abb. 1. Ausgrabungsfläche in Wahlitz bei Magdeburg.

Richtigkeit ständig überprüft wird und heute im großen und ganzen als gesichert bezeichnet werden kann.

Die Naturwissenschaften mit ihren modernen Methoden haben einen großen Anteil an der genauen Zeitbestimmung der Funde und der zeitlichen Abgrenzung der einzelnen Perioden. Für die geschichtliche Auswertung der archäologischen Quellen war es von großer Bedeutung, als L. H. Morgan 1877 die erste historische Periodisierung schuf, indem er seiner Einteilung der ältesten Geschichte die Art und Weise der Produktion des Lebensunterhaltes zugrunde legte; seine Gliederung in Wildheit, Barbarei, Zivilisation hat Friedrich Engels zusammen mit Karl Marx in seinem berühmten Werk „Der Ursprung der Familie, des Privateigentums und des Staates“ übernommen

und vertieft. Seitdem hat sich besonders die Sowjetwissenschaft um die weitere Verbesserung der Periodisierung und um die Erforschung der Epoche der Urgesellschaft, als der ersten der fünf sozialökonomischen Epochen der menschlichen Geschichte, verdient gemacht. Der Epoche der Urgesellschaft folgen die Epochen der Sklavenhaltergesellschaft, der Feudalgesellschaft, der kapitalistischen Gesellschaft und der sozialistischen Gesellschaft.

DIE MENSCHEN UND IHRE LEBENSWEISE IN DER PERIODE DES HORDENZUSTANDES

Vor rund einer halben Million Jahren lebte in Asien, Afrika und Europa der sogenannte Affenmensch (Pithecanthropus). Überreste dieses Lebewesens, das als erstes den Namen „Mensch“ verdient, wurden an verschiedenen Stellen auf Java, in China, in Ostafrika und auch in Europa, und zwar in Deutschland in dem Ort Mauer bei Heidelberg, entdeckt.

Am besten ist die Lebensweise dieser Menschen, die grob zurechtgeschlagene Steinwerkzeuge besaßen, durch die Fundstelle Chou-Kou-Tien bei Peking in China bekanntgeworden. Die Affenmenschen lebten hier in einer höhlenreichen Landschaft; sie kannten und nutzten das Feuer und gingen auf Großwildjagd. Hirsch, Gazelle, Bison, Pferd, Wildschwein, Leopard, Tiger, Hyäne, Bär, Nashorn und Elefant gehörten zu ihrer Jagdbeute. Über die Art der Jagd wissen wir nichts.

Gleichermaßen wichtig für die Nahrungsbeschaffung war das Einsammeln von Früchten, Wurzeln und Kleingetier. Aufgespaltene Menschenknochen und zertrümmerte Menschenköpfe lassen Kannibalismus vermuten.

Als der Mensch den Kampf mit der Natur durch seiner Hände Arbeit aufnahm, begannen sich auch die Sprache und das Denken zu entwickeln; sie halfen ihm, die Natur aktiv umzu-

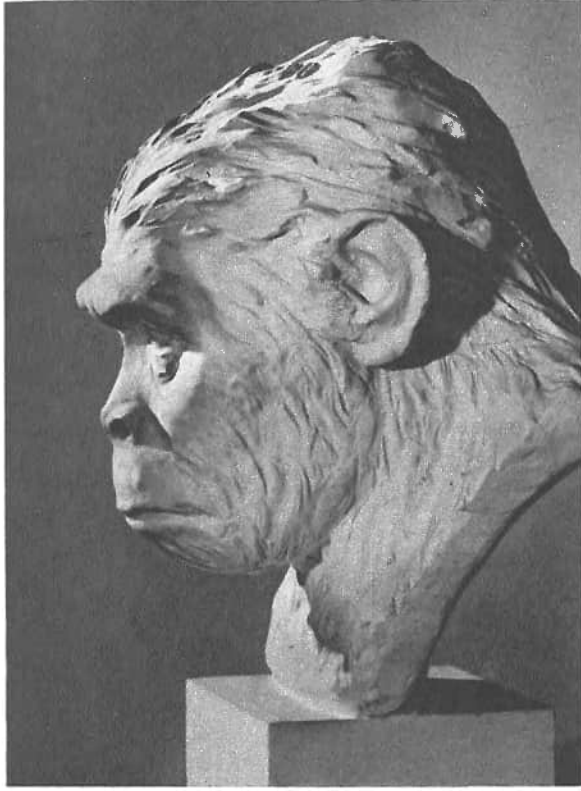


Abb.2. *Pithecanthropus* (Affenmensch), Lebendrekonstruktion.

gestalten, das heißt sie seinen Bedürfnissen anzupassen. So wird, seitdem es Menschen gibt, der Gedankenaustausch „eine ständige

Abb. 4. Unterkiefer des *Pithecanthropus* (Affenmensch) von Mauer bei Heidelberg. (Etwa $\frac{1}{3}$ nat. Gr.)

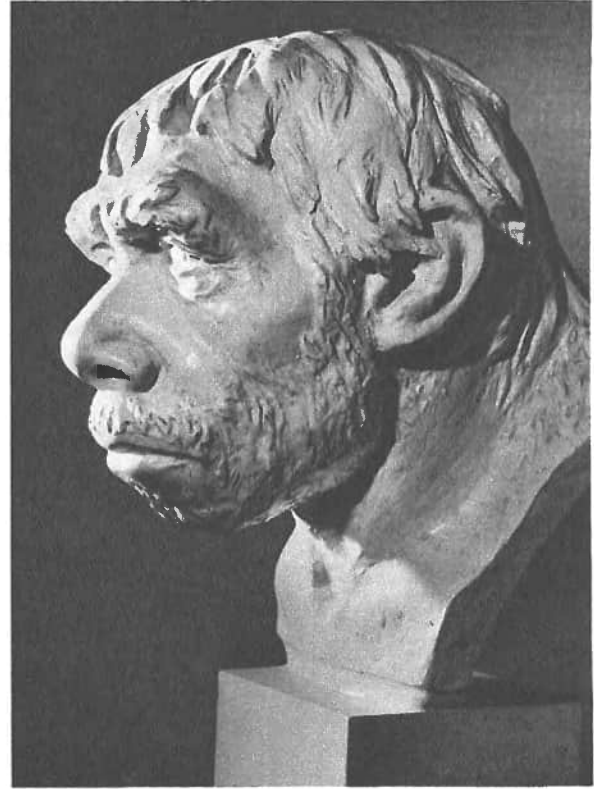
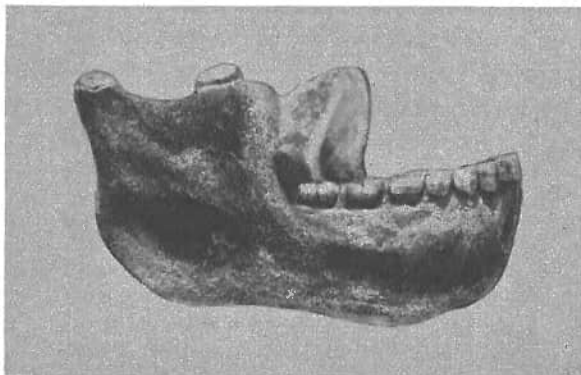
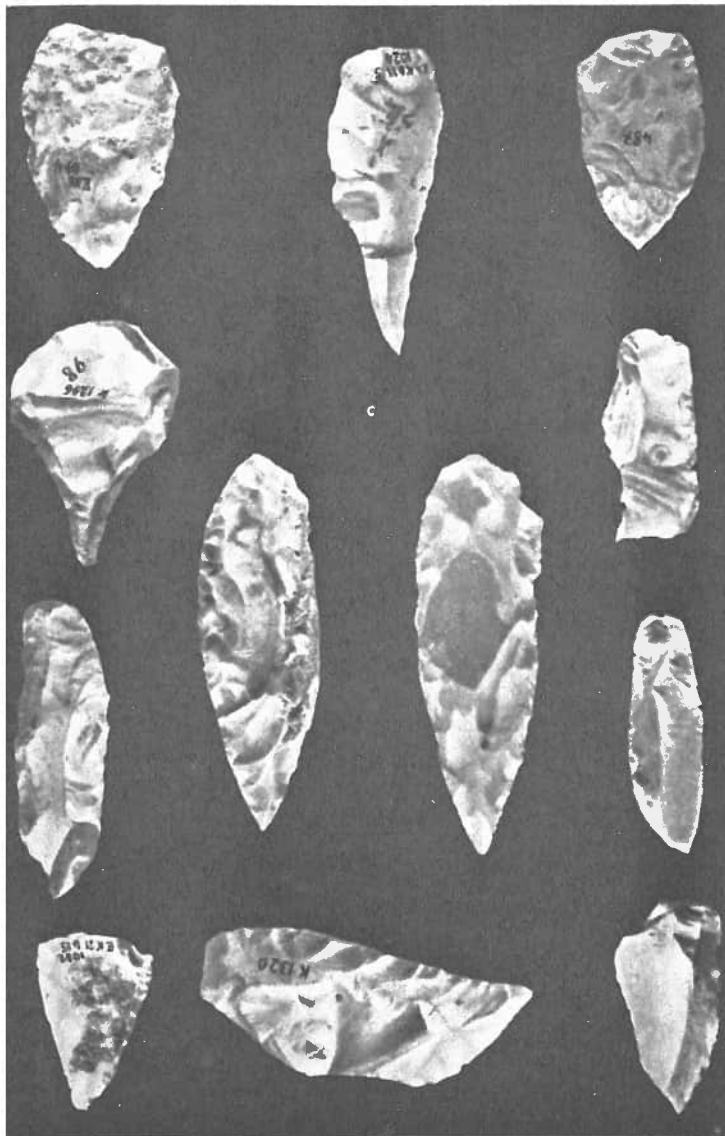
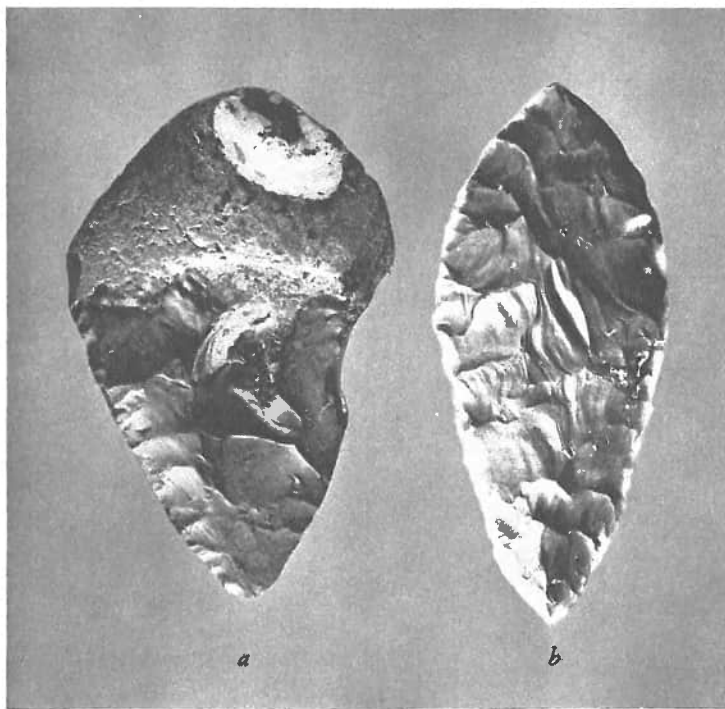


Abb.3. *Paläanthropus* (Neandertaler), Lebendrekonstruktion.

und lebenswichtige Notwendigkeit, da es ohne ihn nicht möglich ist, ein gemeinsames Handeln der Menschen im Kampf gegen die Naturkräfte, im Kampf für die Erzeugung der notwendigen materiellen Güter zustande zu bringen“. (11)

Im Unterschied zu den tierischen Vorfahren haben sich besonders jene Teile des Gehirns ausgebildet und vergrößert, die der Sprache und der Tätigkeit der Hände dienen. Die noch äußerst gering entwickelten Produktivkräfte gestatteten den Menschen ein Zusammenleben nur in kleinen Gruppen; diese erste, noch kaum geordnete Gesellungsform gemeinsam arbeitender Menschen war die Horde.

Mehrere hunderttausend Jahre vergingen. Die Menschen vermochten in dieser Zeit ihre Werkzeuge und damit ihre Lebensweise nur äußerst



langsam zu verbessern. Das, was sie uns hinterlassen haben, zeigt jedoch, daß sie inzwischen gelernt hatten, den Arbeitsgeräten aus Stein, insbesondere Feuerstein, eine zweckbestimmte Form zu geben und einen besonders charakteristischen Gerätetyp, den sogenannten Faustkeil, herzustellen, mit dem man alle vorkommenden Arbeiten, wie Schlagen, Schaben, Kratzen, Bohren und so weiter, verrichten konnte. Die bei der Arbeit gemachten Erfahrungen führten später dazu, „Spezialwerkzeuge“ für den verschiedensten Gebrauch zu schaffen. Es entstanden Bohrer, Kratzer, Stichel und Schaber als besondere Werkzeugtypen.

Im Zusammenhang mit der Verbesserung ihrer Arbeit und ihrer Lebensweise veränderte sich auch das Aussehen dieser ältesten Menschen. Aus dem Pithecanthropus wurde der Paläanthropus (Altmensch), der nach dem ersten Fundort im Neandertal bei Düsseldorf auch „Neandertaler“ genannt wird. Sein Schädelbau läßt eine Vergrößerung des Gehirns erkennen. Die Neandertalmenschen waren ebenfalls in Asien, Afrika und Europa verbreitet. Rastplätze der Neandertaler sind mehrfach in Deutschland, zum Beispiel im Leinetal bei Hannover und in Ehringsdorf bei Weimar, entdeckt worden. Die Neandertaler lebten in der offenen Landschaft, wo sie ein einfacher Windschirm aus Zweigen und Blattwerk gegen die Unbilden der Witterung schützte, unter überhängenden Felsen oder im Bereich von Höhlen. Da sie ihre Nahrung, wie der Pithecanthropus, noch ausschließlich durch Jagen und Sammeln beschafften, war damit ein häufiger Wechsel der Rastplätze verbunden. Vermutlich bedienten sie sich bei der Jagd auf den gefährlichen Höhlen-

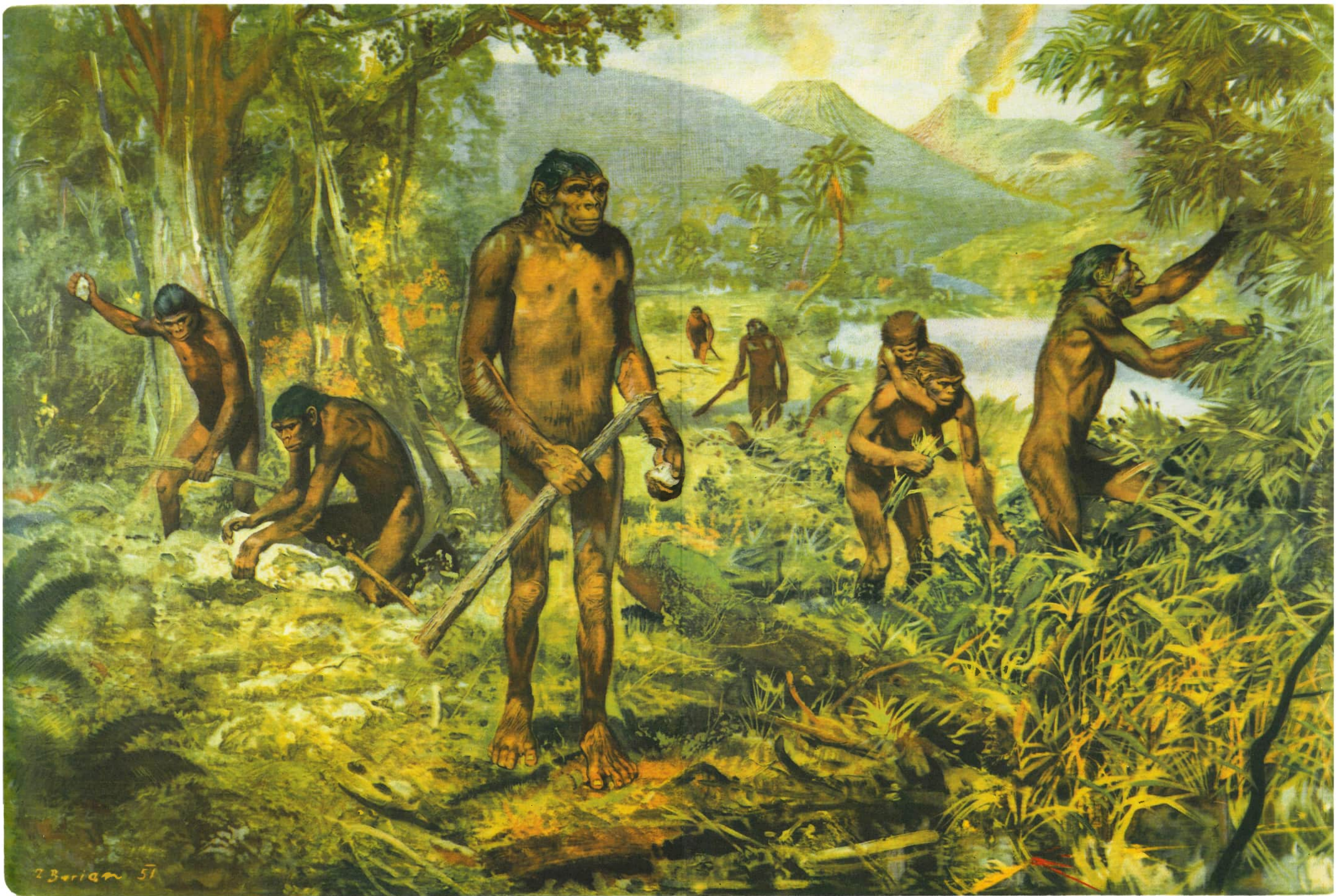
Abb. 5. Arbeitsgeräte des Neandertalmenschen aus Mitteldeutschland:

- a) Faustkeil. Naumburg an der Saale. ($\frac{2}{3}$ nat. Gr.)*
- b) Blattspitze. Ranis in Thüringen. ($\frac{3}{4}$ nat. Gr.)*
- c) Klingenförmige Geräte. Ehringsdorf bei Weimar. ($\frac{1}{2}$ nat. Gr.)*

FARBTAFEL X



DIE AFFENMENSCHEN-HORDE BEI DER NAHRUNGSSUCHE



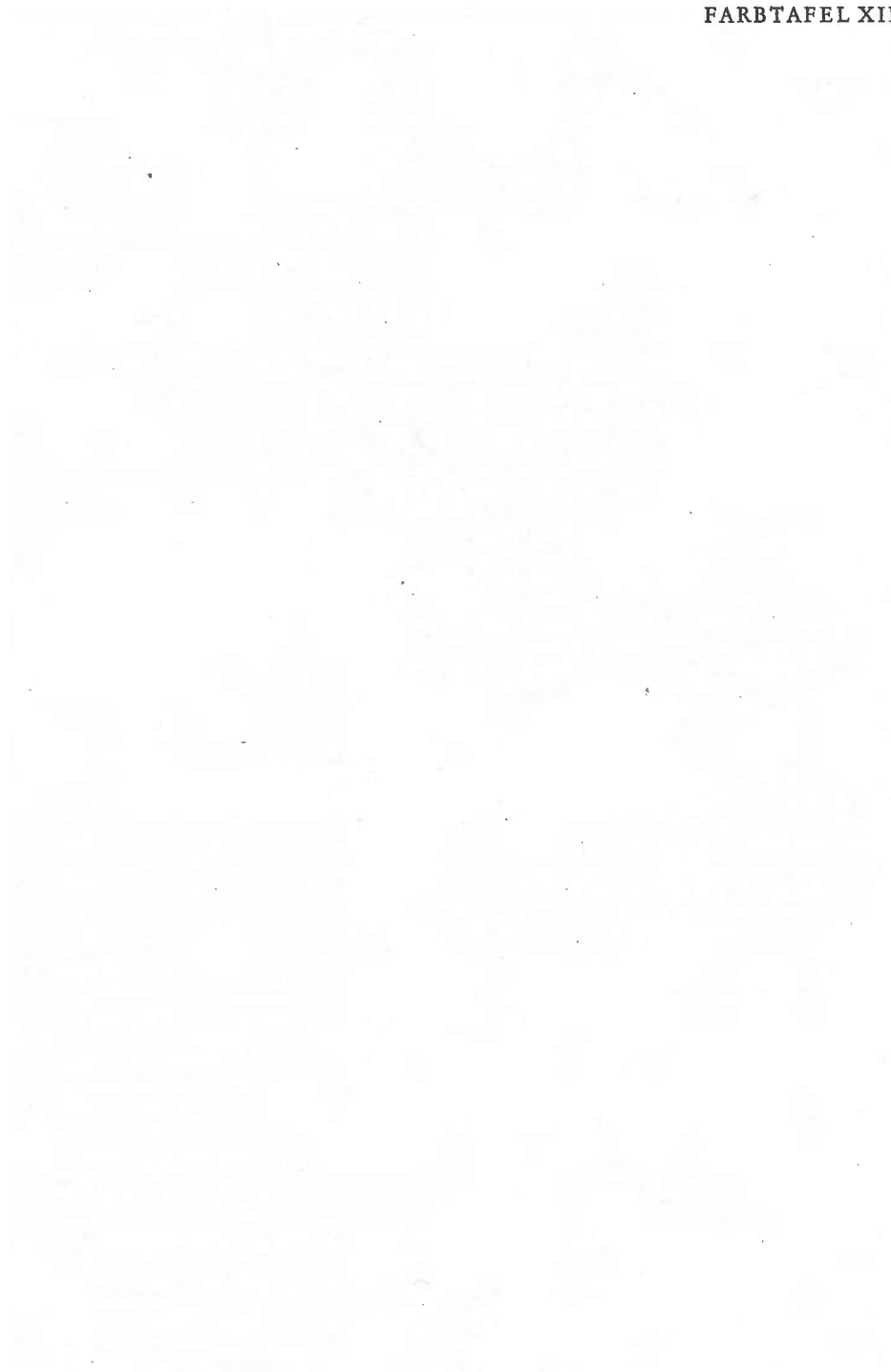
2 Berian 51



NEANDERTALER-HORDE AM RASTPLATZ VOR EINER HÖHLE



FARBTAFEL XII



JÄGER UND SAMMLER DER LETZTEN EISZEIT AM RASTPLATZ

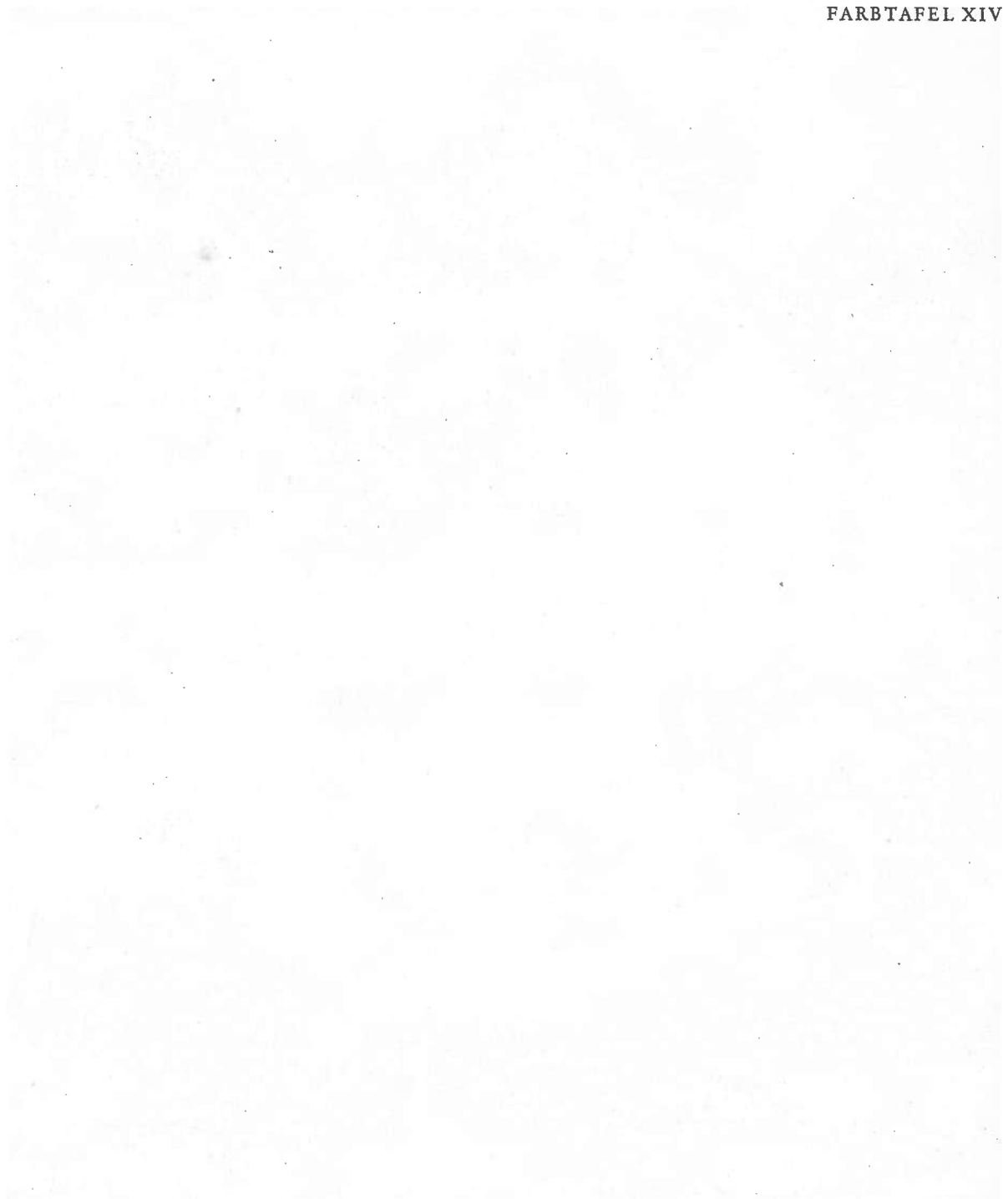


FARBTAFEL XIII

AUSSCHNITT VON WANDMALEREIEN
AUS DER HÖHLE BEI LASCAUX IM VÉZÈRETAL (FRANKREICH).

Etwa 20 000 vor unserer Zeitrechnung. Länge des abgebildeten Teils 15 Meter.





LEBENSILD AUS DER ZEIT DER ÄLTESTEN ACKERBAUERN UND VIEHZÄHMER



bären bereits des Feuers als Jagdmittel. Zu den Jagdwaffen gehörte außer den verbesserten Feuersteingeräten der hölzerne Speer. So wurden zum Beispiel vor wenigen Jahren in Lehringen bei Verden an der Aller die Skelettreste eines riesigen Altelefanten entdeckt, in dessen Rippen ein großer Eibenholzspeer von 2,40 Meter Länge steckte. Die Spitze des Speeres, mit dem dieses Tier vor etwa 150000 Jahren getötet worden war, hatte der Elefantenjäger im Feuer gehärtet; dadurch wurde eine Verhärtung des Holzes erzielt, die etwa der des afrikanischen Eisens entspricht, aus dem die Elefantenjäger des Schwarzen Erdteils heute ihre Speerspitzen herstellen. Sehr wahrscheinlich wurde das jagdbare Wild auch in Fanggruben gefangen, um es auf weniger gefährliche Art erlegen zu können. Die Ausbeute der Jagd und des Sammelns gehörte der ganzen Horde und wurde gleichmäßig unter die Mitglieder verteilt.

MENSCHEN VON GEGENWÄRTIGEM AUSSEHEN ALS SIPPENGEMEINSCHAFTEN VON SAMMLERN, JÄGERN UND FISCHERN IM AUSGEHENDEN EISZEITALTER

Aus den Horden wurden Sippen. Die Erfordernisse der gegenseitigen Hilfe bei der Nahrungsbeschaffung, im Kampf gegen die Unbilden der Natur und gegen wilde Tiere hatten die Hordengemeinschaften enger zusammengeschlossen, und die Beziehungen zu befreundeten Horden hatten zu bestimmten Ordnungen des gesellschaftlichen Lebens innerhalb der einzelnen Gemeinschaften geführt. Man nimmt an, daß die Herausbildung von Sippen als beständige Organisationsform in jener Zeit erfolgte, als sich aus den Neandertalern Menschen von gegenwärtigem Aussehen – *Neanthropus* (Neumensch) oder auch „*homo sapiens diluvialis*“ genannt – entwickelt hatten.

Dieser langwierige Prozeß der körperlichen Entwicklung des Menschen war im wesentlichen

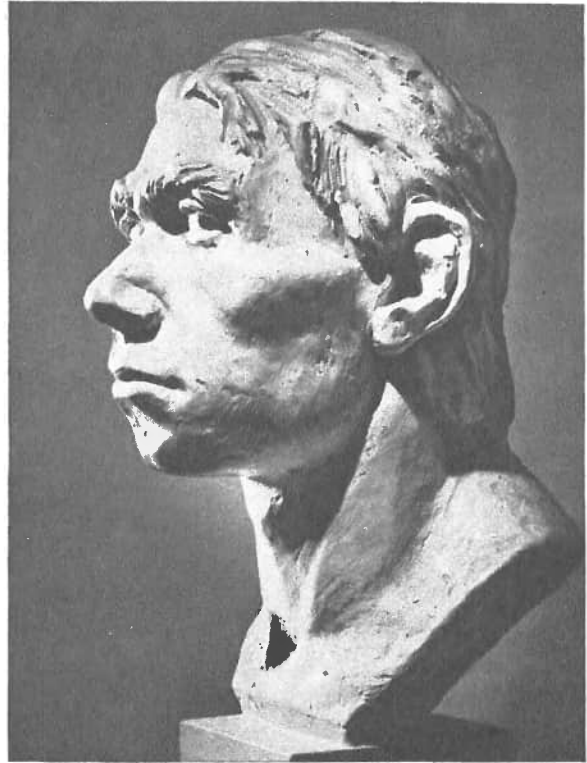


Abb. 6. *Neanthropus* (Neumensch), Lebendrekonstruktion.

im Verlaufe der ersten Phase der letzten Eiszeit abgeschlossen. Ständige Verbesserungen der Arbeitsgeräte, der Arbeit und der Lebensweise hatten die Menschen befähigt, sich den unterschiedlichen, durch mehrere Eiszeiten und warme Zwischeneiszeiten hervorgerufenen Bedingungen anzupassen.

Das alles und die Weiterentwicklung der Denkfähigkeit und der Sprache hatten zur Veränderung der Körperformen entscheidend beigetragen, so daß etwa um 70000 vor unserer Zeitrechnung das heutige Aussehen des Menschen erreicht war.

Zu dem gleichen Zeitpunkt dürften aus den Horden Sippen geworden sein, für die das Verbot kennzeichnend war, innerhalb der eigenen Sippe zu heiraten. Jeder Sippenangehörige mußte grundsätzlich außerhalb der Sippe heiraten (Exogamie).

Diese in Sippengemeinschaften lebenden Menschen, die außer Asien, Afrika und Europa jetzt auch den Norden des amerikanischen Kontinents besiedelten, besaßen viele neue Produktionsinstrumente aus Holz, Knochen und ähnlichem Material, deren Anfertigung zugleich eine weitgehende Spezialisierung der Feuersteinwerkzeuge bedeutete, mit denen diese Geräte bearbeitet wurden. Man produzierte also bereits Werkzeuge zur Werkzeugherstellung. Bei den Jagdwaffen kamen Speerschleuder und Harpune in Gebrauch, und später, als das Eiszeitalter zu Ende ging, war die Erfindung von Pfeil und Bogen eine großartige Errungenschaft für die Verbesserung der Jagdmethoden. Die schnellfüßigen Tiere, wie zum Beispiel Hirsch, Rentier, Wildpferd, konnten leichter erjagt werden als bisher. Dadurch war in zunehmendem Maße der Jagderfolg gesichert und die Ernährungsgrundlage verbreitert. Die Jagdreviere konnten in ihrer Ausdehnung beschränkt werden, und die Rastplätze blieben an ergiebigen Jagdgründen für längere Zeit bestehen. Ausgrabungen haben gezeigt, daß die Rastplätze der Jägerbevölkerung mitunter Sommer- oder Winterlager waren, also nur entsprechend der Jahreszeit gewechselt wurden. Durch er-

folgreiche Ausgrabungen in der Ukraine haben Sowjetgelehrte auf Rastplätzen der Mammutjäger aus der letzten Eiszeit die Überreste zeltartiger Hütten unterschiedlicher Größen studieren können. Die langgestreckten Hüttenbauten enthielten bis zu zehn Feuerstellen. Nach Ausweis der Funde reichen die Spuren der eiszeitlichen Besiedelung des Landes bis zum 62. Grad nördlicher Breite.

In Deutschland sind ebenfalls eine Reihe von Rastplätzen aus der gleichen Zeit entdeckt worden, so zum Beispiel in Breitenbach nahe Zeitz eine Mammutjägerstation, in Saaleck bei Naumburg eine Wildpferdjägerstation und in Meisdorf unweit Hamburg ein Rentierjägerlager.

Als eine natürliche Folge der immer komplizierter werdenden Arbeitsvorgänge innerhalb der Sippengemeinschaften der Sammler und Jäger bildete sich eine einfache, naturwüchsige Arbeitsteilung zwischen den Geschlechtern heraus. Die Männer gingen auf die Jagd, und die Frauen sammelten die Nahrung ein. Das war ein wichtiger Vorgang, der zugleich dazu führte, daß die Frau in der Gesellschaft eine besondere Stellung erlangte. Die Tätigkeit des Mannes, insbesondere die Jagd, förderte zwar in viel stärkerem Maße die Weiterentwicklung

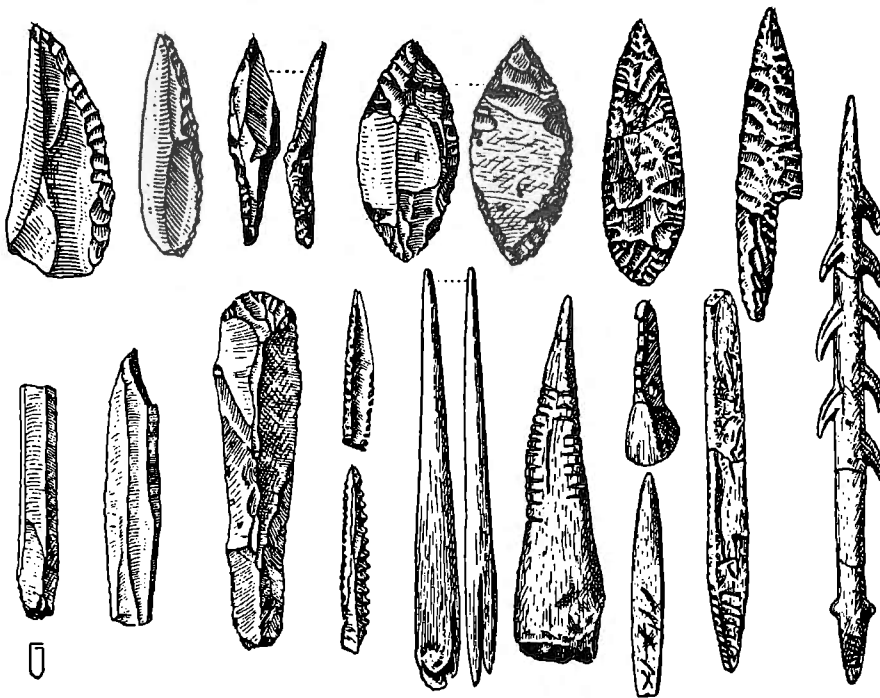


Abb. 7. Spezialwerkzeuge des Neanthropus aus Feuerstein und Knochen. (Etwa $\frac{1}{2}$ nat. Gr.)

der Arbeitsgeräte als die Tätigkeit der Frau, aber die Nahrungsproduktion war doch noch mehr oder weniger vom Jagdglück abhängig. Die Frau dagegen beschaffte durch das Sammeln von Früchten, Wurzeln und Kleingetier die gesicherte Nahrungsgrundlage; außerdem oblag ihr die Wartung der Kinder und des Feuers sowie infolge ihrer engen Bindung zum Rastplatz auch die Nahrungszubereitung. Am Feuer des Rastplatzes, das sie hütete, wurden die Jagdbeute und die Sammelnahrung verteilt und verzehrt. Entsprechend der auf diese Weise erlangten besonderen Bedeutung in der Gemeinschaft bezog man die verwandtschaftlichen Beziehungen auch auf die Frau und Mutter (Mutterfolge – Matriarchat).

Privateigentum an Produktionsmitteln gab es auch in dieser Periode noch nicht. Lediglich einzelne Produktionsinstrumente, die zugleich als Waffe zur persönlichen Verteidigung dienten, waren persönlicher Besitz oder persönliches Eigentum; mit ihnen konnte niemand einen anderen Menschen ausbeuten.

Alle Angehörigen der Sippe hatten gleiche Rechte und Pflichten. Über die geistige Vorstellungswelt dieser Menschen geben sehr viele Zeichnungen und Malereien an den Felswänden

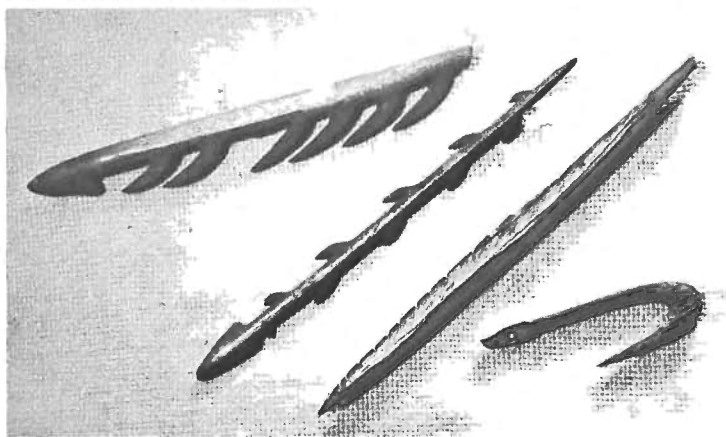


Abb. 8. Fischereigeräte: Fischspeer, Angelhaken, Harpunen. (1/3 nat. Gr.)

der Höhlen Südfrankreichs und Nordspaniens und Ritzungen auf Knochengeräten Aufschluß. Diese Darstellungen, in der Mehrzahl Tierbilder und Jagdszenen, zeugen von magischen, zauberischen Vorstellungen; sie spiegeln den engen Erkenntniskreis der Menschen wider, die glaubten, ihr Jagdglück verbessern und ihre Ernährungsgrundlage sichern zu können, wenn sie Tiere an die Felswände malten und sie dann mit Speeren durchbohrten oder mit Pfeilen beschossen.

Eine neue, bisher unbekannte Höhle ist vor einigen Jahren bei Lascaux im Vézèretal in Frankreich entdeckt worden; sie ist besonders

Abb. 9. Wohnplatz der Jäger- und Fischersippen von Tannstock (Süd-deutschland).



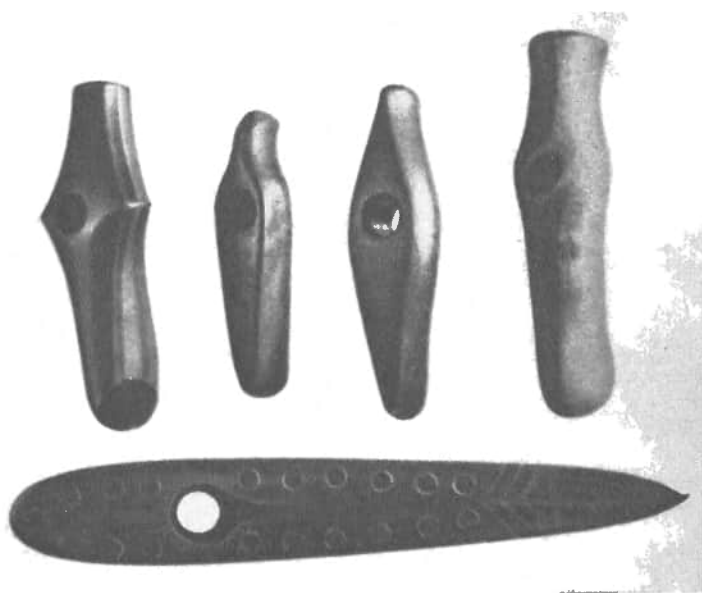


Abb. 10. Mehrseitig geschliffene Äxte aus Felsgestein.
(Etwa $\frac{1}{4}$ nat. Gr.)

reich an Wandmalereien und zugleich mit den schönsten mehrfarbigen Bildern ausgestattet. Zahlreiche, über ganz Europa verbreitete kleine Frauenfigürchen, in weichen Stein oder in Knochen geschnitzt, geben Kunde von der Stellung der Frau in der Gesellschaft.

Überall in Asien, Afrika und Europa haben die Menschen im Laufe der letzten Eiszeit eine gleichhohe Jäger- und Sammlerkultur entwickelt. Die Toten wurden zum Teil bereits bei den Neandertalern in Gräbern (einfachen Erdgruben) bestattet. Dieser Brauch wird bei den Menschen der letzten Eiszeit allgemein üblich. Als die großen Gletschermassen der letzten Eiszeit in Europa, etwa seit 8000 vor unserer Zeitrechnung, endgültig abgeschmolzen waren, hatte der Fischfang neben der Jagd und dem Sammeln bei der Nahrungsgewinnung einen besonderen Platz eingenommen. An fischreichen Gewässern bildete sich allmählich eine saisonbedingte Sesshaftigkeit heraus, deren Anfänge in Europa bereits während der letzten Eiszeit festgestellt werden konnten. Die Rastplätze wurden zuweilen zu kleinen Ansiedlungen für längere Zeit. Damals gesellte sich der Hund als Jagdhelfer zum Menschen.

DER WANDEL IN DER LEBENSWEISE DER MENSCHEN BEIM ÜBERGANG ZU ACKERBAU UND VIEHWIRTSCHAFT

Ein grundlegender Wandel vollzog sich in der Lebensweise der Menschen, als sie dazu übergingen, Pflanzen anzubauen, Tiere zu zähmen und zu halten. In Vorderasien ist nach Ausweis der Bodenfunde diese neue Wirtschaftsweise bereits im 6. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung entwickelt worden. Wildwachsende Gräser wurden in Kultur genommen, gesät und geerntet. Verschiedene Weizenarten und Gerste wurden als erste Kulturgetreide angebaut. Etwa zur gleichen Zeit sind als erste und wichtigste Haustiere Rind, Schaf, Schwein und Ziege vom Menschen gezähmt, gehalten und später auch gezüchtet worden. Durch den Pflanzenanbau und die Tierhaltung war jetzt die Ernährungsgrundlage in ganz anderer Weise gesichert als bei den Jäger- und Sammlersippen.

Die Menschen wurden weitgehend sesshaft, und in der Folgezeit erzielten sie auch eine Reihe grundlegender Fortschritte auf verschiedenen Gebieten.

Die neue Wirtschaftsweise brachte aber auch mancherlei neue Bedürfnisse hervor, die durch eine weitere Entfaltung der Produktivkräfte, vor allem durch Verbesserung der Produktionsinstrumente, befriedigt werden mußten. So erforderte zum Beispiel die zunehmende Sesshaftigkeit den Ausbau der Siedlungen und feste Häuser; dazu aber waren spezialisierte Arbeitsgeräte, wie geschäftete Beile, Äxte, Meißel und ähnliches, nötig. Die Steinbearbeitungstechnik wurde durch Steinschliff und Durchbohrung vervollkommen. Neben dem Feuerstein benutzten die Menschen jetzt für die Herstellung von Werkzeugen Felsgestein. Für den Ackerbau, der anfangs etwa der Art eines Gartenbaus glich, wurden verschiedene Geräte, wie Grabstock, Furchenstock und Hacke, entwickelt, mit denen der Boden gelockert werden konnte und mit denen auch einfaches Furchenziehen möglich war.

Für die Aufbewahrung der Erntevorräte benötigte man haltbare Gefäße. Die bisher aus Flechtwerk und anderem vergänglichem Material angefertigten Behältnisse genügten den Anforderungen nicht mehr. Man lernte Tongefäße herstellen; sie wurden aus Lehm mit der Hand geformt und sind mitunter reich und sehr geschmackvoll mit eingeritzten oder auch gemalten Ornamenten verziert.

Eine andere wichtige Errungenschaft dieser Zeit war das Spinnen und Weben.

Mit dem Aufkommen der neuen Wirtschaftsweise setzte eine ungleichmäßige Entwicklung in der menschlichen Gesellschaft ein. Die Produktivkräfte entwickelten sich aus zum Teil verschiedenen Gründen nicht überall gleichmäßig. Umweltbedingungen und damit verbundene unterschiedliche Bedürfnisse spielten dabei eine fördernde oder hemmende Rolle. So erreichte der Orient gegenüber Europa einen großen Vorsprung in der Entwicklung und wurde zu einem Zentrum der Kulturentwicklung, das in alle Richtungen ausstrahlte.

Nach Europa und in unsere Heimat gelangte die Kenntnis des Ackerbaus und der Viehhaltung erst etwa um 3000 vor unserer Zeitrechnung; bis dahin führten die europäischen Menschen noch allgemein ein Jäger- und Sammlerdasein. Zuerst fand die neue Wirtschaftsweise in den



Abb. 11. Arbeitsgeräte mit Originalholzschaftungen.

südlich gelegenen Landschaften Europas Eingang und drang dann im Laufe der Jahrhunderte allmählich weiter nach Norden vor. Auf den



Abb. 12.
Werkzeuge und Waffen
aus Feuerstein.

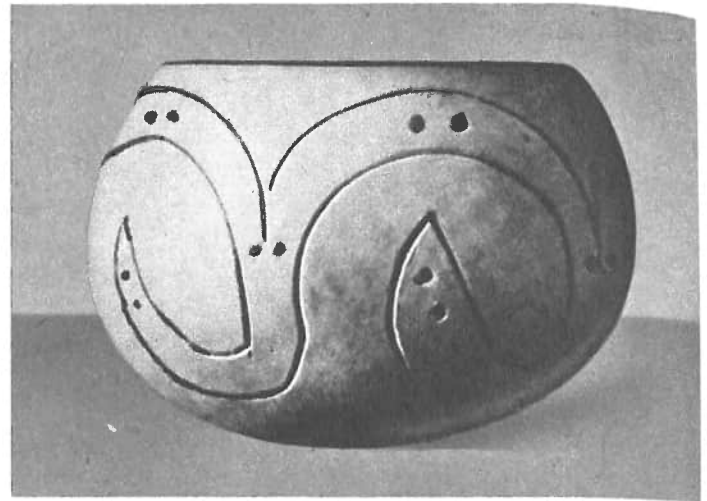


Abb. 13. Kumpfgefäße der Bandkeramik aus Mittel- und Südwestdeutschland. (1/2 nat. Gr.)

fruchtbaren Lößböden herrschte der Ackerbau vor, während die Viehhaltung eine weniger große Bedeutung erlangte. In den nördlichen Gegenden und in Nordeuropa verharrten die Menschen noch länger bei der Sammel-, Jagd- und Fischwirtschaft und wandten sich erst in der Mitte des 3. Jahrtausends der sesshaften Lebensweise der Ackerbauern und Viehzüchter zu. Infolge der günstigen landschaftlichen Bedingungen erlangte bei ihnen dann die Viehwirtschaft größere Bedeutung, und der Ackerbau diente wahrscheinlich im wesentlichen nur zur Ergänzung der Nahrungsproduktion. Die Wohn- und Lebensweise der Menschen dieser Zeit ist uns durch zahlreiche Ausgrabun-

gen ziemlich gut bekannt; sie lebten in mehr oder weniger großen Ansiedlungen dorfähnlichen Charakters, die verschiedentlich durch einen Graben oder einen Palisadenzaun geschützt waren.

Neben Haufensiedlungen treten bereits geordnete Siedlungsanlagen auf, deren Häuser nach einem bestimmten System angelegt sind. Eine der größten Siedlungen aus dieser Zeit ist in Deutschland in Köln-Lindenthal aufgedeckt worden.

In der Ukraine sind im Laufe der letzten Jahrzehnte umfangreiche Rundsiedlungen von den Sowjetgelehrten ausgegraben worden, bei denen sich zahlreiche gutgebaute feste Häuser ring-



*Abb. 14.
Reichverzierte Schnurkeramik aus Mitteldeutschland.
(1/3 nat. Gr.)*

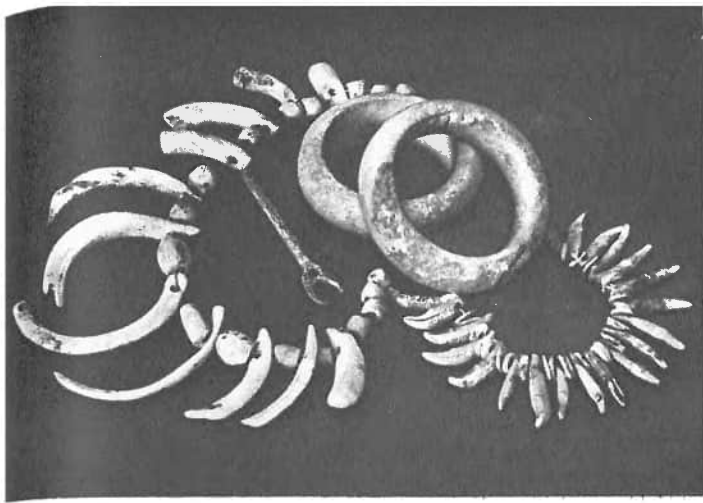


Abb. 15. Schmuck aus Mittelddeutschland: Ketten aus Tierzähnen, Muschelplättchen und Knochenperlen, Knochenadel und Marmorarmringe um 2000 v. u. Z.

förmig um einen freien Platz gruppieren. Jede Großfamilie (Eltern, Kinder, Enkel und nächste Verwandte) bewohnte ein Haus. Die noch sehr unentwickelten Methoden des Ackerbaus und die primitiven Ackerbaugeräte führten zu einer raschen Erschöpfung der Fruchtbarkeit des Bodens. Deshalb waren die Siedler gezwungen, ihre Siedlungen nach wenigen Jahren zu verlassen und an einem anderen Platz von neuem zu beginnen; oftmals kehrten sie nach einigen Ernten, wenn sich der Boden erholt hatte, in die alte Siedlung zurück. Düngung des Ackers kannten sie noch nicht.

Befreundete oder verwandte Sippen schlossen sich zu einem Stamm zusammen. Die Sippen sprachen entwickelten sich zu Stamessprachen. Die Ältesten der Sippen eines Stammes bildeten einen Stammesrat; dieser regelte alle den Stamm betreffenden Angelegenheiten. Besonders wichtige Entscheidungen, wie zum Beispiel solche über Krieg und Frieden, wurden unter Mitwirkung aller Stammesangehörigen getroffen. Innerhalb des Stammes aber blieb jede Sippe selbständige Wirtschaftsgemeinschaft, die vor allem durch die Bande der Blutsverwandtschaft und die Verpflichtung zu gegenseitiger Hilfe und

Unterstützung zusammengehalten wurde. Jede Sippe besaß ihren eigenen Begräbnisplatz. Noch immer beruhte das Gemeinschaftsleben auf dem gemeinsamen Eigentum. Einen Gegensatz von reich und arm gab es innerhalb der einzelnen Gemeinschaften nicht. Es wurde gemeinsam produziert, und die Erzeugnisse wurden gemeinsam verteilt.

Der Mann bekümmerte sich in erster Linie um die Viehwirtschaft und ging weiterhin der Jagd nach. Die Frau leistete die Hauptarbeit beim Ackerbau; sie stellte auch die Tongefäße her und sorgte durch Spinnen und Weben für die Kleidung; dementsprechend nahm sie in der Gesellschaft nach wie vor eine besonders geachtete Stellung ein.



Abb. 16. Siedlung der ältesten Ackerbauern in Deutschland um 2500 v. u. Z. (Illustration nach Ausgrabungen in Köln-Lindenthal).



Abb. 17. Rundsiedlung eines Ackerbaustammes um 2500 v. u. Z.
Rekonstruktion nach den Ausgrabungen in Kolomytschyna. (Ukraine, UdSSR.)

KUPFER, BRONZE UND WEITERE FORTSCHRITTE DER MENSCHLICHEN GESELLSCHAFT

Im 4. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung wurde, wiederum zuerst im Vorderen Orient, ein neuer Fortschritt erzielt. Man entdeckte das Metall und lernte es aus Erzen zu schmelzen. Natürlich konnten die Menschen damals nicht ahnen, welche unabsehbaren Folgen diese Errungenschaft für die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung haben sollte. Von



Anfang an hatte das Metall einen hohen Wert, weil die Erz- und Metallvorkommen auf einige wenige Landschaften beschränkt waren. Während Gold und vereinzelt auch Silber nur in geringem Umfang verarbeitet wurden, gelangte das Kupfer sehr bald zu großer Bedeutung. Zunächst wurde auch das Kupfer nur zu Schmuck und dann zur Herstellung von Waffen verarbeitet. Werkzeuge und Geräte des täglichen Bedarfs fertigte man noch längere Zeit vorwiegend aus Stein, Knochen oder Holz an. Erst später, als man verstand, Kupfer und Zinn zu Bronze zu legieren, wurden auch Produktionsinstrumente aus Metall hergestellt.

Durch moderne Untersuchungsmethoden mit Hilfe der quantitativen Spektralanalyse ist es gelungen zu rekonstruieren, wie die ältesten Metallwerker die Kupfermetallurgie beherrschen lernten. Während zunächst nur gediegenes, in der Natur vorkommendes Kupfer verwendet wurde, zwang der steigende Bedarf an dem neuen Material bald auch zur Verarbeitung von Kupfererzen. Das war ein schwieriger Prozeß, denn das Metall mußte vor seiner Verarbeitung erst aus dem Erz erschmolzen werden. Viele Erfahrungen mußten gesammelt werden, bis das

Abb. 18. „Hünenbett“, sog. Visbecker Braut, Althorner Heide in Oldenburg.

Schmelzen gelang; denn nur aus oxydischen Erzen ließ sich durch einfaches Schmelzen mit Holzkohle Kupfermetall gewinnen. Die sulfidischen Erze hingegen mußten vor dem eigentlichen Schmelzen erst einem langwierigen Oxydationsprozeß durch Rösten an der Luft ausgesetzt werden.

Ein ebenso kompliziertes Verfahren war die Verbesserung der Kupferqualität, die schließlich durch Beimischung von Zinn möglich wurde; dadurch bekam das Metall eine größere Härte und wurde widerstandsfähiger. Aber Jahrhunderte dauerte es, bis die Bronze erfunden war. In den Zentren der Kulturentwicklung kam sie zu Beginn des 3. Jahrtausends vor unserer Zeitrechnung in Gebrauch.

So führte die Verwendung des gediegenen Kupfers über die Metallgewinnung aus Erzen und die zufällige Erzeugung von natürlichem zinnhaltigem Kupfer zur absichtlichen Mischung von Kupfer und Zinn und damit zur Bronze.

Etwa um das Jahr 2000 vor unserer Zeitrechnung lernten die Stämme in Europa die Kupfer- und Bronzemetallurgie kennen. Auch die deutschen Kupfererzlagerstätten wurden schon zu diesem Zeitpunkt ausgebeutet. In Mitteldeutschland bildete sich ein besonderes Erzzenrum heraus.



Abb. 19. Hockerbestattung in einer Erdgrube.



Abb. 20.
Großsteingrab von
Hekese bei Bersenbrück.



Abb. 21. Aus dem Leben der Pflugbauern und Metallwerker im 2. Jahrtausend v. u. Z.

Dort, wo die Erzlagerstätten am Rande der Mittelgebirge zutage traten, konnte das Erz in sogenannten Pingen im Tagebau geschürft werden. Im Alpengebiet, vor allem bei Mitterberg (Oberösterreich), war um die Mitte des 2. Jahrtausends vor unserer Zeitrechnung der Kupferbergbau bereits zum Untertagebau fortgeschritten; dort gingen die Menschen tief in den Berg hinein und sprengten die Erze durch Feuersetzen aus dem Gebirge.

Die Kupfer- und Bronzeherstellung war ein bedeutender Fortschritt in der Entwicklung der Produktivkräfte. Dazu kam die Erfindung des Pfluges als wichtiges Arbeitsgerät zur Verbesserung des Ackerbaus, durch das die Ernteerträge gesteigert wurden.

In der Viehwirtschaft erlangte die Zucht immer größere Bedeutung, und in jenen Gebieten, die

besonders günstige Bedingungen für die Viehzucht boten, bildeten sich verschiedentlich Viehzüchterstämme heraus, die sich von den Ackerbauern absonderten. Das war die erste große gesellschaftliche Teilung der Arbeit, deren Bedeutung vor allem darin bestand, daß infolge der verschiedenen Produktionszweige der Austausch der Produkte über die Stammesgebiete hinaus notwendig wurde. Zu diesem Zweck erzeugte man ein über den eigenen Bedarf hinausgehendes Mehrprodukt.

Friedrich Engels hat erkannt, daß aus der ersten gesellschaftlichen Teilung der Arbeit die erste große Aufspaltung der Gesellschaft in zwei Klassen hervorging. Gefördert wurde diese Entwicklung unter anderem durch die äußerst komplizierten Arbeitsverrichtungen, die mit der Metallurgie verbunden waren und zur Herausbildung von Spezialisten führten. Diese Spezialisten mußten jedoch von der Mitbeteiligung an der Nahrungsproduktion freigestellt werden. Es kam zur Absonderung des Handwerks vom Ackerbau, zur zweiten gesellschaftlichen Teilung der Arbeit. Zum Beispiel begannen Erzschnelzer, Schmiede, Gießer oder auch Töpfer für einen bestimmten Abnehmerkreis oder für den Markt zu produzieren; dadurch wurden die Handwerker Warenproduzenten.

Der Unterschied zwischen reich und arm trat immer schärfer hervor. Es begann die Ausbeutung des Menschen durch den Menschen. Der Sklave wurde ein Wesensbestandteil der menschlichen Gesellschaft, um so mehr, als sich jetzt in die Warenaustauschbeziehungen Menschen einschalteten, die mit der Produktion selbst nichts mehr zu tun hatten, das heißt als Händler, als Kaufleute auftraten.

Vieh und später die Metalle wurden Wertmaßstab für den Handel. Es entstand das Geld, zunächst in ungeprägter Form. Die Herausbildung der Kaufleute führte zur dritten gesellschaftlichen Arbeitsteilung.

Während die Urgesellschaft seit der ersten großen gesellschaftlichen Arbeitsteilung zu verfallen

begann, war zum Zeitpunkt der Entstehung der Kaufmannsklasse der Übergang zur Klassengesellschaft bereits vollzogen.

Etwa um 3000 vor unserer Zeitrechnung entstand im Süden des Zweistromlandes Mesopotamien, in der Landschaft Sumer, der erste Sklavenhalterstaat.

In Europa ist die Entwicklung wesentlich langsamer vorangeschritten; das gilt besonders für die Landschaften im Inneren Europas und auch für das Territorium des heutigen Deutschlands. In den ersten Jahrhunderten des 3. Jahrtausends vor unserer Zeitrechnung waren die Jäger-, Sammler- und Fischersippen Europas erst zum festsiedelnden Ackerbau und zur Viehhaltungswirtschaft übergegangen. Durch Bevorzugung der Viehhaltung in den nördlichen Gebieten gegenüber den vorwiegend Ackerbau treibenden Stämmen weiter im Süden kam es auch hier in gewissem Grade zu einer ersten gesellschaftlichen Arbeitsteilung. Allerdings haben sich, von einigen Landschaften Osteuropas abgesehen, keine spezialisierten Hirtenstämme abgesondert. Aber doch gingen gerade bei den Stämmen, die hauptsächlich Viehhaltung betrieben, bemerkenswerte Veränderungen im gesellschaftlichen Leben vor sich, die eine im Grunde gleiche Entwicklung anbahnten, wie sie sich im Vorderen Orient vollzogen hatte.

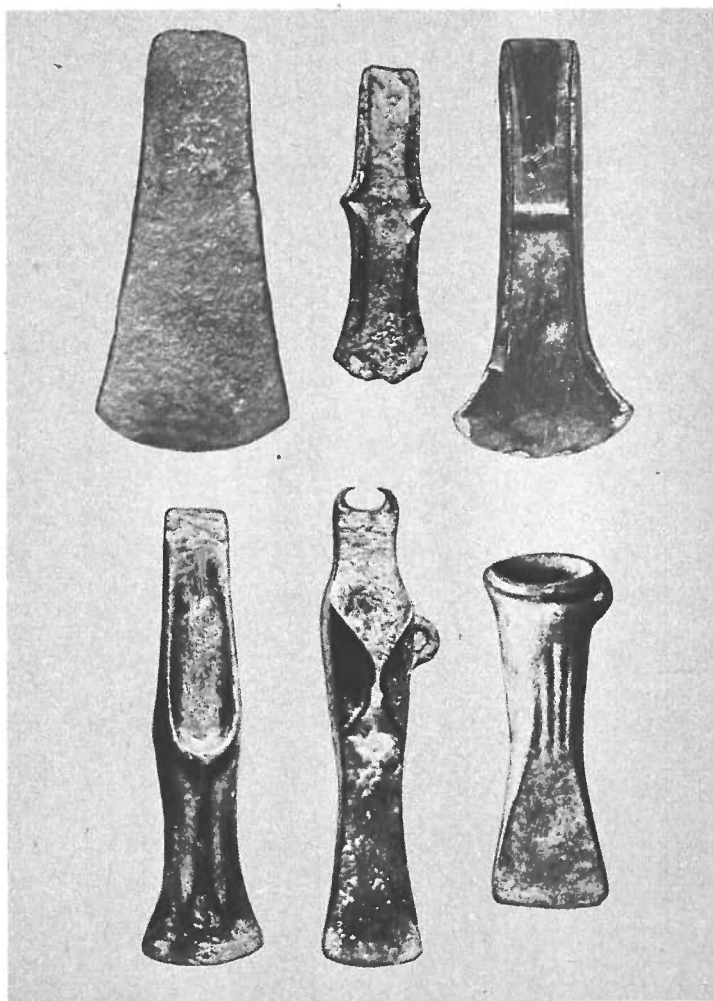
Unter den jetzt veränderten Bedingungen gegenüber der Sammel- und Jägerwirtschaft verlor die Frau ihre besondere gesellschaftliche Stellung. Als Hüterin des Feuers, als Betreuerin der Kinder, als Bestellerin des Ackers, als Töpferin, Spinnerin und Weberin beschränkte sich der Bereich ihrer Produktion nach wie vor auf das Haus und seine nähere Umgebung. Dem Manne oblag mit der Viehwartung dagegen eine Produktionstätigkeit, die zugleich als erste Produktion für den Austausch von besonderer Bedeutung wurde.

Beim Vieh wurde ein erstes gesellschaftliches Mehrprodukt über den eigenen Bedarf hinaus erzielt, und der Produktaustausch, der



Abb. 22. Grabhügel von Stammeshäuptlingen von Torsballig, Kreis Schleswig. 2. Jahrtausend v. u. Z.

Abb. 23. Bronzebeile. (Etwa 1/3 nat. Gr.)



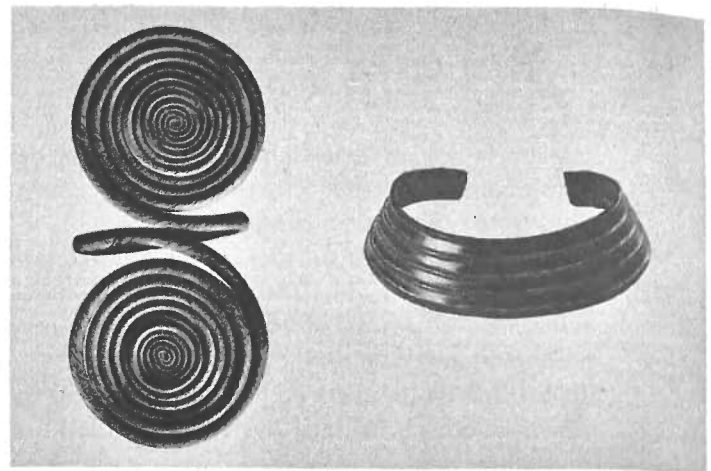


Abb. 24. Bronzene Schmucksachen. Von links nach rechts: Fibel (Gewandhafte), Armberge, Halskragen. (Etwa $\frac{2}{3}$ nat. Gr.)

Erwerb, war Sache des Mannes; damit begründete er seine maßgebliche Stellung in der Gesellschaft.

In der handwerklichen Tätigkeit setzte sich die Entwicklung fort. Auch die Metallproduktion lag in den Händen der Männer. Die Frau wurde in den wichtigsten neuen Zweigen der Produktion nicht mehr wie früher in gleicher Weise beteiligt, und in der Folge wich das Prinzip der Mutterfolge, im Zusammenhang mit der Verdrängung der Frau aus ihrer bevorzugten Stellung in der Sippe, immer mehr dem Prinzip der Vaterfolge (Patriarchat).

Im Inneren Europas und in unserer Heimat kam es nicht wie im Orient zu dieser Zeit

zu einer Absonderung des Handwerks von der Nahrungsproduktion. Die Produktivität der handwerklichen Arbeit verharrte auf der Stufe der häuslichen Produktion, und die Freistellung von der Arbeit für die Nahrungserzeugung und -beschaffung erfolgte nur teilweise beziehungsweise zeitweise. Die im Produktaustausch ruhenden Keime der Warenproduktion blieben unentwickelt und beschränkten sich im wesentlichen auf die metallurgischen Produkte.

Der Tauschhandel blieb allgemein ein gemeinsamer Handel von Sippe zu Sippe. Eine berufsmäßige Handwerkerschicht im Sinne der zweiten gesellschaftlichen Arbeitsteilung bildete sich noch nicht heraus, und demzufolge gab es in dieser Zeit im mittleren Europa auch noch keine Händlerschicht, das heißt keine Klasse von Kaufleuten, die ausschließlich vom Gewinn aus dem Handel mit den Produkten existierte.

Es vergingen seitdem noch mehrere Jahrtausende, bis auch auf dem Gebiet des heutigen Deutschlands diese wichtigen Arbeitsteilungen die Gesellschaft in Klassen aufspalteten. Das geschah im frühen Mittelalter.

Die Verfallsperiode der Urgesellschaft, die in Vorderasien nur wenige Jahrhunderte währte, dauerte bei uns über 2000 Jahre, weil die Entwicklung der Produktivkräfte, vor allem auf Grund der besonderen Umweltbedingungen in den unwegsamen Gebieten Mitteleuropas,



Abb. 25. Goldene Würdezeichen aus dem HAUPTGRAB von Helmsdorf bei Eisleben. (Etwa $\frac{2}{3}$ nat. Gr.)

abgelegen von den großen Kulturzentren der damaligen Welt, hier weniger durch die Bedürfnisse der Gesellschaft gefördert wurde als dort.

Die alte Sippen- und Stammesordnung der Urgesellschaft auf der Grundlage des gemeinsamen Eigentums wurde nicht in ihren Grundfesten erschüttert. Doch sind auch hier gewisse Veränderungen zu beobachten. Vor allem in den Erzgewinnungszentren läßt sich in den archäologischen Überlieferungen der materiellen Kultur und auch in den Grabsitten beziehungsweise in den Grabausstattungen erkennen, daß soziale Differenzierungen allmählich Platz greifen. Reichere Sippen beginnen sich von der Masse der übrigen abzuheben; auf ihren Friedhöfen finden sich oftmals kostbare Totenbeigaben, zum Teil aus Bronze, zum Teil sogar aus Gold. Die

Abb. 27. Buckelkeramik aus Mitteldeutschland. Ende des 2. Jahrtausends v. u. Z. (1/4 nat. Gr.)

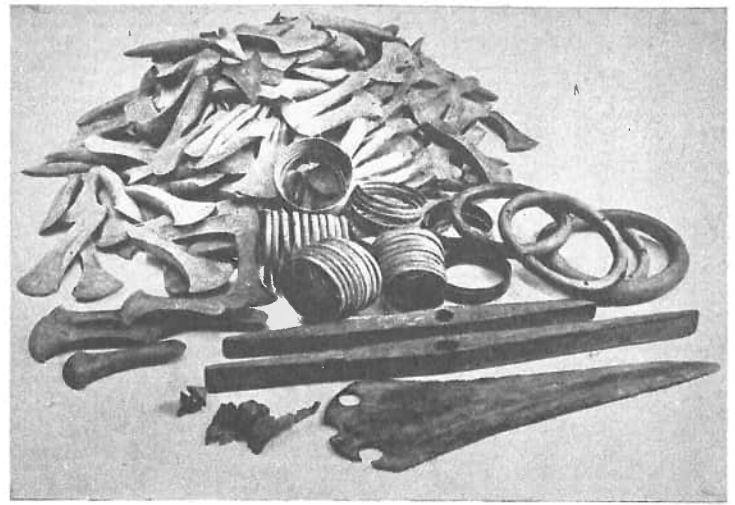
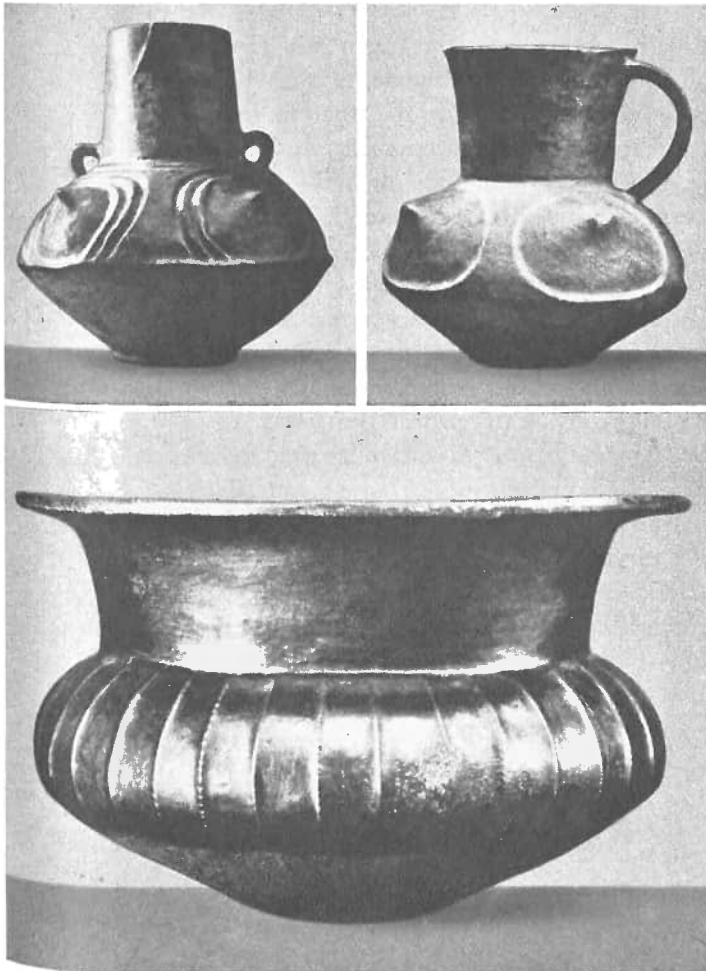


Abb. 26. Metallschatzfund von Dieskau bei Halle. 1800 v. u. Z.

Stammesführer wurden in fürstlichen Begräbnissen bestattet, deren Reichtum Staunen erregt; jedoch stehen den Zeichen des Wohlstandes Hinweise auf dürftigste Lebensweise

Abb. 28. Getriebenes Goldgefäß. (2/3 nat. Gr.)

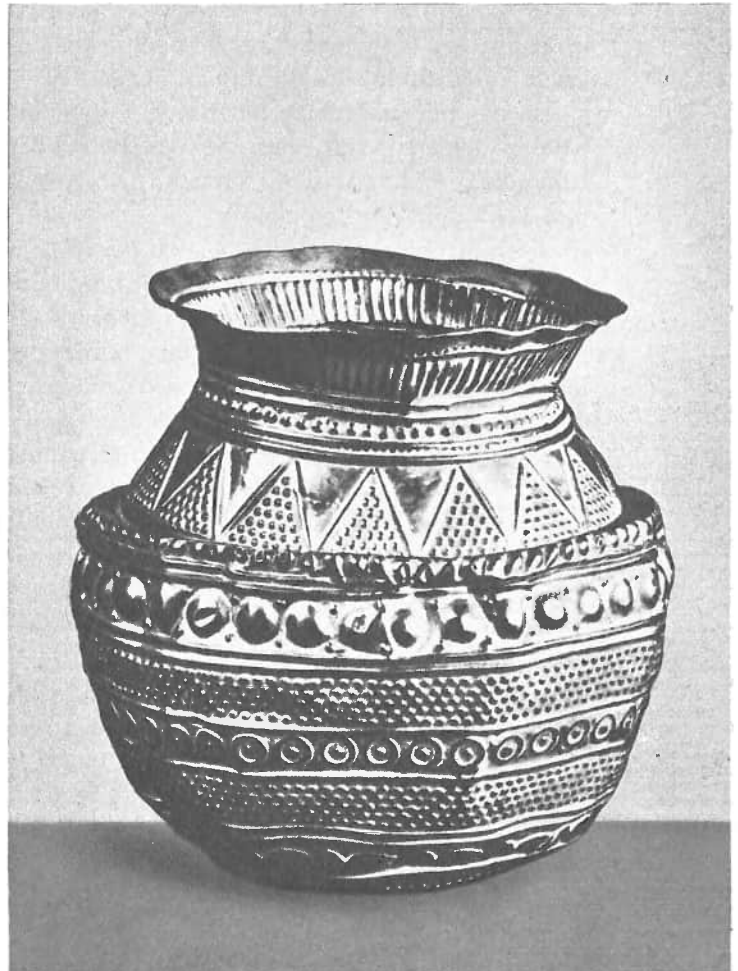




Abb. 29.
Eisenverhüttung
um 500 v. u. Z.

in ärmlichen Höhlensiedlungen und beigablosen, schlichten Grabgruben gegenüber – einerseits reiche Metallschatzfunde von deutlichem Geldcharakter (zum Beispiel Beil- oder Ringgeld), andererseits uralte Arbeitsgeräte aus Stein oder Knochen.

In der Führung des Stammes erhielt neben dem Stammesrat allmählich der Heerführer Bedeutung. Zunächst nur für den Kriegsfall als Kriegsführer gewählt und ohne besondere Rechte in sonstigen Stammesangelegenheiten, gewann der Träger des Kriegsführeramtes nach und nach einen größeren Einfluß, zumal er vielfach aus der reichsten und deswegen mächtigsten und angesehensten Sippe gewählt wurde. Außerdem traten in dieser Zeit Kriegsfälle häufiger als vorher und vor allem mit anderen Zielsetzungen auf; davon zeugen die zahlreichen Waffenfunde. Karl Marx und Friedrich Engels hatten schon erkannt, daß der Krieg, früher hauptsächlich aus Gründen der

Rache geführt, jetzt die Form des Raubkrieges annahm. Der Zusammenhang dieser so typischen Erscheinung für die spätere in Klassen aufgespaltene Gesellschaft mit den damals aufkommenden unterschiedlichen Produktionszweigen und dem auftretenden Reichtum in den einzelnen Stammesgebieten liegt sehr nahe. Fremder Besitz reizte zum Überfall, um das Begehrte in eigenen Besitz zu bringen; dazu gehörten auch Menschen, die als Sklaven Dienstleistungen vollbringen mußten. Das alles – die Keime der Warenproduktion im Austausch der Produkte über die Stammesgrenzen hinaus, das Aufkommen unterschiedlicher Besitzverhältnisse und damit auch unterschiedlichen Eigentums an den Produktionsmitteln, arm und reich, die häufiger werdenden Raubkriege, der steigende Einfluß des Kriegsführers neben dem Stammesrat – leitete auch bei den Stämmen im Inneren Europas die Verfallsperiode der Urgesellschaft ein.

DIE REVOLUTIONIERENDE ERFINDUNG
DES EISENS UND DER ENDGÜLTIGE
VERFALL DER URGESELLSCHAFT
BEI DEN STÄMMEN IN EUROPA

Einen weiteren entscheidenden Fortschritt auf dem Wege zur Beherrschung der Natur und der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft bedeutete die Errungenschaft der wirtschaftlichen Nutzung des Eisens. Bereits gegen Ende des 3. Jahrtausends vor unserer Zeitrechnung begann das Eisen im Vorderen Orient seinen Siegeszug. Im 2. Jahrtausend erfuhr die Eisenverhüttung in Kleinasien und im Kaukasus einen ersten Aufschwung. Um 1000 vor unserer Zeitrechnung erreichte die Eisentechnik Griechenland und dann Italien. In Mitteleuropa kam das Eisen etwa um 600 vor unserer Zeitrechnung in den allgemeinen Gebrauch. Zuerst hatte man Meteoreisen zur Herstellung kleinerer Schmucksachen verwendet. Meteoreisen war damals zuweilen kostbarer als Gold. Die wirtschaftliche Nutzung gelang erst, als man gelernt hatte, die irdischen Eisenvorkommen auszubeuten. Wahrscheinlich sind Erzsucher zufällig mit dem irdischen Eisen bekannt geworden, indem sie versehentlich das im Aussehen ähnliche Roteisenerz an Stelle des roten Kupfererzes zu schmelzen versuchten.

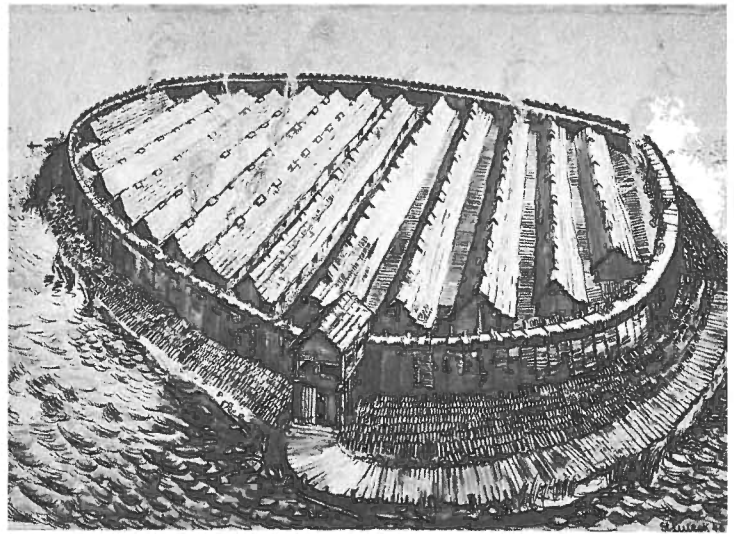


Abb. 30. Befestigte Siedlung um 500 v. u. Z. Rekonstruktion nach den Ausgrabungen von Biskupin (Polen).

Die Eisengewinnung bot den mit der Metallurgie vertrauten Bronzeworkern keine großen Schwierigkeiten. Während die Kupfer- und die Bronzemetallurgie an bestimmte Schürfstellen oder Bergwerke in wenigen Erzzentren gebunden war, konnte Brauneisenstein und Raseneisenstein, die fast überall vorhanden waren, auch überall verhüttet werden; deshalb wurde das Eisen sehr bald ein billiger und begehrter Rohstoff.

Alle wichtigen Produktionsinstrumente wurden jetzt aus Eisen hergestellt, vor allem Waffen. Viele auch heute noch wichtige Geräte und

Abb. 31. Eiserne Waffen und Geräte aus der keltischen Befestigung auf dem kleinen Gleichberg bei Römhild in Thüringen. 2. Hälfte des 1. Jahrtausends v. u. Z.



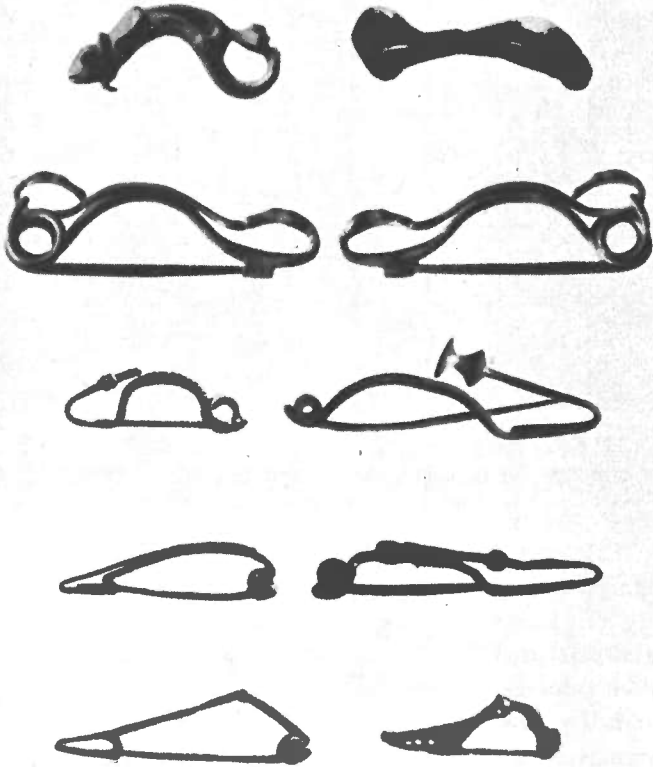


Abb. 32. Fibeln (Gewandhaften) aus Bronze. Letzte Jahrhunderte v. u. Z. (Etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ nat. Gr.)

Werkzeuge sind damals erfunden worden, oder sie haben ihre allgemeingültige Gebrauchsform erhalten; dazu gehören zum Beispiel Scheren, Zangen, Hobel, Sägen, Äxte, eiserne Pflugschare, Spaten, Sensen und vieles andere mehr.

Mit diesen verbesserten Produktionsinstrumenten konnte die Produktivität auf sehr vielen Gebieten wesentlich gesteigert werden. Zum Beispiel war mit der Erfindung der eisernen Pflugschare eine Intensivierung des Ackerbaus und eine Steigerung der Erträge verbunden. Transport- und Verkehrsmittel, wie Wagen und Schiffe, sind weitere Beispiele, bei denen er-



Abb. 33. Reichverzierte keltische Halsringe aus der 2. Hälfte des 1. Jahrtausends v. u. Z.

hebliche Vervollkommnungen nur durch die eisernen Werkzeuge beziehungsweise durch das Eisen überhaupt möglich geworden sind. In dieser Zeit waren die Mittelmeerländer bereits zur Sklavenhaltergesellschaft fortgeschritten. Die Handelsverbindungen vermittelten dem Norden viele im Inneren Europas bis dahin unbekannt gebliebene Kulturleistungen. Die handwerklichen Arbeiten verzweigten sich mit der Gewinnung und Verwendung des Eisens in zahlreiche Spezialgebiete. Besonders entwickelte sich unter anderem das Waffenhandwerk. Befestigte Siedlungen und Burgen bezeugen die zunehmenden kriegerischen



Abb. 34.
Auf der Töpferscheibe
gedrehte Keramik
aus Westdeutschland.
400 v. n. Z. bis 0
a) etwa $\frac{1}{3}$,
b) etwa $\frac{1}{3}$ nat. Gr.



Abb. 35.
Aus einem germanischen
Fürstengrab in Leuna
bei Merseburg.
4. Jahrhundert.

Auseinandersetzungen, die viele Stämme in Inner-europa in Bewegung brachten. „Der Krieg und die Organisation zum Krieg sind jetzt regelmäßige Funktionen des Volkslebens geworden.“ (12)

Die politische Organisationsform dieser fortgeschrittenen Stämme der Urgesellschaft war die „militärische Demokratie“. Neben den Sippen bildeten sich Gefolgschaften von Männern, die sich um erfolgreiche Kriegsführer scharten und Kriegszüge auf eigene Faust unternahmen. Das Handwerk löste sich jetzt auch bei diesen Stämmen auf einigen Spezial-

gebieten immer mehr vom Ackerbau. Die Reichtumsanhäufungen bei einigen Sippen und die damit verbundene Machtstellung in der Gesellschaft untergruben das Prinzip des Gemeineigentums, und die Urgesellschaftsordnung ging nun ihrem endgültigen Verfall und dem Übergang zur Klassengesellschaft auch bei den meisten europäischen Stämmen entgegen. Bei den germanischen Stämmen vollzog sich dieser Prozeß endgültig im Schmelztiegel der Völkerwanderungszeit im 5. Jahrhundert unserer Zeitrechnung und in der Folgezeit.

WIE DIE MENSCHLICHE GESELLSCHAFT SICH IN KLASSEN SPALTETE UND WIE DER STAAT ENTSTAND (DIE SKLAVENHALTERGESELLSCHAFT)

R. F. SCHMIEDT / DR. F. WEITENDORF

„Ohne Sklaverei kein griechischer Staat, keine griechische Kunst und Wissenschaft; ohne Sklaverei kein Römerreich. Ohne die Grundlage des Griechentums und des Römerreiches aber auch kein modernes Europa.“ (13.)

ZEHNTAUSENDE, ja Hunderttausende von Jahren hatte die Menschheit in einem Zustand gelebt, in dem es weder Arme noch Reiche, weder Unfreie noch Freie gab. Wir kennen in dieser Periode weder Unterdrückte noch Unterdrücker, weder Ausgebeutete noch Ausbeuter. Mit der Entstehung des Privateigentums an den Produktionsmitteln wurde ein neuer Abschnitt in der Geschichte der menschlichen Gesellschaft eingeleitet.

Es begann eine Periode in der Entwicklung der Geschichte der Menschheit, die im Vergleich zur Urgemeinschaft kurz ist; sie umfaßt nur einige tausend Jahre. Diese Periode wird dadurch charakterisiert, daß die menschliche Gesellschaft in sich feindlich gegenüberstehende Klassen aufgespalten ist. In der gesamten Klassengesellschaft werden die zum Leben notwendigen Güter von Menschen erzeugt, die sich in Abhängigkeit von einer Handvoll Menschen befinden, die wir die herrschende Klasse nennen; diese sind im Besitz aller Produktionsmittel und eignen sich die Früchte der Arbeit der großen Masse der Werktätigen an, ohne selbst aktiv am Produktionsprozeß teilzunehmen. Nach der Form der Abhängigkeit, in der sich die überwältigende Mehrheit der Bevölkerung befindet, unterscheiden wir drei Formen der Klassenherrschaft, drei Formen der Ausbeutung und Unterdrückung, drei Formen der Unfreiheit der Masse der Werktätigen. Wir unterscheiden aber auch drei voneinander grundsätzlich verschiedene Formen des Staates und drei qualitativ verschiedene Formen der Ideologien.

Es sind dies drei Hauptetappen in der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft, die in der Regel der Gesellschaftsordnung vorausgehen, die frei ist von der Ausbeutung des Menschen durch den Menschen; ihr gehört die Zukunft der ganzen Menschheit! Es ist dies die Gesellschaftsordnung, in der „das Herz so frei dem Menschen schlägt“ und der Traum aller ehrlichen und guten Menschen aller Zeiten erfüllt ist; in ihr wird das Hoffen jener Menschen verwirklicht, die ihre ganze Kraft um die Befreiung der Menschheit einsetzten, die ihr Leben dafür hingaben.

Die erste, ungefähr 4000 bis 5000 Jahre zählende Periode, die erste sozialökonomische Formation in der Klassengesellschaft, ist die Epoche der Sklavenhalterordnung; sie nimmt mit der Gründung der ersten Staaten im Vorderen Orient ihren Anfang und endet mit dem Untergang des Weströmischen Reiches; sie umfaßt somit die Zeit von ungefähr 3200 vor unserer Zeitrechnung bis zum Jahre 476 unserer Zeitrechnung.

In dieser Periode wird die Masse der zum Leben notwendigen Güter durch Sklaven erzeugt. Die Sklavenhalter bilden die herrschende Klasse. In dieser Epoche dienen Politik, Wissenschaft, Kunst, Literatur und Religion den Interessen der Sklavenhalter und werden durch diese beziehungsweise in deren Auftrag und für diese entwickelt. Am Beginn dieser Periode steht die Herausbildung des Staates, des Macht- und Unterdrückungsapparates der herrschenden Klasse zur Aufrechterhaltung ihrer Klassenherrschaft, zur Niederhaltung der überwiegenden Mehrheit



*Abb. 1. Züchtigung
eines Sklaven.*

der Bevölkerung mit allen Mitteln der Gewalt und der „friedlichen“ Beeinflussung.

In dieser Periode finden wir die härteste, brutalste und unmenschlichste Form der Unterdrückung, der Ausbeutung des Menschen durch den Menschen: die Sklaverei. Hier gehört nicht nur das Ergebnis der Arbeit, das Produkt, dem Besitzer der Produktionsmittel, sondern auch der Produzent selbst ist Eigentum seines Herrn; er ist diesem auf Gedeih und Verderb, auf Gnade und Ungnade, auf Leben und Tod ausgeliefert. Der Sklavenhalter kann mit „seinem“ Sklaven nach Belieben verfahren; er ist sein Eigentum, über das er verfügen kann, wie er will und wie er Lust hat. Der Sklave ist nur eine „Sache“, wie es im Gesetz formuliert ist, das die Sklavenhalter zum Schutz ihrer Rechte und Privilegien geschaffen haben. Der Sklave ist nicht mehr als ein Gerät; er ist, wie es ein römischer Schriftsteller treffend charakterisierte, ein Werkzeug, allerdings ein „sprechendes“, im Gegensatz zum „brüllenden“ – dem Tier – und dem „stummen“ – der Hacke, dem Pflug, dem Beil, dem Webstuhl oder anderen Produktionsinstrumenten. Diesen „seinen“ Sklaven erwirbt der Sklavenhalter durch Menschenraub, durch Kauf oder Tausch, als Kriegsbeute oder infolge Verschuldung; er kann ihn nach Belieben und Gutdün-

ken, ohne irgend jemandem Rechenschaft ablegen zu müssen, ohne irgend jemandem verantwortlich zu sein, weiterverkaufen, mißhandeln, ja sogar töten. Der Sklavenhalter kaufte sich seine Sklaven auf eigens dafür eingerichteten Sklavenmärkten, die es in allen größeren Städten gab, wohin die Ware Mensch von Sklavenhändlern gebracht wurde. Diese „machten“ entweder auf eigene Faust Sklaven – durch Menschenraub – oder waren selbständige Unternehmer, Kaufleute in dieser „Sache“. Oft waren es auch Beamte des Staates, die die Erobererheere begleiteten, um gleich an Ort und Stelle die Kriegsgefangenen zu übernehmen.

Der Preis der Sklaven richtete sich nach Angebot und Nachfrage. Je größer zum Beispiel die Anzahl der Kriegsgefangenen, die als Sklaven verkauft wurden, desto geringer der Einzelpreis dieser bedauernswerten Wesen, die zwar das Antlitz und die Gestalt eines Menschen hatten, jedoch nicht als Menschen angesehen und geachtet wurden. Der Sklave verlor Heimat, Familie und Freiheit. Von der Peitsche der Sklavenaufseher angetrieben, mußte er unter den unmenschlichsten Bedingungen so lange schwerste Arbeit leisten, bis er vor Erschöpfung zusammenbrach und ihn der Tod von seinen Leiden erlöste. Dann wurde er durch einen anderen Sklaven ersetzt, der dasselbe Los zu erdulden hatte. Der Preis des Sklaven richtete sich auch nach seinen Fähigkeiten und Verwendungsmöglichkeiten. Der geschäftstüchtige Sklavenhändler vermerkte den Preis auf einem Täfelchen oder Schildchen, das er dem Sklaven umhängte, um Kauflustige anzulocken.

Welch unermeßliches Leid, welche Ströme von Tränen, wieviel unsägliches Elend spielte sich auf diesen Sklavenmärkten ab. Die Feder sträubt sich, das furchtbare Elend der Sklaven zu beschreiben. Der Sklave ist eine „Sache“, ohne jeden Rechtsanspruch und ohne jeden Rechtsschutz; er ist ein Wesen, das der Sklavenhalter als ein Ding ansieht, das zwischen ihm und dem Tier steht; er ist gerade gut genug, um jede beliebige

Arbeit zu verrichten, von der schwersten bis zur leichtesten.

Die Sklaven gehörten entweder Einzelpersonen – einzelnen Sklavenhaltern – oder dem Macht- und Unterdrückungsinstrument der Klasse der Sklavenhalter – dem Sklavenhalterstaat.

Wenn man bedenkt, daß die herrschende Klasse alles tut, um Verbündete, Mithelfer, Handlanger, Büttel, Schergen zu gewinnen, dann wird es nicht verwundern, daß Teile dieses Zwangs- und Unterdrückungsapparates aus Sklaven bestanden. Diese wurden durch ein relativ besseres Einkommen, durch einen um ein wenig höheren Lebensstandard, durch Überlassung kleiner Rechte und durch Verleihung einer geringen Macht korrumpiert. Um dieser geringen Vorteile willen verrieten diese Menschen dann ihre Klasse, kannten keine Solidarität der Unterdrückten, zu denen sie, trotz ihrer „gehobenen“ Stellung in letzter Konsequenz doch gehörten; sie waren willfähige Werkzeuge in den Händen der herrschenden Klasse und halfen, die Masse der Werktätigen zu unterdrücken. Aber die Schuld lag nicht bei ihnen allein. Es war keine angeborene Schlechtigkeit oder Minderwertigkeit, die sie zu diesem Handeln verführte. Die wahren Schuldigen sind die herrschenden Klassen, die sich zu allen Zeiten solcher Methoden bedienten, um ihre Herrschaft zu stützen und aufrechtzuerhalten; sie fanden aus begreiflichen Gründen immer wieder willfähige Werkzeuge. Und diese Taktik schlagen die herrschenden Klassen heute noch ein, um ihre imperialistischen, volksfeindlichen Ziele zu verwirklichen. In der auf Sklaverei beruhenden Gesellschaftsordnung bekleideten Sklaven verschiedene niedere öffentliche Ämter. So übten sie die Funktionen von Gehilfen der Polizeibehörden, von Sklaven- und Gefangenenaufsehern, von Henkern, von Vorarbeitern usw. aus. Doch das war nur ein kleiner Teil, den man als eine Art „Sklavenaristokratie“ bezeichnen könnte.

Die Masse, die überwältigende Mehrheit der Sklaven aber war „sprechendes Arbeitstier“. Ge-

Abb. 2. Sklavenarbeit im Bergwerk (Darstellung auf einer griechischen Vase).



hörten die Sklaven dem Staat, dann wurden sie meist bei öffentlichen Arbeiten eingesetzt, im Vorderen Orient zum Beispiel bei der künstlichen Bewässerung, indem sie Schöpf- und Pumpwerke bedienten. Daneben gab es noch viele andere Verwendungsmöglichkeiten, so beim Straßenbau, beim Bau von öffentlichen Gebäuden, Wasserleitungen, Theatern und Regierungsgebäuden. Besonders traurig war das Los der Sklaven, die in Bergwerken oder Steinbrüchen arbeiten mußten. Unter den unmenschlichsten Bedingungen, bei größter Hitze, ohne die geringsten Arbeitsschuttmittel schürften sie Edelmetalle, Eisenerz und Schwefel, um nur einige wichtige Produktionszweige des antiken Bergbaus zu nennen.

Eine besondere Kategorie der Sklaven im Römischen Reich waren die Gladiatoren. Man zwang sie, zur Belustigung und Unterhaltung des Publikums im Zirkus gegeneinander oder mit wilden Tieren zu kämpfen; ehe man sie zur Schlachtbank führte, wurden sie in besonderen Schulen ausgebildet.

Dann gab es sogenannte Feld- oder Gutssklaven, die in der Landwirtschaft schwerste Arbeit leisten mußten. Außerdem gab es die sogenannten

Abb. 3. Gladiatorenkämpfe im alten Rom.





Abb. 4. Römische Handwerker und Sklaven bei der Arbeit. (Es werden die wichtigsten Zweige des Handwerkes im alten Rom dargestellt.)

Haussklaven; sie übten alle Berufe aus, die man sich nur denken kann; sie waren Köche, Masseure, Friseure, Schreiber, Lehrer, Musiker oder Tänzer; sie waren die geschicktesten Handwerker, wie Schuster, Schneider, Schmiede, Weber, Färber, Steinmetze, Maurer. Sie waren aber auch Baumeister und Architekten, die Bauwerke schufen, deren Überreste uns, die wir die Technik zu meistern gelernt haben, in Erstaunen und Bewunderung versetzen.

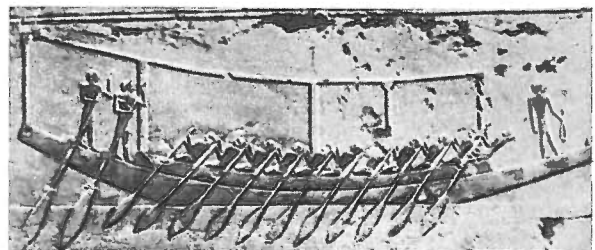
Wie unterschiedlich war das Los dieser Sklaven, wie unterschiedlich daher ihr Bewußtsein, wie verschieden ihre Einstellung zu ihrem Herrn!

Das muß man beachten, wenn man die heroischen Kämpfe verfolgt, die von den Sklaven gegen ihre Unterdrücker geführt wurden.

War es nicht fast unmöglich, alle diese Unterdrückten, diese Ärmsten der Armen, zu einigen, sie zu einem machtvollen Strom zu vereinigen, der die Ausbeuter hinweggerissen hätte? Die Sklaven sprachen nicht nur verschiedene Sprachen; sie stammten nicht nur aus allen Teilen der damals bekannten Welt; sie hatten nicht nur verschiedene Hautfarben, sie waren vor allem verschiedenen Graden und Formen der Ausbeutung unterworfen. Das ist ein sehr entscheidender Faktor für den Grad ihres Bewußtseins. Während das Leben der einen fast unerträglich war, hatten andere einen mehr oder weniger „guten“ Herrn; sie erhielten zeitweise ausreichende Nahrung, wurden mitunter, vor allem dann, wenn sie unentbehrlich waren, mehr oder weniger gut behandelt. Die meisten Sklaven mußten sich zeitlebens unter der Peitsche des Sklavenhalters ducken, und manche waren lebenslänglich an den Ruderbänken festgeschmiedet, um tagaus, tagein die Ruder im Takt zu bewegen.

Es gab nur wenige, die die Sklaven über ihre Lage aufklären, ihnen die Notwendigkeit des gemeinsamen und organisierten Kampfes hätten zeigen können. Was wäre aber eingetreten, wenn sich die Sklaven allesamt befreit hätten? Ihre bisherigen Sklavenhalter wären dann zu Sklaven geworden. Das wäre zwar ein Akt der Gerechtigkeit gewesen; die auf Sklaverei beruhende Gesellschaftsordnung wäre jedoch dadurch nicht aufgehoben worden. Es war eben unter den

Abb. 5. Rudersklaven (ägyptische Darstellung).



damaligen Bedingungen nicht möglich, eine klassenlose Gesellschaft zu schaffen, in der die Ausbeutung des Menschen durch den Menschen aufgehoben ist. Damit soll aber nicht behauptet werden, daß die Kämpfe der Sklaven um ihre Befreiung keinen Zweck hatten; es waren gerechte Kriege, die unsere Sympathie finden, unsere begeisterte Anteilnahme erwecken müssen, weil es Kämpfe waren, die gegen Ausbeutung und Unterdrückung geführt wurden von den „Verdammten dieser Erde, die stets man noch zum Hungern zwingt“.

Und was taten die Sklavenhalter nicht alles, um ihre Herrschaft über die unterdrückte Mehrheit aufrechtzuerhalten! Sie wandten nicht nur alle Mittel der Gewalt und des blutigsten Terrors an, sondern bedienten sich auch ausgeklügelter, raffinierter Methoden. Es sind dies Methoden, die in der gesamten Klassengesellschaft angewandt wurden und noch heute angewendet werden, um die Herrschaft einer kleinen, ausbeutenden Minderheit über die ausgebeutete Mehrheit sicherzustellen, zu festigen, zu garantieren. Da sind zunächst die Institutionen, die der ideologischen Beeinflussung der Massen dienen. Sind es unter den Bedingungen des Kapitalismus vor allem Schule, Presse, Theater, Kino und Rundfunk, durch die die herrschende Klasse versucht, das Bewußtsein der unterdrückten Massen systematisch zu umnebeln und zu verdummen, so war es unter den Bedingungen der Sklaverei (und auch des Feudalismus) in der Hauptsache die Religion, die diese Rolle übernahm. Im Auftrage der Sklavenhalter verkündeten die selbst sklavenhaltenden Priester den Unterdrückten, daß die bestehende Ordnung ewig und unabänderlich sei, daß der bestehende Staat die Interessen aller schütze und vertrete, daß der Herrscher von den Göttern abstamme und wie diese verehrt werden müsse. Diese Auffassungen, diese Lehren und diese Taktik der herrschenden Klasse finden wir in allen Sklavenhalterstaaten, sowohl in denen des Vorderen Orients, Griechenlands und Roms als auch in den übrigen Län-

dern Asiens, Afrikas oder Amerikas. Es galt zum Beispiel der Pharao in Ägypten genau so als der Nachkomme des Sonnengottes wie der Inka in Südamerika; beide beanspruchten für ihre Person göttliche Verehrung. Und die römischen Kaiser verpflanzten aus demselben Grund und mit der gleichen Absicht den Kult des syrischen Sonnengottes nach Rom und vereinigten ihn später mit dem persischen Mithraskult. Die griechischen Könige leiteten ebenso ihre Abkunft von den olympischen Göttern ab wie Augustus und seine Nachfolger. Der „Sohn des Himmels“ – der Kaiser von China – verlangte ebenso göttliche Verehrung wie der Mikado in Japan. Und so war es etwa nicht nur in den sogenannten polytheistischen (viele Götter verehrenden) Religionen. Auch die Priester der monotheistischen (einen Gott verehrenden) Religionen verkündeten ähnliche Lehren. So versprachen die Evangelien den „Mühseligen und Beladenen“, den unterdrückten Massen, Trost, Gerechtigkeit, Barmherzigkeit, Sättigung und Kleidung im Jenseits. Sie verpflichteten die Untertanen zum



Abb. 6. Augustus als Jupiter (höchster römischer Gott).

Gehorsam gegen die Obrigkeit; sie lehrten, daß diese von Gott komme und daß dem Kaiser gegeben werden müsse, was des Kaisers sei, auch wenn dieser Kaiser ein Sklavenhalter war. Zweifelsohne sind die hohen ethischen Forderungen, die das Christentum erhob, ein Fortschritt in der Geschichte der Menschheit, und bestimmt hat das Christentum zur kulturellen Entwicklung der Menschheit beigetragen; es hat jedoch von Anfang an einen Standpunkt bezogen, der den revolutionären Kampf der Massen um die Beseitigung der Ausbeutung des Menschen durch den Menschen ablehnte.

Das jüdische Volk erhoffte seine Befreiung von der römischen Fremdherrschaft durch den Messias; dies lehrten die Priester, ohne jedoch eine soziale Befreiung der Ärmsten der Armen zu fordern. Davon war keine Rede, konnte auch keine sein, denn die Priester waren ja selbst Sklavenhalter und standen im Dienst einer sklavenhaltenden Oberschicht. Und wenn sogenannte Propheten auftraten, die die soziale Frage in den Vordergrund ihrer Betrachtungen stellten, dann wurden sie verfolgt, verleumdet, getötet.

Wenn die römischen Kaiser für sich göttliche Verehrung forderten und den offiziellen Titel Dominus et Deus (Herr und Gott) annahmen, so taten sie dies aus denselben Motiven wie die orientalischen Vorbilder; sie forderten ebenso wie diese den Kniefall als Begrüßung und andere Ehrungen, die sonst nur den Göttern zugestanden wurden. Den Massen die Existenz dieser Götter glaubhaft zu machen, einen Kult zu entwickeln, der Auge und Ohr, Herz und Hirn benebeln, einfangen und fesseln sollte, war Aufgabe der Priester. Der Despotismus, das heißt die uneingeschränkte Herrschaft des im Sinne und Interesse der reichen Sklavenhalter regierenden Staatsoberhauptes stützte sich nicht nur auf bewaffnete Formationen – ein mächtiges Heer, eine Beamtenbürokratie, eine Polizei samt ihren „sachlichen Anhängseln“, Gefängnissen und Zwangsanstalten aller Art –, sondern auch auf diese von den Priestern verkündete Lehre.

Die Existenz von Göttern und die Abstammung des Herrschers von diesen Göttern bildeten das Kernstück der Ideologie der Sklavenhaltergesellschaft, einen wesentlichen Bestandteil der Religion.

Auch nach der staatlichen Anerkennung des Christentums und seiner späteren Einführung als der allein gültigen Staatsreligion blieb eine ähnliche Auffassung bestehen. Der Kaiser Konstantin, der erste römische Kaiser, der sich offiziell zum Christentum bekannte, galt als der „Mann Gottes“. Ein kaiserliches Edikt sprach das in aller Deutlichkeit aus:

„Meinen Dienst hat die Gottheit als geeignet für die Erfüllung ihres Willens ausersehen . . . daß ich meine . . . innersten Gedanken dem großen Gott schulde, ist mein unerschütterlicher Glaube.“

Und wie lange hat sich diese Auffassung erhalten! Hat sich doch noch zu Beginn des 20. Jahrhunderts der letzte regierende Hohenzoller „Herrscher von Gottes Gnaden“ genannt. Es ist dies ein Überrest einer alten Ideologie, einer alten Auffassung. Sie nahm ihren Anfang mit dem Entstehen der Klassengesellschaft; sie hatte in den verschiedenen sozialökonomischen Formationen, in der Sklavenhalterordnung, im Feudalismus und im Kapitalismus, ihre spezifischen Besonderheiten und wandelte sich im Laufe der Jahrhunderte und Jahrtausende. Es wandelte sich jedoch nur die Form, der Inhalt blieb stets der gleiche. Dieser Inhalt läßt sich auf einen sehr einfachen Nenner bringen und lautet: Heiligkeit und Unantastbarkeit des Besitzes der herrschenden Klasse, Aufrechterhaltung ihrer Vorrechte, ewiges Bestehenbleiben der bestehenden Gesellschaftsordnung; jeder ein Lump, ein Verräter, ein „Untermensch“, ein Gottloser (solcher „Ehrentitel“ gibt es noch viele), der es wagen sollte, an dieser Lehre zu zweifeln, der sich unterstellen wollte, diese Zustände und diese „Ordnung“ zu bedrohen.

Sklaven und Sklavenhalter sind die beiden antagonistischen Hauptklassen in der ersten sozial-

ökonomischen Formation der Klassengesellschaft. Die auf der Ausbeutung von Sklaven beruhende Wirtschaft bildet die sogenannte Basis, die „ökonomische Struktur der Gesellschaft“. Diese Basis hat ihren eigenen, ihr entsprechenden Überbau, worunter wir bestimmte Ideen, die politischen, juristischen, religiösen, künstlerischen Anschauungen sowie die ihnen entsprechenden Institutionen zu verstehen haben. Sie alle werden von der Basis ins Leben gerufen und tragen ebenso wie die Basis Klassencharakter. Es wurde bereits am Beispiel des Staates und der religiösen Verbrämung der Sklavenhalterideologie gezeigt, welche gewaltige Rolle die Ideen und die ihnen entsprechenden Institutionen bei der Festigung und Verteidigung der bestehenden Produktionsverhältnisse spielen. Es wurde bereits an Hand einiger historischer Fakten gezeigt, wie der Überbau aktiv der Basis dient und ihr hilft, sich zu festigen und zu behaupten.

Es wäre aber falsch, anzunehmen, daß es neben den beiden bisher genannten Hauptklassen – den Sklaven und den Sklavenhaltern – keine anderen Gruppen oder Schichten von Menschen in dieser durch die Sklavenausbeutung charakterisierten Gesellschaftsformation gegeben hätte. Sicher bestand die große, ja die überwiegende Mehrzahl der Ausgebeuteten aus Sklaven. Das schließt jedoch nicht aus, daß von den Sklavenhaltern auch Menschen ausgebeutet wurden, die nicht wie eine „Sache“ behandelt werden durften, die man nicht ungestraft mißhandeln oder töten konnte.

Es gab Menschen, die bestimmte gesetzlich festgelegte Rechte hatten, von denen der Sklave einfach ausgeschlossen war. Diese Rechte erhielt dieser nicht einmal dann, wenn er – was gelegentlich vorkam – freigelassen wurde. Durch den Akt der Freilassung wurde der Sklave noch lange nicht ein völlig freier Mensch, sondern befand sich immer noch in einer gewissen Abhängigkeit von seinem früheren Herrn, der nunmehr zu seinem Patron (Schutzherrn) wurde. Der Frei-

gelassene war diesem „Achtung und Gehorsam“ schuldig und befand sich meist in wirtschaftlicher Abhängigkeit von seinem früheren Sklavenhalter. Die Abhängigkeit zeigte sich unter anderem auch darin, daß er den Namen seines früheren Herrn annahm.

Jene Gruppe von Menschen, die keine Sklaven waren, nennt man die „freien Armen“. Es waren dies meist Mittel-, Klein- oder Kleinstbauern und dann vor allem die Handwerker in den Städten und dörflichen Gemeinden. Sie besaßen manchmal nur einen, oft überhaupt keinen Sklaven, konnten einen solchen jedoch jederzeit erwerben. Selbstverständlich bildete das dazu erforderliche Geld die notwendige Voraussetzung. Außerdem mußte eine Beschäftigungsmöglichkeit für ihn vorhanden sein, damit er ernährt werden konnte. Der Sklavenhalter mußte in der Lage sein, „seinen“ Sklaven dauernd beschäftigen zu können. Dies war in einzelnen Zweigen der Landwirtschaft, die sich auf eine bestimmte Frucht spezialisiert hatten, jedoch nicht immer möglich, da der Anbau und die Ernte nur einen bestimmten Teil des Jahres in Anspruch nahmen. Für den Rest des Jahres mußte für den Sklaven eine andere Beschäftigung gefunden werden, da sonst die Ausbeutung des Sklaven nicht mehr rentabel gewesen wäre. Dadurch unterscheidet sich der antike Sklave vom modernen Lohnarbeiter, der unter den Bedingungen des Kapitalismus ausgebeutet wird. Der Kapitalist kauft die Arbeitskraft des „freien“ Lohnarbeiters für eine bestimmte Zeit und kann den Lohnarbeiter nur innerhalb eines begrenzten Zeitraums ausbeuten, nämlich in der Zeit, für die er ihn bezahlt. Er kann ihn aber auch jederzeit auf die Straße setzen, wenn er ihn nicht mehr braucht. Der Sklavenhalter ist in einer anderen Lage; er kann, ja muß sogar den Sklaven dauernd beschäftigen und ihn zeitlebens und nicht nur in einer bestimmten Anzahl von Stunden ausbeuten. Selbstverständlich kann der Sklavenhalter den Sklaven, wenn er ihn nicht mehr braucht, weiterverkaufen, ihn töten oder verhungern lassen. Das ist

jedoch nur in einer Zeit möglich, wo der Sklave billig ist und er ohne weiteres und ohne großen Kostenaufwand ersetzt werden kann.

Die Sklavenarbeit ist nur in einer bestimmten Phase der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft lohnend; genau so, wie sie nur in einer gewissen Zeit der Entwicklung im Vergleich zur vorausgegangenen Urgemeinschaft ein Fortschritt ist. Wenn man von Fortschritt spricht, so darf man in diesem Zusammenhang nicht das bereits geschilderte traurige Los der Sklaven vor Augen haben, sondern muß daran denken, daß durch die Sklavenarbeit die Produktivkräfte weiterentwickelt wurden. Gewisse Zweige der Landwirtschaft, der Viehzucht und des Handwerks erreichten eine Blüte, die unter den Bedingungen der Urgemeinschaft nicht möglich gewesen wäre. Je weiter aber die Wissenschaft und Technik fortschritten, je komplizierter die Maschinen und Apparate wurden, die der Sklave nicht bedienen konnte und wollte, desto mehr erwies sich die auf Sklavenarbeit beruhende Wirtschaft als Hemmschuh der Entwicklung. Eine Steigerung der Arbeitsproduktivität war nur durch die Verwendung immer größerer Massen von Sklaven möglich. Als dann der Zustrom neuer, billiger Arbeitskräfte aufhörte und der Sklave einfach nicht zu ersetzen bzw. sein Ersatz mit größten Schwierigkeiten verbunden war, mußte die auf Sklaverei beruhende Produktionsweise in eine ausweglose Sackgasse geraten. Die Widersprüche konnten einfach nicht mehr im Rahmen der bestehenden Ordnung gelöst werden. Die Liquidierung der bestehenden Produktionsverhältnisse war zu einer Notwendigkeit geworden.

Wir können die Entwicklung der menschlichen Gesellschaft in der auf Sklaverei beruhenden Gesellschaftsformation an zahlreichen Beispielen aus der Geschichte Mesopotamiens, Ägyptens und anderer Länder und Völker des Vorderen Orients, so zum Beispiel der Hethiter, Phönizier, Juden, sowie aus der Geschichte Griechenlands und Roms studieren.

An Hand eines umfangreichen schriftlichen Quellenmaterials, das uns neben archäologischen Funden zur Verfügung steht, können wir die historischen Vorgänge und Erscheinungen in ihrem Zusammenhang und in ihrer wechselseitigen Bedingtheit studieren. Wir können den gesetzmäßigen Ablauf der Geschichte im Sinne eines Entwicklungsprozesses vom Niederen zum Höheren betrachten. Wir können außerdem genau feststellen, daß der gesellschaftliche Entwicklungsprozeß als eine Einheit von zwei Phasen, von Evolution und Revolution, verläuft.

Wir können erkennen, daß die Menschen ihre Geschichte selbst machen, daß sie dabei aber an gewisse objektiv bestehende Gesetze gebunden sind, die außerhalb ihres Bewußtseins existieren. Wir sehen aber auch, daß diese Gesetze wiederum nur durch das Wirken der Menschen wirksam werden. Schließlich können wir die Triebkräfte des gesellschaftlichen Entwicklungsprozesses, den „Kampf der Gegensätze“, den Kampf zwischen Altem und Neuem, den Kampf zwischen Unterdrückern und Unterdrückten, klar sehen, und wir gewinnen die Erkenntnis, daß die Geschichte der Klassengesellschaft eine Geschichte von Klassenkämpfen ist.

Wir können aber auch feststellen, daß innerhalb der Basis ein und derselben sozialökonomischen Formation strukturelle Veränderungen vor sich gehen, ohne daß sich der Gesamtcharakter der Klassenstruktur verändert. So besteht zum Beispiel zwischen der patriarchalischen Sklaverei und der orientalischen Tempelsklaverei einerseits und der antiken Massensklaverei in der griechischen Polis und im römischen Imperium mit den verschiedenen Verwendungsformen und -möglichkeiten andererseits ein struktureller, aber kein qualitativer Unterschied. Diese Veränderung vollzieht sich jedoch nur innerhalb derselben Produktionsweise, im Rahmen der Sklavenhaltergesellschaft.

Entsprechend diesen Veränderungen in der Basis gehen auch im Überbau Veränderungen vor sich. So entspricht der patriarchalischen

Sklaverei der Zustand der sich auflösenden urgemeinschaftlichen Ordnung und des sich allmählich herausbildenden Staates, der keineswegs schon mit den ersten Sklaven entsteht, sondern das Produkt und die Äußerung der Unversöhnlichkeit der Klassegegensätze ist. „Der Staat entsteht dort, dann und insofern, wo, wann und inwiefern die Klassegegensätze objektiv nicht versöhnt werden können.“ (14) Er ist, wie bereits ausgeführt, das Macht- und Unterdrückungsinstrument der herrschenden Klasse zur Niederhaltung der überwiegenden Mehrheit der Bevölkerung mit Hilfe eines mächtigen Unterdrückungs- und Zwangsapparates, der jeweils der Basis entspricht. So entspricht der orientalischen Tempelwirtschaft als staatlicher Überbau zunächst ein Staat, an dessen Spitze Priesterfürsten stehen. Aus diesem Staat entwickelt sich später die orientalisch-sklavhalterdespotie, die typische Staatsform der Länder des Vorderen Orients in dieser Periode. Der auf der Massensklaverei beruhenden Wirtschaft in den griechischen Stadtstaaten entspricht die athenische Sklavhalterdemokratie. Ihre Besonderheiten sind auf den ausgedehnten Handel und die daraus entstehende soziale Differenzierung – die Entstehung einer kleinen Kaufmannsschicht und freier Handwerker – zurückzuführen. Die spartanische Sklavhalteraristokratie schuf sich einen Sklavhalterstaat besonderen Typus. Dem allmählichen Übergang zur Massensklaverei mit seiner Latifundienwirtschaft, der Verwendung von Sklaven in Bergwerken, im Straßenbau, in Werkstätten ent-

spricht der allmähliche Übergang der römischen Sklavhalterrepublik zur Militärdiktatur im Interesse der reichen Sklavhalter, um die aufständischen Sklaven niederhalten zu können. Dem zunehmenden Verfall der auf Sklaverei beruhenden Wirtschaft im römischen Imperium im ersten Jahrhundert unserer Zeitrechnung entspricht eine ständig wachsende Konzentration der Macht in den Händen der Kaiser, die im Interesse der reichen Sklavhalter und mit deren Einverständnis regieren. Gelegentliche Differenzen zwischen Kaiser und Senat – dem obersten Organ der reichen Sklavhalter – sind der Ausdruck des Ringens um die obersten Funktionen im Staat, sind ein Kampf innerhalb der herrschenden Klasse der Sklavhalter um das Primat, um die Macht im Staat. Schließlich beseitigt die „Revolution der Sklaven“ die Sklavhalter und hebt die Sklaverei als Form der Ausbeutung der Werktätigen auf. An die Stelle der einen Ausbeuter treten jedoch andere Ausbeuter und Unterdrücker, genau so, wie vorher ein Sklavhalterstaat den anderen ablöste bzw. unterwarf. Aber nicht nur die Staatsformen wandeln sich mit der Basis, sondern auch die übrigen politischen Anschauungen und Theorien. Dazu kommen noch philosophische, religiöse und andere Ideen, denen wiederum bestimmte Institutionen und Organisationen entsprechen. Die Geschichte des Altertums ist die Geschichte der Sklavhaltergesellschaft. Lassen wir an uns die wichtigsten Ereignisse und Erscheinungen, die bekanntesten Persönlichkeiten, die kulturellen Leistungen dieser Epoche vorüberziehen.

AUS DER GESCHICHTE DER SKLAVENHALTERSTAATEN DES VORDEREN ORIENTS

Soweit der bisherigen Forschung bekannt, setzte sich erstmalig in der Geschichte der Menschheit die Sklaverei im Alten Orient durch, und zwar seit dem 4. Jahrtausend vor unserer Zeitrech-

nung. Wir finden hier zunächst die für diese Frühzeit typische Form der Abhängigkeit des Menschen: die patriarchalische Sklaverei. Die Produktion der zum Leben notwendigen Güter



Abb. 7. Textprobe aus der Gesetzessammlung des Hammurabi.

erfolgte in dieser Periode im wesentlichen und in der Hauptsache noch nicht durch Sklaven. Die Form der Ausbeutung der wenigen Sklaven war bei weitem noch nicht so hart und brutal wie in den späteren Perioden. Der Sklave war ein Mitglied der Familie oder der Dorfgemeinde, wenn auch nicht gleichberechtigt. Es bestand aber bereits eine Arbeitsteilung zwischen den mit schwerer körperlicher Arbeit beschäftigten Sklaven und den Besitzern dieser Sklaven, die ständig zunahm. Die Sklavenhalter verachteten die schwere körperliche Arbeit und wandten sich anderen Beschäftigungen zu. Während der Sklave das Feld bestellte und das Vieh hielt, beschäftigte sich sein Herr mit anderen Arbeiten. Die Arbeit der Sklaven ermöglichte es ihm, sich wissenschaftlich oder literarisch zu betätigen, wenn er nicht Handel trieb oder Krieg führte.

Mit der zunehmenden Spaltung der menschlichen Gesellschaft in Klassen und der Verschärfung der Klassengegensätze entstanden im 4. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung die ersten kleineren Stadtstaaten in Mesopotamien. Das fruchtbare Schwemmland des Euphrat und Tigris ermög-

lichte eine intensive Bebauung des Bodens. Eine notwendige Voraussetzung dafür war jedoch eine ständige künstliche Bewässerung. Dazu war eine Organisation der Bewässerungsarbeit notwendig. Selbstverständlich bildet eine der Voraussetzungen dafür das Vorhandensein von Geräten, Werkzeugen und technischen Einrichtungen, die noch in der Periode der Urgemeinschaft entwickelt worden waren. Eine der wichtigsten Aufgaben dieser ältesten Sklavenhalterstaaten – die bedeutendsten sind Sumer und Akkad – bestand darin, daß sie die Bewässerungsarbeiten organisierten und dazu Sklaven, aber auch freie Arme einsetzten. Die Arbeitsordnung wurde nicht mehr durch die Macht der Gewohnheit, durch die Autorität oder Achtung, die die Gentilältesten genossen, aufrechterhalten, sondern durch die Priesterfürsten. Diese hielten ihre Herrschaft nicht nur durch Gewalt, mit Hilfe einer bewaffneten Macht aufrecht, sondern flößten den Massen den Glauben ein, daß ihre Herrschaft im Interesse der Allgemeinheit läge und daß sie von den Göttern eingesetzt seien. In ihren Tempeln oder in den dazugehörigen Ländereien beschäftigten die Priesterfürsten neben den Sklaven, die das Feld bestellten, auch Handwerker zur Herstellung von Bronzegeräten und Waffen. Dadurch waren sie in der Lage, den Boden intensiver bearbeiten zu lassen. Sie erzielten höhere Ernteerträge als die Masse der Bevölkerung und konnten Reichtümer anhäufen. Auf Grund der besseren Waffen gelang es den Priesterfürsten, ihre Herrschaft aufrechtzuerhalten und durch Raub und Plünderung Beute zu erwerben. Das Ansehen und die Macht der Priester nahmen ständig zu. Die Tempelwirtschaften wurden zu Zentren der Wirtschaft und der Kultur; hier wurden auch die Anfänge der Wissenschaft entwickelt. Die künstliche Bewässerung, das Vermessen der Felder, die Verteilung der Arbeit, das Messen des Saatgutes, das Feststellen der Ernteerträge erforderten gewisse Berechnungen. Somit waren die Voraussetzungen für die Anfänge der Mathe-

matik gegeben. Aus ähnlichen Bedürfnissen entwickelte sich die Astronomie. Aus dem Lauf der Gestirne wurden die Zeit der Saat und der Ernte berechnet und die Einteilung der Arbeitszeit bestimmt. Zur Aufzeichnung der geleisteten Abgaben, zur Verwaltung der Tempelgüter, zum Zweck des schriftlichen Gedankenaustausches, vor allem dann, wenn der Überbringer einer Botschaft ein Sklave war, der die Sprache seines Auftraggebers nicht genau verstand oder Dinge überbringen sollte, deren Inhalt ihm fremd zu bleiben hatte, entwickelten die Priester eine Schrift. Zunächst war es nur eine Bilderschrift, das heißt, die darzustellenden Gegenstände wurden in vereinfachter Form aufgezeichnet; später wurde diese Schrift immer mehr vervollkommen, bis sich schließlich die für dieses Gebiet typische Form der Schriftzeichen, die sogenannte Keilschrift, herausbildete (vergleiche Abb. 7). Aus ähnlichen Ursachen wie in den sumerischen Stadtstaaten entstand etwas später in Ägypten, dem „Geschenk des Nils“, eine Reihe kleinerer

Sklavenhalterstaaten, an deren Spitze zunächst ebenfalls Priesterfürsten standen. Allmählich unterwarf der jeweils stärkere Staat seine schwächeren Nachbarstaaten. Im Ergebnis bildete sich der ägyptische Pharaonenstaat. Die Priester entwickelten eine Religion, die in letzter Konsequenz dazu diente, die Massen zu beeinflussen; sie lehrten z. B., daß stets ein Gott in Menschengestalt auf Erden wandle und in Ägypten seinen Wohnsitz habe. Und dies sei der „Sohn des Rê“, Seine Majestät der regierende Pharaon. Der

Abb. 8 (Rekonstruktion).

*Ägyptische Pharaonengräber (die Pyramiden von Gizeh). Rechts die Cheopspyramide (Höhe 147 m). Nach dem Bericht des griechischen Geschichtsschreibers Herodot sollen 100 000 Sklaven und freie Arme 20 Jahre lang an diesem Grabmal des Pharaos Cheops gebaut haben. Vor der Königs-
pyramide befinden sich drei kleinere Pyramiden (für die Familienangehörigen); um die Pyramide herum sind die Gräber der königlichen Beamten angelegt. Rechts im Vordergrund die Sphinx, eine aus dem Felsen gehauene, 55 m lange und 20 m hohe Monumentalfigur. Vorn links eine im Bau befindliche Pyramide.*



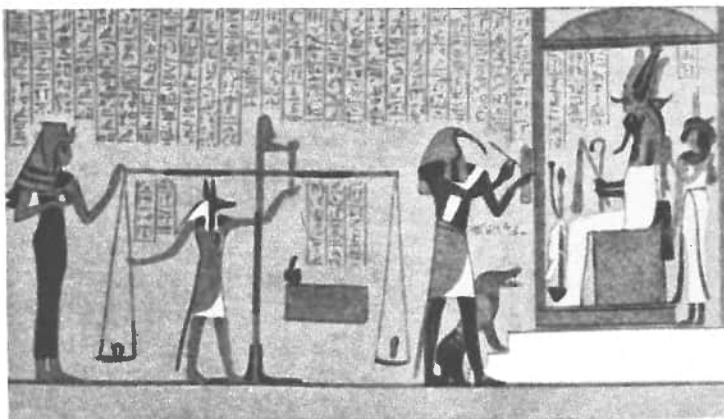


Abb. 9. Darstellung ägyptischer Götter. Rechts der Gott Osiris, der das Totengericht abhält. Die Verstorbenen müssen – so glaubten die alten Ägypter – Rechenschaft über ihr Leben ablegen, bevor sie ins „himmlische Paradies“ eingehen dürfen. Die Waage als Symbol der Gerechtigkeit.

Uräus, das ist die Schlange, die mit ihrem Gift alle Feinde des Sonnengottes vernichtet, schmückte ebenso das Diadem des Pharao, wie er die Stirn des Sonnengottes zierte. Man umschrieb aus Scheu den Namen des Herrschers und sprach vom „Herrn des Palastes“, von „Seiner Majestät“ oder nur vom „Palast“, vom „Großen Haus“ – ägyptisch per’o, dessen hebräische Form paro (Pharao) im Alten Testament geradezu als Eigenname der ägyptischen Könige gebraucht wird. (Übrigens finden wir eine ähnliche Bezeichnung des Staatsoberhauptes auch im Türkischen. Der Sultan und seine Regierung wurden mit dem Ausdruck „Hohe



Abb. 10. Kalksteinfigur, die dem Toten ins Grab gelegt wurde. Der dargestellte Sklave bereitet Bier, indem er gegorenen Gerstenbrotsaft durch ein Korbsieb sieht.

Pforte“ bezeichnet.) Die Darstellung der Götter bei den alten Ägyptern zeigt, wie eng die Vorstellung dieser Menschen mit der Natur verbunden war. Als Krokodil, Katze oder Schakal, als Ibis, Sperber oder Geier wurden die Götter dargestellt und angebetet. Oft sind es nur Tierköpfe, die dem Menschenleib aufgesetzt wurden. Besondere Bedeutung erlangte der Isis- und Osiriskult. Die Vorstellung des Lebens im Jenseits spiegelt nicht nur die Lage der werktätigen Massen wider, sondern auch die Tatsache, daß sich die Menschen damals ein Leben ohne Sklaverei nicht vorstellen konnten. So stellte sich der ägyptische Bauer sein himmlisches Paradies als ein fruchtbares Weide- und Ackerland am himmlischen Nil vor; dort wollte er nicht mehr selbst arbeiten, sondern Sklaven sollten das für ihn tun. Symbolisch drückte sich das im Totenkult so aus, daß man den mit Konservierungsmitteln einbalsamierten und mit Leinenbinden dicht umwickelten Toten kleine Kalksteinfiguren in die Hand gab. Zum Zeichen, daß diese Figuren im Jenseits arbeiten sollten, trugen sie eine Hacke in der Hand. Ebenso wurden Darstellungen von getreidemahlenden, teigknetenden Sklaven mit ins Grab gegeben. Selbstverständlich bezieht sich das nur auf die Sklavenhalter und zum Teil auch auf die freien Armen. Der Sklave wurde wie ein Tier verscharrt oder von den Geiern und anderen wilden Tieren – den natürlichen Totengräbern – „begraben“.

Ähnlich wie in den Stadtstaaten Mesopotamiens wurden auch in Ägypten die Sklaven für die schwersten Arbeiten eingesetzt. Sie arbeiteten auf den Ländereien der Pharaonen und reichen Sklavenhalter, waren auf den Handelsschiffen als Rudersklaven zu finden oder mußten in Bergwerken und Steinbrüchen unter den unmenschlichsten Bedingungen schwerste Fronarbeit leisten. Wie in Mesopotamien waren aber auch hier die Sklaven nicht die einzigen, die zur Arbeit gezwungen und ausgebeutet wurden. Bei größeren öffentlichen Arbeiten, wie beim Bau von Bewässerungsanlagen, von Straßen, Tem-

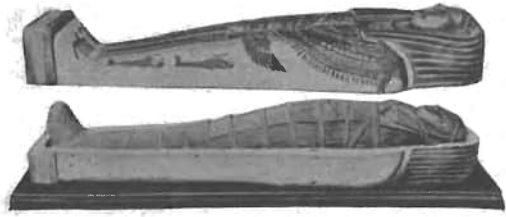


Abb. 11. Mumie in einem Mumiensarg (Schrank).

peln, Palästen und Grabmälern der Pharaonen, wurden außerdem Bauern und Handwerker beschäftigt und von staatlichen Aufsehern kontrolliert.

In den Lehren des „Duaf“ rät ein Vater seinem Sohn, eine Beschäftigung zu wählen, bei der es keinen Aufseher gibt; er findet allerdings nur eine – den Beruf des Schreibers.

Infolge der verstärkten Ausbeutung der Sklaven, Bauern und Handwerker kam es 1750 vor unserer Zeitrechnung zu Aufständen der unterdrückten Massen, über die wir auf Papyrusrollen niedergeschriebene Berichte besitzen. Die verzweifelten Bauern und Handwerker zerrissen gemeinsam mit den Sklaven die auf Papyrusrollen aufgezeichneten Gesetze und vertrieben die Ausbeuter von deren Ländereien. Der ägyptische Sklavenhalterstaat wurde durch diese Aufstände derart erschüttert, daß er den aus Vorderasien eindringenden Eroberern zum Opfer fiel. Der ägyptische Pharaonenstaat verlor zwar vorübergehend seine Selbständigkeit; die Sklaverei blieb jedoch bestehen.

Seit dem Jahre 2500 vor unserer Zeitrechnung entwickelte sich die Sklaverei auch in den Ländern Mittel- und Nordmesopotamiens sowie in Palästina, Syrien, Kleinasien, aber auch auf Cypern und Kreta. Indien und China waren bereits vorher in die Periode der Sklaverei eingetreten. Auch in den Ländern des westlichen Teils des Mittelmeergebietes finden wir seit dieser Zeit Sklavenhalterstaaten.

Von großer Bedeutung für die Entwicklung der Kultur waren die in Mesopotamien entstandenen Sklavenhalterreiche, die Nachfolgerstaaten von Sumer und Akkad. Es entstand das sogenannte Babylonische Reich, dessen bekanntester Herrscher Hammurabi war. Dieser ließ um 1700 vor unserer Zeitrechnung eine Sammlung der bestehenden Gesetze in Stein meißeln. Auf einem mächtigen Steinblock ließ der König darstellen, wie er aus der Hand des Sonnengottes das Gesetz für sein Volk empfängt. In 282 Paragraphen sind Bestimmungen enthalten, die eindeutig die Klassenunterschiede im babylonischen Sklavenhalterstaat zeigen. Auf der einen Seite waren die Gesetze dazu bestimmt, die Rechte der Sklavenhalter zu fixieren und ihre Macht über die Sklaven gesetzlich zu verankern. Der Inhalt der Gesetze zeigt aber auch, daß die Sklavenhalter in zwei soziale Schichten gespalten waren. Den reichen und großen Sklavenhaltern, vor allem den Kaufleuten und Priestern, standen die Handwerker, kleinen Händler und Bauern gegenüber, die von den reichen Sklavenhaltern abhängig waren. Zwischen diesen sozialen Schichten bestanden Gegensätze, wenn auch andere als zwischen Sklaven und Sklavenhaltern.

Das Gesetz des Königs Hammurabi – die erste schriftliche Aufzeichnung des Rechtes in der



Abb. 12. Oberer Teil des Steines, auf dem die Gesetze des Hammurabi eingemeißelt sind. Rechts der Sonnengott, links der König.

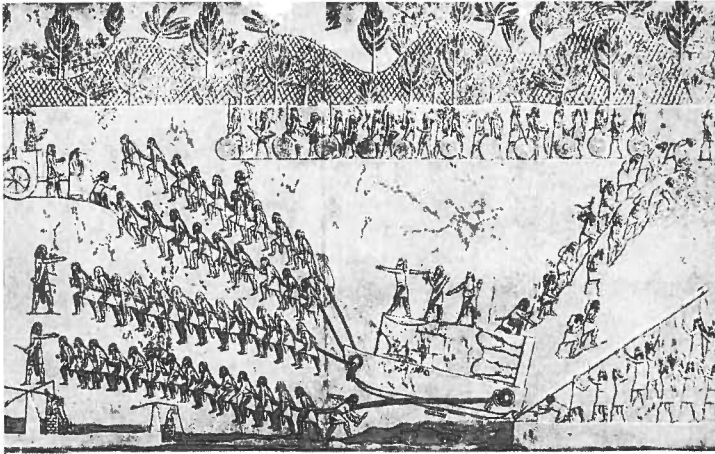


Abb. 13. Transport eines behauenen Felsblocks durch Sklaven. Sklavenhalter und Sklavenaufseher schauen der Arbeit zu bzw. treiben die Sklaven an.

Geschichte der Menschheit – gewährte den Sklaven keinerlei Schutz. Es war ein Gesetz, das die Herrschaft der Sklavenhalter festigen sollte. Zur Niederhaltung der Sklaven, zur Aufrechterhaltung der Herrschaft über die freien Armen, zur Unterdrückung der zahlreichen unterworfenen Völkerschaften wurde im Babylonischen Reich ein Staatsapparat entwickelt, an dessen Spitze der König stand, der in seiner Person die Funktion des obersten Heerführers, des obersten Richters und Priesters vereinigte. Ein stehendes Heer und Tausende von Steuereinnehmern, Aufsehern, Richtern und anderen Beamten bildeten den Zwangs- und Unterdrückungsapparat.

Im 3. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung war im nördlichen Teil Mesopotamiens, am Ober- und Mittellauf des Tigris, ein Sklavenhalterstaat entstanden, der sich durch zahlreiche Eroberungszüge zu einem großen Sklavenhalterreich ausweitete: das Assyrische Reich mit der Stadt Ninive als Zentrum. Die große Überlegenheit der Assyrier über ihre Nachbarstaaten,

von denen sie einen nach dem anderen eroberten, bestand darin, daß sie die Eisentechnik meisternten. Sie hatten diese von den Völkern des Kaukasus, namentlich vom Staat Urartu, übernommen. Sie schufen nicht nur Geräte aus Eisen, sondern auch Waffen und rüsteten damit ein stehendes Heer aus, das der eroberungslüsternden Politik der reichen Sklavenhalter diente. Das Assyrische Reich ist einer der ersten großen Militärstaaten in der Weltgeschichte; in ihm war alles der Aufstellung, Ausbildung und Ausrüstung des Heeres untergeordnet. Aber auch dieser Sklavenhalterstaat ging an seinen inneren Widersprüchen zugrunde und wurde die Beute eines anderen, stärkeren Sklavenhalterstaates. Das Assyrische Reich wurde durch das Neubabylonische Reich abgelöst, die Hauptstadt Ninive zerstört. An seine Stelle trat nunmehr Babylon, das zu einem Handels- und Kulturzentrum des ganzen Vorderen Orients wurde. Diese Stadt zählte fast 100000 Einwohner, eine für die damalige Zeit geradezu ungeheure Einwohnerzahl. Die Tempel sowie die Paläste des Königs und der reichen Sklavenhalter gaben dieser Stadt ihr besonderes Gepräge. Die „hängenden Gärten der Semiramis“ zählten zu den sogenannten sieben Weltwundern des Altertums; es waren dies künstlich bewässerte, auf Terrassen angelegte Gärten und Wildparks, in denen prunkvolle Paläste standen. Daneben gab es enge, winklige, aber bereits kanalisierte Straßen.

Abb. 14. Darstellung einzelner Arbeitsvorgänge bei der Ernte, so z. B. Dreschen durch Treiben von Ochsen über die ausgelegten Garben, Worfeln usw. Links ein Schreiber, der die Ernteerträge aufzeichnet.



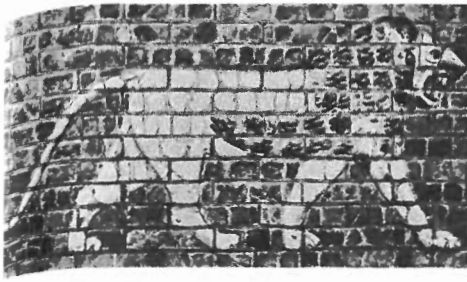


Abb. 15.
Löwe und Fabel-
wesen an Pfeilern
des Ischtartores
in Babylon
(Ishtar = eine
babylonische Göttin).
Relief in glasierten
Ziegeln.

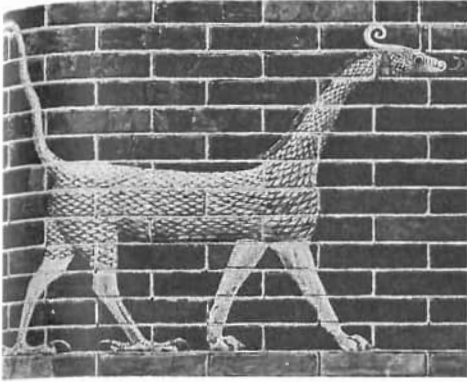
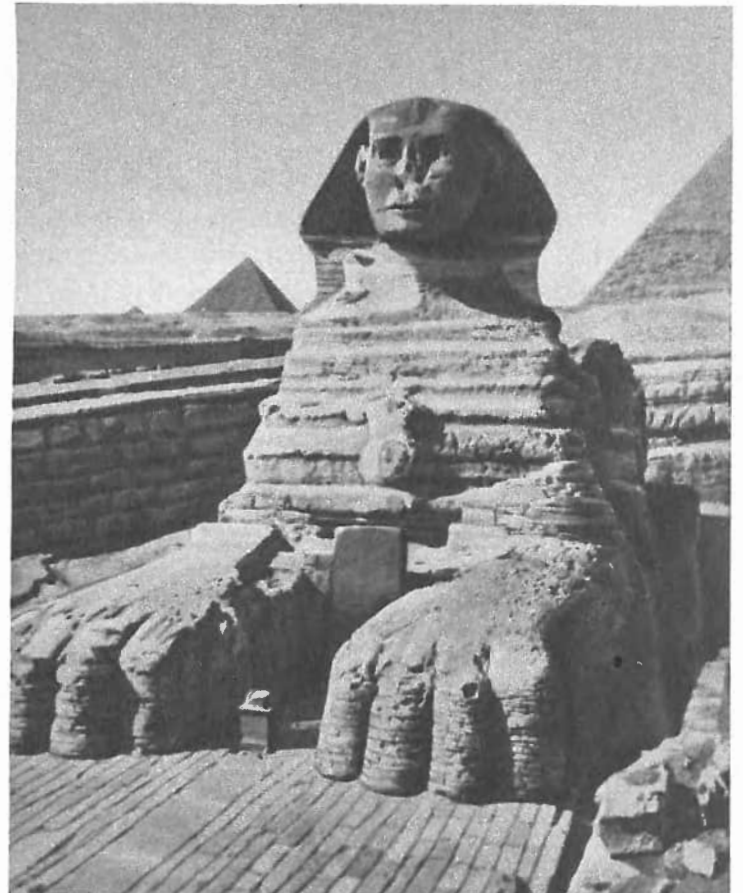


Abb. 16.
Geflügelte Sphinx aus
Kalkstein als Tor-
wächter am Palast
eines assyrischen
Königs (4 m hoch).



Die Häuser der ärmeren städtischen Bevölkerung waren meist aus luftgetrockneten Ziegeln erbaut. Hier befanden sich auch Kauf- und Handelshäuser, in denen die Waren aus allen Teilen der damals bekannten Welt feilgeboten wurden. Es wurden auch die von geschickten babylonischen Handwerkern geschaffenen Gewebe und Stickereien, namentlich bunte Teppiche, ausgestellt und verkauft. Auf ihnen finden wir die mannigfaltigsten Fabeltiere der babylonisch-assyrischen Religion. Phantastische Mischgestalten, wie Greif und Chimäre, die geflügelte Sphinx, der Doppeladler, der als Wappentier des Byzantinischen Reiches nach Europa kam, waren auf ihnen dargestellt. Die Teppiche dienten meist als Wandverkleidung in den Häusern der Reichen. Oft wurden sie durch glasierte Tontafeln und Ziegel, die in Farbe und Muster die Teppiche nachahmten, ersetzt. Es wurden Kunstwerke geschaffen, die uns noch heute durch ihre Schönheit in Staunen und Bewunderung versetzen. Ebenso erreichten Wissenschaft, Kunst und Literatur bei den Babyloniern und Assyriern eine hohe Blüte; namentlich auf den Gebieten der Mathematik und Astronomie wurde Hervorragendes geleistet. Es wurden nicht nur Maße

Abb. 17. Sphinx bei den Pyramiden von Gizeh. Löwen-
gestalt mit Menschenkopf und Uräusschlange auf dem Kopf
(55 m lang, 20 m hoch). Die Sphinx wurde als Hüterin und
Schutzgeist der Tempel, Paläste und Grabdenkmäler an-
gesehen. Die Beschädigung am Kopf der Sphinx stammt von
einer Kanonenkugel (Schlacht bei den Pyramiden, Expedi-
tion Napoleons nach Ägypten 1798/99).



und Gewichte hergestellt, die Sonnenuhr und die Kreiseinteilung geschaffen, sondern auch der Umlauf der Gestirne berechnet und auf dieser Grundlage ein Kalender zusammengestellt. Aus

der Wissenschaft der babylonischen Astronomie entwickelte sich auch der Glaube an die Bedeutung und den Einfluß der Gestirne auf das menschliche Leben, die Astrologie.

AUS DER GESCHICHTE GRIECHENLANDS IM ALTERTUM

Die technischen und kulturellen Errungenschaften, die in den Staaten des Vorderen Orients entwickelt worden waren, vor allem die Metallurgie, gelangten über die Inselbrücke Cypern und Kreta, wo sich Sklavenhalterstaaten mit einer hohen Kultur herausbildeten, zu den Stämmen auf dem griechischen Festland. Aber nicht nur Griechenland war von den dorischen, ionischen und anderen griechischen Stämmen besiedelt, sondern auch die Westküste Kleinasiens und die Inseln im Ägäischen Meer. Hier kamen die Griechen mit den Kulturen des Alten Orients in Berührung; hier traten sie vor allem in enge Handelsbeziehungen zu den phönizischen Handelsstädten.

Seit dem 8. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung entstanden griechische Siedlungen auch im westlichen Teil des Mittelmeers, namentlich in Süditalien, auf Sizilien und an der Mündung der Rhône in Südfrankreich. Aber auch die Küstengebiete an den Gestaden des Schwarzen Meeres wurden von Griechenland aus besiedelt. Rege Handelsbeziehungen zwischen den griechischen Kolonien und dem Mutterland führten zu einem Aufschwung des Handels und zur Entstehung einer reichen Kaufmannsschicht in den griechischen Stadtstaaten, vor allem in Athen.

Von den Phöniziern übernahmen die Griechen die Buchstabenschrift und entwickelten sie weiter. Bereits im 8. Jahrhundert finden wir eine hochentwickelte Literatur, in der sich zum Beispiel die Abenteuer der zur See fahrenden ionischen Kaufleute widerspiegeln, unter anderem die Sage von den Argonauten und Teile der

Odyssee. Die Ilias schildert die Zustände einer älteren Zeit. Beide Werke, die dem sagenhaften blinden Dichter Homer zugeschrieben werden, gehören zu den größten und schönsten literarischen Schöpfungen der Antike; sie haben großen Dichtern wie Goethe wertvolle Anregungen gegeben und waren vielen Dichtergenerationen ein leuchtendes, selten erreichtes Vorbild. Zahlreiche Dichter, deren Namen aus der Literaturgeschichte der Menschheit nicht wegzudenken sind, schufen in dieser Zeit ihre unsterblichen Werke.

In Griechenland vollzog sich die Staatenbildung auf eine besondere Art und Weise. Einwandernde Stämme unterwarfen die ansässige Bevölkerung, unterjochten und versklavten sie, übernahmen deren Kultur und entwickelten sie schöpferisch weiter.

Abb. 18. Ein griechischer Bauer auf dem Weg zum Markt. Der Sklave trägt die Lasten.

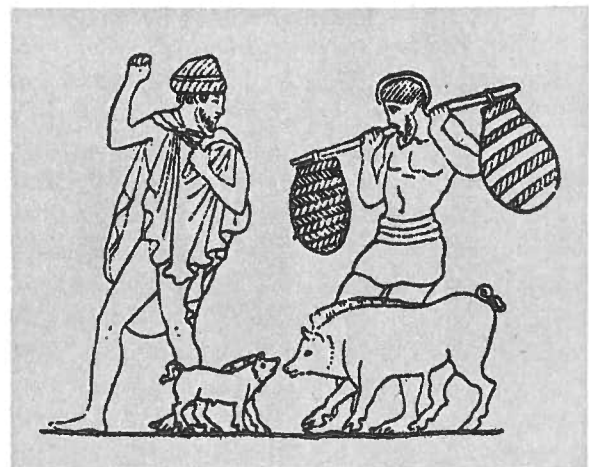
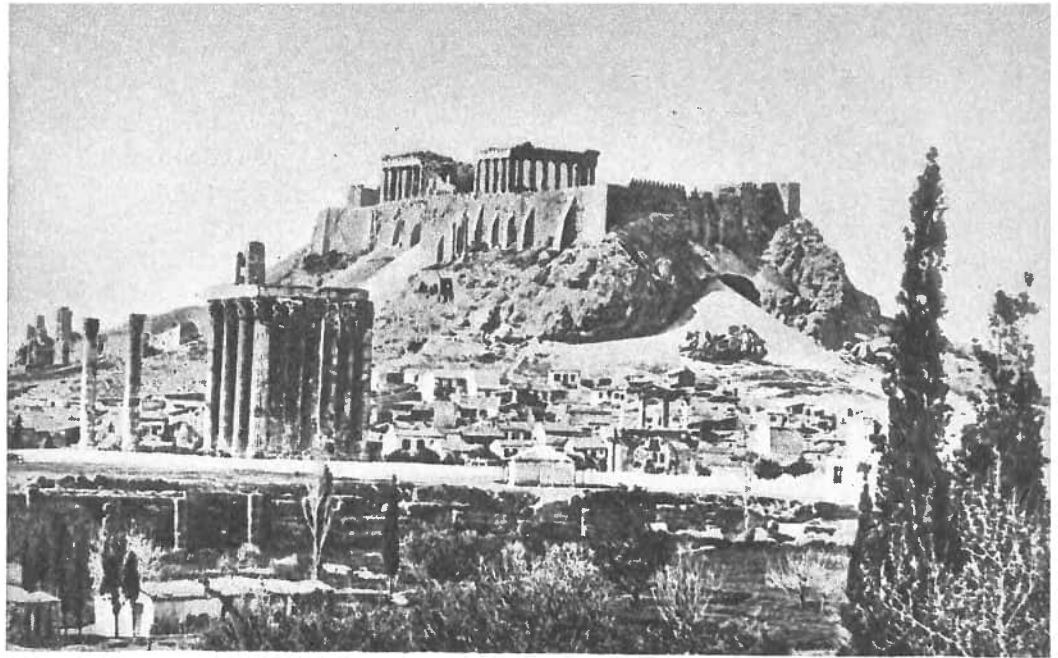


Abb. 19. Ansicht der Akropolis (Burg) von Athen. Der Tempel der Göttin Athene — Schutzgöttin von Athen — gehört zu den schönsten Baudenkmalern der Antike. Er ist aus schneeweißem Marmor erbaut; außerdem befanden sich auf der Akropolis ein Riesenstandbild der Göttin sowie zahlreiche andere Tempel.



Zwei Staatsformen sind aus der Epoche der Sklaverei in Griechenland besonders interessant. Es ist dies zunächst der Staat, der auf dem Peloponnes entstand und sich um das Zentrum Sparta bildete. In diesem Staat gab es Heloten — Kriegsgefangene, die man zu Sklaven machte —, Periöken — Teile der unterworfenen Bevölkerung, die man nicht zu Sklaven machte, die jedoch als freie Handwerker und Händler Abgaben zu leisten hatten — und schließlich die Spartiaten. Diese bildeten die herrschende Klasse; sie waren die Erobererschicht, die nur dem Kriegsdienst lebte, sich auf ihn vorbereitete und in ihm die höchste Erfüllung sah. Die Hauptstadt des spartanischen Staates glich einem einzigen großen Heerlager, in dem sich die männliche Bevölkerung im Waffendienst übte, gemeinsame Mahlzeiten einnahm, kurz, ein Leben wie in einer Kaserne führte. Der spartanische Staat ist genau wie Assyrien ein typisches Beispiel für einen Militärstaat. Er war seinem Wesen nach eine aristokratische Sklavenhalterrepublik, in der eine Handvoll Eroberer die herrschende Klasse bildete.

Einen anderen Charakter hatte der athenische Sklavenhalterstaat. Während in den orientali-

schen Despotien nicht nur die Sklaven, sondern auch die Bauern, Handwerker und Kaufleute politisch fast rechtlos waren und von einer kleinen Gruppe Sklavenhalter ausgebeutet wurden, nahm in Athen der Demos, das sind die Bauern, die Kaufleute und Handwerker, am Staatsleben teil. Sie trugen somit zur Festigung der Sklavenhaltergesellschaft bei. Man muß sämtliche Freien, selbst jene, welche arm waren und keine Sklaven hatten, zur Klasse der Sklavenhalter zählen. Die Beteiligung breiter Volksmassen an der politischen Macht war notwendig geworden, weil neben dem großgrundbesitzenden Adel vor allem Kaufleute und Besitzer größerer Werkstätten reich und mächtig geworden waren und eine Teilnahme an der Macht verlangten, ja darum kämpften. Immer größere Massen von Sklaven wurden in der Landwirtschaft und im Handwerk beschäftigt; fast alle Arbeiten verrichteten Sklaven. Auch die kleinen Handwerker und Bauern hielten Sklaven (vergleiche Abb. 18). Im Unterschied zur orientalischen Sklaverei entstand in Griechenland und später auch in Rom eine neue, höhere Form der Sklaverei, die Massensklaverei. Diese Anhäufung von Sklaven erforderte sowohl eine gewisse Massenbasis der



Abb. 20. Darstellung eines Diskuswerfers. Im Abstand von vier Jahren fanden in Olympia auf dem Peloponnes große Spiele statt. Die Bevölkerung aus allen Teilen Griechenlands nahm an den sportlichen Wettkämpfen teil. Die ersten Olympischen Spiele fanden im Jahre 776 v. u. Z. und die letzten im Jahre 394 u. Z. statt.

herrschenden Klasse als auch eine Verstärkung des Unterdrückungsapparates, was durch verschiedene Maßnahmen erreicht wurde. Durch die Solonischen Gesetze wurden im Jahre 594 vor unserer Zeitrechnung die Versklavung verschuldeter Angehöriger des eigenen Volkes verboten sowie die Schulden der Bauern annulliert. Dann wurde die gesamte Bevölkerung in vier Besitzgruppen eingeteilt, um auch den Kaufleuten, Reedern und Gewerbetreibenden politische Rechte zu geben, die bis dahin ausschließlich in den Händen der Grundbesitzer und des sklavenhaltenden Adels lagen. Die höchsten Ämter teilten sich die Angehörigen der 1. Gruppe, die sogenannten Fünfhundertscheffler, die reichen Grundbesitzer und großen Kaufleute. Die 2. und die 3. Gruppe nahmen an der Wahl des Rates der Vierhundert teil, während die 4. Gruppe lediglich das Recht hatte, in der Volksversammlung abzustimmen. Diese Neueinteilung nach dem Vermögen gab den großen Kaufleuten volle Gleichberechtigung gegenüber den Aristokraten und sicherte den Reichen die Führung im Staat,

gewährte aber auch den ärmeren Schichten einen gewissen Einfluß.

Als kleine Sklavenhalter waren auch die Handwerker und Bauern an der Aufrechterhaltung der bestehenden Ordnung interessiert.

In Athen entstand unter diesen Bedingungen im 5. Jahrhundert die fortschrittlichste Verfassung der Antike, die Sklavenhalterdemokratie, in der die Volksversammlung aller freien Bürger bestimmte Rechte hatte. Diese Demokratie bezog sich jedoch nur auf die Freien. Die Sklaven wurden weiterhin grausam behandelt und viel stärker ausgebeutet, als dies unter den Bedingungen der patriarchalischen Haus- und Tempelsklaverei im Alten Orient der Fall war.

Der Mittelpunkt des Sklavenhandels war die Insel Delos, die gleichzeitig ein altes kultisches Zentrum war. Hier wurden täglich Tausende von Sklaven zum Verkauf angeboten und von den kauflustigen Sklavenhaltern wie ein Stück Vieh gemustert. Familien wurden auseinandergerissen, Kinder von den Müttern und Frauen von ihren Männern getrennt. Den Sklaven wurde es nur in Ausnahmefällen gestattet, eine Familie zu besitzen. Den Sklavenhaltern kam es auf die maximale Ausbeutung der Sklavenarbeitskraft an; sie hatten daher kein Interesse daran, eine Sklavennachkommenschaft großzuziehen, weil die Mutter für eine bestimmte Zeit nicht arbeiten konnte und die Kinder erst von einem gewissen Alter an arbeitsfähig waren. Eine Ergänzung und Erhöhung der Zahl der Sklaven konnte deshalb in der Regel nur durch Raubzüge und Kriege oder durch Kauf erfolgen.

Im 5. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung mußten sich die Griechen gegen die Angriffe des persischen Sklavenhalterstaates verteidigen. Nachdem die Perser bereits die kleinasiatischen Griechenstädte unterworfen hatten, versuchten sie 490 vor unserer Zeitrechnung auch Griechenland zu unterjochen. Die zahlenmäßig unterlegenen Griechen verteidigten heldenhaft ihre Heimat und wehrten den Angriff der Perser ab. Dieser unter der Führung Athens geführte sieg-

reiche Verteidigungskampf der griechischen Staaten festigte die Vorherrschaft der athenischen Sklavenhalterdemokratie in Griechenland. Bald trat jedoch der Gegensatz zwischen der athenischen Sklavenhalterdemokratie und der aristokratischen Sklavenhalterrepublik Sparta offen zutage. Diesem Kampf um die Vorherrschaft in Griechenland lag der sich in allen griechischen Staaten immer weiter zuspitzende Gegensatz zwischen der Aristokratie und dem Demos zugrunde: Der Peloponnesische Krieg, der von 431 bis 404 dauerte, führte vorübergehend zum Sturz der Sklavenhalterdemokratie in Athen und zur Errichtung einer von den Spartanern erzwungenen Aristokratenherrschaft, der sogenannten Tyrannis (Gewaltherrschaft, Alleinherrschaft) der dreißig. In den meisten von Sparta abhängigen griechischen Staaten wurden ebenfalls die Rechte und Errungenschaften abgeschafft, die sich der Demos erkämpft hatte, die Herrschaft der Aristokraten wurde errichtet. Ausbeutung und Unterdrückung des Demos durch die Aristokraten rief jedoch bald in allen Staaten starken Widerstand hervor, so daß die aristokratischen Regierungen wieder verjagt wurden – der Einfluß Spartas wurde beseitigt. In den folgenden Kämpfen, die zwischen Theben, Athen und Sparta um die Vorherrschaft in Griechenland geführt wurden, erschöpfte sich die Kraft dieser Staaten völlig. Aber nicht nur der Kampf der griechischen Staaten um die Vorherrschaft in Griechenland schwächte die Position der reichen Sklavenhalter, sondern vor allem die zahlreichen und immer heftiger werdenden Aufstände der Sklaven. So wurde Griechenland eine leichte Beute der mazedonischen Eroberer.

Die griechischen Sklavenhalter verloren zwar ihre politische Selbständigkeit, konnten jedoch ihre ins Wanken geratene Klassenherrschaft mit Hilfe der mazedonischen Eroberer festigen. Das Bündnis mit den ausländischen Aggressoren ist eine Erscheinung, die wir beim Studium der Geschichte noch öfter beobachten werden: In

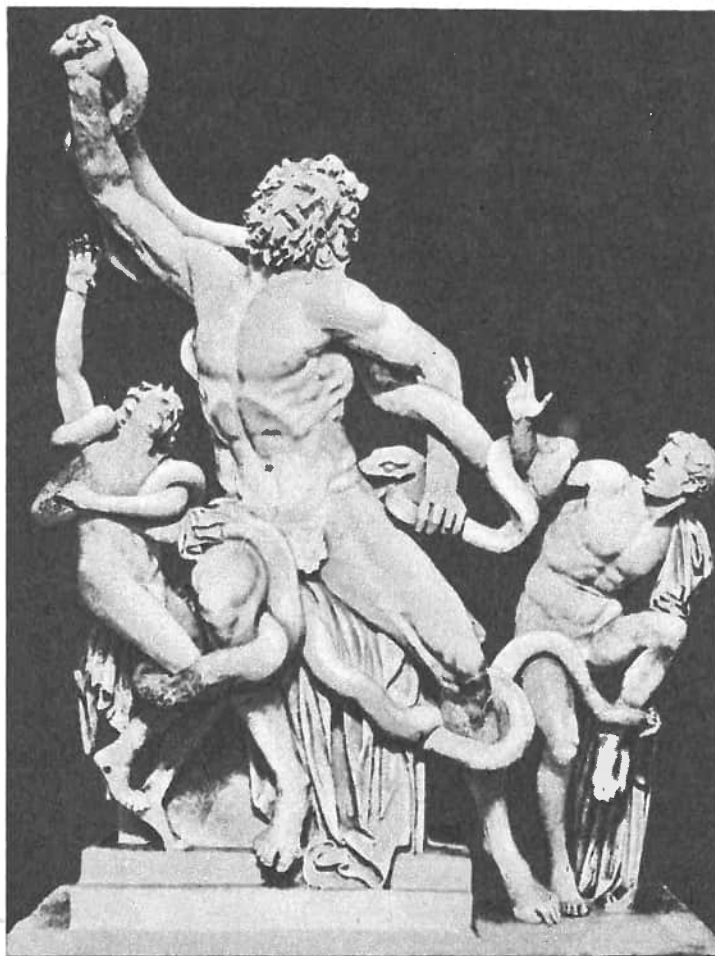


Abb. 21. Die Laokoongruppe. Diese aus weißem Marmor in Überlebensgröße gearbeitete Plastik der Bildhauer Agesandros, Polydoros und Athenodoros ist wohl das berühmteste der uns erhaltenen antiken Kunstwerke. Es stellt eine Stelle aus Vergils „Aeneis“ dar. Der Dichter beschreibt den Tod des Priesters Laokoon und seiner beiden Söhne, die durch zwei Schlangen erwürgt werden. An der Gruppe fällt vor allem die anatomische Richtigkeit des Muskelspiels sowie der vom Schmerz gezeichnete Gesichtsausdruck auf. Lessing nahm diese Darstellung zur Grundlage für sein klassisches Werk „Laokoon, oder über die Grenzen der Malerei und Poesie“.

vielen Fällen haben die herrschenden Klassen um sozialer Vorteile willen die nationalen Interessen verraten.

Alexander von Mazedonien vernichtete im Anschluß an die Eroberung Griechenlands den persischen Sklavenhalterstaat, der infolge der ständig zunehmenden Sklavenaufstände und der

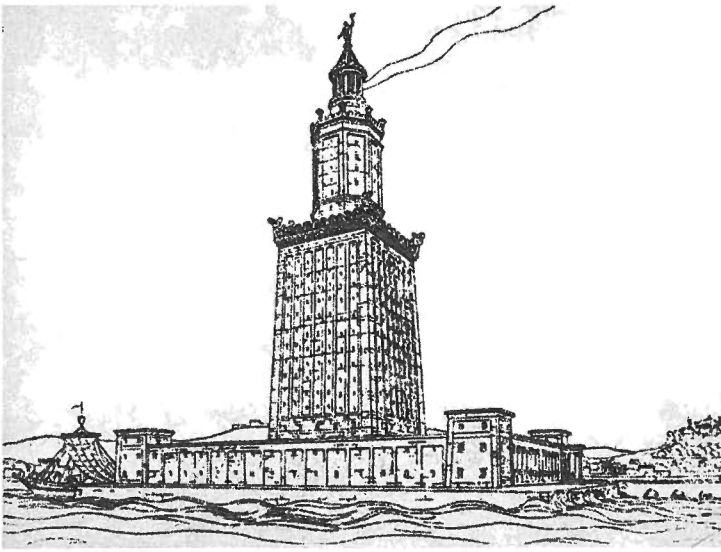


Abb. 22. Rekonstruktion des Leuchtturms von Pharos (Insel im Nildelta).

Erhebung der unterdrückten Völker und Stämme morsch geworden war und deshalb, ebenso wie Griechenland, eine leichte Beute der mazedonischen Eroberer wurde.

Alexander errichtete ein mächtiges „Weltreich“, das vom Balkan bis zum Indus, von Ägypten bis tief nach Zentralasien hinein reichte. Das „Persische Weltreich“, an dessen Spitze der „Großkönig“ stand, hatte aufgehört zu existieren. Die Völker Griechenlands, Kleinasien, Mesopotamiens, Palästinas, Ägyptens und anderer Länder wurden jetzt von dem mazedonischen Militärstaat unterdrückt und ausgebeutet. Für die Masse der Bevölkerung bedeutete dieser Wechsel der Herrschaft keine Änderung ihrer Lage.

Nunmehr breitete sich auch im Vorderen Orient die Massensklaverei aus. In dem großen Mazedonischen Weltreich entwickelte sich ein ausgedehnter Handel zwischen den einzelnen Reichsteilen. Es gab aber auch einen weitverzweigten Fernhandel mit Indien und China. Bis tief in das Innere Afrikas reichten die Handelsbeziehungen. Griechenland, dessen führende Rolle in den Mittelmeerländern bis dahin unbestritten war, wurde bald von den großen Handels- und Kulturzentren in Ägypten, Syrien und Mesopotamien überholt. Allerdings wurde der in Attika gesprochene griechische Dialekt zur Verkehrssprache im Mazedonischen Weltreich.

Nach dem Tode Alexanders zerfiel dieses Reich. Es stellte nur eine „zeitweilige, nicht stabile Vereinigung“ dar; es besaß keine „eigene ökonomische Basis“ und konnte deshalb nur eine kurze Lebensdauer haben. Das Reich zerfiel zwar, hatte aber eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung der Kultur geschaffen.

Die griechische Kultur verschmolz mit den Kulturen der Länder des Vorderen Orients. Es entstand die hellenistische Kultur. Auf den Gebieten der Wissenschaft, Literatur und bildenden Kunst wurden große Leistungen vollbracht. Diese Leistungen hatten einen gewaltigen Einfluß auf die weitere Entwicklung der Menschheit, der nicht unterschätzt werden darf. Wissenschaftler haben in dieser Periode, vor allem auf dem Gebiet der Naturwissenschaften, Großes geschaffen und

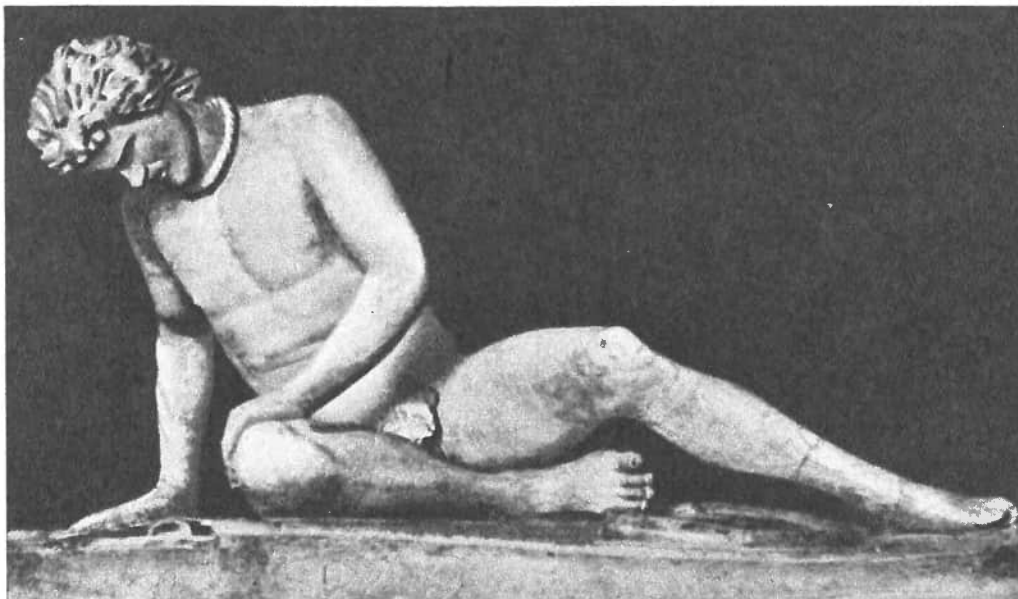


Abb. 23. Der sterbende Gallier. Eine der zahlreichen realistischen Plastiken aus der Periode des Hellenismus, die zum kulturellen Erbe auf dem Gebiete der bildenden Kunst gehören. Die Plastik wurde wahrscheinlich anlässlich des Sieges über die Galater (Volk in Kleinasien) geschaffen und im Tempel der Athene in Pergamon aufgestellt.

damit zur Höherentwicklung der Menschheit beigetragen.

Das bedeutendste Zentrum des Hellenismus wurde neben Pergamon und Ephesus die Stadt Alexandria. In diesen Städten entstanden Bauwerke, von denen einige zu den „Sieben Weltwundern“ des Altertums gerechnet werden, so der Tempel der Artemis in Ephesus, der Leuchtturm auf Pharos bei Alexandria (Abb. 22), der Koloß von Rhodos und andere.

Bereits im 2. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung kam es jedoch zum inneren Verfall dieser hellenistischen Staaten. Sie wurden nach und nach von dem schnell emporstrebenden römischen Sklavenhalterstaat unterworfen und zu römischen Provinzen gemacht. Damit verschob sich das Zentrum der auf der Massensklaverei beruhenden Sklavenhalterordnung vom Orient und vom östlichen Mittelmeer nach Italien und seinem Mittelpunkt Rom.

AUS DER GESCHICHTE ROMS

Der römische Sklavenhalterstaat war von Anfang an von den griechischen Kolonien in Unteritalien stark beeinflusst. Er breitete sich seit dem 5. Jahrhundert infolge zahlreicher Eroberungskriege über Mittel- und Süditalien aus, errang die Herrschaft über die ganze Apenninenhalbinsel und zerschlug in den drei Punischen Kriegen die phönizische (punische) Konkurrenz im westlichen Mittelmeer: Karthago. Seit der Zerstörung Karthagos und Korinths im Jahre 146 vor unserer Zeitrechnung war Rom die führende Macht im Mittelmeer. Mit der römischen Herrschaft breitete sich die antike Massensklaverei auch über die Gebiete am westlichen Mittelmeer aus. Durch die Versklavung zahlreicher Kriegsgefangener und großer Bevölkerungsteile der

unterworfenen Länder nahm die Sklaverei einen gewaltigen Umfang an. So wurden im Jahre 167 vor unserer Zeitrechnung aus 70 Städten in Epirus 160000 Menschen durch Rom versklavt. Große Sklavenmassen wurden nach Italien verschleppt und mußten in Bergwerken, Werkstätten und auf den Landgütern (Latifundien) der reichen Sklavenhalter arbeiten. Sklaven bauten auch die Straßen, die strahlenförmig von Rom aus nach allen Richtungen führten. (Die heute noch gebräuchliche Redensart „Alle Wege führen nach Rom“ erinnert an die zentrale Stellung

Abb. 24. Darstellung der verschiedenen Arbeiten der Feldsklaven. In der Mitte des Bildes (Relief auf einem Steinsarg) der Sklavenhalter

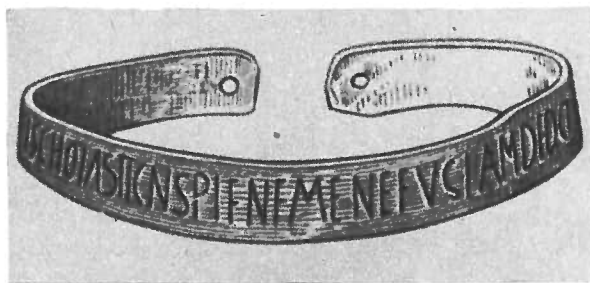




Abb. 25. Gefesselter Sklave bei der Feldarbeit.

Roms.) Der Masseneinsatz von Sklaven in der Landwirtschaft, vor allem auf den großen Latifundien, führte zum Ruin der freien römischen Bauern. Diese verarmten durch den ständigen Kriegsdienst und vor allem dadurch, daß sie mit dem billigen, auf den Latifundien produzierten Getreide nicht konkurrieren konnten. Viele Bauern gerieten so in die Hände von Wucherern, verschuldeten immer mehr und verloren schließlich Haus und Hof. Sie zogen in die Städte und vergrößerten die Zahl der städtischen Armen; sie behielten jedoch das römische Bürgerrecht und damit auch das Stimmrecht. Dadurch hatten sie einen Einfluß auf den Ausgang der jährlich stattfindenden Wahlversammlungen aller

Abb. 26. Halskette eines Sklaven mit der Aufschrift des Namens des Sklavenhalters.



römischen Freien. Die reichen Sklavenhalter versuchten die Massen vor den Wahlen durch „Brot und Spiele“, meist durch Getreidespenden und Gladiatorenkämpfe, für sich zu beeinflussen. Der römische Staat war zu dieser Zeit noch eine Sklavenhalterrepublik, an deren Spitze zwei gewählte Konsuln standen. Die reichen Sklavenhalter übten die Macht mit Hilfe eines Behördenapparates, des Magistrats, aus, der auf ein Jahr gewählt wurde.

Die zahlreichen, mit gutem Erfolg geführten Eroberungskriege brachten nicht nur Sklaven nach Rom, sondern auch große Reichtümer, die aus den unterworfenen Ländern herausgepreßt wurden. Die großen Sklavenhalter wurden immer reicher; die „freien“ Armen blieben arm. So verschärften sich die sozialen Gegensätze immer mehr. Es entstand für die reichen Sklavenhalter die große Gefahr, daß die verarmten und verelendeten Bauern mit den Sklaven ein Bündnis eingehen könnten. Es bestand aber auch die Möglichkeit, daß die unterworfenen und ausgebeuteten Völker bei einer gemeinsamen Aktion der Sklaven und der freien Armen die Gelegenheit ergreifen würden, sich vom römischen Joch zu befreien. Anzeichen dafür waren genügend vorhanden. In Sizilien und Kleinasien war es bereits zu großen Sklavenaufständen gekommen, die nur mit größter Anstrengung unterdrückt worden waren. Dazu kam, daß die Bauern eine Aufteilung der Latifundien und Landzuweisung forderten. Außerdem verlor das Heer infolge des Ruins vieler kleiner Bauern, die die Masse der Soldaten gestellt hatten, an Schlagkraft. Die beiden Volkstribunen Tiberius und Gaius Gracchus versuchten in den Jahren 133 und 123/22 vor unserer Zeitrechnung Reformen durchzusetzen, nach denen eine Höchstgrenze für den Landbesitz festgesetzt und das übrige Land an arme Römer verteilt werden sollte. Diese Maßnahmen waren ein Versuch, die revolutionäre Situation durch Reformen abzuwürgen. Die beiden Gracchen gerieten bald in Widerspruch zu den Latifundien-



Abb. 27. Darstellung eines reichen Römers. Er trägt das charakteristische Bekleidungsstück, die Toga; sie besteht aus einem einzelnen Tuchstück, das in kunstvolle Falten gelegt wurde. Die Senatoren trugen an der Toga einen Purpurstreifen.

besitzern und wurden in deren Auftrag, bevor sie ihre Reformpläne verwirklichen konnten, ermordet. Nach dem Scheitern dieser Reformen spitzten sich sowohl die Gegensätze innerhalb der herrschenden Klasse der Sklavenhalter – zwischen den verschiedenen Schichten und Gruppen – als auch zwischen Rom und den unterworfenen Provinzen immer mehr zu. Ein erneuter Sklavenaufstand in Sizilien, ein Sklavenaufstand im Bosporanischen Reich, der sogenannte Bundesgenossenkrieg, die Aufstände in Griechenland und Kleinasien sind ein Ausdruck der sich ständig verschärfenden revolutionären Situation. Außerdem bedeuteten die Kämpfe gegen die Kimbern und Teutonen, die auf ihren Wanderungen – von Jütland kommend – die Alpen überschritten hatten und in das Römische Reich eingefallen waren, schwere Belastungsproben für die römische Sklavenhalterrepublik. Die herrschende Klasse sah die einzige Rettung in der Verstärkung der bewaffneten Macht. 105 vor unserer Zeitrechnung wurde deshalb eine Militärreform durchgeführt. Jetzt hatten alle römischen Bürger, auch diejenigen, die nur ein geringes oder überhaupt kein Vermögen besaßen, die Möglichkeit zum Heeresdienst. Sie erhielten

nunmehr einen festen Sold und außerdem das Versprechen, nach Beendigung ihrer Dienstzeit Ackerland zu erhalten. Nur selten jedoch wurden diese Versprechen gehalten. Die Reform bildete für viele Besitzlose einen großen Anreiz; sie strömten in Massen in das Söldnerheer. Die reichen römischen Sklavenhalter hatten nunmehr ein schlagkräftiges Instrument für ihre Eroberungspolitik. Sie eroberten fast alle Länder, die um das Mittelmeer lagen, und unterdrückten die zahlreichen Aufstände der Sklaven sowie der unterworfenen Bevölkerung in den Provinzen.

Der größte und für die herrschende Klasse gefährlichste Sklavenaufstand war in den Jahren 74 bis 71 vor unserer Zeitrechnung. Es ist der Aufstand des Spartakus. Er wurde durch einen Fluchtversuch von 200 Gladiatoren aus der Gladiatorenschule in Capua ausgelöst. Den 70 Sklaven, denen unter Führung des thrakischen Kriegsgefangenen Spartakus die Flucht gelungen war, schlossen sich bald Tausende von Sklaven an. In kurzer Zeit verbreitete sich der Sklavenaufstand über den größten Teil Süditaliens. Verarmte Bauern schlossen sich dem

Abb. 28. Gehilfen der römischen Konsuln, der obersten Organe des römischen Magistrats. Die Liktores – so wurden diese Gehilfen genannt – trugen zum Zeichen der Macht ein Rutenbündel, aus dem ein Beil herausragte (Symbol für Prügelstrafe und Enthauptung).

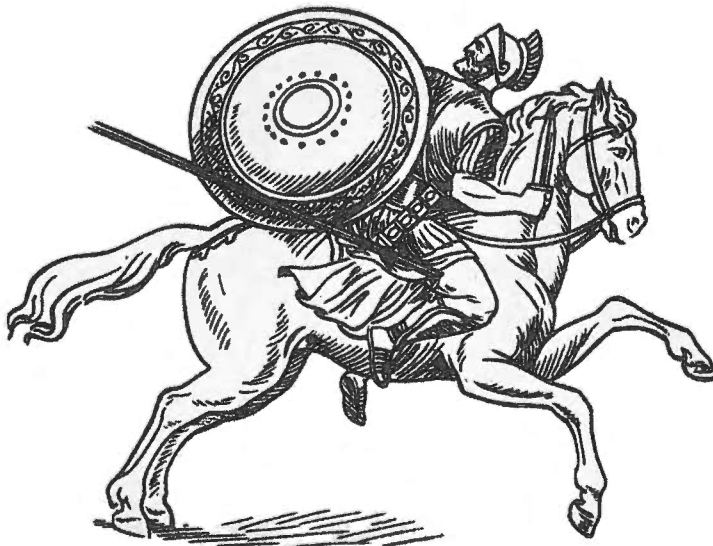




Abb. 29. Römische Legionäre. Im Hintergrund der römische Legionsadler, das Feldzeichen der römischen Legion (Truppeneinheit).

Sklavenheer des Spartakus an, die Existenz Roms war gefährdet. Schließlich scheiterte jedoch dieser Aufstand, weil den um ihre Freiheit kämpfenden Sklaven und den um Land kämpfenden Bauern eine einheitliche Zielsetzung fehlte. Ein Teil der Sklaven wollte so schnell wie möglich in seine Heimat; ein anderer Teil wollte sich zuvor an den Peinigern rächen und Rom zerstören. Die Bauern dagegen wollten in Italien bleiben und Grund und Boden erwerben. Trotz bedeutender Siege, die die tapfer kämpfenden Heere

Abb. 30. Darstellung einer Kampfszene. Spartakus, am Oberschenkel verwundet, kämpft weiter und fällt, wie selbst seine Feinde, die römischen Sklavenhalter, zugeben mußten, wie ein Held und großer Feldherr.



der Sklaven unter der Führung des Spartakus errangen, gelang es dem römischen Staat schließlich, durch rücksichtslosen Einsatz seines ganzen Machtapparates die uneinigen und dadurch geschwächten Aufständischen zu vernichten.

Kurz nach der Niederwerfung der Sklaven, an denen die Sieger grausamste Rache übten, kam es innerhalb der Klasse der reichen Sklavenhalter zu erbitterten Kämpfen um die Führung im römischen Sklavenhalterstaat. In diesen Kämpfen ging es lediglich darum, welche Schicht oder Gruppe der Sklavenhalter die oberste Macht ausüben sollte. Nach jahrzehntelangen Bürgerkriegen gelang es schließlich Gajus Julius Cäsar, die Alleinherrschaft zu erringen. Sein Ziel war es, eine Monarchie nach dem Vorbild der hellenistischen Staaten, eine orientalische Despotie, zu errichten. Er konnte diesen Plan jedoch nicht verwirklichen. Im Jahre 44 vor unserer Zeitrechnung wurde er von seinen politischen Gegnern ermordet.

Die Entwicklung ließ sich aber durch individuellen Terror nicht aufhalten. Die Zeiten der Sklavenhalterrepublik waren endgültig vorbei. Schließlich siegte der Großneffe Cäsars, der sich auf die Stärke des Heeres und die Gunst der Volksmassen stützte. Zum Dank dafür, daß er die Herrschaft der Sklavenhalter wieder festigte, wurde ihm vom Senat der Ehrenname „Augustus“ (der Erhabene) verliehen. Mit Augustus beginnt bereits in Wirklichkeit die Kaiserzeit in der römischen Geschichte, auch wenn das Staatsoberhaupt seine fast absolute Stellung hinter dem Titel „Princeps“ verbarg. (Das Wort Princeps bedeutet wörtlich übersetzt „Der Erste unter den Häuptern“, wobei wir unter „Häuptern“ die reichen Sklavenhalter zu verstehen haben.)

In der ersten Periode der Kaiserzeit, dem sogenannten Prinzipat, erreichte das Römische Reich seine größte territoriale Ausdehnung. Es reichte von Schottland bis an den Rand der Sahara, von Portugal bis an den Euphrat und Tigris. Die rö-

mischen Sklavenhalter versuchten auch die Grenzen ihres Reiches bis an die Elbe vorzuschieben. Die römischen Legionen unter Varus wurden jedoch in der Schlacht im Teutoburger Wald von den unter Arminius geeinigten germanischen Stämmen vernichtend geschlagen und mußten ihre Versuche zur Unterjochung Germaniens aufgeben. Diese Schlacht bildete, wie Friedrich Engels sagte, „einen der entscheidendsten Wendepunkte der Geschichte . . . Mit ihr war die Unabhängigkeit Deutschlands von Rom ein für allemal entschieden.“ (15)

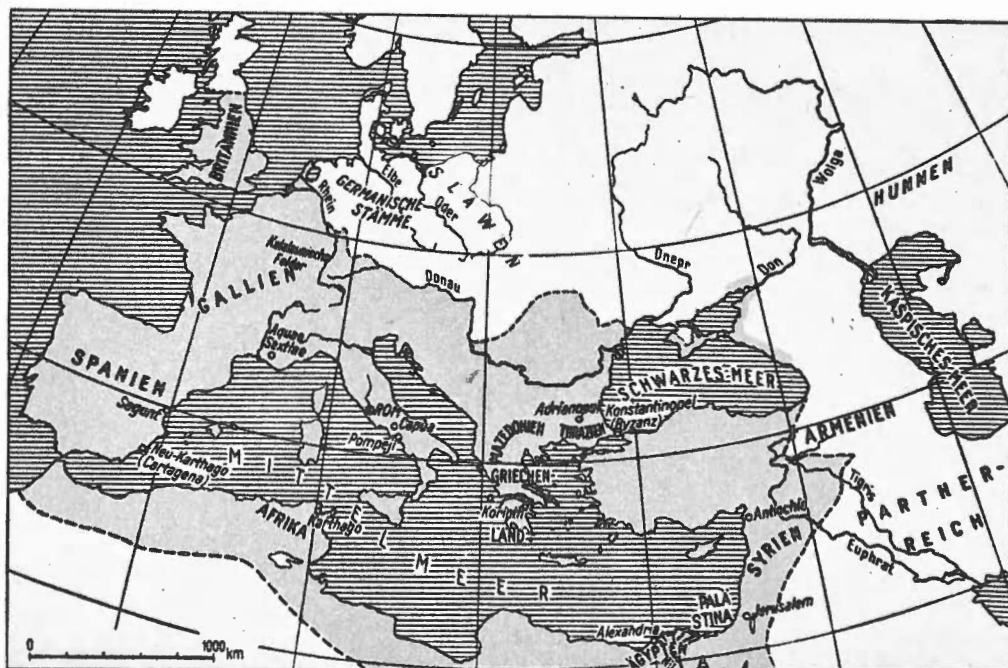
Im 1. Jahrhundert unserer Zeitrechnung erreichte Rom seine größte kulturelle Blüte. Die Stadt Rom, das Zentrum des römischen Weltreiches, entwickelte sich zu einer Millionenstadt. Kunst, Wissenschaft und Literatur wurden von den römischen Kaisern zur Verherrlichung und Festigung ihrer Macht gefördert. Reiche Schätze wurden aus allen Teilen des römischen Imperiums nach Rom gebracht. Die Kaiser ließen Amphitheater, Thermen, Paläste und andere prächtige öffentliche Gebäude errichten, die heute noch unsere Bewunderung finden. Zahlreiche Säulen und Triumphbögen verherrlichten die Kriegstaten der einzelnen Kaiser. Aber nicht nur die Kaiser, sondern auch die reichen Sklavenhalter ließen sich prächtige Häuser bauen und diese durch Künstler prunkvoll ausgestalten. Die römische Kunst und Literatur, die sich

Abb. 31. Darstellung des Augustus im Prunkpanzer.



an die großen Vorbilder aus der klassischen griechischen Periode und der hellenistischen Kultur anlehnte, erreichte eine bedeutende Höhe. Wenn wir diese Kulturdenkmäler bewundern, dürfen wir jedoch nicht vergessen, daß sie auf der Grundlage der schärfsten Ausbeutung der Sklaven und Bauern und der Ausplünderung der Provinzen entstanden sind. Auf der einen Seite sehen wir den unermesslichen Luxus und den zunehmenden Sittenverfall der herrschenden Klasse – auf der anderen tiefstes Elend, Not und

Abb. 32. Das römische Imperium zur Zeit seiner größten Ausdehnung im 1. Jahrhundert n. Z.



Unterdrückung. Die unterdrückten und ausgebeuteten Massen sahen keinen Ausweg aus ihrer verzweiferten Lage. Sie sahen keine Möglichkeiten, die bestehenden Zustände in irgendeiner Weise zu verändern. Deshalb liehen diese „Mühseligen und Beladenen“ dem Erlösungsglauben, der jetzt in allen religiösen Auffassungen und Lehren sowie in allen religiösen Kulte eine Rolle zu spielen begann, bereitwillig ihr Ohr. Was ihnen das Diesseits nicht geben konnte, erhofften sie vom Jenseits.

Seit dem 1. Jahrhundert unserer Zeitrechnung begann neben den verschiedenen orientalischen Erlösungskulte eine neue Erlösungs- und Offenbarungsreligion großen Einfluß auf die Massen zu gewinnen: das Christentum. Es breitete sich zunächst im 1. und 2. Jahrhundert in allen östlichen Provinzen des Römischen Reiches aus. Bald aber fand es auch in Italien und in der Hauptstadt des Reiches zahlreiche Anhänger. Die Lehre von der Gleichheit aller Menschen, die Forderung nach gemeinsamem Besitz, der in den ältesten Christengemeinden angestrebt wurde, entsprachen so recht den Bedürfnissen und Forderungen der Unterdrückten und Ausgebeuteten. Zu diesen Forderungen kam noch die Lehre von der Nächstenliebe, von der Brüderlichkeit

aller Menschen, gleich, ob arm oder reich, ob Freier oder Sklave. Der soziale Inhalt dieser Lehre trug in starkem Maße dazu bei, daß diese Religion bei den Massen so großen Anklang fand. Aber gleichzeitig verleitete diese Lehre auch zu einer „Flucht in das Jenseits“. Sie vertröstete die Sklaven und Armen auf ein besseres Jenseits und lehrte, daß das Reich des Messias „nicht von dieser Welt“ sei. Dadurch wurden die Massen von ihrem gerechten Kampf um die Befreiung vom Joch der reichen Sklavenhalter abgehalten. Die Kirche geriet anfänglich in Konflikte mit dem römischen Sklavenhalterstaat, da sie die göttliche Verehrung des Kaisers ablehnte. Darin sahen die Kaiser einen Angriff auf die bestehende Ordnung. Es kam zu den sogenannten Christenverfolgungen. Im Jahre 324 unserer Zeitrechnung wurde jedoch das Christentum zur Staatsreligion erhoben. Die inzwischen reich gewordene Kirche, die an einer Veränderung der politischen Zustände nicht mehr interessiert war, bildete von diesem Zeitpunkt an einen der Pfeiler, der den römischen Sklavenhalterstaat stützte.

In dieser Zeit hatte bereits eine allgemeine Krise die Sklavenhaltergesellschaft erfaßt; sie erstreckte sich auf alle Gebiete des gesellschaftlichen

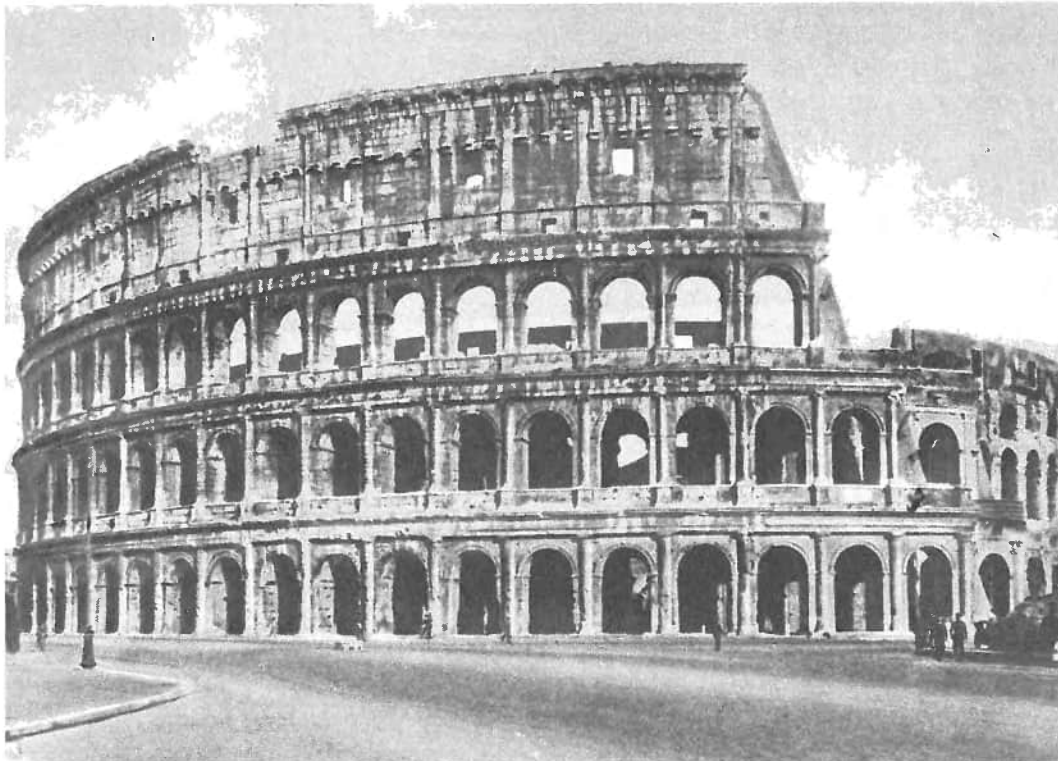
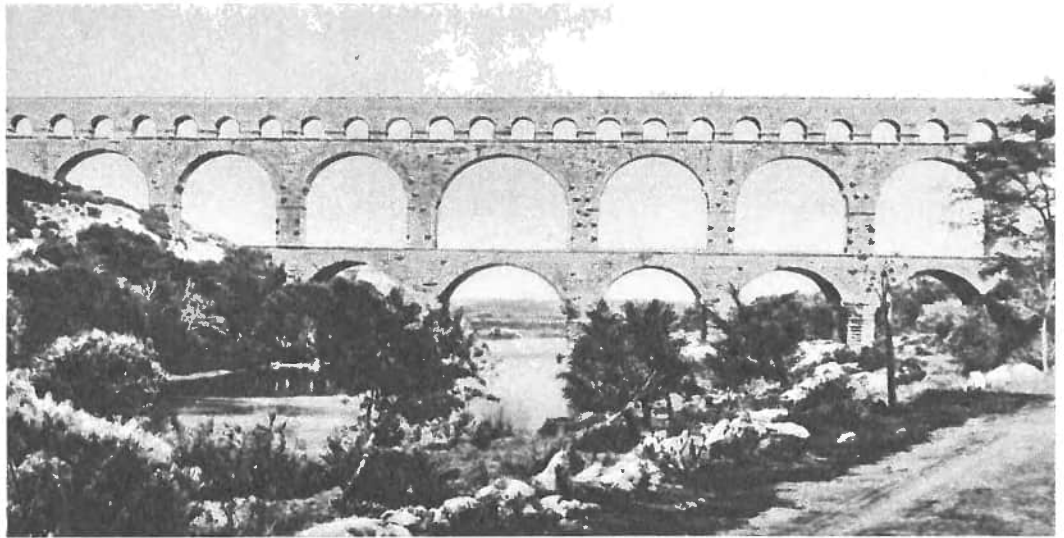


Abb. 33. Das Kolosseum in Rom. Es wurde im Jahre 80 u. Z. vollendet (Länge 185 m, Breite 156 m, Höhe 48,5 m) und faßte etwa 50 000 Menschen. Es diente als Arena für Gladiatorenkämpfe und andere Schauspiele.

Abb. 34. Brücke aus der Römerzeit bei Nîmes in Südfrankreich. Darüber eine Wasserleitung (Aquädukt).



Lebens und führte schließlich zum Untergang der römischen Sklavenhalterordnung. Die Landwirtschaft verfiel immer mehr. Die meisten Bauern waren durch die Einfuhr billigen Getreides aus den Provinzen nicht mehr in der Lage, ihre Produkte abzusetzen. Sie verschuldeten immer mehr, verließen ihre Höfe oder wurden von ihnen vertrieben. Die Sklaven, die auf den Latifundien arbeiteten, hatten kein Interesse an einer Steigerung der Produktivität ihrer Arbeit. Sie versuchten im Gegenteil, ihren Herren soviel Schaden wie möglich zuzufügen. Seit dem 2. Jahrhundert unserer Zeitrechnung hatte das Römische Reich fast keine Möglichkeit mehr, Sklaven zu erwerben, da es seither keine größeren Eroberungskriege führte. Im Gegenteil, es mußte alle Machtmittel einsetzen, um seine Grenzen gegen Einfälle der „Barbaren“ zu sichern und Aufstände im Innern des Reiches, namentlich in den Provinzen, niederzuhalten. Im Zusammenhang mit der Handels- und Finanzkrise verschlechterte sich die Lage der Werktätigen in der Landwirtschaft und im Handwerk noch mehr, da die Absatzschwierigkeiten infolge der wachsenden wirtschaftlichen und politischen Selbständigkeit der Provinzen und infolge ständiger Geldentwertung immer größer wurden. Die Latifundienbesitzer versuchten der Krise dadurch Herr zu werden, daß sie große Teile ihres Landes in kleinere Parzellen aufteil-

ten und diese an verarmte Bauern, freigelassene Sklaven und angesiedelte Germanen verpachteten. Sie gingen von der Erwägung aus, daß diese Kolonen – so nannte man die Pächter – ihnen eine entsprechende Pachtsumme zahlen sollten. Sie hofften außerdem, den zunehmenden Verfall der Landwirtschaft durch diese Maßnahme aufhalten zu können. Die Kolonen waren deshalb an einer Steigerung des Bodenertrages interessiert, weil sie im Gegensatz zu den Sklaven einen Teil der von ihnen erzeugten Produkte für sich

Abb. 35. Kapelle in den Katakomben Roms mit Nischengräbern. In unterirdischen Gängen und Höhlen versammelten sich anfänglich die Anhänger des Christentums. Dort begruben sie auch ihre Toten. Die Katakomben dienten als Verstecke während der sogenannten Christenverfolgungen.

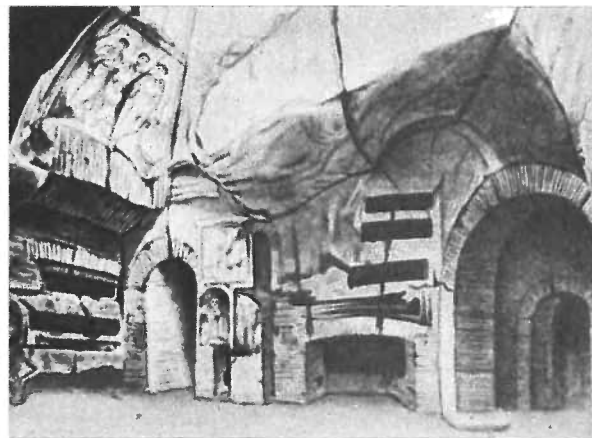




Abb. 36. Triumphbogen des Titus. Errichtet anlässlich des Sieges der Römer über die Juden. In diesem Kriege wurde unter dem Oberbefehl des späteren Kaisers Titus im Jahre 70 u. Z. Jerusalem zerstört.

behalten konnten. Aber auch das Kolonat konnte die Sklavenhaltergesellschaft nicht mehr vor dem Untergang retten. Die Ausbeutung der Kolonen wurde immer stärker, die Abgaben wurden immer höher und drückender; die Steuer-schraube wurde immer mehr angezogen. Das alles führte zu einer Verelendung der Kolonen und hatte ihre Flucht aus dem Kolonat in die Städte zur Folge. Deshalb versuchten die Kaiser, durch Gesetze das Verlassen der Güter zu verbieten. Die Kolonen waren somit an die Scholle gebunden, sie wurden zu Leibeigenen und waren schutzlos der Ausplünderung durch ihre Herren ausgeliefert.

Aber nicht nur die Bevölkerung auf dem Lande, sondern auch die große Masse der Stadtbevölkerung war dem wirtschaftlichen Ruin preisgegeben. Auch sie verelendete mehr und mehr. Absatzschwierigkeiten, Steigen der Lebensmittelpreise und die ungeheuren Steuerlasten führten dazu, daß die Handwerker jegliches Interesse an der Ausübung ihres Berufes verloren. Sie übten ihren Beruf, der sie nicht mehr ernähren konnte, einfach nicht mehr aus und versuchten auf alle mögliche Art ihr Leben zu fristen. Sie handelten und tauschten, bettelten oder lebten von öffentlichen Unterstützungen. Auch hier versuchte die herrschende Klasse, durch Gesetze Einhaltung zu gebieten. Sie erließ zum Beispiel das strenge Verbot, den Beruf zu ändern oder die Stadt zu verlassen. Die Handwerker wurden in sogenannten Kollegien zusammengefaßt, in denen sie unter strenger Aufsicht arbeiten mußten.

Infolge der ständig zunehmenden Verelendung der großen Masse der Bevölkerung in Stadt und Land verschärften sich die Klassengegensätze immer mehr. Die Aufstände der Sklaven und freien Armen wurden jetzt zu einer Dauerscheinung. Ein Aufstand löste den anderen ab. Die kleine Schicht der schmarotzenden reichen Sklavenhalter versuchte der anwachsenden Krise durch die Verschärfung der Militärdiktatur Herr zu werden. Das Heer bildete die einzige stabile Stütze der Sklavenhalterordnung. Die nackte, brutale und schrankenlos ausgeübte Gewaltherrschaft war „die letzte Weisheit“ der herrschenden Klasse, war das einzige Mittel, das dem Sklavenhalterstaat verblieb, um seine Herrschaft aufrechtzuerhalten.

Die Truppen riefen ihre Feldherren zu Kaisern aus, da sie sich davon eine Verbesserung ihrer Lage versprachen. Sie erhofften eine Erhöhung ihres Soldes, Landzuweisungen, Extragrattifikationen und ähnliches. Und in der Tat, die Feldherren sparten nicht mit Versprechungen. Man nennt diese Periode in der Geschichte des Römischen Reiches die Zeit der Soldatenkaiser. Oft

wurden mehrere Feldherren zu gleicher Zeit von ihren Truppen zu Kaisern ausgerufen. Ein Soldatenkaiser bekämpfte den anderen; jeder wollte die Alleinherrschaft erringen. Fast alle starben eines gewaltsamen Todes, da jeder Feldherr nach der Kaiserwürde strebte und erst seinen Vorgänger aus dem Weg räumen mußte, um seine Nachfolgerschaft antreten zu können.

Die Periode der Soldatenkaiser wurde abgelöst durch eine neue, besondere Form der Militärdiktatur, das sogenannte Dominat. Diese Staatsform hat ihren Namen daher, daß der Kaiser den Titel „Dominus et deus“ (Herr und Gott) für sich in Anspruch nahm. Sie wird dadurch charakterisiert, daß der Kaiser nach orientalischem Vorbild absolut regierte, ohne den Senat zu befragen. Er regierte jedoch im Interesse der reichen Sklavenhalter und unternahm alles, um die Herrschaft der Sklavenhalter zu sichern. Einer der bedeutendsten Kaiser dieser Periode war Diokletian, der als Kommandeur der kaiserlichen Leibgarde, der Prätorianer, zum Kaiser ausgerufen wurde. Zur Festigung der Herrschaft führte er eine Verwaltungs- und Heeresreform durch. Außerdem zentralisierte er die Verwaltung. Damals wurde das römische Imperium in zwei Militärmonarchien aufgeteilt. Diokletian übernahm die Regierung über den östlichen Reichsteil. Er verstärkte aber auch die Beamtenbürokratie und das Söldnerheer. Diese Maßnahmen hatten eine vorübergehende Stärkung der Macht der römischen Sklavenhalter zur Folge.



Abb. 37. Die Porta Nigra in Trier.

Der Name kommt von dem schwärzlichen Stein, aus dem dieses gewaltige Tor (36 m lang, 21 m breit und 23 m hoch) erbaut ist. Trier war zunächst das Zentrum eines keltischen Stammes, der Treverer. Zur römischen Kaiserzeit war Augusta Treverorum Sitz der Provinzialverwaltung, seit Beginn des 4. Jh. u. Z. Sitz eines Bischofs. In Trier gibt es weitere Überreste aus der Römerzeit, so z. B. einen Teil des Domes, die Überreste der Thermen und des Stadions.

Seit dieser Zeit wurden neben Sklaven und Kolonen auch Barbaren in das Heer aufgenommen. Mit dem Ausdruck Barbaren bezeichneten zuerst die Griechen und dann auch die Römer alle Nichtgriechen bzw. alle Nicht Römer, wie die Illyrer, Kelten, Germanen, Skythen, Slawen, die damals noch in der Periode der Urgemeinschaft

Abb. 38. Steinrelief. Kolonen bei der Ablieferung von Naturalprodukten.



lebten. Sie verwendeten diesen Ausdruck aber auch für kulturell hochentwickelte Völker, wie die Perser, Ägypter, Juden und andere.

Alle diese Maßnahmen der herrschenden Klasse konnten jedoch den Verfall des römischen Sklavenhalterstaates nicht aufhalten. Konstantin, der nach dem Rücktritt Diokletians aus dem Streit um die Nachfolge als Alleinherrscher hervorging, machte im Jahre 330 unserer Zeitrechnung die Stadt Byzanz, die nach ihm Konstantinopel genannt wurde, zur Hauptstadt des Römischen Reiches. Dadurch verlagerte sich das politische Schwergewicht des Römischen Reiches nach der östlichen Reichshälfte.

Für Rom bedeutete diese Verlegung der kaiserlichen Residenz nach dem Osten eine Steigerung der Macht des römischen Bischofs, der innerhalb der christlichen Gemeinde Roms und bald auch innerhalb der christlichen Kirche eine führende Stellung einnahm. In der Kirche setzte sich für den römischen Bischof immer mehr der Titel Papst (von papa = Vater) durch. Im Mittelalter beriefen sich die Päpste auf eine angebliche Schenkung Konstantins und leiteten daraus einen Anspruch auf den Besitz des Kirchenstaates sowie auf die Vorherrschaft über die weltlichen Fürsten ab.

Gegen Ende des 4. Jahrhunderts brach die latente Krise wieder offen aus. Es begann „die Periode der Revolution der Sklaven“, die zum Untergang des Weströmischen Reiches führte. Aus der Tatsache, daß germanische Stämme und Völkerschaften das Weströmische Reich endgültig zertrümmerten und auf seinem Territorium Staaten gründeten, zogen nationalistisch-chauvinistische Historiker die Schlußfolgerung, daß die Germanen auf Grund einer rassistisch bedingten Überlegenheit hierzu besonders befähigt wären. Friedrich Engels widerlegte diese völlig unwissenschaftliche und gefährliche Auffassung treffend: „Nicht ihre spezifischen nationalen Eigenschaften waren es, die Europa verjüngt haben, sondern einfach ihre Barbarei, ihre Gentilverfassung.“ (16)

Die germanischen Eroberer, die noch im Stadium der sich auflösenden Urgemeinschaft lebten, waren jedoch nur deshalb diese „verjüngende Kraft“, weil sich die alte Welt, die alte Gesellschaftsordnung, überlebt hatte, weil sie untergehen mußte. Die Eroberer konnten nur deshalb siegen, weil die unterdrückten und ausgebeuteten Massen, die Sklaven, Kolonen und Handwerker, sich gegen die Sklavenhalter erhoben hatten, weil im ganzen Römischen Reich erbitterte Klassenkämpfe tobten. Außerdem waren mächtige Befreiungsbewegungen der unterdrückten Völker im Gange, die die Sklavenhalterordnung bis ins Mark hinein erschütterten. So trat schließlich das ein, was eintreten mußte:

„Die Revolution der Sklaven beseitigte die Sklavenhalter und hob die Sklaverei als Form der Ausbeutung der Werktätigen auf. An die Stelle der Sklavenhalter setzte sie aber Feudalherren und die Leibeigenschaft als Form der Ausbeutung der Werktätigen. Die einen Ausbeuter wurden durch andere Ausbeuter abgelöst.“ (17)

Die Revolution der Sklaven war nur möglich, weil sich die römische Sklavenhalterordnung in einer allgemeinen Krise befand. Der Spartakusaufstand hatte es noch nicht vermocht, die Sklavenhalterordnung zu beseitigen. Er blieb trotz der schweren Schläge, die er dem römischen Staat vorübergehend versetzen konnte, isoliert. Die Masse der Bauern und die Armee hielten noch zur bestehenden Sklavenhalterordnung.

Anders war die Lage in der Periode der allgemeinen Krise des Sklavenhaltersystems. Die Verelendung der Bauern und der Handwerker, ihre zwangsweise Bindung an einen Beruf, der sie kaum noch ernähren konnte, hatten die Voraussetzungen und eine dauerhafte Grundlage für ein enges Bündnis mit den Sklaven geschaffen. Die revolutionären Bewegungen waren dadurch gekennzeichnet, daß die Sklaven, Kolonen, Handwerker und auch Söldner geschlossen gegen die Sklavenhalter auftraten. Es häuften sich die Fälle, wo kaiserliche Truppen

zu den Aufständischen übergangen oder den Kampf gegen diese verweigerten. Ein weiterer Verbündeter im Kampf gegen die Sklavenhalter waren die Barbaren, die in das Römische Reich eingewandert waren und dort angesiedelt oder in das Heer aufgenommen wurden. Der größte Teil der Barbaren erschien allerdings als Eroberer und gab der römischen Sklavenhalterordnung sozusagen den Gnadenstoß. Während die Barbareneinfälle bis zum 3. Jahrhundert noch erfolgreich abgewehrt werden konnten, war jetzt die innere Kraft des Imperiums durch die Revolution der Sklaven so sehr geschwächt, daß vom 3. Jahrhundert an immer mehr Barbaren in das römische Gebiet eindringen, so daß im 5. Jahrhundert das Weströmische Reich endgültig zerfiel. Der Todeskampf des Weströmischen Reiches wurde eingeleitet durch den Einfall der Hunnen nach Europa. Dadurch gerieten die ostgermanischen Stammesverbände, die Völker der Ost- und Westgoten, der Wandalen und Burgunder, in Bewegung. Wir bezeichnen diese Wanderungen der Germanen als die Zeit der Völkerwanderung. Die große Gefahr, die das gewaltige Reich des Hunnenkönigs Attila für das römische Imperium bedeutete, konnte zwar mit Hilfe der Germanen - der Westgoten, Burgunder, Franken - in der Schlacht auf den Katalaunischen Feldern im Jahre 451 unserer Zeitrechnung noch abgewendet werden.

Nachdem um 415 auf den ehemals römischen Territorien in Südgallien und Spanien bereits ein großes Westgotenreich entstanden war und sich auf gallischem und süddeutschem Boden Fran-

ken, Burgunder und Alemannen angesiedelt hatten, nachdem die Stadt Rom bereits zweimal erobert und geplündert und die weströmischen Kaiser praktisch nur noch Marionetten darstellten, setzte der germanische Söldnerführer Odoaker im Jahre 476 unserer Zeitrechnung den Schlußstrich unter diese Entwicklung. Er setzte den letzten weströmischen Kaiser ab und nannte sich „König der Germanen in Italien“. Im Jahre 493 unserer Zeitrechnung eroberten die Ostgoten unter Theoderich Italien und gründeten dort das Ostgotenreich. Sieben Jahre vorher hatten die Franken unter Chlodwig den letzten römischen Statthalter in Gallien besiegt. Auf dem Boden der römischen Provinz Gallien, wo bereits Jahrhunderte hindurch die Bagaudenaufstände die Herrschaft der Sklavenhalter erschüttert hatten, entstand das Frankenreich - ein Staat, der im Gegensatz zu den anderen germanischen Staatenbildungen auf dem Territorium des ehemaligen Römischen Reiches nicht unterging. Hier entwickelte sich eine neue Gesellschaftsordnung, der Feudalismus.

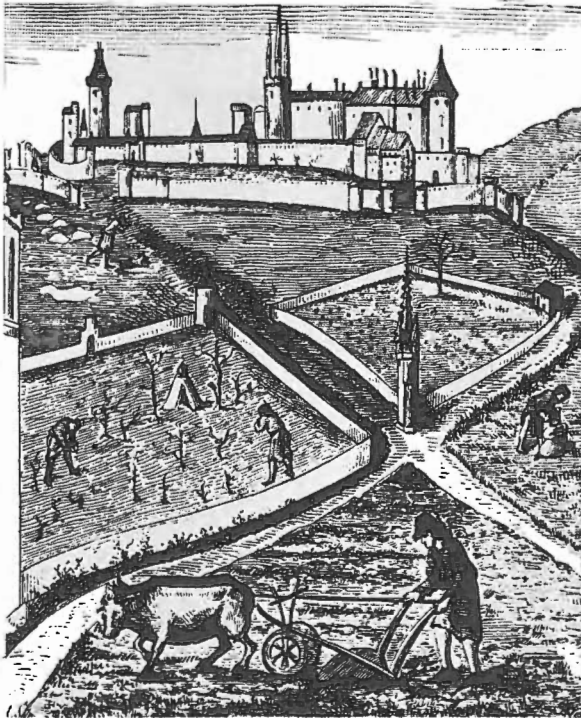
Das Oströmische Reich konnte noch fast 1000 Jahre seine Selbständigkeit bewahren, es blieb allerdings kein Sklavenhalterstaat. Die Slawen, die seit dem 6. Jahrhundert in dieses Reich eindringen, zerstörten es nicht, sondern führten ihm eine zahlreiche militärisch tüchtige und an der Produktion interessierte Bauernschaft zu. Auch hier begann sich die feudale Gesellschaftsordnung mit ihren beiden Hauptklassen, dem Feudaladel und den abhängigen Bauern, zu entwickeln.

BAUER, BÜRGER, EDELMANN (DER FEUDALISMUS)

ERIK HUHN S

DER Feudalismus bedeutet gegenüber der Sklavenhaltergesellschaft einen Fortschritt in der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft. Die Fortschritte in der Entwicklung der Produktivkräfte erforderten von den Arbeitenden Initiative und Interesse an der Arbeit. Entsprechend dem Stand der Produktivkräfte in dieser Periode – „weitere Verbesserung der Gewinnung und Verarbeitung des Eisens; Verbreitung des eisernen Pfluges und des Webstuhls; weitere Entwicklung des Ackerbaus, der

Abb. 1. Ländliche Arbeiten; im Hintergrund eine Burg. (14. Jahrhundert, nach einer Miniatur aus den „Grandes heures“ des Herzogs Jean de Berry.)



Gartenwirtschaft, des Weinbaus, der Ölgewinnung; das Aufkommen von Manufakturbetrieben neben den Werkstätten der Handwerker“ (18) – trat an die Stelle des Sklaven der Leibeigene, der von dem Feudalherrn unterdrückt und ausgebeutet wurde.

„In der Feudalordnung ist die Grundlage der Produktionsverhältnisse das Eigentum des Feudalherrn an den Produktionsmitteln und beschränktes Eigentum an dem Produzenten, dem Leibeigenen, den der Feudalherr zwar nicht mehr töten darf, den er aber verkaufen und kaufen kann. Neben dem Feudaleigentum existiert

Abb. 2. Mönche beim Klosterbau. (15. Jahrhundert.)





Abb. 3. Mittelalterliche Schule. Der Lehrer trägt eine Rute, das Symbol seines Berufes in der damaligen Zeit.

das individuelle Eigentum des Bauern und des Handwerkers an den Produktionsinstrumenten und an seiner auf persönlicher Arbeit beruhenden privaten Wirtschaft.“ (19)

So trat an die Stelle der Sklavenhaltergesellschaft der Feudalismus. Dem adligen Feudalherrn gehörte vor allem das wichtigste Produktionsmittel dieser Zeit, der Boden. Diesen hatte er sich mit Gewalt angeeignet. Dabei diente der Feudalstaat dem Adel zur Unterdrückung der Bauern, die sich gegen den Raub ihrer Freiheit und Unabhängigkeit wehrten. Neben dem Staat, an dessen Spitze der König stand, war die römisch-katholische Kirche die Hauptstütze der Feudalordnung. Sie war „das große internationale Zentrum des Feudalsystems . . . Sie hatte ihre eigene Hierarchie nach feudalem Muster eingerichtet, und schließlich war sie der größte aller Feudalherren, denn mindestens der dritte Teil alles . . . Grundbesitzes gehörte ihr.“ (20)

Die Kirche beherrschte sämtliche Bildungsstätten – Schulen und Universitäten. Ihre Sprache war Lateinisch, das die Bauern und Handwerker und auch der größte Teil des Adels nicht verstanden. Sie unterdrückte die Kulturen der Völker, ließ dem einfachen Menschen keine Bildungsmöglichkeit; selbst lesen und schreiben konnten nur Angehörige der Kirche und die reichsten Adligen. Durch ihre Kenntnisse konnte die Kirche ihre Besitzungen zu landwirtschaftlichen Mustergütern ausbauen, die die Feudalisierung durch ihre wirtschaftliche Überlegenheit förderten.

So wurden die Bauern, die sich in Aufständen verzweifelt gegen den Feudalismus wehrten, unterdrückt, ihre Vereinigungen verboten.

Die Feudalherren hatten oft Besitzungen in mehreren Dörfern, ihre Ländereien lagen verstreut zwischen dem Land der Bauern. Es gehörten ihnen der Boden und die leibeigenen Bauern. Sie übten die Gerichtsbarkeit aus, so daß die Bauern vor den Gerichten des Adels vergeblich Recht suchten. Ein Netz von Fronhöfen bedeckte das Land. Auf diesen Höfen mußten die Bauern für die Herren arbeiten. Sie mußten die Felder bestellen, das Heu einbringen, die Gebäude und Wege in Ordnung halten, Botendienste und Gesindedienste erledigen. Der

Abb. 4. Pflug, Egge, Schmiede. (12. bis 13. Jahrhundert, Musterbuch von Rein.)



Herr erhielt also von ihnen in dieser Zeit vor allem eine Arbeitsrente. Mit der allmählichen Verbesserung der Produktivkräfte, der weiteren Durchsetzung der Dreifelderwirtschaft trat an die Stelle der Arbeitsrente die Produktenrente als herrschende Form. Die Bauern arbeiteten nicht mehr hauptsächlich auf den zum Fronhof gehörenden Ländereien, sondern mußten von ihren Produkten aus der Landwirtschaft, aber auch von ihren handwerklichen Erzeugnissen einen Teil auf dem Herrenhof abliefern.

Neben den Abgaben hatten die Bauern noch die Kirchensteuern, den Zehnt, aufzubringen, d. h., sie hatten den zehnten Teil ihrer Ernte und ihres Viehes an die Kirche abzuliefern.

Vielfach versuchten die Bauern sich der Unterdrückung zu entziehen, indem sie in unbekannte Gebiete zogen, Wälder und Ödland rodeten



Abb. 5. Ablieferung des Zehnten. (1479, Rodericus Zamorensis: „Spiegel des menschlichen Lebens“.)

und dort neue Dörfer anlegten. Dabei wurden sie von den mächtigsten Feudalherren, Fürsten und Klöstern unterstützt, da diese sich mit Hilfe

Abb. 6. Konstruierter Plan einer frühfeudalistischen Grundherrschaft.

-  Herrschaftl. Land, das von Frondienste u. Abgaben leistenden Hörigen bestellt wurde
-  Herrschaftl. Land, das an Bauern gegen Zins ausgetan wurde
-  Land der Kirche
-  Land der Freien und zu Abgaben verpflichteten Bauern

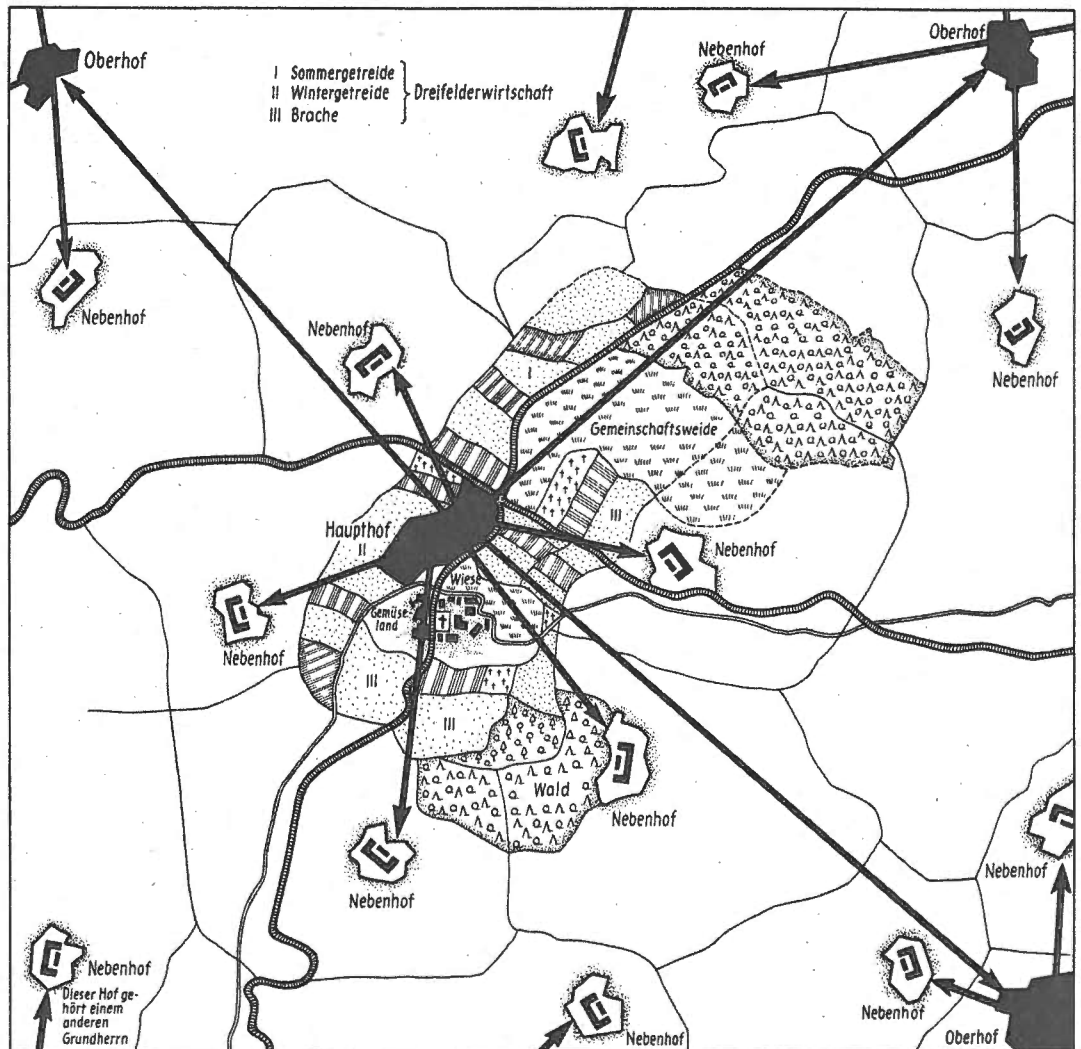




Abb. 7. Troßknecht mit Packpferd (*Hortus deliciarum*).

der bäuerlichen Rodungsarbeit neue Gebiete aneignen konnten. Für die Bauern brachte diese Arbeit also nur eine vorübergehende Erleichterung ihrer Lage. Die Früchte ihres Fleißes

Abb. 8. Schmied, umgeben von Berufen, die ihn benötigen: Bauer, Baumeister, Kaufmann, Arzt; im Hintergrund ein Segelschiff. (1479, Rodericus Zamorensis: „Spiegel des menschlichen Lebens“.)



eignete sich auch hier der Adel an. Die bäuerliche Arbeit veränderte das Gesicht der Natur. Die Kulturlandschaft, die wir heute kennen, ist in der Hauptsache das Ergebnis der bäuerlichen Rodung.

In dieser Zeit erzeugten jede Bauernwirtschaft und jeder Herrenhof alles, was zum Leben nötig war, selbst. Es gab also kaum Warenproduktion. Nur wenige Güter, vor allem Luxuswaren, Waffen und feine Tuche für den Adel, gab es zu kaufen, daneben natürlich Salz, das jeder zum Leben brauchte und das während des ganzen Mittelalters eine der wichtigsten Waren war. Da es nur wenig Handel gab, war auch kaum Geld im Umlauf; man bezeichnet deshalb diese Periode des Feudalismus auch als die Zeit der Naturalwirtschaft.



Abb. 9. Erbauung Augsburgs.

Die Kaufleute zogen mit ihren Waren in Planwagen oder zu Schiff zu den reichsten Herrnsitzen, den Pfalzen der Könige, den Residenzen der Bischöfe und den Klöstern und versorgten dort auf regelmäßigen Märkten die Bewohner mit den gewünschten Gütern. An diesen Märkten siedelten sich im Laufe der Zeit Handwerker an. Das waren ehemalige Bauern, die sich in einem besonderen Handwerk spezialisiert hatten und es jetzt als Beruf ausübten. Diese Trennung der handwerklichen von der landwirtschaftlichen Produktion, die durch die Spezialisierung eine Verbesserung der Technik und Erhöhung der Produktion zur Folge hatte,



- Nutzungs- und Siedlungsräume um 700 u. Z.
- Durch Bauernfleiß im Mittelalter neugewonnen
- Waldgebiete und Unland

(Nach Arbeiten von Prof. Schlüter)

DIE SIEDLUNGSRÄUME MITTELEUROPAS IN FRÜHGESCHICHTLICHER ZEIT

(Erläuterungen umseitig)

FARBTADEL XV

Die Bauern waren im Feudalismus die überwiegende Mehrheit der Bevölkerung. Eine ungeheure Arbeitsleistung haben sie, auf denen der ganze Schichtenbau der feudalen Gesellschaft ruhte, im Laufe der Jahrhunderte vollbracht. Von ihrem Schweiß und Blut nährten sich die Könige und Fürsten, die Grafen, Ritter und Kaufleute. Sie schufen die großen Reichtümer der Herren, schleppten die Steine zum Bau der Zwingburgen auf die Bergkuppen, frondeten der Kirche und zahlten die Zehnten, Beden, Gülten, Zinsen. Sie wurden von den Kaufleuten übervorteilt. Ihre Söhne vergossen für dieselben Herren ihr Blut auf den Kreuzzügen in Asien und Afrika, auf den Eroberungszügen in Europa und in den unzähligen feudalen Fehden. Nichts blieb von all diesen Mühen für sie, als immer neue Mühsal und Qual. Und doch haben sie die größte Leistung im Mittelalter vollbracht. Aus dem unfruchtbaren, von Urwäldern, Steppen und Mooren durchzogenen Land wurde ein blühender Garten. Die Wälder wurden gerodet, die Steppen fruchtbar gemacht, Moore und Unland kultiviert. Noch heute trägt die Landschaft, soweit sie nicht von der Industrie, dem Bergbau, den Großstädten und den neuen landwirtschaftlichen Arbeitsmethoden verändert wurde, viele der Züge, die ihr der Fleiß, das Können und der Mut der Bauern, der unterdrücktesten und elendesten Klasse im Feudalismus, aufprägte.

ist die wichtigste Steigerung der Produktivkräfte während des Feudalismus.

Neben den Handwerkern siedelten sich auch Kaufleute an den Märkten an, da sie jetzt feste Produzenten für ihre Waren vorfanden und an den Herrnsitzen und in den Handwerkern auch eine Konsumentengruppe gewannen, die ihnen einen Absatz ihrer Waren sicherte. Diese Siedlungen wurden befestigt und mit Mauern und Türmen umgeben. So entstanden in der Epoche des Feudalismus die Städte.

Die Städte waren auf dem Boden errichtet, der einem Feudalherrn gehörte, und von diesem abhängig. Die Bürger hatten an den Stadtherrn Abgaben zu entrichten, auch teilweise für ihn Frondienste zu leisten. Die Zersplitterung der Feudalstaaten, die in der wirtschaftlichen Zersplitterung während der Zeit der Naturalwirtschaft begründet war, hinderte außerdem die Entwicklung des Handels. Die Kaufleute hatten auf ihren Handelsreisen unzählige Zölle zu zahlen, sie mußten für das Recht, ungestört durch das Gebiet eines Fürsten zu fahren, Geld zahlen. Daher geriet das Bürgertum in Gegensatz zu dem Feudaladel. In mächtigen Kämpfen, die während der Periode des Mittelalters stattfanden, befreiten sich viele Städte von ihren Stadtherren. In diesen Kämpfen organisierten sich die Städte häufig zu Bünden, die gemeinsam dem Adel Widerstand leisteten



Abb. 10. Bau einer Straße zwischen zwei Städten. (15. Jahrhundert, flämische Miniatur.)

und durch Handelsabkommen über Preise, Qualität der Waren und Schutz der Transporte Produktion und Handel förderten. Der ständig wachsende Umfang der Geschäfte erforderte Schreib- und Rechenkenntnisse. Das Bürgertum durchbrach deshalb das Bildungsmonopol der Kirche und errichtete eigene Schulen. Seine Kultur war feudalistisch, jedoch den städtischen

Abb. 11. Die Hanse. Die Hanse war ein Städtebund, der vom 13. bis 15. Jahrhundert das Handelsmonopol in der Ostsee behauptete. Sie hatte unter anderem Niederlassungen in London, Brügge, Bergen und Nowgorod.

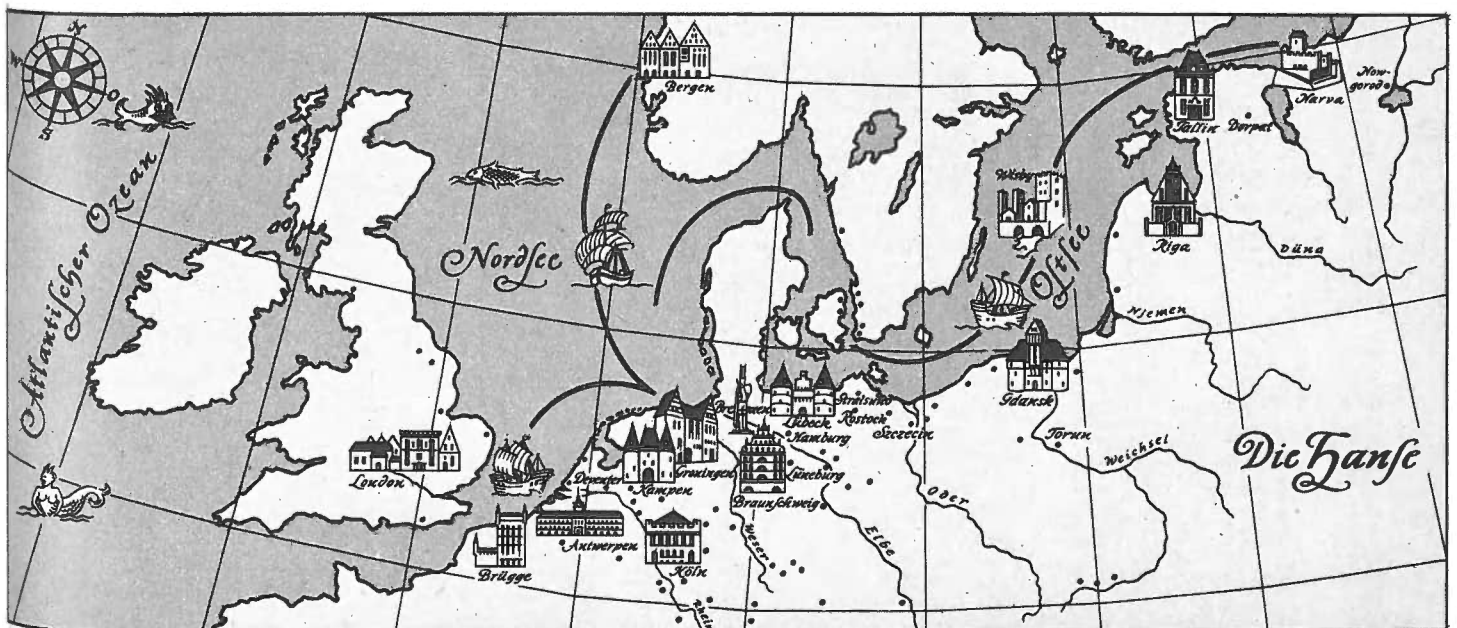




Abb. 12. Blick auf Lübeck mit der Marienkirche.

Bedürfnissen angepaßt; z. B. dienten die mächtigen Kirchen in den Städten nicht nur dem Gottesdienst. Ihre hohen Türme zeigten gleichzeitig den Kaufleuten schon von weitem den Weg in die Stadt und zeugten von Reichtum und Macht der Städte. Die Kirchen wurden reich ausgestattet. Hier zeigte sich in der Kunst des späten Mittelalters – in der Gotik – bereits der Einfluß des Bürgertums, seine Freude an der Schönheit der Welt und an dem eigenen handwerklichen Können.

Die Entwicklung der Produktivkräfte ging während des Feudalismus nur äußerst langsam vor sich. Auch im späten Mittelalter war die Landwirtschaft der wichtigste Produktionszweig. In den Städten wohnte nur ein Bruchteil der Bevölkerung. Städte mit mehr als 10 000 Einwohnern waren sehr selten. Daher waren die Feudalherren, wenn sie ihre Macht vergrößern wollten, vor allem darauf angewiesen, sich immer mehr Land und Bauern anzueignen. Nach-

dem fast alle Bauern unterdrückt waren und das Land, soweit es die damaligen Mittel gestatteten, gerodet war, konnte das nur durch ständige Kriege des Adels unter sich und durch Eroberungszüge in fremde Länder geschehen. Daher ist der Hauptgrund für die Kriege des Mittelalters der Raub von Land und Menschen. Während der feudalistischen Epoche kämpften die Adligen unter sich oder verbanden sich zu Überfällen auf fremde Länder. Hierzu diente ihnen die Ausbreitung des Christentums gegen Andersgläubige als Vorwand. Diese Eroberungszüge nannten sie deshalb Kreuzzüge. Dabei verbündete sich der Adel mehrerer christlicher Länder gegen die arabischen Völker. Auch die Kaufleute unterstützten diese Kriege. Da ihr Reichtum darauf beruhte, billig einzukaufen, um

Abb. 13. Mittelteil des Krakauer Marienaltars von Veit Stof.



teuer zu verkaufen, verbanden sie sich mit dem Adel zur Ausbeutung der eroberten Gebiete. Sie stellten den Adelsheeren Transportschiffe zur Verfügung und raubten unter ihrem Schutz die eroberten Länder aus.

Das größte Interesse an diesen Kriegen hatte der niedere Adel, die Ritter, die wenig eigenes Land besaßen. Durch die ständigen Kriege gewannen die Ritter Ansehen und Bedeutung, lernten fremde Kulturen und Religionen kennen und manchmal achten. So entwickelte auch der Adel eine gewisse Bildung, die ihren Ausdruck in Liedern, Verserzählungen und Epen fand. Die besten dieser adligen Dichter nahmen die Stoffe für ihre Werke aus dem Kulturgut des eigenen Volkes, den Sagen und Liedern, welche die Bauern und Bürger sangen und er-

Abb. 14. Die Schlacht auf dem Peipussee; in dieser Schlacht schlug 1242 ein russisches Heer den deutschen Ritterorden, der in Rußland eingefallen war. (Laptjew-Chronik.)



Abb. 15. Walther von der Vogelweide. (Manessesche Handschrift.)

zählten. Die Sage vom Gral, das Rolandslied in Frankreich und das Nibelungenlied in Deutschland sind Beispiele für diese weltliche Kunst, die sich neben der kirchlichen Dichtung behauptete. Einzelne dieser Dichter ergriffen in ihren Liedern Partei für eine fortschrittliche Entwicklung in den Kämpfen der Zeit. In Deutschland war es vor allem Walther von der Vogelweide, der die Ausbeutung seines Vaterlandes durch die römisch-katholische Kirche bekämpfte.

Durch das Wachstum der Städte und die Ausdehnung des Handels wurde auch in der Landwirtschaft langsam die Naturalwirtschaft von der Warenproduktion verdrängt. Diese Entwicklung dauerte einige hundert Jahre. Die

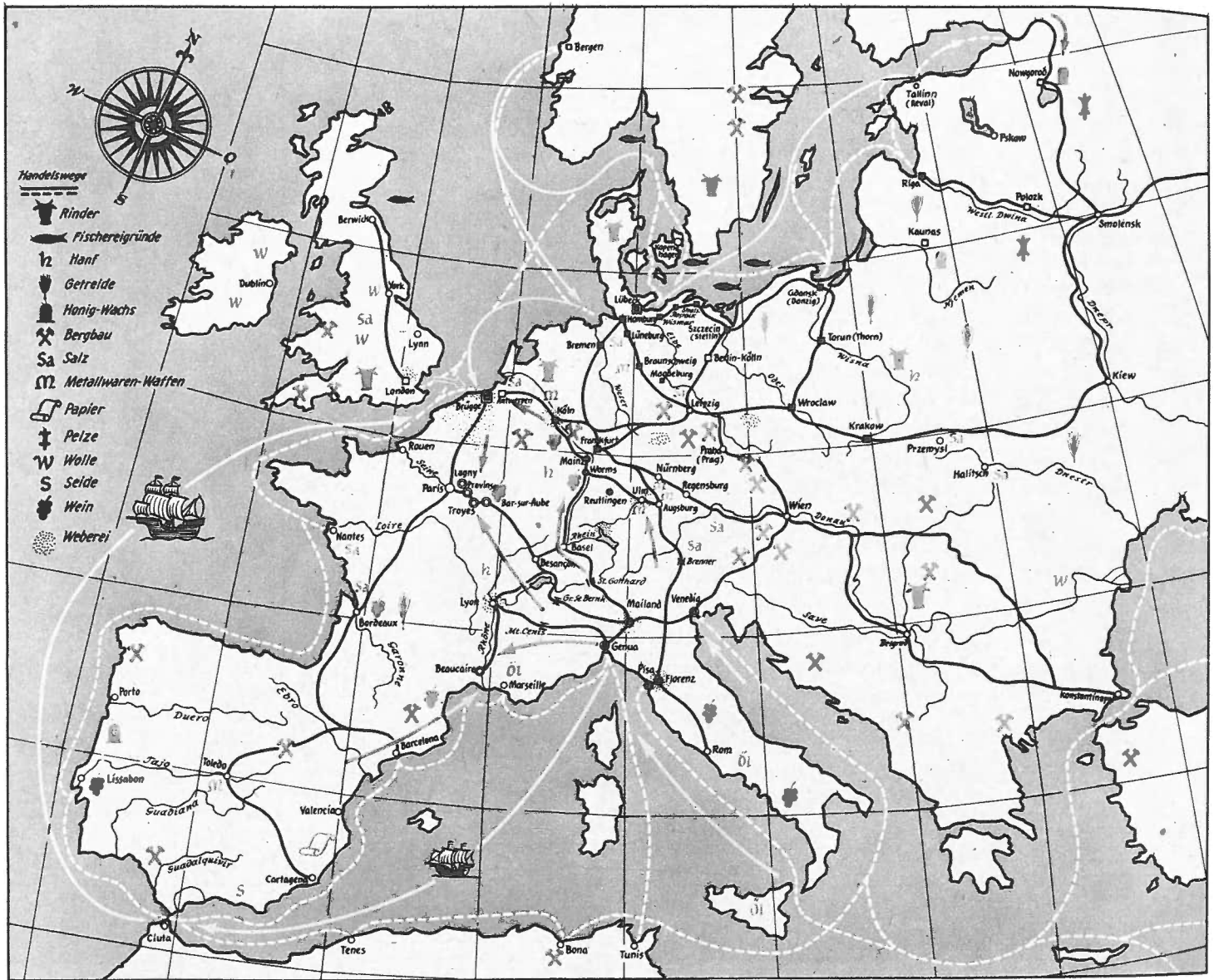


Abb. 16. Der Handel Mitteleuropas im 13. bis 14. Jahrhundert.

Bürger kauften landwirtschaftliche Produkte für ihren Lebensunterhalt und Rohstoffe für die handwerkliche Produktion, wie Leinen für die Tuchherstellung oder Farbstoffe wie den Waid, eine blaue Farbpflanze. Die Feudalherren nutzten diese neuen Verhältnisse aus und verlangten von den Bauern in steigendem Maße statt der Produktenabgaben Geldabgaben. An Stelle der Produktenrente trat allmählich die Geldrente. Daneben aber forderten die Adligen

weiter Frondienste, den Zehnt und andere Leistungen und versuchten in erhöhtem Maße, das restliche Land der Bauern an sich zu reißen. Früher hatten die Feudalherren von den Bauern nur das genommen, was sie und ihr Gefolge verbrauchen konnten, da die Lebensmittel und einfachen handwerklichen Produkte dem täglichen Bedarf dienten. Die Steigerung der Warenproduktion aber gab ihnen die Möglichkeit, das eingenommene Geld als Schatz zu stapeln oder



Abb. 17. Raubritter überfallen ein Dorf. (15. Jahrhundert, Hausbuch des Fürsten Waldburg-Wolfegg.)

Luxuswaren, kostbare Stoffe, Kleider und Goldschmiedearbeiten zu kaufen, wertvolle Gewürze aus dem Orient, Pelze aus Sibirien einzuführen. An den Höfen des Adels und der Kirche entfaltete sich ein gewaltiger Luxus, Burgen und Schlösser wurden immer reicher ausgestattet, während die Unterdrückung und Ausbeutung der arbeitenden Bevölkerung verstärkt wurde. Durch das Geld war der Adel jetzt in der Lage, bessere Waffen zu kaufen, die Heere zu vergrößern und seine Macht zu festigen. So diente die Warenproduktion dem Feudalismus. Ein großer Teil der Bauern verarmte immer mehr. Konnten sie die Geldabgaben an ihren Herrn nicht mehr aufbringen, so mußten sie Geld bei Wucherern aufnehmen und gerieten in doppelte Abhängigkeit. Sie wurden von ihrem Land vertrieben und mußten sich bei reicheren Bauern als Tagelöhner verdingen oder zogen in die Städte, wo sie als Bettler oder ungelernte Arbeiter ein Hungerdasein führten.



Abb. 18. Bäuerliche Arbeiten und bestrafte Bauern. (Holzschnitt um 1470.)



Abb. 19. Bauern, ihre Erzeugnisse feilbietend. (1512, Kupferstich von Albrecht Dürer.)



Abb. 20. Rutenbinder. (1521, Holzschnittwerk von Hans Bruggemann.)

Auch in den Städten hatte sich der Klassengegensatz verschärft. In den Kämpfen gegen die feudalen Stadtherren war das Kaufmannspatriat der Führer der Bürgerschaft gewesen. Mit der Steigerung der Produktion wuchsen die Zahl und die Stärke der Handwerker. Sie waren in Zünften organisiert, die Qualität und Preise der Waren kontrollierten, gleichzeitig aber auch ihre Mitglieder als militärische Organisation zusammenschlossen. Sie wehrten sich gegen die Bevormundung durch die Kaufmannsgeschlechter und erkämpften sich einen Anteil an der Regierung der Städte, dem Rat. Gleichzeitig aber versuchten die reichsten Handwerksmeister, mit Hilfe der Zünfte die Gesellen weiter zu unterdrücken. Die Zahl der Zunftmitglieder

wurde begrenzt, das Meisterstück, welches der Geselle selbst bezahlen mußte, verteuert, die Meisterwürde wurde teilweise in bestimmten Familien auf die Nachkommen vererbt. Damit waren den Gesellen die Aufstiegsmöglichkeiten genommen, sie waren als „ewige Gesellen“ zur Lohnarbeit gezwungen. Viele von ihnen verarmten oder verkamen; sie bildeten zusammen mit den landlos gewordenen Bauern die Schicht der Plebejer. Andererseits schlossen sich die Gesellen in Vereinigungen zusammen, die durch Lohnstreiks seit dem 14. Jahrhundert die Interessen ihrer Mitglieder vertraten und in

Abb. 21. Streik. (Sebastian Brants Narrenschiff.)

**Wer bawen will, der schlag vor an
Was kostens er dar zu müß han
Er wurt sunst vor dem end abstan**



**¶ Von narrethem anschlag
Der ist ein narr der bawen wil
Vnd nit vorhyn anschlecht wie vil
Das kosten werd, vnd ob er mag
Volbringen solichs, noch seyn anschlag
Vil hant groß bew geschlagen an
Vnd möchten nit dar bey bestan**

Sterbekassen die ersten Anfänge der heutigen Sozialversicherung schufen.

Die allgemeine Verschärfung des Klassenkampfes fand ihren Ausdruck in gewaltigen Aufständen, die die Herrschaft des Feudaladels erschütterten. In Westeuropa sind der Aufstand des Wat Tyler in England, die Jacquerie in Frankreich und der Große Bauernkrieg in Deutschland am bedeutendsten. Diese Aufstände konnten vom Feudaladel niedergeworfen werden, weil das Bündnis zwischen dem aufstrebenden Bürgertum und den Bauern nicht zustande kam.



Abb. 22. Die Weberschlacht in Köln. (1499, Chronik von Köln.)

Abb. 23. Aufständische Bauern nehmen einen Ritter gefangen. (Holzschnitt aus Schöffelins „Trostspiegel“.)



Abb. 24. Webstuhl. Der Fußtritt zur Fachbildung, der in dieser Abbildung zum erstenmal überliefert ist, bedeutete einen großen technischen Fortschritt. Vorher mußte der Webstuhl von zwei Webern bedient werden. (Um 1389, Nürnberger Malerei aus dem Mendelschen Hausbuch.)

Die Heftigkeit der Aufstände zwang den Feudaladel zu einer Festigung des Feudalstaates. Er bediente sich dabei der Möglichkeiten, die ihm die Waren-Geld-Beziehungen boten. An die Stelle der Ritterheere, die seit dem Aufkommen der Geschütze und Gewehre unbrauchbar wurden, traten bezahlte Landsknechtshaufen; die Verwaltung und das Gerichtswesen wurden vereinheitlicht und mit bezahlten Beamten besetzt.



Abb. 25. Der Nürnberger Erdapfel des Martin Behaim, 1492. Auf diesem ersten Globus ist Amerika noch nicht eingezeichnet, da es noch nicht entdeckt war. (Original im Germanischen Nationalmuseum, Nürnberg.)

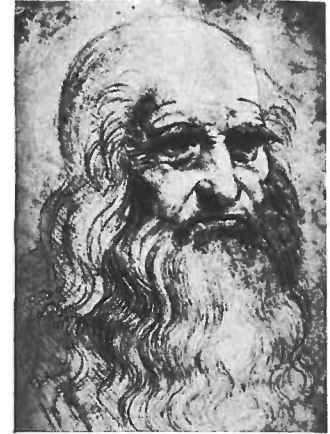
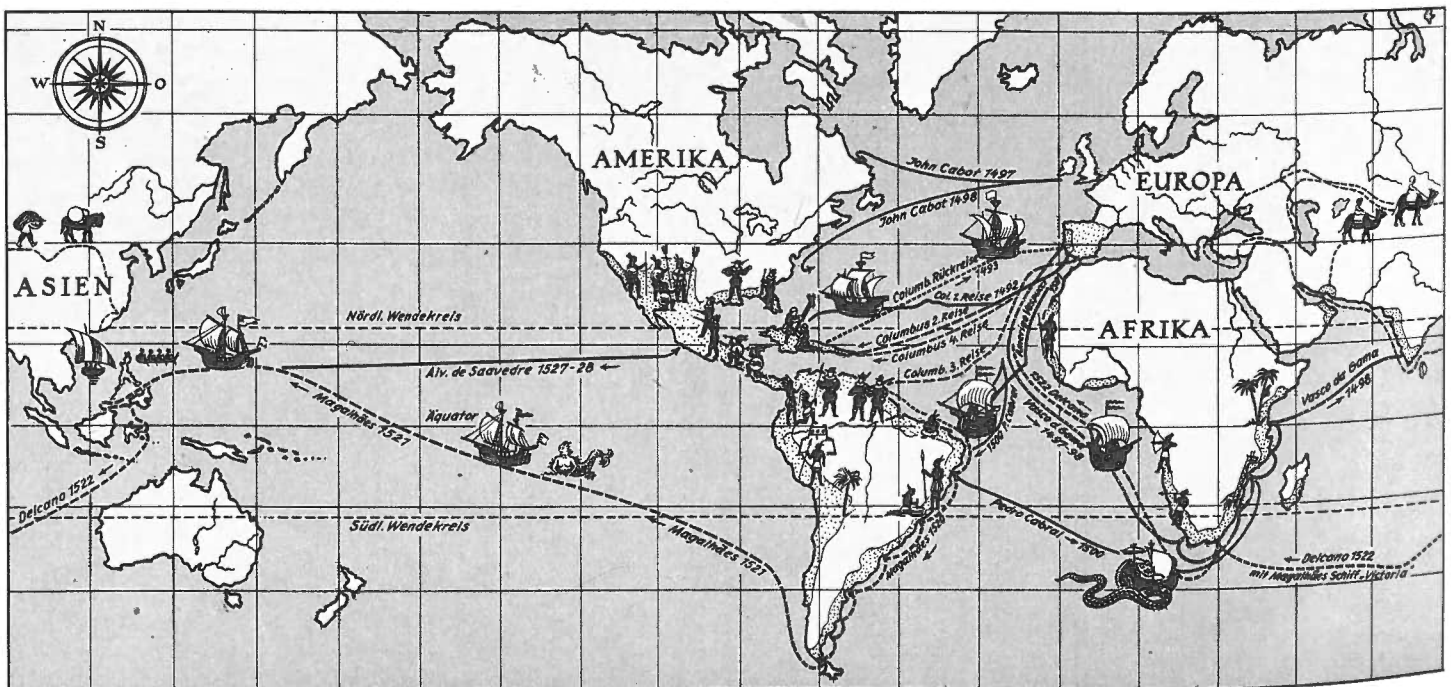


Abb. 26. Selbstbildnis Leonardo da Vincis.

Das Bürgertum entwickelte in dieser Zeit seine Wirtschaft und Kultur in steigendem Maße. Die Warenproduktion war in alle Zweige der Wirtschaft eingedrungen, die Weiterentwicklung der Technik ermöglichte eine ständige Erhöhung der Produktion. Die Manufaktur, bei der der Produzent sowohl in der Rohstoffbelieferung als auch im Verkauf vom Kaufmann abhängig wurde, führte zur Anhäufung von großen Kapitalien. Das Geld wurde mehr und mehr zum Maßstab aller Dinge. Der Hunger nach Gold und die Eroberung des östlichen Mittelmeeres durch die Türken drängten das Bürgertum und die Feudalstaaten zur Erforschung der Welt. Auf der

Suche nach dem sagenhaften Goldland Indien entdeckte Kolumbus 1492 Amerika. Das Bürgertum brauchte immer neue Entdeckungen und Erfindungen zur Entwicklung seiner Wirtschaft. Die katholische Kirche, deren feudalistische Ideologie und hierarchischer Aufbau der neuen Entwicklung nicht entsprachen, war sein Hauptgegner. Daher schuf es sich in der Reformation eine neue Kirche. Das alte Weltbild, nach dem die Erde der Mittelpunkt des Alls sei, wurde von Kopernikus widerlegt, der bewies, daß die Erde und die anderen Planeten sich um die Sonne

Abb. 27. Karte der Entdeckungen.



drehen. Auf dem Gebiete der Kunst und Kultur zerbrach das Bürgertum die Schranken des Mittelalters. Die Erfindung des Buchdrucks mit beweglichen Lettern durch Gutenberg verhalf den neuen Ideen zur weiteren Verbreitung. Hervorragende Künstler wie Leonardo da Vinci stellten den Menschen in den Mittelpunkt ihrer Kunst und entwarfen Pläne zur Beherrschung der Natur durch den Menschen. Dabei knüpften die Künstler dieser Zeit an die vorchristliche Kultur der Antike an; man nennt diese Epoche deshalb

Abb. 28. Bergwerk mit Schachtanlage. (Aus dem Bergbau-
buch des Agricola.)

lxxvi

Vom Verfahrwerck

Dieses feyert gerichte (schicht) vnder welchen der erdt/
noch nicht biß zum stollen felle A. Der ander felle
zum stollen B. Zum dritten ist der stollen noch
nicht geraden C. Der stollen D.



Abb. 29. Druckerei mit Zeichen der Familie Schöffer.
(Johann Stumpffs Schweizer Chronik.)

„Renaissance“, Wiedergeburt der Antike. Es war aber mehr, ihre Grundlage war die bürgerliche revolutionäre Ideologie, die Sturm lief gegen den Feudalismus.

Die Kaufleute und reichen Handwerksmeister hatten große Reichtümer angesammelt, die durch das Gold aus den sagenhaften Goldländern der Inkas und Azteken in dem neuentdeckten Erdteil Amerika noch vermehrt wurden. Die weißen Eroberer versklavten in ihrer Gier nach Edelmetallen ganze Indianerstämme und zwangen sie, in Goldbergwerken zu arbeiten, ohne Lohn, ohne Rechte, angekettet und mit der Peitsche angetrieben. Blut und Verbrechen klebten an den Schätzen, welche die Flotten der Spanier, Portugiesen, Holländer und Engländer aus den Kolonien brachten.

Die Menge dieses für die Herren so „billig“ gewonnenen Goldes führte mittlerweile zu großen Preissteigerungen in Europa, denn je mehr Gold ins Land strömte, desto höher stiegen die Preise. Da aber die Löhne niedrig blieben, verarmte die arbeitende Bevölkerung in den Städten

und auf dem Lande immer mehr, während die großen Kapitalien ständig anwuchsen und ihre Besitzer immer mehr Produktionsmittel, Rohstoffe, Bergwerke, Ländereien und die ersten Maschinen an sich rissen.

Auch viele adlige Feudalherren wollten immer größere Profite machen und vertrieben deshalb die Bauern vom Land, zerstörten ihre Höfe mit Gewalt. Auf dem geraubten Boden ließen sie Schafe weiden, um deren Wolle zu verkaufen, oder sie zwangen die Bauern, als Tagelöhner das Land zu bestellen. Viele vertriebene Bauern zogen in die Städte. Dort aber wurden sie von den reichen Bürgern gezwungen, für diese zu arbeiten. Wer sich weigerte oder in seiner Not bettelte, wurde gefoltert und in ein Arbeitshaus gesteckt. Aus diesen, von ihrem Land vertriebenen und bis aufs Blut geschundenen Menschen erwuchs die spätere Arbeiterklasse. Sie waren persönlich frei, nicht mehr hörig wie der mittelalterliche Bauer, aber sie waren auch besitzlos und hatten nichts, als ihre Kraft zu arbeiten.

So wuchs im Schoße der feudalistischen Gesellschaft der Kapitalismus heran, der in großen

Abb. 30. Indianisches Goldbergwerk. (1590, Americae partes.)



Abb. 31. Die Herren enteignen das Land, die Gehöfte zerfallen, die Bauern werden zu Vagabunden. (Kupferstich aus dem 17. Jahrhundert.)

Abb. 32. Verschiedene Strafen. (Holzschnitt von Hans Burgkmair.)



Kämpfen die Herrschaft des Feudaladels beiseitigte, aber die Herrschaft der Bourgeoisie an seine Stelle setzte, der die Abhängigkeit der arbeitenden Bevölkerung in Hörigkeit und Leibeigenschaft aufhob, aber die Ausbeutung und Unterdrückung der Arbeiter an ihre Stelle setzte, bis der Sieg der Arbeiterklasse die Ausbeutung des Menschen durch den Menschen endgültig abschaffen wird.



- 1 Der Schwarzwald-Hegauer Haufen begann sich am 24. Oktober 1524 zu bilden
- 2 Der Baltringer Haufen: 9. Februar 1525
- 3 Die Ober- und Unterallgäuer Haufen: Ende Februar/Anfang März 1525
- 4 Der Seehaufen: Ende Februar 1525
- 5 Bei Memmingen wurden am 7. März 1525 die 12 Artikel angenommen
- 6 In Thüringen, Sachsen und Hessen: Bauernerhebung Mitte März 1525
- 7 Mühlhausen: Eroberung des Stadtrechts durch kleinbürgerlich-demokratische Partei
- 8 Der Helle Haufen: Anfang April 1525 – die Schwarze Schar schloß sich an
- 9 Die fränkischen Bauern erhoben sich Anfang April 1525
- 10 In Salzburg, Steiermark, Kärnten, Oberösterreich, Vorarlberg und Tirol: Bauernerhebungen im Frühjahr 1525
- 11 Vertrag von Weingarten am 17. April 1525
- 12 Am 17. April 1525 öffnete die revolutionäre Partei in Heilbronn den revolutionären Bauern die Stadttore; Heilbronn wurde der Sitz des Bauernkontors
- 13 Ober- und Niederelsaß: Bauernerhebung Anfang Mai 1525
- 14 Die Niederlage der Bauern bei Frankenhausen am 15. Mai 1525 besiegelt das Schicksal der thüringischen Aufstandsbewegung
- 15 Am 7. Juni 1525 fällt Würzburg durch Verrat des Rats in die Hände des Truchsessens

DIE LETZTE KLASSENGESELLSCHAFT

(DER KAPITALISMUS)

JÜRGEN KUCZYNSKI

BESUCHEN wir eine Fabrik, in der Baumwolle zu Tuchen verarbeitet wird, aber nicht heute, sondern vor vielen Jahren, sagen wir um 1840. Das Gebäude ist viel größer als die umliegenden Häuser – nicht höher, aber sehr viel länger. Wir kommen durch verschiedene Säle. Da die Fenster klein sind, gibt es wenig Licht dort, und überdies fliegen überall Staubteile von Baumwolle umher. Dauernd hören wir die Menschen husten. Der Boden ist unsauber, weil der Schmutz von Arbeit und Straße liegenbleibt und die Arbeiter immer wieder ausspucken müssen, um in dieser Luft atmen zu können. Dichtgedrängt stehen die Menschen an den eng nebeneinander aufgestellten Webstühlen. Ein Aufseher schreit ein kleines Kind an, das vielleicht fünf oder sechs Jahre alt ist, weil es nicht schnell genug bei der Arbeit war. Als das Kind das Gesicht zum Weinen verzieht, schlägt er es mit einem Stock. Die in der Nähe arbeitenden Frauen und Männer achten nicht darauf; sie sind das gewöhnt, und außerdem haben sie Angst, die Arbeit zu verlieren, wenn sie etwas sagen. Auch sind sie müde und abgestumpft von der Arbeit,

die um 5 Uhr morgens beginnt. Jetzt ist es schon 5 Uhr nachmittags; 12 Stunden Arbeit liegen hinter ihnen, aber die Arbeit geht noch weiter bis 8 Uhr abends, denn der Tag im Betrieb dauert 15 Stunden.

Warum arbeiten die Menschen nur unter solchen Bedingungen? Immer hungrig, immer müde, oft krank, weil die Arbeit die Gesundheit schädigt; im Winter frierend und im Sommer ausgedörrt von der Hitze, ohne genügend Schlaf, denn zu den 15 Stunden im Betrieb kommt noch eine Stunde für den Weg zur Arbeit und nach Hause zurück.

Warum arbeiten sie nur so weiter? Niemand hält sie im Betrieb; keinem Herrn gehören sie, wie die Sklaven, die von der Polizei eingefangen wurden, wenn sie wegliefen. Bewaffnete Knechte suchen und foltern sie nicht, wie jene Hörigen und Leibeigenen hundert Jahre zuvor, die vor der Not des Landes im Feudalismus die Flucht ergriffen. Sie sind frei, um fortzugehen, sie können sich woanders Arbeit suchen oder überhaupt zu Hause bleiben. Kein Mensch und kein

Abb. 1. Alter Textilbetrieb.

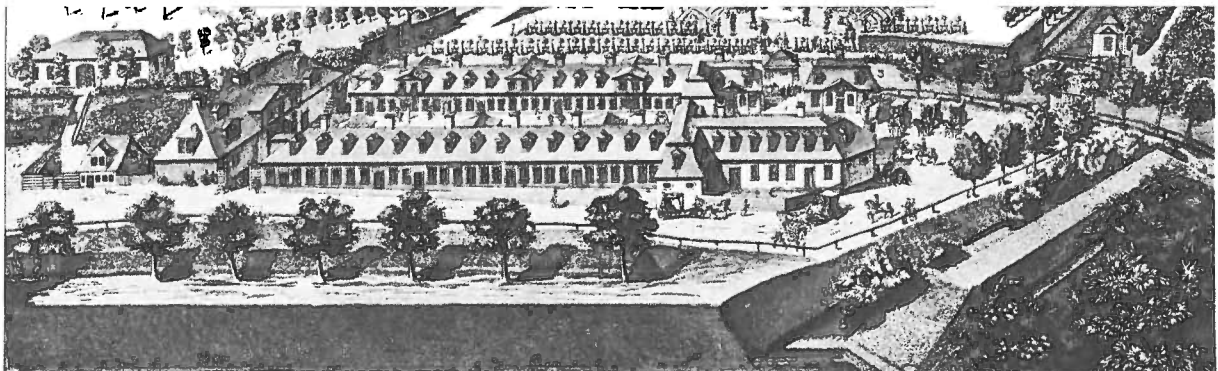




Abb. 2. Kinder in einer Textilfabrik.

Gesetz zwingen sie zur Arbeit und erst recht nicht zur Arbeit bei einem bestimmten Menschen, in einer bestimmten Fabrik.

Und doch bleiben diese Menschen, denn bei anderen Fabrikherren geht es ihnen nicht besser. Wie mit Fesseln angeschmiedet bleiben sie bei der Fabrikarbeit. Ja, mehr noch; sie fürchten sich davor, daß der Fabrikbesitzer sie aus dem Betrieb, aus dieser Arbeitshölle, hinauswerfen könnte und daß sie dann arbeitslos werden.

Arbeitslos? Und das soll schlimm sein, wo sie doch nun den erschöpften Körper ausruhen können; wo die Mutter für die Kinder Zeit hat und der Vater zum ersten Male seit vielen Jahren mit den „Älteren“ einen Ausflug machen kann?

Ja, diese Arbeiter sind frei, sich zu bewegen: von einer Arbeitshölle in die andere, von einem dumpfen Arbeitsraum in den anderen, von einem Fabrikbesitzer zum anderen – oder aber auch ohne Arbeit zu Hause zu sein.

Doch sie sind auch frei von etwas anderem, frei von jeder Möglichkeit, sich ihren Lebensunterhalt außerhalb solcher Arbeitshöhlen zu verdienen. Die Bauern unter dem Feudalismus hatten den Boden, von dem man sie nicht einfach vertreiben konnte, und landwirtschaftliche Geräte, die ihnen gehörten. Die Handwerker der Zünfte hatten ihr Handwerkszeug. Aber die Arbeiter unter dem Kapitalismus – gehören ihnen die Maschinen, die Baumwolle, der Zement usw., mit denen sie arbeiten? Natürlich nicht! Sie sind frei von allen Arbeitsmitteln. Nur eines besitzen sie, das sie verkaufen können und von dessen Verkauf sie leben müssen: das ist ihre Arbeitskraft, für deren Verkauf sie Lohn erhalten.

Die Fabrikbesitzer brauchen im allgemeinen keine Polizei, keine bewaffneten Knechte, um die Arbeiter in die Fabriken zu treiben. Es gibt eine andere, viel wirksamere Kraft, die die Arbeiter in die Fabriken und Bergwerke, auf die Felder als Landarbeiter und zu den Eisenbahnen als Verkehrsarbeiter zwingt. Diese Kraft ist der Hunger, ist die Notwendigkeit, etwas zu verdienen, um essen zu können – und Brot unter dem Kapitalismus gibt es für die meisten Menschen nur dann, wenn sie ihre Arbeitskraft verkaufen.

Wieviel beträgt nun der Lohn für den Verkauf der Arbeitskraft? Sagt der Fabrikbesitzer etwa: „Der Arbeiter hat so viele Meter Stoff oder so viele Stühle mit seiner Arbeitskraft geschaffen, und darum zahle ich ihm einen Lohn, der dem Wert der von ihm geschaffenen Sachen entspricht?“ Ganz und gar nicht! Der Fabrikbesitzer sagt etwas ganz anderes, und zwar: „Du mußt soundsoviel essen, damit du einigermaßen bei Kräften bleibst und morgen wieder bei mir arbeiten kannst, und dann muß dein Kind ja auch etwas essen, denn es soll später, wenn du alt und arbeitsunfähig bist, als Ersatz für dich zum Arbeiten da sein. Also bekommst du so viel Lohn, daß du und deine Familie nicht verhungerst. Mich stört nicht, wenn du hungerst,

frierst und krank bist, solange du dabei arbeiten kannst. Und wenn ein paar von euch sterben, so ist das auch kein großes Unglück. Nur Massensterben von Arbeitern ist schlecht, weil dann niemand zum Arbeiten da ist. Darum soll der Lohn gerade so hoch sein, daß ihr noch leben und schuften könnt; also sollt ihr 1 Taler am Tag haben.“

Die Stühle oder Tücher aber, die der Arbeiter an einem Tag herstellt, sind 3 Taler wert; der Fabrikbesitzer verkauft sie für 3 Taler auf dem Markt.

Natürlich hat der Fabrikbesitzer noch andere Ausgaben als nur den Lohn; er muß zum Beispiel für die Herstellung der Tücher Baumwolle kaufen oder für die Herstellung der Stühle Holz. Außerdem werden für die Produktion all dieser Sachen Werkzeuge und Maschinen benötigt, die der Fabrikbesitzer auch bezahlen muß. Seine Rechnung sieht also bei der Tuchproduktion zum Beispiel so aus:

RECHNUNG FÜR DEN 5. MAI 1840,
an dem 300 Tücher hergestellt wurden.

Für 100 Arbeiter Lohn gleich 100×1 Taler	100 Taler
Baumwolle, Abnutzung der Maschinen, des Fabrikgebäudes usw.	100 Taler
Ausgaben des Fabrikbesitzers	insgesamt 200 Taler
Verkauf von 300 Tüchern, 1 Taler das Stück	300 Taler
Gewinn oder Profit des Fabrikbesitzers	100 Taler

Die 300 von den Arbeitern hergestellten Tücher haben also einen viel größeren Wert durch all die Arbeit, die in sie hineingesteckt worden ist, als der Lohn beträgt, den die Arbeiter erhalten. Jeder Arbeiter erhält nun für 1 Tag Arbeit 1 Taler Lohn. Da aber 100 Arbeiter an einem Tag 300 Tücher herstellen, kommen auf jeden Arbeiter 3 Tücher, von denen jedes 1 Taler kostet. Am Abend liegt also vor jedem Arbeiter ein Wert von 3 Talern, von denen 1 Taler als Lohn auf ihn kommt. Von dem zweiten Taler geht an diejenigen, die die Baumwolle geliefert haben, die Hälfte; die andere Hälfte wird für Maschinenreparaturen, Ausbesserungen am Fabrikgebäude usw. zurückgelegt, und 1 Taler geht an den Fabrikbesitzer. Da nun der Fabrikbesitzer 100 Arbeiter beschäftigt, so trägt jeder der 100 Arbeiter am Abend 1 Taler Lohn mit nach Hause; der Fabrikbesitzer aber erhält von der Arbeit eines jeden Arbeiters 1 Taler, er trägt also am Abend 100×1 Taler, das sind 100 Taler oder 100mal soviel wie ein Arbeiter nach Hause.

Was ist hier passiert? Plötzlich verschwindet ein Riesenbetrag in die Tasche des Fabrikbesitzers. Überlegen wir noch einmal genau, wie das kommen kann. Lassen wir die Baumwolle und Reparaturausgaben für die Maschinen und das

Abb. 3. Kinder arbeiten im Bergwerk.

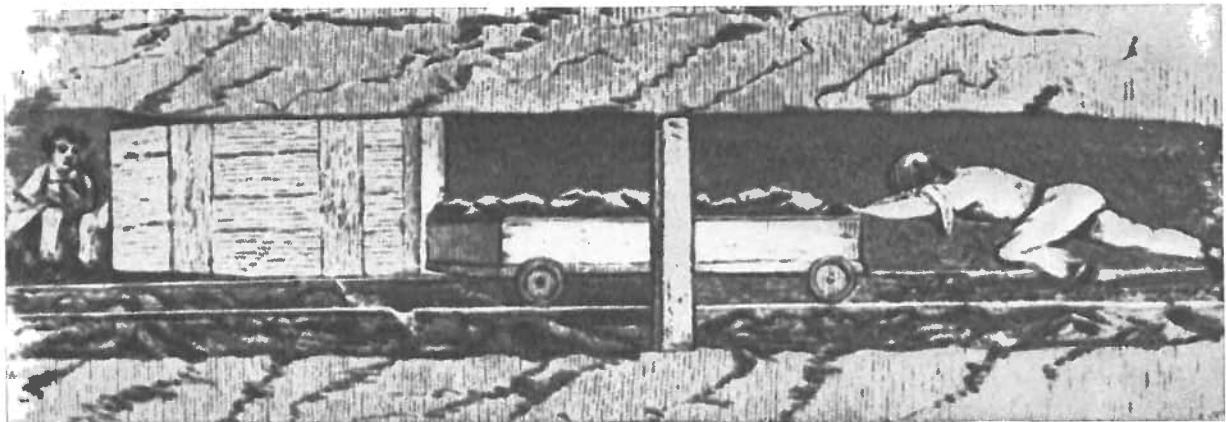




Abb. 4. Englische Kapitalisten im 18. Jahrhundert besprechen ihre Geschäfte in „Kaffeehäusern“.

Fabrikgebäude beiseite; die sind schon vorhanden; die werden an dem Tag, an dem wir die Fabrik besuchen, nicht neu geschaffen. Was neu geschaffen wird durch Verwandlung der Baumwolle mit Hilfe der Maschinen, das sind die Tücher. Diese Neuschaffung der Tücher, das ist die eigentliche Arbeit! Und diese Arbeit verrichtet der Arbeiter. Für diese Arbeit zahlt der Käufer, wenn er 3 Tücher, also das Tagesprodukt eines Arbeiters kauft, 2 Taler. Die 3 Tücher kosten, wie wir bereits sagten, 3 Taler,

und davon sind 1 Taler für Baumwolle, Maschinenabnutzung usw. bestimmt, also für die Dinge, die in Tuch verwandelt werden sollen, und 2 Taler für die Arbeit der Umwandlung selbst. Diese Umwandlung ist das Wichtigste; ohne sie nutzen uns ja die Baumwolle, die Maschinen, das Fabrikgebäude nichts. Der Arbeiter erhält aber nicht so viel Lohn, wie seine Arbeit wert ist, nicht so viel Lohn, wie die von ihm geschaffenen Dinge wert sind, also 2 Taler am Tag für die Umwandlung, sondern nur so viel, wie er unbedingt für sich und seine Familie braucht, um leben zu können, und das ist 1 Taler. Den anderen Taler Wert, den er durch die Umwandlung schafft, steckt der Unternehmer ein. Diesen Wert, den der Arbeiter mehr schafft, als sein Lohn beträgt, nennen wir Mehrwert; und diesen Mehrwert nimmt sich der Unternehmer. Dadurch, daß der Unternehmer also von jedem der 100 Arbeiter für 2 Taler Werte am Tag schaffen läßt, aber jedem der 100 Arbeiter nur 1 Taler auszahlt, macht er täglich einen Gewinn, einen Profit von 100×1 Taler oder 100 Taler und bringt seiner Familie abends roomal mehr Geld mit nach Hause als jeder der 100 Arbeiter. 100 Taler hat er den Arbeitern am Abend weggenommen, denn sie erhalten nur die Hälfte des Wertes, den sie am Tag geschaffen haben.

Wie aber kann er den Arbeitern einfach die Hälfte dessen, was ihnen eigentlich zukommt, wegnehmen? Nun, ganz einfach deswegen, weil er den Arbeitern sagen kann: „Ich besitze die Fabrik und die Maschinen – wenn ihr mir nicht die Hälfte von dem geben wollt, was ihr schafft, wenn ihr einen höheren Lohn haben wollt, dann sucht euch woanders Arbeit.“ Und da alle Fabrikbesitzer so reden, müssen die Arbeiter, die nur ihre Arbeitskraft besitzen und sonst nichts, unter solchen furchtbaren Bedingungen arbeiten. Die Maschinen, die Fabrikgebäude und das Geld, mit dem der Lohn gezahlt wird, alles das nennt man Kapital; und die, denen das alles gehört, nennt man Kapitalisten.

Woher aber, wird man fragen, haben die Kapitalisten ihr Kapital?

Die ersten Kapitalisten finden wir schon vor 700 Jahren in Italien; sie waren ursprünglich Kaufleute, die durch Raub und Betrug billig Waren im Ausland erwarben, sie ins Land brachten und sie dann teuer verkauften. Ihre riesigen Gewinne legten sie zum Teil in der Tuchproduktion an, das heißt, sie kauften Gebäude, Spinn- und Webstühle und setzten an die Webstühle Bauern, die ihren Feudalherren auf dem Lande weggelaufen waren, und arme Gesellen, die nicht genug Geld hatten, Meister zu werden.

Im 16. Jahrhundert, also 300 Jahre später, finden wir in einem Lande nicht nur einzelne Kapitalisten wie in Italien, sondern so viele, daß die gesamte Wirtschaft des Landes, daß das ganze Land kapitalistisch wird.

England ist das erste kapitalistische Land der Welt. Das zweite, zur gleichen Zeit, war Holland, das dritte, 200 Jahre später, waren die Vereinigten

Staaten von Amerika, und das vierte wurde im Jahre 1789 Frankreich.

Deutschland wurde erst im 19. Jahrhundert ein kapitalistisches Land.

In allen kapitalistischen Ländern waren die Kaufleute die ersten Kapitalisten. Sie waren die größten Räuber ihrer Zeit. Aber auch reiche feudale Großgrundbesitzer wurden Kapitalisten. Sie vertrieben die Bauern von ihrem Land, raubten also auch das Land und die Geräte und ließen das geraubte Land von Landarbeitern bebauen oder verpachteten es.

Auch reiche Handwerker gab es, die dadurch, daß sie ihren Kollegen die Kunden weggingen, immer reicher wurden und schließlich Hunderte von Menschen, denen sie einen kümmerlichen Lohn zahlten, für sich arbeiten ließen.

Immer aber waren die ersten Kapitalisten Räuber, die anderen Geld und Produktionsmittel fortnahmen oder die Waren stahlen und sie mit großem Gewinn verkauften. So entstanden überall, in allen Ländern, die ersten Kapitale.

Abb. 5. „Das Bohnenfest“ (prassende Kaufleute). Ausschnitt aus einem Gemälde von Jacob Jordaens (17. Jahrhundert).



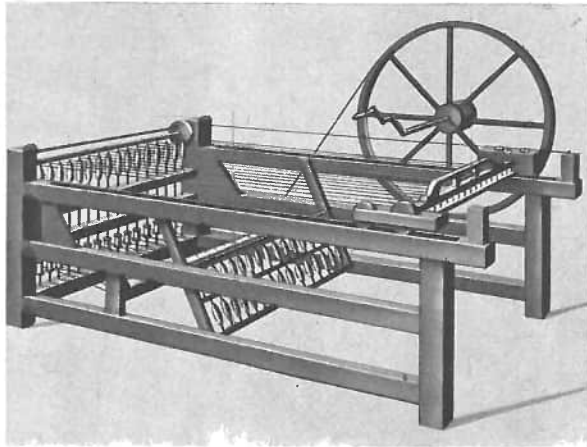


Abb. 6. Die „Jenny“, die erste Spinnmaschine.

Nun gut, wird man sagen, so kam das erste Kapital zusammen. Aber schon 1840, als wir eine Textilfabrik besuchten, wurde doch nicht mehr auf diese Weise gestohlen – zumindest nicht in England, Deutschland usw. Richtig! Wie aber wuchsen die Kapitale, nachdem durch Raub und Betrug ein Anfang gemacht worden war?

Um das zu erklären, nehmen wir uns wieder den Textilfabrikanten vor. Er hat, wie wir schon wissen, 100 Arbeiter, von denen jeder 1 Taler Lohn für den Tag erhält, die für 1 Taler Baumwolle, Maschinen usw. verbrauchen und die, da die Tücher, welche sie herstellen, 3 Taler Wert haben, jeder dem Fabrikanten 1 Taler Gewinn einbringen.

Wie ist die Lage nach einem Jahr? Am Ende des Jahres hat der Fabrikant an 100 Arbeiter für 360 Tage – damals mußten seine Arbeiter zu- meist auch sonntags arbeiten, ausgenommen waren Weihnachten, Neujahr und Ostern – je 1 Taler gezahlt, also $100 \times 360 \times 1 \text{ Taler} = 36000 \text{ Taler Lohn}$. Dann hat der Unternehmer für den gleichen Betrag Baumwolle und andere Dinge gekauft und einen Teil des Geldes für die Abnutzung der Maschinen und des Fabrik- gebäudes zurückgelegt oder bereits für Repara- turen ausgegeben; seine Ausgaben waren also $36000 + 36000 = 72000 \text{ Taler}$. Für die Tücher

aber hat er, wie wir wissen, $360 (\text{Tage}) \times 300 (\text{Tücher am Tag}) \times 1 (\text{Taler für das Tuch}) = 108000 \text{ Taler}$ bekommen.

Was macht der Unternehmer nun mit seinen 36000 Talern Gewinn oder Profit? Einen Teil verbraucht er, um sehr gut zu essen und zu trin- ken, um sich und seine Familie gut einzukleiden, um schöne Reisen zu machen und in einem prächtigen großen Haus zu wohnen.

Wenn er für alle diese Dinge reichlich Geld aus- gegeben hat, bleibt ihm immer noch die Hälfte der Taler, also 18000 Taler, übrig. Was macht er mit diesem Geld, legt er es auf die Sparkasse? Er denkt gar nicht daran. Zunächst baut er an seinen Betrieb noch einen Fabriktaal, dann stellt er dort neue Maschinen auf, und schließlich stellt er 20 neue Arbeiter ein. Im Jahre 1841 hat er also anstatt 100 Arbeiter, von denen ihm jeder an jedem Tag 1 Taler Profit einbringt, 120 Ar- beiter, und so steigt sein Tagesprofit von 100 auf 120 Taler, und sein Profit im neuen Jahr beträgt nicht mehr wie 1840 $100 \times 360 = 36000 \text{ Taler}$, sondern $120 \times 360 = 43200 \text{ Taler}$.

So geht es von Jahr zu Jahr. Dadurch, daß die Fabrikbesitzer, die Kapitalisten, so viel verdie- nen, den Arbeitern so viel Mehrwert rauben, sie so stark ausbeuten, daß es unmöglich ist, das alles in einem Jahr für Essen, Trinken usw. aus- zugeben, bleibt ihnen reichlich Geld übrig. Die- ses Geld benutzen sie, um neue Maschinen zu kaufen und immer neue Arbeiter einzustellen, die sie immer mehr ausbeuten.

Alles Kapital, das Kapital von 1840, heckt neues Kapital, das größere Kapital von 1841. Und so geht es fort. Immer mehr Kapital, immer mehr Maschinen und Fabriksäle, ja, immer mehr Fa- brikgebäude gehören einem einzelnen Kapita- listen, und je mehr Arbeiter er beschäftigt und ausbeutet, um so mehr wächst sein Kapital oder wie man auch sagt, desto mehr Kapital akkumu- liert der Kapitalist.

All das, was hier vom Kapital, vom Mehrwert, vom Profit, von den ersten Kapitalisten und von der Akkumulation des Kapitals gesagt wird,

alles das haben Karl Marx und Friedrich Engels uns als erste richtig erklärt; von ihnen haben wir es gelernt, und aus dem Studium ihrer Schriften lernen wir es auch heute noch; aber nicht nur wir in Deutschland, Auch in der Sowjetunion, in China, Afrika und Grönland, überall dort, wo es Menschen und insbesondere Arbeiter gibt, die die Möglichkeit haben, die besten Bücher über die Wirklichkeit zu lesen, studiert man die Werke von Marx und Engels, den größten Söhnen unseres deutschen Vaterlandes.

Erinnern wir uns, wie es 1840 in der Baumwolltuchfabrik aussah, wie müde und stumpfsinnig die Arbeiter waren, wie sie sich nicht wehrten, nicht einmal hinsahen, als der Meister das Kind schlug. Und 1841, war es da anders? Der einzige Unterschied war, daß an Stelle von 100 jetzt 120 müde und abgestumpfte Arbeiter im Betrieb des Unternehmers beschäftigt waren. Aber wie anders sieht es 1847 aus! Natürlich sind die Arbeiter nicht weniger müde von der vielen Arbeit, und wie 1840 und 1841 sind sie, die Männer, die Frauen und die Kinder, mager vom Hunger. Und doch sind sie wie verwandelt. Anstatt Mattheit und Stumpfheit finden wir wütenden Zorn. Die schlaffe Hand von 1840 hat sich in eine geballte Faust verwandelt. Der gekrümmte Rücken ist gesteiht. Das müde Auge,



Abb. 7. Vor 100 Jahren – Militär wird von den Kapitalisten gegen streikende Arbeiter eingesetzt.

ehedem blind für die Zukunft, blitzt jetzt lebhaft und sieht ein besseres Leben vor sich, das es zu erkämpfen gilt.

Und 1848, ein Jahr später, schlugen die Arbeiter los; sie hatten zu Ende des Jahres 1847 einen kleinen Verein gegründet, allerlei Schriften durch ihn bezogen und im engen Kreis besprochen. Im Februar des neuen Jahres war ein dünnes Heftchen aus London gekommen, genannt „Manifest der Kommunistischen Partei“. Die Verfasser hießen Karl Marx und Friedrich Engels. Dort steht geschrieben, daß sich nur die Arbeiter selbst helfen können, aus dem grauenhaften Elend, in dem sie leben, herauszukommen, daß sich die Arbeiter zusammenschließen müssen

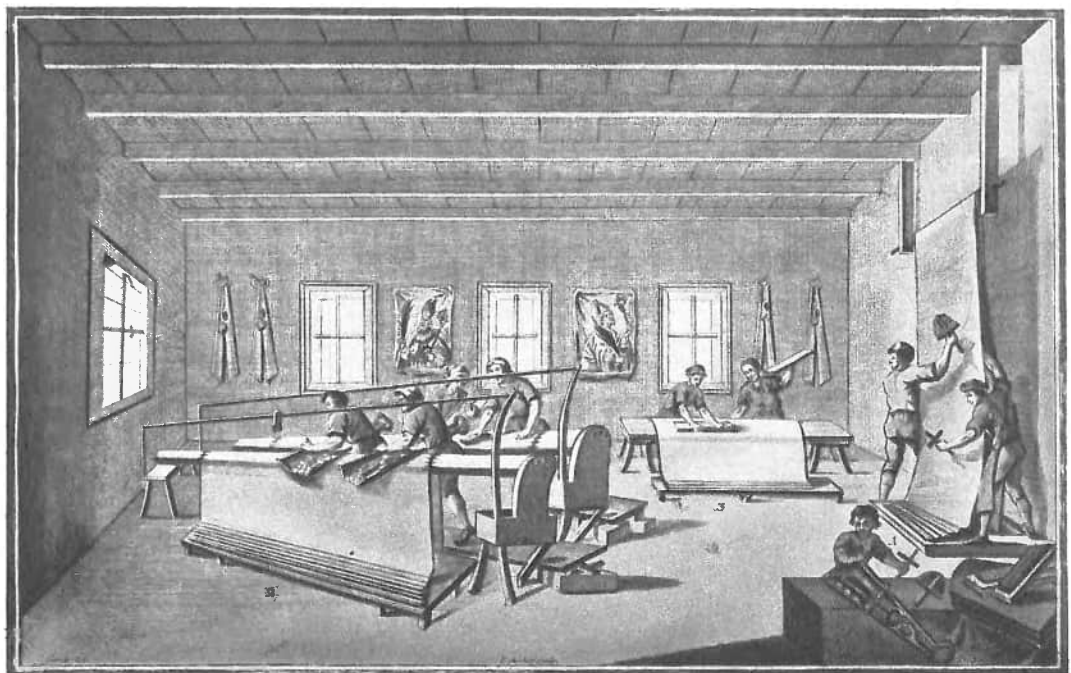


Abb. 8. Frühkapitalistische Manufaktur.



Abb. 9. Arbeiter fordern vom Fabrikbesitzer höheren Lohn.

gegen die Kapitalisten, gegen die Fabrikbesitzer, gegen die Regierung und den Staat, der die Kapitalisten stützt, daß die Arbeiter die Fabriken, die Bergwerke und die Felder selber übernehmen sollen, daß sie selber eine Regierung der Arbeiter bilden, einen Staat der Arbeiter schaffen sollen.

Und alles das erkannten die Arbeiter als richtig. Natürlich gab es damals viele Arbeiter, die weder lesen noch schreiben konnten, denn die

Fabrikbesitzer wollten kein Geld für Schulen ausgeben. Die Arbeiter sollten nichts lernen und, wie die Kapitalisten sagten, „dumm und treu wie die Tiere sein“. Der Staat sollte das Geld lieber für die Armee verwenden. Daher gab es nur wenige Arbeiter, die dieses kleine Heft, in dem die wichtigsten Dinge für die Arbeiter standen, selber lesen konnten. Aber die, welche lesen konnten, erzählten anderen davon, und um anderen davon berichten zu können, waren Vereine – wie der in der Fabrik, die wir besuchten – sehr geeignet. Aus diesem Grunde verbot auch die Polizei, die die Fabrikbesitzer, die Kapitalisten, schützen sollte, derartige Vereine.

Endlich, im März 1848, hielten es die Menschen in Deutschland nicht länger aus. Die Arbeiter empörten sich gegen die Kapitalisten, und alle, insbesondere auch die Bauern, standen auf gegen die Junker auf dem Lande, die die gemeinsten Ausbeuter waren und sogar die Kapitalisten in der Stadt betrogen.

Aber die Zahl der Arbeiter war damals noch klein, und als sich die Kapitalisten in den Städten aus Angst vor der revolutionären Kühnheit der Arbeiter mit den Junkern auf dem Lande verbanden, wurden die Arbeiter geschlagen.



Abb. 10. Bauern stürmen im Jahre 1848 das Waldenburger Schloß.

Doch die Revolution hatte große Erfolge. In dem nächsten Halbjahrhundert entwickelte sich in Deutschland etwas ganz Neues. Und nicht nur in Deutschland. Auch in Frankreich und England geschah das gleiche, ebenfalls auf Grund großer Kämpfe der Arbeiter, die in Frankreich und England schon in den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts begonnen hatten, weil der Kapitalismus in diesen Ländern älter war als in Deutschland. Und dem Beispiel Deutschlands, Englands und Frankreichs folgten alle anderen kapitalistischen Länder.

Das Neue ist eine immer stärker werdende, immer besser organisierte Arbeiterbewegung. In allen Ländern entstehen Arbeiterparteien, nicht so groß und ordnungsgemäß geführt wie heute die Sozialistische Einheitspartei Deutschlands und erst recht nicht so wie die vorbildlichste von allen Arbeiterparteien, die Kommunistische Partei der Sowjetunion. Auch erkannten damals viele Arbeiterführer noch nicht, wie recht Marx und Engels hatten mit ihrer Lehre von der kapitalistischen Gesellschaft und von der Art und Weise, wie die Arbeiter gegen die Kapitalisten kämpfen müssen.

Je bessere Schüler von Marx und Engels die Arbeiterführer und allgemein die Arbeiter waren, desto stärker und fester war auch die Arbeiterpartei, um so größere Erfolge hatte sie im Kampf gegen die Kapitalisten.



Abb. 11.

Neben den Arbeiterparteien wurden auch Gewerkschaften gegründet, Vereinigungen von Arbeitern gebildet, die speziell für höhere Löhne,



Abb. 12. Der Schlosserlehrling Zinna und der Geselle Glasenapp auf der Barrikade.

kürzere Arbeitszeit und andere Verbesserungen in den Betrieben kämpften.

Der organisierte Kampf der Arbeiter hatte zahlreiche Erfolge. Insbesondere wurde die Arbeitszeit verkürzt; von 14, 16, sogar 18 Stunden vor der Revolution von 1848 ging sie allmählich bis zum Ende des Jahrhunderts auf 12, 11, ja auch schon auf 10 Stunden zurück. So einfach schreibt sich das: sie ging zurück. Und doch, wie viele Opfer kostete es, um das zu erkämpfen! Streiks, in denen die Arbeiter keinen Lohn erhielten, so daß sie mit ihren Frauen und Kindern Hunger litten und nur deshalb nicht verhungerten, weil sie in den Gewerkschaftskassen für solche Kämpfe etwas gesammelt hatten; Streiks, bei denen die Kapitalisten versuchten, die Arbeiter mit Polizei, ja mit Militär in die Fabriken und Bergwerke zurückzutreiben; Streiks, in deren

Gefolge die besten Arbeiter zu vielen Jahren Gefängnis und Zuchthaus verurteilt wurden, weil sie die Arbeiter richtig beraten hatten zu streiken, weil sie die Arbeiter siegreich im Streik gegen die Kapitalisten führten. So manche Frauen und Kinder sahen ihre Männer und Väter Jahre hindurch nicht wieder und mußten sich das Geld zum Leben unter schwersten Bedingungen verdienen; sie kamen nur deshalb durch, weil ihnen die anderen Arbeiterfamilien in Solidarität halfen.

Die Verkürzung der Arbeitszeit war auch daher so wichtig, weil die Arbeiter dadurch mehr Zeit für Besprechungen, zum Lesen und Agitieren hatten, das heißt zur besseren Vorbereitung der Kämpfe für höhere Löhne und eine weitere Verkürzung der Arbeitszeit. Stellen wir uns vor, wie man in der Partei und den Gewerkschaften arbeiten soll, wenn man 14, 16 oder 18 Stunden im Betrieb arbeiten muß und wie anders das Leben aussieht, wenn man nur 12 oder gar nur 10 Stunden zu arbeiten hat.

Also, wird man denken, ging in dieser Zeit die Ausbeutung zurück, sanken die Profite der Kapitalisten. Ganz und gar nicht! Genau das Gegenteil war der Fall. Die Ausbeutung nahm zu, und die Profite der Kapitalisten stiegen gewaltig in die Höhe.

Wie aber ist das möglich, wenn die Arbeiter immer weniger Stunden am Tag arbeiten? Ihren Lohn müssen sie doch bekommen, sonst verhungern sie, und dann bleibt doch weniger Zeit, um den Mehrwert, den die Kapitalisten einstecken, zu schaffen.

Man darf jedoch hierbei nicht vergessen, daß die Kapitalisten gleichzeitig immer bessere Maschinen aufstellen, diese immer schneller laufen lassen, die Arbeiter immer mehr zur Arbeit antreiben und daß so in einer Stunde viel mehr Dinge hergestellt werden als vorher. Erinnern wir uns an die Tuchfabrik im Jahre 1840. Da arbeitete jeder Arbeiter 15 Stunden und hatte am Ende des Tages 3 Tücher hergestellt. 50 Jahre später, 1890, arbeiteten die

Arbeiter in dieser Fabrik 4 Stunden weniger, nämlich 11 Stunden, aber am Ende der 11. Stunde hatten die Arbeiter nicht 3 Tücher, sondern 9 Tücher, also 3 mal soviel hergestellt.

Und nun sehen wir uns an, wie die Rechnung des Kapitalisten von 1890 im Vergleich zu der von 1840 aussieht:

Damals, 1840, bekamen die Arbeiter für den Tag 1 Taler, den Wert von 1 Tuch. Im Jahre 1890 erhielten die Arbeiter genau wie 1840 nur so viel, daß sie nicht verhungerten und immer weiter arbeiten konnten, also Lohn im Wert von 1 Tuch.

Für die Baumwolle, Abnutzung der Maschinen usw. hatte der Kapitalist 1840 ebenfalls 1 Tuch (bei 100 Arbeitern 100 Taler = 100 Tücher) zurücklegen müssen. Wenn aber 1890 3 mal soviel Tücher von jedem Arbeiter hergestellt werden, dann wird mehr Baumwolle verbraucht, und weil die Maschinen besser und teurer sind, muß der Kapitalist auch mehr für ihre Abnutzung zurücklegen. Weil 3 mal soviel Tücher hergestellt werden, muß er rund das 3fache zurücklegen, also 3 Tücher.

Es ergibt sich nun folgendes:

	1840	1890
Lohn für einen Arbeiter . . .	1 Tuch Wert	1 Tuch Wert
Baumwollverbrauch, Maschinenabnutzung usw. pro Arbeiter	1 Tuch Wert	3 Tücher Wert
Ausgaben des Kapitalisten pro Arbeiter	2 Tücher Wert	4 Tücher Wert
Produktion pro Arbeiter . .	3 Tücher Wert	9 Tücher Wert
Profit des Kapitalisten pro Arbeiter	1 Tuch Wert	5 Tücher Wert

Obgleich sich die Ausgaben des Kapitalisten verdoppelt haben (von 2 auf 4 Tücher Wert), hat sich sein Profit verfünffacht.

Wie kann man nun sagen, daß es dem Arbeiter unter dem Kapitalismus immer schlechter geht, wenn sein Lohn gleichbleibt?

Nun, zuerst einmal geht es dem Arbeiter im Jahre 1890 im Vergleich zu 1840 sehr, sehr viel

schlechter, weil der Kapitalist 5 mal soviel Mehrwert, 5 mal so hohe Profite aus jedem einzelnen Arbeiter herausholt. Die Situation ist für den Kapitalisten noch viel günstiger geworden; 1840 holte er jeden Tag 100×1 Tuch heraus, denn er hatte 100 Arbeiter, und jeder Arbeiter mußte gewissermaßen 1 Tuch umsonst für den Kapitalisten liefern. 1890 holt der Kapitalist aus jedem Arbeiter 5 Tücher für sich heraus, und da er jetzt anstatt 100 Arbeiter 1000 hat, erzielt er einen Tagesgewinn von 5000 Tüchern. Der Tagesgewinn ist also von 100 auf 5000 oder um das 50fache gestiegen, während der Lohn des Arbeiters der gleiche, nämlich 1 Tuch, geblieben ist.

Richtig, wird man sagen; die Reichen sind viel reicher geworden. Aber das bedeutet noch nicht, daß auch die Armen, die Arbeiter, ärmer geworden sind; erhalten sie doch nach wie vor 1 Tuch Lohn. Aber wie sieht es mit ihrer Arbeitskraft aus? Durch das ungeheure Gehetze bei der Arbeit, das, was man die gewaltig gestiegene Intensität der Arbeit nennt, wird viel mehr an Arbeitskraft als vorher aus dem Arbeiter herausgeholt. Das heißt, wenn er den gleichen Lohn wie vor 50 Jahren erhält, aber viel mehr Arbeitskraft aus ihm herausgepumpt wird, wenn er nach einer Woche viel erschöpfter ist als früher, wenn er vielleicht nur 35 Jahre in seinem Leben arbeiten kann und dann Invalide wird, dann bedeutet der gleiche Lohn von 1 Tuch in Wirklichkeit eine Lohnsenkung. Muß der Arbeiter doch zum Beispiel 1890 mehr und besser essen als 1840, nur um die mehr herausgepumpte Arbeitskraft wiederherzustellen. Und selbst wenn der Lohn steigt, zum Beispiel von 1 Tuch auf $1\frac{1}{4}$ Tuch, selbst dann bedeutet das noch, daß sich der Arbeiter 1890 nicht so wie 1840 von der Arbeit erholen kann, eben weil die Intensität der Arbeit so gestiegen ist.

Das heißt, wie auch immer die Arbeiter unter dem Kapitalismus kämpfen, nie kann sich ihre Lage wirklich verbessern; immer wird sie sich weiter verschlechtern. Natürlich kann sie sich

Abb. 13. Polizei verhaftet streikende Arbeiter.

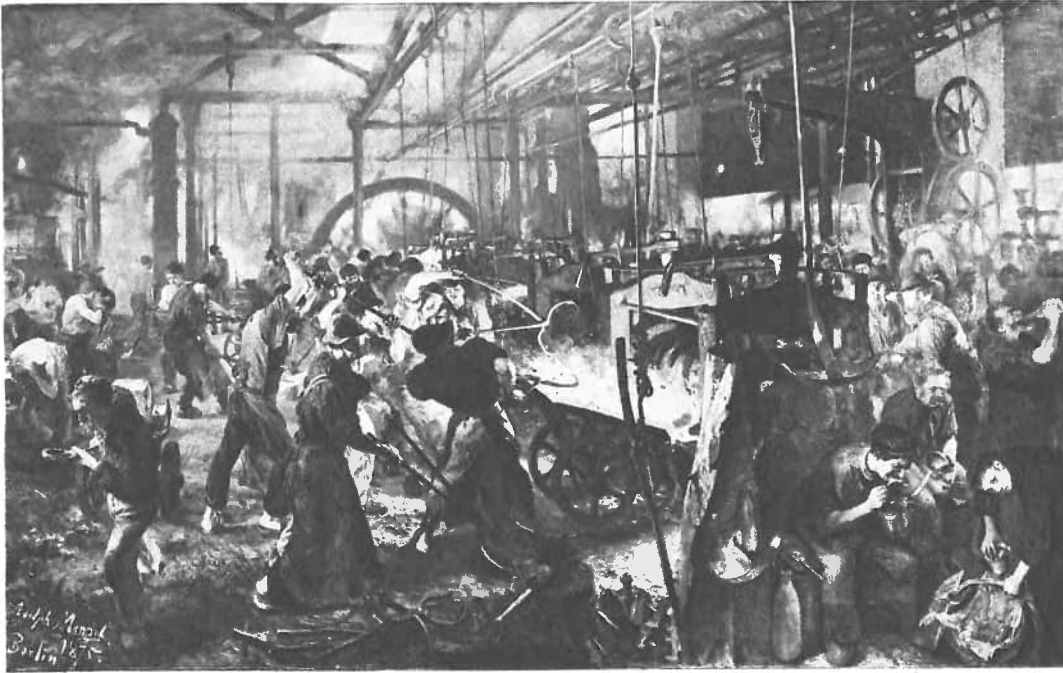


auf einzelnen Gebieten verbessern, jedoch niemals im ganzen; sie wird nicht von Stunde zu Stunde schlechter, wohl aber von Jahrzehnt zu Jahrzehnt.

Wozu sind nun aber die Gewerkschaften und die Arbeiterparteien nütze, wenn es den Arbeitern doch immer schlechter unter dem Kapitalismus geht?

Sie sind von Nutzen einmal deswegen, weil die einzelnen Verbesserungen, die die Arbeiter durch sie erkämpfen, sehr wichtig für die Werktätigen sind, wie zum Beispiel die Arbeitszeitverkürzung. Sie sind weiter von Nutzen, weil es ohne sie den Arbeitern noch viel schlechter gehen würde. Sie sind vor allem aber deswegen unendlich viel von Nutzen, weil sie die Arbeiter für den entscheidenden Kampf zum Sturz des Kapitalismus vorbereiten. Bereits 1871 hatten die Arbeiter einmal für ganz kurze Zeit und auf ganz kleinem Raum, nämlich in Paris, den Kapitalismus gestürzt; aber sie wurden von den vereinten Truppen der französischen und deutschen Reaktion besiegt.

1890 rüsteten die Arbeiter aller Länder der Welt, zum ersten Male den 1. Mai als Kampftag



*Abb. 14. Der große
Künstler Adolf Menzel
malte dieses Bild
eines Eisenwalzwerkes.*

gegen den Kapitalismus zu begehen. Karl Marx, der große Führer aller Arbeiter der Welt, war schon sieben Jahre tot; aber unter der Führung seines Freundes und Kampfgefährten Friedrich Engels hatten sich die Arbeiterparteien aller Länder 1889 zusammengeschlossen und untereinander abgemacht, im Jahre 1890 und dann jedes Jahr den 1. Mai zu feiern, auf die Straße zu gehen, um gegen die Kapitalisten zu demonstrieren und am Nachmittag mit der gesamten Familie ein Fest der eigenen Stärke und der Zuversicht auf den Sieg zu feiern.

Aber auch die Kapitalisten sind in dieser Zeit in gewisser Beziehung mächtiger geworden. Einmal haben sie angefangen, sich in Kapitalisten- oder, wie sie sich nannten, in Unternehmerverbänden zusammenzuschließen. Vor allem aber sind ihre Betriebe gewaltig gewachsen.

Aus der Tuchfabrik im Jahre 1840, mit 100 Arbeitern und mit einfachen Maschinen, an denen auch Kinder arbeiten konnten, ist ein Großbetrieb geworden mit komplizierten und viel leistungsfähigeren Maschinen, an denen 1000 Arbeiter beschäftigt sind.

Manche Betriebe beschäftigen jetzt sogar 10000 Arbeiter und noch mehr, so die Rüstungsfabrikanten Krupp in Deutschland,

Schneider-Creuzot in Frankreich, Vickers in England, Putiloff in Rußland, Dupont in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Durch die riesig wachsenden Profite wird es den großen Kapitalisten möglich, immer mehr Maschinen anzuschaffen, immer größere Fabriken zu bauen und immer mehr Arbeiter zur Ausbeutung einzustellen.

Riesige Profite holen sie sich auch aus den Kolonien. Das sind Länder, vor allem in Afrika und Asien, in die die Kapitalisten eingedrungen und in denen sie über die Bevölkerung hergefallen sind; sie haben das Land geraubt, behandeln die armen Menschen dort fast wie Sklaven und zwingen sie, für ganz niedrigen Lohn zu schuften. In den Kolonien sind die Profite ganz besonders hoch; vor allem aus zwei Gründen. Einmal haben die Kapitalisten dort, auch noch im 19. Jahrhundert, als das in Europa nicht mehr üblich war, weil sie sich hier schon alles vorher geholt hatten, der Bevölkerung das Land und seine Bodenschätze gestohlen; es hat sie nichts gekostet, sich große Felder mit ihren Früchten, große Wälder mit Holz, Berge mit Kohlen und Erzen anzueignen.

Und dann werden dort die Löhne nicht von dem bestimmt, was die Arbeiter zum Leben notwendig haben. Da die Bevölkerung dort im Verhältnis zu der Zahl der Arbeiter, die die Kapitalisten brauchen können, zumeist sehr groß ist, sagen sich die Kapitalisten: Wenn die Arbeiter nach ein paar Jahren an Entkräftung, vor Hunger oder an Krankheiten sterben, dann macht uns das nichts aus, es gibt ja genügend Ersatz. So kommt es, daß in manchen Gegenden in den Kolonien die Menschen nicht älter als 30 Jahre werden, daß in vielen Familien, die, sagen wir, 4 Kinder haben, 3 Kinder vor Hunger sterben, bevor sie überhaupt 6 Jahre alt geworden sind. So kommt es, daß die Kapitalisten in den Kolonien die Arbeiter noch viel mehr ausbeuten können als woanders. Das ist der zweite Grund, weshalb die Kapitalisten so besonders hohe Profite in den Kolonien machen.

Alles das, was hier geschrieben ist, haben uns Marx und Engels gelehrt. In den Jahren nach 1847 und 1848 haben sie die Geschichte der kapitalistischen Gesellschaft überall in der Welt genau untersucht und uns in ihren Schriften und Briefen darüber berichtet – Marx bis zum Jahre 1883, als er starb, und Engels bis zu seinem Tode im Jahre 1895.

Mit dem 20. Jahrhundert ändert sich wieder manches in der kapitalistischen Gesellschaft, und diese Änderungen haben sehr große Bedeutung für uns alle.

Denken wir an die drei Punkte, die wir soeben besprochen haben.

Beginnen wir mit den Kolonien. Gegen Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts war es mit der Schaffung neuer Kolonien zu Ende. Die Welt war aufgeteilt unter die großen kapitalistischen Länder; diese hatten sich große Weltreiche oder Imperien, wie man sie auch nennt, zusammengeraubt; sie waren imperialistische Länder geworden. Wer weitere Kolonien haben wollte, um große Profite, um Maximalprofite zu erlangen, der mußte einem anderen imperialisti-

schen Lande Kolonien wegnehmen. Das aber war nur durch Krieg möglich. Das heißt, das weitere Wachstum der großen kapitalistischen Länder war nur noch durch Neuverteilung der Welt mittels Kriegen möglich. Kriege gehören jetzt notwendigerweise zur kapitalistischen Gesellschaft.

Wir alle wissen, daß es seit 1900 bereits zwei Weltkriege und viele Einzelkriege mit dem Ziel der Neuverteilung gegeben hat und daß die Imperialisten, insbesondere die amerikanischen Imperialisten, heute einen neuen, einen dritten Weltkrieg vorbereiten.

Weltkrieg – da steht das Wort mit seinen neun Buchstaben! Man meint zuerst, daß es ganz leicht zu verstehen ist. Weltkrieg, das heißt, daß sich alle Welt im Krieg befindet, daß alle oder fast alle Länder der Welt Krieg miteinander führen. Und doch ist es ein so großes und furchtbares Wort, daß man lange darüber nachdenken muß, um zu verstehen, was es bedeutet.

Stellen wir uns einmal ein Land vor, das 20 Millionen Einwohner hat. Es ist etwa so groß wie unsere Republik, halb so groß wie Frankreich oder doppelt so groß wie Ungarn. In diesem Land werden rund 400 000 Menschen in einem Jahr geboren. 400 000 Familien feiern dort jedes Jahr die Geburt eines Kindes, und die Eltern und alle Geschwister freuen sich über das

Abb. 15. Eine moderne Fabrikanlage.





Abb. 16. Überall in den Kolonien herrscht militärischer Terror.

neugeborene Kind. Die Mutter und der Vater sorgen voll Freude für den Säugling; er wird krank, aber alles wird wieder gut; er wächst heran, und nach sechs Jahren geht das Kind zur Schule. Wie oft helfen der Vater, die Mutter oder eines der Geschwister dem Kinde bei den Schularbeiten. Wieviel tausend Freuden bereitet ihm das Leben. Wieviel schöne Spiele gibt es, und oft träumt es davon, wie es sein wird, wenn die Schulzeit vorbei ist.

Die Jahre vergehen. 400000 Kinder verlassen in einem Jahr die Schule. Die einen werden Maurer, die anderen Lehrer; wieder andere gehen in den Bergbau. Und sie beginnen zu schaffen. Nützliche Dinge bringen ihre Hände hervor. Noch

sind sie in der Lehre; ein Jahr ist vergangen, und da kommen wiederum 400000 Kinder aus der Schule. Und wieder vergeht ein Jahr. Zwei Jahre arbeiten sie schon. Wichtiger ist jetzt ihre Arbeit, weil sie mehr gelernt haben und Besseres leisten. 400000 weitere Kinder sind aus der Schule gekommen. Jetzt sind es schon 1,2 Millionen Kinder. Drei Jahrgänge – 1,2 Millionen; aber nicht Kinder sind es mehr, sondern jetzt schon Jugendliche.

Und nun geschieht etwas Fürchterliches. Die Imperialisten des 20-Millionen-Landes und die Imperialisten eines Nachbarlandes geraten in Streit. Worüber?

Das 20-Millionen-Land hat eine kleine Kolonie in Afrika. Dort leben etwa 300000 Neger unter den schlechtesten Bedingungen. Die Kolonie war für die Imperialisten nicht „viel wert“. Die Neger bauten vor allem Baumwolle an; diese nahmen ihnen die Imperialisten jedes Jahr zum größten Teil fort und verkauften sie an andere Länder. Die armen Neger hungerten und darben. Die Baumwolle brachte den Imperialisten jedes Jahr 5 Millionen Dollar Gewinn. Sehr viel, wird man denken. Aber für die raubgierigen Imperialisten ist das nicht sehr viel.

Da findet ein Neger plötzlich auf seinem Stückchen Land einen Diamanten. Er geht zur Stadt, wo der Militärkommandant der Kolonie in einem prächtigen Haus wohnt, und will ihn dort in einem Laden verkaufen. Der Ladenbesitzer, der kein Afrikaner ist, sondern aus dem 20-Millionen-Land kam, um die Neger auszurauben, sieht gleich, daß der Diamant rund 1000 Dollar wert ist. Er sagt dem Neger: „Wenn du mir erzählst, wo du den Diamanten gefunden hast, dann will ich dir 50 Dollar geben. Wenn du es jedoch nicht sagst, lasse ich dich ins Gefängnis stecken.“ Ja, so geht es in den Kolonien zu! Der Neger freute sich über die 50 Dollar. Natürlich war er nicht in die Schule gegangen, weil die Imperialisten ja keine Schulen für Neger bauen. Und so wußte er nicht, daß der Diamant viel mehr als 50 Dollar wert war. Er sagte deshalb dem

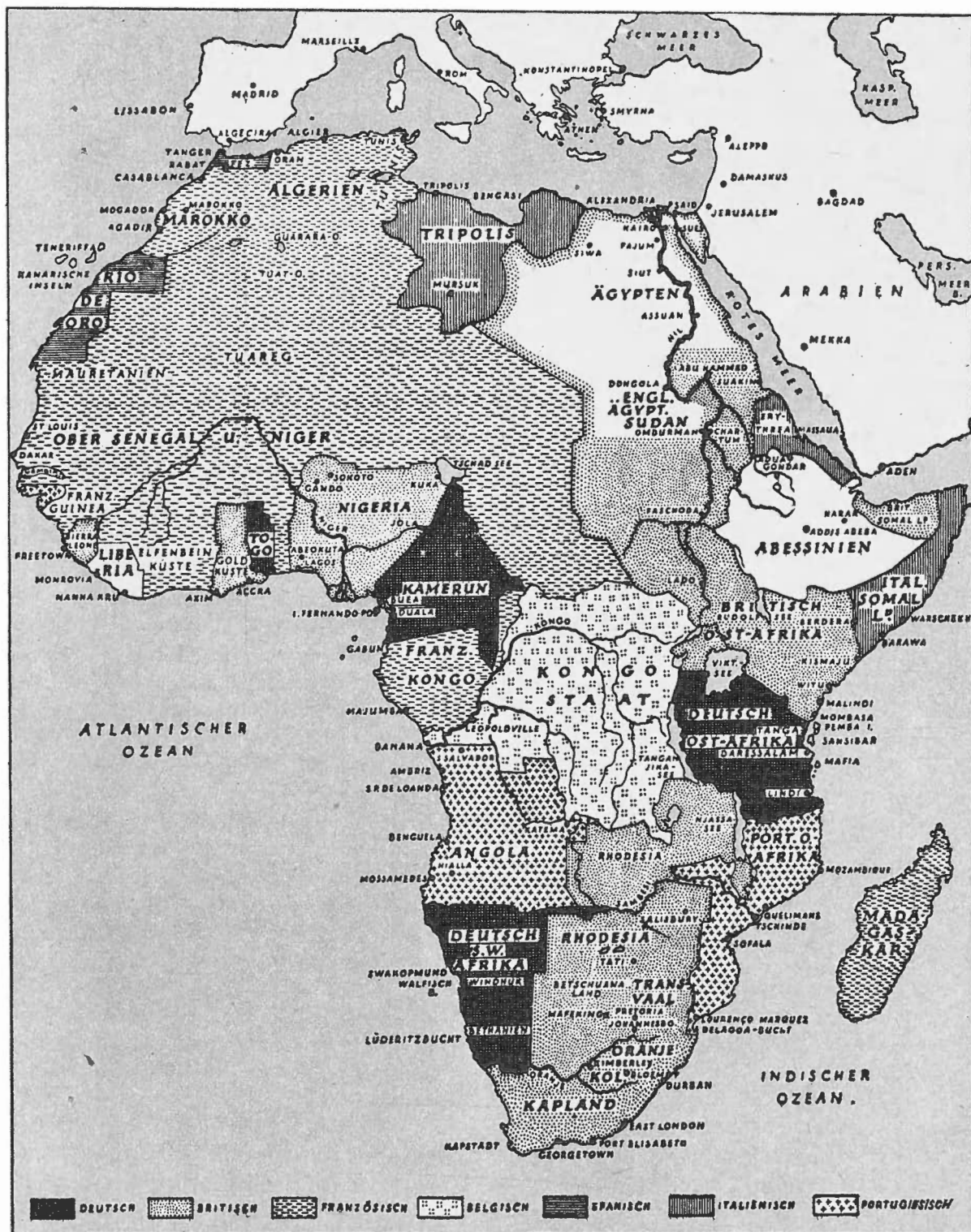


Abb. 17. Wie Afrika vor dem ersten Weltkrieg unter die Kolonialmächte aufgeteilt war.

Ladenbesitzer auch, wo er den Diamanten gefunden hatte.

Am nächsten Tag kommt der Ladenbesitzer mit zwei Freunden einfach auf das Stückchen Land des Negers und auf das Nachbarland zur rechten und zur linken Seite. Sie suchen nach Diamanten. Nach einer Woche stürmen alle Weißen aus der Stadt auf das Land der Neger und vertreiben sie von dort, um Diamanten zu suchen.

Plötzlich ist die Kolonie für die Imperialisten sehr, sehr wertvoll geworden. Plötzlich sehen die Imperialisten aller anderen Länder auf diese kleine Kolonie.

Neben dieser Kolonie liegt eine andere, die einem Nachbarstaat des 20-Millionen-Landes gehört. Auch von dort eilen weiße Kolonialräuber in die Diamantenkolonie. Die weißen Räuber der Diamantenkolonie wehren sich gegen das Eindringen der Räuber aus der Nachbarkolonie. Es kommt zu einer Prügelei, und auf beiden Seiten gibt es Tote und Verwundete.

Der Telegraph trägt die Nachricht von dieser Prügelschlacht nach Europa, in das 20-Millionen-Land und in den Nachbarstaat. Die Imperialisten des 20-Millionen-Landes sind wütend über die fremden Räuber, die in ihre Kolonie eingedrungen sind. Sie wollen die armen Neger und ihr Land mit den schönen Diamanten selbst ausrauben.

Aber der Nachbarstaat weigert sich, eine Entschädigung für das Eindringen in die Diamantenkolonie zu zahlen.

„Gemeine Räuber“ – schreien die Imperialisten des 20-Millionen-Landes. Aber noch während sie so schreien und gleichzeitig darüber nachdenken, ob sie nicht an den Nachbarstaat den Krieg erklären sollen – ertönt plötzlich das dumpfe Grollen von Kanonen, die ihre furchtbaren Ladungen abschießen.

Das erste Geschöß fällt in eine Schuhfabrik, die in der Nähe der Grenze liegt; es durchschlägt die Decke und läßt eine Maschine, die soeben das Oberleder für einen Kinderschuh zuschneidet, zersplittern, als ob sie aus Holz wäre. Ein

Stück des platzenden Geschosses aber trifft einen jungen Menschen, der diese Maschine bediente. Jetzt liegt er tot neben der Maschine.

Erinnern wir uns noch – sechzehn Jahre zuvor war er eines jener 400000 Kinder, deren Geburt die Eltern und Geschwister damals so erfreute. Sechzehn Jahre sind seitdem vergangen. Wie vieles war doch schön gewesen in diesem Leben – trotz vielem Kummer, trotz großem Elend! Wie vieles hatten Eltern und Freunde und vor allem der Junge selbst von seinem Leben erwartet. All das ist wie ausgelöscht, als ob es niemals diese sechzehn Jahre gegeben hätte.

Aber wir haben keine Zeit, über dieses eine Leben nachzudenken. Immer erneut schlagen die Geschosse ein. Immer neue Leben fordern sie. Und jetzt antwortet der Kanonendonner aus dem 20-Millionen-Land. Jetzt sterben sinnlos auf der anderen Seite junge Menschen. Auch alte Menschen, Greise und Kinder, Jugendliche und Erwachsene im besten Alter sind darunter – alle durcheinander, ein grauenvoller Haufen sterbender Menschen.

Da kommt ein drittes Land dem 20-Millionen-Land zu Hilfe. Die Imperialisten des 20-Millionen-Landes haben den Imperialisten des dritten Landes einen Teil der Diamanten versprochen, wenn sie ihnen im Kriege helfen.

Und wieder tritt ein Land in den Krieg. Es hilft dem Lande, das zuerst in das 20-Millionen-Land eingefallen ist. Dauernd aber sterben Menschen. So kommt ein Weltkrieg der Imperialisten untereinander zustande. Ein Diamant wird gefunden. Und Millionen Menschen sterben. Millionen Hoffnungen sterben dahin. Millionen glückliche Stunden werden ausgelöscht.

Nur weil die Imperialisten immer neue, immer größere Profite, Maximalprofite, einstecken wollen, ganz gleich, wie viele Meere von Blut diese Diamanten kosten.

Das Blut stört sie nicht, wenn sie nur immer mehr Kapital anhäufen können.

Jetzt ist schon verständlicher, was diese neun Buchstaben WELTKRIEG bedeuten. Natürlich

noch nicht ganz. Niemand kann wirklich ganz verstehen, was das Wort Weltkrieg bedeutet. Denn wie kann man den Schmerz von Millionen Eltern, die den Tod ihrer Kinder, den Schmerz von Millionen Kindern, die den Tod ihrer Eltern beweinen, ganz verstehen!

Aber ahnen, fühlen kann man, wie furchtbar, wie unaussprechlich schrecklich ein Weltkrieg ist.

Und alle Menschen, die das ahnen und fühlen und, soweit das möglich ist, begreifen, sind darum gegen den Krieg, wollen in Frieden leben.

Aber noch nicht alle Menschen verstehen, wie es zu so furchtbaren Kriegen kommen kann. Am besten verstehen es die Arbeiter, die die Wissenschaft des Sozialismus gelernt haben. Sie begreifen, daß es so lange Kriege geben wird, solange es Imperialisten gibt, die andere Völker unterdrücken, die Kolonien haben und welche die Menschen dort ausrauben, die immer mehr Kolonien haben wollen, bis die ganze Welt eine einzige Kolonie der stärksten und mächtigsten Imperialisten ist.

Darum sagen sie: Imperialismus und Krieg hängen ganz eng zusammen. Wenn wir mit dem Krieg Schluß machen wollen, wenn wir in Frieden leben wollen, dann gibt es nur einen einzigen Weg: Wir müssen den Imperialisten ihre Macht nehmen und sie ihrer gerechten Strafe zuführen. Denn sie sind die furchtbarsten Mörder. Sie morden nicht einen Menschen, sondern eine Million, ja zehn Millionen und noch mehr Menschen.

Eine weitere hochbedeutsame Veränderung des kapitalistischen Systems im 20. Jahrhundert hängt mit dem Wachstum der Betriebe zusammen. Wir haben gesehen, wie während des 19. Jahrhunderts die Betriebe immer größer wurden und schließlich viele tausend Arbeiter beschäftigten. Aber sie wuchsen auf eine besondere Art noch mehr. Man stelle sich vor, daß es in einem Lande zwei besonders große Fabriken gibt, die Nähmaschinen produzieren. Jeder der beiden Fabrikherren möchte dem anderen mög-

lichst viele Kunden wegfangen, um viele Nähmaschinen zu verkaufen; sie machen sich gegenseitig Konkurrenz. Das haben die Kapitalisten immer getan. Und dadurch, daß im 19. Jahrhundert einige Fabrikanten schneller reich wurden und größere Fabriken hatten als die anderen, gelang es ihnen, den anderen immer mehr Kunden abzufangen, so daß die kleineren schließlich fast keine Kunden mehr hatten und nicht weiterarbeiten konnten; sie gingen bankrott. Am Ende des 19. Jahrhunderts gab es nur noch zwei große Nähmaschinenkapitalisten; sie arbeiteten, wie sie es gewöhnt waren, gegeneinander und gingen mit den Preisen herunter, um sich gegenseitig möglichst viele Kunden wegzuschnappen. Da rief eines Tages einer der Nähmaschinenkapitalisten den anderen an und verabredete sich mit ihm zu einer Besprechung der Lage. Er sagte ihm, wozu bekämpfen wir uns und versuchen einer den anderen durch Kundenwegfang zu schädigen. Legen wir unsere Betriebe zusammen, setzen gemeinsam hohe Preise fest und teilen den Gewinn unter uns; so machen wir beide viel höhere Profite. Die Menschen, die Nähmaschinen kaufen wollen, sind auf uns angewiesen, und wir haben sie völlig in der Hand. Wenn wir zusammenhalten, sind wir Alleinherrscher auf dem Gebiet der Nähmaschinenproduktion oder, wie man auch sagt, Monopolisten.

Wie die Nähmaschinenfabrikanten, so machten es in den letzten Jahren des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts mehr und mehr Großkapitalisten. Sie bildeten Monopole, wobei sich verschiedene Formen der Monopolorganisation ergaben: Kartelle, Syndikate, Konzerne, Truste. Was sie unterscheidet, ist nicht wichtig; was ihnen gemeinsam ist, ist sehr wichtig, nämlich die Verabredung untereinander, wie man durch gemeinsames Vorgehen in jedem Monopol möglichst hohe Profite macht.

Nun ereignete sich folgendes. In Deutschland zum Beispiel hatten sich die Nähmaschinenfabrikanten zusammengeschlossen. Gemeinsam

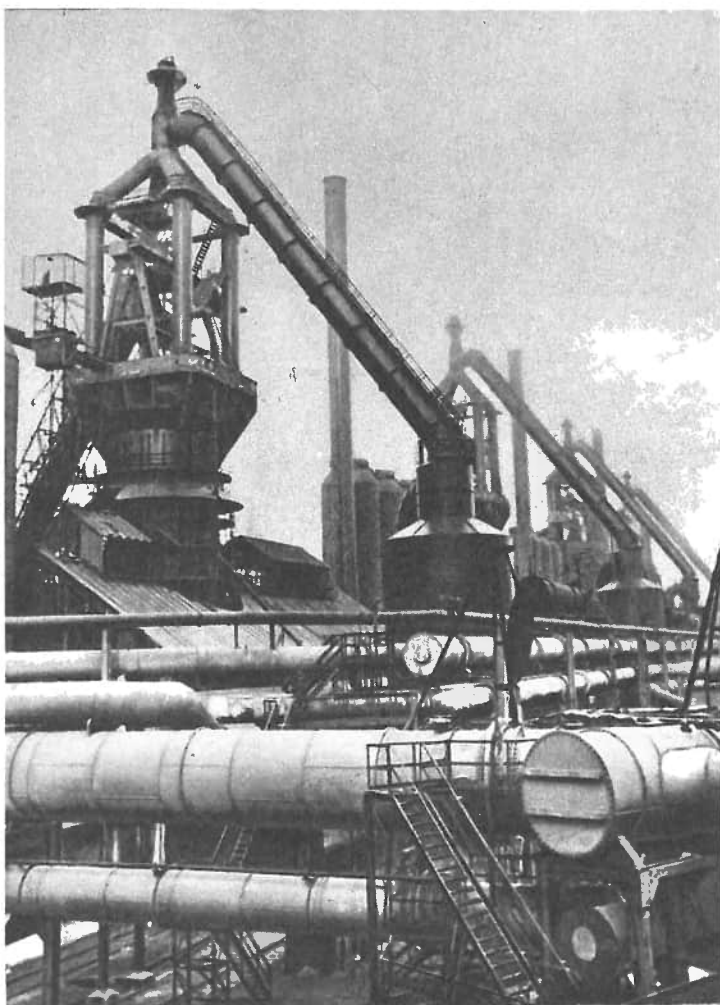


Abb. 18. Industrieller Großbetrieb.

erhöhten sie die Preise, die immer weiter nach oben kletterten.

Plötzlich jedoch gab es wieder billigere Nähmaschinen zu kaufen. Woher nur?

Die Nähmaschinenfabrikanten hatten genau aufgepaßt, daß keine neue Fabrik gebaut wurde. Als jemand gelegentlich eine neue Fabrik bauen wollte, hatte man ihm gedroht, daß er bald bankrott gehen würde, weil er die gesamte Monopolorganisation gegen sich haben würde, und so hatte er seinen Plan aufgegeben. Woher also kamen die Nähmaschinen?

Die billigeren Nähmaschinen waren aus dem Ausland gekommen, wo es auch Nähmaschinenmonopole gab, die jetzt in einen Kampf mit dem

deutschen Nähmaschinenmonopol traten. Jedes der Monopole wollte möglichst viele Nähmaschinen in der Welt verkaufen. Was geschah nun? Die Monopolkapitalisten der verschiedenen Länder bildeten, nachdem sie zuerst versucht hatten, sich gegenseitig die Käufer wegzufangen, untereinander eine internationale oder Weltmonopolvereinigung. Sie sagten sich: Wir wollen gemeinsam überall gleichhohe und immer höhere Preise nehmen und so gemeinsam möglichst hohe Profite erzielen.

Wie schlimm solche Monopole sind, kann man an dem folgenden Beispiel erkennen. Stellen wir uns vor, in einem kapitalistischen Land wird in einer Arbeiterfamilie ein Kind krank. Die Eltern haben an sich schon wenig Geld, denn sie werden von den Kapitalisten ausgebeutet. Nun sollen sie Medizin kaufen. Es gibt aber ein Monopol für Medizinen. Das bedeutet, daß die Preise ganz besonders hoch sind und daß es unmöglich ist, die benötigte Medizin zu kaufen. So quält sich das Kind ohne Medizin und stirbt schließlich, weil die Monopolisten nur zu einem hohen Preis Medizin verkaufen. Die Monopolisten haben, um die Profite hoch zu halten, das Kind ohne medizinische Hilfe gelassen; sie haben es ermordet. Nicht nur dieses Kind – viele Millionen Kinder und Erwachsene haben sie auf diese Weise in diesem Jahrhundert sterben lassen, haben sie ermordet. Aber nicht nur auf diese Weise. Die Monopolisten sind, daran muß man stets denken, gemeine Verbrecher. Wenn sich aber Verbrecher auch in einem Monopol zusammenschließen, deswegen bleiben sie im Grunde doch immer noch gegenseitige Feinde. Auch wenn sich zum Beispiel die deutschen, englischen und amerikanischen Monopolisten der Medizinindustrie zusammengeschlossen haben, denkt doch jeder von ihnen: Am liebsten würde ich den anderen erwürgen und selbst, ganz allein, das Weltmonopol für die Herstellung von Medizinen haben und so die allerhöchsten Profite machen. Das heißt, genau wie beim Raub von Kolonien, so denken auch hier die größten Kapitalisten immer an einen Krieg.

Während sie sich einerseits miteinander verabreden, denkt andererseits jeder von ihnen zugleich an die Vorbereitung des Krieges gegen den anderen: Das deutsche Monopol bereitet den Krieg gegen das englische und amerikanische, das amerikanische gegen das deutsche und englische vor usw.

Wieder erkennen wir: Der Kapitalismus des 20. Jahrhunderts, der Imperialismus, der Monopolkapitalismus bedeuten Kriegsvorbereitung und Krieg.

Wieder begegnet uns das Wort Krieg. Wieder denken wir an die letzten zwei Weltkriege. Wieder fühlen wir jetzt, was es bedeutet, daß die Monopolkapitalisten einen dritten Weltkrieg vorbereiten.

Weltkrieg – jene furchtbaren neun Buchstaben, die den Tod von neun Millionen Menschen und mehr bedeuten!

Imperialisten und Monopolkapitalisten aber sind das gleiche, genau wie der Krieg von 1914 bis 1918 und der erste Weltkrieg, der Krieg von 1939 bis 1945 und der zweite Weltkrieg das gleiche sind.

Als wir über die Zeit von 1890 sprachen, da nannten wir die Namen der größten Rüstungsfabrikanten in der kapitalistischen Welt: Krupp in Deutschland, Schneider-Creuzot in Frankreich, Vickers in England, Dupont in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Heute, zwei Generationen später, sind diese größten Rüstungsfabrikanten von 1890 Herren von Rüstungsmonopolen. Dutzende von Betrieben, nicht mit 10000 Arbeitern wie 1890, sondern mit 50000, mit 100000 und noch mehr Arbeitern, sind in ihrer Hand. Und wenn wir in die Kolonien blicken, so sehen wir, wie große Ladungen von Waren, wie Schecks mit Riesen Zahlen, wie eine Million Dollar, Franc, Westmark, die Namen Dupont, Schneider-Creuzot oder Krupp tragen.

Sie müssen für immer verschwinden, damit die Menschen in Frieden und Wohlstand leben können!

Und noch eine wichtige Sache müssen wir verstehen: Die Kapitalisten zahlen stets so niedrige Löhne wie möglich, produzieren aber immer so viel wie möglich, um hohe Profite zu erzielen. Wenn jedoch die Produzenten von Baumwollwaren möglichst hohe Profite beim Verkauf von Anzügen, Mänteln, Taschentüchern usw. machen wollen und ihren Arbeitern niedrigste Löhne zahlen und wenn alle anderen Kapitalisten das genau so machen, dann kann die Wirtschaft nicht funktionieren; dann gibt es von Zeit zu Zeit viel mehr Produkte, als bei den niedrigen Löhnen, bei der niedrigen Kaufkraft der Arbeiter verkauft werden können. Es sammeln sich riesige Lager unverkäuflicher Waren. Damit diese Lager nicht überlaufen, wird die Produktion eingeschränkt; zahlreiche Arbeiter werden als überflüssig entlassen; sie werden arbeitslos. Millionen Menschen möchten gern arbeiten, möchten nützliche und schöne Dinge schaffen, aber sie dürfen es nicht; sie dürfen nur dann arbeiten, wenn die Kapitalisten hohe Profite davon haben, und weil das bei überlaufenden Lagern nicht der Fall ist, werden Millionen Arbeiter zur Arbeitslosigkeit verdammt.

Es gibt eine ernste Krise in der kapitalistischen Wirtschaft und Gesellschaft, eine ganz unsinnige Krise. Denn man muß sich vorstellen: Auf der einen Seite sind Millionen Arbeiter, die nicht genügend Geld haben, um genug zum Essen und Kleiden zu kaufen, und auf der anderen Seite sind Riesenlager unverkaufter Waren vorhanden, so daß die Produktion eingeschränkt wird. Und das alles nur, weil die Kapitalisten über den Verkauf zu bestimmen haben und weil sie nur gegen Profit verkaufen wollen.

Dabei muß man sehen, daß diese Krisen unter dem Monopolkapital noch viel schlimmer geworden sind, als sie im 19. Jahrhundert waren, weil die Monopolkapitalisten untereinander noch viel höhere Preise verabreden, um noch viel höhere Profite zu erzielen.

Diese Verbrecher verbrennen tatsächlich lieber Getreide, werfen Lebensmittel ins Meer, lassen

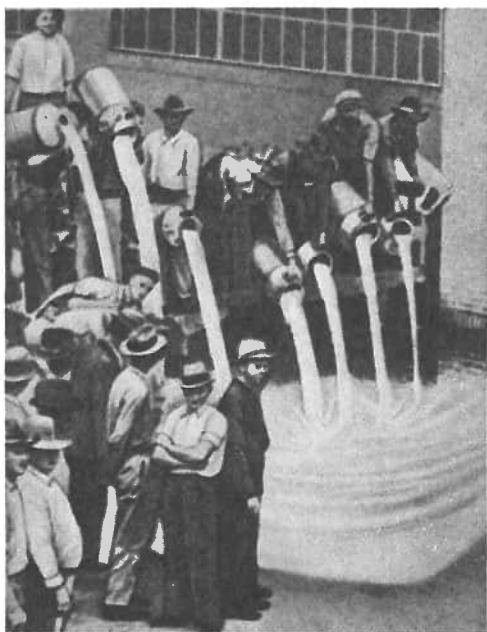


Abb. 19. Milch wird weggegossen, um die Milchpreise hoch zu halten.

Wolle verfaulen, als daß sie hungernden und frierenden Menschen helfen. Denn durch die Zerstörung von Lebensmitteln, Wolle usw. beabsichtigen sie die Preise und die Profite hoch zu halten. Auch an diesem Beispiel erkennen wir, daß die Monopolkapitalisten die größten Feinde der Menschen sind. Entweder morden sie Millionen Menschen durch Kriege, oder sie töten sie, indem sie sie verhungern und erfrieren lassen, obgleich genug Waren da sind, nur um hoher Profite willen.

Führen wir uns die Bedeutung der Krise noch einmal plastisch vor Augen.

Stellen wir uns vor: Da ist eine Arbeiterfamilie. Der Vater ist in einer Käsefabrik beschäftigt. Tag für Tag stellt er guten Käse her. Überall essen die Menschen Käse gern. In Deutschland und in Amerika, in Ungarn und in Australien.

Aber viele Hunderte Millionen Menschen haben nicht genügend Geld, um so viel Käse zu kaufen, wie sie gern essen wollen.

Im vorigen Jahr hat die Fabrik 1 000 000 Käse hergestellt. In diesem Jahr sind neue, bessere Maschinen aufgestellt worden, und die Fabrik stellt 1 200 000 Käse her.

Aber die Arbeiter und alle anderen Werktätigen haben in diesem Jahr nicht mehr Geld als im

vorigen Jahr. Sie wollen gern mehr Käse essen, aber sie können nicht mehr Käse kaufen.

Was also geschieht in der Fabrik? Es sammelt sich unverkäuflicher Käse. Käse, den die Menschen gern kaufen wollen, aber nicht kaufen können.

Immer größer wird der Haufen unverkäuflichen Käses. Alle Keller sind schon gefüllt.

Da sagt der Besitzer der Fabrik: Wir müssen weniger Käse herstellen, damit wir den Käse aus unseren Lagern verkaufen können.

Wenn aber Maschinen stillgelegt werden, dann sind auch die Arbeiter überflüssig. Und so sagt er zu 50 Arbeitern: Ihr könnt nach Hause gehen. Ich brauche euch nicht mehr.

Und da sich die Lager auch in anderen Käsefabriken füllen, finden die entlassenen Arbeiter der ersten Käsefabrik keine neue Arbeit.

Ja, auch die anderen Fabriken, die Schokoladenfabriken, die Werkstätten, in denen Kleider und Anzüge hergestellt werden, die Kohlenbergwerke, sie alle entlassen Arbeiter. So wächst die Zahl der Arbeitslosen immer mehr.

Unser Käsearbeiter aber kommt jeden Abend zu seiner Familie traurig und bedrückt zurück. Frau und Kinder fragen schon nicht mehr, ob er Arbeit gefunden hat. Sie sehen ihn nur an und wissen, daß es wieder erfolglos war.

Immer knapper aber wird das Geld in der Familie. Die geringe Arbeitslosenunterstützung reicht nicht aus, um menschenwürdig leben zu können. Die Nachbarn können nichts mehr leihen, denn auch dort sind jetzt Arbeitslose vorhanden. Es geht ihnen ebenso schlecht wie der Familie des Käsearbeiters.

Käse gibt es schon lange nicht mehr in der Familie des Käsearbeiters. Auch keine Schokolade, keine neuen Kleider, keine Kohle.

In der Käsefabrik aber sind die Lager noch voll. Weil es immer mehr Arbeitslose gibt, kann immer weniger Käse verkauft werden. Und ständig werden neue Arbeiter entlassen.

Ähnlich ist es in den Schokoladenfabriken, in den Werkstätten, in denen Kleider und Anzüge

hergestellt werden, in den Bergwerken, wo die Kohle gehauen wird; überall in der Wirtschaft steht es so.

Eines Tages kommt der Kellermeister zum Direktor der Fabrik und sagt: Der Käse in den Lagern beginnt zu schimmeln, wir müssen die Preise schnell senken, dann werden wir den Käse noch los, bevor er ganz und gar verschimmelt ist.

Der Käsefabrikant aber sagt: Um Gottes willen, wenn wir diesen Käse, der schon zu schimmeln anfängt, billig verkaufen, dann kaufen alle Leute den billigen Käse, denn sie haben ja durch die Arbeitslosigkeit wenig Geld, und ich kann auch den wenigen frischen Käse, den wir herstellen, nicht mehr verkaufen. Soll der alte Käse ruhig ganz verschimmeln.

So läßt man den Käse in den Kellern ganz verschimmeln.

Die Arbeitslosen jedoch können sich nicht einmal verschimmelten Käse kaufen und müssen mit ihren Familien trockenes Brot essen. Die Kinder werden immer elender. Die Wangen der Eltern sind ganz eingefallen. Das Zimmer ist eisig kalt, denn es fehlt auch die Kohle zum Heizen. Die Schuhe haben Löcher und können nicht repariert werden.

Kein Wunder, daß eines der Kinder sich schwer erkältet. Kein Wunder, daß in dem eiskalten Zimmer die Erkältung zur Lungenentzündung wird. Kein Wunder, daß kein Geld für eine Medizin vorhanden ist. Kein Wunder, daß eines Tages das Kind aufgehört hat zu atmen.

Ist es jetzt jedem klar, was eine solche Krise bedeutet?

Ist es jetzt verständlich, warum wir die Mörder der Menschen, die lieber das Brot um der hohen Profite willen verkommen lassen, als es für einen niedrigen Preis den Hungernden abzugeben, hassen müssen, mit aller Kraft hassen müssen als die größten Feinde der Menschheit? Wenn man an all das denkt, was wir über die Imperialisten und Monopolkapitalisten gesagt haben, kann es nur die eine Lösung geben, daß wir sie für

immer vertreiben müssen, daß wir sie vernichten müssen wie Pestbazillen, wenn wir glücklich leben wollen!

Diese Mörder und Verbrecher, die Monopolkapitalisten, sind seit 1900 die mächtigsten Kapitalisten in allen kapitalistischen Ländern; sie bestimmen in allen kapitalistischen Ländern, was gemacht werden soll, zum Beispiel, daß alle Kräfte für die Vorbereitung eines Krieges eingespannt werden sollen, daß Kanonen anstatt Butter hergestellt werden, daß die Steuern auf die Löhne der Arbeiter erhöht werden usw. Sie legen fest, was die Lehrer in den Schulen lehren sollen, was die Pfarrer in den Kirchen zu predigen haben, was die Zeitungen drucken müssen, was über den Rundfunk zu bringen ist, wer an den Universitäten die Studenten erziehen soll, worüber die Schriftsteller zu schreiben, was die Maler zu malen haben usw. Und wer von den Lehrern und Pfarrern, von den Rundfunkleuten, Universitätsprofessoren, Schriftstellern, Malern und Zeitungsschreibern nicht so redet, schreibt und malt, wie die Monopolisten es wollen, der wird entlassen oder gar ins Gefängnis, Zuchthaus oder Konzentrationslager geworfen. Ja, sie bestechen sogar hohe Funktionäre der Arbeiterparteien und Gewerkschaften, zahlen ihnen Geld und setzen sie auf alle möglichen Posten, damit sie für die Monopolkapitalisten innerhalb der Arbeiterklasse Propaganda machen und so die Arbeiterklasse an das Monopolkapital verraten. Natürlich sagen die Monopolisten den Lehrern und Pfarrern, den Arbeiterverrättern und Zeitungsschreibern nicht genau jedes Wort vor; sie sagen nur: Ihr müßt schreiben, daß die Monopolisten prächtige Menschen sind, die das Beste wollen und tun, daß Kriege etwas Unabänderliches oder sogar etwas Gutes sind, daß Krisen die Schuld der Arbeiter sind, die vorher nicht genug gearbeitet haben und die zu hohe Löhne haben wollen, daß fleißige Arbeiter nicht in Not und Elend zu leben brauchen, daß es ihnen in der kapitalistischen Gesellschaft immer besser gehen kann und viele andere solcher Lügen.

Alles das, was hier über die Imperialisten und Monopolkapitalisten geschrieben ist, haben uns die größten Schüler von Marx und Engels, die größten Männer unseres Jahrhunderts, Lenin und Stalin, erklärt. In ihren Schriften finden wir eine genaue Darstellung der modernen kapitalistischen Gesellschaft, all der Verbrechen, die sie an den werktätigen Menschen begeht und warum sie diese begehen muß, warum es in der Zeit des modernen Kapitalismus einfach so zu gehen muß.

Aber noch mehr: Genau wie Marx und Engels im 19. Jahrhundert, so lehrten uns Lenin und Stalin im 20. Jahrhundert, wie man gegen den Kapitalismus kämpfen muß, was man tun muß, um die Herrschaft der Kapitalisten, der Monopolkapitalisten, zu stürzen und an ihre Stelle eine neue, bessere Gesellschaft ohne Ausbeuter, die sozialistische Gesellschaft, zu setzen, in der alle Menschen in Frieden und Wohlstand leben können.

Und noch mehr: Lenin, der Genius der Revolution, führte die Arbeiter Rußlands zum Sieg über die Monopolkapitalisten in Rußland. Die russischen Arbeiter gaben den Arbeitern aller Länder ein leuchtendes Beispiel, wie sie es machen müssen, um zu einem schöneren Leben zu kommen.

Seit 1917 sehen die besten Menschen, die besten Arbeiter und Bauern, Handwerker und Lehrer, Dichter und Schriftsteller, Maler und Musiker, alle Menschen, die eine schönere Welt schaffen wollen, auf die Völker der Sowjetunion als auf

einen Leitstern in eine bessere Zukunft. Deshalb hassen die Monopolkapitalisten auch die Sowjetunion so sehr. Alle fortschrittlichen Menschen dagegen lieben die Sowjetunion innig! Nach dem zweiten Weltkrieg folgten die Menschen in China und Nordkorea, in Polen und der Tschechoslowakei, in Ungarn und Rumänien, in Bulgarien und Albanien dem Beispiel der Sowjetunion. Im Osten unseres Vaterlandes wurde die Deutsche Demokratische Republik geschaffen. In den Ländern Indochinas und Malayas sind ebenfalls bereits große Teile des Landes von der Herrschaft der Imperialisten befreit.

Die Welt der Monopolkapitalisten wird immer kleiner und enger. Von allen Seiten drängen die ausgebeuteten Menschen gegen sie vor. In Frankreich und Italien wird die Kommunistische Arbeiterpartei, die Führerin der ausgebeuteten und gequälten Menschen dieser Länder, immer größer und stärker.

In Indien sagen viele Millionen Menschen: Wir wollen es so machen wie unsere Schwestern und Brüder in China. Überall in der kapitalistischen Welt eilen die Menschen kämpfend dem Ausweg zu, aus dem dunklen Tal des Monopolkapitalismus auf die lichten Höhen des Sozialismus, die die Völker der Sowjetunion als erste erreicht haben.

Bald wird die kapitalistische Gesellschaft aufgehört haben zu existieren, weil wir die Monopolkapitalisten vertrieben haben.

Bald werden alle Menschen in der sozialistischen Gesellschaft glücklich leben.

DER SOZIALISMUS UND KOMMUNISMUS – DIE EPOCHE DER REVOLUTIONÄREN UMGESTALTUNG VON NATUR UND GESELLSCHAFT

LUDWIG EINICKE

ANFANG September des Jahres 1953 wurde auf den Leninbergen in Moskau der größte Palast der Wissenschaft in der Welt, die Lomonossow-Universität, eröffnet und den Söhnen und Töchtern der Völker der großen Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken für die Zwecke der Lehre und Forschung feierlich übergeben. An dieser Feierlichkeit nahmen Zehntausende Sowjetbürger und Studenten, Arbeiter und Bauern, Künstler und Soldaten der ruhmreichen Sowjetarmee teil. Unter den froh und festlich gestimmten Gästen befanden sich Studenten aus der Volksrepublik China, aus den Ländern der Volksdemokratien und der Deutschen Demokratischen Republik, die das große Glück haben, in der Sowjetunion ihr Studium durchzuführen.

Die Übergabe dieses gewaltigen Gebäudes, in dem laufend 17000 Studenten eine gründliche wissenschaftliche Ausbildung erhalten werden, wurde zu einem bedeutenden Ereignis für alle Sowjetbürger und alle fortschrittlichen Menschen. In 148 Hörsälen und in über 1000 Laboratorien werden Wissenschaftler und Studenten die Möglichkeit haben, zu forschen und zu lernen, um mit den Werktätigen der Sowjetunion in Stadt und Land aktiv und bewußt den Kommunismus aufzubauen. Die Bibliothek dieser Universität enthält in 1 200 000 Bänden die höchsten Ergebnisse menschlichen Denkens und Forschens über alle Entwicklungsstufen der Menschheit aus allen Teilen der Welt. Sie ist eine unerschöpfliche Quelle, aus der Forscher und Studenten ihr Wissen zur bewußten Gestaltung eines friedlichen und schönen Lebens

für die Völker der UdSSR und für alle Menschen der Welt schöpfen.

In einer Gruppe Studenten der Naturwissenschaft, die mit Professoren an der feierlichen Übergabe des neuen Universitätsgebäudes teilnahmen, befanden sich auch Mitglieder des Komsomol, die Studentin Petja Tschetschowa und der Student Konstantin Kotschetow. Sie waren nach Beendigung der Feier auf dem Weg ins Moskauer Zentrum in ein lebhaftes Gespräch über dieses Ereignis und einige Fragen des Studiums gekommen. Der Ausgangspunkt dieser Diskussion war die Frage: Welche Bedeutung hat die Feststellung des größten deutschen Denkers und Begründers des wissenschaftlichen Sozialismus, Karl Marx: „Die Philosophen haben die Welt nur verschieden *interpretiert*, es kommt aber darauf an, sie zu *verändern*“ (21) für den Sieg der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution, für den Aufbau des Sozialismus in der UdSSR und für die Periode des allmählichen Übergangs vom Sozialismus zum Kommunismus?

An der Debatte beteiligten sich auch der Freund Konstantins, der junge Elektrotechniker Boris, und dessen Bekannter, der junge Kolchosbauer Pawel. Es war bald Klarheit darüber geschaffen, daß die Begründer des Marxismus – Marx und Engels – mit ihrer Weltanschauung der fortschrittlichsten Kraft in der menschlichen Gesellschaft, der Arbeiterklasse, die Fähigkeit gegeben haben, bewußt auf den Verlauf der historischen Entwicklung einzuwirken. Die marxistische Weltanschauung wurde nach den neuen Ergebnissen der wissenschaftlichen



Abb. 1. Lomonossow-Universität in Moskau.

Erkenntnisse und praktischer revolutionärer Erfahrungen von Lenin und Stalin weiterentwickelt. Sie hat sich nicht das Ziel gesetzt, Erscheinungen in der Gesellschaft und der Natur nur zu interpretieren, also die Welt und die Vorgänge in ihr etwa nur zu erklären, auszulegen und zu deuten, sondern sie will diese auch verändern. Die materialistische Philosophie, die in der Zeit vor Marx und Engels begründet wurde, beschränkte sich im wesentlichen darauf, die Welt zu betrachten – nur zu interpretieren. Die marxistische Weltanschauung setzt sich dagegen das Ziel, Voraussetzungen zur bewußten Umgestaltung der Welt zu schaffen. Die Lehren von Marx, Engels, Lenin und Stalin haben die Aufgabe, die Menschen zu befähigen, bewußt im Sinne des gesellschaftlichen Fortschritts, der Höherentwicklung der Menschheit tätig zu sein. Der Aufbau des Kommunismus in der Sowjetunion ist ein lebendiges Beispiel für den mobilisierenden, umgestaltenden Charakter der marxistischen Weltanschauung. Hier vollzieht sich, getreu den Grundsätzen des wissenschaftlichen Sozialismus, die Umgestaltung der Gesellschaft. Die Ausbeuterklassen sind für immer

beseitigt. Die Arbeiterklasse ist keine ausgebeutete Klasse mehr, und im engen Bündnis mit der Arbeiterklasse hat sich die von jeder Ausbeutung befreite Bauernschaft zu einer Bauernschaft neuen Typus entwickelt. Gemeinsam mit den Arbeitern und Bauern gestaltet die Intelligenz die sozialistische Gesellschaft. Der Unterschied zwischen Stadt und Land und zwischen geistiger und körperlicher Arbeit verschwindet allmählich. In der UdSSR hat sich seit dem Siege der Oktoberrevolution 1917 ein Typ von neuen Menschen entwickelt, die kühn eine neue Welt erbauen.

Die Teilnehmer der Diskussion waren sich bald darüber einig, daß diese Tatsachen tiefgreifende fortschrittliche Veränderungen im Leben der Gesellschaft hervorrufen. Heftiger wurde die Debatte bei der Erörterung des Problems, ob die Menschen auch die Fähigkeit besitzen, zum Beherrscher der Naturgesetze zu werden. Konstantin Kotschetow warf die Frage auf, ob die Tatsache, daß es den Sowjetmenschen gelingt, Flüsse umzuleiten, Gebirge zu versetzen und das Klima bestimmter Gebiete zu verändern, ein Ergebnis der Beherrschung der

Kräfte der Natur durch die Menschen darstellt.

Weil diese Frage nicht so einfach zu beantworten war, beschlossen die vier jungen Freunde, sich später zur Fortsetzung der Diskussion, die nun schon den Charakter eines wissenschaftlichen Meinungsstreites angenommen hatte, wieder zu treffen. Bis dahin wollten sie einige wichtige Abschnitte aus den Werken von Marx, Engels, Lenin und Stalin studieren, um schneller richtige Ergebnisse zu erzielen.

Konstantin hatte sich für den nächsten Diskussionsabend, den sie im Klubraum der Studenten der Naturwissenschaften durchführten, besonders gründlich vorbereitet und entwickelte folgende Gedanken:

DIE WISSENSCHAFT ÜBERWINDET DEN ABERGLAUBEN UND DIE SCHEINTHEORIE

Die in den kapitalistischen Ländern herrschenden reaktionären Kräfte haben sich zum Zwecke der Aufrechterhaltung ihrer Herrschaft der Mystik, des Aberglaubens, des Dunkelmännertums und der Religion schon immer bedient, um die Volksmassen niederzuhalten und zu unterdrücken. Die herrschende Klasse propagierte die Idee, daß die bestehende Ordnung gottgewollt und vorausbestimmt sei. Eine Veränderung dieser Ordnung sei daher also nicht möglich, so lehrten und lehren die „Geschichtswissenschaftler“ der herrschenden Klassen.

Alles, also auch die gesellschaftlichen Verhältnisse, seien unabänderlich, und die Menschen mußten sich daher in das für sie bestimmte Schicksal fügen.

Nach dieser „Theorie“ ist die Welt von einer außerhalb der Welt bestehenden und für die Menschen nicht erkennbaren Kraft, von einem Gott also, erschaffen. Es gibt viele Beispiele in der Geschichte, aus denen hervorgeht, daß die fortschrittlichen Wissenschaftler, die an dem Dogma von der Erschaffung der Welt zu rütteln

Abb. 2. Die Söhne und Töchter aller Völker der UdSSR eignen sich auf Universitäten und Hochschulen die Ergebnisse der Wissenschaft und Forschung an.



wagten, von den herrschenden Mächten verfolgt, in die Kerker geworfen und auf dem Scheiterhaufen verbrannt wurden. Einer der Anhänger der bahnbrechenden Lehre Kopernikus', Giordano Bruno, erlitt im Jahre 1600 in Rom einen furchtbaren Tod in den Flammen des Scheiterhaufens, weil er im Gegensatz zur Auffassung der herrschenden Mächte den Standpunkt des großen Forschers Kopernikus vertreten hatte.

Die Reaktion unternahm immer wieder den Versuch, wie durch den Verlauf der Geschichte bestätigt wird, die fortschrittlichen wissenschaftlichen Kräfte zu hemmen und an die Stelle der

Abb. 3. Die Werke der Klassiker des Marxismus-Leninismus sind das Rüstzeug für den Kampf um die Entwicklung der schöpferischen Kräfte der Volksmassen.



wissenschaftlichen Erkenntnisse den Glauben, die metaphysische Auffassung zu setzen. Im Verlauf der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft verschärften sich die Klassengegensätze immer mehr, besonders seit dem rapiden Wachstum der Arbeiterklasse im Kapitalismus. Diese Tatsachen, die Erstarkung der revolutionären Arbeiterbewegung und der Siegeszug des wissenschaftlichen Sozialismus, bewogen einen Teil bürgerlicher Naturwissenschaftler, ihre wissenschaftlichen Auffassungen den Interessen der herrschenden kapitalistischen Klasse unterzuordnen. Es wurde der Versuch unternommen, die Naturwissenschaft zu verfälschen und an die Stelle exakter wissenschaftlicher Erkenntnis metaphysisches Denken und reaktionäre Auffassungen der bürgerlich-idealistischen Philosophie zu setzen. Die Metaphysiker bezeichnen die Natur als eine zufällige Anhäufung von Dingen und Erscheinungen, die losgelöst und isoliert voneinander existieren, während die marxistische Dialektik die Natur als zusammenhängendes einheitliches Ganzes betrachtet. Nach dieser marxistischen Lehre befindet sich die Natur in dem Zustand unauflöslicher Bewegung und Veränderung, im Prozeß der Erneuerung und Entwicklung vom Niederen zum Höheren. Die marxistische Dialektik erkennt in allen Naturerscheinungen den vorhandenen Kampf zwischen Altem und Neuem, zwischen Absterbendem und neu Entstehendem. In seiner hervorragenden Arbeit „Über dialektischen und historischen Materialismus“ begründet Stalin diese Lehre mit wissenschaftlicher Exaktheit wie folgt:

„Im Gegensatz zur Metaphysik geht die Dialektik davon aus, daß den Naturdingen, den Naturerscheinungen innere Widersprüche eigen sind, denn sie alle haben ihre negative und positive Seite, ihre Vergangenheit und Zukunft, ihr Ablebendes und sich Entwickelndes, daß der Kampf dieser Gegensätze, der Kampf zwischen Altem und Neuem, zwischen Absterbendem und

neu Entstehendem, zwischen Ablebendem und sich Entwickelndem, den inneren Gehalt des Entwicklungsprozesses, den inneren Gehalt des Umschlagens quantitativer Veränderungen in qualitative bildet.“ (22)

Schon Marx und Engels, so betonte jetzt die Studentin Petja, haben der Entwicklung der Naturwissenschaft große Aufmerksamkeit entgegengebracht und ihre Bedeutung vom Standpunkt des dialektischen Materialismus aus dargelegt. Der große deutsche Wissenschaftler, Mitbegründer des Marxismus und Kampfgefährte von Karl Marx, Friedrich Engels, hat in einigen Abhandlungen darauf hingewiesen, daß die Dialektik der Naturwissenschaft die Möglichkeit gibt, die in der Natur wirkenden Entwicklungsgesetze richtig zu erkennen und zu erklären. Mit Hilfe dieser Methode haben die Wissenschaftler die Möglichkeit, Naturerscheinungen und Naturgesetze nicht nur richtig zu erkennen, sondern sie auch bewußt auszunutzen und mehr und mehr in den Dienst der Menschheit zu stellen. Nach den Lehren des Marxismus-Leninismus können die Naturwissenschaftler zwar keine Naturgesetze neu schaffen, aber sie können sie mit Hilfe der dialektischen Methode entdecken und erforschen. Stalin weist in seiner Arbeit „Ökonomische Probleme des Sozialismus in der UdSSR“ darauf hin, daß die Menschen die Naturgesetze in ihrem Handeln berücksichtigen und im Interesse der menschlichen Gesellschaft ausnutzen können. Er kommt dabei zu folgendem Ergebnis:

„Sieht man von den astronomischen, geologischen und von einigen anderen analogen Prozessen ab, auf die einzuwirken tatsächlich nicht in der Macht der Menschen steht, selbst wenn sie ihre Entwicklungsgesetze erkannt haben, so steht es in vielen anderen Fällen durchaus in ihrer Macht, haben sie durchaus die Möglichkeit, auf die Prozesse der Natur einzuwirken. In allen diesen Fällen sind die Menschen, wenn sie die Gesetze der Natur erkannt haben, sie berück-

sichtigen und sich auf sie stützen, sie sachkundig anwenden und ausnutzen, imstande, ihren Wirkungsbereich einzuschränken, den zerstörenden Naturkräften eine andere Richtung zu geben, die zerstörenden Naturkräfte in den Dienst der Gesellschaft zu stellen.“ (23)

Stalin bringt damit zum Ausdruck, daß die Naturwissenschaft, wenn sie die Gesetze der Natur erforscht und erkennt, große Möglichkeiten hat, bewußt auf bestimmte Naturvorgänge zugunsten der Menschheit einzuwirken. Tatsächlich bestätigt der Verlauf der geschichtlichen Entwicklung, daß sich die Menschen mit Hilfe der Naturwissenschaft immer mehr die Fähigkeit aneignen, bestimmte Vorgänge in der Natur richtig zu erkennen und in den Dienst der Gesellschaft zu stellen. Darin besteht vor allem die Aufgabe der Naturforscher, die den dialektischen Materialismus zur Grundlage ihrer Arbeit machen. Sie erhalten dafür in der UdSSR, in den Volksdemokratien und in der Deutschen Demokratischen Republik vom Staat der Werktätigen alle Voraussetzungen.

In glänzender Weise bestätigt die moderne Wissenschaft die Grundsätze des dialektischen Materialismus. In der Sowjetunion, so warf der junge Kolchosbauer Pawel ein, haben zum Beispiel die Lehren der weltberühmten Biologen und Naturwissenschaftler Mitschurin und Lyssenko durch die Anwendung der dialektischen Methode den vollen Sieg über die Biologen des idealistischen Lagers davongetragen.

Die fortschrittlichen Wissenschaftler sind bei der Erforschung bestimmter Vorgänge in der Tier- und Pflanzenwelt zu dem Ergebnis gekommen, daß es möglich ist, durch die bewußte Steuerung der Lebensbedingungen bestimmter Organismen pflanzliche und tierische Organismen zu verändern. Sie beweisen, daß es möglich ist, Organismen mit einer von den Menschen gewollten und gewünschten Vererbungsfähigkeit zu schaffen. Mitschurin schreibt darüber, daß durch Eingreifen des Menschen jede Tier- und Pflanzenform gezwungen werden kann, sich schneller, und zwar nach der dem Menschen erwünschten Seite, zu verändern.

Abb. 4. Die Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse und Erfahrungen bringt große Erfolge auf allen Gebieten der Landwirtschaft.





Abb. 5. Sowjetische Wissenschaftler entwickeln neue Obst- und Getreidesorten, die in allen Teilen der UdSSR blühen und gedeihen sowie reiche Früchte tragen.

Die Praxis der Biologen in der UdSSR hat die Richtigkeit dieser Feststellung bestätigt. Ihre Erfolge und Leistungen bei der Höherentwicklung der Pflanzen- und Tierzucht, bei der Beherrschung und Unterwerfung der Naturkräfte sind möglich, weil sie die Gesetze der Dialektik kennen und bewußt anzuwenden wissen. Mit Hilfe der Lehre Mitschurins war es den sowjetischen Biologen u. a. möglich, subtropische Flora in den nördlichen Teilen der

UdSSR zur Entfaltung zu bringen und jenseits des Polarkreises Roggen anzubauen. Es gelang, neue Tierrassen, z. B. Rinder mit besonders hohem Milchertrag und auch Schafe mit außerordentlich hohem Wollertrag, zu züchten.

Die Pflanzenzüchter, so führte Pawel weiter aus, die nach den Methoden Mitschurins arbeiten, und die sowjetischen Agrarwissenschaftler gingen im Auftrag der Sowjetregierung dazu über, solche Zitronen-, Apfelsinen- und Mandarinenbäume zu züchten, die nicht nur an der kaukasischen Schwarzmeerküste Früchte tragen. Die Anbauggebiete wurden ausgedehnt, und schon im Herbst 1952 konnten in der Ukraine, auf der Krim, in Grusien (Georgien), Usbekistan und anderen Gebieten diese Früchte geerntet werden.

Der junge Student Konstantin entwickelte die Gedanken weiter und bemerkte, daß die Sowjetmenschen in den verschiedenen Gebieten ihres Landes schon große Erfolge bei der Umgestaltung der Natur errungen haben. Wüsten wurden zu fruchtbaren Äckern, und in ehemaligen Sumpfgebieten sind herrliche Obstgärten entstanden, die reiche Ernten bringen. Den Obstzüchtern ist es gelungen, unter Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden, selbst in den Teilen Sibiriens, wo oft bis zu 60 Grad Kälte gemessen werden, mit gutem Erfolg verschiedene Arten Obst und selbst Wein anzubauen.

Schon in den ersten Jahren der Herrschaft der jungen Sowjetmacht wurde den Wissenschaftlern die Aufgabe gestellt, Methoden zum Kampf gegen die Dürre, die in einigen Gebieten auftrat, zu erforschen. Die Sowjetregierung stellte für dieses bedeutende Ziel große Mittel zur Verfügung. Auf Vorschlag J. W. Stalins wurde ein grandioser Plan zur Umgestaltung der Natur für die Gebiete, die oft von Dürren heimgesucht wurden, von Wissenschaftlern und Praktikern ausgearbeitet. Dieser im Oktober 1948 veröffentlichte Plan sah den Bau von Teichanlagen und die Anlage großer Schutzwaldungen vor.



Abb. 6. Blick auf die neuangelegten Waldschutzgürtel in der ehemaligen Steinsteppe im Gebiet Woronesh.



Abb. 7. Reiche Weinernten in vielen Gebieten der Sowjetunion sind das Ergebnis der Forschungsarbeit der Wissenschaftler und des Fleißes der Kolchosbauern.

Der Ministerrat der UdSSR nahm im Jahre 1950 weittragende Beschlüsse über den Bau von gewaltigen Wasserkraftwerken an. Die auf der Grundlage dieser und späterer Beschlüsse entstandenen Pläne sehen die Bewässerung von rund 28 Millionen Hektar Land vor. Der Bau der Wasserkraftwerke am Dnepr, des Turkmenischen Hauptkanals, des Nordkrimkanals und die Anlagen zur Bewässerung des westlichen

Teils der Kara-Kum-Wüste sowie der Bau des Wolga-Don-Schiffahrtskanals sind Bestandteile dieses großartigen Planes zur Umgestaltung der Natur.

In vielen Teilen der UdSSR, so zum Beispiel in Belorußland, gab es große sumpfige Gebiete, die die Urbarmachung wesentlich erschwerten. Die Trockenlegung dieser Sümpfe hat große Erfolge gebracht, und fruchtbare Landflächen sind entstanden. In besonderen Instituten wurde die Möglichkeit der landwirtschaftlichen Nutzung dieser neugewonnenen Felder erforscht. So wurden in einzelnen Gebieten Getreidesorten gezüchtet, die den Winden trotzen und von diesen nicht umgelegt werden können.

Mit der Trockenlegung der Sümpfe wurden riesige fruchtbare landwirtschaftliche Flächen neu gewonnen; feste Straßen konnten neu gebaut und die Brutstätten der Malaria mücken vernichtet werden.

Die Natur in der Nähe von Rostow, Kalatsch und Zimljanskaja hat ihr Gesicht verändert. Ein großes, 180 Kilometer langes und 30 Kilometer breites Meer – das Zimljansker Meer – ist neu entstanden.

Die umliegenden Steppen haben schon im Frühjahr 1953 ein anderes Kleid getragen, und in den einstigen Steppen des Don wurde das auf den neuen Feldern gereifte Korn in die Scheunen der Kollektivbauern gebracht. Immer wieder wird neugewonnenes bisheriges Umland von den neuentstandenen und erweiterten Maschinen-Traktoren-Stationen unter den Pflug genommen. Große Obstgärten sind entstanden, und bald werden auch die ersten Weintrauben in dieser Gegend reifen.

Im Sowjetland, in dem der Kommunismus aufgebaut wird, stellt die Regierung riesige Mittel für die Umgestaltung der Natur zur Verfügung. Mit Begeisterung haben die Werktätigen in allen Teilen der UdSSR den Kampf gegen die Wüsten und die Dürre, zur Umgestaltung der Natur begonnen und bereits bedeutende Erfolge erzielt. Mit besonders großer Begeisterung nimmt die

sowjetische Jugend an der Umgestaltung der Natur aktiven Anteil. Im Stalingrader Gebiet haben die Komsomolzen in knapp 3½ Jahren den ersten großen natürlichen Wall gegen die Trockenwinde errichtet, für dessen Anlage etwa 15 Jahre geplant waren. Der Waldschutzgürtel trägt zu Ehren seiner Schöpfer den Namen „Trasse der Jugend“.

Die neuen Beschlüsse der Sowjetregierung für den Bau von Kanälen, gewaltigen Berieselungs- und Bewässerungsanlagen und von großen Wasserkraftwerken sind Maßnahmen zum Kampf gegen die Wüsten und Steppen, sind Maßnahmen zur bewußten Umwandlung der Naturbedingungen im Interesse der Menschen. Hier, im Lande der befreiten Menschen, wird der gesamten Menschheit der Weg zur Umgestaltung der Natur gewiesen.

WASSER UND WALD IN DER STEPPE

Petja hat von ihrer Freundin vor einiger Zeit einen Brief erhalten; er hat folgenden Inhalt:
„Der laue Sommerwind weht über die reifenden Felder. Voll und schwer hängen die Ähren an den Halmen; sie erwarten den Schnitt. Der Wind trägt ein frohes Lied von der nahen Deminer Maschinen-Traktoren-Station herüber. Die Schlosser und Mähdrescherführer bereiten die Maschinen und Geräte für den Drusch vor. Die Bäuerinnen und Bauern der Kollektivwirtschaft ‚Lenin‘ im Gebiet der ehemaligen Stalingrader Steppen erwarten eine gute Ernte. Seitdem die Sowjetregierung den Beschluß faßte, auch dieses Gebiet in das System der Bewässerung und der Waldschutzgürtel einzubeziehen, ist die Arbeit für die Kolchosbauern erleichtert, und die Ernten sind von Jahr zu Jahr reicher geworden. Nicht immer konnten die Bauern dieser Gegend so zuversichtlich den Ausgang der Ernte erwarten und so glücklich und froh in die Zukunft schauen. Die Zeit liegt noch nicht allzuweit zu-

rück, da auch hier Dürre herrschte und Mißernten die Gegend heimsuchten.

Nun ist es anders geworden. Die von der Regierung der Arbeiter und Bauern schon vor einigen Jahren durchgeführten Maßnahmen, die die Unterstützung aller Werktätigen fanden, haben tiefe, einschneidende Veränderungen gebracht. So wie in vielen anderen Teilen der großen UdSSR hat sich auch hier das Gesicht der Natur verändert. Die Bauern der Kollektivwirtschaften unseres Gebietes pflanzten vor Jahren junge Eschen, Birken und Ahornstämmchen, und nun ragen als schützende Waldstreifen hohe Birken, schlanke Eschen und schattenspendende Ahornbäume empor. Über die einst endlose Steppe erstrecken sich viele solcher Waldstreifen; sie schützen die Felder vor den heißen Steppenwinden,

Abb. 8. Teilansicht des Rostower Flußhafens, der nach der Fertigstellung des W.-I.-Lenin-Wolga-Don-Schiffahrtskanals Schiffe aus fünf Meeren aufnimmt.

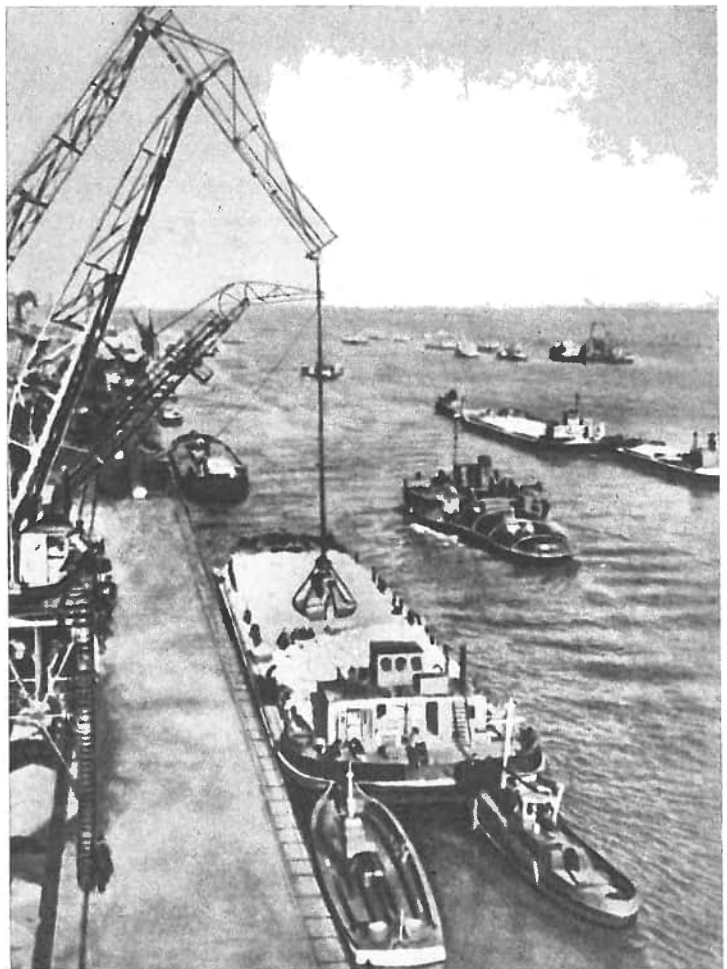




Abb. 9. Junge Wissenschaftler einer Obst- und Weinstation in der Moldauischen SSR bei der Arbeit.

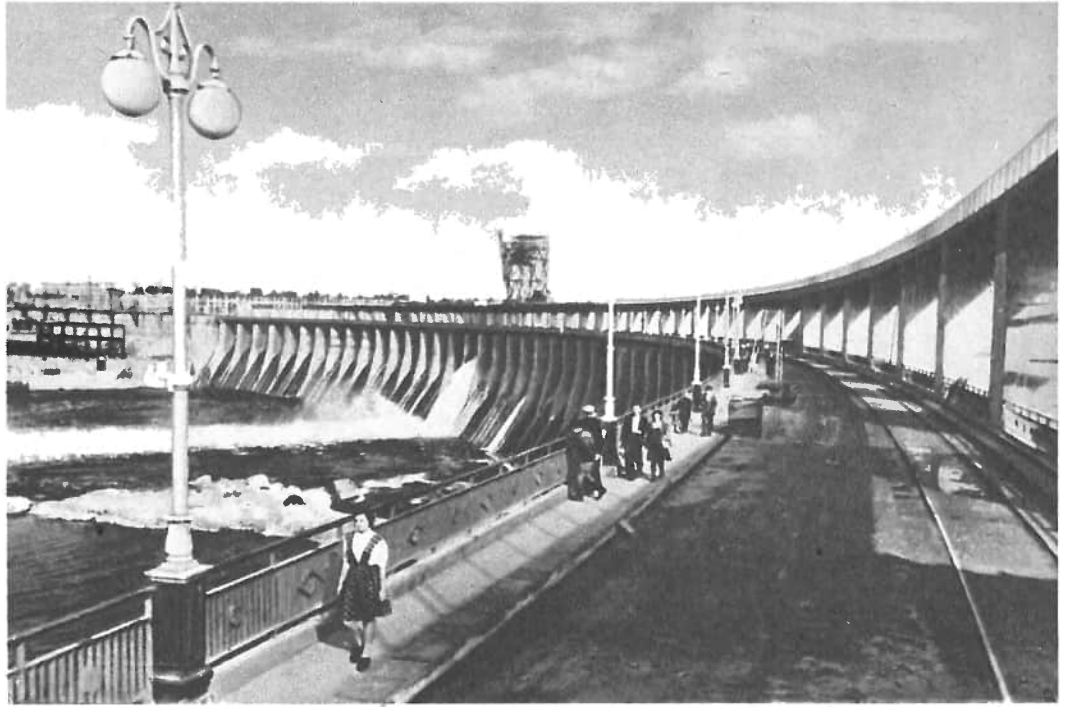
die einst ungehindert die Äcker ausdörrten und die jungen Saaten vernichteten. Die Felder der Einzelwirtschaften waren den Naturgewalten schutzlos preisgegeben; die Ernten waren schlecht, und groß war die Not der Bauern in Dürrejahren. Vor der siegreichen Oktoberrevolution gab es daher in diesem Gebiet wie in anderen Teilen des zaristischen Rußlands immer wieder schlimme Hungerjahre, die das Leben der schwer arbeitenden Menschen fast unerträglich machten. In manchen Jahren erbrachte die Ernte kaum die Menge des ausgesäten Getreides, und 4 Zentner Winterweizen auf einen Hektar waren keine Seltenheit.

Die Natur hat ihr Gesicht in den sogenannten Stalingrader Steppen verändert. Die Waldstreifen geben der Gegend ein anderes Bild; sie speichern zu allen Jahreszeiten die Niederschläge, den Regen, den Schnee und das Tauwasser und geben damit dem Ackerboden die benötigte Feuchtigkeit. An Stelle der früher auf einen Hektar geernteten 4 Zentner sind jetzt 50 Zentner Winterweizen und oft mehr pro Hektar keine Seltenheit. Die Sowjetregierung gab den

Bauern der Kollektivwirtschaften Hilfe und Unterstützung bei der Schaffung der Waldstreifen; sie lehrte die praktische Anwendung der Agrarwissenschaft und schickte den Bauern die auf den Fach- und Hochschulen ausgebildeten Agronomen. Die aufgewandte Mühe lohnt sich, und hundertfach belohnt die Erde die Arbeit des Menschen.

Die ausdörrenden Winde haben ihre Kraft verloren. Die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit hat sich verringert. Die winterlichen Niederschläge werden gleichmäßiger verteilt und im Frühjahr vom Boden besser aufgenommen. In der Steppe sind Oasen entstanden. Der Siegeszug gegen die Dürre wird unermüdlich unter bewußter Ausnutzung der wissenschaftlichen Lehren und Erfahrungen breit entfaltet. Die Erfolge mehren sich. Die Ernten werden immer ertragreicher, und der Wohlstand der Kolchosbauern wächst. Wald und Wasser machen die Steppe fruchtbar und bringen gute Ernten. Froh erklingen an den Tagen der Erntefeste die Lieder der Heimat, des großen sozialistischen Vaterlandes, des unsterblichen Lenin, des im

*Abb. 10. Gewaltige
Wasserkraftwerke
sind in allen Teilen der
UdSSR entstanden. Die
Kraft der Natur wird
den Interessen der befrei-
ten Menschheit nutzbar
gemacht.
Dieses Bild zeigt den
Staudamm des Dnepr-
Kraftwerkes.*



Herzen der Menschen fortlebenden Stalin und der Partei der Bolschewiki. Die Sowjetmenschen unterwerfen sich die unerschöpflichen Kräfte der Natur nach den Plänen ihrer Regierung und der Lehren der hervorragendsten Wissenschaftler. Die Natur erblüht, und die Heimat ist schöner geworden.“

Dieser Brief einer jungen Agronomin bestätigte, daß durch die Anlagen der Schutzwaldstreifen, der Teiche und riesigen Wasserbecken sowie der Kanäle und der neuen Flußläufe die Bodenbeschaffenheit weiter Landstriche verändert wird, aber auch die klimatischen Verhältnisse völlig andere werden. Die durch solche Anlagen in diesen Gebieten entstandene grüne Erdoberfläche wirkt wie ein riesiger Empfänger des Sonnenlichts. Mit Hilfe des vermehrten Pflanzenanbaus wird mehr Sonnenenergie aufgefangen, und die neuangelegten Waldgürtel werden das Klima der betreffenden Gebiete günstig beeinflussen. Es ist auf Grund bereits gesammelter Erfahrungen und wissenschaftlicher Berechnungen mit einer durchschnittlichen Erhöhung der Niederschläge von 10 bis 15 Prozent zu rechnen. Es

wird eine Erhöhung der Feuchtigkeit des Bodens und eine merkliche Verringerung der Windgeschwindigkeiten und damit eine Veränderung der natürlichen Bedingungen erreicht werden.

NEUE PROBLEME FÜR WISSENSCHAFTLER UND TECHNIKER

Es entstehen in der Sowjetunion gigantische hydrotechnische Anlagen und Bewässerungssysteme, wie sie noch nie in der Geschichte der Menschheit gebaut wurden. Solche großartigen Bauten können nur in einem Lande entstehen, in dem sich die Werktätigen von den Ausbeutern befreit und die sozialistische Gesellschaftsordnung errichtet haben. Nur in einem solchen Lande können Technik und Wissenschaft ein außerordentlich hohes Entwicklungsniveau erreichen und im Interesse des gesamten Volkes wirksam sein.

Immer mehr tritt auch die Erforschung der Sonnenenergie in den Mittelpunkt der Tätigkeit sowjetischer Wissenschaftler. Die auf diesem

Gebiet wirkenden Ingenieure und Forscher entwickeln derartige Methoden, die die Umwandlung der Sonnenenergie für die Zwecke der Technik und des Haushalts ermöglichen. Auch auf diesem Gebiet der Erkenntnis bestimmter Naturkräfte und ihrer praktischen Anwendung für den Nutzen der Menschheit sind schon wesentliche Erfolge erzielt worden. Einfache Sonnenheizanlagen, die Wasser bis zu 55 Grad erwärmen können, finden bereits Verwendung in Wäschereien und Badeanstalten.

Unermüdlich sind die sowjetischen Wissenschaftler und Elektroingenieure dabei, erklärte der junge Elektrotechniker Boris, um praktische Probleme zu lösen, die sich aus den gewaltigen Großbauten des Kommunismus und der Erschließung der Wasserkraft auf dem Gebiet der Energie ergeben. So gilt es, Fragen über die Erzeugung und Fortleitung von elektrischen

Spannungen zu klären, die oft Millionen Volt betragen. Solche Probleme können auf der Grundlage neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse und gründlicher Forschungen im Laboratorium nur gemeinsam von den Wissenschaftlern und den Männern der Praxis gelöst werden. Auf der Grundlage einer solchen Arbeit, die sich auf höchsten wissenschaftlichen Ergebnissen aufbaut, gelingt es den Sowjetmenschen, die Höchstspannungsleitungen in der UdSSR zu den leistungsfähigsten der Welt zu machen und Energie in die entferntesten Gebiete zu tragen.

DER KAPITALISMUS HEMMT DEN FORTSCHRITT

Erlaubt die Frage, liebe Freunde, mischte sich Pawel in das Gespräch, ob unsere Feststellung,

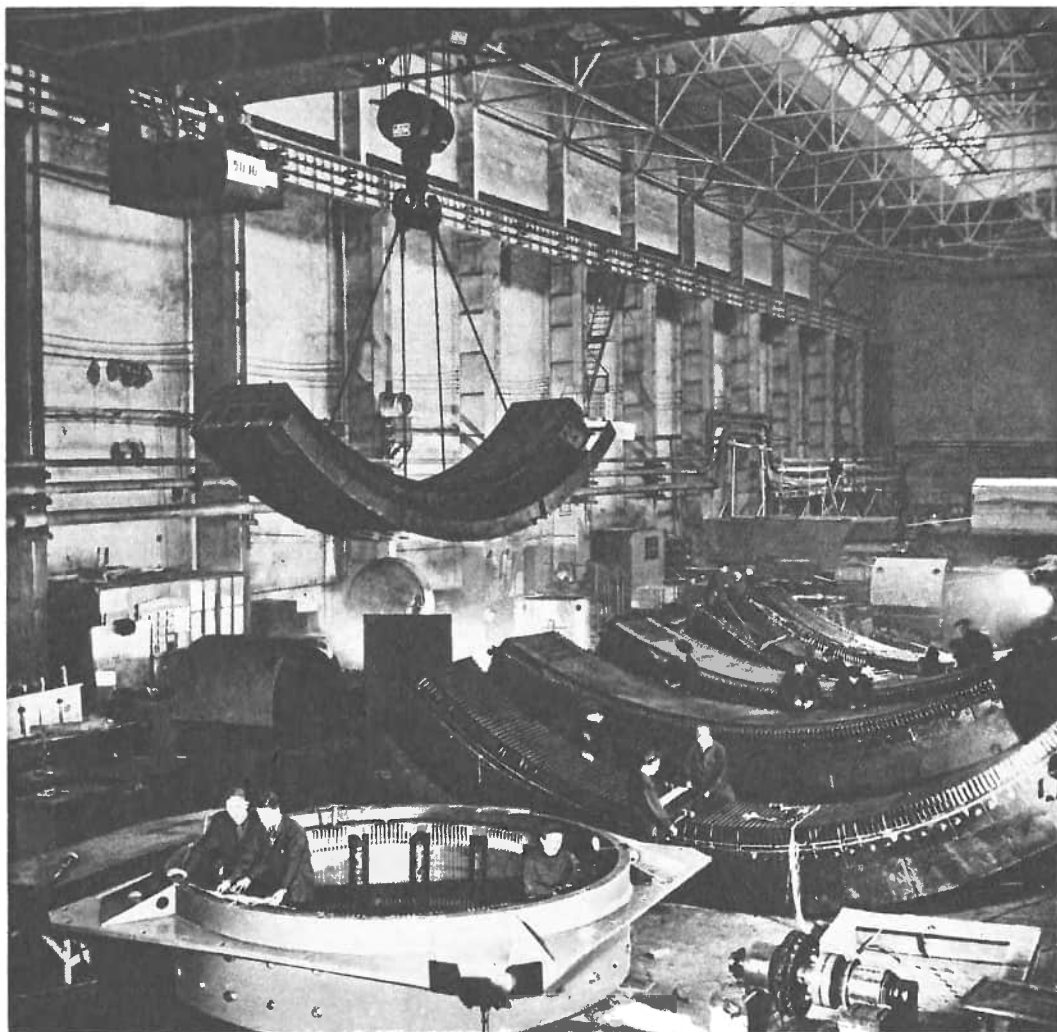


Abb. 11. Verlegung der Wicklung für den Stator eines großen Hydrogenerators, der für einen Großbau des Kommunismus bestimmt ist.

daß die Menschen die Fähigkeit haben, bestimmte Vorgänge in der Natur zu erkennen und sie für die Menschheit auszunutzen, nur für die sozialistische oder kommunistische Gesellschaftsordnung Gültigkeit hat?

Nein, erklärte Konstantin, eine solche Auffassung wäre falsch. Auch in den früheren Gesellschaftsordnungen gab es große Wissenschaftler, vor allem auch Naturforscher, die bedeutende Leistungen vollbrachten. Sie haben in ihrer Arbeit die dialektisch-materialistische Methode unbewußt angewandt, obwohl sie sich selbst als Anhänger des philosophischen Idealismus bezeichneten. Die Tatsache, daß solche Wissenschaftler bedeutende Erfolge erzielten, widerlegt nicht die Theorie des dialektischen Materialismus von der Erkennbarkeit der Welt und ihren Gesetzmäßigkeiten. Im Gegenteil, die Erfolge dieser Forscher bestätigen die Richtigkeit der marxistischen Erkenntnistheorie. Es kann keinen Zweifel geben, daß die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit zu besseren Erfolgen im Interesse der Menschheit geführt hätten, wenn diese Wissenschaftler, mit der dargelegten Erkenntnistheorie ausgerüstet, bewußt an die Forschungsarbeit herangegangen wären.

In der gegenwärtigen Entwicklungsepoche des Kapitalismus gibt es aber auch viele Beispiele dafür, wie von der herrschenden Klasse wissenschaftliche Forschungsergebnisse unterdrückt oder gegen die Lebensinteressen der Völker ausgenutzt werden. Viele bürgerliche Wissenschaftler sind unter den Bedingungen der Herrschaft des Monopolkapitals dazu übergegangen, ihre wissenschaftliche Arbeit nicht für die Menschheit, sondern im Interesse des Profits der Monopolherren durchzuführen.

Auch in einigen kapitalistischen Staaten wurden große Wasserstraßen und Kraftwerke zur Ausnutzung der Naturkräfte gebaut. Aber zwischen den gewaltigen Bauten zur Veränderung der Natur sowie der Ausnutzung der Naturkräfte in der UdSSR und in den kapitalistischen Ländern gibt es doch große Unterschiede. Diese Unterschiede



Abb. 12. Eine Sonnenanlage des heliotechnischen Laboratoriums des Energetischen Instituts der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. Der Spiegeldurchmesser dieser Anlage beträgt 10 Meter.

ergeben sich aus der Verschiedenartigkeit der beiden Systeme. In der Sowjetunion und den Ländern der Volksdemokratien dienen solche Bauten dem Wohle des gesamten Volkes und zeugen vom Aufbau des Sozialismus und Kommunismus. In der kapitalistischen Welt dienen Kraftwerke und ähnliche Bauten sowie der gesamte technische Fortschritt den Profitinteressen der Kapitalisten und richten sich daher gegen das werktätige Volk.

Vielleicht ist diese Feststellung nicht sofort einleuchtend, und es könnte der Einwand erhoben werden, Technik ist Technik und Kanäle sind Kanäle, ganz gleich, in welchem Lande die Technik angewandt wird und wo die Kanäle gebaut werden. An Hand einiger Beispiele soll dargelegt werden, daß dem nicht so ist. Nehmen wir zum Beispiel den Bau des Panamakanals, der den Stillen Ozean mit dem Atlantischen Ozean verbindet. Die Bauherren führten den Bau dieser Wasserstraße nicht durch, um ihren Völkern und der Menschheit zu dienen, sondern



Abb. 13. Künstlicher Blitz im Laboratorium des Energetischen Instituts. Prof. I. S. Stekolnikow, Doktor der technischen Wissenschaften, prüft an einem Modell eine Blitzschutzvorrichtung für Höchstspannungsleitungen.

die Geschichte vom Bau des Panamakanals beweist, daß nur Profitinteressen und Eroberungsabsichten der USA-Imperialisten die Gründe für den Bau waren.

Um den Bau des Kanals durchführen zu können, wurde die Landenge von Panama von den Monopolherren aus USA unter Anwendung von Betrug, Gewalt und Verbrechen annektiert. Der eigentliche Besitzer der Landenge, die Regierung von Kolumbien, lehnte es ab, die gesamte Kanalzone an die USA-Imperialisten abzutreten. Daraufhin organisierten die amerikanischen Landräuber und ihre „Diplomaten“ einen sogenannten „Aufstand“ der in der Kanalzone wohnenden Bevölkerung. Unter amerikanischer Oberhoheit entstand der „selbständige“ Staat Panama, dessen Regierung mit den USA-Imperialisten einen schmachvollen Vertrag abschloß. Der Bau des Kanals wurde 1904 von der USA-Regierung fortgesetzt, nachdem bereits 1880 der Bau durch die „Allgemeine Compagnie des panamesischen interozeanischen Kanals“ be-

gonnen war. Diese Kanalgesellschaft krachte infolge hemmungsloser Spekulation und räuberischen Abenteuerertums 1889 zusammen. Die 1894 neu gebildete „Neue Compagnie des Panamakanals“ stand unter der Leitung der USA-Imperialisten. Gewaltsam verschleppte Neger und in Südeuropa unter betrügerischen Versprechungen angeworbene Arbeiter mußten unter unmenschlichen Bedingungen den Kanalbau durchführen. Insgesamt 60000 von diesen Arbeitern starben während der Dauer der Bauarbeiten an Seuchen und anderen Krankheitserscheinungen.

Mit Hilfe des so erbauten Panamakanals üben die Herren aus USA ihre Herrschaft auf dem gesamten amerikanischen Kontinent aus. Dieser Kanal dient nicht friedlichen Zwecken. Um ihre kriegerischen aggressiven Pläne durchzuführen, wird der Kanal vor allem für die Durchschleusung der USA-Kriegsschiffe und der Transportschiffe mit Kriegsmaterialien benutzt.

Während an den Eingangsschleusen des Wolgadon-Kanals in der UdSSR herrliche, in das Landschaftsbild eingefügte Baudenkmäler den Reisenden begrüßen, bewachen schwerbewaffnete Forts an den Einfahrtspforten des Panamakanals den kriegerischen Stützpunkt der Räuber aus USA. Die Völker in der kapitalistischen Welt brachten zwar die Mittel für den Bau der Wasserstraßen auf; viele Zehntausende fleißiger Arbeiter bauten die Kanäle; viele mußten ihr Leben dabei lassen, aber im Kapitalismus dienen die Wasserstraßen nur den Profit- und Kriegsinteressen der Konzernherren und der Bank- und Börsenfürsten.

In den kapitalistischen Ländern hindert das Privateigentum an Boden, Produktionsmitteln und Produktionsinstrumenten die systematische und planmäßige Beherrschung der elementaren Naturkräfte. Die Widersprüche in der kapitalistischen Welt, wie Planlosigkeit, Überproduktion, Krisen und Kriege, verhindern die Nutzbarmachung von Wüsten durch den Bau von Bewässerungsanlagen. Überall, wo solche Bauten



Abb. 14. Schleuse im W.-I.-Lenin-Wolga-Don-Schiffahrtskanal.

entstanden und vorhanden sind, dienen sie der erhöhten Ausbeutung der Menschen. Im Sudan zum Beispiel muß die einheimische Bevölkerung für die Benutzung der von ihr gebauten Wasseranlagen vierzig Prozent des Ernteertrages an die englischen Unterdrücker und Ausbeuter abgeben.

In einigen Gebieten der Erde, so in Asien, Afrika und auch in Amerika, werden durch die dort herrschenden kapitalistischen Wirtschaftsmethoden einst fruchtbare Gebiete in Wüsten verwandelt. Durch den kapitalistischen Raubbau an den Wäldern und durch andere profitgierige Maßnahmen trocknen die Böden aus, und der von den Winden herbeigetrugene Sand kann ungehindert die Felder der Bauern bedecken. Viele der bisher fruchtbaren Böden verderben durch die Salzanreicherung. Einst dicht von Menschen bewohnte Bezirke werden verlassen und verwandeln sich in öde, unbesiedelte Gebiete. Besonders auch in den USA führt der kapitalistische Raubbau an den Naturschätzen und das Absinken der Bodenfruchtbarkeit durch den Bodenraubbau zu den genannten Erscheinungen. Viele kleine und mittlere Farmer, vor allem in den riesigen Gebieten von Montana und Dakota

bis nach Texas, sind immer mehr der Not und dem Elend preisgegeben. Regelmäßig wiederkehrende Dürren und Mißernten treiben auch in den Staaten Oklahoma, Colorado, Neu-Mexiko und Kansas die Farmer an den Rand des Ruins und zum Verlassen ihrer Heimat. Die fast ungehindert über diese Gebiete brausenden Stürme tragen die fruchtbare Bodendecke hinweg und bedecken Felder, Weideland, Gärten, Stallungen und Wohngebäude der Farmer mit dem lebenszerstörenden Sand.

Die USA-Regierung, die für ihre verhängnisvollen Welteroberungspläne viele Millionen Dollar ausgibt, stellt keine wesentlichen Mittel für den Kampf gegen das Vordringen der Wüste in den eigenen Gebieten zur Verfügung. Dort, wo die Monopolherren ihre Herrschaft über das Volk noch aufrechterhalten können und die Steuergelder der Werktätigen für die Vorbereitung neuer räuberischer Kriege und der Unterdrückung anderer Völker Verwendung finden, gibt es keine Mittel für den Kampf gegen die elementaren Naturgewalten.

Petja machte darauf aufmerksam, daß sich in Form eines breiten Streifens riesige unfruchtbare Gebiete durch die meisten Erdteile unse-

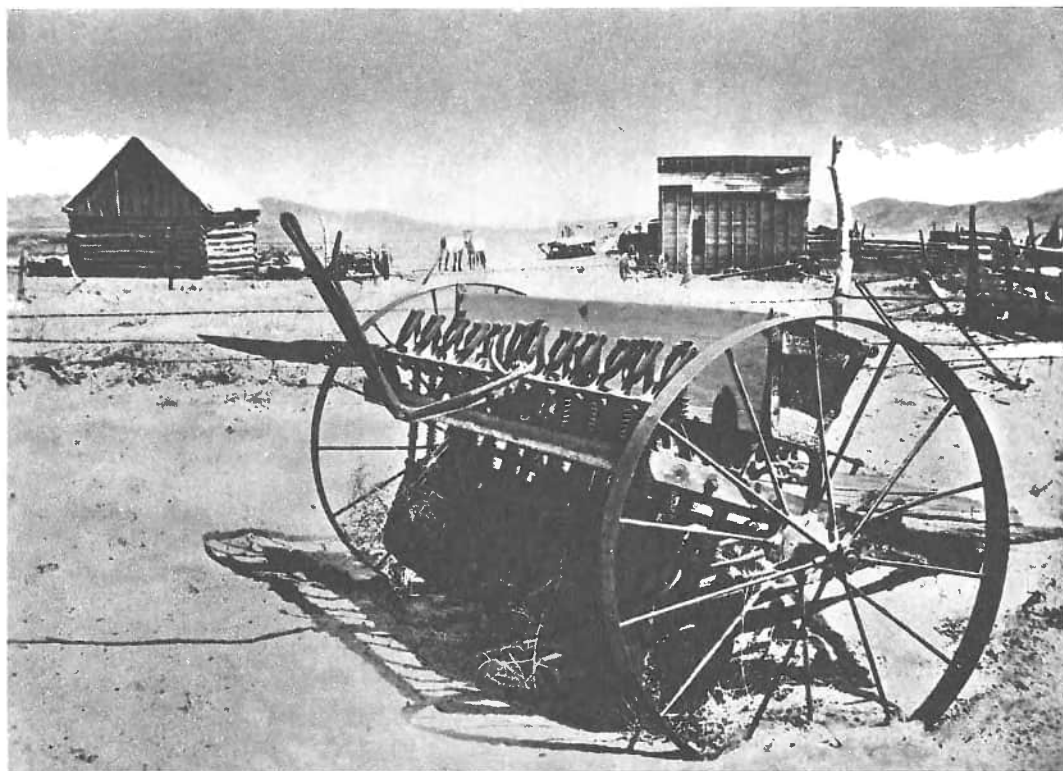


Abb. 15. Versandete und verlassene Farm in Idaho im Mittelwesten (USA)

res Planeten ziehen. Etwa 35 Millionen Quadrat-kilometer der Erdoberfläche sind Wüsten, Steppen und Halbwüsten. Im friedlichen Kampf der Menschen gegen den schrecklichen Feind des Lebens, die Wüste, sind die Erfolge während der Herrschaft der Kapitalisten und Großgrundbesitzer nur gering gewesen. Erst etwa zwei Prozent der gesamten Wüstenfläche des Erdballs konnten bisher urbar gemacht werden.

Fast menschenleer ist die Wüste Sahara in Afrika, unbesiedelt sind auch die tropischen Wälder am Amazonas in Amerika. Auch in den tropischen Gebieten Australiens wäre es zum Beispiel möglich, unter freiem Himmel riesige Treibhäuser zu erbauen. Unter den dortigen klimatischen Bedingungen könnte man viele herrliche Früchte, zum Beispiel Bananen, ernten und die Menschen in allen Teilen der Welt damit versorgen.

Aber die imperialistischen Beherrscher dieser Gebiete haben für diese friedliche Aufgabe kein Geld übrig. Der Bau riesiger Rüstungswerke und die Produktion von Waffen, Militärflugzeugen und Tanks sichern größere Profite. Während die Atomforscher in der UdSSR die Ergebnisse ihrer wissenschaftlichen Forschungsarbeit in den Dienst der friedlichen Umgestaltung der Natur stellen, dient die Tätigkeit der Atomspezialisten in den USA der Bedrohung der Völker und der Vorbereitung eines neuen Massenmordens.

Die riesigen Summen, die in den kapitalistischen Staaten für die erneut beabsichtigte Vernichtung Millionen unschuldiger Kinder und Greise, Frauen und Männer, zur Zerstörung herrlicher Städte und blühender Länder ausgegeben werden, könnten dazu verwendet werden, das Lebensniveau aller Menschen in allen Teilen der Welt auf eine nie geahnte hohe Stufe zu heben.

Die menschenfeindliche Behauptung bestimmter „Theoretiker“ des Imperialismus von der angeblichen Übervölkerung der Erde ist ein Hohn und eine verbrecherische Behauptung; sie will die Menschen für die mörderischen imperialistischen Kriege reif machen. Gegenwärtig leben



Abb. 16. Karte der USA.

auf der ganzen Welt etwa 2200 Millionen Menschen. Rund 1500 Millionen davon können sich unter den Bedingungen der kapitalistischen Herrschaft nicht satt essen. Wenn sich aber die Unterdrückten und Ausgebeuteten vom Joch des Imperialismus befreien und ihr Geschick in die eigenen Hände nehmen und die Natur für die Menschen erschließen, dann wird die Erde fruchtbar werden, und reich werden die Ernten auch in den bisherigen Wüsten und Steppen sein. Das Beispiel der Sowjetunion beweist jedem, daß es leicht möglich ist, in der Welt mehr als 6600 Millionen Menschen reichlich satt zu machen und gut zu kleiden. Es gibt also keine „überflüssigen“ Menschen in der Welt, wie die imperialistischen menschenfeindlichen „Theoretiker“ behaupten. Überflüssig ist die Herrschaft der Monopolherren – sie muß beseitigt werden, damit alle Menschen glücklich leben können.

DIE MENSCHENFEINDLICHE THEORIE DES NEO-MALTHUSIANISMUS

Damit war das Gespräch auf die menschenfeindliche Theorie des Neo-Malthusianismus gekommen. In allen Teilen der Welt hat das Buch des Amerikaners William Vogt „Die Erde rächt sich“ Ablehnung und Empörung hervorgerufen. Dieser Beauftragte der in den USA herrschenden monopolkapitalistischen Mächte erweckt gemeinsam mit anderen menschenfeindlichen



Abb. 17. Sowjetische Wissenschaftler bei der Arbeit in einer Versuchsstation.

Amerikanern wieder die „Lehren“ des englischen Geistlichen und Gutsbesitzers Robert Malthus, der im 18. Jahrhundert lebte. William Vogt stellt die Forderung auf, die medizinische Wissenschaft einzuschränken und den früher in der Welt herrschenden Seuchen, wie Cholera, Pest und Typhus, freie Bahn für die Vernichtung von Menschenleben zu lassen.

Nach der verbrecherischen „Theorie“ dieser Neo-Malthusianer sind in der Welt zuviel Menschen vorhanden; ihre Vernichtung müsse durch Seuchen und Kriege vor sich gehen, weil die

Erde nicht in der Lage sei, alle Menschen zu ernähren. Diese unmenschlichen Literaten und sogenannten „Wissenschaftler“ machen die Ärzte für den Hunger der Millionen Menschen verantwortlich, die in den kapitalistischen Ländern keine Arbeit und Nahrung finden können. Frei von jedem menschlichen Empfinden und im Interesse der Erhaltung des Wohllebens einiger zehntausend reicher Familien, droht William Vogt in dem erwähnten Buch den Ärzten und Wissenschaftlern, die ihr Wissen und ihre Kraft in den Dienst der Volksgesundheit und der Erhaltung des menschlichen Lebens stellen, wie folgt: „Durch die medizinische Betreuung und die Verbesserung der sanitären Bedingungen tragen sie (die Ärzte usw.) die Verantwortung dafür, daß Millionen Menschen die meisten Jahre ihres Lebens in immer größerem Elend dahinvegetieren.“ (24)

Nach den Worten dieses „Menschenfreundes“ sind also nicht die menschenfeindlichen ausbeuterischen Zustände in den kapitalistischen Ländern an der großen Not und dem Elend der Millionen Greise, Frauen, Männer und Kinder schuld. Nach dieser verhängnisvollen „Lehre“ sind alle diejenigen daran schuld, die sich unermüdlich bemühen, Krankheit und Siechtum zu überwinden und den Menschen das Leben zu erhalten. William Vogt und seine Auftraggeber erheben die Forderung, in den „übervölkerten“ Erdteilen wie Asien und Europa die Seuchenbekämpfung einzustellen und die in Armut und Not lebenden Menschen zu sterilisieren, also unfruchtbar zu machen.

Bekanntlich hatten die deutschen Hitlerfaschisten ebenfalls den Plan, auf dem gleichen Wege alle ihnen unangenehmen Menschen unfruchtbar zu machen und ganze Völker auszurotten. Auch auf diesem Gebiet treten die USA-Imperialisten in die Fußtapfen Hitlers und seiner Konsorten.

Nach der Behauptung William Vogts und einiger amerikanischer sogenannter Professoren von der Cornell-Universität (USA) gibt es zu viel Men-

schen auf unserer Erde. Solche amerikanischen „Wissenschaftler“, wie Frank Pearson und Floyd Harper von der erwähnten Universität, vertreten öffentlich in ihren „Lehren“ den Standpunkt, daß unsere Erde höchstens 900 Millionen Menschen ernähren könne. Da aber auf unserem Planeten rund 2200 Millionen Menschen leben, soll nach den mörderischen Theorien dieser „edlen Menschenfreunde“ der Rest durch Epidemien und Kriege ausgerottet werden. Einen anderen Weg können diese Vertreter und „Wissenschaftler“ des Imperialismus nicht zeigen. Diese modernen Anhänger des berüchtigten Malthus verbreiten die Lehre vom „abnehmenden Bodenenertrag“ und vertreten den Standpunkt, daß es nicht möglich sei, höhere Bodenerträge zu erzielen, und daß infolgedessen zuviel „überflüssige Esser“ in der Welt vorhanden seien. Bei diesen unwissenschaftlichen und barbarischen Feststellungen wird die Tatsache „vergessen“, daß es mit den Mitteln wissenschaftlicher Bearbeitung des Bodens durchaus möglich ist, der Natur reichere Ernten abzurufen. Es gibt in der Welt noch viele Möglichkeiten zur Erschließung neuer landwirtschaftlicher Nutzflächen, die aber von den in den kapitalistischen Ländern herrschenden Kreisen bewußt nicht ausgenutzt werden. Ein Blick auf die Erdkarte zeigt, daß nur etwa 10 Prozent des gesamten Festlandes unserer Erde gegenwärtig für landwirtschaftliche Zwecke erschlossen sind; nicht einmal die Hälfte dieser Flächen findet für den Anbau von Getreide Verwendung. Nach gründlichen wissenschaftlichen Berechnungen ist es aber durchaus möglich, etwa 30 Prozent des Bodens unserer Erde unter günstigen klimatischen und bodenmäßigen Bedingungen als landwirtschaftliche Nutzfläche zu erschließen. Ohne Schwierigkeiten könnten alle in der Welt vorhandenen Menschen, selbst wenn eine Erhöhung der Hektarerträge nicht erzielt werden würde, gut ernährt werden. Dabei könnte sich außerdem die Zahl der Menschen weiter wesentlich erhöhen.

Die Entwicklung der Landwirtschaft in den vom Kapitalismus und von den Großgrundbesitzern befreiten Ländern beweist aber, daß es durchaus möglich ist, der Natur durch die bewußte Anwendung der wissenschaftlichen Erkenntnisse und Erfahrungen wesentlich höhere Erträge abzugewinnen. So wächst zum Beispiel in der Sowjetunion ständig die Zahl der Kollektivwirtschaften, denen es gelingt, 25 bis 35 Zentner Getreide auf den Feldern pro Hektar zu ernten.

ÜBER DIE ENTWICKLUNG UND DIE ERKENNBARKEIT DER WELT

Während Petja, Pawel, Boris und Konstantin eifrig miteinander sprachen, kamen ein junger Naturwissenschaftler und ein junger Philosoph hinzu. Der junge Naturwissenschaftler ergriff das Wort und erklärte: In der Sowjetunion und in den Ländern der Volksdemokratien dient die Forschung den Interessen des gesamten Volkes. Die Imperialisten machen inzwischen alle Anstrengungen, um die Wissenschaft, vor allem auch die Naturwissenschaft, völlig in ihren Dienst zur Aufrechterhaltung der Herrschaft des Monopolkapitalismus zu stellen. Ihre sogenannten „Theoretiker“ bekämpfen mit allen Mitteln den dialektischen Materialismus. Sie sind bestrebt, das wissenschaftliche Fundament der Naturwissenschaft zu untergraben und metaphysische sowie idealistische Auffassungen zur Grundlage der naturwissenschaftlichen Forschung zu machen. In den kapitalistischen Ländern verbreitet sich immer mehr die Scheintheorie vom sogenannten „physikalischen“ Idealismus. Die Vertreter dieser Auffassung benutzen die bei der Forschung in Erscheinung tretenden Schwierigkeiten, um die Richtigkeit der Theorie des dialektischen Materialismus anzuzweifeln und zu „widerlegen“. Auf diesem Wege wird auch der Versuch unternommen, die materialistische Grundlage der

Naturwissenschaften zu erschüttern und idealistische religiöse Vorstellungen in die wissenschaftliche Arbeit einzuschmuggeln.

Es kann keinen Zweifel geben, daß eine solche Absicht nicht den Interessen der Forschungsarbeit zum Nutzen der gesamten Menschheit dient. Das Bestreben, abstrakte religiöse Behauptungen von der Endlichkeit und der Unerkennbarkeit der Welt zur Grundlage der Wissenschaft zu machen, ist ein Ausdruck der tiefen Krise, der Ausweglosigkeit und des Zerfalls im Lager der im Dienste des Kapitalismus stehenden Forscher.

Im Gegensatz zu den Vertretern der hier kurz gekennzeichneten Auffassung stehen die Wissenschaftler, die sich in ihrer Arbeit auf den dialektischen und historischen Materialismus stützen. Sie vertreten den Standpunkt, daß die pflanzlichen und tierischen Organismen, die anorganischen Körper und daß auch die menschliche Gesellschaft dem ewigen absoluten Gesetz der Bewegung und Veränderung unterworfen sind. Diese Wissenschaftler beweisen, daß die Materie tatsächlich vorhanden ist; daß sie unabhängig vom Bewußtsein der Menschen existiert; daß die Einheit der Welt in ihrer Materialität besteht und daß die Materie und ihre Bewegung ewig und unzerstörbar sind. Nach der Auffassung des dialektischen Materialismus gibt es ein absolutes Naturgesetz, nach dem weder Materie noch Bewegung beim Vorgang einer Veränderung der Materie oder in der Bewegung der Materie einfach irgendwohin verschwinden kann. Materie und Bewegung können auch nicht aus dem Nichts entstehen. Alle Materie und Bewegung verändern und bewegen sich ewig, aber verschwinden nicht, sondern bleiben der Welt erhalten.

Eine solche wissenschaftliche Auffassung läßt keine Märchen vom „Schöpfer“, „Weltgeist“ und „Lenker“ der Welt zu. Sie liefert den Beweis, daß sich die Welt aus den der Materie innewohnenden Gesetzen in ewiger Bewegung und Veränderung entwickelt.

Friedrich Engels sagt von diesem Naturprozeß,

„... daß die gesamte Natur, vom Kleinsten bis zum Größten, von den Sandkörnern bis zu den Sonnen, von den Protisten bis zum Menschen in ewigem Entstehen und Vergehen, in unaufhörlichem Fluß, in rastloser Bewegung und Veränderung ihr Dasein hat“. (25)

Hier schaltete sich der junge Philosoph ein, um auf die Fragen von Boris einzugehen, ob die Welt und ihre Gesetzmäßigkeiten erkennbar sind. Die Wissenschaftler, die den dialektischen Materialismus in ihrer Forschungsarbeit anwenden, beweisen, daß es unerkennbare Gesetze und Erscheinungen in der Natur und auch in der menschlichen Gesellschaft nicht gibt. Die Anhänger des Idealismus sind dagegen der Meinung, es sei nicht möglich, die Welt und ihre Gesetzmäßigkeiten zu erkennen. Sie bestreiten die Zuverlässigkeit des menschlichen Wissens und sind der Ansicht, daß es in der Welt Erscheinungen und Dinge gibt, die die Wissenschaft niemals erkennen kann.

Der dialektische Materialismus beweist auf Grund der wissenschaftlichen Forschungsergebnisse, der Experimente und der Praxis, daß das Wissen der Menschen von den Naturgesetzen durchaus zuverlässig ist. Die Welt und ihre Gesetzmäßigkeiten sind erkennbar, und das vom praktischen Leben bewiesene Wissen hat, wie Stalin sagt, die Bedeutung objektiver Wahrheit. In der Welt gibt es zwar keine unerkennbaren Dinge, trotzdem aber Erscheinungen, die noch nicht endgültig erkannt sind. Mit der weiteren Entwicklung des Wissens, der Technik, der Meßapparate, der optischen Geräte wird es der Wissenschaft gelingen, auch diese Dinge und Erscheinungen immer mehr zu erkennen und zu erklären.

Im Kampf gegen die philosophische idealistische Auffassung, daß es in der Welt unerkennbare Erscheinungen, sogenannte „Dinge an sich“, gibt, erklärte bereits Friedrich Engels

unter Hinweis auf erfolgreiche Experimente und auf die praktische menschliche Tätigkeit zur Veränderung der Welt:

„Wenn wir die Richtigkeit unsrer Auffassung eines Naturvorgangs beweisen können, indem wir ihn selbst machen, ihn aus seinen Bedingungen erzeugen, ihn obendrein unsern Zwecken dienstbar werden lassen, so ist es mit dem Kantschen unfaßbaren ‚Ding an sich‘ zu Ende.“ (26)

Diese Feststellung Friedrich Engels' ist ein wichtiger Hinweis in der Theorie der Widerspiegelung der objektiven Welt im Bewußtsein der Menschen. Wenn die Menschen imstande sind, bestimmte Vorgänge in der Natur tatsächlich zu erkennen und durch wissenschaftliche Experimente zu beweisen, dann sind die Menschen auch in der Lage, die Naturerscheinungen in ihre Dienste zu stellen und die Natur zu verändern. Die tägliche Praxis und das Leben bestätigen die Richtigkeit der marxistischen Erkenntnistheorie. Immer wieder von neuem zeigt sich die Praxis als der beste Gradmesser und Beweis der Unwiderlegbarkeit der Lehren des dialektischen Materialismus. In der Praxis also bestätigt sich die Feststellung, daß das Wissen der Menschen der objektiven Wirklichkeit entspricht. Die Erkenntnistheorie des Marxismus-Leninismus, der dialektische Materialismus, ist eine schöpferische Theorie; sie wird durch neue Erkenntnisse der Wissenschaft und der Erprobung in der Praxis unablässig bereichert und erweitert.

Wenn einer der jungen Freunde in der Diskussion die Frage gestellt hat, wie der Begriff des marxistischen philosophischen Materialismus zu erklären ist und wodurch er sich vom Idealismus unterscheidet, so ist dazu etwa folgendes zu sagen:

Die marxistische Philosophie ist eine geschlossene, konsequente Weltanschauung. Sie umfaßt den dialektischen und den historischen Materialismus. Der dialektische Materialismus ist die



Abb. 18. Altersgefährten.

Methode und Theorie zur Erforschung der Natur, der historische Materialismus ist die Methode und Theorie zur Erforschung der menschlichen Gesellschaft. Die marxistische Philosophie ist also ein Instrument der wissenschaftlichen Forschung. Sie steht nicht über anderen Wissenschaften, sondern durchdringt diese. Durch die Anwendung der Methode des dialektischen und historischen Materialismus ist es möglich, die Natur und die Gesellschaft in ihrer Entwicklung zu erkennen und Voraussetzungen für Veränderungen zu schaffen. Durch die Ergebnisse neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse wird der marxistische philosophische Materialismus ständig bereichert und erweitert. Diese Feststellung steht im Einklang mit dem Hinweis

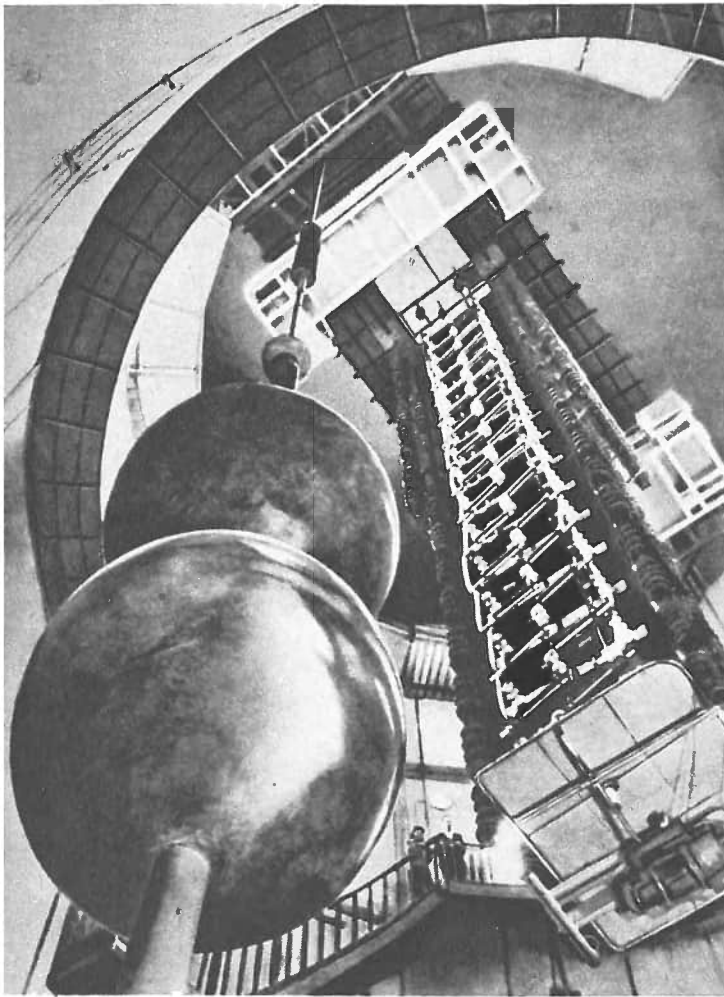


Abb. 19. Impulsgenerator mit einer Spannung von 3 Millionen Volt im Laboratorium eines Instituts.

Friedrich Engels', daß mit jeder epochemachenden Entdeckung schon auf naturwissenschaftlichem Gebiet er (der Materialismus) seine Form ändern muß.

Die Begründer der materialistischen Auffassung von der Welt beweisen, daß die Entwicklung der Welt aus der Materie zu erklären ist. Diese Materie mit den ihr innewohnenden Gesetzen ist die objektive Realität, die außerhalb und unabhängig vom Bewußtsein der Menschen existiert.

Dagegen vertreten die Anhänger des philosophischen Idealismus der verschiedenen Richtungen letzten Endes den unwissenschaftlichen Standpunkt, daß die Welt und alle ihre Erschei-

nungen das Werk eines „Schöpfers“, das heißt also eines Gottes sind. Andere philosophische Idealisten sind der Meinung, daß die Natur von der Idee hervorgebracht sei. Die Natur sei die verkörperte Idee.

Nun nahm Boris wieder das Wort. Er machte darauf aufmerksam, daß Stalin in seiner bedeutungsvollen Arbeit „Anarchismus oder Sozialismus“ darauf hinweist, welche große Bedeutung die revolutionäre Theorie für den praktischen Kampf der Menschheit sowie für die Umgestaltung von Natur und Gesellschaft hat. Aufbauend auf den Grundsätzen des dialektischen und historischen Materialismus, beweist Stalin, daß nur die Arbeiterklasse die Klasse in der kapitalistischen Gesellschaft ist, die bis zum Ende fortschrittlich sein kann. Allein die Arbeiterklasse kann, ausgerüstet mit den höchsten Ergebnissen der Wissenschaft des Marxismus-Leninismus, an der Spitze der Werktätigen die gesamte Menschheit zu lichten Höhen und zu einer besseren Zukunft führen.

Die Begründer des Marxismus-Leninismus haben in ihren Lehren immer wieder darauf hingewiesen, daß es nicht nur darauf ankommt, mit Hilfe der marxistischen Philosophie die Welt, die Natur und die menschliche Gesellschaft zu erkennen und zu erklären; sie betonen vielmehr, daß es notwendig ist, mit Hilfe dieser revolutionären Theorie die Natur und die Gesellschaft umzugestalten. So erhalten diese Lehren eine große revolutionäre Bedeutung und sind die entscheidende Waffe in den Händen der Arbeiterklasse und ihrer revolutionären Partei. Diese fortschrittlichste Kraft in der Gesellschaft wendet die Grundsätze des dialektischen und historischen Materialismus bewußt an, um an der Spitze aller vorwärts- und emporstrebenden Kräfte den Sieg der Wissenschaft über die Elemente der Reaktion und des Dunkelmännertums zu sichern.

Die Arbeiterklasse und ihre revolutionäre Partei besitzen durch die lebendige Anwendung der Grundsätze der Philosophie des Marxismus die

Möglichkeit, die Entwicklungsgesetze der Natur und der Gesellschaft richtig zu erkennen. Die Fähigkeit, die Vorgänge in Natur und Gesellschaft auf Grund der wissenschaftlichen Forschung und der praktischen Erfahrung erklären zu können, schafft alle Voraussetzungen, um mit Hilfe wissenschaftlicher Erkenntnisse und Maßnahmen die Natur und Gesellschaft zu verändern. Immer größer wird der Kreis der Wissenschaftler, die ihre gesamte Arbeit auf allen Gebieten unter Anwendung der Grundsätze des dialektischen und historischen Materialismus durchführen. Die revolutionäre Partei der Arbeiterklasse und ihre gesamte Politik basieren auf dieser Grundlage.

Die Klassiker des Marxismus-Leninismus – Marx, Engels, Lenin und Stalin – zeigten der Arbeiterklasse den Weg zur richtigen Anwendung der Grundsätze des dialektischen und historischen Materialismus, zur Erkenntnis der Entwicklungsgesetze auch der menschlichen Gesellschaft. Diese Grundsätze wurden auf das Gebiet der Geschichte der Gesellschaft ausgedehnt und bilden als der historische Materialismus die Grundlage der materialistischen Geschichtsauffassung. Der historische Materialismus lehrt, daß genau wie die Gesetze der Natur auch die Entwicklungsgesetze der Gesellschaft richtig zu erkennen sind und daß infolgedessen die Menschen auch die Möglichkeit haben, die Gesellschaft zu verändern. Nach dieser Lehre ist auch die Geschichte der Gesellschaft einer gesetzmäßigen Entwicklung unterworfen. Die Geschichte der menschlichen Gesellschaft ist daher keine Anhäufung von „Zufälligkeiten“, und ihre Entwicklung vollzieht sich, wie Stalin lehrt, nicht nach den „frommen Wünschen hervorragender Persönlichkeiten“, sondern nach den der Gesellschaft innewohnenden Gesetzen.

In seinem Werk „Marx/Engels-Marxismus“ behandelt Lenin auch die Bedeutung der Ausdehnung der Grundsätze des dialektischen Materialismus auf die Erforschung der gesellschaftlichen Erscheinungen. Er legt die Hauptmängel

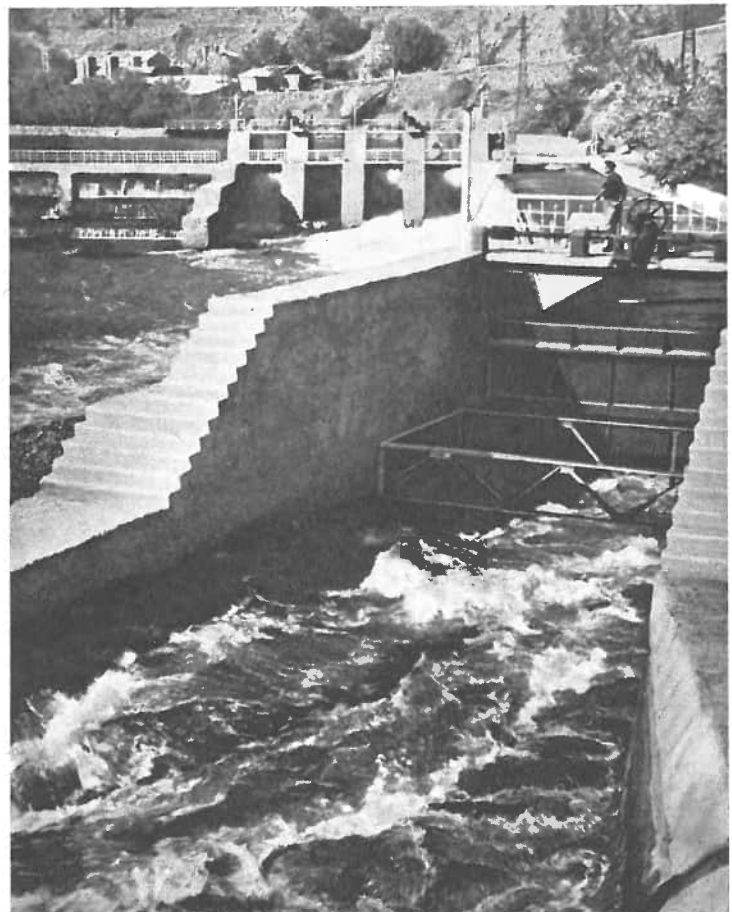
in den früheren Geschichtstheorien dar und kommt zu folgender Feststellung:

„... zweitens hatten die früheren Theorien gerade die Handlungen der *Massen* der Bevölkerung außer acht gelassen, während der historische Materialismus zum erstenmal die Möglichkeit gab, mit naturgeschichtlicher Exaktheit die gesellschaftlichen Lebensbedingungen der Massen sowie die Veränderungen dieser Bedingungen zu erforschen“. (27)

Damit zeigt Lenin, daß es notwendig ist, die revolutionäre Rolle der Volksmassen in der Geschichte richtig zu erkennen und durch ihren Kampf fortschrittliche Veränderungen im gesellschaftlichen Leben herbeizuführen.

Der dialektische und historische Materialismus dient als Mittel zur Erkenntnis der Welt und zeigt den Weg zu ihrer revolutionären

Abb. 20. Staudamm und Gatter der Hauptanlage des J.-W.-Stalin-Bewässerungskanal.



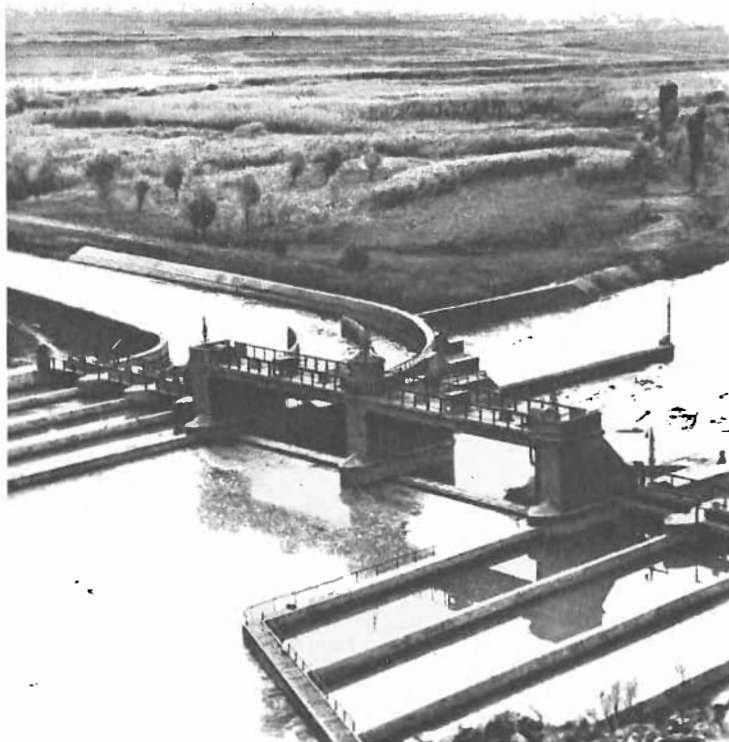


Abb. 21. Bewässerungsanlagen in der Kirgisischen SSR. In der Tschu-Niederung der Kirgisischen SSR wurde ein weitverzweigtes Bewässerungsnetz mit dem Tschumyschsker Staudamm angelegt, das die Bewässerung von über 25 000 Hektar Land ermöglicht. Das gesamte Bewässerungsnetz, das mit dem Tschumyschsker Staudamm verbunden ist, erreicht eine Länge von 800 Kilometern. — Blick auf den Tschumyschsker Staudamm am Tschu-Fluß.

Umgestaltung; er stellt die Frage der Erkenntnis objektiver Gesetzmäßigkeit der gesellschaftlichen Entwicklung in enge Beziehung zur praktischen Tätigkeit der Volksmassen, der Klassen, Parteien und Persönlichkeiten: Diese Weltanschauung ist der Todfeind jeder Form des Fatalismus, des Pessimismus und der Weltuntergangsstimmung; sie mobilisiert die breiten Volksmassen zum bewußten geschichtlichen Handeln mit der Zielsetzung, die gesellschaftlichen Verhältnisse auf die höchsten Stufen der Entwick-

lung zu führen und die der Natur innewohnenden Kräfte bewußt für die Verbesserung des Lebens der Menschen einzusetzen.

Die Menschen in allen Teilen der Welt haben die Kraft und die Fähigkeit, den Wohlstand für alle Völker der Erde zu schaffen. Die Völker der UdSSR haben dafür bereits großartige Beweise erbracht. In den Ländern der Volksdemokratien und in der Deutschen Demokratischen Republik zeigen sich auch auf diesem Gebiet sichtbare Beweise des Aufstiegs. Um die Lage der Werktätigen in Stadt und Land zu verbessern, werden Talsperren gebaut und der Lauf der Ströme wird reguliert. Die Lehren Mitschurins und Lyssenkos werden in der Landwirtschaft mit immer größeren Erfolgen angewandt und tragen zur Verbesserung des Lebens bei.

Das von den Sklavenketten der eigenen und fremden Unterdrücker befreite chinesische Volk schickt sich an, den Hoangho, den Gelben Fluß, der bisher große Gefahren vor allem für die chinesischen Bauern brachte, zu bändigen und zu bezwingen. Auch in den Stromgebieten des Huai und des Jangtse werden nach einem von der Regierung der Volksrepublik China bestätigten Plan riesige Deiche, Staubecken und Schleusen zur Regulierung und Ausnutzung der Ströme gebaut. Große Erfolge wurden schon erzielt, Flüsse werden bezwungen, und das Land wird vor Überschwemmungen geschützt. Der 170 Kilometer lange Hauptkanal „Bau des Friedens“, der zum Gelben Meer führt, ist ein sichtbares Werk friedlichen Aufbauwillens. Neue Bewässerungskanäle machen riesige Ackerflächen fruchtbar und sichern die Wasserversorgung.

Solange die Feinde des werktätigen Volkes in China herrschten, wurde nichts oder nur wenig zum Kampf gegen das von den großen Flüssen drohende Unheil und die sich daraus ergebenden Katastrophen getan. Erst die chinesische Volksregierung, die sich in ihrem Handeln von den Lehren des Marxismus-Leninismus leiten läßt, hat Maßnahmen ergriffen, durch die die elementaren Naturgewalten gebändigt werden.

Große Landgebiete werden bewässert. Bauwerke und Kanäle, auf denen Schiffe ihres Weges ziehen, entstehen. Die Kraft der Ströme wird ausgenutzt, und die so gewonnenen gewaltigen Energiemengen helfen, die Industrie und die Landwirtschaft in schnellem Tempo zu entwickeln. Auch hierdurch verändert ein riesiges Land sein Antlitz.

Alle im Klubraum versammelten Studenten waren damit einverstanden, daß der junge, auf dem Gebiet der Philosophie tätige Wissenschaftler die Ergebnisse der Diskussion zu einer abschließenden Bemerkung zusammenfaßte. Er ging dabei von der Feststellung aus, daß alle aufgeworfenen Fragen und Probleme noch klarer werden, wenn die Lehren der Klassiker des Marxismus-Leninismus intensiv und gründlich studiert werden.

Die Lehren der großen Wissenschaftler Marx, Engels, Lenin und Stalin geben der Arbeiterklasse die Fähigkeit und die Kraft, in den imperialistischen Ländern an der Spitze aller Werktätigen die kapitalistische Versklavung abzuwerfen. Sie zeigen den unterdrückten Völkern in den Kolonien und Halbkolonien den Weg zur Befreiung vom imperialistischen Joch. Der Marxismus-Leninismus lehrt alle um ihre Befreiung ringenden Menschen, erfolgreich zu kämpfen und von Sieg zu Sieg zu schreiten. Die Worte Stalins, die besagen, daß die sozialistische Ordnung mit der gleichen Unvermeidlichkeit dem Kapitalismus folgen werde, wie der Nacht der Tag folgt, wurzeln tief im dialektischen und historischen Materialismus. Sie geben den Unterdrückten und Ausgebeuteten Erkenntnisse und Mut für den Kampf; sie erleuchten hell den Weg in die Zukunft und erfüllen die werktätigen Volksmassen mit Zuversicht und Vertrauen auf den baldigen Sieg.

Die revolutionäre Kampfpartei der Arbeiterklasse entwickelt ihre Politik, ihre Strategie und Taktik für die Erreichung ihrer Ziele, getreu den Lehren des dialektischen und historischen Materialismus. Unermüdlich ist sie tätig, das Be-



Abb. 22. Junger sowjetischer Architekt auf einer Baustelle der Großbauten des Kommunismus.

wußtsein der Arbeiterklasse, der breiten Volksmassen und vor allem der Jugend im Sinne des Kampfes für eine fortschrittliche Entwicklung auf eine immer höhere Stufe zu heben. Die fortschrittlichen Ideen des Marxismus-Leninismus haben für die gesamte Menschheit eine gewaltige Bedeutung; sie sind eine unbesiegbare Macht. Der wissenschaftliche Sozialismus entspricht den Interessen der fortschrittlichsten gesellschaftlichen Kraft, der Arbeiterklasse und aller Werktätigen. Diese Lehre befähigt die Partei der Arbeiterklasse zu beweisen, daß der Kapitalismus historisch überholt ist und daß der Kampf um die Beseitigung der Macht der Imperialisten in

allen Teilen der Welt mit aller Kraft geführt werden muß. Sie zeigt den Weg zur Gewinnung der Volksmassen für dieses Ringen. Alle Wege der Menschheit führen in der Gegenwart zum Sozialismus und zum Kommunismus. Täglich wächst und erstarkt im Kampf gegen die Feinde der Menschheit, gegen die Reaktionäre und Kriegsbrandstifter und deren Helfershelfer vom Schläge der rechten sozialdemokratischen Führer, die unbesiegbare Armee der um ihre Befreiung, um Frieden und Glück kämpfenden Menschen.

Die Völker der Sowjetunion sind für alle um eine neue, bessere Welt ringenden Menschen das große Vorbild. Sie befreiten sich zuerst in der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution 1917 von der Unterdrückung und Ausbeutung. Unter der Führung der Partei Lenins und Stalins und ausgerüstet mit den Lehren des Marxismus-Leninismus, gestalteten die Werktätigen in der UdSSR mit der Arbeiterklasse an der Spitze ein neues gesellschaftliches Leben. Sie bauten den Sozialismus auf und schufen alle Voraussetzungen für den allmählichen Übergang vom Sozialismus zum Kommunismus. Bewußt werden die elementaren Naturkräfte in den Dienst der Menschheit gestellt, und die großen Bauwerke des Kommunismus tragen entscheidend zur Um-

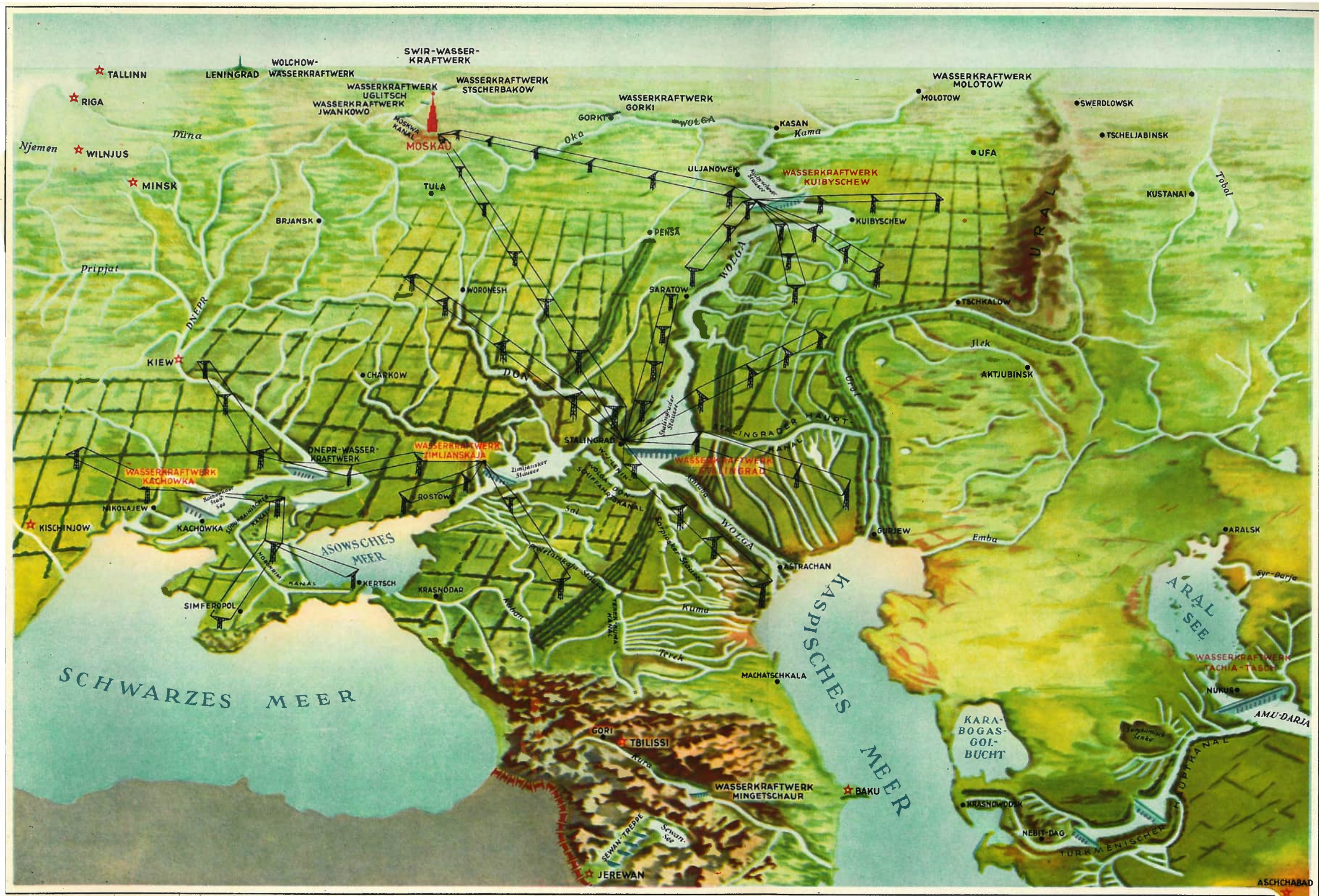
gestaltung der Natur bei. In der Sowjetunion hat diese Arbeit größte gesellschaftliche Bedeutung gewonnen und ist für die Sowjetbürger in Stadt und Land immer mehr zu einem Lebensbedürfnis geworden. Von patriotischer Überzeugung erfüllt, werden auf allen Gebieten des gesellschaftlichen Lebens Erfolge erzielt, wie sie bisher in der Geschichte der Menschheit nicht vorhanden gewesen sind. Die Sowjetmenschen wissen, daß in einer von Unterdrückung und Ausbeutung befreiten Welt die Arbeit die Quelle des Reichtums und des Wohlstandes für das ganze Volk ist. Die prophetischen Worte Friedrich Engels': „Die Menschen, endlich Herren ihrer eigenen Art der Vergesellschaftung, werden damit zugleich auch Herren der Natur . . .“ (28), haben endlich ihre Bestätigung gefunden.

Die Klassiker des Marxismus-Leninismus, Marx, Engels, Lenin und Stalin, zeigen in ihrer Theorie den Weg zur besseren Zukunft der gesamten Menschheit. Getreu ihren Lehren gehen die fortschrittlichen Kräfte der Gesellschaft, ausgerüstet mit den höchsten Ergebnissen der Wissenschaft, an die Umgestaltung unseres Planeten, der Erde, heran. So wie die fortschrittlichen Kräfte der Menschheit es wollen, wird die Welt erblühen, und die Zukunft wird Frieden, Freiheit und Wohlstand für alle Menschen bringen.



FARBTAFEL XVII

Auf Grund der Beschlüsse der Kommunistischen Partei der Sowjetunion sowie der Sowjetregierung und ausgerüstet mit den höchsten Ergebnissen der Wissenschaft, baut das Sowjetvolk gewaltige künstliche Stauseen, viele neue Wasserstraßen, legt umfangreiche Waldschutzgürtel an und errichtet gigantische Wasserkraftwerke. – Es verändert sich das Antlitz der Natur.



QUELENNACHWEIS

- (1) Friedrich Engels, „Dialektik der Natur“, Dietz Verlag, Berlin 1952, S. 179
- (2) Ebenda, S. 183
- (3) Ebenda, S. 205
- (4) Ebenda, S. 191
- (5) Geschichte der KPdSU (B), Kurzer Lehrgang, Dietz Verlag, Berlin 1952, S. 140
- (6) Friedrich Engels, „Dialektik der Natur“, Dietz Verlag, Berlin 1952, S. 213
- (7) Ebenda, S. 232
- (8) W. I. Lenin, „Materialismus und Empirioskritizismus“, Dietz Verlag, Berlin 1952, S. 304
- (9) Karl Marx, „Das Kapital“, Band I, Dietz Verlag, Berlin 1947, S. 187/188
- (10) Friedrich Engels, „Dialektik der Natur“, Dietz Verlag, Berlin 1952, S. 179
- (11) J. W. Stalin, „Der Marxismus und die Fragen der Sprachwissenschaft“, Dietz Verlag, Berlin 1951, S. 27
- (12) Friedrich Engels, „Der Ursprung der Familie“, Dietz Verlag, Berlin 1949, S. 163
- (13) Friedrich Engels, „Anti-Dühring“, Dietz Verlag, Berlin 1952, S. 221
- (14) W. I. Lenin, Ausgewählte Werke, Band II, Dietz Verlag, Berlin 1952, S. 161
- (15) Marx/Engels/Lenin/Stalin, „Zur deutschen Geschichte“, Dietz Verlag, Berlin 1953, Band I, S. 58
- (16) Friedrich Engels, „Der Ursprung der Familie“, Dietz Verlag, Berlin 1949, S. 154/155
- (17) J. W. Stalin, „Fragen des Leninismus“, Dietz Verlag, Berlin 1950, S. 498
- (18) Geschichte der KPdSU (B), Dietz Verlag, Berlin 1952, S. 157
- (19) Ebenda, S. 157
- (20) Marx/Engels/Lenin/Stalin, „Zur deutschen Geschichte“, Dietz Verlag, Berlin 1953, Band I, S. 179
- (21) Karl Marx und Friedrich Engels, Ausgewählte Schriften, Band II, Dietz Verlag, Berlin 1952, S. 378
- (22) Geschichte der KPdSU (B), Dietz Verlag, Berlin 1952, S. 136
- (23) J. W. Stalin, „Ökonomische Probleme des Sozialismus in der UdSSR“, Dietz Verlag, Berlin 1953, S. 4
- (24) M. Iljin, „Die Umgestaltung unseres Planeten“, Verlag Volk und Welt, Berlin 1952, S. 8
- (25) Friedrich Engels, „Dialektik der Natur“, Dietz Verlag, Berlin 1952, S. 18
- (26) Karl Marx und Friedrich Engels, Ausgewählte Schriften, Band II, Dietz Verlag, Berlin 1952, S. 345
- (27) W. I. Lenin, „Marx/Engels-Marxismus“, Dietz Verlag, Berlin 1947, S. 17
- (28) Karl Marx und Friedrich Engels, Ausgewählte Schriften, Band II, Dietz Verlag, Berlin 1952, S. 144

NAMENVERZEICHNIS

Alexander von Mazedonien 294
 Alfvén, H. 72
 Ambarzumjan V. A. 52 67 69 74
 75
 Ampferer 83
 Anaximander 21
 Aristarch von Samos 22
 Aristoteles 21 bis 23
 Arminius 299
 Attila 305
 Augustus 241 298
 Avenarius 13

Baade, W. 65
 Barrande, J. 86 87
 Bastian 133
 Beaumont, Elie de 82
 Bellarmin 29
 Berkeley 13
 Bessel, Fr. W. 48
 Beyrich, E. 14
 Bok 68
 Brahe, Tycho de 27
 Bruno, Giordano 10 345
 Buch, L. v. 119

Cäsar, Gajus Julius 298
 Carnap 13 16
 Chamberlin 71
 Chlodwig 305
 Cloos 83

Dana 82
 Danjon 41
 Darwin, Charles 14 148 243

Descartes 82
 Diokletian 303
 Dolfuß, A. 39
 Dubois, Eugen 243
 Dupont 332 337

Einstein 14
 Engels, Friedrich 7 10 11 12 15 17
 127 251 254 266 299 304 327
 329 332 333 342 345 362 365
 367 368
 Eudoxos 21

Fessenkow, W. G. 41 67 68 72
 74 75
 Florin 173
 Fraunhofer, Josef 30
 Fulda 102

Galilei, Galileo 28
 Galle, Johann Gottfried 30
 Goethe, Johann Wolfgang v. 8 290
 Gracchus, Gajus 296
 Gracchus, Tiberius 296
 Gutenberg 319

Haar, D. ter 72
 Haarmann 82
 Haeckel, Ernst 243 244 250
 Hammurabi 287
 Hase, L. 69
 Heer, O. 192
 Helmont v. 129

Heraklit 11 12
 Herschel, Wilhelm 30 49
 Hipparch 22
 Hoff, K. H. v. 78
 Homer 290
 Hulst, v. d. 68
 Hutton 78
 Huxley, Thomas Henry 243 250

Incofer, Melchior 28

Jeans, James 69 71
 Jeffrey 71
 Joly 83
 Jolly 133 134

Kant, Immanuel 49 70
 Kepler, Johannes 26 bis 29
 Kirsch 83
 Koch, Robert 131
 Koenen, v. 114
 Kolumbus 318
 Kopernikus 22 24 25 26 27 28 33
 345
 Köppen 124
 Kraus 83
 Kritzinger, H. H. 31
 Krupp 332 339
 Kuiper, G. P. 72

Lamarck, Jean Baptiste de 147 242
 Laplace, Simon Pierre 70 71 74
 Leeuwenhoek, Anton v. 130

Lenin 11 13 17 342 344 345 365
367 368

Lepeschinskaja, Olga 134 135

Lesueur 150

Leverrier, Urban 30

Linné, Karl v. 199 241 242

Luther 25

Lyell 78 119

Lyssenko, T. D. 149 150 151

Mach 13

Malthus 16 360

Marx, Karl 15 17 251 254 327 329
332 333 342 343 345 365 367
368

Maslow 162

Massewitsch, A. G. 67

Melanchthon 25

Milankovitsch 124

Mitschurin, J. W. 149 151 347 348

Morgan, L. H. 254

Moulton 71

Müller, Johannes 24

Murchison 93

Needham 131

Newton, Isaac 11 12 29

Ochsenius 102

Odoaker 305

Olbers, Wilhelm 32

Oort 57 68 75

Oparin, A. J. 134 135

Paracelsus 129

Pasteur, Louis 131 133 134

Paul III. 25

Permanides 21

Pilgrim 124

Planck, Max 14

Plato 21

Prometheus 9

Ptolemäus 23 bis 26

Purbeck 112

Putiloff 332

Pythagoras 22

Quenstedt, F. A. 108

Redi, Francesco 130

Regiomontanus 24

Rittmann 83

Russell, Bertrand 13 16

Schain, G. A. 69

Schimper 114

Schkowski 57

Schmidt, O. J. 72 bis 75

Schneider-Creuzot 332 339

Schoenberg 68

Schwimmer 83

Servet 10

Smith, W. 199

Sonneborn 150

Spallanzani, Lazare 131

Spartakus 297

Spitzer, L. 65 68

Stalin 15 17 344 345 347 348 362
364 365 367 368

Stille 82

Suess 82

Thales von Milet 21

Theoderich 305

Torell 119

Tyler, Wat 317

Varus 299

Vickers 339

Vinci, Leonardo da 319

Vogt, William 360

Walther von der Vogelweide 313

Wegener, Alfred 83

Weiß 155

Weismann 148

Weizsäcker, G. F. v. 72

Wittgenstein 13

Wöhler 126

Wundt 83

Xenophanes von Kolophon 197

SACHVERZEICHNIS

- A**bietineen 176
 Abraumsalze 103
 Abstraktion 7 8 250
 Acer monspessulanum 193
 Adapis 240
 Agnathi 213
 Agrarkrise 16
 Ägypten 285 286
 Ägypter, Weltbild der 21
 Akkad 284
 Aktivierungsenergie 15
 Aktualismus 78 79
 Albedo 39 41
 Alethopteris 169
 Alexandria 295
 Algen 155 160 182
 Algenzeit 160 bis 163 195
 Algonkium 84 85 86 200
 –, Tierwelt im 200 201
 Alluvium 118
 Alnus 189
 Alpidische Gebirgsbildung 118
 Altammoniten 92 94 98
 Altseeigel 217 221
 Alttertiär 114
 Amberbäume 190
 Ambulacralgefäßsystem 209
 Aminosäuren 138
 Ammoniten 105 108 212 222 bis
 226 231 232
 Ammonoideen 201 212 216 219
 Ammonshörner 201
 Amphibien 93 103 198 201 214
 217 218 221 224 228
 Anabiose 128
 Andrias scheuchzeri 237
 Andromedanebel 58 59
 Angara 92
 Angaraflora 184
 Angiospermen 161 185 186 187
 Anhydrit 101 102
 Anisomyarier 219 222
 Annularia 169
 Antennenspiegel 36
 Anthozoa 201 205 216 218 219 226
 Anthropoidea 240
 Anthropomorphe 240
 Anthropozentrische Weltauffassung
 26
 Anuren 224
 Aphetohyoidea 213
 appalachische Gebirgsbildung 96
 Apterygota 216
 Araukarien 176 192
 Arbeit 7 251
 Arbeiterparteien 329
 Arbeitskraft 322 331
 Arbeitsrente 4 309
 Arbeitsteilung 258 266 268
 Archäopteris-Cyclostigmaflora 168
 Archäopterix 108 230
 Archaikum 84 85 86 200
 –, Tierwelt im 200 201
 Archäologie 253
 Archäozoikum 84
 Armfüßer 161 201
 Armoricanisches Gebirge 96
 Arthropoden 197 201 216 219 226
 235
 Articulaten 203
 Artocarpus 187
 Assoziationen 67 69
 O-Assoziation 67
 T-Assoziation 67
 Assyrisches Reich 288
 Asteroidea 204
 Asteroxylon 166
 Asterozoa 210 211
 Astronomie 285
 –, Gegenstand der 19
 –, Ziel der modernen 19
 –, Ursprung der 19
 Astronomische Einheit 31
 Athen 290
 Atomenergie 17
 Astrophysik 33
 Asturische Phase 96
 Athenischer Sklavenhalterstaat 291
 Atlantische Schwelle 83
 Aufspaltung der Organismen in ein
 Pflanzen- und in ein Tierreich 154
 Austern 222
 Australopithecus 247 248 249
 –, Lebensweise des 248
 Autokatalyse 142 145
 Azoikum 84

Babylon 288
 Babylonier, Weltbild der 21
 Babylonisches Reich 287
 Bactrites 212
 Bakterien 162
 Balaniden 236
 Baltischer Schild 85
 Bärlappgewächse 164 168 170 181
 Barretheorie 102
 Bartonian 115
 Basalttuff 115
 Basis 282
 Begriffsbildung 8 250
 Belemniten 108 111 223 225 227
 232
 Bennettiteen 178 179
 Benthos 88
 Bernstein 116
 Betula 189 194

Beutelstrahler 211
 Beuteltiere 234
 Bewegtwasserfazies 88
 Bignonien 192
 Biologie 77
 Birken 189 194
 Blastoiden 220
 Blattaderung, Entwicklung der 180
 Blindwühlen 214
 Bödenkorallen 206
 Bonebed 107
 Brachiopoden 87 89 92 94 98 103
 105 111 201 203 206 207 209
 216 220 227 232 236
 Brachiosaurier 228
 Brachyuren 226 235
 Brassenia 193
 Brauneisenoolithe 79 113
 Braunkohle, Bildung der 117
 Bretonische Phase 95
 Bronzezeit 193 253 266
 Brotfruchtbaum 187
 Bryozoen 101 219 232 236
 Bryozoenriffe 101
 Buchstabenschrift 290
 Bundesgenossenkrieg 297
 Buntsandstein 104 107

Calamiten 169 170 173 174 175
 Calceola sandalina 209
 Caprifoliaceen 192
 Carnivora 237
 Cassinische Teilung 43
 Castanea 189
 Catalpa 192
 Cathaysiaflora 184
 Caytoniengewächse 180
 Cenoman 113 186
 Cephalopoden 87 89 92 108 204
 207 208 212 222 226 230 236
 Ceratiten 105 219 223 232
 Ceres 32
 Chimäre 289
 Chiroterium 105
 „Choripetalen“-Formen 190
 Christentum 300
 Cidariden 227 233

Clathropteris 180 181
 Clymenien 213 216
 Cnidaria 205 219
 Codiaceen 162
 Coedaitenbäume 173
 Condylarthren 237
 Cordaites 173
 Crabnebel 55
 Credneria 188 190
 Creodontier 237
 Crinoiden 210 216 221 224 227
 232 236
 Crinoidenkalk 89
 Crossopterygier 213 214
 Cruren 203
 Crustaceen 207 235
 Cycadeen 174 177
 Cycadeoidea 178 179
 Cyclostomen 213
 Cymopolia 162
 Cyrtoceras 208
 Cystoides 211

Dachschädler 214
 Danien 113
 Dänische Stufe 113
 Darwinismus 243
 Deferent 23
 Deisterkohle 112
 Deistersandstein 112
 Dekapoden 222
 Delta-Cephei-Sterne 54 63
 Demos 291
 Denken 7 254 257
 Denken, metaphysisches 346
 – und Handeln, Einheit von 10
 Determinismus 12
 Deutsche Demokratische Republik
 342
 Devon 90 91 bis 93 95 121 183
 209 bis 214
 Dewalquea 188
 Diabas 91
 Dialektik 348
 –, der jonischen Naturphilo-
 sophen 12
 –, marxistische 346

Dialektik, objektive 15
 –, subjektive 15
 dialektische Methode 15
 dialektischer Materialismus 13 15
 347 362 363
 Dibranchiaten 223 227
 Diceras 226
 Dictyophyllen 180
 Dikotylen 185 188 bis 189 190
 Diluvialgeologie 122
 Diluvium 118 124
 Dinant 94
 Dinosaurier 222
 Dinotherium 238
 Dipnoi 213
 Dipteridinen 180 181
 Dogger 107
 Doldengewächse 190
 Dolomit 91 93 101 105 106 107
 Dominat 303
 Doppelsterne 52 67
 –, Entstehung der 69 73
 Dreifelderwirtschaft 309
 Dreilapper 201
 Drifttheorie 119
 Dryas octopetala 194
 Dryophyllum 187
 Dryopithecus 240
 Dunkelnebel 54
 Dyas 99

Echinodermen 89 209 216 224 227
 232 236
 Echinoidea 204
 Eibenfamilie 176
 Eichen-Mischwald-Buchen-Zeit 194
 Eichen-Mischwald-Hasel-Zeit 194
 Einkeimblättrige 185
 Einzeller 200
 Eisen, wirtschaftliche Nutzung 271
 Eisenbakterien 162
 Eisenerz 109 111 113 116 162
 Eisenzeit 253
 Eiszeiten, Ursachen der 124
 Eiszeitflora 193
 Eiweiß 126 127 135 139 140 bis
 146

Eiweiß, Entstehen des 135 ff.
 Ekliptikale Ströme 47
 Elbevereisung 122
 Elefanten 238
 Elstervereisung 122
 Endoceras 208
 Endogene Dynamik 78
 Entomostraca 226
 Entropie 15
 Entwicklung der menschlichen Gesellschaft, Hauptetappen in der 275
 Entwicklung der Pflanzen, Ursachen der 194
 Entwicklung des Lebens, Faktoren der 146
 Entwicklungsgedanke in der Biologie 14
 Entwicklungsgeschichte des Weltalls 62 bis 75
 Eobactrites 212
 Eohippus 237
 Eozän 113 115 188 192
 Eozoikum 84 85
 Ephemeriden 24
 Ephesus 295
 Epirogenese 82 95
 Epizykeltheorie 23 24
 Epizykloide 23
 Equisetites 182
 Equus 237
 Erde 22 26 72 73 84
 –, Kugelform der 21 24
 Erdgeschichte, Gliederung der 84 199
 Erdöl, Bildung von 101
 Erhaltung der Pflanzenteile in Form von Kohle 157
 Erkennbarkeit der Welt 355 361 bis 368
 Erkenntnis 16
 –, Inhalt wissenschaftlicher 16
 Erkenntnistheorie 355
 Erlen 189
 Erosion 77
 Erratische Blöcke 121
 Erregbarkeit als entscheidende Eigenschaft der lebenden Substanz 126

Eruptionen, chromosphärische 38
 Etroengut – Stufe 94
 Euechinoidea 221 224
 Eukalyptusbäume 188
 Evolutionstheorie 243
 Exogamie 257
 Exogene Dynamik 78
 Extragalaktisches System 59 60

F
 Farnartige Pflanzen 97 160
 Farnbäume 173 174
 Farne 163 167 175 180
 Farnsamer 97 169
 Faustkeil 256
 Faxekalk 113
 Felis 237
 Fennosarmatia 92
 Feudalherren 308
 Feudalismus 307 bis 320
 Feuerbenutzung 250
 Feuersteine, Entstehung der 111
 Fibroin 138
 Fiederkorallen 206
 Fische 89 93 103 106 198 204 209
 213 217 221 224
 Fixsterne 21 34 48 68
 –, Entwicklung der 66 bis 69
 –, Oberflächentemperaturen der 50
 Fixsternentfernung, Messung der 48
 Flora der Neuzeit 187 ff.
 Flugsaurier 229
 Foraminiferen 98 103 110 115 bis 117 215 218 225 230 235
 Formalismus, denkökonomischer 16
 Formation 84
 Forsythien 191
 Fossilien 80 81
 –, Entstehung der 198
 Frankenberger Kornähren 175
 Fraunhofersche Linien 50
 „Freie Arme“ 281
 Freiheit 8
 Fronhöfe 308
 Frösche 214 224
 Fünfhundertscheffler 292
 Fusulinen 98

G
 Galium 192
 Ganoiden 221
 Gasnebel 54 63 68 69
 Gastropoda 204 211 216 219 222
 226 236
 Gefäßkryptogamen 160 169
 –, Hauptzeit der 167 bis 174
 Gegenerde 22
 Geißblattgewächse 192
 Geldrente 314
 Geographie 77
 Geologie 77 79
 –, Einteilung der 77
 –, angewandte 80
 –, allgemeine 77 78
 –, historische 77 78 79
 –, regionale 80
 Geologische Formationen 84
 Geologisches Alter, Bestimmung des 80 bis 82
 Geophysik 77
 Geosynklinalen 91 95
 Geozentrisches Weltbild 21 23 24
 Gesamtmasse der kosmischen Nebelmaterie in der Milchstraße 55
 Geschichte, gesetzmäßiger Ablauf der 282
 Geschiebe 120
 Gesetze des Hammurabi 287
 Gesetz des Umschlagens der Quantität in die Qualität 14
 Gesteine, absolutes Alter der 81 85
 –, archaische 85
 –, Entstehung der 79
 –, relatives Alter der 81
 Gigantopteris 184
 Gigantotraken 89 207
 Ginkgobäume 174 179 180 192
 Gips 105 106
 Gipshut 103
 Gipskeuper 106
 Gitterfarn 180
 Gladiatoren 277
 Glaukonit 111 116
 Gliedertiere 161
 Glimmerschiefer 85 86
 Globigerinen 110

Globulen 68
 Globuline 139
 Glossopteris 98 103 183 184
 Gnatostomata 213
 Gneis 85
 Gondwanafloora 182 184
 Gondwanaland 92 98
 Goniatiten 94 98 213 216
 Gotlandium 88 89 205
 Granit 85 98
 Granulation der Sonne 34
 Graptolithen 88 89 204 205 222
 Graptolithenfazies 88
 Graptolithenschiefer 90
 Grauwacke 90 94
 Gravitation 29
 Gravitationsgesetz 29 30
 Greif 289
 Griechen, Weltbild der 21
 Griechenland, Staatenbildung in 290
 Großer Bauernkrieg 317
 Größenklassen der Sterne 49
 Großfamilie 263
 Grundgebirge 85
 Grünsande 116
 Günzvereisung 122
 Gutssklaven 278
 Gymnospermen 161 173 174 176 177 179

Haifische 98 217 237
 Hainbuchen 189
 Haliseriten 165
 Hamamelis 190
 Handwerk 268
 Haussklaven 278
 Heidekrautfamilie 190
 heliozentrisches Weltsystem 22 24 48
 Heliumsterne 50
 Hellenismus 295
 Heloten 291
 Hexakorallen 222
 Holozän 118
 Homunkulus 129
 Horde 255 bis 257

Huftiere 237
 Hülsenfrüchtler 190
 Hunnen, Einfall der 305

Ichtyosaurier 218 228
 Idealismus 13 363
 –, philosophischer 364
 –, physikalischer 16 361
 Ideologie der Sklavenhaltergesellschaft, Kernstück der 280
 Iguanodon 233
 Ilias 290
 Imperialismus 337
 Inarticulaten 203
 Inlandeistheorie 119
 Inoceramen 231
 Inquisition 28
 Insekten 197 216 226 236
 Insektivoren 237
 Interglazialzeiten 123
 interstellare Materie 55 66
 Intuskrustation 157
 Invertebraten 198 222
 Irreguläres 236
 Irreversibilität jedes Naturprozesses 15
 Isomyarier 219

Jacquerie 317
 Jungtertiär 114
 Jupiter 21 22 24 28 30 42 43 71 74
 Jupiterfamilie 32
 Jura 107 bis 109 176 225 bis 230
 –, Brauner 107 109
 –, Schwarzer 107 109
 –, Weißer 107 109
 Juraflora, Gleichmäßigkeit der Verbreitung der 182
 Juraformation, Klima der 182

Kænophytikum 184 bis 194
 Kaledonische Gebirgsbildung 90
 Kalender 19
 Kalisalz 101 102 174
 Kalkoolith 78 107

Kambrium 85 86 87 121 201 bis 209
 Kalkstein 107 109 111 113 115
 Kanadischer Schild 85
 Känozoikum 84
 Kant-Laplacesche Hypothese 71
 Kapital 324 326
 –, Entstehung des 325
 Kapitalismus 17 321 bis 342 354 bis 359
 –, gesellschaftliche Ideologie des untergehenden 16
 Kapitalisten 324
 Karbon 91 93 bis 99 181 183 214 bis 218
 –, produktives 93
 Kartell 337
 Karthago 295
 Katalaunische Felder, Schlacht auf den 305
 Kaufmannspatriziat 316
 Keilblätter 170
 Keilschrift 285
 Keplerbewegung 29
 Keplersche Gesetze 27 30
 Keratophyr 91
 Keuper 104 106 175 176 179 181
 Kiefern 188 194
 Kiefern-Birken-Zeit 194
 Kieselschwämme 204 235
 Klassen 266
 Klassenherrschaft, Formen der 275
 kleine Planeten 32
 Kloakentiere 234
 Knochenfische 217 224 233
 Knorpelfische 213 217
 Knospenstrahler 220
 Knotenkalk 91
 Koazervate 140 bis 144 154
 Kohlenkalk 94 96
 Kolonat 302
 Kolonen 301
 Kohlenkeuper 106
 Koma 45 46
 –, Aufbau der 46
 Kometen 32 33 45 46 75
 Kometenfamilien 33
 Kommunismus, Aufbau des 344

Konglomerate 94 100 105 183
 Koniferen 173 175 176
 Königsfarne 181
 Konkretionsbildung 159
 Konkurrenz 337
 Kontinentalverschiebungstheorie 83
 Kontraktionstheorie 82
 Konzern 337
 Kopal 160
 Kopernikanisches Weltsystem 24 25
 27 bis 29
 Kopffüßer 103 204 207 212
 Korallen 94 98 201 205 209 216
 218 219 226 231
 Korallenriffkalk 91 107 113
 Kosmogonie 62
 Krabben 235
 Krebstiere 207 235
 Kreide 107 109 bis 113 186 187
 230 bis 234
 Kreuzzüge 312
 Krieg 270
 Krise 339 340
 Kristalliner Schiefer 85
 Kristallsphären 21
 Krokodile 228 233 237
 Kryptogamen 160
 Kugelsternhaufen 53 54 58
 Kugelsternsysteme 63
 Kühlbodentheorie 83
 Kulm 94 96
 Kupferschiefer 101 174 175
 Kurzschwanzkrebse 226 235

Labkräuter 192
 Lamellibranchiata 204 211 222 226
 Latifundien 296
 Latimeria 214
 Lattorfian 116
 Laubbäume 186
 Laubmoose 163
 Laurazeen 189
 Laurentia 92
 Laurentischer Schild 85
 Leben 125 bis 128 197
 –, einfachste Formen des 139 bis
 142

Leben, Entstehung des Lebens auf
 der Erde 125 bis 150
 –, Herkunft des 128 129
 –, Kennzeichen des 125 126
 Lebenskraft 126
 Lebermoose 163 182
 Leguminosen 190
 Leitgeschiebe 121
 Lemuroidea 240
 Lepidodendron 170
 Lepidophyten 171 172
 Lias 107 109
 Lichtjahr 49
 Limnische Kohle 98
 Lingula 203 236
 Liquidambar 190
 Liriodendron 187
 Lithographenschiefer 109
 Lituities 208
 Lobenlinie 212 213 223 227 232
 Iochträger 215 218 225 230 235
 Lohn 322
 lokale Gruppe 59
 Lomonossow-Universität 343
 Lonchopteris 181
 Londonton 114
 Lorbeerfamilie 189
 Lungenfische 98
 Lurche 201 214 217 221 224 228
 Lutétien 114
 Lydite 94
 Lyginopterisarten 169
 Lykopodien 164 168 170 181

Machairodus 237
 Macrocystis 155
 Magellansche Wolken 59
 Magnolien 189
 Mai 1. 331
 Malm 107
 Mammut 123 238
 Mammutbäume 176 188
 Manifest der Kommunistischen Par-
 tei 327
 Marattien 168
 Mars 21 22 24 30 41 42 72 73 74

Marsupialier 234
 Marxistische Weltanschauung 344
 Massensklaverei 291
 Mastixicrideen 190
 Materialismus 10 12 13
 –, dialektischer 13 15
 –, historischer 365
 –, mechanischer 12 13
 –, philosophischer 363
 Materie 62 64 362
 Mathematik, Anfänge der 284
 Matonienfarne 181
 Matriarchat 259
 Maximalprofit 333
 Mazedonisches Weltreich 294
 Mazerationsmethode 157 171
 Meerfäden 165
 Mehrprodukt 266 267
 Mehrwert 324
 Mehrsternsysteme 52 69
 Melaphyr 91 100 174
 Mensch 125 235 240 254
 –, Herkunft des 241 bis 252
 –, Unterschied zum Tier 250
 Menschenaffen, ausgestorbene 246
 bis 249
 Menschwerdung 7 250 bis 252
 –, Wesen des Prozesses der 8
 Mergel 91 105 106 111
 Merkur 21 22 24 30 38 39 72 73
 Merychippus 237
 Mesophytikum 174 bis 185
 Mesopotamien, Stadtstaaten in 284
 Mesozoikum 84 104 bis 113 199
 –, Tierwelt im 222 bis 234
 Metamorphe Gesteine 85
 Metasequoia 191
 Metazoa 204
 Meteore 46 47
 Meteorströme 33 47 75
 –, planetarische 47
 Methode, dialektische 346
 Mikroben, Rolle der 131
 Milchstraße 49 54 55 57 59
 –, Masse der 56
 –, Struktur der 56
 –, Entwicklung der 64
 Milchstraßenkern 56

Milchstraßenrotation 57
 Milchstraßensystem 48 bis 57 60
 Milchstraßensysteme, ferne 58 bis 61
 Militärische Demokratie 274
 Mindelvereisung 122
 Mineralogie 77 79
 Minette 79 109
 Miohippus 237
 Miozän 114 117 188
 Mississippian 94
 Mitteleozän 114
 Mitteloligozän 116
 Moeritherium 238
 Molluscoidea 203 219 220 224 236
 Mollusken 87 108 204 207 216 219
 222 226 236
 Mond 21 22 23 28 39 45 72
 Monde der großen Planeten 45
 Mondsysteine 75
 Monokotylen 185
 Monopole 307 338
 Monotremen 234
 Moosartige Pflanzen 160 163
 Moose 163
 Moostiere 103 bis 219 236
 Moräne 122
 Mosasaurier 233
 Multituberculaten 230 234
 Muscheln 89 94 98 103 105 108
 116 117 204 211 212 219 222
 226 230 231 236
 Muschelkalk 104 bis 107
 Mutationen 148 149
 Myricaceen 189
 Myrten 187
 Mythos in der Astronomie 19

Nacktpflanzenzeit 163
 Nacktsamer 173 176
 Nadelbäume 173 175 176 187
 Namur 95
 Naturwirtschaft 310
 Naturgesetz 362
 Naturwissenschaft 11 13
 Nautiloideen 201 212
 Nautilus 207 208 236
 Neandertaler 256

Neanthropus 257
 Nebel, planetarischer 50 55
 Nema 205
 Neo-Malthusianismus 359 bis 361
 Neozoikum 84 113 bis 125 199
 Neozoikum, Tierwelt im 235 bis
 240
 Neptun 31 43
 –, Entdeckungsgeschichte des 30
 31
 Nesseltiere 205 219
 Netzblatt 180
 Neubabylonisches Reich 288
 Neunaugen 213
 Neuropteris 169
 Nibelungenlied 313
 Nilssonien 179
 Ninive 288
 Nordkrimkanal 350
 „Nova“ 55
 Nummuliten 116
 Nummulitenkalke 116

Obere Kreide 113
 Obereozän 115
 Odyssee 290
 Oktokorallen 206
 Ölbaumgewächse 191
 Oldred 92
 Oleanderbaum 191
 Olenellus-Schichten 87
 Olenus-Schichten 87
 Oligozän 188
 Ooide 78
 Oolithgestein 79
 Oolithsand 78
 Orbitolinin 230
 Ordovizium 88 90
 Ornitholestes 229
 Orogenese 82 95
 Orthiden 224
 Orthoceraten 89 208 212 222 223
 227
 Osmundafarne 181
 Ostiacodermen 213
 Ostrakoden 89 207 226
 Ostreiden 222

Oszillation 82
 Oszillationstheorie 82

Paläanthropus 256
 Paläobotanik 78 81
 –, Methoden der 157
 Paläodictyopteren 236
 Paläogeographie 79
 Paläoklimatologie 103
 Paläomastodontiden 238
 Paläonisciden 221 224
 Paläontologie 78 81
 – als Hilfsmittel zur Alters-
 bestimmung von Gesteinen 81
 Palcozän 114
 Paläozoikum 86 bis 103 199 201
 –, Tierwelt im 201 bis 221
 Paläozoologie 78 81
 Palechinoidea 217 221
 Palmen 188
 Palmenfarn 174
 Paludinenbank 123
 Panamakanal, Geschichte vom Bau
 des 356
 Pantothecria 230
 Panzerfische 93 98 201 213 217
 Pappeln 189
 Papst 304
 Paradoxides-Schichten 87
 Paralische Steinkohle 98
 Parallaxe 22 26 48
 Patriarchat 268
 Pelmatozoen 210 211 221
 Peloponnesischer Krieg 293
 Pennsylvanien 94
 Penumbra 35
 Pergamon 295
 Periöken 291
 Perm 99 bis 103 218 bis 221
 Persisches Weltreich 294
 Petrographie 77 79
 Petromyzon 213
 Pflanzen 154 197
 –, Aussehen der ersten 160
 –, Charakteristik der 155
 –, Entwicklungsgeschichte der
 153 bis 196

Pflanzenabdrücke 157
 Pflanzengeschichte, Fundamentaltatsache der 155
 Pharao 286
 Pharaonenstaat 285
 Philosophie, materialistische 344
 Photosphäre 34
 Phragmokon 223
 Phycodes 90
 Phyllit 85 86
 Phylloceraten 223 226
 Pinus 188 194
 Pithecanthropus 243 254
 Placodermen 213
 Pläner 111
 Planeten 21 28 31 38 bis 45 47 70 73
 –, Bewegung der 26 29 33
 Planetensystem, Entstehung des 70 bis 75
 Platanen 190
 Plattenhäuter 213
 Plattenkalk 91
 Plebejer 316
 Pleistozän 118
 Plejaden 52
 Plesiosaurier 228
 Pleuromeia 175
 Pliozän 114 192
 Pluto 31
 Pollenanalyse 117 194
 Polymerisation 138
 Polypeptide 127
 Populationen 63
 Porana 192
 Porphyr 100 174
 Präkambrium 84 85 161
 Priesterfürsten 284
 Primum mobile 24
 Primaten 240
 Prinzipat 298
 Privateigentum 259 275
 Proboscider 238
 Productiden 216 220 222 224
 Productus semireticulatus 99
 Produktenrente 309
 Produktion 253
 Produktivkräfte 282

Proetiden 219
 Profit 324 332
 Proostracum 223
 Propliopithecus 240
 Proterozoikum 84 85
 Protozoa 200 204
 Protuberanzen 38
 Pseudobornia 167
 Pseudosporochnus 166
 Psilophyten 165
 Psilophytenzeit 163
 Pteranodon 234
 Pteridophyten 163
 Pteridospermen 169 174 175 180
 Ptero corallia 206
 Pterosaurier 229
 Pterygota 216
 Ptolemäisches Weltsystem 23 26
 Pufferwirkung 140
 Punischer Krieg 295
 Pythagoreer 22

Quantenmechanik 14
 Quantentheorie 14
 Quartär 113 118 bis 124 240
 Quarzit 91
 Quarzitschiefer 85 86
 Quastenflosser 213

Radioaktivitätstheorie 83
 Radioastronomie 36 57
 Radiolarien 94 200 215
 Ranales 186
 Raubtiere 237
 Reflexionsnebel 54
 Regression 82
 Relativitätstheorie 14 15
 Religion 279
 –, ideologische Beeinflussung der Massen durch die Renaissance 10 319
 Reptilien 103 107 108 198 201 218 221 222 224 228 230 233 237
 Revolution der Sklaven, Periode der 304

Rhät 106
 Rhizopoda 200
 Rhynchonelliden 227 236
 Rhynia 166
 Riesensterne 50 52 63 66 67
 Rißvereisung 122
 Rolandslied 313
 Römischer Sklavenhalterstaat 295
 Rostrum 108 111 223
 Röt 105
 Roteisenerz 91
 Rotliegendes 99 173 174
 RR-Lyrae-Sterne 53 63
 Rudolphinische Tafeln 28
 Rundmäuler 213
 Rüsseltiere 238

Saalevereisung 122
 Sage vom Gral 313
 Salamander 214
 Saltholmskalk 113
 Salzlager, Verbreitung der 102
 Salzlagerstätten, Bildung von 100 101
 Salzstöcke 103
 Samenpflanzen 161
 Sander 122
 Sandstein 91 94 96 100 105 bis 107 111 113
 Sandstein, Entstehung von 80
 Saturn 21 22 24 30 71 73 74
 –, Ringsystem des 43
 Säugetiere 123 198 225 230 233 bis 235
 Saurier 228 bis 230 233
 Schachtelhalm 97 163 169 170 181
 Schachtelhalmgewächse 167
 Schalenhäuter 213
 Schaumkalk 106
 Schieferton 96 100
 Schildkröten 225 228 233 237
 Schlangen 233
 Schlauchalgen 162
 Schmelzschupper 98
 Schmetterlinge 226
 Schnecken 87 89 103 105 108 117 204 211 216 219 222 226 231 236

- Schreibkreide, Entstehung der 110
Schrumpfungstheorie 82
Schuppenbäume 97 170 171 174
Schwämme 161 204 225 231 235
Seeigel 108 111 204 217 224 227 236
Scelilien 89 92 94 105 108 210 216 221 224 227 232 336
Seepocken 236
Seerosen 187
Seesterne 204 210 211 228
Sensitive Tiere 131
Sepioideen 236
Septarienton 116 117
Septen 206
Sequoien 176 188 192
Serumglobulin 139
Sichote Alin 47
Sichote-Alin-Meteorit 75
Sicula 205
Siegelbäume 97
Sigillarien 170 171
Silberwurz 194
Silur 87 bis 91 121 162 204 bis 209
Sinanthropus pekinensis 252
Siphonalöffnung 208
Siphoneen 162
Sippen 257
Sklaven 266 275 276 277 280 281
Sklaven, Preis der 276
Sklavenaristokratie 277
Sklavenhalter 276 280 281 292
Sklavenhalterdemokratie 292
Sklavenhaltergesellschaft, Epoche der 275 bis 305
Sklavenhaltersystem, Periode der allgemeinen Krise des 304
Sklaverei 276
–, orientalische 282
–, patriarchalische 282 283
Soldatenkaiser, Zeit der 302
Solonschen Gesetze 292
Sonne 21 22 24 25 29 33 34 bis 38 56 72 74 75
–, Größe der 34
Sonnenenergie 354
Sonnenfackeln 37
Sonnenflecken 28 34 bis 37 38
Sonnenkorona 38
Sonnenstrahlung, Energiequellen der 34
Sonnensystem 34 bis 48
Sowjetunion 342
Sparta 291
Spartiaten 291
Spektralanalyse 50
Spektraltypen 50 52
Spektroheliographie 35 37
Sphaerocodium 162
Sphärentheorie 22
Sphärosiderite 79
Sphenophyllen 170 173 174
Sphenopteris 169
Sphinx 289
Spinnen 216
Spiralsysteme 59 62
Spiriferen 209
Spiriferiden 227
Spongien 204
Sporenpflanzen 160
Sprache 7 250 254 257
Sprossung 144
Staat 283
Staat, Herausbildung des 275
Stachelhäuter 209
Städte, Entstehung der 311
Stamm 263
Staubnebel 63 68 69
Stefan 95
Stegocephalen 103 214
Stegosaurier 228
Steinkohle 93 94 96 157
Steinkohle, Bildung von 97
Steinkohlenflora 168
Steinsalz 101 102 105 106 174
Steinulme 190
Steinzeit 253
Sterne, Entwicklungsstufen der 52
–, Größenklassen der 49
Sternassoziationen 52
Sternberger Kuchen 117
Sternbilder 19
Sternexplosion 55
Sternhaufen 52 53 67 69
Sternkatalog 23
Sternschnuppen 47
Sternspektren 50
Sternsysteme, ferne 58 59 75
–, elliptische 59
–, Entwicklung der 62 bis 65
Sterntemperaturen 50
Stigmarien 172
Stillwasserfazies 88
Stinkkalke 87 101
Stoffwechsel 126 142
Strahlentierchen 200 215
Stratigraphie 79 85
Stringocephalus 209
Stuartia 189
Sudetische Phase 96
Sumer 284
Sumpfpfyzypressen 176 188 192
Sutur 212 216 219
Symbiose 197
Sympetalen 190
Syndikat 337
System der Organismen, Stellung des Menschen im natürlichen 244
System der Pflanzen 160
Tabulatenkorallen 206
Tausendfüßer 216
Taxodien 176 188
Taxusgewächse 176
Tenniskamin-Serie 85
Terebratelliden 227 236
Terebratuliden 224 227 236
Tertiär 107 113 bis 118 180 235 bis 240
Tertiärflora 188 bis 193
Tertiärformation, Gliederung der 113
Tethys 92 107 235
Tetrakorallen 205 206 222
Tetrapoden 214
Thallophyten 160
Theca 204 205
Theorie der chemischen Reaktionsgeschwindigkeiten 14
–, der natürlichen Zuchtwahl 148
–, und Praxis in der Naturwissenschaft 11
Thermodynamik 15

Thuja 193
Tiere 154 197 199 200
Tiere, Charakteristik der 155
Tierkreislicht 47
Tillit 103 183
Ton 107 111 112 114 115 120
Tonschiefer 94
Tournaistufe 94
Transgression 82
Trapa 190
Trias 104 bis 107 182 222 bis 225
–, alpine 104
–, germanische 104
Triceratops 234
Triconodonten 230
Trilobiten 87 89 201 206 209 216
219 222
Trompetenbaum 192
Trümmererz 113
Trust 337
Tuff 100
Tulpenbaum 187
Turkmenischer Hauptkanal 350
Tyrannis 293

Überbau 281 282
Ullmannia 175
Ulmen 189
Ulmengewächse 190
Umbellifloren 190
Umbra 35
Umgestaltung der Natur 348 bis 350
Untere Kreide 112
Untereozän 114
Unteroligozän 116
Unterströmungstheorie 83
Uranus 30 31 43
Urartu 288
Uräus 286
Urgebirge 85
Urgeschichtswissenschaft 253

Urgesellschaft, Verfallsperiode der 268
Urraubtiere 237
Urstromtäler 123
–, Entstehung der 123
Urzeugung 129 bis 135

Variscische Faltung 82 95 98
Variscisches Gebirge 96 97 100
Venus 28 30 39 bis 41 72 73
Veränderliche Sterne 53 54
Vermehrung 142
Versteinerung 157 bis 160
Vertebraten 197 198 204
Viburnum 192
Vielfrüchtler 186 189
Vielhöckerzähner 230 234
Virgula 205
Visé-Stufe 94
„Vitale“ Lebewesen 131
Vitalisten 127
VOLTZIA 175 176
VOLTZIENSANDSTEIN 175
Vulkanismus 77 118

Wachstum 142
Wahrheit, objektive 362
Walchia 173
Waldschutzgürtel 351
Walnußfamilie 189
Warenproduktion 313
Warmblüter 235
Wassernuß 190
Wasserstoffsterne 50
Wealden 112
Wealdenformation 186
Weichselvereisung 122
Weichtiere 87 204 207 216 219 222
226 236

Weiden 189
Wellenkalk 106
Weltall, Entwicklungsgeschichte des 62 bis 75
Weltbild 8 9
Weltbild der primitiven Menschen der Urgesellschaft 9
Weltbilder des Altertums 20 21 bis 24
Weltkörper des Sonnensystems 34
Weltkrieg 12 333 336
Weltwunder 295
Werfener Schichten 105
Westfal 95
Wielandiellatypus 179
Wikotylen 187
Williamsonien 178 179
Wirbeltiere 89 103 197 198 204 209
218 222
Würmvereisung 122
Wurzelfüßer 200

Yprésien 114

„Zaubernuß“-Familie 190
Zechstein 99 101 102 174
Zechsteinmeer 100 101
Zelkova 190
Zimljansker Meer 351
Zimtbaum 189
Zodiakallicht 47
Zunft 316
Zusammenhang zwischen Quantität und Qualität 14
Zweikeimblättrler 185
Zwergsterne 50 52 66 67
Zwischeneiszeiten 123
Zypressen 176

ERKLÄRUNG DER WICHTIGSTEN FACHAUSDRÜCKE, FREMDWÖRTER UND NAMEN

Aberrant: Von der Normalform abweichend

Absorptionslinien: Siehe Spektrum

Abstraktion: Gedankliche Heraussonderung bestimmter Inhalte und Merkmale aus der Vielzahl der Inhalte, Eigenschaften und Merkmale sinnlich wahrnehmbarer Gegenstände zu allgemeinen Begriffen; das Verfahren der Abstraktion ist notwendig, um das Wesen der Dinge, die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten zu erkennen

Affinität: Verwandtschaft – in der Chemie: Neigung chemischer Elemente und chemischer Verbindungen, unter- und miteinander chemische Verbindungen einzugehen

Aggressiv: Feindlich, angriffslustig

Aggressor: (widerrechtlicher) Angreifer

Agitieren: Aufklären breiter Schichten der Bevölkerung über bestimmte Fragen und deren Lösung; mündliche und schriftliche Tätigkeit zwecks politischen Einwirkens auf die breite Masse durch Verbreitung bestimmter Ideen und Lösungen

Akkumulieren: Anhäufen

Aktivierungsenergie: Energiemenge, die man aufwenden muß, um eine Reaktion in Gang zu bringen

Aktualismus: Betrachtungsweise der Geologie, die die Vorgänge der Erdgeschichte mit Hilfe der heute auf der Erde wirksamen Kräfte zu erklären sucht

Albedo: Maß für das Rückstrahlvermögen von zerstreut reflektierenden Oberflächen; Verhältnis der zurückgestrahlten zur eingestrahlten Lichtmenge

Algonkium (nach dem nordamerikanischen Indianerstamm der Algonkin): Geologische Formationsgruppe zwischen Archaikum und Kambrium mit den ersten erhaltenen Lebensresten

Alluvium: Geologische Gegenwart; Zeitraum seit etwa 15 000 bis 20 000 Jahren

Ambarzumjan, V. A.: Geb. 1908, sowjetischer Astronom, Forschungen über das Leuchten von Gasnebeln, neue Methoden zur Erforschung der Milchstraße; Entdecker der Sternassoziationen

Aminosäuren: Organische Verbindungen, die in offener Kohlenstoffkette einerseits die Aminogruppe (NH_2), andererseits die Karboxylgruppe (COOH) enthalten; die Aminosäuren sind die Bausteine der Eiweißstoffe

Ammoniten (Ammonshörner): Kopffüßer mit zum Teil gewaltigen Kalkschalen, seit der Kreidezeit verschwunden, bis dahin weitverbreitete Meeresbewohner

Amphibien (Lurche): Klasse der Wirbeltiere, können sowohl im Wasser als auch auf dem Lande leben

Analog: Ähnlich, entsprechend

Anatomie: Lehre vom inneren Bau der Organismen

Anaximander: 611 bis 547 v. u. Z., ionischer Naturphilosoph, unternahm den ersten wissenschaftlichen Versuch zur Erklärung des Weltursprungs

Angara: Altes, seit dem Präkambrium nicht mehr gefaltetes Massiv in Ostsibirien

Angiospermen: Blütenpflanzen, deren Samen in geschlossenen Hohlräumen (Fruchtknoten) entstehen

Anstehendes: Sichtbares festes Gestein, durch Verwitterungsschutt hindurchragend

Antagonistisch: Unversöhnlich, unüberbrückbar

Anthropologie: Wissenschaft von der Entstehung und Entwicklung des Menschen

Appalachische Gebirgsbildung: Auffaltung eines Gebirges in Nordamerika in der Permzeit

Arachmorphe: Spinnenartige Tiere

Araukarien: Nadelbäume auf den Norfolkinseln

Arbeitsproduktivität: Wirkungsgrad oder Nutzeffekt der produktiven Arbeit; die Arbeitsproduktivität ist gestiegen, wenn eine bestimmte Menge Waren unter den gleichen Produktionsbedingungen in geringerer Zeit als vorher hergestellt wird

Archaikum (Azoikum): Ältester Abschnitt der Erdgeschichte von der Bildung der festen Erdrinde bis zum Erscheinen des Lebens

Archäologie: Altertumswissenschaft, Urgeschichtswissenschaft

Archäozoikum: Das dem Eozoikum vorausgehende Erdzeitalter ohne Lebensspuren

Arid: Trocken; beim ariden Klima ist die Verdunstung größer als der Niederschlag

Aristarch von Samos: Um 310 bis 230 v. u. Z., griechischer Astronom, stellte die Sonne in den Mittelpunkt der Welt; Quelle für Kopernikus

Aristokratie: Adelherrschaft; im Feudalsystem herrschende Klasse

Aristoteles: 384 bis 322 v. u. Z., griechischer Philosoph, Schüler Platons; Aristoteles war der Lehrer Alexanders des Großen. Größter Gelehrter des Altertums, er faßte die gesamte Entwicklung der Wissenschaft bis in seine Zeit zusammen und legte sie auf verschiedenen Gebieten dar; Aristoteles ist der Begründer der formalen Logik, er erforschte die dialektische Denkmethode

Armoricanisches Gebirge (benannt nach Armorica, der heutigen Bretagne): Einst ein im Paläozoikum entstandenes Faltengebirge, das bis auf niedrige Trümmer von Gebirgsstücken abgetragen wurde

Arthropoda: Gliederfüßer

Artikulierte: Deutlich ausgesprochen, gegliedert

Asselartig: Krebsartig

Assimilieren: Angleichen, anpassen; in der Biologie: Verwandlung der anorganischen Nahrungsbestandteile in körpereigene Stoffe

Assoziation: Vereinigung

Astrologie: Sterndeutung; Irrlehre, die die Vorbestimmung des Menschenschicksals aus der Stellung der Himmelskörper behauptet und damit die Menschen abhält, ihr Schicksal selbsttätig zu gestalten

Astronomische Einheit (a.E.): Mittlere Entfernung zwischen Erde und Sonne = 149,5 Millionen Kilometer

Astrophysik: Teilgebiet der Astronomie, Lehre von den physikalischen Eigenschaften und der chemischen Zusammensetzung der Himmelskörper und der interstellaren Materie

Asturische Phase: Abschnitt der mittelvariscischen Gebirgsfaltung während der Zeit des Oberkarbons

Atmosphäre (griechisch *atmos* = Dunst, *sphaira* = Kugel): Lufthülle der Erde

Atmosphärien: Die chemisch und physikalisch wirksamen Stoffe der Atmosphäre, wie Sauerstoff, Wasser, Kohlendioxyd usw.

Atom: Kleinstes Teilchen eines chemischen Grundstoffes, das mit chemischen Mitteln nicht weiter teilbar ist; es besteht aus Atomkern und Atomhülle. Der elektro-positiv geladene Kern enthält Protonen mit positiver Ladung und elektrisch neutrale Neutronen; in der Hülle befinden sich auf getrennten „Schalen“ negativ geladene Elektronen, die den Kern auf Ellipsenbahnen mit einer Geschwindigkeit von etwa 200 Kilometer je Sekunde umkreisen

Atomphysik: Lehre vom Aufbau und von den Vorgängen innerhalb der Atome und Moleküle

Augustus: 63 v. u. Z. bis 14 u. Z., Adoptivsohn und Erbe Cäsars, erster römischer Kaiser (Princeps)

Ausbeutung: Aneignung von Arbeitserzeugnissen einer produzierenden Klasse durch eine nicht produzierende herrschende Klasse; wird ermöglicht durch das Eigentum der herrschenden Klasse an den Produktionsmitteln der Gesellschaft

Auslaugung: Herauslösen der löslichen Teile eines Stoffes

Australopithecus: Menschenähnliche Individuen, deren fossile Skelettreste man in Südafrika fand

Autokatalyse: Die Erscheinung, daß bei einer chemischen Reaktion ein Produkt entsteht, das die Reaktion selbst beschleunigt

Autotrophe Pflanzen: Solche Pflanzen, die zu ihrer Ernährung keine organische Substanz benötigen

Avenarius, Richard: 1843 bis 1896, idealistischer Philosoph; er begründete gleichzeitig mit E. Mach den Empiriokritizismus, der von Lenin einer vernichtenden Kritik unterzogen wurde

Baltischer Schild: Alter Festlandskern im Nordosten Europas, der bereits im Archaikum versteift war – auch Fennosarmatia genannt

Bartonian: Andere Bezeichnung für Obereozän (Unterabteilung des Tertiärs)

Basis: Die ökonomische Basis ist die wirtschaftliche Struktur der Gesellschaft in einer gegebenen Etappe ihrer Entwicklung; sie umfaßt die Gesamtheit der geschichtlich bedingten Produktionsverhältnisse, die sich im Prozeß der Produktion materieller Güter herausbildet; diese Produktionsverhältnisse hängen ab von dem Zustand der Produktivkräfte, mit deren Veränderung sich mit Notwendigkeit die ökonomische Basis der Gesellschaft verändert

Belemniten: Im Mittelalter der Erdgeschichte erscheinende beschaltete Kopffüßer

Benthos: An den Meeresboden gebundene Tier- und Pflanzenwelt

Bertrand: Geb. 1872, englischer Mathematiker und Philosoph, Hauptvertreter einer mathematisch formelhaften Logik (Logistik), Kultur- und Gesellschaftskritiker von ausgesprochen westlicher kosmopolitischer Haltung

Bessel, Fr. W.: 1784 bis 1846, deutscher Astronom, schuf feinere astronomische Meßmethoden und bestimmte zahlreiche Fixsternorte

Bilateralsymmetrisch: Zweiseitig gleichgestaltig

Bleimethode: Zeitmeßverfahren für die Altersbestimmung von Gesteinen, die radioaktive Substanzen enthalten

Brachiopoden: Armfüßer

Brackwasser: Schwach salzhaltiges Wasser, entsteht durch Mischung von Salz- und Süßwasser, besonders an Flußmündungen

Brabe, Tycho de: 1546 bis 1601, berühmter dänischer Astronom, größter beobachtender Astronom des 16. Jahrhunderts, aus seinen Beobachtungen erkannte Kepler die Gesetze der Planetenbewegung

Brauneisenerz: Wichtiges ockergelbes bis braunschwarzes Eisenerz von der Zusammensetzung $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 1\frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$. Vorkommen: Harz, Lothringen, Luxemburg und anderweitig

Bretonische Phase: Altvariscische Gebirgsfaltung, nach ihrem Vorkommen in der Bretagne benannt

Bruch: In der Geologie senkrechte Verschiebung einzelner Schichten gegeneinander

Bruno, Giordano: 1548 bis 1600, italienischer Philosoph, von der Inquisition als Ketzer verbannt, pantheistischer Naturphilosoph mit materialistischen Zügen, führte die Lehre des Kopernikus zu einem einheitlichen Weltbild weiter

Bryozoen (Moostiere): Wasserbewohnende, festgewachsene Tiere, die wie Polypen durch Knospung Kolonien bilden; sie erzeugen oft gallertartige bräunliche oder weißliche Überzüge an untergetauchten Holzstücken, Pflanzenteilen usw.

Buntsandstein: Älteste Abteilung der Triasformation

Cenoman: Stufe der Oberen Kreide

Cephalopoden: Kopffüßer

Ceratiten: Vertreter der Ammoniten, Leitfossilien im Muschelkalk

Chaos: Der unermessliche Raum; Durcheinander, Wirrwarr, Unordnung; nach primitiver unwissenschaftlicher Vorstellung auch: der ungeordnete Urzustand der Welt, aus dem sich der geordnete Kosmos entwickelt hat

Charakteristisch: Kennzeichnend

Chimäre: Sagenhaftes feuerschnaubendes Ungeheuer (Verbindung von Lamm, Wildziege und Schlange)

Chiröterium: Handtier, zu den Reptilien gehörend

Chitin: Stickstoffhaltige organische Verbindung, aus der die Hartteile der Gliedertiere bestehen

Chlorophyll: Grüner Farbstoff der Pflanzen

Chromosphäre: Unmittelbar über der sichtbaren Sonnenoberfläche (Photosphäre) liegende Gashölle der Sonne

Cnidaria: Nesseltiere

Crustaceen: Krebstiere

Darwin, Charles: 1809 bis 1882, bedeutendster englischer Naturforscher und Biologe; Begründer des Darwinismus, Hauptwerke: „Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl“ und „Die Abstammung des Menschen“

Darwinismus: Selektionstheorie; die auf Charles Darwin zurückgehende wissenschaftliche Begründung der stammesgeschichtlichen Entwicklung der Pflanzen und Tiere; sie beruht auf der Auslese der am besten an die Umwelt angepaßten Individuen (natürliche Zuchtwahl, „Kampf ums Dasein“) und der damit erreichten Summierung von kleinen Erbänderungen, die zu schrittweiser Vervollkommenung der Organismen führen; durch Mitschurin und Lyssenko von seinen Fehlern befreit und weiterentwickelt (schöpferischer Darwinismus)

Deferent: Hauptkreis, auf dem der Mittelpunkt des Epizykels voranschreitet

Demos: Gebiet und Staatsvolk eines altgriechischen Stadtstaates

Denaturieren: „Seiner Natur berauben“, ungenießbar machen, zersetzen

Despotismus: Schrankenlos grausame Gewaltherrschaft, Form der unbeschränkten Macht, gekennzeichnet durch Willkürherrschaft und Rechtlosigkeit der Untergebenen

Determinismus: Lehre von dem gesetzmäßigen, unbedingten Zusammenhang aller Ereignisse und Erscheinungen und ihrer kausalen Bedingtheit; leugnet die Willensfreiheit

Devon (von der englischen Grafschaft Devonshire): Geologische Formation des Erdaltertums

Diabas: Basisches Ergußgestein aus Plagioklas und Augit, wurde im Zusammenhang mit der kaledonischen Gebirgsbildung gefördert

Dialektik: Ursprünglich „die Kunst, durch Aufdeckung der Widersprüche in den Urteilen des Gegners und durch Überwindung dieser Widersprüche zur Wahrheit zu gelangen; im Altertum gab es Philosophen, die der Meinung waren, daß die Aufdeckung der Widersprüche im Denken und der Zusammenstoß entgegengesetzter Meinungen das beste Mittel zur

Auffindung der Wahrheit seien; diese dialektische Denkweise, die in der Folge auf die Naturerscheinungen ausgedehnt wurde, verwandelte sich in die dialektische Methode der Naturerkenntnis, die die Naturerscheinungen als in ewiger Bewegung und Veränderung befindlich und die Entwicklung der Natur als Resultat der Entwicklung der Widersprüche der Natur, als Resultat der Wechselwirkung entgegengesetzter Kräfte in der Natur betrachtet“ (Stalin)

Dialektischer Materialismus: Weltanschauung des Marxismus-Leninismus, umfaßt die Wissenschaft von den Gesetzen des Seins und des menschlichen Denkens

Dialektische Methode: Die wissenschaftliche Methode zur Erforschung der Naturerscheinungen und ihrer Erkenntnis

Diffus: Weit, ausgebreitet, zerstreut

Dikotylen: Pflanzen mit Zweikeimblättern

Diluvium (lat. diluvium = Überschwemmung): Geologische Formation, folgt auf das Tertiär; Europa war in dieser Zeit der Schauplatz verschiedener Vereisungen

Dinant: Bezeichnung für das Unterkarbon

„Ding an sich“: Bei Kant das nach seiner Erkenntnistheorie nicht zu erkennende, sondern höchstens zu denkende Wirkliche hinter den Erscheinungen; Ausdruck des Kantschen Agnostizismus

Dogger: Mittlere Abteilung der geologischen Juraformation

Dogma: Lehrsatz, festgelegte starre Lehrmeinung; unbewiesener, unabhängig von Erfahrung und Erkenntnis starr beinhalteter Glaubenssatz

Dolomit: Kohlensaures Kalzium-Magnesium-Gestein; bildet stellenweise ganze Gebirgsstöcke

Drumlins: Moränenhügel von elliptischer Form, unter dem Eis der Eiszeit entstanden

Dyas (griechisch: dias = Zweiteit): Nicht mehr gebräuchliche deutsche Bezeichnung für die Permformation

Echinodermata: Stachelhäuter

Einstein, Albert: Geb. 1879, bedeutender Physiker, stellte 1905 die spezielle, von 1913 an die allgemeine Relativitätstheorie auf; sehr verdient um die Entwicklung der Quantentheorie

Elektron: Elektrisch negativ geladenes Elementarteilchen, wesentlicher Bestandteil jedes Atoms, dessen Schale immer aus Elektronen aufgebaut ist; seine Masse beträgt $0,91 \cdot 10^{-27}$ Gramm

Endogen (griechisch endon = innen, genesis = Entstehung): Aus dem Innern heraus wirkend

Engels, Friedrich: 1820 bis 1895, einer der „Klassiker des Marxismus“, engster Freund und Kampfgefährte von Marx, mit dem er die Theorie des wissenschaftlichen Sozialismus ausarbeitete und die I. Internationale Arbeiterassoziation gründete und leitete; nach dem Tode von Marx 1883 war Engels der „bedeutendste Gelehrte und Lehrer des modernen Proletariats der ganzen zivilisierten Welt“ (Lenin)

Entropie: Eine Zustandsgröße der Stoffe, wie etwa Temperatur und Druck; sie gibt den Grad der Nichtumkehrbarkeit eines physikalischen Prozesses an; alle makroskopischen Vorgänge sind nicht vollständig rückgängig zu machen, sie sind irreversibel

Eozän (griechisch eos = Morgenröte, kainos = neu): Abteilung der Tertiärformation

Eozoikum: Dem Paläozoikum vorausgehendes Erdzeitalter; auch mit Proterozoikum oder Algonkium bezeichnet; in dieses Zeitalter fällt die Entstehung des Lebens

Ephemeriden (griechisch „Tagebücher“): Tabelle von ausgerechneten Orten eines Himmelskörpers

Epidermis: Oberhaut, äußerste Schicht der Haut vielzelliger Tiere und Pflanzen

Epirogenese: Weiträumige Hebungen und Senkungen von Teilen der Erdkruste über lange Zeiträume

Epizykel: Im ptolemäischen Weltbild die von einem Planeten um einen Punkt beschriebene Kreisbahn, der selbst auf einem anderen Kreis, dem Deferenten, forttrückt

Erkenntnistheorie: Wissenschaft vom Wesen, Ursprung, Umfang, der Gültigkeit und den Methoden der menschlichen Erkenntnisse

Erosion (lateinisch erodere = ausnagen): Abtragung der Erdoberfläche durch Wind, Wasser oder Eis

Eruption (lateinisch eruptio = Ausbruch): Ausbruch eines Vulkans

Ethisch: Sittlich

Ethnographie: Beschreibende Wissenschaft von der Produktionsweise und den ihr entsprechenden ideologischen Erscheinungen des gesellschaftlichen Lebens der Völker; Völkerkunde

Etroeungt: Stufe des Oberdevons

Eudoxos von Knidos: 408 bis 355 v. u. Z., griechischer Mathematiker, Verfasser des ältesten Lehrbuches der Stereometrie und Begründer des ersten Planetensystems

Evolution: Fortschreitende quantitative Entwicklung, die an bestimmten Knotenpunkten in qualitative Veränderungen umschlägt; organisches Wachstum

Exkrement: Auswurfstoff, Kot

Exogen (griechisch exo = außen, genesis = Entstehung): Von außen wirkend

Extragalaktisch: Außerhalb der Galaxis liegend

Fatalismus: Glaube, daß alles Geschehen in der Welt durch das Schicksal (Fatum) vorherbestimmt sei, alles menschliche Wollen und Tun sich daher als vergeblich und sinnlos erweise; der Fatalismus leugnet die schöpferische Rolle der Persönlichkeit, der Klassen und politischen Parteien in der Geschichte der menschlichen Gesellschaft

Fauna: Tierwelt

Fazies (lateinisch facies = Antlitz): Erscheinungsform; Gesamtheit der Merkmale gleichaltriger geologischer Schichten bezüglich des Gesteinscharakters und des Fossilgehaltes

Fennosarmatia: Festlandschild, der Skandinavien, Finnland und die Nordgebiete des europäischen Teiles der UdSSR umfaßt

Fessenkow, W. G.: Sowjetischer Astronom, erforschte die diffuse Materie im Sonnensystem und arbeitet an kosmogonischen Theorien

Feudalismus: Die sich aus dem Zerfall der Sklavenhaltergesellschaft entwickelnde zweite Form der Klassengesellschaft mit antagonistischem Charakter, in der sich Feudalherren und Leibeigene als wesentliche Klassen gegenüberstehen

Fibroin: Eiweißstoff des Blutes

Fixsterne: Gestirne, die im Gegensatz zu den Wandelsternen (Planeten) scheinbar ihre gegenseitige Stellung nicht ändern

Flora: Pflanzenwelt

Foraminiferen: Lochschalentierchen, in ein- oder mehrkammerigen Gehäusen lebend, Einzeller (Wurzelfüßer) des Meeres

Formation (lateinisch *formatio* = Bildung): Abschnitt der Erdgeschichte

Fossilien: Reste heute ausgestorbener Pflanzen und Tiere

Fraunhofer, Joseph: 1787 bis 1826, deutscher Physiker, untersuchte Erscheinungen der Interferenz und Spektren von Himmelskörpern

Fruktifikation: Fruchtbildung

Fulda: Deutscher Geologe, hat vor allem an der Erforschung der Salzlagerstätten gearbeitet

Fusulinen: Große Einzeller mit spindelförmiger, gekammerter Kalkschale; gehören zur Ordnung der Foraminiferen

G*alaxis* (*Plural Galaxien*): Milchstraßensystem

Galilei, Galileo: 1564 bis 1642, italienischer Naturforscher, mußte 1633 sein Eintreten für das kopernikanische Weltssystem vor der Inquisition widerrufen, machte mit seinem selbstgebauten Fernrohr viele astronomische Entdeckungen

Galle, Johann Gottfried: 1812 bis 1910, deutscher Astronom, entdeckte 1846 den von Leverrier vorausberechneten Planeten Neptun

Gastropoda: Schnecken

Geantiklinale: Durch großräumige, lang andauernde Hebung der Erdkruste entstehende Erdaufwölbung

Gentilgesellschaft: Die Gesellschaft der klassenlosen Urgesellschaft, die auf der Organisation der Gesellschaft nach Bluts- und Geschlechterverbänden beruht

Geographie: Erdkunde

Geologie (griechisch *ge* = Erde, *logos* = Lehre): Wissenschaft von der Entstehung und dem Bau der Erdkruste

Geophysik: Wissenschaft von den physikalischen Vorgängen im Erdkörper, in der Wasserhülle und in der Lufthülle

Geosynklinale (griechisch *ge* = Erde, *synklinen* = zusammenneigen): Über lange Zeiträume mehr oder weniger kontinuierlich sinkende Zonen der Erdkruste, in denen sich mächtige Sedimente anhäufen; Vorstadium einer Gebirgsbildung

Geozentrisches Weltssystem: Die Auffassung der Antike (Ptolemäer) und des Mittelalters, wonach die Erde im Mittelpunkt der Welt steht und Sonne und Mond sich in Kreisen, die Planeten in Epizykeln um sie herum bewegen

Geschiebe: Gerundete, geschliffene und gekritzte Gesteinsbrocken, die durch das Gletschereis verfrachtet wurden

Gigantisch: Riesenhaft, außerordentlich

Gigantostraken: Ausgestorbene Gruppe großwüchsiger Tiere, die zu den Gliederfüßern gehörten

Gips: Mineral von der Zusammensetzung $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Gladiatoren: Römische Sklaven, die im Zirkus auf Leben und Tod kämpfen mußten

Glazial: Eiszeitlich, zu einem Gletscher oder zur Eiszeit gehörig

Glazialgeologie: Eiszeitgeologie

Gletscher: Langsam fließender Eisstrom in Hochgebirgen oder Polargebieten, entsteht aus Firnschnee

Glimmerschiefer: Schieferiges, aus Quarz und Glimmer bestehendes Gestein

Globigerinen: Zu den Foraminiferen gehörende Lebewesen

Globulen: In kosmischen Dunkelnebeln beobachtete Ballungen, in denen sich die Bildung von Sternen vollziehen soll

Globuline: In der Natur weitverbreitete Eiweißkörper, sie befinden sich z. B. im Ei, in der Milch, im Serum

Glossopterisflora: Für das Gondwanaland charakteristische paläozoische Flora

Glühkathode: Kathode, die durch elektrische Heizung stark erhitzt wird, damit Elektronen emittiert werden

Gneis: Schieferiges Gestein, das aus Feldspaten, Quarz und dunklen Gemengeteilen besteht

Gondwana: Alte, heute zerfallene Landmasse am Ende des Erdaltertums, von Südafrika bis Vorderindien reichend

Goniatiten: Alt-Ammoniten

Gotlandium (nach der Insel Gotland): Obersilur – Abteilung der Silurformation

Granit (lateinisch granum = Korn): Ein in der Tiefe erstarrtes Eruptivgestein, das vor allem Feldspat, Quarz und Glimmer enthält

Granulation: Körnung

Graptolithen: Im Meerwasser schwimmende, hohltierähnliche Wesen der Silurzeit

Gravitation: Eine von Newton entdeckte allgemeine Eigenschaft aller Materie, einander anzuziehen; die Massenanziehungskraft ist um so größer, je größer die Massen der Körper sind und je geringer ihre gegenseitige Entfernung ist

Grünsand: Ablagerung subtropischer Meere, durch Beimengung von Glaukonit grün gefärbt

Gutenberg, Johann: Geb. zwischen 1394 und 1399, gest. 1468, Erfinder des Buchdrucks mit beweglichen Lettern aus Metall (eigentlicher Name: Johannes Gensfleisch)

Gymnospermen: Nacktsamer

Haeckel, Ernst: 1834 bis 1919, deutscher Naturforscher, Zoologe, konsequenter Verfechter des Darwinismus in Deutschland, wichtige Arbeiten zur Ab-

stammungslehre (Biogenetisches Grundgesetz), Vertreter eines entwicklungsgeschichtlichen (aber nicht dialektischen) Materialismus

Hangendes: Über einer geologischen Schicht gelagerte jüngere Schicht; im Bergbau: Schicht über einer Lagerstätte nutzbarer Mineralien

Heliozentrisches Weltbild (kopernikanisches System): Die bereits im Altertum vereinzelt (z. B. von Aristarch) gelehrt, von Kopernikus wieder aufgenommene und begründete Auffassung, nach der die Sonne im Mittelpunkt steht und von der Erde und den anderen Planeten umkreist wird; das heliozentrische System löste das ptolemäische Weltbild ab, das die Erde als Mittelpunkt der Welt ansah und das im gesamten Mittelalter herrschte; damit erhielt das scholastische Weltbild überhaupt den ersten erschütternden Stoß, weshalb die Kirche die kopernikanische Lehre mit allen Mitteln bekämpfte

Heraklit von Ephesos: Um 544 bis 483 v. u. Z., griechischer Philosoph, lehrte, daß die Welt in ewigem Werden und Vergehen begriffen sei („alles fließt“)

Herschel, Wilhelm: 1738 bis 1822, Astronom, entdeckte den Uranus, Uranusmonde, Saturnmonde, Doppelsterne, Nebelflecke und Sternhaufen

Heterotrophe Organismen: Organismen, die organische Substanz zu ihrer Ernährung benötigen

Heuristisches Verfahren: Annahme von Hypothesen, die noch in Frage stehen, zum Zwecke der weiteren Forschung

Hierarchie: Priesterherrschaft

Himmelsmechanik: Teil der theoretischen Astronomie, der die Bewegungen der Himmelskörper auf Grund der allgemeinen Anziehungskraft behandelt

Hipparch: Um 180 bis 125 v. u. Z., Begründer der wissenschaftlichen, auf Beobachtung beruhenden Astronomie

Historisch: Geschichtlich

Humid: Feucht

Hutton, James: 1726 bis 1793, schottischer Geologe, Wegbereiter der modernen Geologie

Huxley, Th. H.: 1825 bis 1895, englischer Zoologe, Anhänger Darwins

Hydrotechnik: Wasserbaukunst

Hypothese: Nicht bewiesene Voraussetzung, die sich aus der Überlegung ergibt und deren Richtigkeit man vorläufig annimmt, um zu einleuchtenden weiterführenden Erklärungen und Schlußfolgerungen zu gelangen; führt eine Hypothese zu Widersprüchen, so ist sie falsch

Ideologie: System von bestimmten Anschauungen, Ideen und Begriffen. Die Weltanschauungen, die Philosophie, die Kunst, die Religion sind Formen der Ideologie

Imitation: Nachahmung, Nachbildung

Imperialismus: „Das höchste und letzte Stadium des Kapitalismus und ... der Vorabend der sozialistischen Revolution des Proletariats“ (Lenin)

Inaktiv: Untätig, im Ruhezustand

Index: Inhaltsverzeichnis, Register, Liste verbotener Bücher

Individuum: Einzelwesen

Inert: Untätig, träg

Infinitesimalrechnung: Zusammenfassende Bezeichnung für Differential- und Integralrechnung

Infusorien: Aufgußtierchen; bewimperte einzellige Tierchen; meist in fauligen Flüssigkeiten vorkommend

Inkarnation: Als religiöse Vorstellung die Verkörperung göttlicher Wesen (Fleischwerdung)

Inlandeis: Eisdecken kontinentalen Ausmaßes, die sich nach den Rändern zu in Gletscher auflösen

Inquisition: Gerichtsorgan der katholischen Kirche gegen religiös Abtrünnige

Insektivoren: Insektenfresser

Institutionen: Gesellschaftliche Einrichtungen

Intensität: Starke Kraftwirkung

Intensivierung: Stärker wirksam machen

Interferenz: Zusammenwirken mehrerer Wellen beim Zusammentreffen in einem Raumpunkt, das sich in einer Verstärkung bzw. Auslöschung äußert

Interglazial (lateinisch inter = zwischen, glacies = Eis): Zwischeneiszeit

Interpretieren: Auslegen, erklären, deuten

Interstellar: Zwischen den Sternen befindlich

Invertebraten: Wirbellose Tiere

Ionen: Elektrisch geladene Atome und Moleküle (Atomgruppen)

Irregulär: Unregelmäßig

Irregulares: Unregelmäßige Seesterne

Irreversibel: Nicht umkehrbar

Isopren: Methylbutadien, ungesättigter Kohlenwasserstoff

Jeans, J.: 1877 bis 1946, englischer Astronom und Mathematiker, stellte eine vor allem von dem sowjetischen Astronomen O. J. Schmidt bestrittene Theorie der Entstehung unseres Planetensystems auf

Jolly, Philipp v.: 1809 bis 1884, Physiker

Jura: Geologische Formation des Erdmittelalters

Kaledonische Gebirgsbildung: Auffaltung eines Gebirges im nordwestlichen Europa (Schottland, Skandinavien) gegen Ende des Silurs, Ausläufer bis Deutschland

Kames: Durch die Eiszeit entstandene Formen der Erdoberfläche

Kambrium (von Cambria, dem keltischen Namen für Wales): Geologische Formation des Erdaltertums

Kanadabalsam: Von kanadischen Tannenarten gewonnenes hellgelbes dickes Harz

Kannibalismus: Menschenfresserei

Känophytikum: Neuzeit der Pflanzenwelt

Kant, Immanuel: 1724 bis 1804, Professor der Philosophie in Königsberg

Kapital: In der kapitalistischen Gesellschaft: Wert, der seinem Besitzer, dem Kapitalisten, durch Ausbeutung von Lohnarbeitern Mehrwert bringt; entsprechend der Rolle, welche die einzelnen Teile des Kapitals im Prozeß der Produktion von Wert und

- Mehrwert spielen, zerfällt es in konstantes und variables Kapital
- Kapitalismus:** Die den Feudalismus ablösende Gesellschaftsordnung, die sich auf das Privateigentum an den Produktionsmitteln und auf die Ausbeutung der Lohnarbeiter stützt; die bewegende Kraft der kapitalistischen Produktion ist das Streben nach Profit, im modernen Kapitalismus nach Maximalprofit
- Karbid:** Verbindungen des Kohlenstoffs mit Metallen
- Karbon** (lateinisch carbo = Kohle): Formation des Erdalters, Hauptzeit der Steinkohlenbildung
- Kartell:** Form der Monopole, Zusammenschluß rechtlich selbständiger Firmen eines Produktionszweiges zur einheitlichen Regelung der Verkaufspreise und Festlegung der Verkaufsplätze jedes Betriebes; Zweck: ganze Industriezweige zu beherrschen, Verkaufspreise und Profit zu erhöhen
- Katalysator:** Beschleuniger (siehe Katalyse)
- Katalyse:** Veränderung (meist Beschleunigung) der Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion, wobei der Wirkstoff (Katalysator) nicht verändert wird
- Kepler, Johannes:** 1571 bis 1630, bedeutender deutscher Astronom, einer der Begründer der modernen Astronomie, stellte die nach ihm benannten drei Gesetze über die Planetenbewegung auf, Erfinder des astronomischen Fernrohres
- Keuper:** Obere Abteilung der germanischen Trias
- Klassen:** „Menschengruppen, die sich voneinander unterscheiden nach ihrer Stellung in einem geschichtlich bestimmten System der gesellschaftlichen Produktion, nach ihrem Verhältnis zu den Produktionsmitteln, nach ihrer Rolle in der gesellschaftlichen Organisation der Arbeit und folglich nach der Art der Erlangung und dem Umfang des Anteils am gesellschaftlichen Reichtum, über den sie verfügen“ (Lenin)
- Koazervat:** Ein kolloidales System, das sich in einem Zustand zwischen kolloidaler Lösung und Ausfällung befindet, aber trotzdem bereits scharf gegen das Lösungsmittel abgegrenzt ist
- Koch, Robert:** 1843 bis 1910, deutscher Arzt und Begründer der Bakteriologie, entdeckte u. a. die Erreger der Cholera und der Tuberkulose, Nobelpreis 1905
- Kohlenkalk:** Fossilreiche, marine Kalke des Unteren Karbons
- Komet:** Schweifstern von sehr geringer Masse; Kometen stoßen bei Annäherung an die Sonne durch deren Lichtdruck Gase aus, die einen von der Sonne weggewendeten Schweif bilden, der länger sein kann als der Abstand Erde-Sonne
- Komplex:** Mehrgliedrig, zusammengesetzt – der Komplex: ein aus mehreren Teilen bestehendes Ganzes
- Komplikation:** Verwicklung, Erschwerung
- Konglomerat** (lateinisch conglomerare = zusammenballen): Gestein aus abgerundeten, mit Ton, Kalk u. a. verkitteten Bruchstücken, allgemein: Mischung
- Kongruenz:** Übereinstimmung, Deckungsgleichheit
- Konkav:** Einwärts gewölbt
- Konkretion:** Unregelmäßige Zusammenballung von Mineralsubstanz, z. B. Feuersteinknollen in der Kreide
- Konservativ:** Den alten Zustand erhaltend
- Konstant:** Beständig, unveränderlich
- Kontraktionstheorie:** Lehre, die die Gebirgsbildungen und Schollenbewegungen der Erde auf Schrumpfen der Gesamterde infolge Abkühlung zurückführt; heute umstritten
- Konzentrität:** Mittelpunktgemeinschaft
- Konzerne:** Form der Monopole, in der die Firmen untereinander durch Kapitalverflechtungen (Aktienanteile) verbunden sind und nur formal juristisch selbständig bleiben
- Kopernikanisches Weltsystem:** Siehe heliozentrisches Weltbild
- Kopernikus, Nikolaus** (auch Mikolai Kopernik): 1473 bis 1543, hervorragender polnischer Astronom und Naturforscher, Begründer des heliozentrischen Weltbildes, im Gegensatz zu dem (damals von der Kirche vertretenen) geozentrischen Weltbild des Ptolemäus
- Korallenriff:** Aus den Skeletten der Korallentiere aufgeführte untermeerische Schwellen in flachen tropischen und subtropischen Meeren
- Korrigieren:** Richtigstellen

Korumpieren: Sittlich verderben, verfälschen, bestechen

Kosmogonie: Lehre von der Entstehung und Entwicklung der Himmelskörper

Kreide (nach der Schreiekreide benannt): Geologische Formation des Erdmittelalters

Krise: In der Ökonomie: periodisch sich wiederholende Ausbrüche der Widersprüche in der kapitalistischen Gesellschaft, um das gestörte Gleichgewicht für den Augenblick wiederherzustellen; wichtigste Kennzeichen: Absatzstockung, Einschränkung der Produktion, Arbeitslosigkeit und Konkurse der kleinen kapital schwachen Betriebe

Kristalline Schiefer: Metamorphe Gesteine; während der Gebirgsbildung bei hohen Temperaturen und Drucken in der Tiefe umgewandelte Eruptiv- und Sedimentgesteine

Kryptogamen: Sporenpflanzen

Kulm: Bezeichnung für das Untere Karbon

Kutikula: Die den Außenhäuten der Blätter und Stengel aufgelagerte Kutinschicht

Lamarck, Jean Baptiste de: 1744 bis 1829, französischer Naturforscher, einer der Begründer der Abstammungslehre; nach seiner Lehre sind die Daseinsbedingungen die treibende Kraft bei der Entwicklung der Lebewesen; veränderte Daseinsbedingungen verändern den Organismus, und dieser vererbt die so erworbenen Eigenschaften weiter

Lamellibranchiata: Muscheln

Latent: Verborgен, versteckt, unbemerkt vorhanden

Latifundien: Durch Eroberung, Pacht und Bauernlegen zustande gekommene riesige Landgüter im alten Rom, die durch Sklaven bearbeitet wurden

Laurentia: Uralter Festlandskern (Kanada und Grönland umfassend)

Laurentischer Schild: Siehe Laurentia

Leeuwenhoek, Anton van: 1632 bis 1723, niederländischer Naturforscher, entdeckte u. a. die Blutkörperchen beim Menschen, die mikroskopische Welt des Wassertropfens, baute Vergrößerungslinsen und Mikroskope

Legende: Sagenhafte, wundersame, unwirkliche Darstellung, Erzählung

Leitfossilien: Versteinerungen heute ausgestorbener Pflanzen und Tiere, die für eine gewisse geologische Periode kennzeichnend sind; sie dienen der Altersbestimmung dieser Schichten

Lemuren: Halbaffen

Leonardo da Vinci: 1452 bis 1519, italienischer Maler, Bildhauer, Baumeister, Mathematiker, Anatom, Forscher, genialster Künstler der Renaissance, von universaler Begabung und rastlosem Erkenntnisstreben

Lepeschinskaja, Olga: Geb. 1871, sowjetische Biologin, widerlegte die Virchowsche Zellulärtheorie durch den Nachweis, daß Zellen nicht nur durch Teilungsvorgänge aus schon vorhandenen hervorgehen, sondern auch aus nicht zellulärer lebender Materie des Körpers entstehen; mehrfache Stalinpreisträgerin

Leverrier, Urban Joseph: 1811 bis 1877, französischer Astronom, berechnete den Planeten Neptun voraus, der 1846 von Galle entdeckt wurde

Lias: Untere Abteilung der geologischen Juraformation

Lichtjahr: Astronomisches Längenmaß; Strecke, die das Licht in einem Jahr zurücklegt = 9,46 Billionen Kilometer

Liegendes: Die Schichten unterhalb einer Lagerstätte nutzbarer Mineralien

Limnisch (griechisch limne = See): Im Süßwasser entstanden

Linné, Karl v.: 1707 bis 1778, schwedischer Botaniker, hervorragender Systematiker

Liquidieren: Gegenseitige Forderungen abrechnen und erledigen, einen gesellschaftlichen Zustand beseitigen (z. B. bestimmter Klassen)

Logistik: Die Logistik behandelt die Logik in mathematisch formelhafter (meist künstlich schematisierender) Weise; Ausdruck formalistischen Wissens

Lop-nor: Versumpfter, süßwasserhaltiger See im chinesischen Ost-Turkestan; wechselt häufig die Lage („Wandernder See“)

Lutetian: Bezeichnung für das Untereozän (Unterabteilung der Tertiärformation); von Lutetia Parisiorum (Paris)

Lydit: Dunkler Kieselstein

Lyell, Charles: Englischer Geologe, 1797 bis 1849, brachte den Grundsatz des Aktualismus, die Erklärungen erdgeschichtlicher Vorgänge durch die heute noch wirksamen Kräfte, zu allgemeiner Anerkennung

Lyssenko, Trofim Denissowitsch: Geb. 1898, sowjetischer Biologe, bedeutendster Vertreter des fortschrittlichen schöpferischen Darwinismus; entwickelte die Theorie der Stadienentwicklung des pflanzlichen Organismus

Mach, Ernst: 1838 bis 1916, Physiker und Philosoph, mit Avenarius Hauptvertreter des Empiriokritizismus, leugnete die objektive Existenz der Atome

Magisch: Zaubhaft

Magma: Das im Schmelzfluß befindliche, stark von Gasen durchsetzte Silikatgestein des Erdinnern, tritt in Vulkangebieten als Lava an die Erdoberfläche

Makrokosmos (griechisch „große Welt“): Das sichtbare Weltganze

Malm: Obere Abteilung der geologischen Juraformation

Malthus, Thomas: 1766 bis 1834, englischer Vulgärökonom, stellte die reaktionäre Theorie (Malthusianismus) auf, daß die Bevölkerung sich viel rascher vermehre als die Nahrungsmittelproduktion, so daß die hungernden werktätigen Massen selbst an ihrem Elend schuld seien; diese Apologie des Elends der Arbeiterklasse wird von den imperialistischen Ideologen heute zu einer Theorie der Menschenvernichtung (Kriegspropaganda, Geburtenkontrolle, Sterilisation) weiterentwickelt (Neo-Malthusianismus)

Malthusianismus: Siehe Malthus

Manufaktur: Betriebsform, in der Waren arbeitsteilig in einem Betrieb, aber vorwiegend mit der Hand hergestellt werden; Produktionsform des Frühkapitalismus

Marin: Dem Meer zugehörig

Marx, Karl: 1818 bis 1883, der größte Sohn des deutschen Volkes, gemeinsam mit Friedrich Engels Be-

gründer des wissenschaftlichen Sozialismus, Führer und Lehrer des Weltproletariats und Organisator der I. Internationale

Massendefekt: Die durch Freisetzung von Energie bei radioaktiven Prozessen auftretende Verminderung der Masse der Atomkerne

Materialismus: Diejenige Grundrichtung in der Philosophie, die im Gegensatz zum Idealismus davon ausgeht, daß das Sein das Primäre und das Bewußtsein (Denken, Idee) das Sekundäre ist; in der Geschichte der Philosophie ist der Materialismus in der Regel die Weltanschauung der vorwärtsdrängenden Gesellschaftsklasse sowie derjenigen, die an der Entwicklung der Wissenschaft und insbesondere der Naturwissenschaft interessiert sind

Materialistische Dialektik: Von Marx und Engels begründete und von Lenin und Stalin weiterentwickelte Wissenschaft von den Gesetzen der Bewegung, Veränderung und Entwicklung der Natur, der menschlichen Gesellschaft und des Denkens; sie ist „die Seele des Marxismus“ (Stalin)

Maximum: Höchstwert

Mazeration: Durch technische Eingriffe erzielte Herauslösung von tierischen oder pflanzlichen Zellen oder Geweben aus ihrem natürlichen Verband (Präparationsmethode)

Mechanischer Materialismus: Eine der Entwicklungsstufen der materialistischen Philosophie, deren Blüte im 17. und 18. Jahrhundert lag; der mechanische Materialismus versucht, metaphysisch alle Erscheinungen der Natur mit Hilfe der Gesetze der Mechanik zu erklären bzw. zu diesen Gesetzen hinzuführen

Medium: Stoff

Melaphyr: Dunkles Ergußgestein, dem Basalt ähnliches Gemenge von Plagioklas, Augit und Olivin

Mergel: Kalkhaltiger Ton

Mesophytikum: Mittelalter der Pflanzenwelt

Metamorphose: Umgestaltung, Verwandlung
In der Geologie: Den Mineralbestand und das Gefüge betreffende Gesteinsumwandlungen

Metaphysik: Ursprünglich der von Aristoteles nach der „Physik“ behandelte Teil seiner Philosophie; idealistische Denkmethode, die im Gegensatz zur

- materialistischen Dialektik die Erscheinungen der Natur nur einzeln, voneinander isoliert und als unveränderlich betrachtet und in ihnen feste, starre, ein für allemal gegebene Gegenstände der Untersuchung sieht
- Metaphysisch*: Übernatürlich, übersinnlich, starr, unveränderlich und isoliert betrachtend und erklärend
- Meteore*: Mit großer Geschwindigkeit aus dem Welt- raum in die Erdatmosphäre eindringende Steine oder Metallkörper, die infolge Luftreibung glühend und damit kurz sichtbar werden; kleinere Meteore nennt man Sternschnuppen
- Milchstraße*: Gürtel unregelmäßiger Begrenzung und Helligkeit rund um das Himmelsgewölbe; das Licht der Milchstraße ist der Schimmer von Millionen schwächster Sterne (lateinisch *Galaxis*)
- Mineralien*: Homogene, jeweils chemisch einheitliche, vorwiegend anorganische, irdische Substanzen, teils auch organische Zersetzungsprodukte wie Kohle und Harze
- Mineralogie*: Wissenschaft von den Eigenschaften, von der Einteilung und den Lagerstätten der Mineralien
- Minette*: Eisenerz; phosphorsäurehaltiger Brauneisen- stein, der in Lothringen und Luxemburg in gewal- tigen Lagern vorkommt
- Miozän* (griechisch *meion* = weniger, *kainos* = neu): Abteilung der Tertiärformation
- Mississippian*: Bezeichnung für das Unterkarbon in Nordamerika
- Mitschurin, I. W.*: 1855 bis 1935, sowjetischer Biologe, züchtete mehr als 300 Obstsorten; seine Erkennt- nisse über die Wechselbeziehungen zwischen Organis- mus und Umwelt und die praktischen Ergebnisse seiner Arbeit sind nicht allein für die Pflanzenzüch- tung, sondern für die gesamte Biologie von grund- legender Bedeutung; er ist der Begründer des so- wjetischen schöpferischen Darwinismus
- Mobilisieren*: Beweglich machen
- Molekül* (Molekel): Kleinstes Teilchen einer chemischen Verbindung, das noch deren chemische Eigenschaf- ten repräsentiert; ein Molekül besteht aus Atomen und läßt sich durch chemische Mittel in diese zer- legen
- Molluscoideen*: Weichtierartige
- Mollusken*: Weichtiere
- Monokotylen*: Pflanzen mit einem Keimblatt
- Monopol*: Alleinbesitz, ausschließliches Recht, aus- schließlicher Besitz; kapitalistische Vereinigung und Verflechtung zur Beherrschung des Marktes und der Produktion; Formen: Kartell, Syndikat, Konzern, Trust
- Monopolkapitalismus*: Siehe Imperialismus
- Monotheismus*: Glaube an einen einzigen Gott
- Moräne*: Schutthanhäufung durch Gletscher
- Morgan, Lewis Henry*: 1818 bis 1881, amerikanischer Ethnologe und Soziologe
- Morphologie*: Formenlehre, Gestaltlehre; in der Geo- graphie: Lehre von den Oberflächenformen der Erde; in der Biologie: Lehre vom Bau und der Ge- stalt der Organismen
- Müller, Johannes* – genannt Regiomontanus: 1436 bis 1476, Mathematiker und Astronom
- Muschelkalk*: Mittlere Abteilung der germanischen Trias
- Mutation*: Von der formalen Genetik geprägter Begriff für eine sprunghaft auftretende Abänderung erb- licher Eigenschaften, die zufällig aus den Einwir- kungen der Umwelt entstehen soll und die einzige Form erblicher Änderung sei
- Mystik*: Abkehr von der Wirklichkeit; auf geheimnis- volle Weise, durch Ekstase, Versenkung oder vor- bereitende asketische Übungen soll Verbindung des Menschen mit der Gottheit erreicht werden, führt oft zu massivem und borniertem Aberglauben
- Mythos*: Göttersage, in bildhaften Vorstellungen (Gei- ster, Götter, Dämonen); überlieferte Kunde eines ursprünglichen „Wissens“ vom Entstehen und von den Zusammenhängen der Welt und von den an- geblichen Schicksalen der Menschen und Götter
- Namur*: Stufe des Oberkarbon
- Neanthropus*: Neumensch, Mensch von gegenwärtigem Aussehen

Newton, Isaac: 1643 bis 1727, englischer Mathematiker und Naturwissenschaftler, einer der größten Naturforscher aller Zeiten, Begründer der klassischen Physik

Nova: In der Astronomie: „Neuer“ Stern, der plötzlich auftaucht, heller wird und dann allmählich wieder verschwindet

Nukleonen: Gemeinsame Bezeichnung für die beiden Kernbausteine der Atome, die Protonen und Neutronen, die man als zwei verschiedene Zustände des Nukleons auffaßt

Nummuliten: Zu den Foraminiferen gehörende Gruppe von Organismen

Objektiv: Gegenständlich, sachlich, tatsächlich, wirklich vorhanden

Olbers, Wilhelm: 1758 bis 1840, Arzt und Astronom, entdeckte u. a. vier Kometen

Olenellus-Schichten: Bezeichnung für das Untere Kambrium; benannt nach einer Gattung der Trilobiten (*Olenellus*), die in dieser Stufe als Leitfossilien auftreten

Olenus-Schichten: Bezeichnung für das Obere Kambrium; (*Olenus* = Gattung der Trilobiten, charakteristisch für diese Stufe)

Oligozän (griechisch *oligos* = wenig, *kainos* = neu): Abteilung der Tertiärformation

Oolith: Gestein, das aus einzelnen Kügelchen besteht, von denen jedes einen konzentrischen Schalenbau aufweist

Oparin, A. J.: Geb. 1894, sowjetischer Biologe, gab als erster unter Berücksichtigung der astronomischen, biochemischen und biologischen Tatsachen eine umfassende materialistische Darstellung der „Entstehung des Lebens auf der Erde“ (1936)

Ordovizium (Untersilur): Epoche der Silurformation

Ornamente: Verzierungen, Schmuck

Orogenese (griechisch *oros* = Berg, *genesis* = Entstehung): Gebirgsbildung

Oszillation: Schwingung

Ostrakoden: Muschelkrebse

Ozonschicht: Anreicherung von Ozon in der Atmosphäre in 25 bis 40 km Höhe, gebildet unter dem Einfluß des ultravioletten Sonnenlichts

Paläanthropus: Altmensch, Neandertaler

Paläobotanik (griechisch *palaaios* = alt): Wissenschaft von den Pflanzen vergangener Erdzeitalter

Paläogeographie (griechisch *palaaios* = alt, *ge* = Erde, *graphein* = schreiben): Wissenschaft, die die Verteilung der Meere und Festländer in den verschiedenen geologischen Formationen zu bestimmen sucht; Geographie der Vorzeit

Paläoklimatologie (griechisch *palaaios* = alt, *klinein* = neigen): Wissenschaft, die das Klima der geologischen Vorzeit zu erforschen sucht

Paläontologie (griechisch *palaaios* = alt, *on* = seiend, *logos* = Lehre): Wissenschaft von Pflanzen und Tieren vergangener Erdzeitalter

Paläozän (griechisch *palaaios* = alt, *kainos* = neu): Abteilung der Tertiärformation

Paläozoikum (griechisch *palaaios* = alt, *zoon* = Lebewesen): Altertum der Erdgeschichte

Paläozoologie: Lehre von den Tieren der Vorzeit

Paracelsus, Theophrastus Bombastus v. Hohenheim: 1493 bis 1541, Arzt, Naturforscher, Philosoph und Theologe, Wegbereiter der neuzeitlichen Medizin, führte chemische Heilmittel ein

Paradoxides-Schichten: Bezeichnung für das Mittlere Kambrium, nach einer Trilobitengattung (Leitfossil)

Paralisch: In der Nähe des Meeres entstanden

Parallaxe: Winkel, unter dem ein Gestirn von zwei verschiedenen Punkten der Erdbahn aus erscheint (Verschiebung des Sternortes infolge der Jahresbewegung der Erde); dient zur Messung der Sternentfernungen

Partikel: Teilchen

Pasteur, Louis: 1822 bis 1895, französischer Naturforscher, widerlegte die zu seiner Zeit herrschende primitive Auffassung von der Urzeugung, lehrte das Keimfreihalten von Nahrungsmitteln

Periodisches System: Anordnung aller chemischen Elemente nach dem Atombau; 1869 zuerst von dem

- russischen Chemiker Mendelejew (und etwa gleichzeitig durch Lothar Meyer) aufgestellt; das System läßt deutlich periodisch wiederkehrende Eigenschaften der Elemente erkennen, die sich in gesetzmäßiger Weise von Glied zu Glied ändern
- Perm* (Dyas): Nach dem ehemaligen Gouvernement Perm, geologische Formation des Altertums
- Personifizierung*: Vermenschlichung
- Persönliches Eigentum*: Eigentum des Werktätigen, das er sich durch persönliche Arbeit erworben hat (keine Produktionsmittel)
- Pessimismus*: Lebensauffassung, die in allem nur das Mangelhafte (Schlechteste) sieht, die Welt und das Leben für sinnlos hält
- Petrefakten* (griechisch *petra* = Fels, lateinisch *factum* = gemacht): Versteinerungen
- Petrographie*: Gesteinskunde; Wissenschaft von der Zusammensetzung, dem Auftreten und der Verbreitung der Gesteine
- Phase*: Abschnitt (einer Entwicklung), Zeitpunkt, Zustand; Erscheinungsform, Entwicklungsstufe
- Philosophie*: Die allgemeine Wissenschaft von der Erkenntnis und vom Handeln; die Grundfrage aller Philosophie ist die Frage nach dem Verhältnis von Sein und Denken, von Materie und Geist (Idee); der Kampf zwischen Materialismus und Idealismus ist die Widerspiegelung der unversöhnlichen Auseinandersetzung zwischen den fortgeschrittenen, aufstrebenden und den reaktionären, untergehenden Kräften in der Gesellschaft; nach marxistischer Auffassung ist die Philosophie die Lehre von den allgemeinen Entwicklungsgesetzen in der Natur, Gesellschaft und des menschlichen Denkens
- Photochemie*: Lehre von den chemischen Wirkungen des Lichts
- Photosphäre* (griechisch *phos* = Licht, *sphaira* = Kugel): Unterste, mehrere 100 Kilometer mächtige Schicht der Sonnenatmosphäre
- Phycodes*: Eigentümliche Gebilde in Sedimenten des Silurs, die als Grabspuren von Würmern gedeutet werden
- Phyletisch*: Stammesgeschichtlich
- Phyllit* (griechisch *phyllon* = Blatt): Nach den Glimmerblättchen benannter seidigglänzender, blättriger kristalliner Schiefer
- Physiologie*: Lehre von der Lebenstätigkeit, den Funktionen des pflanzlichen und tierischen Körpers und seiner Organe
- Pithecanthropus* (griechisch): Affenmensch, aus fossilen Funden aus dem frühen Diluvium bekannt, älteste Menschheitsstufe
- Planck, Max*: 1858 bis 1947, bedeutender deutscher Physiker, begründete 1900 die Quantentheorie durch das Strahlungsgesetz des schwarzen Körpers und sprengte damit die alten Denkformen der klassischen Physik
- Planet*: Himmelskörper (Wandelstern), gleicht der Erde, nicht selbst leuchtend, kreist um die Sonne und wird von ihr erleuchtet
- Plankton*: Die Gesamtheit aller im Wasser schwebenden Tiere und Pflanzen
- Plato*: 427 bis 347 v. u. Z., griechischer Philosoph und Mathematiker, Lehrer des Aristoteles, wurde durch seine Ideenlehre zum Begründer des Idealismus und übte durch seine Schule weitreichenden Einfluß aus; die Wirkung Platos ist auch heute in der idealistischen Philosophie nicht erloschen
- Pläner*: Merglige, weiße bis rötlich gefärbte marine Kalke der Kreideformation
- Pliozän* (griechisch *pleion* = mehr, *kainos* = neu): Abteilung der Tertiärformation
- Polis*: Stadtstaat im alten Griechenland
- Pollenanalyse*: Bestimmung der in den Moorschichten konservierten Blütenstaubarten; ergibt ein Bild der Zusammensetzung ur- und frühgeschichtlicher Wälder nach Baumarten; hieraus lassen sich wertvolle Rückschlüsse auf Vegetationsveränderungen infolge von Klimaschwankungen ziehen
- Polymerisation*: Vereinigung gleichartiger Moleküle zu größeren mit anderen Eigenschaften; als Ergebnis der Reaktion entstehen Polymere
- Polypeptide*: Eiweißstoffe
- Polytheismus*: Vielgötterei
- Populationen*: Bestimmte „Mischung“ von Sterntypen in den Spiralnebeln
- Porphyry* (griechisch *porphyra* = Purpurfarbe): Meist rötliches, chemisch dem Granit entsprechendes Erzeugnis der Rotliegendeszeit
- Position*: Standpunkt

Positivismus: Subjektiv idealistische Richtung in der Philosophie, die sich lediglich auf die Beschreibung der menschlichen Empfindungen und Wahrnehmungen beschränkt und rein theoretische Überlegung ablehnt; der Positivismus führt einerseits zum Agnostizismus und andererseits zum Empirismus

Präkambrium (lateinisch prae = vor): Zusammenfassende Bezeichnung für die Zeitalter vor dem Kambrium

Präzisieren: Genau angeben, einschränken

Primaten: Systemgruppe der Tierwelt, höchste Ordnung der Säugetiere, umfaßt die Halbaffen, Affen und den Menschen

Primitiv: Ursprünglich, einfach, dürftig

Privateigentum: „Privateigentum, als Gegensatz zum gesellschaftlichen, kollektiven Eigentum, besteht nur da, wo die Arbeitsmittel und die äußeren Bedingungen der Arbeit Privatleuten gehören“ (Marx); Privateigentum an Produktionsmitteln ist die Hauptquelle der kapitalistischen Ausbeutung; in der sozialistischen Gesellschaft ist das Privateigentum an Produktionsmitteln aufgehoben

Produktion: Herstellung materieller Güter; umfaßt die Produktivkräfte der Gesellschaft sowie auch die Produktionsverhältnisse

Produktionsinstrumente: Werkzeuge und Maschinen, mit deren Hilfe materielle Güter erzeugt werden

Produktionsmittel: Arbeitsgegenstände, Arbeitsmittel, wie Grund und Boden, Bodenschätze, Rohstoffe, Produktionsinstrumente, Fabriken u. a.

Produktivkräfte: Die Produktivkräfte der Gesellschaft umfassen die „Produktionsinstrumente, mit deren Hilfe materielle Güter produziert werden, Menschen, die diese Produktionsinstrumente in Bewegung setzen und die Produktion der materiellen Güter dank einer gewissen Produktionserfahrung und Arbeitsfertigkeit bewerkstelligen“ (Stalin)

Profit: In der politischen Ökonomie des Kapitalismus der durch die Ausbeutung des Menschen von der kapitalistischen Klasse erzielte Mehrwert

Progression: Fortschreiten

Prometheus (griechische Sagengestalt), der der Sage nach die Menschen aus Ton formte und sie mit Feuer, das er aus dem Himmel stahl, belebte, wurde dafür von Jupiter an den Kaukasus geschmiedet, wo

ihm ein Adler täglich die Leber zerfleischte; durch Herakles befreit

Propagieren: Schriftliche und mündliche Verbreitung und Erklärung von Ideen, Lehren, Anschauungen, politischen Theorien; eine mächtige Waffe des Klassenkampfes

Prophetisch: Weissagend, voraussehend

Proterozoikum: Andere Bezeichnung für Archäo- bzw. Eozoikum

Protisten: Niedere Tiere und Pflanzen

Protozoa: Einzeller

Protuberanzen: Aus der Chromosphäre der Sonne bis zu 1 Million Kilometer Höhe austretende Lichterscheinung, durch Gasmassen verursacht

Psychologie: Wissenschaft von der Seele und den seelischen Vorgängen

Ptolemäisches Weltsystem: Siehe geozentrisches Weltsystem

Ptolemäus, Claudius: Etwa 87 bis 165 u. Z., griechischer Astronom und Mathematiker aus Ägypten, Begründer des geozentrischen Weltbildes

Pythagoras von Samos: Um 580 bis 507 v. u. Z., bedeutender griechischer Philosoph und Mathematiker; seine Grundthese, daß die Zahl das Urprinzip aller Dinge sei, erwuchs aus seiner Zahlenmystik und führte zu einer Kosmologie, in der Maß und Harmonie oberstes Gesetz sind

Qualität: Beschaffenheit, Eigenschaft von Dingen und Erscheinungen im Unterschied zu ihrer bloßen Größe und Menge; Güte einer Sache

Quantentheorie: Physikalische Theorie, begründet durch Max Planck um 1900, zur Erklärung der Gesetze der Licht- und Wärmestrahlung; nach der Quantentheorie gibt es auch für die Energie wie für die Materie und Elektrizität kleinste Teile (Quanten); bei Ausstrahlung (Aufnahme) von Energie wird diese nur in Vielfachen des (sehr kleinen) elementaren Wirkungsquantums abgegeben (aufgenommen), dessen Größe eine grundlegende Naturkonstante ist

Quantität: Menge, Größe

Quartär (lateinisch quartus = der vierte): Geologische Formation der Neuzeit

Quenstedt, F. A.: Süddeutscher Geologe

Radioaktivität: Die Eigenschaft gewisser chemischer Elemente, ohne äußere Beeinflussung dauernd Energie in Form von Strahlung auszusenden

Radioastronomie: Jüngster Zweig der Astronomie, befaßt sich mit einer aus dem Weltall auf die Erde gelangenden Radiostrahlung

Radiolarien: Strahlentierchen. Wurzelfüßer des Meeres, deren zierliche Innenskelette (Kieselsäure) nach dem Absterben der Tiere mächtige rötliche Tiefseeablagerungen bilden

Rational: Vernunftgemäß

Reduktion: Zurückführung, Einschränkung

Region: Gegend, Bereich

Regression: Zurückweichen des Meeres

Relativitätstheorie: Von Albert Einstein begründete physikalische Theorie, brachte umwälzende Vorstellungen in die moderne Physik

Renaissance: Französisch „Wiedergeburt“, gesellschaftliche, politische und kulturelle Bewegung des erstarkenden Bürgertums, die im 14. Jahrhundert in Italien entstand und bis ins 16. Jahrhundert dauerte; im Gegensatz zu der finsternen Weltanschauung der katholischen Kirche, der engen scholastischen Wissenschaft des Mittelalters brachte sie eine lebensbejahende Lebensanschauung, schuf bemerkenswerte Beispiele realistischer Kunst und zeichnete sich durch große Entdeckungen und Erfindungen aus

Respiratorisches Gewebe: Zur Atmung dienendes Gewebe

Revolution: Umwälzung, sprunghafte qualitative Veränderung in Natur und Gesellschaft

Rhät: Bezeichnung für den Oberen Keuper

Rhizopoda: Wurzelfüßer

Röt: Bezeichnung für den Oberen Buntsandstein in Deutschland

Rotation: Umdrehung um eine Achse, kreisförmige Bewegung

Rotliegendes: Abteilung der geologischen Permformation

Sander: In der Eiszeit entstandene, durch Schmelzwasser abgelagerte Schotterflächen

Schiefer: In dünne Platten spaltbares Gestein

Scholle: Teil der Erdkruste, von tektonischen Linien (Brüchen, Verwerfungen) begrenzt

Schmidt, O. J.: Sowjetischer Geologe, stellte eine neue, die Wissenschaft fördernde Meteoritentheorie über die Entstehung des Planetensystems auf

Sediment (lateinisch sedimentum = das Sichsetzen): Absatzgestein, Schichtgestein; meist am Meeresboden entstanden

Sensitiv: Sehr empfindlich, überreizt

Septarien: Die in gewissen Tonen enthaltenen großen, oft brotlaibförmigen Knollen aus tonigem Kalkstein

Septen: Scheidewände

Sessil: An einen Ort gebunden

Sial: Äußere Rindenschale der Erde (etwa 16 Kilometer mächtig) aus sauren silikatischen, granitartigen Gesteinen

Silur: Geologische Formation des Erdaltertums; nach den Silurern, einem englischen Volksstamm, benannt

Sima: Tiefere Erdkruste unter dem Sial; vorwiegend Gesteine, die aus Silizium und Magnesium bestehen

Sklaverei: Gesellschaftsordnung, in der die Grundlage der Produktionsverhältnisse das Eigentum des Sklavenhalters an den Produktionsmitteln, aber auch an dem Produzenten, dem Sklaven, ist

Sonnenkorona: Glühende Gas- bzw. Staubhülle der Sonne von geringer Helligkeit

Sophismus: Scheinbeweis, Wortverdreherei, Spitzfindigkeit (Plural: Sophismen)

Spektroheliograph: Gerät, das zum Photographieren des von der Sonne ausgesandten Spektrums dient

Spektroheliographie: Erforschung der Sonne mit Hilfe der Spektralanalyse

Spektrum: Spektralfarben enthaltender Streifen, der bei Zerlegung des Lichts durch ein dreiseitiges Prisma entsteht

Spekulation: Erforschung, Berechnung

Spermatozoen: Männliche Samenzellen

Sphäre: Griechisch Kugel, auch im Sinne von Kugelschale gebraucht

Sphärosiderit: Mineral; kugelförmige Aggregate von Spateisenstein (FeCO_3)

Spiegelteleskop: Astronomisches Fernrohr, das als Objektiv einen Hohlspiegel besitzt

Spongien: Schwämme

Staat: Das Produkt der Klassengegensätze der Gesellschaft und das Machtinstrument der jeweils herrschenden Klasse zur Unterdrückung der beherrschten Klasse

Stagnieren: Stillstehen, stocken

Stefan: Stufe des Oberkarbons

Steinsalz: Weißes, leicht lösliches Salzmineral; NaCl ; Kochsalz

Sterilisieren: Keimfrei machen, unfruchtbar machen

Stoffwechsel: Gesamtheit aller Vorgänge, die mit Verbrauch, Ersatz, Speicherung und Ausscheidung von Stoffen im pflanzlichen und tierischen Organismus zusammenhängen

Stratigraphie: Schichtenbeschreibung, Teilgebiet der Geologie (Schichtenfolge)

Stratosphäre (griechisch *sphaira* = Kugel): Obere Zone der Atmosphäre, etwa ab 10 Kilometer bis 65 Kilometer Höhe

Subepidermal: Unter der Oberhaut liegend

Sudetische Phase: Abschnitt der mittelvariscischen Gebirgsfaltung in Europa

Sulfidisch: Mit Schwefel verbunden

Symbiose: Zusammenleben von Organismen mit wechselseitigem Nutzen

Symmetrie: Ebenmaß, Zerlegbarkeit eines Körpers in spiegelbildlich gleiche Hälften

Syndikat: Im Monopolkapitalismus: Kartell mit gemeinsamer Verkaufsorganisation

Tektonik (griechisch *tektonike* = Baukunst): Lehre vom Bau und von den Bewegungen der Erdrinde

Teleskop: Fernrohr

Tendenz: Neigung, Absicht, Entwicklungsrichtung einer Erscheinung

Tertiär (lateinisch *tertius* = der dritte): Geologische Formation der Erdneuzeit, in der sich große Braunkohlenlager und Gebirge bildeten

Tethys (griechisch *Tetys*, Gemahlin des Okeanos): Ein vom Paläozoikum bis zum Tertiär vorhandenes Meer, das sich von Spanien bis Sumatra erstreckte

Thales von Milet: 624 bis 548 v. u. Z., erster griechischer Naturphilosoph, Mathematiker und Astronom, Gründer einer Philosophenschule und einer der sieben Weisen Griechenlands

Thallophyten: Lagerpflanzen

Thermodynamik: Teil der Wärmelehre, der sich mit der Umwandlung der Wärme in eine andere Energieform oder umgekehrt und den damit zusammenhängenden Zustandsänderungen beschäftigt

Tierkreislicht (Zodiakallicht): Kegelförmige nächtliche Lichterscheinung, die vom Horizont in Richtung des Tierkreises strahlt; in unseren Breiten im Frühjahr und Herbst in dunklen Nächten auftretend, entsteht vermutlich durch Zerstreuung des Sonnenlichts an kosmischen Staubwolken

Tillit: Verfestigte Moränen aus der Permvereisung

Ton: Bodenart, wasserhaltiges Tonerdesilikat

Topographie (griechisch *topos* = Stelle, Ort; *graphein* = schreiben): Ortsbeschreibung, kartographische Aufnahme

Tournai: Stufe des Unterkarbons

Transgression: Meeresüberflutung

Trasse: Im Gelände abgesteckte Linie

Trias: Ältester Abschnitt des Erdmittelalters

Trilobiten: Dreilapptiere, ausgestorbene Gliedertiere des Meeres

Troposphäre (griechisch *tropos* = Wendung, *sphaira* = Kugel): Untere Schicht der Atmosphäre (bis etwa 12 Kilometer), in der sich das Wettergeschehen abspielt

Trust: Zusammenschluß mehrerer kapitalistischer Unternehmen unter Aufgabe ihrer gesellschaftlichen und rechtlichen Selbständigkeit zu einem Großunternehmen mit gemeinsamem Vorstands- und Aufsichtsrat; höchstentwickelte Form der Monopole

Tuff: 1. Verfestigte vulkanische Asche; 2. Absätze kalkhaltiger Gewässer (Kalktuff)

Turbulenz: Zustand der ungeordneten verwickelten Strömung in der Atmosphäre

Überbau: „Der Überbau – das sind die politischen, juristischen, religiösen, künstlerischen, philosophischen Anschauungen der Gesellschaft und die ihnen entsprechenden politischen, juristischen und anderen Institutionen“ (Stalin)

Ubiquitär: Überall vorkommend

Ultraviolett: Unsichtbarer, sich an das Violett des Spektrums anschließender Strahlungsbereich elektromagnetischer Wellen; das Sonnenlicht ist sehr reich an solchen Strahlen, die aber von der Atmosphäre sehr stark absorbiert werden. Im Hochgebirge ist diese Strahlung daher stärker

Urstromtäler: Vor längeren Stillstandslagen des eiszeitlichen Inlandeises in Norddeutschland durch die Schmelzwässer ausgebildete ostwestlich gerichtete breite Talformen

Valenzen: Siehe Wertigkeit

Variieren: Verändern, abweichen

Variscische Gebirgsbildung: Von Ende Devon bis Ende Rotliegendes verlaufende Auffaltung von Gebirgen; Reste in den deutschen Mittelgebirgen

Vegetation: Die Gesamtheit der Pflanzenwelt eines bestimmten Gebietes; auch Pflanzenwachstum im allgemeinen

Vegetativ: Zur Vegetation gehörend, pflanzlich

Vertebraten: Wirbeltiere

Visé: Stufe des Unterkarbons

Vitalismus: Idealistische philosophische Lehre, die behauptet, daß in den lebenden Organismen eine übernatürliche, nicht materielle „Lebenskraft“ (Entelechie) wirke

Vulkanismus: Alle Vorgänge, die sich auf das Empordringen gasförmiger, flüssiger und fester Stoffe (vulkanischer Gesteine) an die Erdoberfläche beziehen

Walther von der Vogelweide: Um 1160 bis 1227, bedeutender mittelhochdeutscher Lyriker

Wealden: Stufe der Unteren Kreide

Wegener, Alfred: 1880 bis 1930 (gest. auf dem Inlandeis Grönlands), deutscher Geophysiker und Meteorologe; erforschte auf vier Expeditionen Grönland; 1915 veröffentlichte er seine aufsehenerregende Theorie der Kontinentalverschiebung

Weismann, August: 1834 bis 1914, Zoologe, Begründer der idealistischen Keimplasmatheorie als Grundlage der formalen Genetik

Wertigkeit: Fähigkeit der Atome eines Elementes, sich jeweils nur mit einer bestimmten Anzahl anderer Atome chemisch zu verbinden

Westfal: Stufe des Oberkarbons

Wöhler, Friedrich: 1800 bis 1882, deutscher Chemiker, stellte 1828 als erster organische Stoffe (Harnstoff) aus anorganischen her und beseitigte damit die Kluft zwischen der anorganischen und organischen Welt; er entdeckte Beryllium, Aluminium u. a.

Xenophanes von Kolophon: Um 560 bis 470 v. u. Z., griechischer Philosoph, Begründer der Eleatischen Schule

Ypresian: Bezeichnung für das Untereozän (nach Ypern in Westflandern)

Zechstein: Abteilung der Permformation

Zunft: Zusammenschluß, Fachverband von Handwerkern

Zyklisch: Kreisförmig

Zyklus (griechisch *kyklos* = Kreis, Kreislauf): Kreis, Folge, Reihe

LITERATURHINWEISE

I. ALLGEMEINE LITERATUR

- Friedrich Engels* „Dialektik der Natur“, Dietz Verlag, Berlin 1952
Friedrich Engels „Herrn Eugen Dührings Umwälzung der Wissenschaft“, Dietz Verlag, Berlin 1953
Walter Hollitscher „Die Entwicklung im Universum“, Aufbau-Verlag, Berlin 1950
„... wissenschaftlich betrachtet“, Aufbau-Verlag, Berlin 1949
W. I. Lenin „Materialismus und Empirio-kritizismus“, Dietz Verlag, Berlin 1952
W. I. Lenin „Aus dem philosophischen Nachlaß“, Dietz Verlag, Berlin 1949
M. M. Rosental „Die marxistische dialektische Methode“, Dietz Verlag, Berlin 1953
J. W. Stalin „Über dialektischen und historischen Materialismus“ in „Geschichte der KPdSU (B), Kurzer Lehrgang“, Dietz Verlag 1952, Seite 131-166
J. W. Stalin „Anarchismus oder Sozialismus“, in: Werke, Band I, Seite 257-287, Dietz Verlag, Berlin 1950
„Natur und Mensch“, Sammelwerk, Verlag Neues Leben, Berlin 1949

II. DIE ENTWICKLUNG DES WELTALLS UND DER ERDE

- Serge v. Bubnoff* „Einführung in die Erdgeschichte“, I. und II. Teil, Mitteldeutsche Druckerei und Verlagsanstalt, Halle (Saale) 1949
A. E. Fersman „Unterhaltsame Geochemie“, Verlag Neues Leben, Berlin 1953
G. A. Gurjew „Was ist das Weltall?“, Globus-Verlag, Wien 1947
Herbert Hardt „Schätze im norddeutschen Sand“, Aufbau-Verlag, Berlin 1953
H. Särchinger „Geologie und Gesteinskunde“, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1951
Gerhard Schmidt „Wunder der Steine“, Jugendbuchverlag Ernst Wunderlich, Leipzig 1952
M. F. Subbotin „So wurde die Erde“, Globus-Verlag, Wien 1952
Diedrich Wattenberg „Die Welt der Planeten“, Aufbau-Verlag, Berlin 1953

III. DIE ENTSTEHUNG UND ENTWICKLUNG DES LEBENS AUF DER ERDE

- Charles Darwin* „Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl“, Leipzig 1949
W. Gothan „Die Folge der Pflanzengruppen im Laufe der geologischen Erdperioden“, in „Wissenschaftliche Annalen“, 2. Jahrgang Heft 3/1953, Akademie-Verlag, Berlin
W. Gothan und H. Weyland „Lehrbuch der Paläobotanik“, erscheint in Kürze, Akademie-Verlag, Berlin

- A. Kauffeldt* „Darwin und die Entwicklung der modernen Biologie“, Aufbau-Verlag, Berlin 1952
- B. A. Keller* „Wie das Leben entstanden ist“, Globus-Verlag, Wien 1947
- O. B. Lepeschinskaja* „Die Entstehung von Zellen aus lebender Materie und die Rolle der lebenden Materie im Organismus“, Verlag Kultur und Fortschritt, Berlin 1952
- T. D. Lyssenko* „Die Situation in der biologischen Wissenschaft“, Verlag Kultur und Fortschritt, Berlin 1951
- A. J. Oparin* „Die Entstehung des Lebens auf der Erde“, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1947
- Georg Schneider* „Die Evolutionstheorie, das Grundproblem der modernen Biologie“, Deutscher Bauernverlag, Berlin 1951
- „Das natürliche System der Organismen“ mit Beiträgen von W. Rothmaler und H. E. Gruner in „Biologie in der Schule“, 1. Jahrgang, 1952, Heft 11/12, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin

IV. DIE MENSCHWERDUNG UND DIE ENTWICKLUNG DER MENSCHLICHEN GESELLSCHAFT

- W. D. Awdijew* „Geschichte des Alten Orients“ (aus dem Russischen), Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1953
- Gordon Childe* „Eine Geschichte der Werkzeuge“, Globus-Verlag, Wien 1948
- Gordon Childe* „Triebkräfte des Geschehens“, Globus-Verlag, Wien 1952
- Charles Darwin* „Die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl“, Stuttgart 1890
- Friedrich Engels* „Der Anteil der Arbeit an der Menschwerdung des Affen“, Dietz Verlag, Berlin 1950
- Friedrich Engels* „Der Ursprung der Familie, des Privateigentums und des Staates“, Dietz Verlag, Berlin 1951
- Friedrich Engels* „Zur Geschichte und Sprache der deutschen Frühzeit“, Dietz Verlag, Berlin 1952
- M. A. Gremjatzki* „So wurde der Mensch“, Globus-Verlag, Wien 1952
- M. Iljin* „Wie der Mensch zum Riesen wurde“, Verlag Volk und Welt, Berlin 1949
- M. Iljin* „Besiegte Natur“, Verlag Volk und Welt, Berlin 1951
- M. Iljin* „Die Umgestaltung unseres Planeten“, Verlag Volk und Welt, Berlin 1952
- A. W. Jefimow* „Geschichte der Neuzeit“, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1952
- E. A. Kosminski* „Geschichte des Mittelalters“, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1951
- Jürgen Kuczynski* „Allgemeine Wirtschaftsgeschichte“, Dietz Verlag, Berlin 1951
- W. I. Lenin* „Staat und Revolution“, Dietz Verlag, Berlin 1951
- Karl Marx* „Das Kapital“, Dietz Verlag, Berlin 1947
- Marx/Engels* „Manifest der Kommunistischen Partei“, Dietz Verlag, Berlin 1953
- Marx/Engels/
Lenin/Stalin* „Zur deutschen Geschichte“, Dietz Verlag, Berlin 1953
- N. A. Maschkin* „Römische Geschichte“, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1953

- A. W. Mischulin* „Geschichte des Altertums“, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1951
- A. W. Mischulin* „Spartakus“, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1953
- Semjonow* „Geschichte des Mittelalters“, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1952
- J. W. Stalin* „Der Marxismus und die Fragen der Sprachwissenschaft“, Dietz Verlag, Berlin 1951
- J. W. Stalin* „Marxismus und nationale Frage“, in: Werke, Band II, Dietz Verlag, Berlin 1950
- J. W. Stalin* „Ökonomische Probleme des Sozialismus in der UdSSR“, Dietz Verlag, Berlin 1953
- J. W. Stalin* „Geschichte der KPdSU (B), Kurzer Lehrgang“, Dietz Verlag, Berlin 1952

QUELLENNACHWEIS DER ABBILDUNGEN

Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf die Abbildungen in den Beiträgen

UNSERE ERDE UND DAS WELTALL

Ausstellung der Tschechoslowakischen Republik* (1 7 8 10 11 27 28 58 59)

Verfasser (2-6 9 12-26 29-57)

WIE SICH UNSERE ERDE SEIT IHRER ENTSTEHUNG ENTWICKELT HAT

Ausstellung der Tschechoslowakischen Republik (4)

S. v. Bubnoff, „Einführung in die Erdgeschichte“. Verlag Gebrüder Borntraeger, Berlin-Zehlendorf 1941 (2)

B. von Freyberg, „Thüringen“. Hohenlohesche Buchhandlung Ferdinand Rau, Öhringen 1937 (5 7 8 10 12-14 18)

K. Hücke, „Zeitschrift für Geschiebeforschung“ (3 16 21 23)

K. Leuchs, „Geologie von Bayern“. Verlag Gebrüder Borntraeger, Berlin 1927 (15)

H. Särchinger, „Geologie und Gesteinskunde“. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1951 (6 9 20)

Wahnschaffe-Schucht, „Geologische Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes“. Verlag Engelhorn, Stuttgart 1921 (22 24 25)

Deutsche Akademie der Wissenschaften, Arbeitsstelle für Paläobotanik und Kohlenkunde (19)

Karger-Decker (1)

Verlagsarchiv (17 26)

Zentralbild (11)

KARTEN:

Nach S. v. Bubnoff und Schmidt für die vorliegende Ausgabe bearbeitet (1-6 8 10-18)

H. Särchinger, „Geologie und Gesteinskunde“. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1951 (7 9 19)

WIE DAS LEBEN AUF DER ERDE ENTSTAND

Boas, „Lehrbuch der Zoologie“. Gustav Fischer Verlag, Jena 1922 (1)

* Sämtliche Reproduktionen aus der Ausstellung wurden von Max Ittenbach, Berlin, aufgenommen.

O. B. Lepeschinskaja, „Die Entstehung von Zellen aus lebender Materie und die Rolle der lebenden Materie im Organismus“. Verlag Kultur und Fortschritt, Berlin 1952 (13 14)

A. J. Oparin, „Die Entstehung des Lebens auf der Erde“. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1949 (3-6 10 11 15 17a und b 19)

R. J. Petri, „Das Mikroskop“. Verlag R. Schoetz, Berlin 1896 (7 8)

Schußnig, „Handbuch der Protophytenkunde“, Band I. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1953 (9a)

Wolff und Krause, „Die wirbellosen Tiere“. Gustav Fischer Verlag, Jena 1930 (9b-9h)

„Handbuch der Naturwissenschaften“, Band IV, IX und X. Gustav Fischer Verlag, Jena 1934/1935 (2 12 16)

Bauernbild (20 21)

Karger-Decker (18)

Verfasser (17c)

WOHER DIE PFLANZEN KOMMEN

Ausstellung der Tschechoslowakischen Republik (Großbilder A, B und C)

Verfasser (1-38)

WOHER DIE TIERE KOMMEN

Ausstellung der Tschechoslowakischen Republik (81)

Fachliteratur (1-80 82-96)

WAS WIR VON DER ENTSTEHUNG DES MENSCHEN WISSEN

Ausstellung der Tschechoslowakischen Republik (1 4-6 11 bis 15)

G. Heberer, „Die Evolution der Organismen“. Gustav Fischer Verlag, Jena 1943 (3 7)

R. Broom und J. T. Robinson, „Swartkrans Ape-Man Paranthropus crassidens“, Pretoria 1952 (9 10)

Landesmuseum für Vorgeschichte, Halle (2 8)

Verlagsarchiv (18)

WIE DER MENSCH DEN KAMPF UM DIE BEHERRSCHUNG DER NATUR BEGANN

Ausstellung der Tschechoslowakischen Republik (2 3 6)
Museum für Deutsche Geschichte, Berlin (8 16 21 25 29)
Landesmuseum für Vorgeschichte, Halle (1 5a und b 15 24
bis 26 35)
Museum für Polnische Archäologie, Warschau (30)
J. G. D. Clark, „Prehistoric Europe“. Methuen & Co Ltd.,
London 1952 (11)
G. Heberer, „Die Evolution der Organismen“. Gustav Fischer
Verlag, Jena 1943 (4)
H. Kühn, „Die vorgeschichtliche Kunst Deutschlands“. Pro-
pylän-Verlag, Berlin 1935 (12-14 23 27 28 32-34)
T. S. Passek, in: „Auf den Spuren alter Kulturen“. (По сле-
дам древних культур) Staatsverlag für kulturelle und auf-
klärende Literatur 1951 (Государственное издательство
культурно-просветительной литературы) (17)
H. Reinerth, „Das Federseemoor als Siedlungsland des Vor-
zeitmenschen“. Verlag Curt Kabitsch, Leipzig 1936 (9)
W. Schulz, „Vor- und Frühgeschichte Mitteldeutschlands“.
Carl Marhold, Verlagsbuchhandlung, Halle 1939 (5c 10)
E. Sprockhoff, „31. Bericht der Römisch-Germanischen Kom-
mission“. Walter de Gruyter & Co., Berlin 1941 (22)
Aus älteren Publikationen (7 18 20 31)

WIE DIE MENSCHLICHE GESELLSCHAFT SICH IN KLASSEN SPALTETE UND DER STAAT ENTSTAND

Fratelli Alinari, Florenz (33 36)
Awdijew, „Geschichte des Orients“. Volk und Wissen Volks-
eigener Verlag, Berlin 1953 (6 24)
„Helmoltz Weltgeschichte“, Band II und III. Bibliographisches
Institut Leipzig und Wien 1913/1914 (16 19)
Lama, „Altorientalische Kultur im Bild“, Leipzig (17)
„Lehrbuch für den Geschichtsunterricht“, 5. und 9. Schuljahr.
Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1952 und 1953
(2 3 7 14 18 20 22 25-27 29-31 38)
Maier-Schirmeyer, „Geschichte“, Oberstufe. I. Band. Die-
sterweg-Verlag, Frankfurt (Main) 1952 (35)
N. A. Maschkin, „Römische Geschichte“, Volk und Wissen
Volkseigener Verlag, Berlin 1953 (32 37)
A. W. Mischulin, „Geschichte des Altertums“. Volk und
Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1949 (9)
A. W. Mischulin, „Spartakus“. Volk und Wissen Volkseigener
Verlag, Berlin 1952 (4)
Photoglob Wehrli AG., Zürich (34)

J. v. Pflugk-Hartung, „Weltgeschichte, Orient“. Ullstein-
Verlag, Berlin 1910 (11 12 15)
J. v. Pflugk-Hartung, „Weltgeschichte, Altertum“. Ullstein-
Verlag, Berlin 1909 (5 8 10 13)
„Propyläen-Weltgeschichte“, Band I. Ullstein-Verlag, Berlin
1931 (23)
Steudel, „Geschichte der Griechen und Römer“ (1 21 28)

BAUER, BÜRGER, EDELMANN

Deutsche Akademie der Künste (26)
Museum für Deutsche Geschichte, Photothek (1-5 7-10 12-15
17-25 28-32)
Nachzeichnungen von Karten aus dem Museum für Deutsche
Geschichte (4 10 16 27)

DIE LETZTE KLASSENGESELLSCHAFT

Ausstellung der Tschechoslowakischen Republik (2 5 16)
Mit Genehmigung der Erben Menzels durch Charlotte Koch-
Wessels, Coesfeld/Westf. (14)
Sammelmappe „Von der Marktgenossenschaft zur LPG“
(1 10)
Sammelmappe „Johann Sebastian Bach“ (8)
Verlagsarchiv (4 6 7 11 15)
Volk und Wissen Volkseigener Verlag (3 9 12 13 17 19)
Zentralbild (18)

DER SOZIALISMUS UND KOMMUNISMUS – DIE EPOCHE DER REVOLUTIONÄREN UM- GESTALTUNG VON NATUR UND GESELLSCHAFT

Ausstellung der Tschechoslowakischen Republik (3 8 12 13 16
18 19 23)
Zentralbild (1 2 6 10 11 14 15 17 20-22)
Zentralhaus der Gesellschaft für Deutsch-Sowjetische Freund-
schaft (4 5 7 9)

FARBIGE REPRODUKTIONEN

Zdeněk Burian, Farbtafeln I–XII XIV
Fernand Windels, Lascaux. Montignac-sur-vézère, Farbtafel
XIII
Museum für Deutsche Geschichte, Farbtafeln XV und XVI
Verlag Kultur und Fortschritt, Farbtafel XVII

INHALT

Geleitworte von Walter Ulbricht und Erich Honecker

<i>Die Einheitlichkeit von Natur und Gesellschaft.</i> Prof. Dr. Robert Havemann	7
<i>Unsere Erde und das Weltall.</i> Diedrich Wattenberg	19
<i>Wie sich unsere Erde seit ihrer Entstehung entwickelt hat.</i> Walter Rettschlag	77
<i>Wie das Leben auf der Erde entstand.</i> Prof. Dr. Jacob Segal	125
<i>Woher die Pflanzen kommen.</i> Prof. Dr. Walther Gothan	153
<i>Woher die Tiere kommen.</i> Dr. Winfried Remy	197
<i>Was wir von der Entstehung des Menschen wissen.</i> Wolfgang Padberg	241
<i>Wie der Mensch den Kampf um die Beherrschung der Natur begann. (Die Urgesellschaft)</i> Dr. Gisela Buschendorf	253
<i>Wie die menschliche Gesellschaft sich in Klassen spaltete und der Staat entstand.</i> <i>(Die Sklavenhaltergesellschaft.)</i> R. F. Schmiedt / Dr. F. Weitendorf	275
<i>Bauer, Bürger, Edelmann. (Der Feudalismus.)</i> Erik Hühns	307
<i>Die letzte Klassengesellschaft. (Der Kapitalismus.)</i> Jürgen Kuczynski	321
<i>Der Sozialismus und Kommunismus – die Epoche der revolutionären</i> <i>Umgestaltung von Natur und Gesellschaft.</i> Ludwig Einicke	343
<i>Quellennachweis</i>	369
<i>Namenverzeichnis</i>	370
<i>Sachverzeichnis</i>	372
<i>Erklärung der wichtigsten Fachausdrücke, Fremdwörter und Namen</i>	381
<i>Literaturhinweise</i>	399
<i>Quellennachweis der Abbildungen</i>	402

TABELLE I

*Tabelle der geologischen Formationen. Sie ist zeitlich geordnet.
Die jüngsten Formationen stehen oben, die ältesten unten.
Die Tabelle ist auf mitteleuropäische Verhältnisse abgestimmt.*

Zeitalter	Formation oder Periode	Abteilung oder Epoche	Alter vor der Gegenwart	Verteilung von Meer und Festland in Mitteleuropa	Besondere Ereignisse (Faltung, Vulkanismus usw.)	Gesteinsbildungen	Lagerstätten
Erdneuzeit oder Känozoikum oder Neozoikum	Quartär	Alluvium	≈ 20 000 Jahre	Wie heute, mit Schwankungen im Küstengebiet	Übergang zu den heutigen Verhältnissen	Aulehm, Dünen, Abtragungsschutt der Gebirge	Torf, Raseneisenerz, Weißeisen erz
		Diluvium (Pleistozän)	≈ 1 Million Jahre	Festland	Vereisung	Sande, Tone, Geschiebemergel, Löß	Kieselgur
	Tertiär	Jungtertiär	50—60 Millionen Jahre	Zum größten Teile Festland mit einer umfangreichen Überflutung im Oligozän	Starker Vulkanismus (Basalt) Abschluß der alpidischen Faltung Herausbildung der Mittelgebirgsschollen	Sande (z. T. glaukonitisch), Tone, Zementquarzit, Basalt, Phonolith, Trachyt, Andesit mit Tuffen. Kristalline Schiefer der Alpen	Braunkohlen, Stein- und Kalisalz und Petrolsande (Baden), oolithisches Eisenerz von Kressenberg, Bohrerze Süddeutschlands, feuerfeste Quarzite, Kaolin, keramische Tone, Glas- und Formsande, Bernstein
		Alttertiär					
Erdmittelzeit oder Mesozoikum	Kreide	Obere Kreide	110—120 Millionen Jahre	Ausgedehnte Meeresbedeckung	Beginn der alpidischen Faltung	Schreibkreide, Mergelkalke (Pläner), Quadersandsteine, Konglomerate	Brauneisenerz von Peine und Ilse Sd Strontianitgänge des Münsterlandes
		Untere Kreide		Im N Meer Im S Festland	In Nordwest-Deutschland Saxonische Faltung (Bruchfaltung), bereits im Oberen Jura beginnend	Mergel, Tone, Sandsteine (z. T. glaukonitisch), Konglomerate	Brauneisenerz von Amberg, Brauneisenerz von Salzgitter, Asphaltgänge von Bentheim, Erdöl NW-Deutschland, Steinkohle im Deistergebiet
	Jura	Oberer Jura (Malm)	≈ 160 Millionen Jahre	Vorwiegend Meer	Kein Vulkanismus	Gips in Nordwest-Deutschland, klotzige Rifffalke und Dolomite, gebankte Kalke und Kalkmergel	Lithographenkalkstein von Solnhofen Asphaltkalke von Limmer
		Mittlerer Jura (Dogger)				Überwiegend braune Sandsteine, Kalke und Tone	Oolithische Brauneisenerze Süddeutschlands Erdöl NW-Deutschlands
		Unterer Jura (Lias)				Dunkle Tone und Kalkmergel, wenig Sandsteine	„Ölschiefer“, oolithisches Brauneisenerz von Harzburg
	Trias	Keuper	≈ 200 Millionen Jahre	Wiederholter Wechsel zwischen Festland und flachem Meer	Bodenhebungen und Bodensenkungen (Epirogenese)	Sandsteine, bunte Letten, Mergel, Dolomit, Gips	„Lettenkohle“ (schwache Flöze einer unreinen Steinkohle)
		Muschelkalk		Meer	In den Alpen: Geosynkinalzeit der späteren alpidischen Gebirgsbildung	Überwiegend Kalke; Dolomit, Mergel, Anhydrit, Steinsalz	Steinsalz von Erfurt und Heilbronn; Blei-Zink-Erze von Görry Śląsk
		Buntsandstein		Meist Festland		Weiß und rote kreuzgeschichtete Sandsteine, Konglomerate, Letten, Bröckelschiefer, Gips, Steinsalz	Steinsalz von Schöningen Blei-Knottenerze von Mechernich (Eifel)
Erdaltertum oder Paläozoikum	Perm (Dyas)	Zechstein	≈ 230 Millionen Jahre	Vorwiegend Meer oder Binnenseen	Eindampfung des deutschen Zechsteinmeeres	Dolomit, Kalkstein, bunte Letten, Gips, Anhydrit, Salzgesteine, Stinkschiefer	Hauptmasse der Stein- und Kalisalzlager; Erdöl von Volkenroda (Th.); Kupferschiefer
		Rotliegendes		Festland	Starker Vulkanismus (Porphyry) Ausklingen der variscischen Gebirgsbildung	Rote und graue Sandsteine, Konglomerate, Letten, Schiefertone, Porphyre und Melaphyre mit Tuffen	Steinkohlen vom Döhlener Becken, Ilfeld, Manebach, Stockheim, Erbdorff, Kobalt-Nickelerzgänge von Richelsdorf; Quecksilbererz von Landsberg (Pfalz); Spateisenstein von Kamsdorf und Schmalkalden
	Karbon (Steinkohlenformation)	Oberes (produktives) Karbon	≈ 300 Millionen Jahre	Vorwiegend Festland	Variscische Gebirgsbildung	Sandsteine, Konglomerate, Grauwacken, Schiefertone, Tonschiefer, Kiesel-schiefer. Granit, Syenit, Diorit, Gabbro. Viele kristalline Schiefer der Mittelgebirge. Untergeordnet: Kalkstein, Porphyry u. Melaphyre	Steinkohlenlager von Aachen, Ruhrgebiet, Osnabrück, Saargebiet, Zwickau-Lugau-Oelsnitz, Dolny Śląsk, Görry Śląsk. Ein erheblicher Teil der Erzvorkommen (Gänge) unserer deutschen Mittelgebirgsschollen (Erzgebirge, Harz u. a.)
		Unteres Karbon		Vorwiegend Meer			
	Devon	Oberes Devon	≈ 360 Millionen Jahre	Vorwiegend Meer	Geosynkinalzeit der späteren variscischen Gebirgsbildung	Kalksteine, Grauwacken und Sandsteine, Felsquarzite, Tonschiefer. Diabasgesteine und Keratophyre mit Tuffen	Roteisenerzlager (Lahn-Dill-Gebiet, Oberharz). Spateisensteingänge des Siegerlandes. Kieselager von Meggen und vom Rammelsberg bei Goslar
		Mittleres Devon					
		Unteres Devon					
	Silur	Gotlandium (Obersilur)	≈ 490 Millionen Jahre	Vorwiegend Meer	Untermeerischer Vulkanismus (Diabas)	Graptolithenschiefer, Tonschiefer (z. T. phyllitisch), Kiesel-schiefer, Felsquarzite, Ockerkalk	Oolithische Kiesel-eisenerze von Schmiedefeld in Thüringen (Thuringite und Chamosite)
		Ordovizium (Untersilur)			Kaledonische Gebirgsbildung (zwischen Silur und Devon), nur schwach bemerkbar		
	Kambrium	Oberes Kambrium	≈ 560 Millionen Jahre	Festland	Weitspannige Hebungen und Senkungen (Epirogenese)	Kalke, Grauwacken, Quarzschiefer, Tonschiefer, Phyllite und Quarzite	
		Mittleres Kambrium		Vorwiegend Meer			
		Unteres Kambrium		Festland			
Erdfrühzeit oder Algonkium			≈ 1000 Millionen Jahre	Vorwiegend Meer	Mehrere in Deutschland nicht zu trennende Gebirgsbildungen (u. a. assyntische Orogenese); Vulkanismus	Außer einigen Grauwacken und Kiesel-schiefern nur umgewandelte (metamorphe) Gesteine (kristalline Schiefer)	
Erdurzeit oder Archaikum			bis 2100 Millionen Jahre	Meer und Festland wechselnd			

TABELLE II

Gliederung der Erdgeschichte

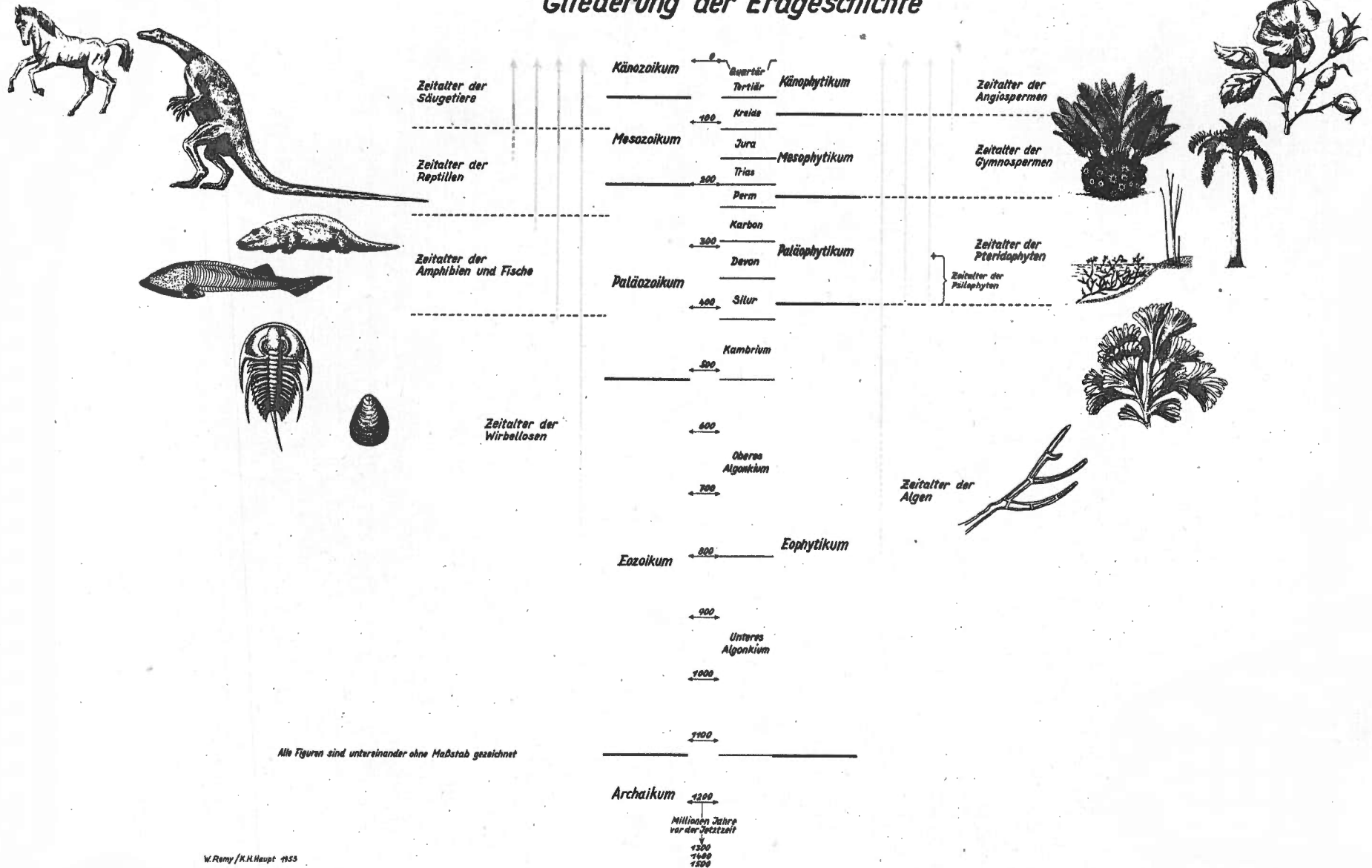


TABELLE III

Übersicht über die Stämme und Klassen des Tierreiches und ihr Erscheinen im Laufe der Erdgeschichte

Stämme und	Proto- zoa	Coelenterata Cnidaria					Vermes	Arthropoda					Mollusca					Molluscoidea		Echinodermata				Vertebrata								
wichtige Klassen des Tierreiches	Rhizopoda	Spongia	Hydrozoa	Anthozoa	Scyphozoa	Gyropolthida	Scolecida	Annelida	Trilobita	Arachniformia	Chelonellida	Crustacea	Tracheata	Amphineura	Scaphopoda	Gastropoda	Lamellibranchiata	Cephalopoda	Brachiopoda	Bryozoa	Pelmatozoa	Asterozoa	Echinozoa	Holothuria	Agonathi	Aphelthyridae	Pisces	Amphibia	Reptilia	Aves	Mammalia	
Jetzt lebende Formen																																
+ Letzte wichtige Form bei ausgestorbenen Gruppen																																
Känozoikum	Quartär																															
	Tertiär																															
Mesozoikum	Kreide																															
	Jura																															
	Trias																															
Paläozoikum	Perm																															
	Karbon																															
	Devon																															
	Silur																															
	Kambrium																															
Algonkium																																
Älteste wichtige Formen																																
Alle Figuren sind unter- einander ohne Maßstab, z.T. als Skelettfiguren, z.T. als Rekonstruktionen dargestellt.																																
W. Remy / K.H. Haupt 1963																																

Alle Figuren sind unter-
einander eine Maßstab-
z. als Skelettfiguren,
z. als Rekonstruktionen
dargestellt.

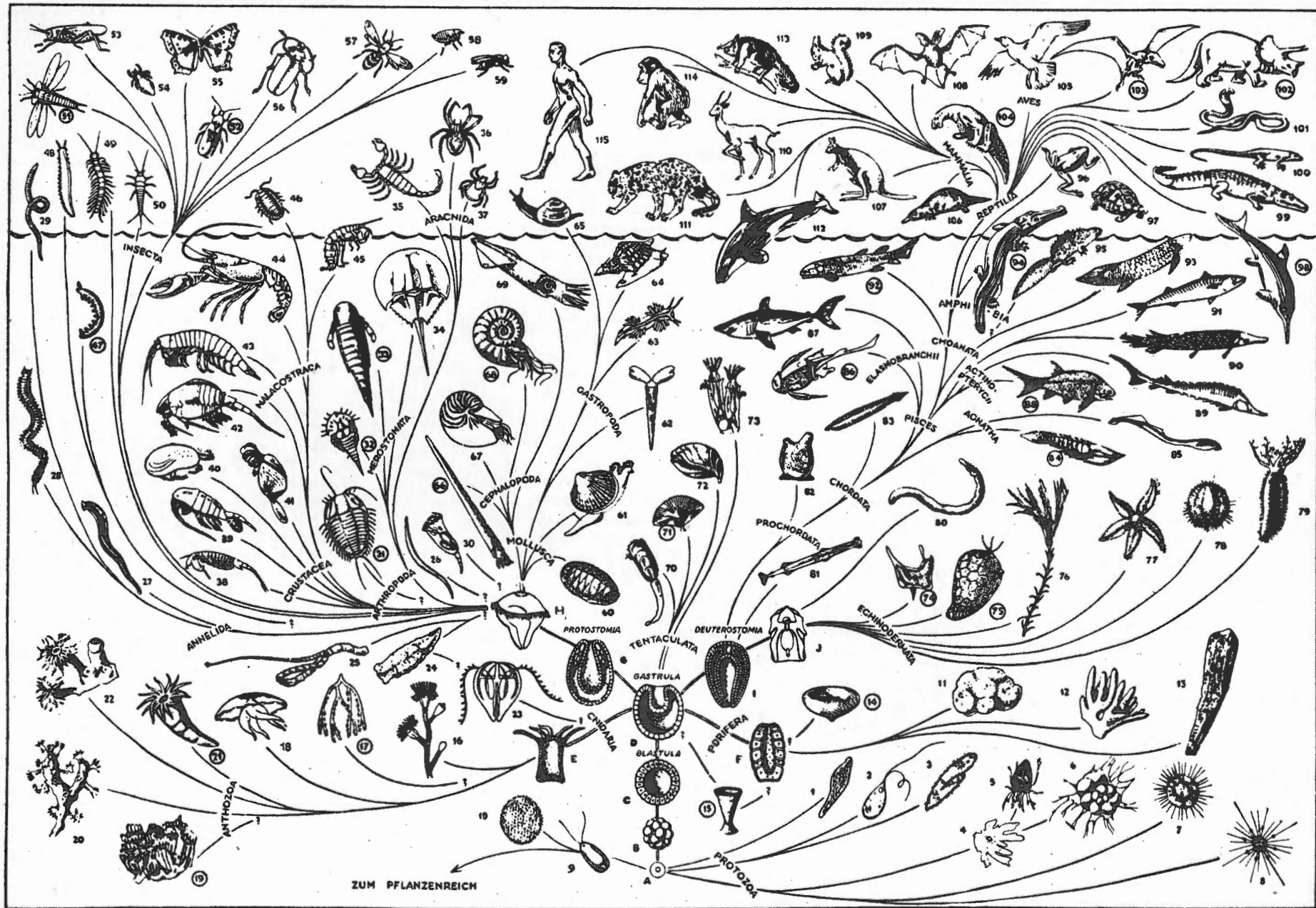


TABELLE IV

ENTWICKLUNGSSCHEMA DES TIERREICHES

Wie uns die Paläontologie, die Lehre von den Lebewesen in ihrer Gesamtheit — sowohl des Tier- als auch des Pflanzenreiches — erkennen läßt, hat das Leben eine lange Entwicklung hinter sich. Dabei haben sich im Laufe der Zeit immer kompliziertere und immer weiter den Umweltbedingungen angepaßte Formen herausgebildet. Die Tafel, die von Dr. A. Heintz unter Mitarbeit von Dr. L. Störmer aufgestellt wurde, läßt diesen Werdegang vom Einfachen zum höher Entwickelten sehr gut erkennen. Auch die Beziehungen der einfachsten tierischen Formen zum Pflanzenreich sind berücksichtigt. Die Wellenlinie im oberen Teil des Bildes zeigt, daß sich das Leben zunächst im Wasser (Meer) abspielte und daß es erst später das Festland bzw. den Luftraum erobert hat. Die Tafel, die gleichzeitig die vermutlichen Verwandtschaften der einzelnen Tiergruppen zum Ausdruck bringt, ist in ihrer Darstellung sehr anschaulich. Die Zahlen bei den einzelnen Figuren sind in untenstehendem Register wiederholt, so daß der Leser schnell entnehmen kann, um welche Tierarten es sich handelt. Bei den vollkommen ausgestorbenen Formen sind die Zahlen auf der Tafel in einen Kreis gesetzt, im Register mit einem Kreuz versehen. Die Namen der größeren systematischen Einheiten sind in der Tafel eingedruckt.

1 Sporentierchen	30 Rädertierchen	59 Zweiflügler (Schweißflügler)	88 † Alt-Schmelzschupper
2 Geißeltierchen	31 † Trilobiten	60 Ur-Mollusken (Käferschnecke)	89 Knorpelganoiden (Stör)
3 Wimpertierchen (Pantoffeltierchen)	32 † Ur-Schwertschwänze	61 Muschel (Herzmuschel)	90 Knochenganoiden (Knochenhecht)
4 Unbeschaltete Amöben	33 † „See-Skorpione“	62 Flügelschnecken	91 Knochentische (Makrele)
5 Beschaltete Amöben	34 Schwertschwänze	63 Hinterkiemer	92 Quastenflosser
6 Kammerlinge	35 Skorpione	64 Vorderkiemer	93 Lungenfische
7 Sonnentierchen	36 Spinnen (Kreuzspinne)	65 Lungenschnecken	94 † Panzerlurche
8 Strahlentierchen	37 Milben (Zecke)	66 † Orthoceras	95 Schwanzlurche (Molch)
9 Einzellige Algen	38 Blattfüßer	67 Perlboot	96 Froschlurche (Laubfrosch)
10 Algenkolonie	39 Ruderfüßer	68 † Ammoniten	97 Schildkröten
11 Hornschwämme (Badeschwamm)	40 Muschelkrebse	69 Tintenfische (Kalmare)	98 Fischechen
12 Kalkschwämme	41 Rankenfüßer (Entenmuschel)	70 Schloßlose Armfüßer	99 Krokodile
13 Kieselschwämme	42 Leptostraca	71 † Schloßtragende Armfüßer	100 Eidechsen
14 † Receptaculites	43 Syncarida	72 Schloßtragende Armfüßer	101 Schlangen (Brillenschlange)
15 † Archäocyathus	44 Zehnfüßkrebse (Hummer)	73 Moostierchen	102 † Dinosaurier (Dreihorn)
16 Hydrozoa	45 Flohkrebse	74 † Carpoidea	103 † Flugsaurier
17 † Graptolithen	46 Assel	75 † Beutelsterne	104 † Säugetierähnliche
18 Scyphozoa (Ohrenqualle)	47 Ur-Onychophoren	76 Seelilie	105 Vögel (Möwe)
19 † Tabulata (Kettenkoralle)	48 Onychophoren	77 Seesterne	106 Kloakentiere (Schnabeltier)
20 Octocoralla	49 Hundertfüßer	78 Seeigel	107 Beuteltiere (Känguruh)
21 † Tetracoralla	50 Ur-Insekten (Silberfischchen)	79 Seegurken	108 Insektenfresser (Fledermäuse)
22 Steinkorallen	51 † Ur-Flügelinsekten	80 Eichelwürmer	109 Nager (Eichhorn)
23 Rippenquallen	52 Ur-Schaben	81 Pfeilwürmer	110 Huftiere (Gazelle)
24 Strudelwürmer	53 Geradflügler (Heuschrecke)	82 Manteltiere (Seescheide)	111 Raubtiere (Jaguar)
25 Bandwürmer	54 Läuse (Kleiderlaus)	83 Schädellose (Lanzettfischchen)	112 Wale
26 Fadenwürmer (Spulwurm)	55 Schmetterlinge (Fuchs)	84 † Schalenhäuter	113 Halbaffen (Ohrenmaki)
27 Bluteigel	56 Käfer (Laufkäfer)	85 Rundmäuler (Neunauge)	114 Affen (Schimpanse)
28 Meeres-Borstenwürmer	57 Hautflügler (Wespe)	86 † Panzerhäuter	115 Mensch
29 Landborstenwürmer (Regenwurm)	58 Flöhe	87 Haie	