

K. KRÄPELIN  
EINFÜHRUNG  
IN DIE  
BIOLOGIE



VERLAG VON  
B. G. TEUBNER

IN LEIPZIG  
UND BERLIN

EIGENTUM VON



H

D

VERLAG VON B. G. TEUBNER IN LEIPZIG UND BERLIN

## Dr. K. Kraepelin: Naturstudien

(mit Zeichnungen von O. Schwindrazheim)

im Hause            im Garten            in Wald und Feld

3. Auflage  
Geb. M. 3.20

3. Auflage  
Geb. M. 3.60

3. Auflage  
Geb. M. 3.60

in der Sommerfrische

Geb. M. 3.20

Volksausgabe

Eine Auswahl. Veranstatlet vom Hamburger  
Jugendschriften-Ausschuß. Geb. M. 1.—

„Zu den Meistern der volkstümlichen Darstellung gehört unstreitig Dr. K. Kraepelin, der mit seinen „Naturstudien“ ein Volksbuch im wahren Sinne des Wortes geschaffen hat; denn sie sind so recht geeignet, die lern- und wißbegierige Jugend sowohl, wie auch den erwachsenen Mann des Volkes zum naturwissenschaftlichen Denken anzuregen und ihnen die Natur mit ihrem Leben und Werden näher zu bringen.“  
(Neue Bahnen.)

„Ein köstliches Jugendbuch als anregender Begleiter ins Freie. . . . Solch ein Buch wird mancher Vater für seine Knaben und Mädchen längst gesucht und mancher Naturfreund für sich geradezu ersehnt haben. Hier ist es, in ganz vortrefflicher Anlage und Ausführung.“  
(Literarische Rundschau.)

„. . . Die Vorzüge der Kraepelinschen Naturschilderungen liegen in den interessanten Beobachtungen, der Lebendigkeit des Dialogs, der anregenden Darstellungsweise und einer populären Schreibart. Daß selbst gebildete Erwachsene mit Vergnügen das Buch lesen und es mit Vorteil benutzen, darf behauptet werden. Unsere großen Schüler haben hier eine Fundgrube der schönsten und eindringlichsten Belehrung, dazu in vornehmem Gewände. Das Werk wird uns sehr warm empfohlen.“  
(Jugendschriften-Warte.)

„Das freundliche Buch ist wohl geeignet, eine verständige Naturbetrachtung und Neigungen, mit der Natur zu plaudern, in die richtigen Wege zu leiten, auch wohl überhaupt zu einer näheren Betrachtung der Natur anzuregen. Aufgeweckten Knaben und Mädchen kann das Buch daher als guter Führer in die Hand gegeben werden. . . . Wir freuen uns, daß das Buch den verdienten Anklang schnell gefunden hat.“  
(Naturwissenschaftliche Wochenschrift.)

## B. Landsberg: Streifzüge durch Wald und Flur

Anleitung zur Beobachtung der heimischen Natur in Monatsbildern

4. vermehrte Auflage. Mit Zeichnungen von Frau H. Landsberg. Geb. M. 5.—

„Das Buch ist in ausgezeichneter Weise geeignet, zum Sehen und Beobachten anziehender Vorgänge im Reiche der belebten Natur, wozu an allen Orten reichlich Gelegenheit ist, anzuleiten. Schon die Lektüre dieses lebendig geschriebenen Buches ist sehr lehrreich und fordert geradezu heraus, selbst Naturvorgänge zu beobachten. Die Darstellung ist gemeinverständlich und doch streng wissenschaftlich, getragen von durchaus modernen Anschauungen. Die ganze Natur gleicht einem aufgeschlagenen Buche, in dem man mühelos überall die interessantesten Dinge lesen kann, wenn man eben das Lesen in dem Buche der Natur gelernt hat. Niemand mehr, der dieses Buch als seinen Führer erwähnt hat, wird gleichgültig im Freien herumgehen, sondern er wird überall und jederzeit etwas finden, das sein Denken beschäftigen wird. Eine gewisse Befriedigung wird in die Brust einzeln. Die Lektüre dieses schön ausgestatteten Buches kann nur aufs wärmste empfohlen werden.“  
(Literarische Rundschau.)

„Auch inhaltlich hat sich dieses ebenso lehrreiche wie unterhaltende Buch bedeutend verbessert, so daß seine Lektüre unseren Jungen hohen Genuß gewähren wird. Mit großem pädagogischem Geschick weiß der Verfasser durch liebevolle Versenkung in die biologischen Verhältnisse das lebhafteste Interesse für die Pflanzen- und Tierwelt der Heimat zu erregen und den Leser zu selbständigen Beobachtungen anzuleiten, so daß er dem Leben und Treiben in Wald und Feld mit dem Verständnis folgen kann, das die moderne Forschung für die Natur gewonnen hat. Nirgends verfällt der Verfasser in den trockenen Ton langweiligen Dozierens, unausgesetzt bleibt er in lebendigem Zwiegespräch mit dem Leser. Die Fülle des Wissens und der geistigen Anregung, die das Buch darbietet, bleibt so erheblich, daß sich der Leser dem Verfasser lebhaft verpflichtet fühlen wird.“  
(Frankfurter Zeitung.)

**Leitfaden für den botanischen Unterricht** an mittleren und höheren Schulen. Von Professor Dr. Karl Kraepelin, Direktor des Naturhistorischen Museums zu Hamburg. 7., neu bearbeitete Auflage. Mit 407 Abbildungen und 14 mehrfarbigen Tafeln. [VIII u. 318 S.] gr. 8. 1908. In Leinwand geb. *M* 3.20.

Inhalt: Einleitung. I. Abschnitt: Die Organe der Pflanze. 1. Die Wurzel. 2. Der Stengel. 3. Die Blätter. 4. Die Blüten und Früchte. 5. Die Haare. II. Abschnitt: Die bekanntesten heimischen Pflanzen und die Verschiedenheit ihres Blütenbaues. III. Abschnitt: Systematik. 1. Kreis: Blütenpflanzen. Anhang: Die wichtigsten ausländischen Nutzpflanzen. 2. Kreis: Farnpflanzen. 3. Kreis: Moose. 4. Kreis: Thalluspflanzen. IV. Abschnitt: Die wichtigsten Lebenserscheinungen der Pflanze. Register.

„... eine sehr gründliche, methodische Durcharbeitung des zoologischen Unterrichtsstoffes für den Schulgebrauch, welche namentlich dem Anfänger im Lehramte von großem Nutzen sein, aber auch den Erfahreneren noch auf manchen neuen Gesichtspunkt hinweisen dürfte.... eine der bedeutendsten Erscheinungen auf dem Gebiete der neuen einschlägigen Schulbuch-Literatur...“ (Naturwissenschaftliche Rundschau.)

„... Das vorliegende Werk anzuschaffen und fleißig zu benutzen, sollte kein Lehrer der Naturgeschichte versäumen. Es bietet eine derartige, Fülle von Stoff, daß auch der erfahrendste Lehrer darin noch reichlich Neues finden und nach den verschiedensten Seiten hin angeregt werden wird...“

(Naturwissenschaftliche Wochenschrift.)

**Leitfaden für den zoologischen Unterricht** in den unteren und mittleren Klassen der höheren Schulen. Von Professor Dr. Karl Kraepelin, Direktor des Naturhistorischen Museums zu Hamburg. 5., völlig umgearbeitete Auflage. Mit 410 Abbildungen. [VI u. 330 S.] gr. 8. 1907. In Leinwand geb. *M* 3.20.

Inhalt: Einleitung. I. Abschnitt: Die sieben Kreise des Tierreichs. 1. Wirbeltiere. 2. Gliederfüßer. 3. Weichtiere. 4. Würmer. 5. Stachelhäuter. 6. Hohltiere. 7. Urtiere. II. Abschnitt: Die Organe des menschlichen Körpers. Register des systematischen Teils.

Diese neue Auflage hat eine vollständige Neubearbeitung erfahren. Zwar ist auch jetzt noch das System gewissermaßen als das Rückgrat gedacht, durch das die große Masse des Lernstoffs Zusammenhalt gewinnt, aber die rein morphologischen Daten sind zugunsten der biologischen Erscheinungen in den Hintergrund getreten und demgemäß auch die Lebensverhältnisse der Einzelformen nicht nur, wie in früheren Auflagen, durch bloße Stichworte angedeutet, sondern in zusammenhängender Darstellung behandelt. Dem Abschnitt über die Systematik ist ein solcher über Bau und Funktionen des menschlichen Körpers angefügt, während die allgemeine Biologie und die vergleichende Anatomie gestrichen wurden und einem später erscheinenden, für die Oberklassen bestimmten Teile vorbehalten bleiben. — Die Abbildungen sind fast durchgehends erneuert; sie wollen, dem Charakter des Leitfadens entsprechend, nicht Ersatz für ein anregendes Bilderwerk mit reizvollen Darstellungen des Tierlebens geben, sondern im wesentlichen nur zur Erläuterung des im Texte geschilderten morphologischen Details dienen. Immerhin wurde auf ihre Korrektheit und künstlerische Ausführung Wert gelegt.

**Biologisches Praktikum** für höhere Schulen. Von Dr. Bastian Schmid, Oberlehrer am Realgymnasium zu Zwickau. Mit 75 Abbildungen im Text und 6 Tafeln. [VI u. 71 S.] gr. 8. 1909. Steif geh. *M* 2.—, in Leinwand geb. *M* 2.50.

Dieser Leitfaden ist für solche Lehranstalten bestimmt, die den biologischen Unterricht mit praktischen Übungen verbinden. Der Inhalt erstreckt sich auf das zoologische und botanische Gebiet und berücksichtigt in jedem dieser Teile außer dem anatomischen Bau von Tier und Pflanze auch das physiologische Moment, wenn auch den Verhältnissen entsprechend der pflanzenphysiologische Kursus ungleich weiter ausgedehnt ist als der tierphysiologische. Soweit es zugänglich, bewegt sich das Buch in einer Art Systematik. Es behandelt den Bau der pflanzlichen (und tierischen) Mikroorganismen nebst Anleitung zu ihrer Reinkultur, hebt verschiedene Vertreter der niederen Pflanzenwelt besonders hervor und widmet einen längeren Abschnitt den Geweben, darunter namentlich den Gefäßen. Über Schnittführung und wichtige Reagentien wird bei passender Gelegenheit gesprochen. Im physiologischen Teil findet man eine Anzahl von Gruppenversuchen zusammengestellt. — Das Tierreich bringt in einer dem Verständnis der Schüler entsprechenden Art die Anatomie wichtiger Vertreter einzelner Tierkreise, bzw. Klassen (beispielsweise den Regenwurm, den Flußkrebs, den Gelbrand, die Teichmuschel, den Karpfen, den Frosch, das Kaninchen) sowie eine vergleichend anatomische Zusammenstellung verschiedener Organe. Auch diesen Übungsbeispielen ist eine Anleitung nach der rein manuellen Seite hin beigegeben. — Von den zahlreichen Abbildungen, die der Leitfaden aufweist, ist eine Anzahl nach eigens zu diesem Zweck angefertigten Präparaten gezeichnet worden.

1285067

VI-9

# EINFÜHRUNG IN DIE BIOLOGIE

ZUM GEBRAUCH AN HÖHEREN SCHULEN  
UND ZUM SELBSTUNTERRICHT

VON

**PROF. DR. KARL KRAEPELIN**  
DIREKTOR DES NATURHISTORISCHEN MUSEUMS  
IN HAMBURG

ZWEITE, VERBESSERTE AUFLAGE  
DES LEITFADENS FÜR DEN BIOLOGISCHEN UNTERRICHT

MIT 311 ABBILDUNGEN IM TEXT UND AUF EINER TAFEL  
SOWIE 4 TAFELN UND 2 KARTEN IN BUNTDRUCK



LEIPZIG UND BERLIN  
DRUCK UND VERLAG VON B. G. TEUBNER  
1909

Gebunden 4 Mark



D 45/5



1749953

II - 9.



014698

B2104



Biblioteka  
Uniwersytetu Gdańskiego



\*1100796138\*

XVI 2

ALLE RECHTE, EINSCHLIESZLICH DES ÜBERSETZUNGSRECHTS, VORBEHALTEN.

D 197/7/70

20,-

## Vorrede zur ersten Auflage.

Wenn ich, auf Grund früherer Lehrerfahrungen, mit diesem Leitfaden ein Gebiet betreten habe, auf dem die widerstreitenden Meinungen noch im vollen Kampfe begriffen sind, so geschah dies in der Hoffnung, der Sache des biologischen Unterrichts damit einen Dienst zu erweisen: Nur wenn den maßgebenden Faktoren der Staatsregierungen durch Vorlage eines ausgeführten Lehrkursus ein anschauliches Bild über Umfang und Inhalt der erstrebten Reformen geboten ist, wird man erwarten dürfen, daß die seitens weiter Kreise des gebildeten Deutschland immer dringender werdende Forderung nach Einführung des biologischen Unterrichts in den Oberklassen der höheren Schulen in absehbarer Zeit Berücksichtigung finden werde.

Soweit es angängig, habe ich meinen Ausführungen die Meraner Vorschläge der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte zugrunde gelegt. Nur im letzten Abschnitt über den Menschen glaubte ich von einer nochmaligen Besprechung der bereits in Untersekunda und Unterprima behandelten vegetativen Organe des menschlichen Körpers absehen zu können. Ein Vertauschen der beiden ersten Hauptabschnitte des Buches, wie es von mancher Seite gewünscht wird, dürfte sich bei der selbständigen Behandlung, die beide Abschnitte erfahren haben, ohne Schwierigkeit ausführen lassen.

Was den Umfang des Stoffes anlangt, so habe ich zunächst angenommen, daß zu seiner Durchnahme fünf Semester mit je zwei Wochenstunden zur Verfügung stehen, selbstverständlich nachdem in den Unter- und Mittelklassen (bis Untersekunda einschließlich) eine genügende Grundlage morphologischer und systematischer Kenntnisse erworben ist. Nach Kräften bin ich bemüht gewesen, zwischen der Scylla des „Zuviel“ und der Charybdis des „Zuwenig“ den mittleren Kurs zu halten. Galt es doch auf der einen Seite, diejenigen zu befriedigen, welche vor der Fachbildung warnen und nur die allgemeinen Gesichtspunkte der Lehre vom Leben zum Gemeingut der Gebildeten machen wollen, auf der andern Seite aber diejenigen zu widerlegen, welche meinen, das allseitig Erstrebte ohne Schwierigkeit schon in den unteren und mittleren Klassen der Schule erreichen zu können. Im übrigen dürfte das Urteil über die Abmessung des Stoffes je nach der angewandten Methode sehr verschieden ausfallen: Wer die biologischen Tatsachen nach Möglichkeit von den Schülern selbst erarbeiten läßt und sie nicht einfach in der Form vorträgt, in der sie vom Lehrbuch der Lesbarkeit zuliebe geboten werden, wird voraussichtlich finden, daß der vorliegende Stoff nur dann einigermaßen zu bewältigen ist, wenn eben auch die Pensen der Unter- und Mittelklassen zum

#### IV

sicheren Besitz des Schülers geworden sind. Ein endgültiges Urteil kann hier erst durch die Erfahrung gewonnen werden. — Für diejenigen, welche in dem Buche eine Besprechung der Deszendenzlehre vermissen, sei noch bemerkt, daß auch ich eine objektive Darstellung des Entwicklungsgedankens für wünschenswert halte, in Übereinstimmung mit dem Meraner Lehrplan aber der Ansicht bin, daß der geologische Kursus der Oberprima hierzu die geeignetste Gelegenheit bietet.

Dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft gerecht zu werden, ist mein Bestreben gewesen. Allein es liegt in der Natur der Sache, daß der einzelne nicht auf allen im Buche berührten Gebieten ein selbständiges, fachmännisches Urteil besitzen kann. So habe ich mich schon in den botanischen Abschnitten der Hauptsache nach an einzelne anerkannte Werke angeschlossen, wie an die Pflanzengeographie von Schimper, die Bionomie des Meeres von Walther, das Pflanzenleben von Kerner, das Lehrbuch der Botanik von Straßburger, Noll, Schenk und Schimper. Noch weniger berufen fühlte ich mich auf dem Gebiete der Sinnesphysiologie und der Prähistorie, wo ich den Werken von Ebbinghaus (Grundzüge der Psychologie) und Hoernes (Der diluviale Mensch in Europa) folgte, während ich mich in bezug auf den anthropologischen Abschnitt der weitgehenden Beihilfe des Herrn Prof. Dr. Thilenius, Direktors des Museums für Völkerkunde in Hamburg, zu erfreuen hatte. Auch anderen Herren, die mir mit Rat zur Seite standen, so namentlich Herrn Oberlehrer Dr. Schaeffer in Hamburg, fühle ich mich zu lebhaftem Danke verpflichtet.

Die Abbildungen können zum nicht geringen Teile Anspruch auf Originalität erheben; immerhin mußte ein größerer Teil derselben andern wissenschaftlichen Werken entnommen werden, unter denen hier nur die botanischen Schriften von Cohn, Hansen, Kerner, Pfeffer, Rees, Sachs, Straßburger usw., die zoologischen von Boas, Brehm, Chun, Claus, R. Hertwig, Roule, Weismann, Wiedersheim, die ethnographischen bzw. prähistorischen von Hoernes, Lindenschmit, Martin (Wandtafeln), Montelius, Mortillet, Tewes usw. namhaft gemacht sein mögen. Auch bei diesen, unter meiner Leitung vielfach neu gezeichneten Vorlagen ist größtmögliche Klarheit erstrebt worden.

Hamburg, 1. März 1907.

K. Kraepelin.



## Vorrede zur zweiten Auflage.

Diese in unerwartet kurzer Frist nötig gewordene zweite Auflage sucht den seitens der Kritik geäußerten Wünschen tunlichst gerecht zu werden. So wurde ein Abschnitt über die Deszendenzlehre und ein Register hinzugefügt, die geographische Verbreitung der Pflanzen und Tiere mehr im Zusammenhange behandelt. Die Gliederung des Ganzen ist durch Einfügung zahlreicher neuer Überschriften übersichtlicher gestaltet, das weniger Wesentliche durch kleineren Druck mehr in den Hintergrund gedrängt, um das Buch auch bei geringerer Stundenzahl benutzbar zu machen. Die Diktion ist vereinfacht, der Gebrauch der fachwissenschaftlichen Ausdrücke möglichst beschränkt, da die Schule nicht Fachgelehrte heranbilden, sondern Allgemeinbildung erstreben soll. Einige Zeichnungen sind durch neue ersetzt; 4 farbige und eine schwarze Tafel, von Herrn J. Hempel-Hamburg mit großer Sorgfalt fast ausschließlich nach natürlichen Objekten entworfen, sowie zwei geographische Karten dürften zur Erläuterung des Textes willkommen sein.

Für freundliche Verbesserungsvorschläge bin ich auch diesmal Herrn Oberlehrer Dr. C. Schaeffer-Hamburg zu besonderem Danke verpflichtet.

Möge das Werkchen auch in seiner neuen Gestalt als geeignet befunden werden, die immer allgemeiner zur Geltung kommende Forderung nach ernster naturwissenschaftlicher Unterweisung unserer Jugend in geregelte Bahnen zu leiten.

Hamburg, 15. Februar 1909.

K. Kraepelin.

## Inhalts-Übersicht.

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| Vorrede zur ersten Auflage . . . . .  | III |
| Vorrede zur zweiten Auflage . . . . . | V   |
| Inhalts-Übersicht . . . . .           | VI  |

### Erster Abschnitt:

#### Die Abhängigkeit der Lebewesen von den Einwirkungen der Umwelt.

|  | Seite |  | Seite |
|--|-------|--|-------|
| A. Die Pflanze in ihrer Abhängigkeit von physikalisch-chemischen Bedingungen . . . . . | 2     | Freundliche Beziehungen zwischen Tier und Pflanze . . . . .                          | 54    |
| I. Wärme . . . . .   | 2     | Lebensgemeinschaften von Tieren und Pflanzen . . . . .                               | 61    |
| II. Licht . . . . .  | 4     | C. Die Tiere in ihrer Abhängigkeit von physikalisch-chemischen Bedingungen . . . . . | 63    |
| Anpassung der Pflanzen an verschiedene Licht-Intensität . . . . .                      | 6     | I. Wärme . . . . .   | 63    |
| III. Die umgebenden Medien . . . . .   | 9     | II. Licht . . . . .  | 67    |
| a) Boden . . . . .   | 9     | III. Die umgebenden Medien . . . . .   | 73    |
| b) Atmosphärische Luft . . . . .   | 13    | a) Boden . . . . .   | 73    |
| c) Wasser . . . . .  | 18    | b) Atmosphärische Luft . . . . .   | 75    |
| IV. Die geographische Verbreitung der Pflanzen . . . . .                               | 23    | c) Wasser . . . . .  | 79    |
| B. Die Pflanzen in ihren Beziehungen zueinander und zum Tierreich . . . . .            | 37    | d) Wechsel der Medien . . . . .  | 86    |
| I. Die Beziehungen der Pflanzen zueinander . . . . .                                   | 37    | IV. Die geographische Verbreitung der Tiere . . . . .                                | 92    |
| Beziehungen der Geschlechter . . . . .   | 37    | D. Die Tiere in ihren Beziehungen zueinander . . . . .                               | 99    |
| Fürsorge für die Nachkommen . . . . .  | 37    | I. Die Beziehungen der Tiere gleicher Art zueinander . . . . .                       | 100   |
| Konkurrenz . . . . .   | 39    | Die Beziehungen der Geschlechter . . . . .   | 100   |
| Ausnutzung der Mitpflanzen Lebensgemeinschaften der Pflanzen . . . . .                 | 44    | Brutpflege . . . . .   | 102   |
| II. Die Beziehungen der Pflanzen zu den Tieren . . . . .                               | 46    | Schwärme, Züge, Herden, Herden, Staaten . . . . .                                    | 109   |
| Feindliche Beziehungen zwischen Tier und Pflanze . . . . .                             | 46    | II. Die Beziehungen verschiedener Tierarten zueinander . . . . .                     | 115   |
| Fleischfressende Pflanzen . . . . .  | 48    | Nahrungskonkurrenz . . . . .   | 115   |
| Einseitige Ausnutzung ohne direkte Schädigung . . . . .                                | 52    | Raubtier und Beutetier . . . . .   | 116   |
|  |       | Synökie und Kommensalismus . . . . .   | 123   |
|  |       | Parasitismus . . . . .   | 125   |
|  |       | Symbiose, Mutualismus . . . . .  | 130   |

Zweiter Abschnitt:

**Bau und Lebenstätigkeit der organischen Wesen.**

|  | Seite |  | Seite |
|--|-------|--|-------|
| A. Bau und Leben der einzelligen Wesen . . . . .                     | 135   | Nebenprodukte des Stoffwechsels der Pflanze              | 176   |
| B. Bau und Leben der mehrzelligen Wesen . . . . .                    | 142   | Aufnahme organischer Nahrungsstoffe . . . . .            | 177   |
| I. Die mehrzelligen Pflanzen. . . . .                                | 146   | 4. Atmung. . . . .                                       | 178   |
| a) Zellen und Gewebe . . . . .                                       | 146   | 5. Fortpflanzung . . . . .                               | 179   |
| b) Organe . . . . .  | 153   | 6. Bewegungs- und Reizerscheinungen. . . . .             | 182   |
| 1. Äußere Schutzorgane . . . . .                                     | 154   | II. Die mehrzelligen Tiere . . . . .                     | 188   |
| Epidermis . . . . .  | 154   | a) Zellen und Gewebe . . . . .                           | 188   |
| Kork und Borke . . . . .   | 155   | b) Organe und Organsysteme . . . . .                     | 193   |
| Wundgewebe. . . . .  | 156   | 1. Organe des Schutzes, der Stütze und der Bewegung      | 194   |
| 2. Innere Stütz- und Festigungsvorrichtungen . . . . .               | 156   | a) Das Hautsystem . . . . .                              | 194   |
| Bau des Stranggewebes . . . . .                                      | 157   | β) Das innere Skelettsystem. . . . .                     | 201   |
| Mechanisch stützende Elemente des Grundgewebes . . . . .             | 162   | γ) Das Muskelsystem . . . . .                            | 209   |
| 3. Ernährungsorgane und Ernährung . . . . .                          | 163   | 2. Organe des Stoffwechsels. . . . .                     | 213   |
| Nahrungsstoffe . . . . .   | 163   | a) Verdauung . . . . .                                   | 213   |
| Die Nahrungsaufnahme durch die Wurzel. . . . .                       | 165   | β) Blut und Blutbahnen . . . . .                         | 218   |
| Die Nahrungsaufnahme durch die Blätter (Assimilation) . . . . .      | 171   | γ) Atmung . . . . .                                      | 222   |
| Verwertung und Umwandlung der aufgenommenen Nahrungsstoffe . . . . . | 173   | δ) Ausscheidung . . . . .                                | 228   |
| Wanderung und Aufspeicherung der Nahrungsstoffe . . . . .            | 174   | 3. Organe der Fortpflanzung                              | 228   |
|  |       | 4. Organe der Empfindung (Nervensystem) . . . . .        | 232   |
|  |       | a) Zentralorgan und Leitungsbahnen . . . . .             | 234   |
|  |       | β) Sinnesorgane. . . . .                                 | 240   |
|  |       | Tastempfindung. . . . .                                  | 241   |
|  |       | Geschmacks- und Geruchsempfindung . . . . .              | 241   |
|  |       | Schallempfindung. . . . .                                | 242   |
|  |       | Lichtempfindung . . . . .                                | 245   |
|  |       | C. Der Entwicklungsgedanke (Deszendenztheorie) . . . . . | 248   |

Dritter Abschnitt:

**Der Mensch als Objekt der Naturbetrachtung.**

|   | Seite |  | Seite |
|---|-------|--|-------|
| A. Die Sinnesorgane und Sinnesempfindungen des Menschen . . . . .       | 267   | II. Allgemeines über Sinnesorgane und Sinnesempfindungen . . . . . | 270   |
| I. Die Elementarorgane des Nervensystems und deren Verbindung . . . . . | 267   | III. Die einzelnen Sinnesorgane und deren Leistungen . . . . .     | 272   |
|   |       | a) Hautsinnesorgane . . . . .                                      | 272   |

|  | Seite |   | Seite |
|--|-------|---|-------|
| b) Schwere-, Lage- und Bewegungssinn . . . . .                 | 274   | d) Körpergröße und -proportionen . . . . .      | 292   |
| c) Chemische Sinne . . . . .                                   | 275   | II. Übersicht über die Menschenrassen . . . . . | 293   |
| d) Gehörssinn . . . . .  | 277   | C. Der prähistorische Mensch . . . . .          | 297   |
| e) Gesichtssinn . . . . .                                      | 281   | a) Das Tertiär (Eolithische Zeit) . . . . .     | 299   |
| B. Die körperlichen Verschiedenheiten des Menschengeschlechtes | 286   | b) Das Diluvium (Paläolithische Zeit) . . . . . | 300   |
| I. Die Hauptcharaktermerkmale der Menschheitstypen . . . . .   | 287   | c) Das Alluvium . . . . .                       | 305   |
| a) Die Kopfform . . . . .                                      | 287   | Neolithische Zeit. . . . .                      | 305   |
| b) Haut und Farbe der Augen                                    | 289   | Bronze- und Eisenzeit . . . . .                 | 309   |
| c) Das Haar . . . . .  | 291   |   |       |

## Tafel-Verzeichnis.

**Tafel I. Verschiedene Färbung der Geschlechter:** 1. Aurorafalter ♂ und ♀; 2. Stichling ♂ und ♀; 3. Teichmolch ♂ und ♀; 4. Dompfaffe ♂ und ♀.

**Tafel II. Durchsichtige pelagische Tiere:** 1. Qualle; 2. Röhrenqualle (Siphonophore); 3. Rippenqualle; 4. Salpe; 5. Krebslarve (der Languste); 6. Tintenfisch; 7. Kielfüßer; 8. Aallarve (Leptocephalus).

**Tafel III. Formanpassung helmischer Tiere:** 1. Raupen von Cucullia am Feldbeifuß; 2. Raupe des Birkenspanners; 3. Kokons eines Rüsselkäfers (Cionus) an Braunwurz; 4. Weißes C am Eichenzweig; 5. Mottengehäuse und Schließmundschnecke an Buchenrinde; 6. Rotes Ordensband auf Rindenflechten.

**Tafel IV. Formanpassung exotischer Insekten:** 1. Laubheuschrecke (Pseudophyllide); 2. Madagassischer Flechten-Rüsselkäfer (Lithinus); 3. Brasilianische Rindenwanze; 4. Indischer Tagfalter (Callima); 5. Indische Stabheuschrecke (Dixippus) an einem Baumzweig.

**Tafel V. Mimikry:** 1–5. Links wehrhafte Hautflügler (Biene, Hummel, Wespe, Sandwespe, Lehmwespe), rechts ihnen ähnelnde Fliegen; 6. Links; Hornisse, rechts Hornissenschwärmer; 7 und 8. Rechts nachgeahmte, schlecht schmeckende Tagfalter, links diese nachahmende, nicht geschützte Falter.

„Biologie“ im weitesten Sinne des Wortes ist die Wissenschaft vom Leben. Sie umfaßt daher nicht nur die Gesamtgebiete der Botanik, Zoologie und Anthropologie, sondern auch — in ihrem historischen Teil — die Lehre von den Lebensformen früherer Erdperioden (Paläontologie). — Im engeren Sinne versteht man unter Biologie vielfach auch nur die Lehre von den Lebensgewohnheiten und Lebensäußerungen der Organismen, d. h. also von der Reaktion der Tiere und Pflanzen gegen die von außen her auf sie wirkenden Einflüsse. Als „allgemeine Biologie“ endlich faßt man nicht selten nur diejenigen Lebenserscheinungen zusammen, welche allen Organismen gleicherweise zukommen und daher als die auf den chemisch-physikalischen Aufbau der Lebenssubstanz zurückzuführenden Grundeigenschaften alles organischen Lebens anzusehen sind.

Erster Abschnitt:

## Die Abhängigkeit der Lebewesen von den Einwirkungen der Umwelt.

Daß die Zustände der unorganischen Materie durch die Kräfte bedingt sind, welche von außen her auf sie einwirken, ist aus den Lehren der Physik und Chemie zur Genüge bekannt. Wir wissen, daß der starre Fels durch Druck zu Pulver zermalmt, durch Wärme verflüssigt, durch geeignete chemische Agentien in Stoffe mit völlig andersartigen Eigenschaften übergeführt wird, und daß dieses alles mit nie versagender Gesetzmäßigkeit vor sich geht. Genau das gleiche läßt sich nun auch für die Gebilde der organischen Welt nachweisen. Auch sie stehen, wie die Physiologie lehrt, unter dem gesetzmäßigen Einfluß von Schwerkraft und Wärme, von Licht, Elektrizität und chemischen Agentien, derart, daß jede Änderung dieser Lebensbedingungen eine entsprechende Reaktion im pflanzlichen oder tierischen Organismus hervorruft. Aber nicht nur die Kräfte der unorganischen Natur wirken auf die Lebewesen ein: Kaum minder groß sind die Einflüsse, welche diese letzteren selbst als Träger gewaltiger Energiemengen aufeinander auszuüben vermögen. — Bei dem durchaus verschiedenen Charakter, den beide Arten von Einwirkungen zeigen, erscheint es gerechtfertigt, sie getrennt zu behandeln, so daß wir sowohl für die Pflanzen, wie für die Tiere der Besprechung ihrer physikalisch-chemischen Lebensbedingungen eine Übersicht der Einwirkungen der Organismen aufeinander anzuschließen haben werden.

## A. Die Pflanzen in ihrer Abhängigkeit von physikalisch-chemischen Bedingungen.

### I. Wärme.

Temperaturgrenzen des pflanzlichen Lebens. Aus der Chemie wissen wir, daß alle chemischen Prozesse an bestimmte Temperaturen gebunden sind oder doch nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen sich abspielen: Die Zündmasse des Zündhölzchens beginnt ihre chemischen Umsetzungen erst, wenn man, etwa durch Reibung, die Temperatur erhöht; die Zerlegung des Quecksilberoxyds in Metall und Sauerstoff gelingt nur nach Zuführung bestimmter Wärmemengen usw. Es ist daher ohne weiteres verständlich, daß auch die in letzter Instanz auf chemischen Umsetzungen des Protoplasmas beruhenden Lebenserscheinungen der organischen Welt an gewisse, und zwar ziemlich enge Temperaturgrenzen gebunden sind. Über diese hinaus tritt zunächst ein Stillstand aller Funktionen ein, der dann bei weiterer Steigerung bzw. Herabminderung der Temperatur zur endgültigen Vernichtung der Lebensfähigkeit, d. h. zum Tode führt.

Was zunächst die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen höhere Temperaturen betrifft, so unterliegt es keinem Zweifel, daß die Mehrzahl derselben bereits bei wenig über  $40^{\circ}\text{C}$  ihre Funktionen einstellt und bei Temperatursteigerungen über  $50^{\circ}$  völlig abstirbt, wobei jedoch zu bemerken, daß einerseits gewisse Bewohner heißer Quellen, namentlich Algen, Temperaturen von  $60, 80$ , ja vielleicht  $98^{\circ}$  (Island) zu ertragen vermögen, während andererseits die Verminderung des Wassergehalts bei den Landpflanzen und deren Samen die Widerstandsfähigkeit gegen Hitze außerordentlich zu erhöhen pflegt. So sind die trockenen Gesteinsflechten des Karst im Sommer täglich stundenlang einer Temperatur von  $58-60^{\circ}\text{C}$  ausgesetzt, ohne zugrunde zu gehen, lufttrockene Samen verlieren etwa bei  $75^{\circ}$ , in völlig getrocknetem Zustande aber erst bei  $100$  und mehr Grad C ihre Keimkraft, und die Dauersporen der Spaltpilze wie lufttrockene Hefe werden erst bei Temperaturen von  $115$  bis  $130^{\circ}$  abgetötet.

Sinkt die Temperatur unter den Gefrierpunkt, so werden wohl bei allen Pflanzen infolge des Gefrierens des aus dem Protoplasma austretenden Wassers die Lebensfunktionen mehr oder weniger vollkommen zum Stillstand gebracht, ohne daß deshalb das Leben selbst endgültig zerstört zu werden braucht. Vielmehr lehren Erfahrung wie Experiment, daß viele Pflanzen der nördlichen Zone Temperaturen bis zu  $-60^{\circ}$  ohne Schaden überdauern können, ja daß es für das trockene Protoplasma vieler Samen und Sporen wahrscheinlich überhaupt keine Kältegrade gibt, durch welche es getötet wird. Trockene Samen zeigten sich bei Einwirkung von  $-80^{\circ}$  Kälte in ihrer Keimkraft keines-

wegs beeinträchtigt, und Bakterien blieben selbst bei Temperaturen von fast  $-200^{\circ}\text{C}$  lebensfähig.

Optimum. Wenn aus dem Gesagten hervorgeht, daß die eigentliche Lebenstätigkeit der Pflanze im allgemeinen zwischen den Temperaturen von  $0^{\circ}$  bis  $50^{\circ}\text{C}$  sich abspielt (unbeschadet der oft zu beobachtenden Erhaltung latenten Lebens über diese Grenzen hinaus), so soll damit durchaus nicht gesagt sein, daß nun eine jede Pflanzenart innerhalb so weiter Temperaturgrenzen zur Ausübung ihrer Lebensfunktionen befähigt sei. Vielmehr weisen alle Erfahrungen darauf hin, daß das Wärmebedürfnis der Pflanzen ein außerordentlich verschiedenes ist, ja, daß jede einzelne Funktion der verschiedenen Organismen, also jeder einzelne mit chemischen Umsetzungen verbundene Lebensprozeß, wie Keimung, Wachstum, Nahrungsaufnahme durch Wurzel und Blätter, Atmung, Fruchtbildung, bei jeder Pflanzenart an bestimmte, meist sehr enge Temperaturgrenzen gebunden ist. Innerhalb dieser Temperaturgrenzen gibt es für jede Funktion ein „Optimum“ ihrer Leistung (das nicht immer zugleich auch das Maximum zu sein braucht), so daß eine Pflanzenart nur dort andauernd gedeihen kann, wo die herrschenden Temperaturen eine dem Optimum sich nähernde Leistung der einzelnen Organe ermöglichen. Manche tropischen Gewächse sterben bereits bei Temperaturen von  $+2$  bis  $+5^{\circ}\text{C}$ , wahrscheinlich weil ihre Wurzeln dann nicht mehr befähigt sind, den nötigen Wasserbedarf aus dem Boden zu ziehen; andererseits kennt man zahlreiche Pflanzenarten der kälteren Zonen, die bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt noch Nahrung aufnehmen, atmen und wachsen, ganz abgesehen davon, daß sie, wie schon erwähnt, ein Gefrieren ihrer Säfte und hohe Kältegrade ohne Schaden ertragen können. Während Luzerne und Klee bei  $0$  bis  $1^{\circ}\text{C}$  keimen und sich weiter entwickeln, bedürfen Tabak und Kürbis für die gleiche Lebenstätigkeit einer Wärme von über  $16^{\circ}\text{C}$ . Die Anlage der Blütenorgane vollzieht sich in der Regel bei merklich tieferen Temperaturen als das Wachstum der Achsenorgane und Blätter. Es erklärt sich hieraus, daß viele Gewächse der gemäßigten Zone, wie z. B. unsere Obstbäume, in den Tropen zwar üppig vegetieren, aber nur selten zur Blüte kommen.

Aus diesem Abgestimmtsein der verschiedenen Funktionen einer Pflanzenart auf gewisse, meist eng begrenzte Temperaturen folgt, daß größere Schwankungen der Temperatur ganz allgemein hemmend auf die Lebenstätigkeit der pflanzlichen Organismen einwirken müssen, und zwar um so mehr, je weiter sich die Temperatur von dem Optimum für die einzelnen Funktionen entfernt. Ununterbrochene Lebenstätigkeit der Pflanzenwelt finden wir dementsprechend nur in solchen Gebieten, wo die Schwankungen der Sonnenwärme verhältnismäßig gering sind, wie dies vielfach in den Küstenregionen der Tropen der Fall. Größere Temperaturunterschiede im Wechsel der Jahreszeiten dagegen bedingen mit Notwendigkeit eine zeitweilige Hemmung,

wenn nicht gar völligen Stillstand in der Lebenstätigkeit der dort seßhaften Pflanzen, wie sie in den gemäßigten Zonen als Winterruhe, in den kontinentalen Klimaten der wärmeren Länder als Sommerruhe zum Ausdruck kommt.

Man hat wohl geglaubt, daß die Pflanze gegen extreme Kälte- und Wärmegrade durch Ausbildung besonderer Schutzmittel, wie dichte Behaarung, lederartige Knospenschuppen, derbere Rinde usw. gefeit sei; allein genauere Untersuchungen haben gezeigt, daß es sich hierbei doch im wesentlichen immer nur um Schutzvorrichtungen gegen zu starke Verdunstung bzw. Lichtbestrahlung handelt. Es ist dies ja auch leicht begreiflich, wenn man bedenkt, daß die Pflanzen für gewöhnlich keine Eigenwärme entwickeln, und alle Schutzvorrichtungen demnach höchstens die Wirkung allzu plötzlicher Witterungsumschläge mildern können. Die Widerstandsfähigkeit des Protoplasmas ist es in erster Linie, welche die Pflanzen der Polargegenden befähigt, auch die schlimmsten Schnee- und Eisperioden des nördlichen Winters in voller Kraft- und Saftfülle zu ertragen, während den minder widerstandsfähigen Formen vornehmlich nur das eine Mittel bleibt, ihre oberirdischen Teile preiszugeben, um als Rhizom, Knolle oder Zwiebel oder gar nur als Samen die Periode günstigerer Daseinsbedingungen abzuwarten. — Daß auch im Süßwasser mit seinen bei uns ziemlich weitgehenden Temperaturschwankungen eine solche Periodizität des Pflanzenlebens entwickelt ist, mögen die in den Grundschlamm sinkenden Winterknospen des Froschbiß, der Wasseraloë (Stratiotes) und anderer Wasserpflanzen beweisen.

Akklimatisation. Sind die Optima für die verschiedenen Lebensverrichtungen einer Pflanzenart im allgemeinen auch als konstant zu betrachten, so können dieselben doch unter Umständen im Laufe längerer Zeiträume eine Änderung erfahren. Hierin beruht augenscheinlich das Wesen der sog. Akklimatisation, d. h. der Möglichkeit, eine Art aus den gewohnten klimatischen Bedingungen ihrer Heimat in solche mit anderen Wärmeverhältnissen zu verpflanzen. Haben sich die Optima für sämtliche Funktionen der Versuchspflanze in einer den neuen Temperaturen entsprechenden Weise geändert, so ist die Akklimatisation eine vollkommene; in andern Fällen kann es wohl vorkommen, daß beispielsweise die vegetativen Organe vortrefflich gedeihen, daß aber Blüte- und Fruchtansatz unterbleiben, weil für diese Leistungen keine genügende Anpassung an die neuen Temperaturverhältnisse stattgefunden hat. Immerhin lehrt die Erfahrung, daß vollständige Akklimatisation nur in sehr begrenztem Maße möglich ist.

## II. Licht.

Allgemeine Bedeutung des Lichts für das Pflanzenleben. Es ist eine leicht zu machende Beobachtung, daß zu weit vom Fenster gezogene Zimmerpflanzen kraftlose, bleichgrüne Schößlinge treiben, und daß die etwa unter einem Brett oder Stein im Garten keimenden Pflanzen völlig der grünen Farbe entbehren, welche sonst den Blättern und Krautstengeln zu eigen ist. Die Ursache für diese Erscheinung liegt in der wissenschaftlich festgestellten Tat-



sache, daß, abgesehen von wenigen Ausnahmen (z. B. Keimblätter der Nadelhölzer und des Ahorns), der grüne Farbstoff der Blätter (Chlorophyll), unter dessen Einfluß allein die Kohlensäureaufnahme aus der Luft stattfinden kann (vgl. den II. Abschnitt), nur unter dem Einfluß des Lichtes zur Ausbildung gelangt. Es folgt hieraus unmittelbar, daß die gesamte Pflanzenwelt, soweit sie aus chlorophyllgrünen Gewächsen zusammengesetzt ist, in unmittelbarer Abhängigkeit vom Sonnenlichte steht, daß sie in kürzester Zeit durch Hungertod zugrunde gehen müßte, falls ihr Chlorophyllfarbstoff nicht Tag für Tag das für den pflanzlichen Organismus wichtigste Nahrungsmittel unter der Einwirkung der Lichtstrahlen aufzunehmen und zu verarbeiten vermöchte.

Ein anderer Teil der Vegetation, die chlorophylllosen Pilze und Schmarotzer, erscheint zwar unmittelbar in seinen Daseinsbedingungen vom Lichte unabhängig; bedenkt man aber, daß sie nur auf Kosten anderer organischer Naturkörper, somit in letzter Linie auf Kosten der aus unorganischen Stoffen ihren Körper aufbauenden Chlorophyllpflanzen existieren können, so ergibt sich daraus der Schluß, daß auch diese Pflanzenformen beim Wegfall des Lichtes alsbald dem Untergange geweiht wären.

Aus dieser Abhängigkeit der chlorophyllgrünen Pflanzen vom Licht erklärt es sich, daß dieselben völlig unterirdisch, in Höhlen und Schächten, wie in größeren, ebenfalls lichtlosen Wassertiefen nicht gedeihen können, daß sie mit Stamm und Zweig zum Lichte emporstreben und unter Umständen auch durch Winden, Ranken und Klettern zu günstigeren Daseinsbedingungen zu gelangen suchen.

Weitere Untersuchungen haben ergeben, daß auch die meisten übrigen Leistungen der lebenden Pflanze vom Lichte beeinflusst werden. So zeigt sich beispielsweise die Blütenbildung bei Lichtmangel vielfach gehemmt, und schon das Öffnen und Schließen vieler Blüten zu verschiedenen Tages- und Nachtzeiten, wie nicht minder die sog. Schlafstellung der Blätter bei manchen Pflanzen, das Sichwenden zum Licht oder vom Licht (positiver und negativer Heliotropismus; Sonnenblume — Klammerwurzeln des Efeu) lehren, wie sehr namentlich Bewegungsleistungen durch Lichteinwirkung ausgelöst werden.

Das Längenwachstum des Stengels und der Wurzel vollzieht sich am stärksten in vollkommener Dunkelheit und kann bei starker Belichtung völlig zum Stillstand kommen. Das Flächen- und Dickenwachstum der Blätter bedarf wieder mehr oder minder starker Helligkeitsgrade, doch sind „Sonnenblätter“ in der Regel merkbar kleiner und dicker als „Schattenblätter“.

Dabei hat es sich herausgestellt, daß die verschiedenen Strahlen des Spektrums keineswegs im gleichen Sinne wirken, sondern durchaus verschiedene Arbeitsleistungen auslösen. Das Ergrünen des Chlorophylls und seine assimilierende Tätigkeit wird beispielsweise ausschließlich bedingt durch die weniger stark brechbaren, langwelligen Ätherschwingungen (rot bis grün),

die Bewegungserscheinungen hingegen, die Zersetzung stickstoffhaltiger Substanzen usw., vollziehen sich allein oder doch vornehmlich unter dem Einfluß der blauen, violetten und ultravioletten Strahlen des Spektrums.

Verschiedene Lichtintensitäten, Lichtoptimum. Völlige Dunkelheit bringt die wichtigsten Lebensfunktionen des Pflanzenkörpers zum Stillstand; aber auch ein zu grelles Licht erweist sich für das Protoplasma der Pflanzenzelle als im hohen Grade verderblich. Am klarsten tritt dies hervor bei den niedersten Lebensformen, den Bakterien, welche meistens bei intensiver Belichtung schnell zugrunde gehen. Aber auch bei Algen des süßen Wassers und selbst bei Phanerogamen kann man oft genug die verderblichen, in diesem Falle zum Teil auf Zerstörung des Chlorophylls zurückzuführenden Folgen allzu starken Lichtes beobachten, obgleich, wie wir sehen werden, den Pflanzen mancherlei Schutzmittel gegen eine solche Gefahr zu Gebote stehen.

Es folgt aus dem Gesagten, daß die Stärke der Belichtung für die einzelnen Funktionen der Pflanze von hoher Bedeutung ist, daß es für jede dieser Funktionen, ähnlich wie bei der Wärme, ein Optimum geben muß, bei dem sie sich am besten vollziehen, und daß demgemäß auch jeder Pflanze als Ganzes bei einer Lichteinwirkung von bestimmter Stärke und von bestimmtem Wechsel die günstigsten Bedingungen ihres Daseins geboten sein werden.

Die Grade der Helligkeit auf unserer Erdoberfläche durchlaufen vom grellsten Mittagslicht der Tropensonne bis zur Finsternis der mond- und sternenlosen Nacht alle Zwischenstufen. Dem steten Wechsel von gleichlangen Tag- und Nachtzeiten in den Tropen stehen die monatelangen Tage und Nächte der Polargegenden gegenüber; den unmittelbar, bald steiler, bald schräger einfallenden Sonnenstrahlen das diffuse Licht, das, unter Ausschaltung der direkten Strahlen, von den Wolken oder von andern belichteten Gegenständen reflektiert wird, und das unter allen nur denkbaren Abstufungen – etwa im Schatten des Waldes – zu einem nur bescheidenen Bruchteil der Intensität des direkten Sonnenlichtes herabsinken kann. Bei dieser Verschiedenheit der Stärkeverhältnisse des Lichtes in verschiedenen Zonen und an verschiedenen Standorten ist es begreiflich, daß die Pflanzenformen der Erde je nach ihrem Lichtbedürfnis eine gewisse Gruppierung erfahren haben, daß Licht- und Schattenpflanzen nach ihren Standorten sich scheiden, und daß die Bewohnerin der Polarländer auf andere Lichtverhältnisse abgestimmt ist als die des Äquators.

Anpassungen der Pflanzen an verschiedene Lichtintensität. Allein, wenn auch im Laufe der Entwicklung des Pflanzenlebens auf der Erdoberfläche eine solche allgemeine Anpassung an die Stärkeunterschiede des Lichtes sich vollzogen hat, so erscheint es bei dem örtlichen und zeitlichen Wechsel der Lichtintensitäten doch völlig ausgeschlossen, daß nun jedes pflanzliche Einzelwesen unter allen Umständen des ihm zusagenden Optimums

der Lichtwirkung teilhaftig werde. Freibewegliche niedere Wasserpflanzen (Algen) können wohl, wie man beobachtet hat, den Ort der für sie günstigsten Beleuchtung selbsttätig aufsuchen; die an den durch irgend einen „Zufall“ ihr zugewiesenen Standort gebannte Landpflanze aber kann zeitweiliger oder dauernder Ungunst der Belichtung, sofern diese eine Existenzmöglichkeit nicht vollkommen ausschließt, nur dadurch begegnen, daß sie in ihrem Organismus besondere Vorrichtungen entwickelt, die unangemessene Lichtverhältnisse in ihren Wirkungen zu korrigieren vermögen.

Ein sehr ausgiebiges Mittel in der Regulierung der Lichtbestrahlung besitzen zahlreiche Pflanzen zunächst in der Fähigkeit, ihre Blätter gegen die Strahlen der Sonne in verschiedenen Winkel zu stellen und so, je nach Bedarf, deren Wirkung zu erhöhen oder abzuschwächen. Bei den Eucalyptusbäumen, den Bohnen und vielen anderen Pflanzen beobachtet man, daß sie bei hellem Sonnenschein ihre Blätter so stellen, daß sie möglichst wenig von den Strahlen getroffen werden, und unsern wilden Salat (*Lactuca scariola*) hat man nebst einer amerikanischen Komposite (*Silphium perfoliatum*) geradezu als Kompaßpflanzen bezeichnet, weil sie ihre vertikal gerichteten Blätter zu gleichem Zwecke genau in der Nord-Südrichtung einzustellen pflegen (Fig. 1).



Fig. 1 a.

Fig. 1 b.

Kompaßpflanze (*Lactuca scariola*).

a in der West-Ost-Richtung, b in der Nord-Süd-Richtung gesehen.

wenngleich es in erster Linie wohl eine Vorrichtung gegen zu starke Verdunstung (vgl. den zweiten Abschnitt) darstellt. Ganz allgemein steht dann ferner den Pflanzen ein Regulator der Lichtwirkung dadurch zur Verfügung, daß die kleinen, das Chlorophyll tragenden Protoplasmakügelchen der Blattzellen, die Chlorophyllkörperchen, zu einer Lageveränderung im Innern der Zellen befähigt sind. Bei grellem Licht stellen sie sich senkrecht zur Blattfläche untereinander (Fig. 2 a), im Schatten hingegen parallel zur Blattfläche nebeneinander (Fig. 2 b). Das Blatt selbst

erscheint dadurch im letzteren Falle satter grün als im ersteren, und es liegt auf der Hand, daß alsdann die Einwirkung der Lichtstrahlen auf die Gesamtheit der Chlorophyllkörperchen eine weit stärkere ist, als wenn diese zum großen Teile einander überdecken. — Ein sehr wirksames Abschwächungsmittel gegen zu starke Lichtreize auf das Protoplasma der Pflanze sehen wir dann endlich vielfach bei denjenigen Gewächsen ausgebildet, die als echte Lichtpflanzen an sonnigen und trockenen Standorten ihr Gedeihen finden. Sie sind in der Regel auf Stengeln und Blättern mit einem mehr oder minder dichten Haarfilz bekleidet, der die Kraft der Sonnenstrahlen bricht, daneben allerdings auch Schutz gegen zu rasche Verdunstung bietet.

Die Nachteile einer zu schwachen Beleuchtung vermögen viele Pflanzen dadurch zu überwinden, daß sie in den Blattzellen braune, rote oder violette Farbstoffe entwickeln, welche, wie es scheint, die Fähigkeit besitzen, auch die stärker brechbaren Strahlen für die Zersetzung der Kohlensäure auszunutzen. Besonders ausgeprägt tritt diese Erscheinung bei den braunen und roten Tangen des Meeres hervor, die infolge der Wassertiefe, in welcher sie leben, als ausgesprochene Schattenpflanzen sich darstellen.

Auch eines seltsamen Leuchtmooses (*Schistostega osmundacea*) in den Höhlen und Klüften unserer Gebirge (z. B. Böhmerwald) mag hier gedacht werden, dessen „Vorkeim“ aus kugelförmigen Zellen gebildet wird, welche die schwachen, in die Höhle eindringenden Strahlen derart brechen, daß sie sich auf die am jenseitigen Pol der Zelle konzentrierten Chlorophyllkörper vereinigen und so gewissermaßen einen kugelförmigen Beleuchtungskörper nach Art der wassergefüllten „Schusterkugeln“ darstellen. Ähnliche Vorrichtungen zur Beleuchtung der Chlorophyllkörper sind namentlich auch in der Blattoberfläche vieler Schattenpflanzen des tropischen Urwaldes nachgewiesen.

Durch Krümmen und Strecken ihrer Achsenorgane vermag auch die an den Standort gebannte Pflanze in beschränktem Maße nicht selten günstigere Lichtbedingungen aufzusuchen (Versuche mit Zimmerpflanzen); windende

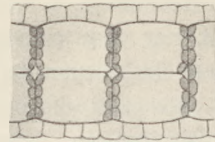


Fig. 2a.

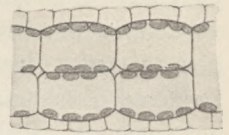


Fig. 2b.

Lagerung der Chlorophyllkörper in den Blattzellen.  
a bei Belichtung, b im Schatten.



Fig. 3. Tropischer Farn auf einem Baum.

und kletternde Gewächse wissen trotz ihres schwachen Stammes vom Bodenschatten des Waldes in lichtvolle Höhen emporzuklimmen, und zahlreiche Pflanzen des tropischen Urwaldes haben sich vom lichtarmen Boden völlig emanzipiert, indem sie als Epiphyten hoch oben auf den Ästen der Bäume (Fig. 3) wachsen und so in ausgiebiger Weise des segenspendenden Lichtes teilhaftig werden.

### III. Die umgebenden Medien.

Als die das organische Leben allseitig umgebenden und bedingenden unorganischen Medien kommen vor allem der feste Boden, das flüssige Wasser und die gasförmige atmosphärische Luft in Betracht. Keines dieser drei Medien ist für den Aufbau und die Lebensvorgänge der Pflanze entbehrlich, aber wir kennen auch kaum eine Örtlichkeit der Erdoberfläche, wo dieselben nicht auch in irgend einer Form und in gewissem Grade der Pflanze zugänglich wären. Die atmosphärische Luft bedeckt die gesamte Erdoberfläche als 70–100 Kilometer dicke Hülle, aber sie ist auch im Wasser des Meeres gelöst und dringt tief in den Boden ein. Das Wasser nimmt zwar im tropfbar flüssigen Zustande nur begrenzte Gebiete ein; allein in Dampf- und Dunstform ist es ein ständiger, wenn auch in seiner Quantität wechselnder Bestandteil der Luft, und auch den Boden durchtränkt es aller Orten, wo Regen oder Tau die Erde netzen. Die Mineralstoffe des Bodens endlich sind gleichfalls nicht auf dessen eigentliches Gebiet, die feste Erdrinde, beschränkt, sondern ihre gelösten Bestandteile finden sich ständig in den Wasseransammlungen der Erdoberfläche, dem Meere sowohl wie dem Süßwasser, beigemischt, ja selbst die atmosphärische Luft ist, wenigstens in ihren tieferen Schichten, von zahllosen schwebenden Teilchen derselben erfüllt (Staub). Diese Allgegenwart, diese gegenseitige Durchdringung der Medien macht es möglich, daß pflanzliches Leben so ziemlich auf der ganzen Oberfläche der Erde bestehen kann, soweit nicht etwa die Wärme- und Lichtverhältnisse dies verhindern. Nur die Wüste mit ihrem oft auf ein Minimum herabgehenden Feuchtigkeitsgehalt macht hier, wenigstens zum Teil, eine Ausnahme. Andererseits ist von vornherein anzunehmen, daß die physikalischen und chemischen Verschiedenheiten der Medien, denen sich die Pflanzen nach ihrem jeweiligen Aufenthaltsort anzupassen haben, weitgehende Unterschiede im Bau und Charakter der Pflanzen bedingen.

#### a. Der Boden.

##### 1. Die physikalische Verschiedenheit des Bodens.

Für die große Mehrzahl aller Landpflanzen ist der Erdboden der feste Punkt, an dem sie mit ihren Wurzeln verankert und dadurch befähigt sind, den Bewegungen der Atmosphäre Trotz zu bieten.

Auf felsigem Boden ist der Wurzel ein Vordringen in die Tiefe durch die Kohäsion der Gesteinsteile unmöglich gemacht; sie vermag nur auf dessen Oberfläche sich auszubreiten, falls nicht Spalten und Ritzen ein Tieferdringen gestatten. Erst die aus zerkleinertem Gesteinsmaterial bestehenden eigentlichen Bodenarten („Erde“), wie Kies, Sand, Lehm, Ton, Kalk, Mergel usw., besitzen einen so lockeren Zusammenhang, daß die Wurzeln nach Belieben in ihnen sich verzweigen können.

Verschiedenes Verhalten des Bodens zum Wasser. Die Zwischenräume zwischen den Teilchen der Gesteinstrümmer sind mit atmosphärischer Luft oder mit Wasser ausgefüllt, welches letztere auch mit verschiedener Kraft — je nach der Art des Gesteins — den einzelnen Bodenpartikelchen anhaftet. Für den Haushalt der Pflanze ist dieses fein im Boden verteilte Wasser von höchster Wichtigkeit, da es fast ausschließlich den Gesamtbedarf der Pflanze zu decken hat. Verschiedenheiten im Verhalten der einzelnen Bodenarten zum Wasser müssen daher auch einen ausschlaggebenden Einfluß auf das Gedeihen und den Charakter der Vegetation ausüben.

In erster Linie kommt hierbei die sog. Wasserkapazität in Betracht, d. h. die Menge Wasser, die eine Bodenart überhaupt aufzunehmen und festzuhalten vermag. In enger Beziehung hierzu steht die Durchlässigkeit des Bodens, also die Geschwindigkeit, mit welcher das aufgenommene Wasser in tiefere Schichten abfließt, mit der es durch die betreffende Bodenart hindurchfiltriert. Endlich zeigen sich auch noch Verschiedenheiten in der Saugkraft des Bodens, d. h. in der Fähigkeit, das Wasser tieferer Schichten durch Kapillaranziehung in sich emporzusaugen (Versuch mit Bodenproben in über Wasser umgestülpten Gläsern). Während Kies, Sand und überhaupt gröberes Gesteinsmaterial das Wasser nur in mäßigem Grade aufnehmen können, um es schnell durch sich hindurchfiltrieren zu lassen, besitzt beispielsweise der Ton eine etwa dreimal größere Aufnahmefähigkeit für Wasser, das er auch mit großer Zähigkeit zurückhält. Ebenso kommt dem Ton die größte wasseraufsaugende Kraft zu, im Gegensatz zu Kalk und Gips, die zwar reichlich Wasser aufzunehmen vermögen, aber eine nur geringe, selbst vom Sande noch übertroffene Saugkraft besitzen. Pflanzen auf sandigem Boden sind daher leicht der Gefahr des Wassermangels ausgesetzt, wenn sie es nicht verstehen, durch Ausbildung tiefgehender Wurzeln die noch feuchten Schichten der Tiefe auszunutzen. Auch die Pflanzen des reinen Kalkbodens zeigen bei dessen geringer Saugkraft vielfach den Charakter einer Trockenheit liebenden (xerophilen) Vegetation. Verwickelter werden alle diese Verhältnisse nun noch dadurch, daß die Hauptbodenarten in mannigfachster Weise gemischt auftreten, und daß fast überall auch organische Zersetzungsstoffe als sog. Humus dem jeweiligen Bodenmaterial beigemischt sind.

Bei überreicherlicher Wasserzufuhr tritt auf Ton- und auch auf Kalkboden Ver-

sumpfung ein, die namentlich infolge der hierdurch bedingten Stagnation der Luft dem Pflanzenleben ungünstige Bedingungen bietet.

## 2. Die chemische Verschiedenheit des Bodens.

Im Gegensatz zum Tier besitzt die chlorophyllgrüne Pflanze bekanntlich die Fähigkeit, ihren Körper direkt aus unorganischen Stoffen der Umgebung aufzubauen, wobei der Boden durch Vermittlung der Wurzel das Wasser und die in ihm gelösten Salze zu liefern hat. Bei vollständiger Abwesenheit des Wassers ist kein Boden imstande, pflanzliches Leben zu erhalten, da einerseits das Wasser selbst ein wichtiges Nahrungsmittel der Pflanze ist, andererseits nur flüssige, d. h. im Wasser gelöste Bodenbestandteile von der Wurzel aufgesogen werden können. Die Wichtigkeit der im obigen erwähnten „Aufnahmefähigkeit“ des Bodens für Wasser ergibt sich hieraus von selbst.

Von den sehr verschiedenen unorganischen Verbindungen, welche den Erdboden zusammensetzen und durch das Regenwasser, z. T. unter Mitwirkung eines sauren, von den Wurzelhaaren abgesonderten Saftes, in Lösung gehen, wird im II. Abschnitt ausführlicher zu handeln sein. Hier sei nur auf die aus der Aschenanalyse verschiedener Pflanzen sich ergebende Tatsache hingewiesen, daß jede Art die für sie notwendigen Salze in anderem Mengenverhältnis dem Boden entnimmt als andere, mit ihr an demselben Standorte wachsende, daß also dementsprechend die Bedürfnisse der verschiedenen Pflanzenarten in bezug auf ihre unorganische Nahrung verschieden sind, und daß sie die Befähigung besitzen, diesem Bedürfnis bis zu einem gewissen Grade durch Auswahl der für sie geeigneten Stoffe aus der Lösung des Bodens gerecht zu werden. Es ergibt sich hieraus, daß mit- und nacheinander auf dem nämlichen Boden am besten solche Pflanzenarten gedeihen werden, die in ihren Salzbedürfnissen möglichste Verschiedenheit zeigen, sich möglichst wenig gegenseitig im Nahrungserwerb beeinträchtigen (Wechselwirtschaft und Fruchtfolge der Landwirte), sowie ferner, daß die chemische Zusammensetzung des Bodens neben seiner physikalischen Beschaffenheit in hohem Maße ausschlaggebend sein muß für die Pflanzenformen, die sich auf ihm dauernd zu erhalten vermögen.

Kalk-, Salz- und Humusboden. Die Zersetzung der Urgesteine liefert allerdings im allgemeinen einen Boden, der, mit zersetzten organischen Substanzen (Humus) gemengt, der großen Mehrzahl der Pflanzen die notwendigen Baustoffe in ausreichender Menge darbietet, und ohne daß das natürliche Auswahlvermögen der Pflanze durch gewisse, in übermächtiger Weise auftretende Salze in schädlicher Weise beeinträchtigt würde. Anders dagegen, wenn der Boden reichliche Mengen von Kalksalzen, von Kochsalz oder von sog. saurem Humus enthält.

Was zunächst die Kalksalze betrifft, so ist festgestellt, daß zahlreiche Pflanzen durch reichlichere Mengen derselben zugrunde gehen, wahrscheinlich

weil durch sie die Aufnahme der Kalisalze beeinträchtigt wird, daß andere Arten dagegen einen Überfluß an Kalk ohne Schaden zu ertragen vermögen. Es erklärt sich hieraus, daß die „kalkscheuen“ Pflanzenformen, wie etwa das Heidekraut, die Heidelbeeren, der Besenstrauch, der kleine Sauerampfer und viele andere, auf Kalkboden überhaupt nicht anzutreffen sind, während andere auf ihm vorzüglich gedeihen und namentlich überall da sich ganz auf ihn zurückgezogen haben, wo sie auf kalkärmerem Boden der Konkurrenz verwandter Formen nicht gewachsen sind. So wächst z. B. die Lärche in Bayern und Salzburg ganz allgemein nur auf Kalkboden, wogegen sie in der Schweiz und Tirol das kalkarme Urgebirge bevorzugt und in den Karpathen vollkommen „bodenvag“ erscheint, d. h. auf allen Bodenarten gleichmäßig sich findet. Zum eigentlichen Aufbau des Pflanzenkörpers findet der kohlen saure Kalk keine Verwendung.

Ähnlich wie beim Kalk liegen die Verhältnisse beim Kochsalz, das ja namentlich an der Meeresküste, dann aber auch an Salinen und in Salzsteppen, dem Boden in reichem Maße — am Meere mit etwa 3<sup>0</sup>/<sub>0</sub> — beigemischt ist. Auch das Kochsalz ist bei den chemischen Umsetzungs- und Aufbauprozessen der Pflanze nicht beteiligt, sondern bleibt nach seinem Übertritt in den Pflanzenkörper unverändert. Allein seine große Löslichkeit, die weit diejenige fast aller übrigen Mineralsalze des Bodens übertrifft, bedeutet nichtsdestoweniger für die meisten Landpflanzen eine große Gefahr. Hat es sich doch gezeigt, daß selbst die für den Pflanzenkörper nützlichsten Salze, wie etwa Salpeter, nur in schwachen Lösungen der Wurzel zugeführt werden dürfen, da sie in stärkeren Lösungen bei vielen Pflanzen ein Schließen der Atmungsorgane bewirken, bei Konzentrationen über 3<sup>0</sup>/<sub>0</sub> aber überhaupt nicht mehr in das Zellengewebe der Wurzel einzudringen vermögen und daher wie absolute Trockenheit wirken. Das Kochsalz übt nun augenscheinlich auch schon bei geringerer Konzentration einen direkt schädigenden Einfluß auf viele Pflanzen aus. Eine 2–3 prozentige Lösung ist für die meisten tödlich, trotzdem so ziemlich alle bei der Allgegenwart dieses Salzes im Boden in ihrer Asche mehrere Prozent Kochsalz zu enthalten pflegen. Nur die „salzliebenden“ Pflanzen („Halophyten“) erweisen sich widerstandsfähig gegen den üblichen Salzgehalt des Meeresstrandes und der Salinen, trotzdem sie diesen Stoff in großen Mengen in sich aufnehmen, wie die bis fast zu 50<sup>0</sup>/<sub>0</sub> steigenden Mengen des Salzes in der Asche beweisen. Nicht um einen für den Pflanzenkörper nützlichen oder auch nur nutzbaren Mineralstoff handelt es sich also in der Regel bei diesen Salzpflanzen, sondern lediglich um eine gewisse Widerstandsfähigkeit gegen dessen Schädlichkeit, wobei die Pflanze mancherlei besondere Einrichtungen zu treffen hat, die einer allzu starken Konzentration des Salzes in den Geweben entgegenwirken (fleischige, wasserzurückhaltende Blätter, Beschränkung der Verdunstung durch Klein-



heit der Blätter, Behaarung usw.). Auch auf salzarmem Boden finden die Halophyten meist treffliches Gedeihen, wenn sie genügend vor der Konkurrenz anderer Pflanzen geschützt sind; in salzreichem Erdreich aber können sie vermöge ihrer Widerstandsfähigkeit gegen das Gift geradezu als die Alleinherrscher bezeichnet werden.

Der Humus, das aus organischen und unorganischen Verbindungen mannigfachster Art bestehende Zersetzungsprodukt abgestorbener Pflanzen, ist nicht nur wegen der sich entwickelnden Zersetzungswärme den Pflanzen zuträglich, sondern er liefert auch, namentlich unter dem Einfluß der Regenwürmer dem Boden eine Reihe wichtiger, weil fein verteilter und löslicher Salze. Im wesentlichen gilt dies allerdings nur von dem sog. milden Humus, wie er z. B. für den lockeren Waldboden charakteristisch ist, während der bei mangelnder Sauerstoffzufuhr als Moor- oder Heidetorf sich bildende saure Humus sowohl wegen seiner chemischen Zusammensetzung (Humussäuren) wie auch wegen seiner physikalischen Eigenschaften (Wasserundurchlässigkeit) nur wenigen Pflanzenformen günstige Vegetationsbedingungen darbietet.

Bodenkultur. Bei der Wichtigkeit, welche die Kultur vieler Pflanzen für den Menschen besitzt, ist es begreiflich, daß man von jeher versucht hat, die chemischen und physikalischen Bedingungen des Bodens für die einzelnen Kulturpflanzen möglichst günstig zu gestalten, um so von einem gegebenen Landstück die denkbar höchsten Erträge zu erzielen. Physikalisch von Wichtigkeit ist hierbei die sog. Bodenbereitung, d. h. die Auflockerung, Umlagerung, Entwässerung usw. In chemischer Hinsicht kommt vor allem die Zufuhr von Nährsalzen (Düngung) in Betracht, die entweder ausschließlich durch lösliche Mineralsalze (Kalisalze, Gips, Phosphate) bewirkt wird, oder auch durch animalische und vegetabilische Zersetzungsstoffe (Mist, Jauche), wobei es im letzteren Falle zur Not genügen kann, das auf einem Acker gewachsene grüne Pflanzenmaterial einfach unterzupflügen (Gründüngung). Auch der herbstliche Laubfall liefert dem Boden aus den vermodernden Blättern einen Teil der ihm geraubten Substanzen zurück, die durch Vermittlung der Wurzeln den Bäumen aufs neue zugute kommen. Auf die Wichtigkeit einer rationellen „Fruchtfolge“ auf ein und demselben Boden wurde schon oben hingewiesen.

## b. Die atmosphärische Luft.

### 1. Die physikalischen Bedingungen der Luft.

Die atmosphärische Luft übt bekanntlich, trotz ihres geringen spezifischen Gewichts, im Meeresniveau durchschnittlich einen Druck von etwa 1 kg auf den Quadratcentimeter (gleich einer Quecksilbersäule von 760 mm) der hier befindlichen Gegenstände aus. Dieser Druck, der, wie wir wissen, nach der Höhe schnell abnimmt, wird von den Pflanzen mit Leichtigkeit ertragen, da die Gase und Flüssigkeiten im Innern der Zellen ihm durch entsprechende „Spannung“

begegnen. Von einer Beeinträchtigung des Wachstums der Pflanzen auf hohen Bergen infolge verminderten Luftdrucks ist nichts zu bemerken; vielmehr haben diesbezügliche Versuche ergeben, daß sowohl bei einer solchen Verminderung des Druckes, wie auch merkwürdigerweise bei einer Steigerung desselben auf  $2\frac{1}{2}$  Atmosphären, das Wachstum der Pflanzen beschleunigt wird.

Weit wichtiger als die Verschiedenheiten des Luftdrucks bei Pflanzen der Ebene und des Hochgebirges sind die damit Hand in Hand gehenden sonstigen physikalischen Änderungen der Wärme- und Lichtverhältnisse.

Bei dem großen Unterschiede des spezifischen Gewichts des Pflanzenkörpers von dem der Luft wird von dem Eigengewicht der vom Boden in das Luftmeer emporragenden Pflanze nur ein sehr bescheidener Bruchteil nach dem Archimedischen Prinzip durch Luftverdrängung aufgehoben. Die Landpflanze bedarf daher im allgemeinen fester, stützkräftiger Achsenorgane, welche die Last des Körpers zu tragen vermögen. Bei höheren Pflanzen wird diese Festigkeit vielfach durch Verholzung innerer Gewebe erreicht. Schwächere Stengel benutzen nicht selten (durch Winden, Ranken, Klettern) festere Achsenorgane anderer Pflanzen als Stützpunkte.

Bewegte Luft. Von großer Bedeutung ist sodann die bewegte Luft für das Leben der Pflanze. Dem außerordentlichen Druck, den stärkere Winde ausüben, begegnet die Pflanze außer durch Festigkeit namentlich durch oft unübertreffliche Elastizität ihrer Stützorgane (Grashalm), Blattstiele und Blätter. Hochgewachsene Pflanzen, also Bäume, bedürfen dabei weit größerer Widerstandskraft als Kräuter und Gräser, da bereits in einer Höhe von etwa 15 m die Stärke des Windes das Doppelte von derjenigen am Boden beträgt. Besonders an stürmischen Seeküsten ist es daher schwer, den Baumwuchs hochzubringen, zumal auch die austrocknende Kraft des Windes, namentlich in den Wintermonaten, vielfach schädigend wirkt.

Auf der andern Seite erweist sich die bewegte Luft für viele Pflanzen auch von großem Vorteil. Dies ist der Fall zunächst bei allen sog. windblütigen Phanerogamen (Gräsern, Nadelhölzern, vielen Kätzchenträgern usw.), bei denen die Übertragung des Blütenstaubs auf die Narbe ausschließlich durch den Wind vermittelt wird. Noch größer ist die Zahl der Pflanzen, deren Früchte und Samen durch die Kraft des Windes von ihrem Entstehungsorte fortgeführt und so zur Ansiedlung in neuen Gebieten befähigt werden (Flughaare der Kompositenfrüchte, der Samen von Weiden, Pappeln, Weidenröschen, Baumwolle, Flugränder der Ulmen-, Ahorn-, Birken-, Eschenfrüchte, der Tannen- und Bignoniensamen; Hochblatt der Lindenfrüchte). Auch ganze Pflanzen, wie die als „Steppenreiter“ bekannten zusammengeknäuelten Selaginellen (Bärlappe), werden zuweilen durch den Wind weithin fortgetragen, und in noch höherem Maße gilt dies augenscheinlich von den mikroskopischen Sporen der niederen Kryptogamen.

## 2. Die chemischen Bedingungen der Luft.

Die beiden wichtigsten Gase der Atmosphäre, der Sauerstoff und der Stickstoff treten überall im Luftmeer ziemlich mit dem gleichen Prozentgehalt auf (21 : 79 Volumenprozent). Ebenso ist es mit der allerdings nur in minimalen Spuren (0,04 %) in ihr vorhandenen Kohlensäure (Kohlendioxyd), während der Gehalt an Wasserdampf bzw. Wasserdunst innerhalb außerordentlich weiter Grenzen schwankt. Spuren von Stickstoffverbindungen (salpetrige Säure, Ammoniak) sowie wechselnde Mengen fester Bodenbestandteile (Staub) sind außerdem ganz allgemein in der Atmosphäre nachweisbar.

Gase. Von den beiden Hauptbestandteilen der Luft ist der atmosphärische Stickstoff in der Regel (vgl. jedoch die nitrifizierenden Bakterien in Abschnitt II) für die chemischen Vorgänge im Innern der Pflanze ohne Bedeutung; er kommt nur als Verdünnungsmittel des Sauerstoffs in Betracht. Der Sauerstoff hingegen und die Kohlensäure spielen bei den chemischen Vorgängen im Innern der Pflanze eine entscheidende Rolle, wie im II. Abschnitt näher auszuführen sein wird.

Wasserdampf. Der Gehalt der Atmosphäre an Wasserdampf bzw. Wasserdunst ist für die gesamte Vegetation eines Gebietes zunächst insofern von ausschlaggebender Bedeutung, als mit ihm der Reichtum an Niederschlägen und somit die Bewässerung des Bodens in direktester Beziehung steht. Wie sehr dieser Faktor der Bodenfeuchtigkeit bei allen Erörterungen über den Einfluß der Wärme, des Bodens usw. auf die Pflanzenwelt mit in Rücksicht zu ziehen ist, wurde ja in den früheren Kapiteln schon mehrfach hervorgehoben. Aber auch der nicht als tropfbar flüssiger Regen den Boden tränkende, in seiner Menge überaus wechselnde Wasserdampfgehalt der Atmosphäre ist für den Gesamthaushalt der Pflanze keineswegs gleichgültig, sondern muß als eine der Hauptursachen für die unendliche Mannigfaltigkeit in Bau und Gestaltung der oberirdischen Vegetationsorgane in Anspruch genommen werden.

Zum Verständnis dieser Behauptung ist es nötig, darauf hinzuweisen, daß jede Pflanze in ihrem Betriebe eines geregelten Wasserwechsels bedarf, eines sich stetig erneuernden Saftstromes, der, in die Wurzel eintretend, den ganzen Pflanzenkörper durchzieht, um schließlich aus den Millionen Poren der Blätter und grünen Stengel, den Spaltöffnungen, in die umgebende Atmosphäre abzdunsten (Transpiration, vgl. den II. Abschnitt). Möglichste Regelung dieses Transpirationsstromes und Anpassung desselben an die jeweiligen Verhältnisse ist augenscheinlich ein Haupterfordernis für das Gedeihen aller Pflanzen. Ist es doch klar, daß ein zu geringer, die Einfuhr der Nährsalze des Bodens hemmender Wasserwechsel nicht minder schädigend einwirken muß, als eine zu lebhafte Verdunstung, bei welcher ein Welk-

werden und Austrocknen der oberirdischen Teile sowie giftig wirkende Konzentration der Nährsalzlösung die notwendigen Folgen sind.

Die Bewohner einer mit Wasserdampf meist gesättigten Atmosphäre tragen daher ein ausgesprochen anderes Gepräge als diejenigen trockener Klimate, und ähnliche Unterschiede lassen sich schon bei uns zwischen den Pflanzen des schattigen, feuchten Laubwaldes und denen der sonnendurchglühten freien Anhöhe nachweisen. Große, breitflächige Blätter, oft mit zarter Oberhaut und ungeschützten Spaltöffnungen (z. B. Farne, Arongewächse, Waldbalsamine, in den Tropen die Palmen, Bananen usw.) erscheinen am besten geeignet, auch in wasserdampfreicher Luft noch genügende Mengen von Betriebswasser zur Verdunstung zu bringen, während kleine und leder-

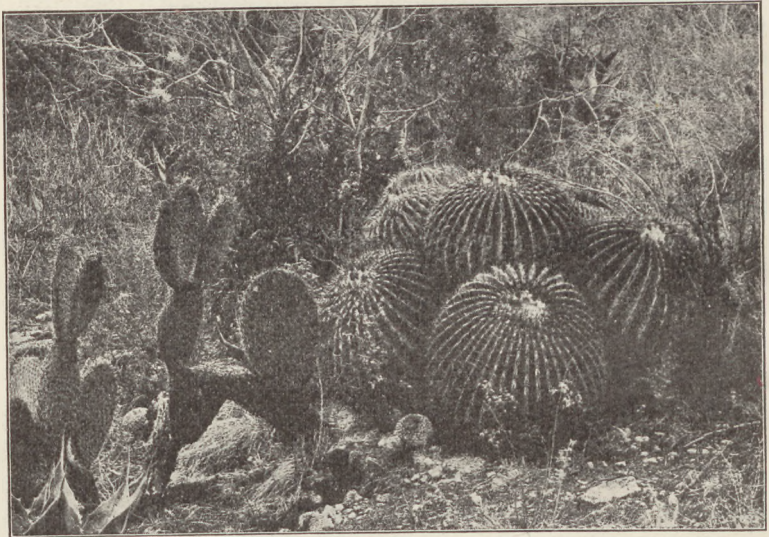


Fig. 4. Kaktus-Vegetation (Mexiko).

artige (immergrüne) Blätter mit derber, nur sparsam mit geschützten Spaltöffnungen besetzter Oberhaut (die überdies noch mit undurchlässigem Wachüberzug oder dichtem Haarfilz bedeckt sein kann) der Gefahr einer zu lebhaften Transpiration in dürrn Gegenden entgegenwirken. Nicht selten ist bei Gewächsen besonders trockener Gebiete die Blattbildung sogar ganz unterdrückt (Kakteen [Fig. 4], viele Euphorbien, Ruscus), so daß dann die grünen Stengelorgane allein für die Aufnahme der Gase und die Verdunstung des Wassers zu sorgen haben. Auch Wasserreservoir in dickfleischigen Blättern (Fettpflanzen) und Achsenorganen (Kakteen), die das nötige Betriebswasser mit großer Zähigkeit zurückhalten, finden sich als Schutzmittel gegen die Trockenheit.

Einen etwas anderen Charakter haben diejenigen Einrichtungen, welche

dem einzelnen Pflanzenindividuum an seinem Standorte über den Wechsel der Luftfeuchtigkeit im Laufe der Tages- und Jahreszeiten hinweghelfen. In erster Linie ist hier die wechselnde Stellung der Blätter zur Bestrahlung der Sonne zu nennen (vgl. auch S. 7) sowie die Fähigkeit der Spaltöffnungen, sich bei steigender Wärme und Trockenheit zu schließen, die Ausgabe von Wasserdampf also zu verhindern. Auch zum Einrollen und Zusammenfallen sind die Blätter vieler Pflanzen befähigt, wodurch die Spaltöffnungen bei Trockenheit nach Möglichkeit von der Luft abgeschlossen werden. Ja, die Laubbäume der kälteren Zonen scheinen dem Winter vornehmlich nur dadurch standhalten zu können, daß sie sich während der Periode des Frostes, wo die Wasseraufnahme aus dem Boden gänzlich gehemmt ist, vollkommen des auch bei Kälte Wasserdampf ausgebenden Laubes entledigen. Ein ähnliches Abwerfen des Laubes findet auch in heißen Gegenden während der Trockenperiode statt.

Direkte Aufnahme des Wassers aus der Luft. Eine Aufnahme des Wasserdampfes direkt aus der Atmosphäre findet zweifellos bei manchen Pflanzen statt, wie Versuche an tropischen Orchideen beweisen, und zwar wohl in der Weise, daß der Wasserdampf durch gewisse schwammartige Zellenmassen der Luftwurzeln kondensiert wird. Flechten und Moose sind ebenfalls befähigt, durch die zarten Wandungen ihrer Gewebe Wasserdunst oder Regen aufzusaugen, wie denn die Torfmoose durch besondere, mit „Wasserporen“ (Fig. 5) versehene Zellen sich fast blitzschnell ganz mit Wasser zu sättigen vermögen. Bei den höheren Pflanzen ist die Wasseraufnahme aus der Luft immerhin eine sehr beschränkte.

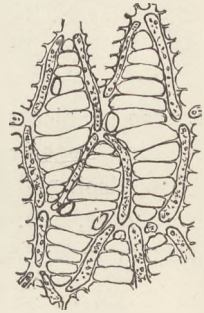


Fig. 5.  
Torfmoosblätter mit  
Wasserporen.

Am ausgiebigsten ist sie wohl noch bei den mit sammetartigem Haarfilz überzogenen Luftwurzeln mancher Orchideen, Arongewächse usw.; aber auch die Blattflächen vieler Farne und Bärlappe vermögen Wasser aufzunehmen, und selbst bei unsern heimischen Phanerogamen kennt man eine Reihe von Einrichtungen, die dem gleichen Zweck zu dienen scheinen (drüsenartige Haare am Stengel der Sternmiere, Grübchen mit Saugzellen auf der Blattunterseite der Preiselbeere, verdickte Blattzähne der Weiden, Pappeln usw., Saugzellen in dem Wasserbecken der Karden, Gentianen usw.).

Regenleitung. Für den Gesamtbedarf der Pflanze kommen diese geringen Mengen Wasser, welche von den oberirdischen Organen aufgenommen werden, bei der Mehrzahl der Phanerogamen natürlich kaum in Betracht. Dagegen verdient es hervorgehoben zu werden, daß die oberirdischen Organe durch ihre Anordnung indirekt recht erheblich auf eine genügende Wasserzufuhr einzuwirken vermögen, indem die Blätter in der Regel eine solche Stellung haben, daß sie die auf sie fallenden Regentropfen dahin ableiten, wo das zarte Wurzelwerk der Pflanze im Boden verzweigt ist. Im allgemeinen



kann man zwei Haupttypen solcher Wasser„leitung“ unterscheiden, die zentripetale (Fig. 6 a), wie wir sie namentlich bei unsern Zwiebelgewächsen, der Zuckerrübe, dem Wegerich und anderen Pflanzen mit ausgesprochener Pfahlwurzel beobachten, und die zentrifugale (Fig. 6 b), wie sie besonders bei



Fig. 6 a.



Fig. 6 b.

a Zentripetale, b zentrifugale Wasserleitung.

unsern heimischen Waldbäumen, aber auch bei Aroideen usw. entwickelt ist, wo der Regentropfen, von Blatt zu Blatt weiterrollend (wobei oft lange „Träufelspitzen“ das Abtropfen erleichtern), schließlich in der Peripherie der Laubkrone, d. h. in der Zone der letzten zarten Ausstrahlungen der Seitenwurzeln zu Boden fällt.

### c. Das Pflanzenleben im Wasser.

#### 1. Die physikalischen Bedingungen des Wassers.

Im Gegensatz zu den im Boden wurzelnden und in das Luftmeer sich emporstreckenden Pflanzen, die infolge des geringen spezifischen Gewichts der Atmosphäre fast ihre gesamte Körperlast zu tragen haben und demgemäß mit festen, widerstandsfähigen Achsenorganen ausgestattet sein müssen, wird das Gewicht der Wasserpflanzen nach dem Archimedischen Prinzip vom Wasser aufgehoben, so daß sie frei in ihm schwimmen oder fluten können. Ganz allgemein sind daher die Achsenorgane der Wasserpflanzen durch geringe Festigkeit und meist auch durch geringe Dicke ausgezeichnet, wie dies am besten bei den zuweilen Hunderte von Metern langen, oft mit Schwimmblasen versehenen Tanggewächsen des Meeres (Riementang; Fig. 7) in die Erscheinung tritt. Etwas anders liegen die Verhältnisse natürlich bei solchen Pflanzen, die nur mit dem Grundteil ihres Körpers im Wasser stehen, mit ihrem Blütenstande aber frei in die Luft hineinragen; bei diesen muß die

Festigkeit den Anforderungen des über Wasser befindlichen Teiles entsprechen. (Schilfrohr, Rohrkolben, Schwertlilien usw.).

Freies Schwimmen oder Schweben im Wasser ist bei niederen Pflanzen aus der Gruppe der Algen (Diatomeen, Desmidiaceen, Volvocineen usw.) weitverbreitet. Man bezeichnet solche Pflanzen gleich den Schwebtieren des Wassers (vgl. S. 79) als „Plankton“ (das „Treibende“). Auch höher organisierte Pflanzen können aus weiter unten zu besprechenden Gründen vielfach ohne im Boden haftende Wurzeln auskommen; da sie aber der Eigenbewegung entbehren, so sind sie in dem durch ihre Loslösung vom Boden herbeigeführten Schwimmzustande völlig von der Bewegung des Wassers, von dessen Strömung und Wellenschlag abhängig. Nur wo diese Faktoren von geringerem Einflusse sind, also in stehenden Gewässern, zwischen Schilf und Röhricht, sind derartig freischwimmende Pflanzen, wie Froschbiß, Wasserloë, Hornblatt usw., vor der Gefahr gesichert, durch die Gewalt der Wellen binnen kurzem an das Ufer gespült zu werden; in allen fließenden Gewässern und so auch vor allem in der Brandungszone des Meeresufers bedürfen die dort lebenden Gewächse zum mindesten einer festen Verankerung, auch wenn sie sonst nach ihrer Organisation von den Nährstoffen des Bodens



Fig. 7. Riantang (*Macrocystis*).

unabhängig erscheinen. Eine Folge hiervon ist es, daß alle höher organisierten Pflanzen an die Strandregion gebunden sind und überall da fehlen, wo der Boden den Wurzeln nicht mehr erreichbar ist. Auch die schwimmenden Tangbüschel der Sargasso-See des Atlantischen Ozeans entstammen den Küsten Amerikas, wo sie losgerissen wurden.

Noch ein anderer charakteristischer Unterschied tritt zwischen den Pflanzen des stagnierenden und des bewegten Wassers hervor: Erstere sind in der Regel mit breitflächigen, der Oberfläche des Wassers aufliegenden Blättern ausgestattet (Seerosen, Froschbiß); letztere hingegen, welche dauernd der

starken mechanischen Kraft des fließenden Wasserstroms ausgesetzt sind, pflegen entweder lang linealische, sich der Stromrichtung parallel stellende Blätter zu besitzen (Laichkräuter, Seegras), oder aber in zahllose haarfeine Zipfel zerschlitzte, die der Gewalt des Wassers keinen Widerstand entgegensetzen (Wasserranunkeln, Tausendblatt usw.). Vielfach sind die Wasserpflanzen auch mit zwei verschiedenen Arten von Blättern ausgerüstet, breitflächigen, die auf der Oberfläche schwimmen, und fein zerschlitzten, die unter Wasser bleiben (Wasserhahnenfuß [Fig. 8], Wassernuß usw.).

Belichtung im Wasser. Da die Lichtstrahlen vom Wasser stark absorbiert werden, so herrscht bereits in einer Tiefe von 100 m eine so große Dunkelheit, daß alles Pflanzenleben dort unmöglich wird. Selbst die freischwimmenden mikroskopischen Algen der Hochsee, die in ihren geradezu unfaßbaren Mengen den Reichtum des Meeres an tierischem Leben bedingen, sind daher auf die obersten 30 bis 50 m der Meeresfläche beschränkt.

Auf die in der Strandzone und in ganz flachem Wasser vorherrschenden chlorophyllgrünen Phanerogamen und Algen (Grünalgen) folgt mehr nach der Tiefe zu noch eine sog. „Schattenflora“ von Braun- und Rottangen, d. h. von Algenformen, die vermöge besonderer Farbstoffe befähigt sind, auch die am tiefsten in das Wasser dringenden stark brechbaren Strahlen noch zur Zersetzung der Kohlensäure auszunutzen (vgl. S. 13). Unter einer Tiefe von 30 m ist aber auch für die Mehrzahl dieser Gewächse die Existenzmöglichkeit ausgeschlossen.

#### Wärmeverhältnisse des Wassers.

Die Wärmeverhältnisse des Wassers müssen bei der verhältnismäßig großen Beständigkeit seiner Temperatur im allgemeinen als günstige bezeichnet werden. Nur die Binnengewässer der kälteren Zone bieten den etwa auf ihnen entwickelten Schwimmpflanzen durchaus ungünstige Bedingungen während der Zeit der Eisbedeckung. Durch Absterben der oberirdischen Teile (Seerosen) oder gar durch Entwicklung von in die Tiefe sinkenden Winterknospen (Froschbiß [Fig. 9], Wasseralee, Wasserschlach), die dann im nächsten Frühjahr infolge



Fig. 8. Wasserhahnenfuß mit zweierlei Blättern.



Fig. 9. Froschbiß mit Winterknospen.



von Gasentwicklung im Innern der Zellen wieder emporsteigen, sind die unter derartigen Verhältnissen lebenden Pflanzen vor dem Untergange geschützt.

## 2. Die chemischen Bedingungen des Wassers.

Aus den vorhergehenden Abschnitten über Boden und Luft wissen wir bereits, daß jede chlorophyllhaltige Pflanze bei ihrem Lebensprozeß sowohl gelöste organische Salze (meist durch die Wurzel) als auch Gase (Sauerstoff, Kohlensäure) aufzunehmen hat.

Salze. Der erstgenannte Vorgang, die Aufnahme gelöster unorganischer Salze, die bei den Landpflanzen fast ausschließlich durch die Wurzeln geschieht, vollzieht sich bei den Wasserpflanzen im Prinzip nicht wesentlich anders als bei den Landpflanzen. Schon S. 9 wurde darauf hingewiesen, daß die Wasseransammlungen der Erdoberfläche in keinem Falle chemisch reines Wasser darstellen, sondern einen Teil der löslichen Mineralsalze der Erdrinde in sich aufgenommen haben. Das freie Wasser der Seen, Flüsse, Meere kann somit ganz wohl den im Innern des Bodens durch das Regenwasser geschaffenen und von den Wurzeln der Landpflanzen aufzunehmenden Salzlösungen der Erdkruste in Parallele gestellt werden, wenngleich es sowohl in der Zusammensetzung wie in der Konzentration vielfach von ihnen abweicht. Es ist daher theoretisch von vornherein verständlich, daß Wasserpflanzen, sofern sie nicht (wie viele aus dem Wasser emporragende Formen, aber auch die schwimmenden Seerosen) im Boden der Gewässer wurzeln und diesem die nötigen Mineralstoffe entnehmen, durch einfaches Einsenken ihrer Wurzeln in das Wasser, in dem sie schweben, sich mit hinreichenden Salzmengen versehen können.

In der Wirklichkeit sind hierbei augenscheinlich zwei grundverschiedene Fälle zu unterscheiden: Die ungemein starke Salzlösung des salzigen oder Meerwassers, und die sehr schwache Konzentration der mineralischen Substanzen im Süßwasser.

Nach dem, was im früheren (S. 12) über das Kochsalz und über starke Salzlösungen überhaupt gesagt worden, ist es begreiflich, daß die Zahl der höher organisierten Pflanzenformen im Meere eine verschwindend geringe ist: Nur einige Phanerogamen, wie das Seegrass, haben es vermocht, sich so ungünstigen chemischen Bedingungen anzupassen, und allein die verschiedenen Gruppen der vollkommeneren Algen zeigen einen größeren Formenreichtum.

In bezug auf das süße Wasser der Teiche, Seen und Flüsse, die außer Algen auch zahlreiche höhere Pflanzen beherbergen, ist im Gegensatz hierzu hervorzuheben, daß die Geringfügigkeit der in ihm enthaltenen Mineralsubstanzen wohl schwerlich zur Ernährung der allein auf diese angewiesenen schwimmenden Wasserpflanzen ausreichen würde, wenn nicht die ständige Bewegung und Strömung des Wassers stets neue Salzteilchen mit der

Pflanze in Berührung brächte, und wenn nicht vor allem durch besonders zarte Wandungen der aufsaugenden Zellen das Eindringen größerer Mengen Nährwasser in das Innere der Pflanze gewährleistet wäre. In der Tat ist diese Zartheit der Oberflächenmembranen ein allgemeines Charaktermerkmal der Wasserpflanzen, und zwar nicht nur der in das Wasser sich einsenkenden Wurzeln (vgl. die Wurzelhaare des Froschbiß), sondern auch der Achsenorgane und Blätter. Möglich ist ein solcher Mangel einer derberen Schutzhülle bei den Wasserpflanzen, weil sie infolge der abschwächenden Wirkung des Wassers weit weniger als in der Luft mechanischen Schädigungen ausgesetzt sind. Andererseits wird aber durch diese Ausdehnung der Zartwandigkeit auch auf die Stengel und Blätter den Wurzelhaaren ein gut Teil ihrer spezifischen Aufgaben genommen, insofern nunmehr auch jene bei den Landpflanzen derbwandigen Organe zum Aufsaugen des umgebenden Nährwassers befähigt werden. Im extremen Fall sehen wir daher selbst bei phanerogamischen Wasserpflanzen die echten Wurzeln völlig unterdrückt (Hornblatt, manche Wasserlinsen usw.) und deren Funktion durchaus von den Achsen und Blättern übernommen, wie denn auch die sog. „Wurzeln“ der Tange nicht als Aufsaugungsorgane, sondern als Haftapparate oder Verankerungsvorrichtungen (Bojen) im Bereich der Brandung aufzufassen sind. Wie groß bei den meisten Wasserpflanzen die „Durchlässigkeit“ der äußeren Hautschicht ist, ersieht man schon aus der Geschwindigkeit, mit der sie außerhalb des Wassers vertrocknen.

Gase. In bezug auf die beiden der Pflanze nötigen Gase (Sauerstoff und Kohlensäure) ist zu bemerken, daß ein nicht unbeträchtlicher Teil der Wasserpflanzen sie einfach, gleich den Landpflanzen, der atmosphärischen Luft entnimmt. Solche Pflanzen können also nicht, wie die Kiemenatmer unter den Tieren, völlig unter Wasser leben, sondern sie müssen die grünen Laubblätter als die Aufnahmeorgane für Gase mit der Luft in Berührung bringen, sei es, daß sie dieselben frei aus dem Wasser emporrecken, sei es, daß sie sie flach ausgebreitet auf dessen Oberfläche schwimmen lassen (Seerosen, Froschbiß). Im letzteren Falle sind natürlich die Poren oder Spaltöffnungen, durch welche die Gase eindringen, ausschließlich auf der Oberseite der Blätter angeordnet, während sie sonst bei Landpflanzen vorwiegend an deren Unterseite zu finden sind.

Anders liegen die Verhältnisse bei den völlig untergetauchten Wasserpflanzen. Sauerstoff sowohl wie Kohlensäure sind bis zu einem gewissen Grade im Wasser löslich, und beide Gase finden sich daher fast überall in den mit der Luft in Berührung stehenden Gewässern der Erdoberfläche in hinreichender Menge aufgelöst, um die Bedürfnisse der in ihnen lebenden Pflanzen zu befriedigen. Nur im Salzwasser des Meeres ist freie Kohlensäure nicht nachzuweisen, da sie hier in irgend einer Form an Basen gebunden ist.

In ganz ähnlicher Weise nun, wie die Tiere durch die zarten Membranen ihrer Kiemenblättchen den gelösten Sauerstoff des Wassers in das Blut übertreten lassen, sind die untergetauchten Wasserpflanzen imstande, durch die zarten Wandungen ihrer Blätter und Stengel zugleich mit dem Betriebswasser auch die beiden unentbehrlichen Gase in sich aufzunehmen, wobei in bezug auf die Kohlensäure des Meeres noch eine Entbindung derselben aus ihren Salzen nötig ist. Spaltöffnungen, wie sie für die Aufnahme der Gase bei Landpflanzen ganz allgemein entwickelt sind, kommen bei völlig unter Wasser lebenden Pflanzen also nicht zur Ausbildung (Hornblatt, ganz untergetauchte Laichkräuter, Seegrass, Tange), doch ist der Fall nicht eben selten, daß neben spaltöffnungslosen untergetauchten Blättern nun auch noch schwimmende oder aufgetauchte, meist anders gestaltete Blätter vorhanden sind, die die Gase der Atmosphäre nach Art der Landpflanzen durch Spaltöffnungen in sich eindringen lassen. Derartige Pflanzen (z. B. Wasserhahnenfuß, gewisse Laichkräuter usw.) sind gegen die Schwankungen des Wasserstandes und selbst gegen ein vollständiges Austrocknen der Wasserlache nach Möglichkeit gewappnet, so daß man sie mit vollem Recht als „amphibische“ bezeichnen darf.

In einem andern Sinne „amphibisch“ sind manche Pflanzen, die sich, wie der Wasserknöterich (*Polygonum amphibium*), je nach den Wasserverhältnissen ganz als Landpflanzen oder aber als schwimmende Wasserpflanzen (mit zum Teil auch untergetauchten Blättern) ausbilden können.

In stagnierenden Gewässern mit ihrer Bodendecke faulender Pflanzenstoffe macht sich nicht selten erheblicher Sauerstoffmangel geltend, wenn nicht gar durch Bildung giftiger Gase (Schwefelwasserstoff) die Vegetation auch sonst beeinträchtigt wird. An solchen Örtlichkeiten pflegen die hier wachsenden Pflanzen weite, röhrlige Achsenorgane zu entwickeln (Wasserschierling, Pferdekümmel, *Cineraria* usw.), deren Hohlraum mit sauerstoffreicher Luft gefüllt ist. Es handelt sich hier, wie man glaubt, um ein Luftreservoir, in welches der bei der Verarbeitung der Kohlensäure erzeugte Sauerstoff hineindiffundiert, um dann bei andern chemischen Vorgängen in den nicht grünen Organen der Pflanze Verwendung zu finden.

Als ursprünglich im Wasser heimisch wird man nur die Algen ansehen dürfen. Die Phanerogamenflora des Wassers aber wird man wohl auf Formen zurückzuführen haben, die ursprünglich dem Lande angehörten und dann durch Umformung in den oben besprochenen Richtungen dem Leben im Wasser sich anpaßten. Umgekehrt kennen wir ja auch zahlreiche Algenformen, die aus dem nassen Element zum Land- und Luftleben übergegangen sind (*Chroococcaceen*) und schließlich in Vergesellschaftung mit gewissen Pilzen als Flechten sogar zum Aufenthalt in den dürrsten Klimaten befähigt wurden.

#### IV. Die geographische Verbreitung der Pflanzen.

Die Verteilung der verschiedenen Pflanzenformen über das feste Land der Erdrinde wird, wie schon aus den Darlegungen der vorhergehenden Kapitel erhellt, durch sehr mannigfache Faktoren bestimmt. Als den wichtigsten von

allen dürfen wir wohl das „Klima“ betrachten, worunter wir die gesamten meteorologischen Bedingungen eines Gebietes, wie Temperatur, Luftdruck, Feuchtigkeit, Winde, Lichtintensität usw. verstehen. In zweiter Linie ist auch der Boden mit seinem verschiedenen Feuchtigkeitsgehalt und seiner verschiedenen chemischen Zusammensetzung von Bedeutung. Als drittes, nicht unwesentliches Moment für die heutige Verteilung der Landpflanzen wird man endlich die historische Entwicklung der Pflanzenwelt auf der Erd feste betrachten müssen, da die zum Teil noch jetzt vorhandene oder früher stattgehabte Trennung der Kontinente durch weite Meere naturgemäß den einzelnen Pflanzenformen ein beliebiges Wandern über die ganze Erdoberfläche nicht gestattete, sondern ihrem Streben nach weiterer Verbreitung vom Orte ihrer Entstehung ein Ziel setzte.

Je nachdem man den einen oder den anderen Faktor in den Vordergrund stellt, wird man zu einer verschiedenen Gliederung der Vegetation der Erde gelangen, wie dies in der Aufstellung von Vegetationszonen, von Vegetationsformationen und von Florenreichen zum Ausdruck kommt.

### a. Die Vegetationszonen.

Die Aufstellung von Vegetationszonen der Erdoberfläche gründet sich in erster Linie auf den maßgebenden Einfluß, den die Temperatur auf die Pflanzenwelt ausübt; ihre Grenzen fallen daher im wesentlichen mit den fünf Wärmezonen der Erde, der äquatorialen, den beiden gemäßigten und den beiden polaren Zonen zusammen (vgl. Karte 1). Die äquatoriale oder Tropenzone wird ausschließlich von Pflanzen mit großen Wärmeansprüchen (den megathermen) bewohnt, während die „mesothermen“ Pflanzen für die gemäßigten Zonen, die noch mit einem Minimum von Wärme auskommenden (die „mikrothermen“) für die Polarzone eigentümlich sind.

#### 1. Äquatorialzone.

Als megatherme, also wesentlich nur in den Tropen gedeihende Pflanzenfamilien haben unter den Gefäßkryptogamen die Baumfarne, unter den Monokotyledonen die Palmen, baumartigen Gräser (Bambusen), die Pandanaceen, viele Aroideen und epiphyte Orchideen, die Bananen- und Ananasgewächse zu gelten, während die Riedgräser, Lilien- und Narzissengewächse, ähnlich wie die Nadelhölzer, von geringerer Bedeutung sind. Von Dikotyledonen treten in den Vordergrund: die Nesselgewächse (mit den zahlreichen Feigen- und Brotfruchtarten), die Pfeffergewächse, die Malven, Lianen (Sapindaceen), Wolfsmilchgewächse, Kakteen, Passionsblumen (inkl. Begonien), Myrtengewächse (mit den Mangroven), Mimosen, Nachtschattengewächse, Labkrautgewächse und zahlreiche, auch baumförmige Korbblütler.

Trotzdem die Wärmeschwankungen im Jahresmittel in den Tropen nur verhältnismäßig gering sind (etwa von 20 bis 28° C), und demnach ununterbrochen Bedingungen herrschen, unter denen das Protoplasma zur Ausübung seiner Funktionen befähigt ist, so ist doch auch hier ein gewisser Wechsel von Ruhe und gesteigerter Tätigkeit unverkennbar. Es zeigt sich dies zwar nicht sowohl in dem Gesamtbilde der Vegetation, als im Lebenslaufe des einzelnen Pflanzenindividuum, das augenscheinlich aus inneren Ursachen von Zeit zu Zeit einer Periode verhältnismäßiger Ruhe bedarf. Auch in der üppigen Mannigfaltigkeit des tropischen Urwaldes gibt es daher laubabwerfende Bäume und mehr oder weniger scharf begrenzte Zeiten des Blühens und der Fruchtreife; allein je weniger die klimatischen Verhältnisse in ausgeprägte Perioden sich gliedern, desto geringer ist die Gleichmäßigkeit in der Ausbildung solcher Ruhepausen im Lebensgange der einzelnen Arten und selbst der Individuen, so daß die Pflanzen eines und desselben Bezirkes nebeneinander zu gleicher Zeit die Bilder von Frühlings-, Herbst- und Winterzuständen darbieten können.

Soweit die Länder der tropischen Zone zugleich auch genügend mit atmosphärischen Niederschlägen versorgt werden, bieten sie der Entwicklung der Pflanzenwelt die denkbar günstigsten Bedingungen, wie sie namentlich im tropischen Regenwald mit seiner beispiellosen Üppigkeit zum Ausdruck kommen.

## 2. Gemäßigte Zonen.

Die auf mittlere Wärmemengen abgestimmten (mesothermen) Pflanzengruppen der „gemäßigten Zonen“ haben trotz der verhältnismäßig niedrigen Jahrestemperatur mit den größten Temperaturgegensätzen zwischen oft noch recht heißen Sommern und kalten, zuweilen bis 40° unter den Gefrierpunkt herabgehenden Wintern sich abzufinden. Namentlich ausgeprägt sind diese Gegensätze in den kontinentalen Gebieten, während die Nähe der See in den Küstenländern ihren ausgleichenden Einfluß geltend macht.

Da bei einer Temperatur von wenig unter 0° der Gefrierpunkt der wässerigen Pflanzensäfte liegt, und für eine große Zahl von Gewächsen dieses Gefrieren zugleich auch ein Erfrieren, d. h. eine völlige Ertötung des Organismus bedeutet, so scheiden sich die Pflanzen der temperierten Zone ziemlich scharf in die der wärmeren gemäßigten und die der kälteren gemäßigten Zone. Die wärmere, etwa bis zur Isotherme des kältesten Monats von + 6° reichende Zone beherbergt solche Formen, die eines noch milden, im allgemeinen frostfreien Winters bedürfen, die kältere solche, die infolge der tiefen Temperaturen der kalten Jahreszeit zu einem völligen Stillstand ihrer Lebenstätigkeit gezwungen sind, vermöge der Widerstandsfähigkeit ihres Protoplasmas aber, wie durch Abwerfen des Laubes usw., vor dem gänzlichen Hinsterven bewahrt bleiben.

Als wichtigste Pflanzenfamilien, welche die Vegetation der gewaltigen Ländermassen zwischen den Wendekreisen und den Polarkreisen zusammen-

setzen, sind unter den Kryptogamen die Flechten, Laubmoose und Krautfarne (Polypodiaceen) zu nennen. Eine große Rolle spielen sodann die in den Tropen fast fehlenden Nadelhölzer, von Monokotyledonen die Lilien, Narzissen, Schwertlilien, Binsen, Riedgräser und wiesenbildenden Gräser, während die Palmen nur mit einzelnen Formen (z. B. Dattelpalmen) in das Gebiet übergreifen. Unter den Dikotyledonen ist der tropische Reichtum baumartiger Holzgewächse verschwunden (nur Sträucher sind artenreich in der warmtemperierten Zone), und an Stelle der bunten Mannigfaltigkeit in der Zusammensetzung des tropischen Waldes treten namentlich in kälteren Gebieten fast ungemischte Bestände einzelner Baumformen, besonders aus der Gruppe der Kätzchenträger (Buche, Eiche, Hainbuche; Birke, Erle, Weiden). Die Nesselgewächse sind mehr untergeordnet (Ulme, Maulbeere, Hopfen), dagegen treten Knöteriche, Melden (Salzsteppen) und Nelkengewächse in den Vordergrund. Ranunculaceen und Kreuzblütler sind artenreich, ebenso die Storchschnabelgewächse (Kapland), Doldenpflanzen und Rosengewächse. Auch die Kakteen der Tropen reichen weit in die warmtemperierte Zone hinein. Von Hülsenfrüchtlern kommt hauptsächlich die Gruppe der Schmetterlingsblütler zur Entwicklung, von Myrtengewächsen die Eucalyptusarten (Australien) und die Fuchsien (Südamerika). Heidekräuter überziehen weite Strecken des Bodens und entwickeln am Kap wie in Nordamerika einen beträchtlichen Formenreichtum; Primeln, Enziane, Rauhlblätler, Braunwurzgewächse und Lippenblütler übertreffen an Artenzahl weit die wenigen Formen der Tropen, während die Labkrautgewächse, Malven und Wolfsmilchgewächse erheblich zurücktreten und die Korbblütler mit allerdings meist nur krautigen Formen etwa den tropischen Formen die Wage halten.

Stärker als in der tropischen Zone machen sich in der gemäßigten Zone Gegensätze geltend, die durch weitgehende Verschiedenheit in der Menge der atmosphärischen Niederschläge hervorgerufen werden sowie durch die verschiedenen Zeiten, in denen dieselben erfolgen: Vom üppigen, dem tropischen Regenwalde fast gleichkommenden Urwalde bis zur trostlosen Wüste sind alle Vegetationsformationen in ihr anzutreffen.

### 3. Polarzonen.

Die arktische Zone — die antarktische ist fast vegetationslos — ist durch kalte, lange Winter und durch kühle, ungemein kurze Sommer ausgezeichnet. Die sehr schräg einfallenden Sonnenstrahlen liefern während der wenigen Sommermonate nicht Wärme genug, um den gefrorenen Boden in der Tiefe aufzutauen. Jeglicher Baumwuchs wird hierdurch unmöglich, und nur flachwurzelnende Kräuter oder Zwergsträucher mit schnell verlaufender Vegetationsperiode finden noch geeignete Bedingungen des Da-

seins. Die teils nördlich, teils südlich (Nordamerika) des Polarkreises verlaufende Grenze des Baumwuchses erscheint daher als die natürliche Grenze der arktischen Vegetationszone. Die Kälte des Winters kann den ohnehin auf extrem niedrige Temperaturen abgestimmten Pflanzen dieses Gebietes schwerlich viel anhaben; sehen wir sie doch oft genug in voller Lebenstätigkeit, mit Blüten und halbreifen Früchten, ohne dauernden Schaden zu Eis erstarren. Aber die nur auf etwa zwei Monate zu bemessende Zeit aktiver Leistungsfähigkeit, die auch während dieses Zeitraums nur um wenige Grade über den Gefrierpunkt sich erhebende Temperatur der Luft, der für Wasseraufnahme und Wachstum gleichermaßen störende Wärmeverbrauch im Boden (zum Schmelzen des in der Tiefe gefrorenen Wassers) stellen so ungünstige Lebensbedingungen dar, daß die Gesamtheit der Flora das Gepräge zwerghafter Hungerformen zu zeigen pflegt. Nur an schräg abfallenden und daher mehr senkrecht von der Sonne bestrahlten Hängen mit humosem Boden und reichlicher Feuchtigkeit kommt eine kraftvollere Vegetation zur Entfaltung.

Besondere, dem Gebiet allein eigentümliche Familien hat die arktische Zone nicht hervorgebracht; die Vegetation erscheint vielmehr der Hauptsache nach als ein kümmerlicher Auszug aus der nördlich gemäßigten Flora. Aus ganz Grönland sind nur 386, aus Spitzbergen sogar nur 102 phanerogamische Pflanzenarten bekannt geworden. Unter den Kryptogamen sind namentlich die Laubmoose (*Polytrichum*, *Sphagnum*) und Flechten von hervorragender Bedeutung, indem sie weite Flächen der sog. Tundren (Moostundren — Flechtentundren) und der Moore bedecken. Von Monokotyledonen sind die Riedgräser und Gräser, aber auch die Binsen verhältnismäßig reich vertreten, von Dikotyledonen kommen hauptsächlich die Nelkengewächse, Kreuzblütler, Korbblütler, Steinbrechgewächse, Ranunkeln, Heidekräuter, Enziane und Birken in Betracht. Auch Farne, Bärlappe, Orchideen, Veilchen, Rosengewächse usw. sind anzutreffen.

#### 4. Vegetationsregionen.

Wie die Temperatur vom Äquator zu den Polen allmählich abnimmt und demgemäß die Vegetation ihren Charakter ändert, so findet eine ähnliche Temperatur- und Vegetationsänderung auch auf höheren Gebirgen statt. Die Temperatur der Luft nimmt, wie bekannt, auf je 100 m um etwa 0,5–0,6° C ab, da dünnere Luft weniger Wärme zu absorbieren vermag, während umgekehrt alle festen Körper, also der Erdboden und die Pflanzen selbst, auf welche die Sonnenstrahlen treffen, aus dem entgegengesetzten Grunde weit stärker erhitzt werden als in der Ebene. Nimmt man hinzu, daß die Wärmestrahlung des Bodens im Gebirge während der Nacht oder im Schatten (der verdünnten Luft wegen) ebenfalls viel bedeutender ist als im Flachlande, so ergibt sich aus diesem allen, daß die Höhenpflanze weit größeren Tempe-

raturschwankungen ausgesetzt ist als die der Ebene. Hat man doch z. B. auf dem Himalaya in einer Höhe von 3000 m in der Sonne Temperaturen bis zu 55° C gemessen, daneben aber im Schatten solche von noch 5,0° C unter dem Gefrierpunkte.

Auch die Lichtintensität des Höhenklimas ist wesentlich größer als in der Ebene, da die dünnere Luft weniger Strahlen absorbiert und namentlich die stärker brechbaren Strahlen (blau, violett) in höherem Maße durchläßt. Vielleicht findet die lebhaftere Färbung der Alpenblumen zum Teil hierin ihre Erklärung. Bei so weitgehenden physikalischen Unterschieden, die noch erheblich durch andere Feuchtigkeits- und Windverhältnisse, weniger wohl durch die Abnahme des Luftdrucks, gesteigert werden, ist es erklärlich, daß auch der Charakter der Vegetation mit der größeren Höhe über dem Meeresspiegel eine Änderung erfahren muß.

Der Fuß der Berge zeigt überall eine dem allgemeinen Pflanzencharakter des Landes entsprechende Vegetation; es folgt eine schon durch geringeres Wärmebedürfnis ausgezeichnete „Montan-Region“, die dann unter dem Einfluß der oben genannten Faktoren in die alpine Region übergeht, bis schließlich über der Grenze des ewigen Schnees fast alles Pflanzenleben bis auf kümmerliche Flechten- und Moosformen erlischt. Die Pflanzen der alpinen Region zeigen, infolge der gleichen Ungunst namentlich der Temperaturbedingungen, eine gewisse Ähnlichkeit mit denen der Polarzone (Zwergformen, rasiger Wuchs, Rosettenblätter). Andererseits ist im Auge zu behalten, daß manche anderen Faktoren, wie namentlich die Belichtung und der Luftdruck, in beiden Regionen doch derart verschieden sind, daß von einer völligen Gleichartigkeit beider Floren, wie sie früher angenommen wurde, nicht wohl die Rede sein kann.

## b. Die Vegetationsformationen.

Erscheint die Verschiedenheit der Wärmeverteilung auf der Erde bestimmend für die Verbreitung zahlreicher großer Familien des Pflanzenreichs, sofern sie auf verschiedene Wärmebedürfnisse abgestimmt sind, so wird doch der allgemeine Charakter der Vegetation eines Gebietes in erster Linie durch den Wassergehalt des Bodens und der Atmosphäre, in geringerem Grade auch durch die Beschaffenheit des Bodens selbst bedingt. Das Gesamtgepräge der Feuchtigkeit liebenden und Feuchtigkeit fordernden Pflanzen (der Hygrophyten) ist, wie bereits S. 16 erwähnt wurde, eben ein anderes, als dasjenige der auf Trockenheit abgestimmten (der Xerophyten), und auch das zwischen beiden Extremen stehende Heer der für wechselnde Feuchtigkeit eingerichteten Formen (der Mesophyten) zeigt spezifische, nur für sie charakteristische Eigentümlichkeiten. Die Gesamtheit der in der angedeuteten Weise vornehmlich durch ähnliche Feuchtigkeitsverhältnisse in ihrer „Tracht“



einander genäherten Pflanzen bezeichnet man als Vegetationsformation, doch wendet man den Ausdruck auch wohl da an, wo etwa durch besondere Bodenbeschaffenheit die Vegetation einer Gegend einen spezifischen Charakter erhält.

Als wichtigste klimatische Formationen sind zu nennen: Die Gehölz- oder Waldformation, die Grasformation und die Wüstenformation, die wieder mancherlei Unterformationen und Übergänge erkennen lassen (vgl. Karte 1).

### 1. Die Waldformation.

Der Wald ist überall nur da möglich, wo die Tiefe des Untergrundes, bis zu der die Wurzeln der Bäume reichen, einen nie versiegenden Wasservorrat aufweist, gleichgültig, ob derselbe durch reiche atmosphärische Nieder-



Fig. 10. Tropischer Regenwald.

schläge oder durch Filtration aus Flußläufen, Quellen usw. (Galeriewälder der Steppenflüsse, Oasen) erzeugt wird. Eine zweite unerläßliche Bedingung ist, wie bereits im vorigen Abschnitte ausgeführt wurde, eine bestimmte Bodentemperatur, durch welche allein den Wurzeln die Aufnahme der Bodennahrung ermöglicht wird.

Wo ständige hohe Temperaturen mit großer Feuchtigkeit des Bodens und der Atmosphäre vereinigt sind, wie im Malayischen Archipel, im Kongo-becken, im Amazonenstromgebiet und auch sonst in vielen Küstengegenden der Tropen, finden wir die Formation des **tropischen Regenwaldes** (Fig. 10). Er ist immergrün und durch einen außerordentlichen Reichtum verschiedenartiger, von Schlingpflanzen (Lianen) umrankter, bunt durcheinander wachsen-

der Holzgewächse ausgezeichnet. Die Laubkronen sind verhältnismäßig wenig entwickelt und gestatten daher dem Licht in der Regel, in genügender Helligkeit bis zum Boden zu dringen, so daß sich auch dort eine reiche Vegetation von niederen Sträuchern und Kräutern findet. Die immer feuchte Atmosphäre ermöglicht das Auftreten zahlreicher Epiphyten (Farne, Orchideen usw.), die durch mancherlei Einrichtungen befähigt sind, ihren Wasserbedarf direkt der feuchten Luft zu entnehmen. — Eine besondere Form des tropischen Waldes sind die im Ebbe- und Flutgebiet der Flußmündungen mit hohen Stelzenwurzeln im Schlamm wachsenden Mangrovewälder.

Auch in manchen subtropischen Gegenden, z. B. in Florida, Australien usw., können noch Urwälder von der Üppigkeit und dem Charakter des tropischen Regenwaldes zur Entwicklung gelangen. Meist aber nimmt die Feuchtigkeit bei größerer Entfernung vom Äquator derart ab, daß der **immergrüne xerophile Laubwald** entsteht. In ihm hat die Mannigfaltigkeit der Zusammensetzung erheblich abgenommen, und die Epiphyten verschwinden. Die längere Sommerdürre bedingt vielfach lederartiges immergrünes Laub, wie wir beispielsweise an den Oliven- und Eichenwäldern der Mittelmeerländer, aber auch in Südaustralien und an der chilenischen Küste beobachten.

Einen durchaus eigenartigen Typus repräsentiert sodann der auf die nördlich gemäßigte Zone beschränkte **blattwechselnde Laubwald**. Die niedere Temperatur der Wintermonate bedingt einen Stillstand der Lebenstätigkeit, der sich auch äußerlich durch Abwerfen des Laubes (zur Beschränkung der Wasserverdunstung) bemerkbar macht. Echte Epiphyten fehlen gänzlich, und statt der bunten Vielgestaltigkeit des tropischen Regenwaldes sehen wir einzelne oder wenige Baumarten zu geschlossenen Beständen vergesellschaftet.

Der Boden in diesen Wäldern zeigt eine verschiedene Besiedlung, je nach der Ausbildung der Laubkrone der einzelnen Baumarten. Im allgemeinen ist das Blätterdach des Buchenwaldes am dichtesten und derart schattend, daß nur im Frühjahr vor und mit dem Laubausbruch eine reichere Vegetation von Anemonen, Primeln, Waldmeister, Sauerklee usw. sich entfalten kann. Weniger geschlossen ist das Laubdach des Eichenwaldes, der daher neben mancherlei Unterholz und Kräutern auch das Aufkommen anderer Baumformen, wie Ahorne, Ulmen, Hainbuchen usw. in seinen Beständen gestattet. Am lichtesten endlich ist der Birkenwald, dessen Boden demgemäß, bei sonst günstigen Bedingungen, am dichtesten mit Unterholz, Kräutern und Gräsern bestanden ist.

Neben den laubwechselnden Bäumen treten in der gemäßigten Zone unter ähnlichen klimatischen Bedingungen auch immergrüne Wälder auf, nämlich die der **Nadelhölzer**, deren Blätter infolge ihrer „xerophilen“ Struktur und ihrer geringen Flächenbildung nur wenig Wasser verdunsten und daher auch während des Arbeitsstillstandes im Winter erhalten bleiben können.

Bei der lichtbedürftigen Kiefer sterben die unteren Äste bald wegen Lichtmangels ab; die lichtereren Kronen gestatten daher in älteren Beständen die Ent-

wicklung einer reichen Bodenflora, namentlich von Moosen und Strauchflechten, aber auch von xerophilen Gräsern, Halbsträuchern (Heidekraut, Preiselbeere, Heidelbeere usw.) und Kräutern. Im Gegensatz hierzu bieten die Fichtenwälder mit ihren oft bis zur Erde reichenden dichten Zweigen vornehmlich nur den Hutpilzen günstige Lebensbedingungen.

Wo der Wald nicht mehr zu voller Entwicklung gelangen kann, sei es wegen ungünstiger Wärmeverhältnisse an der nördlichen Baumgrenze, sei es wegen ungenügender Feuchtigkeit in der Tiefe, treffen wir vielfach die Formation des sog. **Buschlandes**. Es ist dies eine Übergangsformation zwischen



Fig. 11. Savanne (Baumsteppe) in Westafrika.

Wald und Wüste mit ausgesprochen xerophilem Charakter. Hierher gehört unter anderen der Scrub mit seinen immergrünen Dornsträuchern im Innern Australiens, aber auch die immergrüne, aus Myrten, Eriken, Ginster, Cistosen usw. zusammengesetzte Strauchvegetation (Maquis) der Mittelmeerlande sowie weiter Gebiete Ostafrikas und des Kaplandes.

Ein Bindeglied zwischen Buschwald und Grasformation stellen die sog. Savannen dar (Fig. 11), wo die weiten, mit hohem Büschelgras bestandenen Ebenen zugleich auch mit zerstreuten Büschen oder Bäumen besetzt sind (Ostafrika, Campos Brasiliens, Llanos Venezuelas).

Als eine Abart der Waldformation, weil vielfach auch aus ihr hervor-

gegangen, kann man schließlich auch die fast ganz auf Deutschland beschränkte **Heideformation** ansehen. Es handelt sich bei ihr um einen durch Auslaugung der Nährstoffe verarmten, kalk- und leharmen Sand- oder Moorboden, auf dem vor allem nur das gesellige, halbsirauchige Heidekraut (*Calluna vulgaris*) nebst Ginsterformen, Heidelbeeren, xerophilen Gräsern, Strauchflechten usw. Gedeihen findet. Reichliche Bildung von saurem Humus von seiten des Heidekrauts verschlechtert schnell die Lebensbedingungen anderer Pflanzen und bedingt eine immer weitere Ausbreitung der Formation in dem einmal besiedelten Gebiet.

## 2. Die Grasformation.

Die Gras- oder Wiesenformation mit ihren mannigfachen flachwurzelnenden Gräsern und Kräutern ist unabhängig vom Tiefenwasser des Bodens; sie bedarf aber häufig wiederholter Niederschläge, welche die schnell verdunstende Feuchtigkeit der oberen Erdschichten zu ersetzen vermögen. Es folgt aus dem Gesagten, daß in der unberührten Natur Wald- und Grasformation der Regel nach einander ausschließen, da letztere unter Umständen zwar auch bei reichlichem Tiefenwasser gedeihen kann, hier aber durch die Waldformation als der stärkeren, die niederen Pflanzen des Lichts beraubenden verdrängt wird (Galeriewälder der Steppenflüsse), während sie andererseits überall da zur Alleinherrschaft gelangt, wo der Untergrund durch Trockenheit oder Kälte den Baumwuchs unmöglich macht, ein gewisses Maß atmosphärischer Niederschläge aber pflanzliches Leben noch in reicherm Maße gestattet. Der Mensch allein hat es in seiner Macht, der Waldformation Gebiete zu entreißen und sie in Ackerland oder Grasformation umzuwandeln.

Wie der Wald, so zeigt auch die Grasformation je nach dem Grade der Feuchtigkeit einen hygrophilen, mesophilen oder xerophilen Charakter.

Unsere heimischen **Wiesen**, die allerdings der Hauptsache nach Kulturprodukte sind und, sich selbst überlassen, nach und nach in Wald übergehen würden, stellen den Typus einer sog. geschlossenen Formation dar, bei der jedes Fleckchen der Bodenfläche ausgenutzt ist. Neben mancherlei Gräsern finden wir hier auch zahllose Krautpflanzen vergesellschaftet, deren Arten je nach Boden und Feuchtigkeit verschieden sind. Auf trockenem Boden wird der Pflanzenwuchs oft so niedrig, daß er das Abmähen nicht lohnt („Weide“; ähnlich die „Matten“ der Alpen). – Durchlässiger Sandboden führt zu der meist aus langwurzelnigen Gräsern gebildeten, nicht mehr geschlossenen **Dünenformation**.

Bei großer Feuchtigkeit, meist hervorgerufen durch undurchlässige Bodenschichten (Ton), treten an Stelle der echten Gräser mehr und mehr die Riedgräser (Sauergräser) und Binsen; es entsteht die Sumpfwiese, und bei noch größerem Wasserüberfluß der **Sumpf** mit seinem Schilfrohr und Rohrkolben, seinen Schwertlilien, Igelskolben, Froschlöffel usw.

Verschieden vom Sumpf ist das **Moor**, bei dem infolge besonderer physikalischer und chemischer Beschaffenheit des Bodens eine nur teilweise Zersetzung der absterbenden Pflanzenteile stattfindet, die zur Torfbildung führt. Die sog. Flachmoore oder Wiesenmoore mit ihren Riedgräsern, Binsen, Kriechweiden und Astmoosen unterscheiden sich in ihrer Flora nur wenig von den Sumpfwiesen; ebenso die meist erlenbestandenen Brüche von den Sümpfen. Eine weit eigenartigere Bildung dagegen stellen die nur auf mineralsalzarmem Boden auftretenden Hochmoore dar, deren dichtes, schwammiges Torfmoospolster nach der Mitte meist uhrglasförmig emporgewölbt ist und neben Ried- und Wollgräsern namentlich auch die Glockenheide, die Moosbeere, den Sumpfporst und andere Charakterpflanzen trägt.

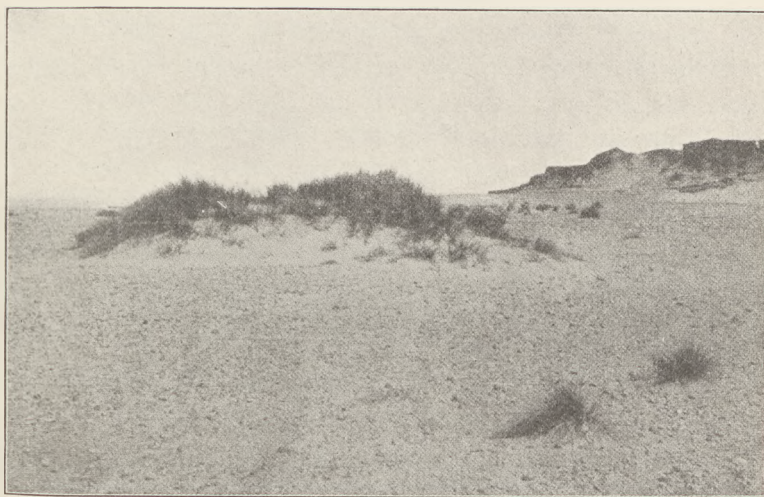


Fig. 12. Dünen-Vegetation der Nordsee.

Eine ausgeprägt xerophile, den langen, regenlosen Sommern eines subtropischen Kontinentalklimas angepaßte Formation ist die **Steppenformation**, wie sie beispielsweise typisch im südlichen Rußland entwickelt ist. Abgesehen von rasenbildenden mehrjährigen Gräsern ist sie ausgezeichnet durch einen großen Reichtum von Zwiebel- und Knollengewächsen, die in der kurzen Regenperiode des Frühlings schnell emporblühen, dann aber, bei Eintritt der Dürre, in ihren oberirdischen Teilen verdorren. Ähnlichen Charakter haben die nach Osten immer trockener werdenden und hier auf weite Strecken mit hohem Büffelgras bestandenen Prärien Nordamerikas und die Pampas Argentiniens. — Von den Savannen Afrikas und des tropischen Südamerika war schon bei der Waldformation die Rede.

Wo in den hochnordischen Gegenden auch für den Graswuchs die Bedingungen zu ungünstig sind, tritt die Formation der vornehmlich mit niederen

Kryptogamen besetzten **Tundra** auf. Bei hinreichendem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens sind es vorwiegend Laubmoose (*Sphagnum*, *Polytrichum*), welche die weiten Ebenen bedecken, bei Trockenheit hingegen die verschiedenen Formen der Strauchflechten (*Cladonia*).

### 3. Die Wüstenformation (Fig. 13).

Sowohl die Waldformation wie die Grasformation gehen ohne schärfere Grenze durch die Zwischenglieder der Halbwüste und der Wüstensteppe in die Wüstenformation über, welche alle diejenigen Gebiete umfaßt, in denen die Bedingungen für das pflanzliche Leben am ungünstigsten sind. Nur zum geringeren Teile kommt hierbei der humuslose, oft zudem noch kochsalzreiche



Fig. 13. Wüste (Algier).

Boden in Betracht; weit ausschlaggebender ist das Fehlen genügender Feuchtigkeit. Die Vegetation der Oasen, der artesischen Brunnen und selbst das Aufsprießen mannigfacher Pflanzenarten nach einem der seltenen Gewitterregen beweisen dies zur Genüge. Die Flora der Wüste ist im äußersten Grade xerophil: Die Dornsträucher zeigen nur verkümmerte Laubblätter oder sind ganz ohne Laub; daneben finden sich Kräuter mit dickfleischigen, das Betriebswasser mit großer Zähigkeit festhaltenden Blättern, stechende Gräser, Salzmelden, Zwiebelgewächse usw. Von einer Geschlossenheit der Vegetation ist nicht die Rede, vielmehr finden sich weite Strecken, auf denen der nackte Sand- oder Felsboden keinerlei Pflanzenwuchs trägt, wie dies namentlich von den persischen Wüsten und manchen Teilen der Sahara gilt. Immerhin werden wir vom pflanzengeographischen Standpunkte aus viele Gebiete noch als Salz- oder Sandsteppen charakterisieren dürfen,

die im gewöhnlichen Sprachgebrauch als „Wüste“ bezeichnet werden (z. B. Gobi, Kalahari, Syrische und Arabische Wüste usw.).

Daß ein zusammenhängender Steppen- und Wüstengürtel die Alte Welt von der Küste des Stillen Ozeans quer durch ganz Asien und Afrika bis zum Gestade des Atlantischen Ozeans durchzieht, ist aus der Geographie bekannt. Ebenso, daß in Nordamerika in entsprechenden Breiten ein ähnliches wüstenartiges Gebiet zu finden ist. Auf der südlichen Halbkugel greifen die im Windschatten des Passates gelegenen Steppen- und Wüstengebiete weit in die Tropen hinein; sie gehen in Südamerika bis Peru (Atakama), in Südafrika bis über den Wendekreis (Kalahari).

### c. Die Florenreiche.

Wenn wir auch über die Entwicklung des Pflanzenlebens auf der Erde nur spärliche Kunde haben, so erscheint doch so viel gewiß, daß die Arten, Gattungen, Familien usw. nicht auf der gesamten Erdoberfläche entstanden sind, sondern daß jede derselben von verhältnismäßig begrenzter Örtlichkeit aus ihren Ursprung nahm und von dieser aus sich verbreitete, soweit es die geographischen und klimatischen Verhältnisse gestatteten. Nur durch eine solche Annahme wird es erklärlich, daß bei sonst weitgehender Ähnlichkeit der gesamten klimatischen Verhältnisse und trotz aller Gleichförmigkeit des Gesamtpräges in zwei lokal getrennten Gebieten die das Vegetationsbild zusammensetzenden Einzelformen selbst doch meist völlig voneinander verschieden sind. Sowohl im Kongobecken, um ein Beispiel zu gebrauchen, wie am Amazonenstrom finden wir den tropischen Regenwald in typischer Ausbildung, da Temperatur und Feuchtigkeitsverhältnisse in beiden Gebieten einander entsprechen: Die Arten aber und Gattungen und zum Teil selbst Familien, welche den westafrikanischen Regenwald zusammensetzen, sind wesentlich verschieden von denen des Amazonenstroms, weil eben seit grauer Vorzeit alle direkten Beziehungen zwischen beiden Gebieten fehlten und beide daher ihr Material an Pflanzenformen selbständig entwickeln mußten, soweit sie es nicht aus anderen, aber ebenfalls getrennten Verbreitungszentren durch Einwanderung erhielten.

Um ein klares Bild der Wanderungen zu erhalten, welche die verschiedenen Pflanzenformen mit Hilfe ihrer natürlichen Verbreitungsmittel (Wind, Wasser, Tiere; vgl. S. 14, 53 und 60) auf der Erdoberfläche ausführen konnten und ausgeführt haben, wäre es natürlich notwendig, die wechselnde Konfiguration der Kontinente und Meere im Laufe der Erdgeschichte zu kennen, den vielfachen Wechsel von Verbindung und Trennung der Landmassen, wie er jedenfalls in den verschiedenen Perioden der Entwicklung des organischen Lebens auf der Erde sich vollzogen hat. Allein zurzeit vermag die Geologie nur in verhältnismäßig wenigen Fällen hierüber sichere Auskunft zu geben, und so

muß uns denn umgekehrt die größere oder geringere Verschiedenheit der Florengebiete selbst einen ungefähren Maßstab geben für die größere oder geringere Isolierung, in der zwei Gebiete der Erde während der Ausgestaltung ihrer Vegetation gestanden haben. Auf dieser Verschiedenartigkeit der Ländergebiete in bezug auf Familien, Gattungen und Arten gründet sich die Einteilung in sog. Florenreiche, deren man eine ganze Reihe zu unterscheiden pflegt.

Es kann nicht unsere Aufgabe sein, die aufgestellten Florenreiche in ihren Unterschieden hier zu charakterisieren, da ein solcher Versuch ja nur unter Berücksichtigung zahlreicher exotischer Pflanzenfamilien durchgeführt werden könnte. Nur im allgemeinen mag hervorgehoben werden, daß die bedeutendsten floristischen Unterschiede überall da auftreten, wo auch nach der heutigen Konfiguration der Kontinente und den wenigen sicheren Daten der Paläontologie die ausgesprochenste Isolierung der Vegetationsgebiete stattgefunden hat.

So bildet Australien mit seinen Casuarinen, Eukalyptuswäldern, Mimosen, Grasbäumen und ebenso das nur bis zum Beginn der Tertiärzeit mit Nordamerika verbundene, dann bis zum Quartär von ihm getrennte Südamerika ein ausgesprochenes Florenreich; desgleichen das durch die Sahara von der nördlichen Kontinentalmasse abgegliederte Afrika. Weit näher verwandt sind die verschiedenen Florenreiche der Gesamtkontinente der nördlichen Halbkugel, was in einer lange bestehenden Landverbindung zwischen Ostasien und Nordamerika seine Erklärung findet. Im hohen Norden zieht sich ein Gürtel fast gleichartiger Pflanzenformen rings um den Pol, und auch die Floren des gemäßigten Nordamerikas lassen zu denen des gemäßigten Europas und Asiens noch auffallende Beziehungen erkennen. Erst mehr gegen Süden, wo die gewaltigen Umwälzungen der Eiszeit sich nicht mehr fühlbar machten, alte Formen daher erhalten blieben und südliche eindringen konnten, treten stärkere Unterschiede hervor, die eine Abgliederung des südlichen Nordamerika als eigenes Reich rechtfertigen und auch in Europa und Asien die Aufstellung des Mittelmeerreiches wie des innerasiatischen Reiches veranlaßten. Endlich mußte noch den lange vom Festlande abgegliederten indischen Halbinseln nebst der dazu gehörigen Inseln der Wert eines eigenen Reiches zuerkannt werden. Im großen und ganzen gibt die S. 94 eingefügte Karte über die geographische Verbreitung der Tierwelt auch ein ungefähres Bild der wichtigsten Florenreiche. Bemerkenswert mag nur noch werden, daß man die einzelnen „Reiche“ nun noch wieder in verschiedene „Provinzen“ zu teilen pflegt, die in einzelnen Fällen fast den Charakter selbständiger Reiche annehmen können (z. B. die andine und die antarktische Provinz in Südamerika, das ostasiatische Gebiet). Auch größere Inseln, die lange vom Festlande getrennt sind (Madagaskar) oder vielleicht nie mit ihm zusammenhängen (Neuseeland), zeigen meist ein durchaus eigenartiges, wenn auch an den benachbarten Kontinent sich anlehnendes Gepräge.



## B. Die Pflanzen in ihren Beziehungen zueinander und zum Tierreich.

### I. Die Beziehungen der Pflanzen zueinander.

Vergegenwärtigt man sich die rein passive Rolle, zu der die Pflanze vermöge ihrer Gebundenheit an die Scholle verurteilt scheint, so wird man von vornherein der Ansicht sein, daß von irgend welchen Beziehungen der Pflanzen zueinander, abgesehen etwa von rein örtlicher Raumbedrängung, nicht wohl die Rede sein könne. In Wirklichkeit liegen die Verhältnisse doch wesentlich anders, und so sehr auch die gesamten Lebenserscheinungen und Lebensäußerungen der Pflanzen von denen der Tiere sich verschieden zeigen, so werden wir doch imstande sein, auch bei ihnen wenigstens die ersten Anfänge aller jener vielseitigen Abhängigkeiten und Beeinflussungen nachzuweisen, welche die Lebensschicksale der Tiere miteinander verknüpfen.

Beziehungen der Geschlechter. Es ist bekannt, daß bei vielen Phanerogamen Staubgefäße und Stempel auf verschiedene Individuen verteilt sind (zweihäusige Pflanzen); ähnliches findet sich auch bei zahlreichen Kryptogamen. Des ferneren wissen wir, daß selbst bei Zwitterblüten der Blütenstaub einer Blüte nur verhältnismäßig selten auf den Stempel der nämlichen Blüte einwirkt, vielmehr meist erst auf der Narbe einer anderen Blüte die Keimbildung anzuregen vermag. Aus all diesen Tatsachen folgt, daß zwischen den verschiedenen geschlechtlichen oder doch in gewisser Hinsicht als verschieden geschlechtlich anzusehenden Individuen der gleichen Art mehr oder minder innige Beziehungen herrschen müssen, durch welche die Übertragung des Pollens einer Blüte auf die Narbe anderer Blüten gesichert wird. In vielen Fällen (Gräser, Nadelhölzer, Kätzchenträger) ist einfach dem Winde diese Rolle des Zwischenträgers zwischen den räumlich getrennten Pflanzenindividuen zugewiesen, wobei die Pflanze in der Regel durch Produktion von ganz erstaunlichen Mengen Blütenstaub (Schwefelregen; Heuschneepollen) den Erfolg nach Möglichkeit zu sichern weiß. Weit allgemeiner noch wird hierzu, wie später weiter auszuführen, die Hilfe der Insekten, seltener auch die der Schnecken, Kolibris, Säugetiere (fliegende Hunde) in Anspruch genommen, und vereinzelt (*Vallisneria*, *Ceratophyllum*) sogar die Strömung des Wassers ausgenutzt. Mannigfache Anpassungen der Blütenorgane an diese verschiedenen Methoden der Blütenstaubübertragung sind hierbei die notwendige Voraussetzung, so daß sich die ungeheure Mannigfaltigkeit in Bau und Einrichtungen der Blüten geradezu als eine Folge der notwendigen Herstellung von Beziehungen zwischen den räumlich getrennten Individuen derselben Pflanzenart darstellt.

Fürsorge für die Nachkommen. Wenn wir in einem späteren Abschnitt über weitgehende Fürsorge der Tiere für ihre Nachkommen zu be-

richten haben werden, so können wir in bezug auf die Pflanzen im wesentlichen nur auf die vollkommene Hilflosigkeit hinweisen, in der dieselben einer derartigen Aufgabe gegenüberstehen. Vor allem ist es der Pflanze infolge ihres Gebanntseins an den Boden nicht vergönnt, ihre Nachkommen selbsttätig günstigen Existenzbedingungen zuzuführen, da ja gerade die unmittelbare Nachbarschaft der Mutterpflanze, wo diese allenfalls noch helfend mitwirken könnte, im allgemeinen als wenig günstiges Gebiet für ein frisches Gedeihen der Keimpflänzchen gelten muß. So bleibt denn die Gewinnung eines passenden Wohnsitzes der jungen Pflanze im wesentlichen dem Zufall überlassen, und alles, was die Mutterpflanze tun kann, ist, daß sie ihre Keimlinge mit schützenden Hüllen versieht (Samenschale, Fruchtschale), ihnen für den Akt des Keimens in fleischigen Keimblättern oder im Endosperm das nötige Baumaterial mit auf den Weg gibt und durch mancherlei Einrichtungen dafür sorgt, daß die meist in Masse erzeugten Samen über ein möglichst großes Areal zerstreut werden, also nicht im unmittelbaren Bereich der Mutterpflanze und dicht gedrängt ihren Wohnsitz aufzuschlagen brauchen.

Die Vorrichtungen, welche eine solche Verbreitung der Samen herbeiführen, sind mannigfacher Art. Bereits die Zerlegung der Frucht in sog. Teilfrüchte mit nur je einem Samen, das Aufspringen der Hülsen, Schoten, Kapseln und das dadurch ermöglichte Herausfallen der einzelnen Samen gehören in dieses Kapitel. Noch wirksamer erweisen sich die mannigfachen Flugapparate von Samen und Früchten, die Klettvorrichtungen zum Anhaften an Mensch und Tier, die Darbietung schmackhafter Fruchtschalen zur Anlockung der den Transport vermittelnden Tiere usw. In einzelnen Fällen besitzt die Mutterpflanze infolge von Ausbildung elastischer, federnder Gewebe selbst die Fähigkeit, ihre Samen von sich zu schleudern (Waldbalsamine [Fig. 14], Spritzgurke), und noch wieder andere haben ihre Früchte für längeren Wassertransport eingerichtet (Schwimmgürtel der Kokosnuß).

Nur ganz vereinzelt sehen wir die Fürsorge der Mutterpflanze noch einen Schritt weiter gehen. So bei manchen Geraniaceen, deren Teilfrüchte Vorrichtungen besitzen, durch welche sie sich unter günstigen Bedingungen in den Erdboden einbohren können (Fig. 15); so auch bei gewissen Mangroven, die ihre zu langen, unten spitzigen Zylindern auswachsenden Keimlinge so lange in der Blüte festhalten, bis sie, herabfallend, mit ihrem spitzigen Ende sich tief in den Schlamm einbohren und



Fig. 14. Aufgesprungene Frucht der Waldbalsamine.



Fig. 15. Teilfrucht des Reiher Schnabels.

so vor der Gewalt der Brandung geschützt sind. — Weit leichter wird ein solches „Einpflanzen“ jugendlicher Individuen natürlich überall da, wo es sich nicht um geschlechtlich erzeugte Samen, sondern um durch Sprossung hervorgebrachte Tochterpflanzen handelt. Die sog. „Ausläufer“ zahlreicher Pflanzenarten (Erdbeeren; Fig. 16, Immergrün usw.) mit ihren sich selbst bewurzelnden jungen Individuen sind ja eine allgemein bekannte Erscheinung.

**Konkurrenz.** Schon oben wurde darauf hingewiesen, daß die jungen Nachkommen einer Mutterpflanze in deren unmittelbarer Nähe im allgemeinen wenig günstige Existenzbedingungen finden, da sie auf die gleichen Lebensbedürfnisse angewiesen sind wie diese. Dasselbe gilt natürlich von allen Individuen derselben Art und in kaum minder hohem Grade von allen Arten, die auf einem gegebenen Abschnitt des Bodens in annähernd gleicher Weise ihren Haushalt bestreiten



Fig. 16. Ausläufer der Erdbeere.

sollen. Sind auch die Gase der Luft allerorten zweifellos in ausreichender Menge vorhanden, um allen Bedürfnissen zu genügen, so läßt sich bereits von den Salzlösungen des Bodens nicht immer das gleiche behaupten, und noch häufiger wird die einfache Platzfrage wie die Gewinnung des nötigen Sonnenlichts Schwierigkeiten bereiten, wenn eine neue Pflanze sich auf dem bereits von andern Exemplaren besiedelten Raum zu entwickeln strebt.

Es kann somit keinem Zweifel unterliegen, daß zwischen den Pflanzenindividuen irgend eines bestimmten Bodenabschnittes, gleichgültig, ob sie derselben Art oder aber verschiedenen Arten angehören, eine Art Konkurrenzkampf besteht um den nötigen Raum, die Nahrung des Bodens und die Lichtstrahlen der Sonne, und daß in diesem Kampfe diejenigen Individuen obsiegen, die nach ihrer ganzen Anlage der gegebenen Örtlichkeit am besten angepaßt sind, bzw. die besten Mittel zur Unterdrückung ihrer Konkurrenten besitzen. Von der Heftigkeit dieses schonungslosen, zur Vernichtung unzählbarer junger Pflanzenleben führenden Kampfes kann man sich nur schwer eine Vorstellung machen, es sei denn, daß man beobachtet, wie irgend ein vernachlässigtes Blumenbeet oder Ackerstück binnen kürzester Frist vollkommen von den sog. Unkräutern überwuchert wird. Man muß aber im Auge behalten, daß die Zahl der jährlichen Nachkommen bei recht vielen Pflanzen in die Tausende oder gar in die Zehntausende und höher geht, ohne daß deshalb die Zahl der ein Wiesen- oder Ackerstück besiedelnden Individuen im folgenden Jahre sich erhöht zeigte. Es folgt daraus, daß im allgemeinen die Tausende von Nachkommen der gegenwärtig vorhandenen Pflanzen-

individuen nicht etwa in der folgenden Generation den Bestand an Exemplaren vertausendfachen, sondern daß sie nur eben ausreichen, den alten Bestand aufrecht zu erhalten. Von Tausenden keimungsfähiger Samen ist also im Durchschnitt nur ein einziger berufen, an Stelle der etwa absterbenden Mutterpflanze zu treten, während alle übrigen unweigerlich zugrunde gehen. Von diesem Gesichtspunkte aus stellt sich die Zusammensetzung einer Wiese, eines Moores oder Waldabschnittes nicht als ein blindes Spiel des Zufalls dar, sondern als das Ergebnis unausgesetzten Kampfes der dort versammelten Pflanzenformen miteinander; und der jeweilige Besitzstand der einen oder anderen Art gibt uns ein untrügliches Maß für die Gunst oder Ungunst, mit welcher dieselbe unter den obwaltenden Verhältnissen ihr Dasein zu behaupten vermag. Schon eine geringe Änderung einer der Lebensbedingungen, etwa der Feuchtigkeit des Bodens, ruft weitgehende Umwälzungen hervor, indem nunmehr zahlreiche erbgessene Formen in ihrem Besitzstande bedroht und herabgemindert, andere zu siegreichem Vordringen befähigt werden. Wäre es einer einzelnen Pflanzenart vergönnt, durch Generationen hindurch alle ihre Nachkommen zur Entwicklung zu bringen, sie würde binnen wenigen Jahrhunderten allen verfügbaren Raum der Erdoberfläche für sich in Anspruch genommen haben.

Während die eine Pflanzenart in dem allgemeinen Konkurrenzkampfe sich dadurch gegen andere in Vorteil setzt, daß sie zunächst durch Ausbildung einer umfangreichen dem Boden dicht anliegenden Blattrosette (z. B. Wegebreit, Primeln, Fettkraut [Fig. 17] usw.) den für sie nötigen Raum gewissermaßen vorwegnimmt und den darunterliegenden Keimen hiermit das Aufkommen verwehrt, suchen andere durch schnelles „Emporschießen“ (Holzgewächse, Spargel, Waldschachtelhalme usw.) vor allem zum Lichte emporzusteigen, um erst in sicherer Höhe ihre Laubkrone zu entfalten. Ein vielleicht nur um Stunden früheres Keimen führt in dem einem Falle zum Siege über die konkurrierenden Nachbarpflanzen, wohingegen in einem andern die bessere Anpassung an ungünstige Witterungs- oder Bodenverhältnisse sich als entscheidend erweist. Auch die Zahl und die Verbreitungsvorrichtungen der Samen sind für die Kampffähigkeit der



Fig. 17. Blattrosette vom Fettkraut (Pinguicula).

einzelnen Arten von weitgehender Bedeutung. Pflanzen, die der Mensch unter ihnen ursprünglich fremden Bedingungen kultiviert, und die noch dazu vielfach anderen Himmelsstrichen entstammen (Getreidearten, viele Gemüse- und Zierpflanzen), werden rettungslos von kampffähigeren, meist einheimischen Pflanzenformen, den sog. „Unkräutern“ unterdrückt, sobald der Mensch seine schützende Hand von ihnen abzieht.

Ausnutzung der Mitpflanzen. Wenn aus den vorstehenden Betrachtungen hervorgeht, daß der allgemeine Konkurrenzkampf vornehmlich sich um zwei wichtige Lebensbedingungen dreht, die nicht für alle Pflanzen in genügendem Maße vorhanden sind, nämlich um das Licht und den Raum, so kann es nicht überraschen, daß gerade in bezug auf diese beiden Bedürfnisse nicht

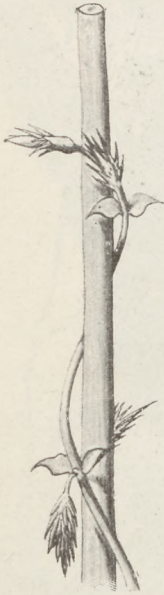


Fig. 18. Windende Pflanze (Hopfen).



Fig. 19. Rankende Pflanze (Zaunrübe).

wenige Pflanzen sich die günstigeren Verhältnisse anderer Pflanzen zunutze gemacht haben.

Kletterpflanzen. Winde und Bohne, Hopfen (Fig. 18) und Geißblatt sind nicht in der Lage, aus eigener Kraft ihre Blätterlast zum Lichte emporzuheben; so benutzen sie denn benachbarte Pflanzen mit festen, aufrechten Achsenorganen, um an ihnen sich in die Höhe zu winden. Wein, Wicke und Zaunrübe (Fig. 19) erreichen das gleiche Ziel durch Ausbildung berührungsempfindlicher Ranken, die dann spiralig sich einrollen, um den Stengel emporzuhissen; Efeu und wilder Wein klettern mit Luftwurzeln bzw. Haftscheiben am Stamme aufwärts. Noch ungleich häufiger sind derartige Kletterpflanzen im tropischen Urwalde, wo die Rotangpalmen ihre lang ruten-

förmigen, dornstarrenden Zweige auf der Suche nach Anhaltspunkten langsam in der Luft kreisen lassen, wo die Lianen (Fig. 20) Girlanden gleich von Baum zu Baum sich schlingen oder als furchtbare Baumwürger die von ihnen umzogenen Stämme zuletzt derartig umstricken und einengen, daß sie elend zugrunde gehen.

#### *Überpflanzen, Epiphyten.*

Sind alle diese bisher erwähnten „Schlingpflanzen“ noch vom Boden abhängig, dem sie ihre Nahrung entnehmen, so kennen wir des weiteren auch zahlreiche Pflanzen, die selbst der schlimmen Klippe der Platzfrage auf dem längst überreichlich besetzten Boden sich zu entziehen vermochten, indem sie in dem spärlichen Humus der Stämme und Zweige, ja selbst auf den Blättern der Bäume ein genügendes Dasein führen. Die wenigen phanerogamischen „Überpflanzen“ unserer gemäßigten Zone, die in den Köpfen vermorschter Weiden sich anzusiedeln pflegen, geben nur einen schwachen Begriff von dem wunderbaren Reichtum der sog. „Epiphyten“ (vgl. Fig. 3), die den tropischen Urwald bevölkern, und unter denen namentlich die Farne, Bärlappe, Orchideen, Pandanaceen usw. in zahl-



Fig. 20. Lianen, um einen Baum sich schlingend.

losen Formen vertreten sind. Geläufiger schon sind uns in der heimischen Flora die moostüberkleideten Stämme des feuchten Buchenwaldes und die überall an Bäumen sich findenden Flechten, die im Gebirgswalde gleich altersgrauen Bärten von den Zweigen der Fichten herniederhängen. Daß viele dieser Epiphyten in bezug auf ihre Ernährung, soweit sie Wasser und Nährsalze betrifft, besonderer Organisationen bedürfen, durch welche sie befähigt werden, dem Wasserdampf der Luft, den angewehten Erdteilchen ihrer Unterlage genügend Baustoffe zu entnehmen, ist selbstverständlich.

*Schmarotzer.* Von besonderem Interesse erscheint es endlich, daß ge-

wisse Pflanzen ihre Mitpflanzen nicht nur als Wohnstätte benutzen, sondern ihnen als sog. „Schmarotzer“ organische Nahrungsstoffe entziehen, um den eigenen Körper damit aufzubauen.

Bekanntlich gibt es unter den niederen Sporenpflanzen eine große und ungemein formenreiche Gruppe, die der Pilze, deren Mitglieder fast ausnahmslos auf organische, also bereits verarbeitete Nahrungsstoffe angewiesen sind, sei es, daß sie dieselben toten, in Zerfall begriffenen tierischen und pflanzlichen Substanzen entnehmen (Saprophyten), sei es, daß sie den lebenden Organismus befallen und ihn aussaugen (Parasiten). Von Pilzen der letzteren Art, welche mit ihren feinen Myzelfäden das Zellgewebe des Pflanzenkörpers durchziehen und dessen Säfte in sich aufnehmen, seien hier unter

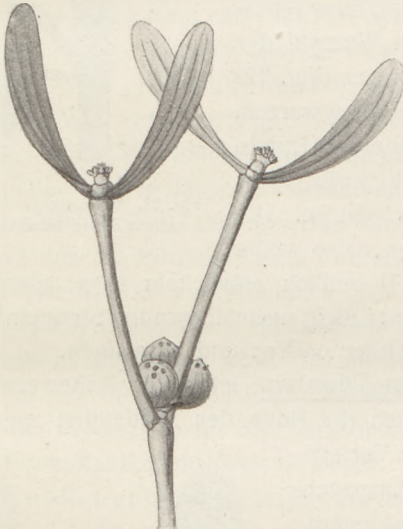


Fig. 21. Mistelzweig.



Fig. 22. Schuppenwurz.

anderen nur die Rost- und Brandpilze, die Kernpilze (*Sphaeria*, Mutterkorn), die Meltpilze und die Peronosporen (Kartoffelpilz) erwähnt. Sie alle bedingen für die davon betroffenen Gewächse mehr oder weniger schwere Krankheiten, die nicht selten zum Tode führen.

Seltsamerweise wird ein solches echtes Parasitieren bei den höher stehenden Kryptogamen, den Laub- und Lebermoosen, den Farnen, Schachtelhalmen und Bärlappen, völlig vermißt, trotzdem es dann bei zahlreichen Phanerogamen – und zwar in allen nur denkbaren Abstufungen – wieder auftritt. In erster Linie sind als hierher gehörig zahlreiche Pflanzen zu nennen, die zwar mit besonderen Saugwarzen ihrer Wurzeln den unterirdischen Teilen anderer Pflanzen organische Säfte zu entziehen vermögen, die aber daneben mit wohlentwickelten grünen Blättern ausgestattet sind, durch welche sie zur Aufnahme von Kohlensäure, d. h. zum selbständigen Erwerb organischer

Nahrung aus unorganischen Stoffen befähigt werden. Es gehören hierher viele unserer bekanntesten Wiesenkräuter, wie Augentrost, Klappertopf, Wachtelweizen, Läusekraut, Leinblatt und andere. Grüne, der Assimilation fähige Laubblätter besitzt auch ein im übrigen vollendeter Schmarotzer, nämlich die ihre Wurzeln tief in das Holz der Baumäste einsenkende und völlig mit diesen verwachsene strauchartige Mistel (Fig. 21). Bei allen übrigen phanerogamischen Parasiten sind die grünen Blätter in Wegfall gekommen, ein sicheres Zeichen, daß diese Pflanzen die Kohlensäure der Luft nicht als Baumaterial zu verwenden vermögen und ganz auf die bereits verarbeiteten Nahrungsstoffe ihrer Wirtspflanzen angewiesen sind. Aus den Wurzeln der letzteren zieht z. B. die Schuppenwurz (Fig. 22) ihre Nahrung mit Hilfe von besonderen Saugwarzen, während die Sommerwurz (Orobanche) am Grunde mit den unterirdischen Teilen der Wirtspflanze zu einem knollenartigen Gebilde verwachsen ist. Die auch der Niederblätter entbehrenden, also völlig blattlosen Seiden (Cuscuta; Fig. 23) endlich entwickeln sogar oberirdisch an ihren fadenförmigen, die Wirtspflanze dicht umschlingenden Stengeln Reihen von Saugnapfen, mit denen sie ihr Opfer packen und aussaugen.



Fig. 23. Flachsseide (Cuscuta), einen Zweig aussaugend.

Lebensgemeinschaften zwischen Pflanzen. Ist in den bisher erwähnert Fällen der einen Partei ausschließlich die Rolle des Duldenden zugefallen, während die andere Partei allein alle Vorteile des Zusammenlebens für sich in Anspruch nimmt, so kennen wir doch auch Beziehungen, die einen wesentlich anderen Charakter tragen, insofern beiden sich aneinander schließenden Pflanzenarten dabei annähernd gleiche Vorteile erwachsen. Man pflegt derartige engere Beziehungen zweier verschiedener Pflanzenformen als Lebensgemeinschaft oder Symbiose zu bezeichnen. Am längsten bekannt ist die höchst eigenartige Verbindung gewisser niedriger Algenformen aus den Gruppen der Blaualgen und Grünalgen mit Pilzen aus den Familien der Scheibenpilze und Kernpilze (Fig. 24 a und b), die eine so innige ist, daß man die dadurch entstehenden Doppelwesen bis vor wenigen Jahr-

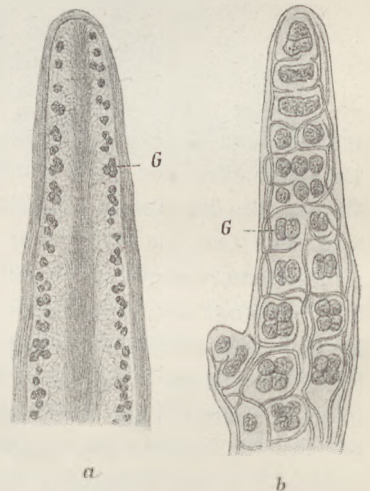


Fig. 24. Durchschnitt durch den Thallus von Flechten; bei a die Gonidien in einer Außenansicht, bei b gleichmäßig verteilt.



zehnten als selbständige Klasse der „Flechten“ den Algen und Pilzen gegenübergestellt. Die von den Pilzfäden umspinnenen grünen Algenzellen gewinnen durch diese Feuchtigkeit einsaugende und Feuchtigkeit zurückhaltende Hülle die Möglichkeit, auch an dürrer Orten zu vegetieren, zumal ihnen daneben von seiten des Pilzmyceliums die nötigen Nährstoffe des Bodens geliefert werden. Der Pilz aber wird durch die Fähigkeit der grünen Algenzellen, Kohlensäure zu verarbeiten, mit organischen Baustoffen versorgt und so der Notwendigkeit enthoben, aus anderweitiger toter oder lebender organischer Materie sein Bedürfnis nach Kohlenstoffverbindungen zu bestreiten.

Als weitere Beispiele einer solchen Symbiose mögen hier die sog. Wurzelpilze oder „Pilzwurzeln“ (Mykorrhiza) und die „Knöllchenbakterien“ Erwähnung finden. Die Wurzelpilze (Fig. 25) pflegen die Wurzeln namentlich vieler Waldbäume und Heidepflanzen zu umspinnen oder auch in das Innere derselben einzudringen, wo sie zweifellos den Zellen gewisse Nährstoffe entziehen. Andererseits steht aber fest, daß die Pilzfäden auch ihrerseits der Wurzel wertvolles Nahrungsmaterial liefern, das wahrscheinlich aus der Zersetzung der organischen Bestandteile des Humusbodens gewonnen wird. In manchen Fällen hat sich sogar die völlige Unentbehrlichkeit der Mykorrhiza für das Gedeihen gewisser Waldpflanzen nachweisen lassen.

Die Knöllchenbakterien (Fig. 26) leben nesterweise in Wurzelschwellungen vieler als Futterpflanzen wichtiger Schmetterlingsblütler, wie Luzernen, Lupinen, Wicken, Kleearten usw. Man könnte sie für einfache Schmarotzer halten, gleich vielen andern Bakterien, wenn sie nicht, wie zahlreiche Versuche bewiesen haben, die seltsame Fähigkeit besäßen, den freien Stickstoff der Atmosphäre und des Bodens in stickstoffhaltige Verbindungen überzuführen, die nun von der Wirtspflanze aufgenommen und zur Bildung von Eiweißstoffen verwandt werden können. Die Steigerung der Produktion von Eiweißstoffen in den mit Knöllchenbakterien besetzten Pflanzen gegenüber den nicht befallenen Exemplaren ist eine geradezu erstaunliche.

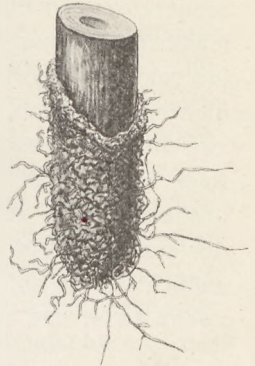


Fig. 25. Wurzelpilz (Mykorrhiza) an einer Baumwurzel (diese z. T. bloßgelegt).

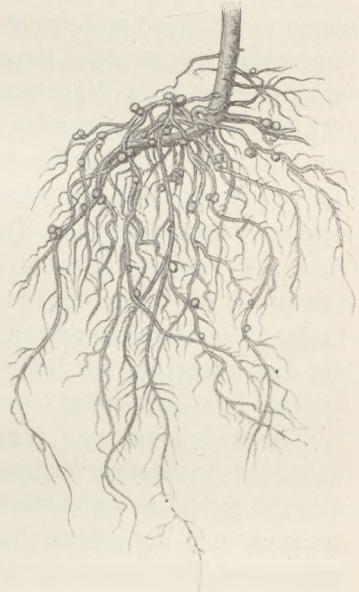


Fig. 26. Knöllchenbakterien an den Wurzeln der Bohne.

## II. Die Beziehungen der Pflanzen zu den Tieren.

Ließen sich bereits zwischen den durch geringe Freiheit des Handelns ausgezeichneten Pflanzen Beziehungen nachweisen, die bald als entschieden feindliche (Konkurrenzkampf), bald als einseitig ausnutzende, bald endlich als für beide Teile vorteilhafte zu charakterisieren waren, so liegt von vornherein die Annahme nahe, daß ähnliche Verschiedenheiten auch in den Beziehungen zwischen den Pflanzen und der weit aktiveren Tierwelt zutage treten werden. Auch hier handelt es sich einmal um Kampf, um rücksichtslose Vernichtung des einen Teils zu eigenem Vorteil, sodann um die einfache Ausnutzung der anderen Partei ohne direkt feindliche Absichten oder Schädigungen, und endlich um ein auf gegenseitiger Hilfeleistung beruhendes Freundschaftsverhältnis, das zur echten Symbiose sich ausgestalten kann.

### a. Feindliche Beziehungen zwischen Tier und Pflanze.

Schädigung der Pflanzen durch die Tiere. Es ist ein bekannter Satz, daß alles tierische Leben auf der Erde ausschließlich durch die Pflanzenwelt bedingt wird: Diese allein ist imstande, aus den Stoffen der unorganischen Materie ihren Körper aufzubauen, und hat somit direkt oder — bei Raubtieren — doch indirekt das Material zu liefern, dessen das Tier zur Bestreitung seines körperlichen Haushaltes bedarf. Die Tiere nähren sich also von den Pflanzen ihres Wohnbezirkes und vernichten somit ungeheure Mengen derselben, wobei es ziemlich gleichgültig ist, ob Gras und Kraut und Frucht von größeren „Pflanzen-Raubtieren“ auf einmal als Ganzes verzehrt werden, oder ob es sich um die anfangs kaum merklichen, aber sich stetig summierenden Schädigungen der Kleintiere handelt, die an Blatt und Knospe, in Rinde, Stamm und Frucht ihr Wesen treiben. Daß auch diese Kleintiere, namentlich der Klasse der Insekten angehörig, ganz ungeheure Verwüstungen in der Pflanzenwelt anrichten können, geht zur Genüge aus den Leistungen der Heuschrecken, der Nonne, der Borkenkäfer, der Reblaus und zahlloser anderer forst- und ackerbauschädlicher Insekten hervor.

Lange Zeit hat man geglaubt, daß die Pflanze dieser ins Unermeßliche gehenden Ausbeutung seitens der Tiere völlig hilf- und reaktionslos gegenüberstehe; erst in verhältnismäßig später Zeit ist man zu der Erkenntnis gekommen, daß der pflanzliche Organismus eine Fülle von Einrichtungen entwickelt hat, die nur als Schutz- und Abwehrmittel gegen die Angriffe der Tiere aufgefaßt werden können.

Schutzmittel der Pflanzen gegen Tiere. Da es der Pflanze bei ihrem Lichtbedürfnis nicht vergönnt ist, sich zu verstecken, sie sich den Nachstellungen der Feinde auch nicht durch die Flucht entziehen kann, so bleiben

ihr als Abwehrmittel in erster Linie nur die Einwirkungen auf die Sinnesorgane der Tiere, und zwar vornehmlich auf Geruchs- und Geschmackssinn derselben. Die ätherischen Öle vieler Lippenblütler und Doldenpflanzen (Salbei, Thymian, Lavendel, Minze, Fenchel, Koriander), die Allylverbindungen des Knoblauchs, der Zwiebeln, die widrigen Ausdünstungen des Hanfs, des Stechapfels, Bilsenkrauts usw. sind zweifellos geeignet, zahlreiche Pflanzenfresser durch ihren Geruch abzuschrecken, und noch ungleich verbreiteter sind die Mittel, welche auf den Geschmackssinn wirken. Schachtelhalme, Riedgräser und viele echte Gräser sind meist so mit Kieselsäure beladen, daß die Weidetiere sie verschmähen; auch die Korkrinde der Bäume und die derbe Oberhaut lederartiger Blätter dienen dem gleichen Schutz, während im Innern der Blätter und grünen Krautstengel vielfach Nester von kleinen nadelförmigen Kriställchen aus oxalsaurem Kalk (sog. Raphiden) ausgebildet sind, die auf der Schleimhaut der Mundhöhle und des Rachens schlimme Entzündungen hervorrufen, so daß derartig geschützte Pflanzen (Labkräuter, Weinstock, Weidenröschen usw.) von vielen Tieren wohlweislich gemieden werden. Die durch ihren Geruch schon in die Ferne wirkenden ätherischen Öle der Lippenblütler, Doldenpflanzen, Kreuzblütler, Kamillen usw. beeinträchtigen jedenfalls auch den Geschmack der von ihnen durchtränkten Pflanzen; daneben wirken Bitterstoffe (Enzian, Arnika, Preiselbeere, Farne usw.), Gerbsäuren (Eichen, Birken, Erlen, Pappeln), Oxalsäure (Sauerklee, Sauerampfer), giftige Glykoside (Fingerhut, Nieswurz, Einbeere, bittere Mandeln) und Alkaloide (Ranunkeln, Mohn, Tollkirsche, Tabak, Stechapfel, Bilsenkraut, Schierling, Herbstzeitlose usw.) sowie die Milchsäfte der Euphorbiaceen in dem gleichen Sinne.

Außer diesen zahlreichen Schutzmitteln, die den nahrungsuchenden Pflanzenfressern den Appetit verleiden, sehen wir aber auch mancherlei Trutzmittel zur Ausbildung gelangt, d. h. wirkliche Panzer oder gar Waffen, die dem Räuber seine Angriffe zu erschweren geeignet sind. Als Panzerung in diesem Sinne dürfen wir wohl die feste Rinde der Holzstämmen, sodann die steinharte Hülle vieler Früchte und Samen (Kokosnuß, Haselnuß, Walnuß, Samen der Beerenfrüchte) betrachten. Als Waffen aber haben die so ungewein verbreiteten Dornen, Stacheln, Stechborsten und Brennhaare zu gelten, durch welche gerade die grünen, saftigen Teile der Pflanzen geschützt zu sein pflegen, sei es, daß die Blätter selbst mit derartigen Stichwaffen ausgerüstet sind (Gräser, Disteln, Agaven, Natterkopf), sei es, daß feste, verholzte Zweigdornen schützend über die wehrlosen Blätter hinausragen (Schlehdorn, Weißdorn, Berberitze, Mimosen). Bei den Brennhaaren ist der einfache Dolch zu einer Giftwaffe ausgestaltet, indem hier aus der zersplitternden Spitze ein brennender Saft (Ameisensäure) aus dem Innern des Haars mit in die Wunde tritt. Manche der hierher gehörigen Brennessel-

arten können jahrelange Leiden verursachen, und ähnliches gilt von den Brennwinden des tropischen Amerika.

Ein vollkommener Schutz gegen das Gefressenwerden ist übrigens durch keines der aufgeführten Abwehrmittel gegeben, da sich immer wieder Tiere gefunden haben, die denselben zu begegnen wissen (Feinde der Eichen, Erlen, Blattkäfer der Tollkirsche, dornen- und distelfressende Kamele und Esel, nesselfressende Raupen des kleinen Fuchs usw.). Immerhin wird die große Masse der Pflanzenfresser in den meisten Fällen ferngehalten, und das ist zweifellos schon ein unschätzbare Vorteil.

Gegen das Heer der ungeflügelten Insekten, die etwa des Honigs der Blüten sich bemächtigen wollen, besitzen namentlich viele Kräuter noch mannigfache Schutzvorrichtungen, die vornehmlich in Bau und Stellung der Blüten zum Ausdruck kommen. Aber auch Klebringe (Pechnelke, *Silene viscosa*) unter den Gefenken der Stengelknoten, steife, reusenartige Borstenkränze (Hohlzahn), Wasserbecken am Grunde der gegenständigen, verwachsenen Blätter (Karden) und leicht austretende, festleimende Milchsaft (Salat) gehören in das nämliche Kapitel.

Anpassung der Tiere an die Pflanzen. Daß auch die gesamte Organisation der Tiere durch die seitens der Pflanzen gegebenen Bedingungen vielfach beeinflußt wurde, kann wohl keinem Zweifel unterliegen. Die Wurzelfresser stehen mit ihrer Organisation im Einklange mit dem Leben unter der Erde; die Holz- und Rindenfresser bedürfen anderer Kauwerkzeuge und Verdauungssäfte als die Verzehrer der zarten Knospen, Blätter und saftigen Früchte, oder als die nur von flüssigen Pflanzensäften sich nährenden Tiere mit ihren Saugapparaten. Die Kunst des Kletterns und selbst des Fliegens mußte erlernen, wer hoch oben in den Kronen der Bäume den reichen Fruchtseggen für sich auszunutzen strebte oder gar, von Blüte zu Blüte eilend, am süßen Nektar derselben sich laben wollte. Die in einem späteren Kapitel noch näher zu behandelnden Instinkte der tierischen Versteckkunst, der Eiablage und Brutpflege sind in ihrer wunderbaren Mannigfaltigkeit nur begreiflich, wenn wir sie in Beziehung bringen zu den wechselvollen Bedingungen, in welche vor allem das Pflanzenreich die Tiere hineinzwingt.

Fleischfressende Pflanzen. Vom rein menschlichen Standpunkt aus könnte man fast von einem Akt der Vergeltung sprechen gegenüber den ungeheuren Schädigungen, welche der Pflanzenwelt allerorten und ohn' Unterlaß seitens der Tiere zugefügt werden, wenn wir erfahren, daß eine beschränkte Zahl von Pflanzen nun auch ihrerseits die Fähigkeit besitzt, Tiere zu fangen, zu töten und als Nahrung zu verwenden. Nichts steht mit der landläufigen Auffassung von der rein passiven Rolle der Pflanze in stärkerem Widerspruch als diese, zwar seit dem 18. Jahrhundert bekannte, aber erst durch Darwin eingehender gewürdigte und studierte Tatsache. Wohl an die 400 Pflanzenarten, verschiedenen Familien angehörig, besitzen mehr oder minder komplizierte Einrichtungen zum Fang von Insekten, deren tote Leiber sie dann

chemisch zersetzen, um die löslichen Bestandteile aufzusaugen und so ihren Stickstoffbedarf, den sie auf stickstoffarmem Moorboden nur schwer befriedigen können, zu decken. Wie sehr ein solcher Insektenfang den „fleischfressenden“ Pflanzen zugute kommt, wird dadurch bewiesen, daß gefütterte Pflanzen bis zum Fünffachen mehr Samen produzierten als ungefütterte.

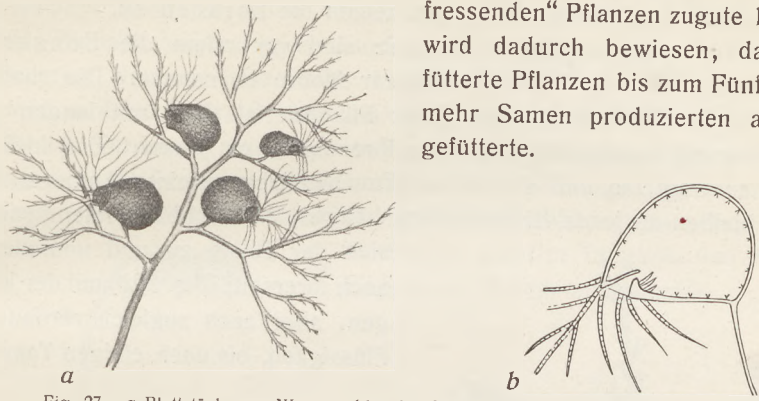


Fig. 27. a Blattstück vom Wasserschlauch mit Blasen, b eine Blase vergr.

Die Methoden des Fanges sind mannigfacher Art. Im allgemeinen pflegt man die drei Gruppen der Schlauchfänger, der Drüsenfänger und der Schließfänger zu unterscheiden.

Zu den Schlauchfängern gehören in erster Linie unsere einheimischen, auch sonst verbreiteten Wasserschlauchgewächse (*Utricularia*). Der im Wasser schwimmende fadenförmige Stengel trägt hier zwischen den haarfein zerteilten Blattzipfeln linsengroße Bläschen (Fig. 27 a), die durch eine winzige, nach innen schlagende und von Borstenhaaren umgebene Klappe (Fig. 27 b) geschlossen sind. Diese sehr elastische Klappe gibt beim geringsten Druck nach, so daß kleine Wassertiere, wie Wasserflöhe, Muschelkrebse, Hüpferlinge usw., die dagegen stoßen, leicht hinein, nicht aber wieder heraus können und bald elend zugrunde gehen. Die aus den verwesenden Kadavern gelösten Stoffe werden dann von besonderen stäbchenförmigen Saugzellen der Wände aufgesogen. — Eine zweite Gruppe von Schlauchfängern bilden die in den Tropen weit verbreiteten Kannenpflanzen (*Nepenthes*), deren Blattstiele unmittelbar unter der kleinen, oft deckelartigen Blattspreite zu einem weiten, schlauch- oder krugförmigen Behälter (Fig. 28) umgeformt sind, der etwa halb mit einer meist von der Pflanze selbst ausgeschiedenen Flüssigkeit, seltener mit Regenwasser, gefüllt ist. Durch grelle Farben pflegen diese Kannen sich bemerklich zu machen, von ihren Innenrändern wird reichlich Honig ausgeschieden, der von den Insekten begehrt wird. Unter dieser Honigzone aber befindet sich eine spiegel-



Fig. 28. Blatt einer Kannenpflanze (*Nepenthes*).

blanke Wachsfläche oder glatte Stacheln, von denen die Insekten abgleiten und in den gefüllten Zuber fallen, wo sie ertrinken. Auch hier werden die flüssigen Zersetzungsprodukte schließlich von den Wandungen der Kanne aufgesogen. Ähnliche Einrichtungen zeigen die Saracenien.

Als Vertreter der Drüsenfänger sind vor allem die Sonnentaugewächse (*Drosera*; Fig. 29a) unserer Moore zu nennen. Die rundliche oder spatelförmige Blattspreite dieser Pflanzen ist dicht mit langen roten Drüsenborsten besetzt, deren jede an ihrer Spitze ein wasserhelles, klebriges Tröpfchen trägt, so daß sie wie mit Tau benetzt erscheint. Anfliegende Insekten bleiben an jenen Klebtröpfchen hängen, die Nachbarborsten krümmen sich der Beute zu und umhüllen sie auch ihrerseits (Fig. 29b) mit der klebrigen, aber auch zugleich verdauenden Flüssigkeit, bis nach einigen Tagen die



Fig. 29a.  
Rundblättriger Sonnentau.

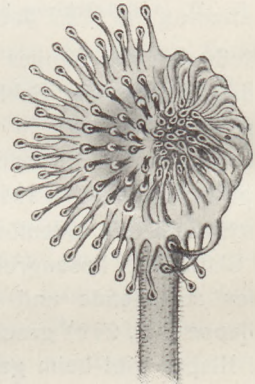


Fig. 29b. Ein Blatt vergr. ; die Drüsenborsten der rechten Seite zusammengeneigt.

Verdauung und Resorption der löslichen Tiersubstanz beendet ist, und die Borsten zu neuem Fang ihre alte Lage einnehmen.

Interessant ist es, daß jene Bewegungen der Fangborsten und die Ausscheidung verdauenden Pepsins in deren Tröpfchen nur eintreten, wenn stickstoffhaltige organische Körper mit ihnen in Berührung kommen, während stickstofffreie Mineralien und Pflanzenteilchen fast keinerlei Wirkung ausüben.

Zu den Schließfängern endlich kann man in gewissem Sinne schon das Fettkraut (*Pinguicula*; Fig. 30) unserer heimischen Moore rechnen, dessen kahle, drüsig klebrige Rosettenblätter sich mit ihren Rändern nach oben einrollen und so das Insekt einschließen, das auf sie geflogen ist. Ungleich vollkommener aber ist der Fangapparat der berühmten südamerikanischen Fliegenfalle (*Dionaea muscipula*), einer Droseracee, konstruiert, bei welcher die beiden Hälften der fast kreisförmigen, nicht mit Klebdrüsen versehenen

Blattfläche (Fig. 31 a) auf geeignete Reize wie die Klappen einer Falle zusammenschlagen (Fig. 31 b). Das Zusammenklappen erfolgt, sobald eine der 6 langen, gelenkig der Blattfläche eingepflanzten Borsten berührt wird, innerhalb weniger Sekunden, wobei dann die lang zahnartig eingeschnittenen Ränder der Klappen fingerartig ineinandergreifen und das Entrinnen der Beute verhindern. Nun erst treten, falls der berührende Körper ein stickstoffhaltiger war, zahllose kleine Drüsen der Blattoberfläche in Funktion, indem sie den für die Verdauung der Beute nötigen Saft ausscheiden. Erst nach 8 bis 14 Tagen ist der Prozeß der Verdauung und des Aufsaugens beendet, worauf die Klappen wieder auseinanderschlagen. Bei stickstofffreien Substanzen treten die Drüsen nicht in Tätigkeit, und die Falle klappt bald wieder auseinander.

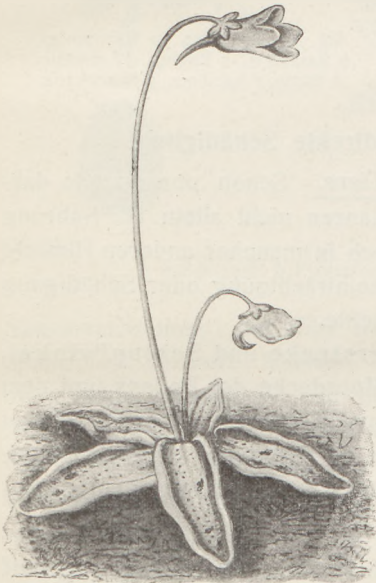


Fig. 30. Fettkraut (Pinguicula).

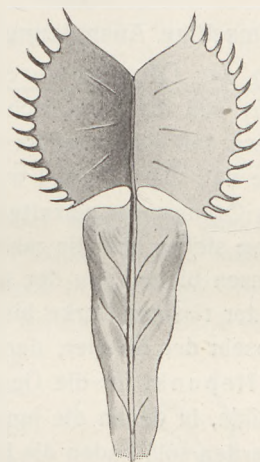


Fig. 31 a.



Fig. 31 b.

Blatt der Venusfliegenfalle, a geöffnet, b geschlossen.

**Pflanzliche Schmarotzer an Tieren.** Können wir die fleischfressenden Pflanzen den Raubtieren in Parallele stellen, die es auf völlige Vernichtung ihrer Beute abgesehen haben, so kennen wir auch zahlreiche andere Formen, welche wir in der Weiterführung des Vergleichs als Schmarotzer bezeichnen müssen, insofern sie sich zwar auch von tierischen Säften nähren, ihrer Winzigkeit wegen aber als Einzelindividuen meist nicht imstande sind, den weit mächtigeren Tierkörper zu überwältigen. Es gehören hierher zahlreiche Gruppen aus der Klasse der Pilze, die wir ja auch schon als Schmarotzer an pflanzlichen Organismen zu betrachten hatten. Die ungeheure Rolle, welche die tiefstehende Gruppe der Pilze, die Spaltpilze oder Bakterien (Fig. 32) in der gesamten organischen Welt als Ursache der Fäulnisprozesse, Krankheitserreger usw. spielt, ist ja erst in den letzten Jahrzehnten in ihrem vollen

Umfange erkannt worden (vgl. den Botan. Leitfaden). Aber auch höhere Pilze aus verschiedenen Gruppen treten vielfach als schädliche Parasiten der Tiere auf. So die Erreger der berüchtigten Seidenraupenkrankheit, die Empusa-Krankheit der Fliegen und vieler anderer Insekten, die Krebspest, der Soorpilz im Munde der Kinder, der Kopfgrind und die Rasierflechte. Nach allem diesen kann man wohl mit einiger Berechtigung sagen, daß die Pflanzenwelt den Tieren kaum weniger Schaden zufügt, als sie selbst von letzteren zu erdulden hat.

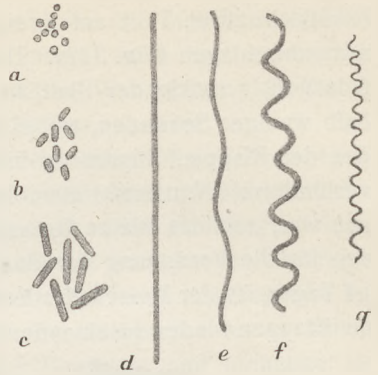


Fig. 32. Spaltpilze. a Micrococcus, b Bacterium, c Bacillus, d Leptothrix, e Vibrio, f Spirillum, g Spirochaete.

### b. Einseitige Ausnutzung ohne direkte Schädigung.

Ausnutzung der Pflanzen durch die Tiere. Schon oben wurde darauf hingewiesen, daß die Tiere sich der Pflanzen nicht allein als Nahrung bedienen, sondern daß sie dieselben auch noch in mancher anderen Hinsicht ausnutzen, ohne daß dabei irgend welche Beeinträchtigung oder Schädigung des pflanzlichen Organismus einzutreten brauchte.

In erster Linie stehen hier die zahllosen Verstecke und Schlupfwinkel, welche die Pflanzen bieten, von der dichten Moosdecke des Bodens und dem Flechtenbesatz der rissigen Borke bis zum dichten Laub der Baumkrone, den Blüten und Kapseln der Kräuter, dem Gewirr der flutenden Wasserpflanzen. Auch als Anheftepunkt für die Gespinste der Puppenkokons, für die mancherlei Nestgebilde, in denen die junge Brut großgezogen werden soll, finden die Pflanzen überall Verwendung, wobei im letzteren Falle zugleich auch das Material zum Nestbau selbst in der Regel dem Pflanzenreiche entnommen wird (Wespen, Ameisen, Blattschneidebienen, Vögel, Säugetiere). Gewisse Krabben des Meeres lieben es, sich mit abgerupften Tangzweigen zu bepflanzen, um sich den Feinden zu verbergen, und manche Ameisen Brasiliens suchen ihren Baumnestern durch Besiedlung mit Kräutern größere Festigkeit zu geben und sie vor zu intensiver Sonnenbestrahlung zu schützen. Noch mehr werden wir an die Pflanzenkulturen der Menschen erinnert durch das Verfahren der brasilianischen Blattschneide- oder Saubaameisen, welche durch Zerkauen von grünen Blättern einen breiartigen Komposthaufen in ihren Nestern schaffen,

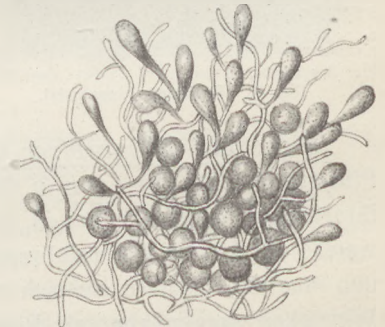


Fig. 33. „Kohlrabihaufchen“ eines von Ameisen gezüchteten Pilzes.



in dem dann ein kleine Knöllchen liefernder Pilz (Fig. 33) nach Art unserer Champignonkulturen als wichtigstes Nahrungsmaterial gezüchtet wird. Auch bei manchen Termiten und Borkenkäfern hat man ähnliches beobachtet, während der „Getreidebau“ der mexikanischen Reiseumse neuerdings bezweifelt wird.

Ausnutzung der Tiere durch die Pflanzen. Daß die an den Boden gebante Pflanze für manche Zwecke, wie Blütenstaubübertragung und

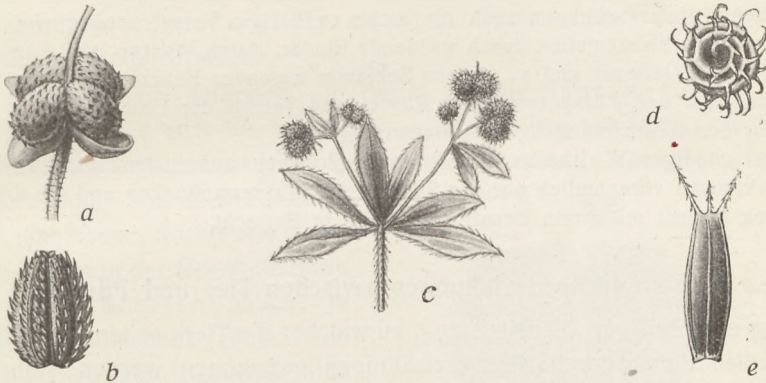


Fig. 34. Verschiedene Klettf Früchte.  
a Hundszone, b Klettenkerbel, c Labkraut, d Schneckenklee, e Zweizahn.

Samenverbreitung, der Hilfe der mit freier Bewegung ausgestatteten Tiere bedarf, ist bekannt. Ebenso, daß die Pflanze, wie im folgenden Abschnitt noch weiter auszuführen, für diese Dienste in der Regel eine Gegenleistung zu bieten hat. Es gibt aber auch Fälle, wo das Tier, ohne selbst Vorteil davon zu haben, sozusagen unfreiwillig von der Pflanze zum Transport herangezogen und ausgenutzt wird. Besonders in Betracht kommen hier die wunderbaren Klettvorrichtungen, die in außerordentlicher Mannigfaltigkeit und Verbreitung — man findet sie bei etwa einem Zehntel aller Phanerogamen — dazu dienen, durch Klebstoffe oder häufiger durch Widerhaken aller Art den vorüberstreichenden Tieren Früchte, Samen oder größere Pflanzenteile anzuheften und so deren Verschleppung herbeizuführen. Von einheimischen Pflanzen, welche auf diese Weise Tiere und Menschen in ihren Dienst zwingen, seien unter anderen erwähnt: Viele Rauhbältler (Hundszone; Fig. 34 a), Doldenpflanzen (Klettenkerbel; Fig. 34 b), Labkräuter (Fig. 34 c), Schneckenklee (Medicago; Fig. 34 d), Korbblütler (Klette,

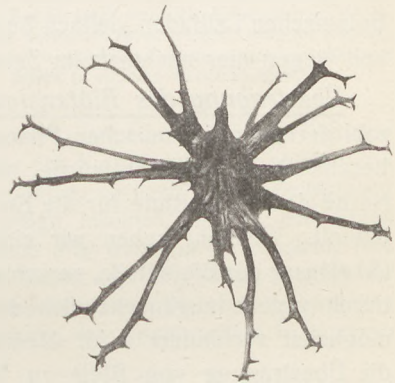


Fig. 35. Trampelklette (Harpagophyton) vom Kaplande.

Zweizahn [Fig. 34 e], Ringelblume), Nelkenwurz, Odermennig, viele Gräser mit ihren Grannen, die klebrigen Früchte des Beifuß, der Mistel usw. Manche dieser Kletten bohren sich, am Boden liegend, mit starken Dornen in den darauf tretenden Fuß ein (*Tribulus orientalis*) oder umklammern mit gewaltigen Krallen die Klauen der Huftiere (Trampelkletten des Kaplandes: *Harpagophyton*; Fig. 35).

Neben diesen spezifischen Erscheinungen verdient es Erwähnung, daß nach diesbezüglichen Untersuchungen auch die mehr zufällige Verschleppung von Samen, Früchten und Pflanzenteilen durch weidende Rinder, durch Wasser- und Sumpfvögel (Anheften am Gefieder und an den im Schlamm wadenden Füßen), wie nicht minder der Spaltpilze und Pilzsporen durch Rüssel und Tarsen der Insekten, für die Verbreitung der Gewächse nicht ohne Bedeutung ist.

Als ständiger Wohnsitz der Pflanzen kommen außer den oben erwähnten Meereskrebse vornehmlich nur die Schalen der Wassermollusken und die Korallenriffe des Meeres mit ihrem Besatz von Algen in Betracht.

### c. Freundliche Beziehungen zwischen Tier und Pflanze.

Der unfreiwilligen Dienstleistung, zu welcher die Tiere seitens der Pflanzen namentlich durch deren Klettvorrichtungen gezwungen werden, stehen die Fälle gegenüber, in denen die Pflanze dem Tiere für seine Botendienste weitgehende Vorteile gewährt, wo sich also aus dem Bedürfnis der Pflanze nach Bewegungsleistung regelrechte Wechselbeziehungen zwischen „Arbeitgeber und Arbeitnehmer“ entwickelt haben. Die beiden Hauptbewegungsleistungen, welche hierbei in Betracht kommen, sind: die Übertragung des Blütenstaubs auf die Narbe, und die Verbreitung der Samen und Früchte. Beide Gruppen von Erscheinungen sind bereits im Botanischen Leitfaden vielfach besprochen worden, mögen aber ihrer Wichtigkeit wegen hier nochmals im Zusammenhange dargelegt werden.

Übertragung des Blütenstaubs durch die Tiere. Trotzdem die Mehrzahl der phanogamischen Pflanzen Zwitterblüten besitzt, scheint doch, wie bereits S. 35 erwähnt wurde, die Übertragung des Blütenstaubes auf die Narbe derselben Blüte für die Entwicklung lebenskräftiger Samen wenig vorteilhaft. Vielmehr sehen wir eine ganze Reihe von Einrichtungen getroffen (Stellung der Blütenteile, verschiedene Reifezeit von Pollen und Narbe usw.), durch welche augenscheinlich die Selbstbestäubung auch bei Zwitterblüten möglichst verhindert wird. Dementsprechend ist ein Transportmittel für die Übertragung von Blüte zu Blüte nötig, und dieses findet die Pflanze, außer in der Kraft des Windes (windblütige Pflanzen), vor allem in dem beschwingten Heer der Insekten, wie dies bereits im Jahre 1793 von Conrad Sprengel in seinem berühmten Buche „Das entdeckte Geheimnis der Natur in Bau und Befruchtung der Blumen“ eingehend dargelegt wurde.

Die Mittel, durch welche die Pflanze die Insekten und in seltneren Fällen

auch Kolibris, Schnecken usw. zum Besuche ihrer Blüten heranzuziehen sucht, bestehen der Hauptsache nach in der Darbietung von Nahrungsmitteln. Als Anlockungsmittel und Wegweiser dienen die Farben und der Duft der Blüten. Für die Erreichung des erstrebten Zieles, den besuchenden Insekten die Übertragung des Blütenstaubes auf die Narbe gewissermaßen aufzuzwingen, finden sich mannigfache, oft sehr raffinierte Vorrichtungen in Bau und Stellung der Blüten und ihrer Teile, die zu einer weitgehenden, wechselseitigen Anpassung der einzelnen Blütenformen und bestimmter Insektenarten geführt haben.

**Darbietung von Nahrung.** In bezug auf die Nahrungsmittel ist zu bemerken, daß es sich hierbei verhältnismäßig selten um feste Gewebsteile der Blumenblätter oder anderer Blütenorgane handelt. Häufiger schon ist die Darbietung von Blütenstaub (Mohn, Anemonen, Rosen usw.), wobei die Blüten in der Regel die Form aufrechter Schalen haben, in denen der abfallende Blütenstaub sich sammelt. Als Besucher sind namentlich die kleinen Blütenkäfer, aber auch mancherlei Fliegen zu nennen, die sich über und über mit dem Staube bepudern und ihn so auf andere Blüten übertragen.

Auch die Samenanlagen werden zuweilen bis zu einem gewissen Prozentsatz von der Pflanze geopfert, um die Bestäubung der übrigbleibenden zu sichern. So ist es bei den Blüten verschiedener amerikanischer *Yucca*-Arten, bei denen

eine kleine Motte ihre Eier in den Fruchtknoten legt, um dann einen mächtigen Klumpen Blütenstaub aus einer anderen Blüte oben tief in den Narbentrichter zu stopfen und so die Befruchtung der Samenknospen herbeizuführen; so auch bei der Bestäubung des Feigenbaums durch kleine gallwespenartige Insekten, die in den Urnen (Fig. 36a), welche Staubgefäß- und Stempelblüten (Fig. 36b und c) enthalten, ihre Eier in den Fruchtknoten unterbringen, in den Urnen aber (Fig. 36d), welche nur Stempelblüten (mit längerem Griffel; Fig. 36e) enthalten, ihren Zweck nicht erreichen und hier nur durch den aus den Urnen der ersten Art mitgebrachten Blütenstaub die Befruchtung vermitteln.

Das bei weitem wichtigste Nahrungsmittel, welches die Blüten den Insekten zur Verfügung stellen, ist endlich der Nektar oder Blütenhonig. Wohl 90 % aller auf Insektenbesuch angewiesenen Pflanzen erzeugen ihn. Derselbe quillt in der Regel aus den Spaltöffnungen besonderer, an den Blumenblättern, Stempeln, Staubgefäßen, Blütenboden usw. entwickelter

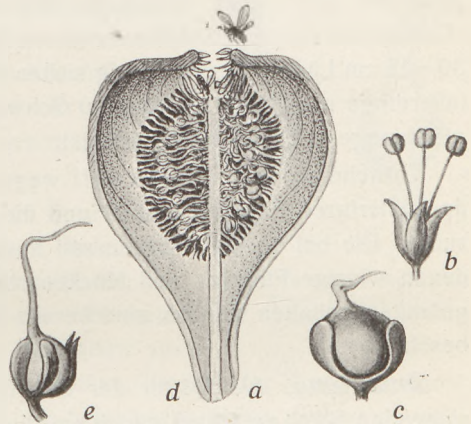


Fig. 36. a Schnitt durch eine halbe Feigenurne mit männlichen und weiblichen Blüten (b und c einzelne Blüten); d Schnitt durch eine halbe Feigenurne mit nur weiblichen Blüten (e einzelne weibliche Blüte).

Honigdrüsen oder Nektarien (Fig. 37 *a*), von wo er nicht selten in spornartigen Behältern (Veilchen, Leinkraut, Orchideen) sich ansammelt. Beim Sturmhut (Fig. 37 *b*), der Nieswurz, manchen Anemonen sind die Blumenblätter sogar ganz in solche Nektarien umgewandelt. Wo der Honig offen zutage tritt, da stellen sich namentlich die Blütenkäfer und die kurzrüsseligen Fliegen ein; wo er aber in der Tiefe der Blüten verborgen ist, wie z. B. bei unseren Geißblattblüten (Fig. 38), kann er nur von den langrüsseligen Schmetterlingen, Bienen, Hummeln, Schwebfliegen, Kolibris usw. erbeutet werden, wobei vielfach eine weitgehende Spezialisierung der Besucher durch Anpassung der Rüssellänge an die Länge der Blumenkronenröhre stattgefunden hat. Eine madagassische Orchidee (*Angraecum sesquipedale*) besitzt einen Sporn von 30–45 cm Länge, dessen Honig sicher nur einem (allerdings noch nicht bekannten) Schwärmer mit gleichlangem Rüssel zugänglich ist.

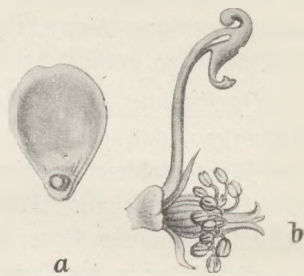


Fig. 37. Nektarien.  
*a* von *Ranunculus*, *b* vom Sturmhut.

Vornehmlich der Unterkunft wegen werden augenscheinlich die Blüten der Osterluzei (Fig. 39 *a* und *b*) und die Blütenstände der Arongewächse besucht. Die bei diesen Pflanzen zur Ausbildung gelangten Kesselfallen, in denen winzige Fliegen- und Mückenarten bis nach vollbrachter Bestäubung gefangen gehalten werden, sind bereits im Botanischen Leitfaden eingehender beschrieben.

**Anlockung.** Als Träger der die Aufmerksamkeit der Insekten auf sich ziehenden Farben treten vor allem die Blumenblätter bzw. Perigonblätter auf, doch sind auch leuchtende Hochblätter (Wachtelweizen, *Astrantie* usw.) und Staubgefäße (Weidenkätzchen, echte Akazien) nicht selten. Wo die einzelnen Blüten zu unscheinbar sind, um auf größere Entfernungen hin wahrgenommen werden zu können, da tritt meist eine Häufung oder enge Vergesellschaftung derselben ein, wodurch dann dieselbe Wirkung wie durch eine einzige große Blüte hervorgerufen wird (Korbblütler, Doldenpflanzen, Schneeball, Köpfchen, Ähren usw.). Nicht selten wird die Wirksamkeit des „Aushängeschildes“ noch durch Farbkontraste erhöht (Rand- und Scheibenblüten der Korbblütler, Schiffchen und Fahne der Schmetterlingsblütler).

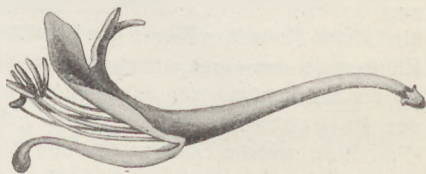


Fig. 38. Langröhriige Blüte (Geißblatt).

Umfärbungen z. B. von rot in blau (Lungenkraut) zeigen den Insekten an, daß die Bestäubung erfolgt und der Honig bereits entnommen ist. Blaue und violette Blüten werden vorwiegend von Bienen und Hummeln, scharlachrote von Schmetter-

lingen und Kolibris besucht. Gelbe Blüten liefern namentlich Blütenstaub, weiße und blaßgelbe, also lichtstarke Farben, ziehen besonders die Nachtfalter an. Nach der Bestäubung welken die Blumenblätter mehr oder weniger schnell dahin.

Die Düfte haben die Farbenwirkung der Blüten zu unterstützen, ja sind oft wahrscheinlich noch wichtiger als diese. Sie sind sehr verschieden und wirken meist auf weit größere Entfernungen als die Farben. Nachtfalterblumen duften besonders stark in den Abendstunden. Aroideen, Aristolochien und Asclepiadeen entwickeln sogar Aasgerüche zur Anlockung der Aas- und Fleischfliegen.

*Sicherung der Blütenstaubübertragung.* Die Sicherung der Übertragung des Blütenstaubs auf die Narbe bei Gelegenheit des Honigraubes durch die Insekten ist augenscheinlich nur durch eine weitgehende Sonderausbildung in den Einrichtungen der Blüten unter Anpassung an die Körperformen und die Gewohnheiten der einzelnen Tierarten möglich gewesen.

Bereits die Stellung der Blüten an ihrer Achse ist für die Art ihrer Besucher nicht ohne Bedeutung. Aufrechte, meist strahlig symmetrische Blüten, wie Dolden, Ranunkeln, Mohn, Korbblütler usw. sind auch den Käfern, echten Fliegen, Wespen, Tagfaltern zugänglich, schräg abwärts gerichtete nur solchen, die bei der Honigentnahme keines Stützpunktes bedürfen, wie die Schwärmer, Eulen, Schwebfliegen und Kolibris. Oft treten Drehungen des Blütenstiels ein, wodurch die Blüten in die für den Anflug der Insekten geeignetste Stellung kommen (Orchideen, Goldregen), und manche Blüten werden abwärts gesenkt, sobald die Bestäubung geschehen ist (Osterluzei).

Von ungleich größerer Bedeutung ist sodann die Form der Blumenkrone. Flache und weitglockige können, wie schon oben bemerkt, auch von Insekten ohne gestreckt rüsselförmige Saugorgane ausgenutzt werden, während die langröhrigen und trichterförmigen den Bienen, Hummeln, Schmetterlingen, Hummelfliegen und Kolibris vorbehalten bleiben. Zum „Anflug“ für Bienen und Hummeln besitzt die Blüte vielfach ein besonderes „Flugbrett“ (Unterlippe der Labiaten [Fig. 40], Honiglippe der Orchideen usw.), falls nicht der ganze Blütenstand (Korbblütler, Doldenpflanzen) hierzu benutzt werden kann. Mancherlei Hindernisse in

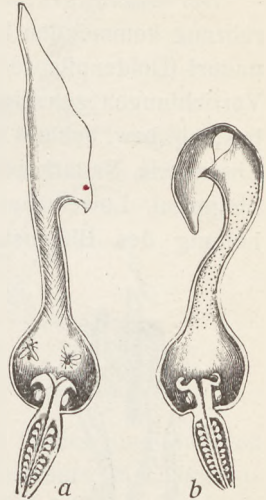


Fig. 39. Kesselfalle der Osterluzei. *a* vor, *b* nach der Befruchtung.

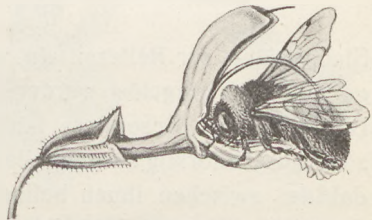


Fig. 40. Lippenblüte (Salbei), von einer Hummel besucht.

Gestalt von Engpässen, Vorsprüngen, Leisten, Haardickichten usw. dienen dann im Innern der Blüte dazu, nicht nur ungeeignete Besucher fern zu halten, sondern auch dem eindringenden Rüssel nur denjenigen Weg zum Honig in der Tiefe zu gestatten, durch den er das eine Mal mit Blütenstaub beladen, das andere Mal zum Abstreifen desselben an der Narbe gezwungen wird.

Der Blütenstaub ist in der Regel pulverförmig. Die mit ihm in Berührung kommenden Insekten, werden entweder über und über mit ihm bedudert (Doldenpflanzen, Skabiosen, Nelken, Rosen, Mohn usw.), oder es sind Vorrichtungen getroffen, daß nur bestimmte Stellen des Körpers mit ihm bestäubt bzw. beklebt werden (Unterseite des Insektenkörpers bei Compositen, Ehrenpreis, Natterkopf; Oberseite der Bienen und Hummeln bei Bienensaug, Fingerhut, Löwenmaul, Salbei usw.). Vielfach treten zum Zweck der Anheftung des Blütenstaubes Lageveränderungen und Drehungen der



Fig. 41. Streuzangenapparat der Staubgefäße eines Lippenblütlers.

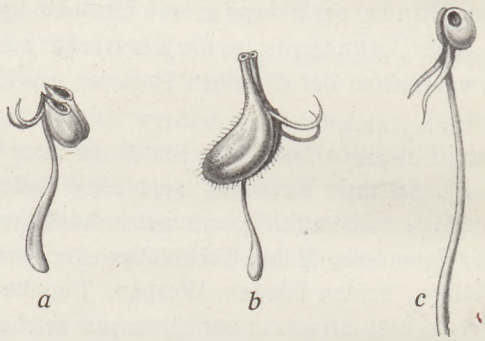


Fig. 42. Mit Löchern sich öffnende Staubbeutel. *a* von der Bärentraube, *b* der Sumpfheidelbeere, *c* der Glockenheide.

Staubgefäße zur Reifezeit ein, oder es sind besondere Mechanismen ausgebildet, die ausgelöst werden, sobald ein Insekt zwecks Honigentnahme die Blüte besucht. Besonders häufig sind die sog. Streuzangen, bei denen zwei muschelförmig ausgehöhlte Staubbeutel so gegeneinander stoßen (Fig. 41), daß der zwischen ihnen befindliche Blütenstaub nur herabfällt, wenn deren Staubfäden durch den sich dazwischen schiebenden Insektenrüssel voneinander gebogen werden (Scrophularien, Läusekraut, Klappertopf usw.). Auch mit Löchern sich öffnende und den Blütenstaub nur bei Erschütterung nach Art der Streubüchsen herausfallen lassende Staubbeutel sind nicht selten (Heidelbeergewächse, Heidekräuter; Fig. 42 *a, b, c*) sowie Streukegel (viele Borraginaceen), bei denen die schlitzförmigen Öffnungen der zu einem Kegel vereinigten Staubbeutel ebenfalls erst nach Verschiebung durch ein Insekt den Blütenstaub frei geben. Beim Stiefmütterchen (Fig. 43; vgl. auch Leitf. d. Botanik) wird diese Verschiebung mit Hilfe des auf federndem Griffel

sitzenden Narbenkopfes herbeigeführt. Einen trefflich funktionierenden Schlagapparat (Fig. 44) finden wir bei den Salbeiarten, Schleuderapparate bei der Kornblume, Eselsdistel und anderen Korbblütlern, die in ähnlicher Weise auch bei zahlreichen Schmetterlingsblütlern auftreten (Griffelbürste der Erbsen, Bohnen, Wicken) und in die Nudelpumpapparate zum Auspressen des breigen Blütenstaubes aus

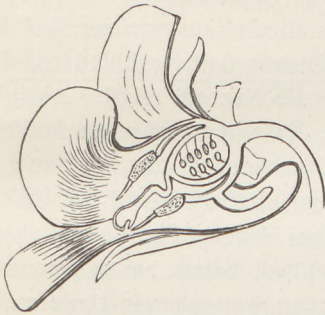


Fig. 43. Blüte des Stiefmütterchens im Längsschnitt.

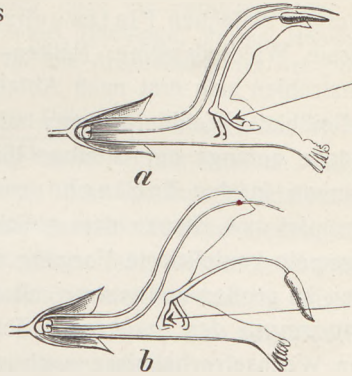


Fig. 44. Salbeiblüte im Längsschnitt, *a* vor dem Anflug des Insekts, *b* nachher.

dem Schiffchen bei Honigklee, Wundklee, Hauhechel, Lupine und anderen Schmetterlingsblütlern übergehen (Fig. 45). Der wunderbare Mechanismus der Orchideen, durch den die Stirn der besuchenden Insekten mit zwei hörnerartigen Blütenstaubklumpen (Pollinarien) beklebt wird (Fig. 46 *a* und *b*), ist ebenfalls schon im Leitfaden der Botanik ausführlicher beschrieben.

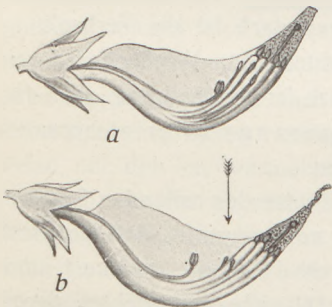


Fig. 45. Nudelpumpapparat der Blüte des Honigkleees; in *b* das Schiffchen gesenkt, so daß der Blütenstaub durch die Staubbeutel nach außen gepreßt wird.

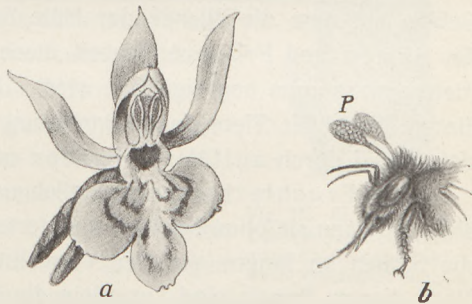


Fig. 46 *a*. Orchideenblüte (*Orchis mascula*), *b* deren Pollenklumpen (*P*) an der Stirn einer Biene.

Noch seltsamer erscheinen die Klemmfallen der Asclepiadeen, durch welche die harten Blütenstaubklumpen mit Hilfe besonderer, in Spalten der Blüte verborgener Klemmkörper den in sie hineingeratenden Tarsen oder Rüsseln der Insekten wie mit Fußangeln angeheftet werden.

Wenn durch solche und ähnliche Einrichtungen erreicht wird, daß das honigsuchende Insekt sich notwendig mit Pollen bestäubt, so ist des weiteren dafür gesorgt, daß der entnommene Blütenstaub nun auch wirklich auf die

Narbe einer anderen Blüte gelangt. Das Problem, das zu lösen war, besteht im wesentlichen darin, daß dieselbe Körperstelle des Insektes, die vordem mit Pollen belegt wurde, in der dann besuchten Blüte mit den durch Klebstoffe, feine Zerfransung usw. zur Aufnahme des Blütenstaubes vorgeordneten Narbenflächen in Berührung kommt. In vielen Fällen wird dies durch einen einfachen Platzwechsel von Staubbeuteln und Narben erreicht (Parnassie, Waldbalsamine; Nelken- und Steinbrechgewächse, bei denen die Narbenstrahlen sich erst nach Abfall der Staubbeutel ausspreizen; bei Nieswurz, Geißblatt, Weidenröschen; bei den Skabiosen und Korbblütlern, deren Oberfläche anfangs nur Staubgefäße, später die Narben zeigt). Auch Veränderungen in den Zugängen zum Honig, Zuklappen anfangs klaffender Narbenzipfel usw. dienen dem gleichen Zweck, so daß in der Tat der ganze, so ungemein komplizierte Vorgang der Blütenstaubübertragung mit Hilfe der Insekten im großen und ganzen mit erstaunlicher Regelmäßigkeit sich abspielt.

*Anpassung der Insekten.* Selbstverständlich haben bei diesem ausgeprägten Wechselverhältnisse auch die Insekten weitgehende Umformungen und Anpassungen an bestimmte Blütenarten erfahren, vor allem im Bau ihrer zum Saugen des Honigs dienenden Mundwerkzeuge (kurzrüsselige und langrüsselige Bienen bzw. Fliegen, Saugrohr der Schmetterlinge), aber auch in der Behaarung des Körpers und einzelner Teile desselben als Transportmittel des Blütenstaubs (Schienensammler, Bauchsammler; Bürste und Körbchen der Bienen und Hummeln).

*Verbreitung der Samen und Früchte durch Tiere.* Ein zweites großes Gebiet, auf dem die Pflanze der Hilfe der Tiere bedarf, ist die Verbreitung der Samen und Früchte, soweit diese nicht durch den Wind oder durch Klettvorrichtungen herbeigeführt wird. Die Pflanze ist in der Lage, auch für diesen Dienst die Tiere durch Darbietung von Nahrungsmaterial heranzuziehen und durch auffällige Farben anzulocken.

Da die Fruchtschale vornehmlich nur dem Schutze des reifenden Samens dient, so kann sie ohne Nachteil geopfert werden, vorausgesetzt, daß trotzdem die Samen im Innern vor der Vernichtung durch die Tiere gesichert sind. Nach diesem Prinzip sind vor allem die Beerenfrüchte eingerichtet, deren Fruchtknotenwand beim Reifen saftig und wohlschmeckend wird, während die Samen sich mit harter Steinschale umgeben. Zur Anlockung zeigt die Beere meist lebhafte Farben, wie rot, blau, weiß usw., und bleibt auch noch, meist mit anderen zu Trauben, Dolden usw. vereinigt, nach dem Laubfall am Baume hängen. Nach demselben Prinzip wie die Beeren sind auch die Steinfrüchte und mancherlei Scheinfrüchte (Maulbeeren, Feigen, Kernobst) gebaut. Als Besucher werden in erster Linie die beerenfressenden Vögel (Drosseln, Rotkehlchen, Fruchttauben) herangezogen, aber auch Säugetiere, besonders Affen und fliegende Hunde, spielen dabei eine Rolle.



In manchen Fällen wird nicht die Fruchtschale oder — wie bei den Scheinfrüchten — ein benachbarter Blütenteil als „Entgelt“ angeboten, sondern die Verbreiter halten sich an einem Teil der zu verbreitenden Samen selbst schadlos, wie dies namentlich bei vielen kleinen Sämereien der Krautpflanzen, aber auch bei Eichel, Haselnuß, Buchecker usw. der Fall ist. Man darf wohl annehmen, daß selbst bei dieser scheinbar so unzuweckmäßigen Methode doch ein verhältnismäßig großer Prozentsatz den Klauen bzw. Schnäbeln der Finken, Hänflinge, Meisen, Häher, Eichhörnchen usw. entgleitet und so in einer für die Ausbreitung der Art günstigen Weise verstreut wird.

Lebensgemeinschaft von Tieren und Pflanzen. Außer den Nektarien der Blüten, welche von den die Befruchtung vermittelnden Insekten ausgenutzt werden, besitzen zahlreiche Pflanzen auch an ihren Blättern, Blattstielen usw. Honigdrüsen, die augenscheinlich keinem anderen Zwecke dienen, als den besuchenden Ameisen Nahrung zu bieten. Es scheint hieraus zu folgen, und Beobachtungen in der Natur bestätigen dies, daß vielen Pflanzen, wie unsern Pappeln, Syringen, Holunder, Pflaumen, Wicken usw., die Gegenwart von Ameisen von besonderem Nutzen ist, da sie durch diese von mancherlei schädlichem Ungeziefer befreit werden, und daß sie dieserhalb durch Ausbildung jener Honigbehälter den Besuch der Ameisen geradezu herausfordern. Wir hätten es demnach hier mit einer richtigen Symbiose zu tun, d. h. mit einer Lebensgemeinschaft, welche für beide Teile in gleicher Weise vorteilhaft erscheint.

Noch inniger wird dieses Verhältnis zwischen Pflanze und Ameisen in den zahlreichen Fällen, in denen die Pflanze ihren Beschützern nun auch passende Wohnräume in ihrem Innern zu bieten vermag. Dies geschieht beispielsweise bei den im wärmeren Amerika verbreiteten *Cecropien* aus der Familie der *Urticaceen*, deren hohle Stengelglieder im Innern von gewissen bissigen Ameisenarten bewohnt werden, die aus seitlichen spaltartigen Öffnungen des Stammes (Fig. 47) hervorbrechen, sobald die gefürchteten Blattschneideameisen (vgl. S. 52) zum Raube der Blätter anrücken. Diese *Cecropien* gewähren ihren Beschützern auch Nahrung in Gestalt kleiner weißer Körperchen, die am Grunde der jungen Blattstiele zwischen einem Haarpolster hervorwachsen (Fig. 47 bei *K*). Gegen denselben Feind haben verschiedene brasilianische Akazienarten einer Schutzgarde von Ameisen die riesig vergrößerten, hohlen, vor der Spitze mit einem Loch versehenen Stacheln (Fig. 48) als Wohnplätze eingeräumt; auch hier sind besondere Speisekörperchen (außerdem noch Nektarien) entwickelt.

Namentlich bei Palmen, Euphorbien usw. finden sich dann noch mancherlei andere Vorrichtungen (Blatttüten, an den Stamm gelegte Blattfiedern usw.), welche

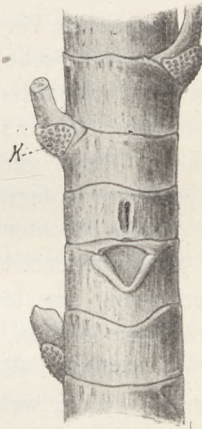


Fig. 47. Stammstück von *Cecropia* mit Ausgangsöffnung für Ameisen. Bei *K* weiße Nahrungskörperchen.

als Ameisenwohnungen gedeutet werden. Neben den Ameisen scheinen noch gewisse blattbewohnende Milben von den Pflanzen mit Wohnungsgelegenheit in Gestalt von kleinen Taschen, Haardickichten, Randumrollungen der Blätter usw. bedacht zu werden. Vielleicht haben diese Tiere die Blattoberfläche von Pilzkeimen zu säubern. Auch Rädertiere in den urnenförmigen Blättern gewisser Lebermoose (*Frullania*) werden als Symbionten aufgefaßt, die vermutlich durch ihren Kot den Wirtspflanzen stickstoffhaltige Nahrung liefern.

**Tiere als Wirte von Pflanzen.** Wenn in den bisher besprochenen Symbiosen die Pflanze als der Wirt, das Tier als deren willkommener Gast erscheint, so kennen wir doch seit wenigen Jahrzehnten auch das umgekehrte Verhältnis, bei dem mikroskopische Pflänzchen aus der Gruppe der Algen im Innern von Tieren hausen und nun mit diesen ganz ähnliche Doppelwesen darstellen, wie sie uns die Flechten darbieten.

Es handelt sich hierbei in erster Linie um die seit langem bekannten grünen Tierformen des süßen Wassers, die grünen Süßwasserpolyphen, die Süßwasserschwämme, grüne Infusorien (*Euglena viridis*, *Stentor polymorphus*) usw., welche ihre grüne Färbung der Symbiose mit einzelligen Algen (Zoochlorellen) verdanken (Fig. 49), die in ihren Geweben ihren ständigen Wohnsitz aufgeschlagen haben. Die Algen nützen ihren Wohntieren augenscheinlich durch Zufuhr von organischen Nahrungsstoffen und Sauerstoff, während sie selbst von den Tieren ihren Bedarf an Kohlensäure und Stickstoff empfangen dürften. Auch bei Meerestieren, namentlich vielen Seeanemonen und Radiolarien, ist eine solche Vergesellschaftung mit einzelligen Algen weit verbreitet, doch sind die letzteren hier ganz allgemein durch einen gelblichen Farbstoff ausgezeichnet (sog. Zooxanthellen).



Fig. 48. Akazienart mit von Ameisen bewohnten Stacheln.

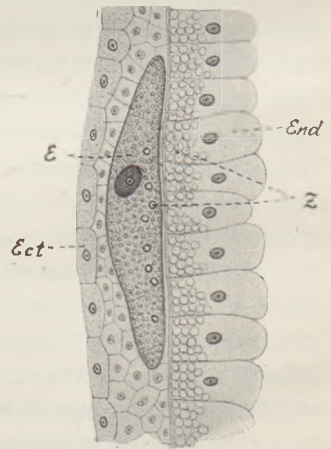


Fig. 49. Längsschnitt durch die Leibeswand d. grünen Süßwasserpolyphen. End Entoderm, Ect Ectoderm, E = Ei, z Zoochlorellen, die vom Entoderm aus auch in die Eizelle eingedrungen sind.

## C. Die Tiere in ihrer Abhängigkeit von physikalisch-chemischen Bedingungen.

### I. Wärme.

Temperaturgrenzen des tierischen Lebens. Daß auch das Leben der Tiere, wie dasjenige der Pflanzen, nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen möglich ist, liegt nach dem früher über das Wesen der chemischen Kräftewirkungen Gesagten auf der Hand. Versuche, die obere und untere Grenze dieser Temperatur festzustellen, sind häufig gemacht, weichen aber in ihren Resultaten nicht unerheblich voneinander ab. Als Höchsttemperatur, die von tierischen Organismen noch ertragen wird, kann man wohl im allgemeinen den Gerinnungspunkt der meisten Eiweißkörper, d. h. also eine Temperatur von etwa 40–45°, annehmen, doch zeigt es sich, daß auch hier, ähnlich wie bei den Pflanzen, unter gewissen Umständen Anpassungen an höhere Temperaturen nicht selten sind. So kennt man Sumpfschnecken (*Paludina*) aus heißen Quellen von 50°, Fliegenlarven (*Stratiomys*) aus solchen von 69° und gewisse Fadenwürmer (*Anguilluliden*) sogar aus Quellen von 81° C; auch gelang es, durch ganz allmähliche Steigerung der Temperatur des Wassers im Laufe von Jahren Geißelinfusorien (*Flagellaten*) schließlich an eine Wärme von 70° C zu gewöhnen. Zu erklären sind diese Erscheinungen vermutlich aus einer Verminderung des Wassergehaltes im Protoplasma, da man weiß, daß der Gerinnungspunkt der Eiweißstoffe im allgemeinen um so höher liegt, je wasserärmer sie sind.

In bezug auf Kältewirkungen ist festgestellt, daß Urtiere nicht wieder zum Leben erwachen, wenn sie eingefroren sind. Für höhere Tiere fand Pictet, daß Fische eine Temperatur von –15°, Frösche eine solche von –28°, Tausendfüße von –50° und Schnecken sogar für kürzere Zeit eine solche von –120° ertrugen, d. h. daß sie bei Überführung in normale Temperaturen unter geeigneten Vorsichtsmaßregeln wieder ins Leben zurückgerufen werden konnten. Auch hier zeigt sich, daß namentlich das wasserarme Eiweiß selbst extremen Kältegraden einen überraschend großen Widerstand entgegensetzt.

Optimum. Aus der Tatsache, daß bei extrem hohen wie bei extrem tiefen Temperaturen die Lebensprozesse völlig zum Stillstand kommen, schon längst vor Erreichung dieser Grenze aber mehr und mehr sich verlangsamen, folgt unmittelbar, daß es auch für jeden tierischen Organismus, ähnlich wie bei den Pflanzen, ein Optimum der Temperatur geben muß, bei dem die einzelnen Organe im Höhepunkt ihrer Leistungsfähigkeit stehen, während jedes Abweichen von diesem Optimum eine Minderung der Arbeitsleistung zur Folge hat. Versuche haben diese Annahme bestätigt. So fand man beispielsweise,

daß Froschlarven bei  $15\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$  in 10 Tagen aus dem Ei schlüpfen und in 73 Tagen ihre gesamte Entwicklung vollendeten, während sie bei einer Temperatur von nur  $10\frac{1}{2}^{\circ}$  zum Ausschlüpfen 21, zum Abschluß der Verwandlung 235 Tage benötigten. Selbstverständlich ist das Optimum der Temperatur nicht für alle Tierarten das gleiche; vielmehr lehrt die Verschiedenheit der Bedingungen, unter denen die einzelnen Tierformen leben, und unter denen ihre Organe regelrecht funktionieren, daß weitgehende Anpassungen an die verschiedenen Wärmeverhältnisse und Wärmezonen der Erde stattgefunden haben. Während die oben erwähnten Bewohner heißer Quellen augenscheinlich bei Temperaturen von 45, 50 und mehr Grad Celsius das Optimum ihrer Lebensbetätigung finden, muß dasselbe bei dem nur auf Schnee und im Schmelzwasser des Gletschereises vorkommenden Gletscherfloh etwa um den Nullpunkt herum liegen, da er eben bei dieser niederen Temperatur zur vollen Leistungsfähigkeit seiner Organe befähigt ist. Er muß bei Steigerung der Temperatur nicht minder sicher zugrunde gehen, als die Bewohner der Thermen, wenn sie plötzlich in das Schmelzwasser der Gletscher versetzt würden.

Temperaturwechsel. Aus dem Begriff des Optimums, auf welches jedes Tier und jedes Organ in seinen Leistungen gewissermaßen abgestimmt ist, folgt ohne weiteres, daß jeder Wechsel der Temperatur, jede Abweichung vom Optimum eine Minderung der Leistung der Organe und somit eine Schädigung des Organismus bedeutet. Am besten sind daher diejenigen Tierformen gestellt, welche möglichst geringen Temperaturschwankungen ausgesetzt sind, und für welche die einmal herrschende Temperatur, 'gleichgültig, ob hoch oder niedrig, zugleich auch ein immerwährendes Optimum darstellt. Es sind das die im Innern von Warmblütern lebenden Parasiten, die Bewohner der heißen Quellen und die Lebewesen der Tiefsee. Gerade die letzteren, welche bei einer Durchschnittstemperatur von etwa  $+2^{\circ}\text{C}$  (die in den Polarmeeren bis auf  $-2^{\circ}\text{C}$  heruntergeht) üppig gedeihen, lehren auf das deutlichste, daß nicht die Höhe der Temperatur, sondern vor allem deren Konstanz es ist, welche den an sie angepaßten Organismus zu voller Leistungsfähigkeit seiner Organe befähigt. Wie sehr diese Anpassungsfähigkeit auch selbst noch für den Menschen Geltung besitzt, mag aus der Tatsache erhellen, daß der Tropenbewohner, der bei  $30^{\circ}\text{C}$  zu leben gewohnt ist, vor Kälte zittert, wenn die Temperatur etwa auf 20 oder  $15^{\circ}$  herabsinkt, während der Patagonier noch bei  $0^{\circ}$  ohne Kleidung auszukommen vermag und sich wohl fühlt.

Die große Mehrzahl der Tiere ist mehr oder weniger erheblichen Schwankungen der Temperatur im Wechsel der Tages- und der Jahreszeiten ausgesetzt, wobei zu beachten, daß diese Schwankungen aus physikalischen Gründen im Wasser bei weitem geringer zu sein pflegen als in der Luft, daß aber auch die verschiedenen Klimate des festen Landes (Kontinental-

klima – Seeklima) in dieser Beziehung außerordentlich weitgehende Unterschiede zeigen. Es steht hiermit in Zusammenhang, daß die Gliederung der Tierwelt in faunistische Zonen nicht allein und nicht in erster Linie durch die absolute Wärmemenge bedingt wird, die einer gegebenen Örtlichkeit zu eigen ist, sondern in nicht minder hohem Grade durch die Größe der Temperatur-Schwankungen an dieser Örtlichkeit.

Während in dem Seeklima des zirkumtropischen Gürtels die Schwankungen der Temperatur sich in bescheidenen Grenzen bewegen, so daß die hier wohnhaften „stenothermen“ Tiere das ganze Jahr hindurch volle Lebenstätigkeit entfalten können, sehen wir in der gemäßigten Zone mit ihrem regelmäßigen Wechsel von Sonnenwärme und Winterkälte, ganz wie bei den Pflanzen, eine Periodizität des Lebens entwickelt, die sich als regelmäßiger Wechsel von Perioden erhöhter Lebenstätigkeit und solchen eines fast vollkommenen Stillstandes der gesamten Funktionen des Organismus darstellt. Ähnliche Unterschiede lassen sich auch bei den im Wasser lebenden Tieren nachweisen. Auch hier sind die stenothermen Formen der Tiefe mit ihrer fast konstanten Temperatur von den „eurythermen“ Formen des Strandes und der Binnengewässer mit ihren oft bedeutenden Wärmedifferenzen zu unterscheiden, wobei dann nicht selten eine ähnliche Periodizität der Lebenstätigkeit zur Ausbildung kommt wie bei den Landtieren.

Schutzmittel gegen Temperaturwechsel. Wenn es richtig ist, daß jedes Abweichen vom Optimum eine Schädigung des Organismus bedeutet, die bis zum notgedrungenen Stillstand aller Lebensfunktionen führen kann, so wird es ohne weiteres verständlich, daß bei denjenigen Tieren, die größeren Schwankungen der Temperatur ausgesetzt sind, sich weitgehende Schutzmaßregeln ausgebildet haben, um diesen Schädigungen nach Möglichkeit zu begegnen.

In erster Linie ist hier die Fähigkeit der höchst organisierten Tierklassen, der Säugetiere und Vögel, zu nennen, durch eine Fülle von Einrichtungen (Steigerung des Stoffwechsels, Haar- und Federkleid, Fettablagerungen, Regulierung der Wärmeabgabe durch Kontraktionsfähigkeit der Hautkapillaren und durch die Schweißdrüsen, Verschiedenartigkeit der Nahrung usw.) die Temperatur des Körpers auf annähernd konstanter Höhe zu erhalten und so den inneren Organen auch bei wechselnder Außentemperatur stets gleiche Bedingungen für ihre Tätigkeit zu schaffen.

Wo alle diese Mittel nicht ausreichen, da finden wir schon bei den „Warmblütern“, falls sie nicht größere Wanderungen (Zugvögel) ausführen können, die eigentümliche Fähigkeit entwickelt, durch Herabsetzung aller Lebensfunktionen im sog. Winterschlaf (Fledermäuse, Igel, Dachs, Haselmäuse usw.) die Schädigungen der kalten Jahreszeit nach Möglichkeit herabzumindern. Noch ungleich verbreiteter ist dieser in seiner physiologischen Wirkung noch keineswegs völlig erklärte „Scheintod“ bei denjenigen Tiergruppen, welche der kon-

stanten Eigenwärme entbehren, d. h. also bei den Reptilien und Amphibien, den Schnecken und Insekten unter den Landtieren der gemäßigten Zone. Auch einige Fische und andere Wasserbewohner verfallen in Winterschlaf.

Die Mehrzahl der niederen Wassertiere aber pflegt bei Eintritt des Winters zugrunde zu gehen, so daß die Arten in diesem Falle nur durch besonders widerstandsfähige und geschützte Jugendzustände erhalten bleiben. Hierher gehören beispielsweise die „Gemmulae“ der Süßwasserschwämme, die Keimkörner der Süßwasserbryozoen, die Wintereier der Wasserflöhe usw.

Änderungen im Organismus durch Temperatureinfluß. Wie bei den Wasserflöhen, so sind auch bei den Blattläusen, welche während des Sommers lebendige Junge zur Welt bringen, seit langem hartschalige Wintereier bekannt. Von großem Interesse ist es nun, daß es seinerzeit bereits Réaumur gelang, die Produktion dieser Wintereier zu verhindern und durch 4 Jahre hindurch etwa 50 Generationen lebendig gebärender Blattläuse zu erziehen, wenn er diese der konstanten Wärme eines Treibhauses aussetzte. Es war hierdurch zum ersten Male der Beweis geliefert, daß eine Änderung der Temperaturverhältnisse auch direkte, unmittelbar in die Augen springende Änderungen in den Leistungen und in dem Verhalten des tierischen Organismus hervorzurufen imstande ist.

Mannigfache weitere Beobachtungen bestätigen die Allgemeingültigkeit dieses Satzes. So ist es bekannt, daß unsere Schafe im tropischen Afrika alsbald straffes Haar bekommen, auf Neu-Guinea sogar fast nackt werden. Ähnliches gilt von den Hunden, die dann, aus den Tropen wieder in die Heimat zurückgebracht, binnen kurzem ihr früheres Haarkleid wiedererlangten, während englische Hunde auf den Höhen des Himalaya eine dichte Wollbehaarung entwickelten. Der Alpenhase trägt in den Alpen sein weißes Winterkleid 6–7, in Norwegen 8–9, in Lappland 10 Monate, behält es dagegen in Grönland das ganze Jahr hindurch.

Die Weißfärbung selbst, die wir ja auch beim Eisfuchs, bei den Schneehühnern und den einheimischen Wieseln beobachten, wird augenscheinlich durch direkte Kältewirkung hervorgerufen, die keineswegs mit dem Schneefall zeitig zusammenzutreffen braucht.

Wenn bei den Rindern Argentinien's der Wassergehalt der Muskeln 5–8% höher gefunden wurde als bei den europäischen Rindern, so bedeutet diese Tatsache eine um den gleichen Prozentsatz geringere Oxydierbarkeit der lebenden Substanz, d. h. eine Herabsetzung des Stoffwechsels und somit der Wärmeproduktion des Körpers, wie sie eben für wärmere Länder zur Vermeidung von Überhitzung notwendig erscheint. Das Wesen der sog. „Akklimatisation“ und die verminderte Leistungsfähigkeit auch des Menschen in den Tropen dürfte hierin seine Erklärung finden.

Zahlreiche Experimente sind dann namentlich in den letzten Jahrzehnten angestellt, um zu untersuchen, inwieweit wechselnde Temperaturen direkt umgestaltend auf den tierischen Organismus zu wirken vermögen. Den Aus-

gangspunkt bildet hierbei der als „Landkärtchen“ bekannte Tagschmetterling, der bei uns in zwei der Färbung nach durchaus verschiedenen Formen auftritt, einer aus der überwinternden Puppe aus schlüpfenden Frühjahrs- generation (Vanessa levana; Fig. 50 a) und einer sich schnell im Laufe des Sommers entwickelnden Herbst- generation (V. prorsa; Fig. 50 b). Bei ihm gelang es, durch Einwirkung von Kälte auf die Sommer- raupen und -puppen, statt der Prorsa- sogleich wieder die Levanageneration zu erziehen. Weitere Versuche bei zahlreichen andern Schmetterlingen haben dann ergeben, daß namentlich die sog. Lokal- rassen, wie sie für nördlichere und südlichere Gebiete verbreiteter Arten charakteristisch sind, durch entsprechende Steigerung bzw. Herab- minderung der Temperatur künstlich erzeugt werden können, und daß aus der Einwirkung extremer Wärme- oder Kältegrade auf die Puppen eine Reihe merklicher Veränderungen namentlich in der Färbung der Falter erzielt werden kann.

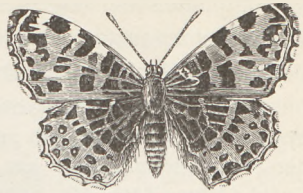


Fig. 50 a.

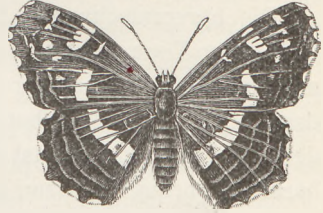


Fig. 50 b.  
Vanessa prorsa-levana. a Früh-  
jahrs- generation (V. levana),  
b Herbst- generation (V. prorsa).

Daß die Wärme auf die meisten Tiere auch eine richtende Kraft ausübt, d. h. sie bald zur Hinbewegung nach der Wärmequelle, bald zur Abkehr von ihr veran- laßt, möge hier nur kurz erwähnt werden. Es leuchtet ein, daß hierbei das Tier sich nach Möglichkeit dem Optimum der für es günstigen Temperatur zu nähern sucht und demzufolge je nach den Umständen bald positiv, bald negativ „thermotaktisch“ reagiert.

## II. Licht.

Wenn wir von der chlorophyllführenden Pflanze behaupten konnten, daß sie ohne Licht nicht existenzfähig sei, so läßt sich eine solche unmittelbare Abhängigkeit vom Licht für die Tiere nicht nachweisen. Dies lehrt schon die einfache Tatsache, daß zahlreiche Gruppen derselben, die Höhlen- und sub- terranen Tiere, die Tiefseetiere, die Endoparasiten usw., ganz oder nahezu ohne Licht zu gedeihen vermögen. Dennoch unterliegt es keinem Zweifel, daß die als Licht bezeichneten Ätherschwingungen auch im Leben der Tiere eine bedeutsame Rolle spielen, daß sie nicht nur auf deren Lebensgewohn- heiten, sondern auch auf ihre Gestaltung den weitestgehenden Einfluß aus- geübt haben.

Lebensgewohnheiten und Orientierungssinn. Im Gegensatz zur Wärme, welche im Wechsel des Tages nur Schwankungen der Intensität erkennen läßt, sehen wir die Helle des Tages allnächtlich in mehr oder minder voll- ständige Finsternis übergehen, wie denn auch zahlreiche Örtlichkeiten, wie

Höhlen, tiefere Bodenschichten, Tiefsee, niemals von einem Lichtstrahl getroffen werden. Dieser Verschiedenheit von hell und dunkel sind die Lebensgewohnheiten der Tiere in mannigfaltiger Weise angepaßt, so daß man in den verschiedensten Gruppen zwischen vollkommenen Tagtieren, Dämmerungstieren und Nacht- bzw. Dunkeltieren unterscheiden kann.

Auffallend hierbei erscheint es, daß die Gruppierung nicht etwa mit größeren systematischen Kategorien zusammenfällt, sondern daß man vielmehr oft genug in derselben Ordnung oder gar Familie lichtliebende undlichtscheue Formen vereinigt findet (Affen, Raubtiere, Schmetterlinge usw.).

Die hervorstechendste Bedeutung, welche das Licht für die Lebensbetätigung der Tiere besitzt, liegt in der Möglichkeit, mit Hilfe besonderer lichtempfindlicher Organe, der Augen, sich in der Umwelt zu orientieren und danach zweckmäßig zu handeln. Eine ähnliche Aufgabe fällt bekanntlich auch dem Tastsinn zu, doch ist seine Leistungsfähigkeit, weil fast nur bei unmittelbarer Berührung wirksam, eine ungleich minderwertigere gegenüber dem die Lichtstrahlen entfernter Gegenstände auffangenden Sehorgan. Je nach den Lebensgewohnheiten der Tiere zeigt das Auge verschiedenen Bau, so daß Tag-, Dämmerungs- und Nachttiere vielfach schon an der Größe und der Einrichtung ihrer Augen erkannt werden können (Fig. 51). Es dürfte sogar die Annahme gerechtfertigt sein, daß bei ständiger absoluter Finsternis auf unserer Erde ein besonderes Organ der Lichtempfindung überhaupt nicht zur Ausbildung gelangt wäre, oder, was auf dasselbe hinauskommt, daß das Auge als eine Folge des Lichtreizes zu betrachten ist, wobei es unentschieden bleiben mag, ob und in welcher Weise dieses wunderbare Organ sich Schritt für Schritt aus einer allgemeinen „Sensibilität“ der Haut für Ätherschwingungen von bestimmter Wellenlänge entwickelt hat.



Fig. 51. Kopf eines nächtlich lebenden Halbaffen (Lori).

Blindtiere. Man könnte im Verfolg dieses Gedankens zu der Vorstellung kommen, daß dementsprechend nun auch alle am Licht lebenden Tiere mit Augen, alle in ständiger Dunkelheit lebenden hingegen ohne derartige Sinnesorgane gefunden werden müßten. Dieser Schluß aber würde voreilig sein.

Was zunächst die im Lichte lebenden Formen betrifft, so ist in Betracht zu ziehen, daß viele von ihnen auf einer so niederen Organisationsstufe stehen, daß wirkliche Augen bei ihnen noch nicht zur Entwicklung gelangt sind (Urtiere, Schwämme, viele Coelenteraten usw.), oder doch erst als einfache, nur allgemeine Helligkeitsempfindung vermittelnde Pigmentflecke auftreten (z. B. Strudelwürmer). Auch ist es sehr wohl verständlich, daß bei besonders langsam beweglichen oder gar sesshaften Tieren (Teichmuscheln, festsitzende Ektoparasiten) das Auge als nahezu nutzlos in seiner Ausbildung unterdrückt sein kann.



Andererseits lehren die Dunkeltiere, daß das Organ der Lichtempfindung namentlich den höheren Formen durchaus nicht immer zu fehlen braucht. Eine Erklärung findet diese Tatsache durch die Annahme, daß die Dunkel-tiere von lichtlebigen, mit Augen versehenen Arten abstammen, die teils an unterirdische Lebensweise sich gewöhnten, wie die Maulwürfe, Wurfmäuse, gewisse Schlangen, teils in Höhlen und Schächte einwanderten (viele Insekten, Spinnen, Tausendfüße, Asseln, Krebse, einige Fische, Olm) oder in der ewigen Finsternis der Tiefsee geeignete Daseinsbedingungen zu finden wußten (Krebse, Mollusken, Fische). Wenn viele dieser Tiere heute nach ihrer Einwanderung in lichtlose Gebiete des Sehorgans verlustig gegangen sind, so werden wir schließen dürfen, daß hier eine durch Nichtgebrauch hervorgerufene Rückbildung des Auges vorliege. Unterstützt wird diese Annahme durch die Tatsache, daß die Reste von Augen in zahlreichen Fällen noch deutlich nachweisbar sind (Augenstiele mancher Krebse, linsenlose Augenkapsel des Olm, unter der Haut liegendes Auge des Maulwurfs mit verkümmertem Sehnerv). Das Vorhandensein von noch wohl entwickelten Augen bei andern Höhlentieren aber dürfte sich ohne Zwang aus der verhältnismäßigen Kürze der

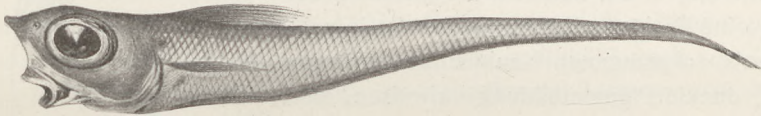


Fig. 52. Tiefseefisch mit großen Augen.

Zeitspanne seit der erfolgten Einwanderung erklären und aus der großen Langsamkeit, mit der jener Verkümmierungsprozeß sich vollzieht. Bei den Tiefseetieren, unter denen neben vielen Blindformen namentlich einige Fische mit unverhältnismäßig großen Augen ausgestattet sind (Fig. 52), liegen die Bedingungen insofern anders, als hier augenscheinlich durch die Phosphoreszenz zahlreicher Lebewesen ein schwaches Dämmerlicht erzeugt wird, das sehr wohl bei gewissen Formen zu einer besonders mächtigen Ausbildung des Sehorgans führen konnte.

Einfluß des Lichtes auf Gestalt und Funktion verschiedener Organe.

Sind wir im vorstehenden zu der Auffassung gekommen, daß die Organe der Lichtempfindung ihr Dasein der Gegenwart des Lichtes verdanken, ja daß sie bei ständigem Fehlen dieses Reizes im Laufe eines langen Verkümmierungsprozesses allmählich wieder verschwinden können, so dürfen wir wohl des weiteren folgern, daß nun auch die bei Dunkeltieren oft staunenerregende Ausbildung der Tastorgane (Fühler [Fig. 53], Beine, Barteln), die Großohrigkeit mancher Nachttiere (Fledermäuse, Ohreulen, Galagos) wenigstens indirekt auf das Fehlen des Lichtes zurückzuführen sei, indem hier, gewissermaßen als Ersatz, an Stelle der mangelnden Orientierung durch den Gesichts-

sinn andere Organe mit um so größerer Empfindlichkeit und Leistungsfähigkeit ausgestattet wurden. Ja, im Verfolg dieses Gedankens erscheint der Schluß nicht unberechtigt, daß auch manche anderen weit verbreiteten Fähigkeiten der Tiere, wie vor allem das Fliegen, wohl schwerlich zur Ausbildung gelangt wären, wenn eben nicht die Wahrnehmung des Lichtes eine freiere Orientierung im Raume ermöglicht hätte.

Farben der Tiere. Einen ganz besonderen Einfluß hat man von jeher dem Licht auf die Färbung der Tiere zugeschrieben, indem man die Beobachtungen bei Pflanzen einfach auf die Tiere übertrug und so zu der in dieser Allgemeinheit durchaus irrigen Meinung kam, daß alle Dunkeltiere bleich und farblos seien, wie etwa der Olm und der Engerling, die Lichttiere hingegen unter dem direkten Einfluß der verschiedenen Ätherwellen farbig würden. Schon die einfache Tatsache, daß viele Höhlen- und Tiefseetiere lebhaft gefärbt sind, daß der bunte Schmetterling in der dunklen, oft unterirdischen Puppenwiege seine Farben erhält, oder daß die in vollkommener Finsternis aufgezogenen Kaulquappen trotzdem die gewohnte dunkle Pigmentbildung aufweisen, lehrt, daß die hier in Betracht kommenden Verhältnisse ungleich verwickelter sind als bei der allein im Sonnenlichte ergründenden Pflanze.

In erster Linie muß darauf hingewiesen werden, daß die Färbung der Tiere auf zwei grundverschiedene Ursachen zurückzuführen ist: In dem einen Falle auf den rein physikalischen Bau der oberflächlichen Hautschichten, auf deren Anordnung in Form zartester Blättchen, Prismen usw., wodurch die eindringenden Lichtstrahlen in mannigfacher Weise gebrochen und zerlegt und zur Hervorbringung der sog. Interferenzerscheinungen gezwungen werden; in dem anderen Falle auf wirkliche Farbstoffe, die in den Zellen der Haut gelagert sind und deren Wesen darin besteht, daß sie unter allen Umständen und bei jedem Einfallswinkel nur eine Farbe, also nur Licht von bestimmter Wellenlänge reflektieren, während alle übrigen Lichtstrahlen von ihnen absorbiert werden.

Die Färbungen der ersteren Art, die sog. Strukturfarben, welche im auffallenden und durchfallenden Lichte sich durchaus verschieden zeigen, sind weit verbreitet. Der wundervolle Metallglanz der Kolibris und zahlreicher anderer Vögel, die bunte Farbenpracht der Schmetterlingsschuppen, das Irisieren der Perlmutterchalen, der Silberglanz der Fische beruht im wesentlichen auf der durch die Struktur des betreffenden Organs bedingten



Fig. 53.  
Höhlenheuschrecke  
(mit langen Fühlern).

Eigenart der Lichtbrechung, wobei dann vielfach auch noch fein verteilte Luftbläschen (weiße Farben) und trübe Flüssigkeitsteilchen eine komplizierende Rolle spielen. Inwiefern nun diese mannigfachen Strukturverhältnisse der oberflächlichen Hautschichten durch das Licht hervorgebracht oder auch nur beeinflußt sein könnten, ist schwer zu verstehen. Vielmehr liegt es näher, sie in erster Linie auf den für jede Tierform anders gearteten inneren Gestaltungstrieb zurückzuführen.

Etwas anders liegen die Verhältnisse bei den sog. Pigmentfarben. Dieselben treten teils in Form fester Körnchen auf (echte Pigmente), teils sind sie im Fett der Zellen gelöst. Beide Arten von Farbstoffen können zweifellos auch ohne irgend welche Lichtwirkung im Organismus des Tieres entstehen, wie für die Pigmente der Blutfarbstoff (Hämoglobin) und die Gallenfarbstoffe, für die gelösten Farbstoffe das Fleisch des Lachses und die orangefarbenen Eier der Seeigel beweisen. Sie erscheinen also zunächst als einfache Produkte des tierischen Stoffwechsels. Andererseits weist die fast unübersehbare Mannigfaltigkeit der Farbstoffeinlagerung in der Haut der Tiere und vor allem die ungemein feine Abstufung der Schutzfarben (vgl. S. 118) darauf hin, daß jene Stoffwechselprodukte doch wohl in bezug auf den Ort und die Menge der Ablagerung, wie nicht minder in bezug auf den spezifischen Charakter des Farbentons in Abhängigkeit vom Lichte stehen. In völliger Finsternis wären so weitgehende Anpassungen an die Umgebung eben völlig unbegreiflich.

Für die echten Pigmente wird eine solche Abhängigkeit schon dadurch wahrscheinlich, daß man in längst verlassenem dunklen Schächten unsere gewöhnlichen Flohkrebse pigmentlos fand, während andererseits im Innern von Felsen wohnende und daher pigmentlose Muscheln (Dattelmuscheln) an Atemröhren und Mantelrändern Pigmentbildung zeigten, nachdem man sie einige Monate dem Lichte ausgesetzt hatte. Die gelösten Farbstoffe, zu denen auch der Sehpurpur gehört, sind meist so leicht zersetzbar, daß eine weitergehende Beeinflussung durch das Licht von vornherein wahrscheinlich ist. Gibt es sog. „farbenempfindliche“ Stoffe, d. h. Farbstoffe, die nur unter der Einwirkung einer einzigen Farbe bestehen können, von allen andern aber zersetzt werden, so würde es ohne weiteres verständlich, warum beispielsweise im grünen Laub in der Haut der dort lebenden Tiere von allen etwa dort niedergeschlagenen Farbstoffen nur die grünen sich erhalten konnten.

Farbwechsel. Vielleicht ist die Annahme nicht zu gewagt, daß ursprünglich bei der Mehrzahl der Tiere eine Vielheit von Farbstoffen in der Haut zur Ausbildung gelangt sei. Sehen wir doch auch heute noch bei einer großen Zahl von Tieren aus den verschiedensten Klassen und Gruppen (Reptilien, Amphibien, Fische, Krebse, Mollusken) in den Hautzellen sehr mannigfache Pigmente aufgespeichert, die dann durch wechselnde Kontraktion resp. Ausdehnung das vielbewunderte Phänomen des Farbenwechsels hervorrufen. Der Mechanismus, durch den hierbei die äußere Körperfarbe sich in Übereinstimmung mit der Umgebung setzt, ist nach den vorliegenden Unter-

suchungen kein bewußter Willensakt, sondern beruht im wesentlichen auf einem durch das Auge vermittelten, von Rückenmark und Sympathikus weitergeleiteten Reiz auf die Farbstoff enthaltenden Pigmentzellen. Eine blinde Scholle paßt sich ihrer Umgebung nicht mehr an, doch will man bei gebledeten Fröschen beobachtet haben, daß nach einiger Zeit die Anpassungsfähigkeit wiederkehrt. Man würde in diesem Falle eine Einwirkung der verschiedenen Farbstrahlen direkt auf die Pigmentzellen der Haut annehmen müssen.

Nutzen der Farben und Leuchtorgane. Welche außerordentliche Bedeutung die Färbung der Tiere einerseits als Schutz gegen Nachstellungen durch Anpassung an die Umgebung besitzt, andererseits als Erkennungsmittel der Artgenossen und Reizmittel der Geschlechter, bedarf keiner weiteren Ausführung. Erwähnt mag hier nur werden, daß auch die Dunkeltiere in gewissem Maße einen Ersatz für die Farbe entwickeln können, nämlich das Leuchten. Dasselbe ist namentlich bei niederen Meerestieren weit verbreitet, wo es zunächst wohl als ein rein physiologischer, dem Gesamtkörper gleichmäßig zukommender Vorgang auftritt (Noktiluken, Quallen). Bei den höheren Landtieren (z. B. Insekten, Fig. 54) und Tiefseetieren (z. B. Fische, Fig. 55) hingegen handelt es sich um besondere,



Fig. 54. Amerikanischer Schnellkäfer (Cucujo) mit Leuchtorganen.

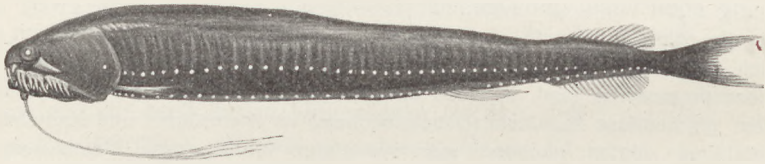


Fig. 55. Tiefseefisch mit Leuchtorganen.

an bestimmten Körperstellen auftretende Organe, sozusagen um wirkliche Laternen, welche nunmehr in ganz ähnlicher Weise der Erkennung der Geschlechter, dem Schmuck, der Abwehr usw. dienen wie die Farbe bei den Lichttieren.

Direkte Wirkung des Lichts. So groß nach den vorstehenden Darlegungen auch der Einfluß des Lichtes auf die morphologische Gestaltung der Tiere, auf die Ausbildung der Sinnesorgane, der Farben, der Lebensgewohnheiten im Laufe der Entwicklungsgeschichte gewesen sein muß, so bescheiden sind andererseits die direkt beobachtbaren Einflüsse, welche das Licht auf den tierischen Organismus ausübt. Daß das Licht, ganz wie die Wärme, je nach seiner Intensität und nach der Tierart, bald anziehend, bald abstoßend wirkt, ist allerdings eine allgemein gültige Erscheinung. Auch die verschiedenen Farben des Spektrums hat man zu diesbezüglichen Ver-

suchen herangezogen und dabei gefunden, daß selbst die für uns nicht mehr sichtbaren ultravioletten Strahlen z. B. Ameisen und Regenwürmer zur Flucht veranlassen. Protozoen wurden durch sehr intensives Licht getötet. Gewisse Hydroidpolypen sproßten Knospen nur im Licht, Kaulquappen bekamen in der Dunkelheit keine Beine, und die Eier der Tintenfische entwickelten sich im weißen Licht schneller als im blauen und gelbroten. Bei den höheren Tieren ist eine direkte Einwirkung des Lichtes der Hauptsache nach nur auf das Auge zu bemerken, dessen Iris Muskeln kontrahiert, dessen Sehpurpur zerstört, dessen Retinapigmente umgelagert werden. Psychische Einwirkungen sind namentlich von vielen Farben bekannt (Erregung von Puter und Stier durch Rot).

Anhangsweise möge hier nur kurz erwähnt werden, daß auch elektrische Reize, sowohl Schläge wie Spannungen, auf den tierischen Organismus und seine Organe einwirken. Muskeln werden zum Zucken gebracht (Galvani, Volta), Gefühlsnerven empfinden Schmerz, Drüsen beginnen reichlich abzusondern, die Bewegung der Flimmerhärchen wird beschleunigt, die Noktiluken leuchten, die Pseudopodien der Amöben werden eingezogen, bis dann bei stärkerem Strom ein völliger Zerfall des Protoplasmas eintritt. Daneben erscheinen alle Tiere unter dem Einfluß des galvanischen Stromes positiv oder negativ „galvanotaktisch“, indem sie teils dem positiven, teils dem negativen Pol zustreben oder sich auf ihn einstellen.

Weniger auffällig sind die Einwirkungen des Magnetismus und der Röntgenstrahlen, während die Radiumstrahlen sich als in hohem Grade verderblich für die Organe und Funktionen des Tierkörpers herausgestellt haben.

### III. Die umgebenden Medien.

Auf die Allgegenwart und gegenseitige Durchdringung der drei Medien der Erdoberfläche — Boden, Wasser, Luft — wurde bereits S. 9 hingewiesen. Auch das tierische Leben ist daher trotz seiner unbedingten Abhängigkeit von Luft und Feuchtigkeit überall möglich, wo daneben durch das Vorhandensein organischer Stoffe die Bedingungen für eine ausreichende Ernährung erfüllt sind. Noch stärker als bei der Pflanze ist hierbei der Gegensatz zwischen den in der atmosphärischen Luft lebenden Tieren und den das tropfbar flüssige Wasser bewohnenden ausgeprägt, doch ist auch dieser Gegensatz kein absoluter, wie die mancherlei Übergangs- und Anpassungsformen erkennen lassen.

#### a. Der Boden.

##### 1. Die physikalischen Eigenschaften des Bodens.

Die Rinde unseres Erdkörpers, auf und in der die sog. Landtiere leben, erweist sich von sehr verschiedener Festigkeit, wie die Begriffe Fels, Sand,

Humus, Sumpf usw. erkennen lassen. Die wesentlichste physikalische Eigenschaft dieses „Erdbodens“ ist, daß er den auf ihm sich bewegenden Tieren einen festen Widerhalt gewährt, in den der Körper nicht einsinkt, ja von dem derselbe auf besonderen Stützen sich abheben konnte, die dann durch Gliederung zu jenem eigenartigen Hebelsystem wurden, vermöge dessen der Bewegungseffekt einfacher Muskelkontraktionen um ein Vielfaches gesteigert wird: Nur auf dem festen Boden war die Ausbildung von Gliedmaßen möglich, welche die Last des Körpers tragen und das Tier zu den mannigfachen Bewegungsarten des Gehens, Laufens, Springens, Kletterns befähigen. Daß überdies die so entstandenen Gliedmaßen den speziellen Bedingungen des Bodens sich anpaßten, auf dem sie in erster Linie zur Verwendung kamen, lehrt schon ein flüchtiger Blick auf die Mannigfaltigkeit jener Organe bei Lauf- und Klettertieren, bei Felsen-, Wüsten- und Sumpfbewohnern.

Schutz im Boden. Von hoher Bedeutung ist der Boden sodann für das Schutzbedürfnis der Tiere, sei es, daß es gilt, sich selbst gegen die Unbilden der Witterung, gegen Hitze und Kälte, gegen Regen und Sturm, wie gegen das Heer der Feinde zu schützen, sei es, daß die junge Brut vor den allseitig drohenden Gefahren bewahrt werden soll. Unter Steinen, Erdschollen, Moos und dürrer Laub verbirgt sich ein ganzes Heer von Insekten, Spinnen, Tausendfüßern, Asseln und Schnecken; im Boden selbst hausen zahlreiche Würmer, Insekten und Insektenlarven. Andere Tiere legen kunstvolle Höhlen in der Erde an, wie die kleineren Säugetiere, manche Vögel (Uferschwalben, Eisvogel, Bienenfresser), Reptilien, Amphibien, Insekten usw., oder benutzen die Felsspalten als Schlupfwinkel. Wüstentiere entfliehen der Sonnenglut, nordische Tiere der Winterkälte durch Aufsuchen unterirdischer Verstecke. In den harten Fels vermögen sich die Bohrmuscheln und manche Seeigel einzubohren. Nicht selten erscheint es den Tieren vorteilhaft, die Bestandteile des Bodens zu besonderen oberirdischen Bauten zu verwenden (Nester der Schwalben, des Töpfervogels; Mörtelbienen, Lehmwespen, Bauten der Ter-



Fig. 56. Erdbau einer westafrikanischen Termiten. b im Längsschnitt.

miten [Fig. 56] und mancher Ameisen), und noch wieder andere wissen sich aus Sand und Steinchen zierliche Schutzgehäuse für den eigenen Körper zu fertigen (viele marine Röhrenwürmer, manche Köcherfliegen und selbst einige amöbenartige Protozoen, wie Arcella), oder doch das aus anderweitigem Stoff hergestellte Gehäuse durch erdiges Material zu verstärken und unkenntlicher zu machen (Sandkokons vieler Schmetterlinge, Eierkokons mancher Spinnen).

Daß die Tierwelt auch noch in mancher anderen Hinsicht aus der physikalischen Beschaffenheit des Bodens Vorteil zu ziehen weiß, mögen beispielsweise die Körnerfresser unter den Vögeln lehren, die sich der Steine zum Zerkleinern der Nahrung im Magen bedienen, oder die Ameisenlöwen, die im rieselnden Sande eine den Ameisen und anderen Beutetieren verhängnisvolle Fallgrube herstellen.

## 2. Die chemische Verschiedenheit des Bodens.

Da die Tiere in ihrer großen Mehrzahl keine Bodenstoffe direkt in sich aufzunehmen pflegen, sondern die zum Aufbau der Organe nötigen Salze aus den Pflanzen beziehen, so kann der chemische Einfluß des Bodens auf die Tiere im allgemeinen nur ein indirekter sein, insofern die weitgehende Abhängigkeit der Pflanzenwelt von der chemischen Zusammensetzung des Bodens naturgemäß auch für die Existenzmöglichkeit der von bestimmten Pflanzenarten lebenden Tiere von ausschlaggebender Bedeutung ist. Immerhin läßt sich für gewisse Tiergruppen auch eine unmittelbare Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung des Bodens nachweisen. Dies gilt z. B. für die Schnecken, welche zum Aufbau ihres Gehäuses größerer Mengen Kalk bedürfen, den sie zum Teil direkt dem Boden entnehmen; ebenso leuchtet es ein, daß die zum nicht geringen Teil von organischen Zersetzungsstoffen sich nährenden Regenwürmer nur im humosen Boden günstige Bedingungen des Lebens finden. In andern Fällen können direkt schädliche Substanzen im Boden, wie Ammoniak, Salpetersäure, Huminsäuren usw., den Aufenthalt in ihm unmöglich machen; auch ein stärkerer Kochsalzgehalt wird nur von gewissen, hierfür besonders „angepaßten“ Tierformen ertragen, wie schon die Eigenart der Fauna des Meeresstrandes mit seinen Sandwürmern, Klaffmuscheln, Krebsformen usw. erkennen läßt.

### b. Atmosphärische Luft.

#### 1. Die physikalischen Bedingungen der Luft.

Die auf etwa 70–100 km Höhe geschätzte atmosphärische Hülle der Erde nimmt nach oben an Dichte sehr schnell ab, so daß sie in 75 km Höhe nur noch etwa  $\frac{1}{10000}$  ihrer Dichte über dem Meeresspiegel besitzt. Obgleich die Luft selbst unmittelbar über dem Boden spezifisch etwa 800 mal leichter ist als das Wasser, so beträgt doch der Gesamtdruck der Luftsäule auf die am Grunde des Luftmeeres befindlichen Objekte etwa 1 kg auf den Quadrat-

zentimeter, so daß also die auf ungefähr 2 qm zu schätzende Oberfläche eines erwachsenen Menschen immerhin einem Luftdruck von 20 000 kg ausgesetzt ist. Wenn wir, und ebenso die übrigen organischen Lebewesen, von diesem Druck unter gewöhnlichen Verhältnissen nichts verspüren, so erklärt sich dies aus der bereits S. 13 hervorgehobenen Tatsache, daß alle Flüssigkeiten und Gase des Körperinnern auf diesen Druck gewissermaßen abgestimmt sind, ihn durch gleichen Gegendruck beantworten und aufheben. Erst wenn wir künstlich den Außendruck vermehren oder durch Aufstieg in höhere Luftschichten dem Innendruck ein Übergewicht schaffen, kommen die so erzeugten Druckdifferenzen zur Geltung. Immerhin ist durch Versuche festgestellt worden, daß Tiere bis zum 15fachen des gewöhnlichen Atmosphärendrucks am Leben bleiben können, während andererseits die Herabminderung des Druckes um etwa  $\frac{2}{3}$ , d. h. bis auf 230 mm Quecksilber, als die Grenze erscheint, welche noch allenfalls ohne dauernde Schädigung auf kürzere Zeit ertragen werden kann. Von drei im Jahre 1875 bis zu nahezu 9000 m aufgestiegenen französischen Luftschiffern kam nur einer mit dem Leben davon.

Da das spezifische Gewicht des tierischen Körpers im großen und ganzen dem des Wassers gleicht, also ebenfalls etwa 800 mal größer ist als dasjenige der Luft, so wird nur ein verschwindend kleiner Bruchteil des Körpergewichtes bei den Land- und Lufttieren nach dem Archimedischen Prinzip vom Luftmeere aufgehoben;  $\frac{799}{800}$  desselben drücken auf den festen Erdboden und müssen von ihm bei Ortsbewegung durch Muskelkraft emporgehoben werden. Daß hierdurch das Landtier gegenüber dem vom Wasser getragenen Wassertier in erheblichem Nachteil ist, leuchtet ein, ebenso, daß infolgedessen den Landtieren weit engere Grenzen in der Größenentwicklung gezogen sind als den Wassertieren.

Selbst der riesige Elefant hat nur etwa  $\frac{1}{25}$  des Gewichtes eines ausgewachsenen Grönlandwals. Die Kraft der Tiere wächst nur proportional dem Querschnitt ihrer Muskeln, d. h. in zweiter Potenz zum Durchmesser, die Masse des Körpers aber nach drei Dimensionen, also in dritter Potenz, so daß dementsprechend bei beliebiger Vergrößerung eines Tieres das Verhältnis von verfügbarer Kraft und zu bewegnender Masse fortschreitend ungünstiger wird.

Flugvermögen. Unter den dargelegten physikalischen Verhältnissen muß das Sicherheben in die Luft, wie es bei einer ganzen Reihe von Tiergruppen (Insekten, Flugsaurier, Vögel, Fledermäuse; in beschränktem Maße auch Flugeidechsen, Flughörnchen, fliegende Fische und Spinnen) zu beobachten ist, als eine bewundernswerte Leistung betrachtet werden. Selbstverständlich bedurfte es hierzu weitgehender Veränderungen des gesamten Körperbaues, vor allem einer völligen Umformung der ursprünglich für die Bewegung auf festem Boden eingerichteten Gliedmaßen (Fledermäuse, Vögel), oder der Ausbildung besonderer, in ihrer ursprünglichen Bedeutung noch strittiger Hautanhänge zu Flugplatten (Insekten), während daneben durch Abänderung



der Regionenbildung der Wirbelsäule, durch Erleichterung des spezifischen Gewichts (hohle Knochen), besondere Atemmechanismen (Luftsäcke der Vögel, Tracheenblasen der Insekten) nach Möglichkeit günstige Bedingungen für die Durchschiffung des Luftmeeres geschaffen wurden. Bei unbewegter Luft ist ein Aufstieg in ihr für den um so viele hundertmal schwereren Tierkörper natürlich nur möglich, wenn durch Niederschlagen breiter Flugflächen die Luft derart verdichtet wird, daß nun der Rückstoß der elastischen Luftteilchen gegen diese Flugfläche die Schwerkraft überwindet, und jedes Flugtier muß dementsprechend mit mächtigen, die Flugflächen in Bewegung setzenden Muskelmassen ausgerüstet sein. Bei bewegter Luft können die einzelnen Wellenstöße des Luftmeeres den Flügelschlag ersetzen, und es ist dann nur die Aufgabe des Seglers, durch geschickte Flügelstellung die lebendige Kraft der verdichteten Luftwellen auszunutzen.

## 2. Die chemischen Bestandteile der Luft.

Des Zusammenhangs wegen mag zunächst nochmals daran erinnert werden, daß die atmosphärische Luft auf der ganzen Erde annähernd die gleiche chemische Zusammensetzung hat, d. h. im Mittel aus 79% Stickstoff und 21% Sauerstoff sowie minimalen Mengen Kohlendioxyd (0,04%) und anderer Gase (wie Ammoniak, salpetrige Säure usw.) besteht, während allein der Gehalt an Wasserdampf beständigen und weitgehenden Schwankungen unterworfen ist.

Stickstoff und Sauerstoff. Der Stickstoff, als für den tierischen Organismus durchaus indifferenter Körper, kommt, wie bei der Pflanze, nur als Verdünnungsmittel des Sauerstoffs in Betracht. Der Sauerstoff aber ist, wie schon früher hervorgehoben, als die eigentliche Energiequelle aller organischen Wesen in Anspruch zu nehmen, indem durch ihn die Gewebe des Körperinnern chemisch verändert (oxydiert) und hierdurch, wie bei jeder Verbrennung, Kraftwirkungen erzeugt werden. Da der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre auf der ganzen Erde der gleiche ist, so erscheinen alle luftlebigen Tiere in dieser Beziehung annähernd gleichgestellt.

Nur Parasiten im Körper anderer Tiere leben augenscheinlich unter ungünstigeren Verhältnissen, wie man denn auch bei Darmparasiten beobachtet hat, daß sie 4–5 Tage ohne Sauerstoffzufuhr existieren können. Auch von anderen Tieren steht übrigens fest, daß sie eine Herabminderung des Sauerstoffgehaltes auf 14% ohne Schaden ertragen und erst bei 7% ernstere Störungen erleiden, während eine Steigerung des Prozentgehaltes bis zu einer gewissen Grenze anregende Wirkungen ausübt. Bei reinem Sauerstoff unter einem Druck von drei Atmosphären gingen alle Versuchstiere zugrunde.

Kohlendioxyd. Die geringen Mengen von Kohlendioxyd in der Luft sind, im Gegensatz zur Pflanze, für das tierische Leben ohne irgend welche Bedeutung. Die Anreicherung desselben aber, wie sie sich zuweilen in Kalksteinhöhlen (Dunsthöhle bei Pyrmont, Hundsgrotte bei Neapel) findet,

bedingt Schwindel und Tod. Daß die durch den Atmungsprozeß erzeugte Kohlensäure in manchen gefüllten Räumen ebenfalls schädlich wirken kann, ist bereits aus der Gesundheitslehre des Menschen bekannt.

Wasserdampf. Von höchster Bedeutung auch für das tierische Leben des festen Landes ist, wie bei den Pflanzen, der Feuchtigkeitsgehalt der Luft, die Wassermenge, welche teils in Gasform als Wasserdampf, teils in fein verteilter, flüssiger Form als Wasserdunst in der Atmosphäre schwebt, um als Nebel, Tau, Regen, Schnee usw. unter gewissen Umständen sich niederzuschlagen. Ohne diese fort und fort durch Verdunstung aus dem Meere sich wieder regenerierenden Feuchtigkeitsmengen der Atmosphäre würde neben dem pflanzlichen auch das tierische Leben auf dem festen Lande unmöglich sein, da alle chemischen Prozesse im Innern des Organismus die Anwesenheit flüssiger bzw. in Wasser gelöster Substanzen verlangen. Das Protoplasma selbst ist eine Flüssigkeit, deren chemische Leistungsfähigkeit sehr bald nachläßt und gänzlich schwindet, sobald ihr Wassergehalt herabgemindert wird. Auch für dieses so wunderbar komplizierte Lösungsgemisch verschiedener Eiweißstoffe gilt der alte chemische Erfahrungssatz, daß die Stoffe in fester Form nicht aufeinander einwirken. Bei weitgehender Wasserentziehung infolge anhaltender Dürre sehen wir daher viele Tiere in eine Art Trockenstarre verfallen, die in den heißen Zonen auch wohl als „Sommer-schlaf“ bezeichnet wird. Als heimische Beispiele sind hier zu nennen die in Dachrinnen hausenden Bärtierchen, viele sich „encystierende“ Rädertiere und Infusorien, vor allem aber die merkwürdigen Weizenälchen (*Tylenchus tritici*), welche bis zu zwei Jahrzehnten völlig verschrumpft und leblos in trockenen Weizenkörnern aufbewahrt wurden, dann aber trotzdem noch durch Feuchtigkeit zu neuem Leben erweckt werden konnten.

Bei den so ungemein verschiedenen Feuchtigkeitsverhältnissen der einzelnen Ländergebiete der Erde ist es erklärlich, daß die Tierwelt den jeweiligen Verhältnissen sich anzupassen hatte, was wohl in erster Linie durch die verschiedene Fähigkeit, die einmal erworbene Wassermenge im Körper zurückzuhalten, erreicht wurde. Tiere in feuchten Klimaten bzw. an feuchten Örtlichkeiten sind fast sämtlich durch eine leicht durchlässige Hautbekleidung ausgezeichnet, da eine reichliche Wasserausgabe durch die Feuchtigkeit der Umgebung sofort wieder ausgeglichen wird. Frösche, Nacktschnecken, Regenwürmer, Landblutegel und Landplanarien können als Beispiele solcher für eine feuchte Atmosphäre eingerichteter Tiere gelten, während die Bewohner dürerer Gegenden, die mit ihrem Betriebswasser haushalten müssen, fast durchgehends eine feste, undurchlässige Hautbedeckung besitzen (Wüstenreptilien, Käfer, Gehäuseschnecken) und daneben meist auch noch durch die oben besprochene Fähigkeit ausgezeichnet sind, bei fortschreitender Trockenheit in Sommerschlaf oder Trockenstarre zu fallen.

### c. Das Tierleben im Wasser.

#### 1. Die physikalischen Bedingungen des Wassers.

Infolge des hohen spezifischen Gewichtes des Wassers, das im großen und ganzen dem des Tierkörpers etwa gleichkommt, sind die in ihm lebenden Tiere des Vorteils der Aufhebung ihres Eigengewichtes durch den Auftrieb des Wassers teilhaftig geworden. Eine Fülle von Muskelkraft wird hierdurch gespart, und selbst in jenen Tiergruppen, in denen die Landformen nur bescheidene Dimensionen erreichen (Schnecken unter den Mollusken, Insekten unter den Gliedertieren), konnte es infolgedessen zur Ausbildung wahrer Riesenformen kommen (Tintenfische, Riesenschnecken, japan. Riesentaschenkrebs).

Schwimmtiere, Plankton. Die Gliedmaßen erscheinen wegen der Aufhebung des Eigengewichtes in der Regel nicht mehr als Stützen des Körpers, wie bei den Landtieren, sondern als einfache Ruder und Erhalter des Gleichgewichts. Aber auch sonst sind weitgehende Wandlungen der Körperform gegenüber denjenigen der Landtiere zu beobachten, die vornehmlich durch den im Vergleich zur Luft außerordentlich großen Widerstand des Wassers bei der Ortsbewegung ihre Erklärung finden. Wie der Mensch seine Seefahrzeuge anders zu konstruieren hat als seine Wagen und Luftballons, so auch mußte sich die Gesamtkörperform des Wassertiers der physikalischen Eigenart dieses Elementes anpassen, indem sie in der Regel die Form eines Kielbootes (Fisch) oder eines Flachbootes (Schildkröte [Fig. 57], Krebs) annahm, wenigstens soweit es sich um Tierarten handelt, die durch eigene Muskelkraft zu zielbewußter Ortsbewegung befähigt sind. Dies aber ist im Wasser, dessen Widerstand ja durch Wellen und Strömungen noch außerordentlich gesteigert werden kann, keineswegs immer der Fall; vielmehr gibt es neben den freischwimmenden, muskelkräftigen Tieren, dem „Nekton“, auch zahlreiche Formen niederer Gruppen (Quallen, Salpen, Nektilien, Rädertierchen, mikroskopische Krebschen, zahlreiche Larven usw.), die als „Plankton“ im wesentlichen passiv im Wasser dahintreiben. Bei diesen braucht die Körperform natürlich auch nicht für ein aktives Durchschneiden des Wassers eingerichtet zu sein, besitzt aber mannigfache Schwebevorrichtungen.



Fig. 57. Seeschildkröte (Karettschildkröte).

Tiere, deren spezifisches Gewicht geringer ist als das des Wassers, ragen mit einem Teil ihres Körpers über die Oberfläche empor: sie schwimmen auf dem Wasser (viele Wasservögel, Taumelkäfer; Seebblasen). Noch interessanter ist es, daß manche Insekten ganz auf der Oberfläche des Wassers zu leben und sich zu bewegen vermögen (Wasserspringschwänze, Wasserläufer), indem ihr Gewicht

so leicht ist, daß die Kohäsion der oberflächlichen Wasserteilchen durch den Druck der fettgetränkten, meist weit voneinander gespreizten Beine nicht aufgehoben wird.

Tiefseetiere. Den Gegensatz zu diesen Oberflächentieren bilden die Tiefseetiere, die selbst noch in den größten bisher erforschten Meeres-tiefen angetroffen werden. Wenn man erwägt, daß eine 10 m hohe Wasser-säule bereits dem Druck einer Atmosphäre entspricht, so folgt daraus, daß die in einer Durchschnittstiefe von 4–6000 m lebenden Geschöpfe einem Drucke von vielen hundert Atmosphären ausgesetzt sind. Darf man nun auch annehmen, daß dieser gewaltige Druck gerade so, wie es in der Atmosphäre selbst der Fall ist, durch die Spannung der Gase und Flüssigkeiten des Körperinnern völlig aufgehoben wird, so sollte man doch meinen, daß, entsprechend den ungeheuren Druckdifferenzen von der Oberfläche bis zum Grunde des Meeres, zum mindesten eine ausgesprochene Gliederung der Wasserfauna in Vertikalzonen sich ausgebildet haben müßte. Dies aber ist keineswegs in dem von vornherein zu erwartenden Grade der Fall. Zwar hat man beobachtet, daß Kilche und andere Tiefenfische der Schweizer Seen beim Netzfang mit aufgetriebenem Bauche oder aus dem Maule heraus-gepreßtem Schlunde an die Oberfläche kamen, da der Druck auf die Luft der Schwimmblase so plötzlich um viele Atmosphären vermindert wurde; auch gehen die mit der Dredge heraufgeholtten Tiefseetiere meist schnell zugrunde: Neuere Beobachtungen aber machen es wahrscheinlich, daß im letzteren Falle nicht die Verschiedenheit des Drucks, sondern die der Temperatur als Todesursache zu gelten hat, und hiermit stimmt es durchaus überein, daß ein und dieselbe Tierart (manche Armfüßer, Haarsterne, Krebse, Würmer) von der Oberfläche bis zu Tiefen von 3-, 4- ja 5000 m angetroffen wird, und daß selbst Fische Tiefendifferenzen bis zu 2000 m ertragen können. Der Grund für diese auffallende Erscheinung liegt zweifellos in der Fähigkeit eines un-gemein schnellen Austausches der Körperflüssigkeiten mit der Umgebung, wodurch in den verschiedenen Tiefen alsbald das Gleichgewicht zwischen innerem und äußerem Druck wieder hergestellt wird. Nur allein die Fische sind in dieser Hinsicht schlechter gestellt, insofern hier der gasgefüllte hydro-statische Apparat der Schwimmblase augenscheinlich einer längeren Zeit bedarf, um sich stärkeren Druckveränderungen anzupassen. Fische, deren Schwimmblase man angestochen, blieben bei einem Druck von 100 Atmo-sphären vollkommen munter und wurden erst bei 200 Atmosphären träge; niedere Tiere, wie Infusorien, Flohkrebse, Wasserflöhe, Blutegel usw., hat man einem Drucke bis zu 600 Atmosphären ausgesetzt, ohne daß sie zu-grunde gingen.

Auf- und Absteigen im Wasser. Da das Wasser nur minimal zu-sammendrückbar ist und der Körper der Tiere in ihm gewichtlos schwebt, so erfordert das Auf- und Absteigen im Wasser keinen besonderen Kraft-

aufwand, wie das Fliegen in der Luft, sondern es genügt oft eine geringe Änderung des spezifischen Gewichts des Tierkörpers, um ihn, je nachdem, in die Tiefe sinken oder an die Oberfläche emporsteigen zu lassen. Diese Änderung des spezifischen Gewichts wird in der Regel durch besondere hydrostatische Apparate erzielt, wie sie namentlich bei den Fischen als Schwimmblasen bekannt, aber auch bei niederen Tieren in Form von gas- oder wassergefüllten, je nach Bedarf sich entleerenden oder füllenden Bläschen (Vakuolen) weit verbreitet sind. Immerhin ist die Fähigkeit der spezifischen Gewichtsveränderung eine begrenzte, wie denn eine Nordseequalle im leichteren Ostseewasser hilflos zu Boden sinkt.

Der Einfluß des bewegten Wassers. Von ganz ausschlaggebender Bedeutung für die Lebensgewohnheiten und die gesamte Körpergestaltung der Wassertiere ist die Tatsache, daß das Wasser infolge der leichten Verschiebbarkeit der Teilchen in seiner Masse nicht ruhend ist, sondern daß es durch Wärme, Winde, Mondstellung usw. zu immerwährender Bewegung gezwungen wird, die als Wellenschlag, Strömung, Brandung, Ebbe und Flut auch äußerlich zur Wahrnehmung kommt.

Die erste auffallende Erscheinung, die hierdurch ihre Erklärung findet, liegt darin, daß zahllose Wassertiere, von den Urtieren, Schwämmen, Korallen bis herauf zu den Röhrenwürmern, Moostierchen, Seescheiden, Muscheln, Entenmuscheln, Seepocken, den Pflanzen gleich an einem Punkte des Bodens festsitzen und von ihm aus sich ernähren können, da die im Wasser schwebende Nahrung – aus fein verteiltem organischen Detritus und Mikroorganismen bestehend – durch die ständige Wasserbewegung überall hin verbreitet und so durch Strudelapparate des Mundes in immer neuen Mengen an derselben Örtlichkeit aufgenommen werden kann. Auch die Ernährung der vorhin erwähnten willenlos im Wasser treibenden Planktontiere ist natürlich nur infolge der gleichmäßigen Verteilung organischer Stoffe im Wasser möglich.

Einen tiefgreifenden Unterschied in der Gestaltung der verschiedenen Daseinsformen der Wassertiere haben sodann die mannigfachen Abstufungen der mechanischen Kraft hervorgerufen, mit welcher das bewegte Wasser auf die tierischen Organismen einwirkt. Während in den Tiefen des Ozeans nur äußerst schwache Senk- und Auftriebbewegungen, verursacht durch minimale Wärme- und Druckdifferenzen, zu beobachten sind, wird ein großer Teil der oberflächlicheren Wasserschichten unter dem Einflusse von Wind und Wärme in oft sehr heftige Bewegung versetzt, die als Wellenschlag und Strömung zum Ausdruck kommt.

Solange bei dieser Bewegung nur die leicht gegeneinander verschiebbaren Wasserteilchen aufeinander wirken, kann auch ein zarterer Organismus in diesem Spiel der Wogen bestehen. Treffen aber die gewaltigen

Wasserberge mit ihrer immensen lebendigen Kraft auf feste, nicht nachgiebige Hindernisse, wie sie das Ufer darstellt, so entsteht das Phänomen der Brandung, in der die Wogen zerschellen und selbst die Kiesel des Strandes durch Druck und Reibung sich gegeneinander abschleifen. Es ist klar, daß in dieser Brandungs- und Litoralzone nur Geschöpfe gedeihen können, die auf irgend eine Weise den ungeheuren, hier sich geltend machenden mechanischen Kräften gewachsen sind, sei es, daß sie im Boden oder Fels sich tief vergraben haben (Sandwürmer, Klaffmuscheln [Fig. 58], Messerscheiden, Seefedern, Flohkrebse; Bohrwürmer, Bohrmuscheln, manche Seeigel), sei es, daß sie, der Pflanze gleich, mit ihrer Unterlage fest verwachsen sind (Korallen, Hydroiden,

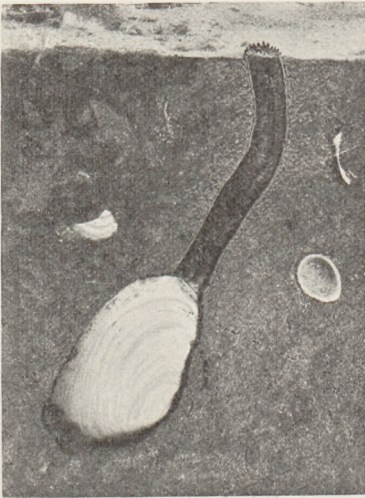


Fig. 58. Klaffmuschel.



Fig. 59. Röhrenwurm.

Röhrenwürmer [Fig. 59], Austern, Miesmuschel, Seepocken usw.), oder sich doch zeitweilig festzusaugen vermögen (Napf- und Käferschnecken, Seesterne, Tintenfische), sei es endlich, daß sie durch mächtige Panzerung (Seeigel, Schnecken, Muscheln, Krebse) zum Ertragen auch derberen Anpralls an das Ufer geschickt gemacht sind. Durch alle diese und noch manche andre Einrichtungen zur Abwehr des Wogenpralls in der Brandungszone erhalten die hier wohnhaften Tierformen ein sehr charakteristisches Gepräge, das sie als „Litoralfauna“ namentlich sehr scharf abhebt von den meist zarten, durchsichtigen Schwimmformen der hohen See, die man als „pelagische“ Tiere zu bezeichnen pflegt, und die in der Küstenzone bald rettungslos zugrunde gehen. Die Tiere der Tiefsee endlich, die wohl vornehmlich aus den Bewohnern der Flachsee durch allmähliche Wanderung in die Tiefe hervorgegangen sind, haben zwar noch vielfach in ihrer Seßhaftigkeit und in ihrem

sonstigen Gepräge den Charakter ihrer Vorfahren bewahrt; durch auffallende, ganz allgemein auftretende Verkümmernng des kalkigen Panzers aber liefern sie den Beweis, daß in jenen Tiefen ein mechanischer Schutz gegen die Bewegung des Wassers völlig unnötig ist.

Wärme- und Lichtverhältnisse des Wassers. Nur kurz sei zum Schluß darauf hingewiesen, wie sehr auch die Wärme- und Lichtverhältnisse des Wassers von denen der atmosphärischen Luft abweichen, und wie sie demzufolge andersartige Lebensbedingungen schaffen.

Was zunächst die Wärmeverhältnisse des Wassers betrifft, so lehrt die Physik bekanntlich, daß das Wasser von allen Körpern die größte „Wärmekapazität“ hat, d. h. selbst bei Absorption großer Wärmemengen nur geringe Temperaturerhöhung erfährt. Da außerdem ein großer Teil der dem Wasser zugeführten Wärme zur Erzeugung von Wasserdampf verwandt wird, so folgt daraus, daß die Temperaturschwankungen im Wasser und namentlich im Meere ungleich geringer sind als in Luft und Boden. Die höchsten Oberflächentemperaturen des Meeres gehen selten über 32° C, die niedrigste beträgt - 3° C, doch sind die Temperaturschwankungen an einer und derselben Örtlichkeit des offenen Meeres natürlich außerordentlich viel geringer; sie betragen in der Äquatorialzone nur 2-3°, in höheren Breiten etwa 7-10° C. Und auch diese Differenzen treten nur in den oberen Schichten des Wassers auf. Bereits in einer Tiefe von 300-400 m bleibt die Temperatur des Wassers annähernd konstant und sinkt von hier ab ganz allmählich bis zu einer Durchschnittstemperatur von etwa 2° C in der Tiefe des Meeresgrundes. Nach dem, was früher über das Wärme-Optimum für die Lebenstätigkeit der Tiere gesagt ist, müssen diese Wärmeverhältnisse des Wassers als in hohem Maße günstige bezeichnet werden. Alle jene Schutzmittel der Landtiere, wie Haar und Federkleid, Winterschlaf, Dauereier usw., sind im Meere überflüssig, und die wenigen in ihm lebenden Warmblüter (Wale, Sirenen, Robben) haben die Gleichheit der inneren Körperwärme schwerlich hier erworben, sondern von landlebenden Vorfahren ererbt. Im flachen Süßwasser liegen die Verhältnisse natürlich erheblich ungünstiger, und dort treffen wir denn auch alsbald jene bereits S. 66 erwähnten Schutzvorrichtungen gegen die Winterkälte (Gemmulae der Schwämme, Keimkörner der Moostiere, Winter Eier der Flohkrebse). Daß die in konstanter Temperatur lebenden Tiefseetiere infolgedessen auch „stenotherm“ sind, d. h. Wärmeschwankungen nur schlecht ertragen können, ist ebenso begreiflich, wie daß die Bewohner der Litoralzone und der Flachsee „eurytherm“ sein müssen, wenn sie nicht dem hier auftretenden Wechsel der Temperaturen unterliegen sollen.

In bezug auf das Licht sei daran erinnert, daß seine Strahlen nur wenige hundert Meter in die Tiefe dringen und bereits in 30-50 m Tiefe so schwach werden, daß jedes pflanzliche Leben dort aufhören muß. Die Tierwelt der

tieferen Regionen ist daher in bezug auf ihre Ernährung — soweit nicht, wie neuere Untersuchungen wahrscheinlich machen, die im Meerwasser gelösten Stoffe direkt als Nahrung dienen — ausschließlich auf schwebenden organischen „Detritus“ (tote und zerfallende Organismen) und auf den Raub anderer Tiere angewiesen.

Ein eigentümliches Phänomen der Planktontiere auf hoher See mag hier noch erwähnt werden: Alle diese Tiere erscheinen negativ phototaktisch, d. h. sie sinken bei anbrechendem Tage mehrere hundert Meter in die Tiefe, um erst nach Sonnenuntergang wieder emporzusteigen. Abgesehen davon, daß sie auf diese Weise den durch die Sonnenwärme erzeugten Temperaturschwankungen der Oberfläche entgehen, werden sie auch davor bewahrt, an die für sie gefährvolle Küste getrieben zu werden, da tagsüber die schnellere Erwärmung des Bodens den dem Lande zu wehenden Seewind hervorruft, während nachts das Umgekehrte eintritt.

## 2. Die chemische Verschiedenheit des Wassers.

Chemisch reines Wasser wird in der Natur nirgends angetroffen, erweist sich auch für den Lebensprozeß als völlig unzureichend; vielmehr finden sich ganz allgemein Gase und Mineralsalze in ihm gelöst, die, ganz wie bei der Pflanze, auch für den tierischen Organismus von großer Bedeutung sind.

Gase. Was zunächst die Gase betrifft, so handelt es sich vornehmlich um die auch in der Luft auftretenden drei Gase Sauerstoff, Stickstoff und Kohlendioxyd, welche, durch den Druck der Atmosphäre in das Wasser hineingepreßt, in verschiedenem, namentlich auch von der Temperatur abhängendem Maße in ihm aufgelöst sind und hier für die Lebewesen des Wassers ebenso unentbehrlich sind, wie in der Atmosphäre für die Landtiere. Immerhin ist das Quantum Luft im Wasser, selbst bei günstigen Temperaturverhältnissen, nur ein recht bescheidenes (etwa 15–25 cbcm im Liter Wasser), und es würde wohl kaum ausreichen, das Atembedürfnis der echten Wassertiere zu befriedigen, wenn es nicht verhältnismäßig reich (um 13<sup>0</sup>/<sub>10</sub> reicher als die atmosphärische Luft) an Sauerstoff wäre. Aber auch so noch bedarf das Wassertier augenscheinlich einer auffallend großen atmenden Fläche, um genügend Sauerstoff aufnehmen zu können: In der Mehrzahl der Fälle ist die Gesamtoberfläche der Körperhaut in den Dienst der Atmung gestellt; wo aber, aus Gründen des Schutzes usw., etwa durch Panzerung (Krebse, Insekten, Fische) die Haut als solche für Diffusionsvorgänge unbrauchbar geworden, da treten breite Hautblättchen, Büschel und Fransen als Kiemen auf, die dann regelmäßig so angebracht sind oder mit solchen Einrichtungen versehen sind, daß ein konstanter Strom frischen, sauerstoffreichen Wassers sie umspült und an ihnen vorbeizieht.

Selbst den in der Entwicklung begriffenen Eiern suchen viele Wassertiere dieses Lebenselement in erhöhtem Maße zuzuführen. So der Stichling, wenn er mit seinen Flossen die Eier befächelt, der Tintenfisch, der mit seinem Trichter einen beständigen Wasserstrom auf sie richtet, der Bitterling, der seine Eier zwischen die Kiemen-



blätter der Teichmuscheln legt, zahlreiche Welse und andere Fische, welche ihre Eier in der eigenen Mund- und Kiemenhöhle mit sich tragen usw.

Der Stickstoff ist auch im Wasser für den tierischen Organismus ohne wesentliche Bedeutung. Die Kohlensäure ist nur im süßen Wasser nachzuweisen, im Meere dagegen in irgend einer Form gebunden, wodurch augenscheinlich die Atmung erleichtert wird. Andere Gase, wie namentlich Sumpfgas und Schwefelwasserstoff, treten namentlich bei Fäulnisprozessen im Süßwasser auf und können dann schädigend auf die Tierwelt wirken. Doch ist beispielsweise auch der Boden des Schwarzen Meeres ohne organisches Leben, weil hier durch Zersetzung schwefelhaltiger Mineralien andauernd größere Mengen von Schwefelwasserstoff gebildet werden.

Sehr bemerkenswert ist die Tatsache, daß auch in der Tiefsee der Sauerstoffgehalt des Wassers kaum geringer ist als an der Oberfläche des Meeres, was wohl auf andauernde Vertikalströmungen im Wasser zurückzuführen ist. In den Polargegenden ist infolge der tieferen Temperaturen der Sauerstoffgehalt größer; das reiche Tierleben dieser Meere wird hierauf zurückgeführt.

Salze. Sehr verschieden ist, wie schon S. 21 erwähnt wurde, der Salzgehalt der terrestrischen Wasseransammlungen, so daß man scharf zwischen süßem und Salzwasser unterscheiden muß, während das zwischen beiden stehende Brackwasser in der Regel nur an den Berührungs- und Mischungsstellen der beiden Hauptwasserarten auftritt.

Das süße Wasser ist namentlich reich an kohlensaurem und schwefelsaurem Kalk (hartes Wasser), während Kochsalz und kohlensaure Magnesia nur in geringen Mengen vorhanden sind. Im Gegensatz hierzu herrscht in dem im Mittel mit 3,4% Salzen beladenen Salz- oder Meerwasser das Kochsalz vor (mit im Mittel 2,7%); auch die Magnesiumsalze (0,3%  $MgCl_2$ , 0,2%  $MgSO_4$ ) spielen eine nicht unwichtige Rolle, während schwefelsaurer und namentlich kohlensaurer Kalk fast völlig zurücktreten. Daneben sind noch Kieselsäure und Jodsalze spurenweise im Meerwasser nachzuweisen. Selbstverständlich ist die Zusammensetzung des Meerwassers nicht überall prozentisch genau die gleiche, da schon die stärkere Verdunstung in den Tropen oder reichliche Süßwasserzuflüsse lokale Verschiedenheiten bedingen (Rotes Meer mit 4,5% Salzgehalt, westliche Ostsee mit 2%, Bottnischer Busen mit nur 0,3%); im allgemeinen aber ist wenigstens das Verhältnis der Bestandteile in den Weltmeeren überraschend konstant. Isolierte Wasserbecken, wie etwa das Tote Meer mit seinen 21,7% Salzgehalt, der jedes organische Leben unmöglich macht, sind dabei natürlich außer Betracht zu lassen.

Daß die Salze des Wassers von größter physiologischer Bedeutung für den tierischen Organismus sind, geht schon daraus hervor, daß nur verhältnismäßig wenige Formen im süßen und salzigen Wasser gleicherweise vorkommen und zu existieren vermögen. Es gehören hierher namentlich zahl-

reiche Wirbeltiere, deren Haut der Diffusion der Salze größeren Widerstand entgegenzusetzen vermag (bei Fischen oft durch Ausbildung einer Schleimschicht), wie die Seekühe, einige Delphine, Robben, Seeschlangen, Schildkröten, Haie, Rochen, die Lachse, Störe, Schollen, Stichlinge, Maränen, Aale, Neunaugen usw., die zum Teil weite Wanderungen von der See ins süße Wasser und umgekehrt vornehmen. Von wirbellosen Tieren werden nur einige Mollusken und Krebsarten gleichzeitig in beiden Wasserarten gefunden. Für die Hauptmasse der Wassertiere aber läßt sich der Satz aufstellen, daß sie zugrunde gehen, wenn der gewohnte Salzgehalt um  $\frac{1}{3}$  herabgemindert (bei Meerestieren) oder erhöht (bei Süßwassertieren) wird.

Besonders schädlich erweist sich bei diesbezüglichen Versuchen das Chlor-magnesium sowie eine plötzliche, lebhaft Diffusionsströmungen hervorrufende Änderung des Salzgehaltes, während ein allmählicher, durch Monate hindurch erfolgter Wechsel weit leichter ertragen wird. Ist es doch auf diese Weise gelungen, ausgesprochene Süßwassertiere, wie Teich- und Scheibenschnecken, Wasserasseln usw., in reinem Meerwasser am Leben zu erhalten, während umgekehrt marine Muscheln (*Cardium*, *Venus*, *Pecten*) sich an völliges Süßwasser gewöhnten. Immerhin lehrt die im großen und ganzen doch fundamentale Verschiedenheit der Meeresfauna von der Süßwasserfauna, daß nur ein bescheidener Bruchteil aller Formen für derartige Versuche geeignete Objekte zu bieten vermag: Die Masse der Meerestiere ist und bleibt „stenohalin“, d. h. sie vermag Herabminderung des gewohnten Salzgehalts nur innerhalb sehr enger Grenzen zu ertragen, und hierin liegt augenscheinlich der Grund, weshalb trotz der überall weit offenen Einfallstore der Flußmündungen die Mehrzahl der eigentlichen Charaktertypen des Meeres, die Korallen, Hydroiden, Quallen, die Stachelhäuter, Manteltiere, Armfüßer und Tintenfische, bis heute dem Süßwasser fern geblieben sind.

Ihrem Ursprunge nach hat sich die eigener Typen fast völlig entbehrende Fauna des süßen Wassers als die jüngere sicher zum guten Teile aus der des Meeres entwickelt (namentlich Fische und Crustaceen; daneben einige Moostierchen, Coelenteraten und die Urtiere), während umgekehrt das Meer kaum nennenswerte Besiedlung vom Süßwasser aus erfahren hat (einige wenige Wasserwanzen, Käfer, Spinnen, Scheibenschnecken usw.). Ein anderer Teil der Süßwasserfauna ist auf Einwanderung vom Lande her (Wasserinsekten, Milben, Wasserlungenschnecken usw.) zurückzuführen.

Erwähnt sei schließlich noch, daß Änderungen im Salzgehalt bei manchen Tieren zweifellos auch Gestaltveränderungen des Körpers zur Folge haben. Die vollständige Umformung aber der im Salz- und Brackwasser lebenden *Artemia* in den Kiemenfuß (*Branchipus*) unserer Süßwasserlachen, die seinerzeit behauptet wurde, hat sich nicht bewahrheitet.

#### d. Wechsel der Medien.

Da Luft, Wasser und Boden überall auf der Erde eng aneinander grenzen und sich vielfach durchdringen, auch wohl gar (Wasser und Boden) in ihrem Besitzstande schwanken, so liegt hierin augenscheinlich für zahlreiche Tiere schon Grund genug, um je nach den Umständen und nach Maßgabe ihrer

Organisation bald den Bedingungen des einen, bald denen des andern Mediums sich anzubequemen. Eine in der Uferzone des Meeres festsitzende Schnecke oder Seeanemone ist allein schon durch den steten Wechsel von Ebbe und Flut gezwungen, für Wasser und Luft gleicherweise sich einzurichten. Weite Gebiete des Landes können einen Feuchtigkeitsgehalt der Luft und des Bodens aufweisen, der fast die Bedingungen des echten Wasserlebens bietet. Nimmt man hinzu, daß im Laufe der Erdentwicklung auch das Land als immer reichere Nahrungsquelle sich entwickelte, daß, wenigstens anfangs, der Konkurrenzkampf hier ein leichterer, daß endlich die Möglichkeiten der Ernährung, des Entfliehens vor dem Feinde, des Ertragens klimatischer Schädlichkeiten erheblich stiegen, je mehr ein Tier es lernte, auch ungewohnten Verhältnissen sich anzupassen, so wird es begreiflich, wie ein großer Bruchteil der Tierwelt nicht nur das ihm ursprünglich eigene Element gewechselt hat, sondern auch dem Leben in verschiedenen Medien sich gewachsen zeigt.

Anpassung der Wassertiere an das Luftleben. Wenn man dem Gedanken an eine allmähliche, stufenweise fortschreitende Entwicklung des organischen Lebens auf der Erdoberfläche Raum gibt, so hat die Annahme sehr viel Wahrscheinlichkeit, daß die Gesamtheit der Landtiere in letzter Linie aus verwandten Formen des Wassers hervorgegangen ist, daß also das Meer, und vielleicht speziell die in ihren Lebensbedingungen so wechselreiche Uferzone, als die Wiege der Landtiere zu betrachten sei. Einen solchen theoretischen Werdegang hier weiter zu verfolgen, kann nicht unsere Aufgabe sein. Wohl aber erscheint es von Interesse, einen flüchtigen Blick wenigstens auf diejenigen Tiergruppen zu werfen, welche auch heute noch der Hauptsache nach dem Wasser angehören, unter gewissen Umständen aber oder in einzelnen Sondergruppen die Fähigkeit längeren Landaufenthalts besitzen.

*Niedere Tiere.* Bei den niedersten Gruppen der Wassertiere scheint ein zeitweiliges Heraustreten aus dem nassen Element nur passiv vorzukommen und dann stets mit dem Verlust aktiver Lebensbetätigung verbunden zu sein: Nur im eingekapselten Zustande vermögen die Urtiere Perioden der Trockenheit zu überdauern. Ähnliche Dauerzustände kennen wir in den Gemmulae der Süßwasserschwämme, den Keimkörnern der Süßwasserbryozoen, der Trockenstarre vieler Rädertierchen, Bärtierchen und Älchen, während bei anderen Gruppen, wie den Blattfüßern, Flohkrebse, Muschelkrebse, allein die Eier längere Trockenheit ertragen können.

Die Befähigung eines Übergangs zum Luftleben ohne Aufgabe der Lebensfunktionen sehen wir zuerst bei gewissen Würmern entwickelt (Landplanarien, Landblutegel, Regenwürmer), die allerdings hierbei infolge ihrer zarten, noch ganz dem Wasserleben angepaßten Haut ganz und gar auf die feuchtigkeitsgesättigte Atmosphäre des tropischen Urwaldes oder doch des Bodens angewiesen sind. Außerordentlich weit verbreitet ist sodann die Anpassung

an den Land- und Luftaufenthalt bei den Krebstieren. Schon unsere heimischen Keller- und Mauerasseln lehren, wie auch ein mit Kiemen ausgestattetes Tier bei genügendem Schutz derselben und passender Wahl des Aufenthaltsortes sehr wohl dauernd vom tropfbar flüssigen Wasser sich frei machen kann. Weitere Beispiele hierfür liefern die Hüpferlinge des Meeresstrandes (*Gammarus*, *Orchestia*, *Thalitrus* usw.). Bei den Landkrabben endlich (*Gecarcinus* [Fig. 60], *Grapsus*, *Birgus*) finden wir in der weiten, nur zum kleinsten Teile durch die Kiemen ausgefüllten, von Blutgefäßen umspinnenen Kiemenhöhle sogar ein Organ, das für Luft- und Wasseratmung

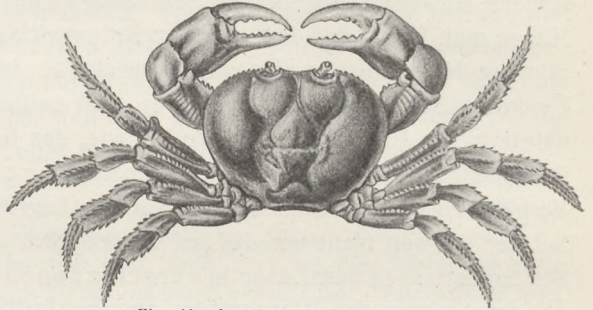


Fig. 60. Landkrabbe (*Gecarcinus*).

gleicherweise geeignet erscheint und diese Tiere zu monatelangem Aufenthalt auf dem Lande befähigt. Wie sehr in manchen Fällen ein und dasselbe Organ der Luft- wie der Wasseratmung zu dienen vermag, beweist vor allem auch die Gruppe der Schnecken, deren Mantelhöhle bald mehr für die eine, bald mehr für die andere Atmungsart eingerichtet ist. Bei gewissen Formen (*Ampullarien*) zeigen sich Kieme und „Lunge“ zugleich entwickelt; die landlebigen *Cyclostomaceen* besitzen Kiemen, während die in der Tiefe der Schweizer Seen hausenden Schlamm Schnecken (*Limnaea*) trotz ihrer Lungenhöhle zur Wasseratmung übergegangen sind.

*Wirbeltiere.* Unter den Wirbeltieren kommen vor allem zahlreiche Fische in Betracht, welche auf kürzere oder längere Zeit freiwillig das nasse Element verlassen und dann meist auch mit besonderen Einrichtungen zur Luftatmung versehen sind. Sehen wir ab von den fliegenden Fischen (Fig. 61), welche zwar dem Wasser nur auf etwa 1–2 Minuten fernbleiben, aber doch wegen ihrer ganz eigenartigen

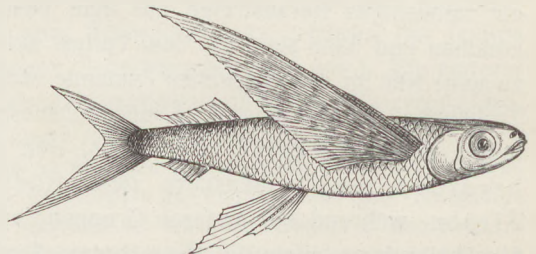


Fig. 61. Fliegender Fisch.

Flugfähigkeit und fast möchte man sagen Flugfreudigkeit unser Interesse beanspruchen, so kommen hier namentlich Formen aus den Familien der Labyrinthfische und Welse in Betracht, bei welchen in die stark erweiterte Kiemenhöhle sowohl von den Seitenwänden wie von den Kiemenbögen her schwammartige Fortsätze hineinragen (Fig. 62), die einen ausgesprochenen

Luftatmungsapparat darstellen. Dementsprechend sind denn auch diese Fische zu längerem Aufenthalt auf dem Lande, ja zum Hüpfen (*Periophthalmus*; Fig. 63) und wohl gar zum Klettern (*Anabas*) befähigt. Die regenlose Jahreszeit verbringen sie vielfach in trockenem Schlamm vergraben, also in ganz ähnlicher Weise wie die seltsamen Lungen- oder Molchfische (Fig. 64), welche jedoch sowohl in diesem Ruhezustande wie auch im Wasser (gleichzeitig mit den Kiemen) sich der in den Schlund mündenden Schwimmblase als Atmungsorgan bedienen. Bei den Amphibien zeigt sich das Leben in verschiedenen Medien in der Regel derart zeitlich getrennt, daß die Jugendstadien dem Wasser, die Erwachsenen mehr dem Lande angehören; doch bleiben auch die letzteren infolge ihrer durchlässigen Hautbekleidung fast ausnahmslos an eine feuchte Atmosphäre gebunden. Bemerkenswert ist, daß einige Formen (*Olm*, *Axolotl* usw.) zeit-



Fig. 62. Kiemenlabyrinth der Labyrinthfische.

lebens den mehr fischartigen Charakter bewahren und nie das Wasser verlassen, während umgekehrt bei andern auch die Entwicklung aus dem Ei ohne Inanspruchnahme des Wassers sich vollzieht (*Blindwühlen*, *Alpensalamander*, viele tropische Baumfrösche).

Dieses eigentümliche Schwanken der Amphibien zwischen Wasser- und Luftleben weist vielleicht darauf hin, daß wir in ihnen den Ausgangspunkt für die gesamten höheren Gruppen der Wirbeltierreihe zu erblicken haben. Ursprüngliche Wassertiere finden sich unter diesen letzteren heute nicht mehr; vielmehr dürfen wir annehmen, daß die unter ihnen auftretenden Wasserbewohner durchweg erst nachträglich vom Lande aus in das nasse Element übersiedelt sind.

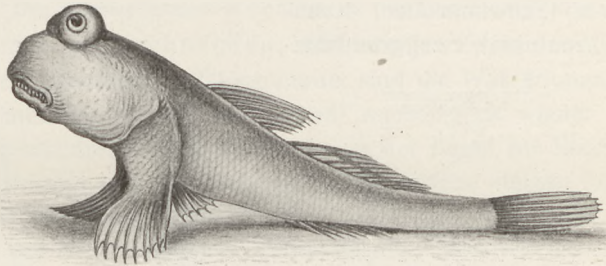
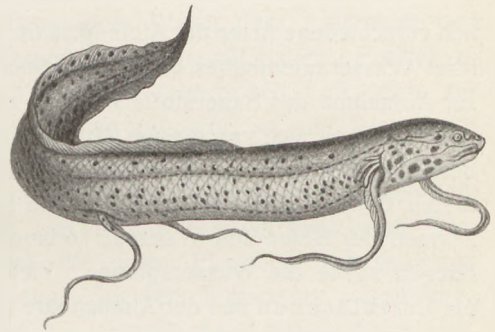
Fig. 63. *Periophthalmus*.

Fig. 64. Molchfisch.

Anpassung der Lufttiere an das Wasserleben. Wenn das feste Land der Erdoberfläche im Laufe der geologischen Perioden sich mit einer reichen Tierwelt bevölkerte, die sich den verschiedensten klimatischen Verhältnissen des eroberten Gebietes anzupassen verstand, so war es von vornherein gegeben, daß dieses Heer von luftlebigen Formen auch die verhältnismäßig günstigen Daseinsbedingungen der Lachen, Sümpfe, Seen, Flüsse, kurzum der überall auf dem festen Lande vorhandenen Süßwasseransammlungen ausnützen werde, die ja vom Meere aus zunächst nur in sehr bescheidenem Maße besiedelt waren.

Gliederfüßer. So sehen wir denn namentlich aus der großen Abteilung der luftatmenden Gliederfüßer ganze Gruppen dem Leben im süßen Wasser sich zuwenden, während andere wenigstens ihre Larvenformen dem nassen Elemente anvertrauen. Ganz allgemein sind bei dieser Anpassung, abgesehen von mannigfacher, der leichteren Ortsbewegung im Wasser dienenden Änderung der Körperform (Schwimmkäfer, Kahnwanzen usw.), zwei grundsätz-

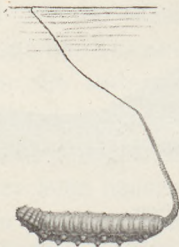


Fig. 65. Rattenschwanzmade mit Atemrohr.



Fig. 66. Larve einer Eintagsfliege mit Tracheenkiemen.

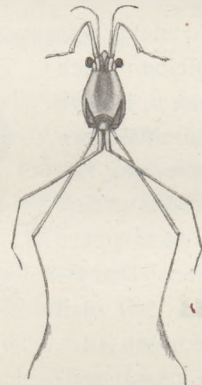


Fig. 67. Meerläufer (Halobates).

lich verschiedene Arten der Atmung zu unterscheiden: Die einen beharren trotz ihres Wasseraufenthaltes bei der ererbten Luft-(Tracheen-)atmung und müssen zur Aufnahme des Sauerstoffs von Zeit zu Zeit die Oberfläche aufsuchen; die andern haben sich von diesem Abhängigkeitsverhältnis frei gemacht und sind befähigt, den im Wasser gelösten Sauerstoff für sich zu verwerten. Zur ersten Gruppe gehören vor allem die im Wasser lebenden entwickelten Formen der Käfer und Wanzen, sodann die Larven zahlreicher Mücken und Fliegen sowie die Wasserspinnen. Viele von diesen besitzen Einrichtungen, um Luftbläschen aus der Atmosphäre mit in die Tiefe zu nehmen (Schwimmkäfer, Wasserkäfer, Wasserspinnen); andere haben lange Atemrohre entwickelt (Nepa, Ranatra, Culex- und Eristalislarven [Fig. 65]), deren Spitze sie nur an die Oberfläche zu strecken brauchen, um die Lebensluft einzusaugen.

Gewissermaßen eine Mittelstellung zwischen dieser Gruppe und den echten Landtieren nehmen die auf dem Wasser lebenden Springschwänze, Wasserläufer und

Taumelkäfer ein, von denen namentlich die letzteren durch ihre für Wasser und Luft eingerichteten Doppelaugen, ihre kahnförmige Gestalt und ihre Tauchfähigkeit unter Mitnahme von Luft das vollkommenste Beispiel eines für Luft- und Wasserleben gleichzeitig ausgestatteten Gliedertiers darstellen.

Die zweite Gruppe, die der von der atmosphärischen Luft unabhängigen Gliederfüßer, wird vorwiegend von den Larvenformen der Libellen, Eintagsfliegen, Köcherfliegen usw. gebildet, die sämtlich infolge einer eigentümlichen Abänderung ihres Tracheensystems (meist tracheendurchzogene Kiemenblättchen [Fig. 66] oder -fransen, seltener, wie bei *Aeschna* und *Libellula*, Wasseraufnahme in den tracheenumspannenen Enddarm) zur Wasseratmung befähigt sind. Bei den Wassermilben, die zum großen Teil ebenfalls in diese Gruppe gehören, fehlen vielfach Tracheen gänzlich, so daß die Atmung durch einfache Diffusion des im Wasser gelösten Sauerstoffs durch die zarte Körperwandung vollzogen wird.

Auf das Meer haben sich von allen luftlebigen Gliederfüßern nur wenige Formen hinausgewagt (einige Wasserwanzen, Wasserkäfer und Milben der Uferzone, wie vor allem die auch auf hoher See anzutreffenden Meerläufer [*Halobates*; Fig. 67]).

*Weichtiere.* Von den Lungenschnecken, dem einzigen Zweig der Mollusken, der zu dauerndem Landleben befähigt wurde, sind die Wasserlungenschnecken (Schlammschnecken, Scheibenschnecken) nachträglich wieder in das nasse Element eingewandert, doch müssen sie in der Regel zur Befriedigung ihres Atembedürfnisses aus der Tiefe an die Oberfläche steigen (vgl. jedoch die *Limnaea* der Schweizer Seen, S. 88).

*Wirbeltiere.* Unter den Wirbeltieren dürften die drei höheren Klassen, die Reptilien, Vögel und Säugetiere, ursprünglich durchweg dem Lande angehört haben, zum mindesten aber die beiden Klassen der warmblütigen Wirbeltiere. Dennoch finden wir in allen drei Gruppen zahlreiche Formen, die heute und zum Teil auch schon in weit zurückliegenden geologischen Perioden in mehr oder minder vollkommener Weise dem Aufenthalt und namentlich der Ortsbewegung im Wasser sich angepaßt haben. Freilich zu vollkommener Unabhängigkeit von der atmosphärischen Luft, d. h. zur Wasseratmung, hat es keine dieser Formen gebracht, so sehr auch durch Ausbildung von Luftreservoirien, durch Verschuß und Stellung der Nasenlöcher, durch Umbildung des Kehlkopfes usw. der Atmungsprozeß beeinflußt sein mag. Von Reptilien gehören hierher die aalartig gestalteten Seeschlangen (mit plattem Ruderschwanz), die einem Flachboot mit seitlichen Ruderplatten gleichenden Seeschildkröten, die dem Süßwasser angehörigen Sumpfschildkröten, die Krokodile und die vorweltlichen, fast fischartig entwickelten Ichthyosauren. Aus der Klasse der Vögel sind zweifellos die Pingvine mit ihren schuppenbesetzten Armrudern am vollkommensten für das Leben auf und unter Wasser eingerichtet, aber auch die Taucher, Alken, Lummen verstehen es vortrefflich, mit Hilfe ihrer Flügel unter Wasser sich

fortzubewegen, während die Hauptmasse der eigentlichen Schwimmvögel mehr oder weniger auf die Oberfläche des Wassers beschränkt ist. Für die Brutpflege ist den Vögeln sowohl wie den Reptilien das Land unentbehrlich, soweit sie nicht, wie die Seeschlangen, lebendige Junge zur Welt bringen.

Was endlich die Säugetiere anlangt, so finden wir fast in allen Ordnungen Formen, die mehr oder weniger ganz auf das Leben im Wasser angewiesen sind und sich, gleich den Reptilien und Vögeln, die reiche Nahrungsquelle desselben nutzbar machen. So unter den niedersten Säugetieren das Schnabeltier, unter den Beuteltieren die Schwimbeutel, unter den Huftieren die Flußpferde, unter den Nagetieren die Biber, Biberratten, Wasserschweine, Wasserratten usw., unter den Raubtieren die Fischottern, Seeottern und Nörze,

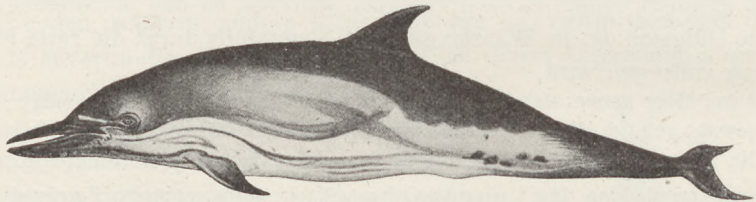


Fig. 68. Delphin.

unter den Insektenfressern die Wasserspitzmaus, die Bismarckratte. Die Ordnungen der Flossenfüßer (Robben, Walrosse), der Sirenen (Seekuh, Dugong, Lamantin) und der Walfische (Zahnwale, Bartenwale) gehören sogar in allen ihren Gliedern dem Wasser, und zwar vorwiegend dem Meere an. Bei ihnen ist die Umformung des Körpers und der Bewegungsapparate wie die sonstige Anpassung an die physikalischen Bedingungen des Wassers (Haut, Fettablagerung, Atmungsapparat) derart weit gediehen, daß der Laie geradezu fischartige Formen (Wal„fische“) vor sich zu sehen glaubt (Fig. 68). Allein die drei höchsten Ordnungen der Säugetiere, die Fledermäuse, Halbaffen und Primaten, bleiben als ausgeprägte Luft- und Baumtiere dem Wasser fremd; nur notgedrungen suchen sie mit ihm sich abzufinden.

#### IV. Die geographische Verbreitung der Tiere.

Bei der Besprechung der geographischen Verbreitung der Pflanzen konnten wir drei annähernd gleich wichtige Faktoren als für das heutige Vegetationsbild der Erdoberfläche maßgebend bezeichnen: die Wärme, die Feuchtigkeit und die geographische Ausbreitung der Arten nach Maßgabe der Konfiguration der Kontinente. Für die Tierwelt des festen Landes liegen die Verhältnisse augenscheinlich anders.

Was zunächst die Temperatur betrifft, so geht zwar aus dem S. 63–66 Gesagten zur Genüge hervor, daß auch die Tiere bis zu einem gewissen Grade von den Wärmeverhältnissen der Erde abhängig sind, und daß wir dementsprechend ganz wohl Tiere der Tropen, der gemäßigten und der



Polarzone unterscheiden können. Allein bei den mancherlei Mitteln, welche den Tieren zur Überwindung ungünstiger Temperaturen zur Verfügung stehen (Eigenwärme, Winterschlaf, Verstecke, freie Ortsbewegung usw., ist die Scheidung der Tierformen nach Wärmezonen doch viel weniger ausgeprägt als bei den Pflanzen. Gewiß lieben die Affen, die Elefanten, die Papageien, die Kolibris usw. ein tropisches Klima; aber fast von allen diesen Familien läßt sich feststellen, daß sie in einzelnen Arten auch in Gegenden mit recht niedrigen Temperaturen zu leben vermögen oder doch ehemals dort heimisch waren (Mammut).

Ganz ähnlich steht es mit dem Einfluß der atmosphärischen und der Bodenfeuchtigkeit auf die Tiere. Auch hier lassen sich zweifellos Feuchtigkeit liebende und Trockenheit liebende Formen voneinander unterscheiden, die auch in ihrem Gesamthabitus vielfach voneinander abweichen: Ein so ausschlaggebender Faktor aber ist die Feuchtigkeit für die Landtiere nicht, wie für die an den Boden gebannte Pflanze. Nur indirekt darf man ihr einen nicht unbedeutenden Einfluß auf den Faunencharakter eines Gebietes zusprechen, insofern ja nun die vornehmlich durch verschiedene Feuchtigkeit bedingten Formationen der Vegetation, der Wald, das Grasland, die Wüste in hohem Maße bestimmend auf die Formgestaltung der hier lebenden Tiere einwirken. Das Waldtier ist oft genug durch mannigfache Einrichtungen dem Leben auf den Bäumen derart angepaßt, daß es im Graslande nicht dauernd zu existieren vermag, und dasselbe gilt umgekehrt von den Tieren der Steppe und der Wüste. Nicht nur die Organe der Ortsbewegung, die Anpassung der Farbe, die Formen der Brutpflege und der Schutzmittel gegen Feinde kommen hierbei in Betracht, sondern vor allem auch die Ernährung, die ja oft genug an ganz bestimmte Pflanzenarten gebunden ist und dadurch eine weitgehende Abhängigkeit der Tierwelt von der geographischen Verbreitung der Pflanzen bedingt.

In gewissem Sinne könnte man daher den Pflanzenformationen wohl die „Formationen“ der Waldtiere, der Steppen- und Wüstentiere, wie auch der Gebirgstiere (entsprechend den „Regionen“ der Vegetation) an die Seite stellen. Immerhin aber treten derartige Gruppierungen an Wichtigkeit weit zurück gegen das dritte große Moment, welches für die Verbreitung der Landtiere auf der Erde bestimmend gewesen ist, gegen die großen tiergeographischen „Reiche“, wie sie, entsprechend den Pflanzenreichen, durch die allmähliche Ausbreitung der einzelnen Arten, Gattungen, Familien im Laufe der Erdgeschichte nach Maßgabe der aus den Beziehungen der Kontinente sich ergebenden Möglichkeiten sich herausgebildet haben.

In bezug auf die Schwierigkeiten, welche sich unserer Kenntnis der im Laufe der Erdgeschichte vielfach wechselnden Verbindung und Trennung der Ländermassen entgegenstellen, kann auf die diesbezüglichen Ausführungen

bei Besprechung der Florenreiche (S. 35) verwiesen werden. Ein anderes Moment, welches die Aufstellung großer, für alle Tierformen gleicherweise passenden Faunenreiche erschwert, ja bis zu einem gewissen Grade unmöglich macht, ist die so ungemein verschiedene Fähigkeit der Tiere, ihr Wohngebiet zu erweitern und natürliche Hindernisse zu überwinden. Während der beschwingte Vogel und selbst Libelle und Schmetterling mit Leichtigkeit breite Meeresarme überfliegen, ist für Schnecke und Regenwurm oft schon der schmale Sandstreif oder der Gebirgskamm ein schier unüberschreitbares Hindernis. Von diesem Gesichtspunkte aus wird es begreiflich, wenn die für eine Gruppe von Tieren auf Grund ihrer geographischen Verbreitung aufgestellten Reiche und Provinzen sich durchaus nicht immer genau mit denjenigen decken, die man bei der Betrachtung einer anderen Tiergruppe zu erkennen glaubt. Vermehrt wird diese „Unstimmigkeit“ noch dadurch, daß bei dem sehr verschiedenen geologischen Alter der Tiergruppen die eine bei ihrem Ausbreitungsbestreben vielleicht gerade da auf unüberwindliche Scheidungen stieß, wo eine andere noch gangbare Bahnen fand. Unter diesen Umständen ist eine volle Übereinstimmung in den Grenzen der Faunenreiche der verschiedenen Tierklassen von vornherein ausgeschlossen. Immerhin schließen sie sich der Hauptsache nach dem Bilde an, das wir im folgenden kurz für die geographische Verbreitung der Säugetiere und Vögel skizzieren wollen.

Wie bei den Pflanzen, so können wir auch bei den Tieren zunächst 3 Hauptgruppen von Reichen unterscheiden: 1. das australische Gebiet, 2. das südamerikanische Gebiet, 3. das Gebiet der übrigen Ländermassen (vgl. Karte II).

1. Das australische Gebiet (Notogea) umfaßt außer dem Festlande Australiens auch Neu-Guinea, Neuseeland und die Polynesischen Inseln. Nach Westen geht es unter Bildung einer Mischfauna (z. B. auf Celebes) allmählich in das indische Gebiet über.

Das Gesamtgebiet ist augenscheinlich seit der Kreidezeit nicht mehr in fester Landverbindung mit der großen nordischen Ländermasse gewesen, in der sich im Laufe der Tertiärzeit die wichtigsten Ordnungen der heutigen Säugetierwelt entwickelten. Infolgedessen fehlen dem australischen Gebiet die Hauptformen der „modernen“ Säugetiere bis auf einige Flattertiere, Nager und den Dingo (letzterer wohl erst durch den Menschen eingeschleppt). Die Hauptmasse der Säugetiere wird vielmehr gebildet von den beiden niedersten Ordnungen, den Schnabeltieren und den Beuteltieren, von denen die letzteren als Baum-, Steppen- und Grabtiere, als Raubtiere, Insektenfresser, Fruchtfresser, wiederkäuende Grasfresser usw. in äußerst mannigfachen Formen entwickelt sind. Auch die Vogelwelt bietet des Eigenartigen genug. Echte Finken, Spechte, Fasanen, Geier fehlen ganz; dafür sind die Papageien (Kakadus, Pinselzünzler, Plattschweife), Tauben, Honigsauger und vor

allen die Paradiesvögel in großer Mannigfaltigkeit und Farbenpracht vertreten. Auch die Laufvögel (Kasuare, Emu, Kiwi) treten in eigenartigen Formen auf. In betreff der Amphibien ist das Fehlen der Molche und der echten Raniden erwähnenswert.

Wie in allen Hauptgebieten, so läßt sich auch im australischen eine Reihe Provinzen oder, wenn man will, von Unterreichen unterscheiden, von denen neben dem australischen Festland besonders Neuguinea als Hauptheimat der Paradiesvögel und der Kasuare, Neuseeland und Polynesien namhaft zu machen sind. In Neuseeland fehlen alle Säugetiere mit Ausnahme einiger Fledermäuse; charakteristisch sind Kiwis, Nestor- und Eulenpapagei. Auch in Polynesien fehlen die Säugetiere mit Ausnahme der Fledermäuse; die Fauna ist verhältnismäßig arm; charakteristisch sind die Fruchtauben und die Plattschweifsittiche.

2. Das südamerikanische Gebiet (Neogea) umfaßt ganz Südamerika und Mittelamerika, wo die Fauna nach Norden mehr und mehr in ein Mischgebiet übergeht, in das auch zahlreiche nordische Formen eingedrungen sind.

Der südamerikanische Kontinent ist wahrscheinlich noch bis zum Beginn der Tertiärzeit mit Nordamerika durch eine dann erst wieder in der Diluvialzeit neu gebildete Landbrücke verbunden gewesen, so daß ein guter Teil der in den älteren Perioden des Tertiärs entstandenen Säugetierformen vom Norden her ungehindert nach Süden einwandern konnte. Die dann eintretende lange Isolierung durch Versinken der Landbrücke mußte eine eigenartige Entwicklung der südamerikanischen Fauna zur Folge haben, die aber keineswegs so ausgeprägt sein kann wie die des seit der Kreidezeit abgegliederten australischen Gebietes. Auch neuerdings (geologisch gesprochen), seitdem die Landbrücke zwischen Nord und Süd wieder hergestellt ist, haben mancherlei Verschiebungen der Verbreitungsgrenzen einzelner Tiergruppen in den Grenzgebieten stattgefunden.

Von den ältesten Säugetierordnungen ist die der Schnabeltiere in Südamerika gar nicht, die der Beuteltiere nur durch die Familie der selbst bis Nordamerika vordringenden Beutelratten vertreten. Insektenfresser, Halbaffen, Schafe, Ziegen, Rinder, Antilopen, echte Hirsche und echte Schweine fehlen so gut wie ganz. Dagegen sind andere Ordnungen und Familien in zum Teil höchst charakteristischen Formen zu reicher Entwicklung gelangt. So sind unter den Affen die Unterordnungen der neuweltlichen Affen und der Krallenaffen zu nennen, unter den Fledermäusen die Vampyre, unter den Nagetieren die Meerschweinchen, Baumstachler und Wasserschweine. Daneben ist die Ordnung der Zahnarmen, sofern wir die Schuppentiere und Erdferkel von ihr ausschließen, ganz auf dieses Gebiet beschränkt und auch schon in der Vorzeit durch mannigfache Formen der Ameisenbären, Gürteltiere und Faultiere vertreten gewesen. Aus der Zeit der späteren Wiedervereinigung

mit der Nordfeste dürften dann die Nasen-, Wasch- und Wickelbären, die Lamas, Pekaris und eigenartigen Hirsche stammen. Als besonders charakteristische Gruppen der Vogelwelt seien hier nur die Kolibris, die Pfefferfresser, die Hokkohühner und die Nandus erwähnt, neben denen namentlich zahlreiche singvogelartige, aber durch das Fehlen des Singmuskelapparates ausgezeichnete Formen hervortreten. Von Reptilien fehlen die Chamäleons und echten Eidechsen, dagegen sind die Laubfrösche und Verwandte auffallend artenreich.

Als besondere Provinzen der „Neogea“ erscheinen das Gebiet der Anden, das patagonische, das brasilianische und das westindische Gebiet.

3. Die nördlichen Kontinentalmassen nebst Afrika (Arctogea). Die hier als einheitliches Faunengebiet zusammengefaßte gewaltige Ländermasse ist während langer geologischer Zeiträume derart vereint gewesen, daß den Wanderungen bewegungskräftiger Tiere keine unübersteiglichen Hindernisse entgegenstanden. War doch an Stelle der heutigen Behringstraße der nordamerikanische Kontinent durch eine in früherer Zeit durchaus nicht so unwirtliche Landbrücke mit der Ostfeste verbunden, während daneben vieles darauf hinweist, daß die Verbindung Nordafrikas mit Südeuropa jedenfalls nicht allein auf die heutige Landenge von Suez beschränkt war. Unter diesen Umständen kann es nicht wundernehmen, wenn der faunistische Charakter des Gesamtgebietes gewisse gemeinsame Züge zeigt, die eben eine Zusammenfassung seiner verschiedenen „Reiche“ unter den allgemeineren Begriff der „Arctogea“ rechtfertigen. Zur Erläuterung solcher gemeinsamen Züge sei nur darauf hingewiesen, daß beispielsweise altweltliche Affen, Elephanten, Rhinocerosse, Zibetkatzen, Insektivoren usw. sowohl in Indien wie in Afrika vorkommen, sowie daß andererseits die Bären, Marder, Luchse, Biber, Hirsche, Bisons Nordamerikas mit denen des europäisch-asiatischen Kontinentes die größte Ähnlichkeit zeigen. Im einzelnen allerdings herrschen in dem ungeheuren Gebiet doch wohl ausgeprägte Verschiedenheiten, die wenigstens in ihren Grundzügen Erwähnung verdienen. Zu dem Ende mögen hier drei Provinzen oder besser Reiche unterschieden werden.

a) Das holarktische Gebiet. Es umfaßt ganz Europa nebst Nordafrika (nördlich der Sahara), ganz Asien mit Ausschluß des südlich vom Himalaya und Jantsekiang gelegenen indischen Gebietes sowie Nordamerika, dessen südlicher Teil allerdings vielfach wegen seines Reichthums an eigenen oder aus der Neogea eingewanderten Formen als besondere Provinz (sonorische Provinz) abgegliedert wird. Im Norden („Polargebiet“), wo die Fauna allmählich verarmt, ist die Übereinstimmung der Tierwelt Nordamerikas mit derjenigen des borealen Europas und Asiens eine so weit-

gehende, daß vielfach sogar die gleichen oder nur wenig abgeänderten Arten vertreten sind, wie Eisbär, Eisfuchs, Hermelin, Schneehase, Renntier, Elch, Alken usw. Erst weiter nach Süden scheiden sich die Formen schärfer voneinander, so daß man vielfach das nordamerikanische Gebiet als nearktisches von dem der Ostfeste als dem palaearktischen zu trennen pflegt. Beiden Gebieten verbleibt aber trotzdem ein im wesentlichen gleicher Charakter. Derselbe wird bedingt durch das gänzliche oder fast gänzliche Fehlen der Affen, Halbaffen, Vampire, fruchtfressenden Fledermäuse, Zibetkatzen, Hyänen, Nashörner, Elefanten, Giraffen, Kameele, Tapire, Zahnarmen, Beuteltiere und Schnabeltiere, wohingegen die Bären, Marder, Eichhörnchen, Biber, Mäuse, Hasen, Pferde (jetzt in Nordamerika ausgestorben), Hirsche, Rinder, Ziegen, Schafe meist in reicher Entwicklung zu finden sind. Von Vögeln treten vor allem die echten Singvögel in den Vordergrund, während Papageien, Kolibris und andere tropische Vogelfamilien gänzlich vermißt werden.

Die Mittelmeerländer und das japanisch-chinesische Gebiet stellen besondere Provinzen des holarktischen Faunengebietes dar.

b) Das äthiopische Gebiet, ganz Afrika südlich der Sahara nebst Madagaskar und den benachbarten Inseln umfassend, ist vor allem ausgezeichnet durch den außerordentlichen Reichtum an großen Huftieren, wie Flußpferden, Nashörnern, Elefanten, Giraffen (mit dem Okapi), Büffeln, Antilopen, gestreiften Pferden usw. Daneben spielen die altweltlichen Affen (darunter Gorilla und Schimpanse) eine nicht unwichtige Rolle, sodann die fruchtfressenden Fledermäuse, die Zibetkatzen, Katzen (Löwe, Leopard), Schakale, Hyänen, Springmäuse usw. Besondere Formen sind auch die Klippschliefer (Hyrax), die Erdferkel und Schuppentiere. Merkwürdig hingegen ist das Fehlen der Bären, der echten Marder und der Hirsche. Als für das Gebiet besonders charakteristische Vogelformen seien noch die Webevögel, die Glanzstare, die Nashornvögel, die Perlhühner und die Strauße genannt.

Die Insel Madagaskar, welche jedenfalls schon sehr lange vom afrikanischen Kontinent getrennt ist, zeigt in vieler Hinsicht ein so eigenartiges Gepräge, daß man sie wohl zum Range eines besonderen Faunenreiches erhoben hat. Von der Hauptmasse der oben erwähnten Säugetiere ist hier so gut wie nichts zu finden; dagegen treten die Insektivoren (z. B. Tenrek) und namentlich die Halbaffen in höchst seltsamen und mannigfachen Formen auf. Letztere überragen die spärlichen Vorkommnisse dieser Ordnung in anderen Gebieten (Westafrika, indisches Reich) derart an Vielgestaltigkeit und Artenzahl, daß man deswegen wohl Madagaskar als Überrest eines untergegangenen, Afrika mit Indien verbindenden Kontinentes „Lemuria“ aufgefaßt hat.

Auch das südliche Afrika ist gegen das äquatorische durch mancherlei besondere Züge des Faunenbildes ausgezeichnet.

c) Das indische Gebiet, die beiden indischen Halbinseln mit dem südlichen China und den malayischen Archipel umfassend, läßt in seiner Tierwelt eine gewisse Verwandtschaft mit dem äthiopischen Gebiet erkennen, so in dem Auftreten der altweltlichen Affen, der Halbaffen und fruchtfressenden Fledermäuse, der Zibetkatzen, Katzen (Königtiger, Panther), der großen Huftiere, wie Elefanten, Nashörner, Rinder, Antilopen (sparsam) usw. Es fehlen aber die Giraffen, Nilpferde, gestreiften Pferde, Klippschliefer, während andererseits die Bären, Hirsche und echten Schweine, die im äthiopischen Gebiete vermißt werden, reich vertreten sind. In der Vogelwelt sind neben Lärmdrosseln (Timeliidae), Rachenvögeln, Fruchttauben, Papageien namentlich die echten Hühner (Fasanen, Pfauen, Stammeltern des Haushuhnes) charakteristisch; auch Webervogel und Nashornvogel treten auf wie in Afrika, doch fehlen die Strauße und die Perlhühner. Die Reptilien sind zahlreich, die Insekten und namentlich die Schmetterlinge von großer Farbenpracht.

In bezug auf die Einteilung in Provinzen sei nur bemerkt, daß sich beispielsweise die Sundainseln in ihrer Fauna eng an Malakka anschließen, welches aber wieder von dem Hauptmassiv der hinterindischen Halbinsel ebenso abweicht, wie dieses von Vorderindien und Ceylon.

Die geographische Verbreitung der Wassertiere. Daß und warum die Tierwelt des Wassers auf Grund physikalischer und chemischer Bedingungen sich weit schärfer als die Landfauna in „Formationen“ gliedert, die wir als Süß- und Salzwasserformation, als Küstenfauna, pelagische (Hochsee-) und Tiefseefauna bezeichnen können, wurde bereits in dem Kapitel über das Tierleben im Wasser ausgeführt. Hier soll nur erwähnt werden, daß zunächst die Tiere des süßen Wassers auf der ganzen Erde einen verhältnismäßig gleichartigen Charakter tragen, da einerseits die physikalischen Bedingungen (Feuchtigkeit, Temperatur) viel weniger schwankend sind als auf dem Lande, andererseits die Verbreitung der Süßwassertiere durch Wind, Wasservogel, Regen, Wasserläufe usw. sehr erleichtert ist.

In bezug auf die Meerestiere ist hervorzuheben, daß die Fauna der Tiefsee infolge der ungemein gleichartigen Lebensbedingungen am Meeresgrunde nirgends ausgeprägte Verschiedenheiten erkennen läßt. Anders die Küstenfauna und die pelagische Fauna.

An den Küsten und in der Flachsee machen sich die durch das Klima bedingten Temperaturunterschiede derart geltend, daß zunächst die zwei arktischen Zonen von der zirkumtropischen zu unterscheiden sind. Da diese letztere wieder durch breite Ländermassen unterbrochen wird, die eine lange Isolierung der einzelnen Küstengebiete bedingten, so wird es begreif-

lich, daß sie noch wieder ziemlich scharf in die indo-pazifische, die westamerikanische, die ostamerikanische und die westafrikanische Provinz sich gliedern läßt. In allen diesen Zonen und Provinzen ist namentlich für die Strandfauna die spezifische Beschaffenheit des Bodens — ob felsig, sandig, kiesig, tonig, schlammig — von ausschlaggebender Bedeutung.

Ähnlich wie die Litoralfauna wird auch die pelagische Fauna durch Temperaturunterschiede in eine Kaltwasserfauna und eine Warmwasserfauna mit ihren Zwischenstufen zerlegt. Die Warmwasserfauna der tropischen Meere zerfällt, den großen, durch weit nach Süden vorgeschobene Kontinente getrennten Ozeanen entsprechend, wieder in die atlantische und die indo-pazifische Provinz. Ob und wie diese verschiedenen Faunen aus einem ursprünglich gleich warmen Weltmeer sich herausgebildet haben, ist noch eine offene Frage.

#### D. Die Tiere in ihren Beziehungen zueinander.

Wie die Tierwelt in gesetzmäßiger Abhängigkeit steht von den anorganischen Naturkräften der Umgebung, wie sie durch die Pflanzenwelt bedingt und umgestaltet wird, so auch zeigen die Tiere irgend eines Gebietes untereinander mannigfache Beziehungen, die nicht nur die Lebensgewohnheiten, sondern selbst die Gestaltung der verschiedenen Tierformen in weitgehender Weise beeinflußt zu haben scheinen. Auch dem Laien ist ja die Fürsorge etwa des Vogels für seine Brut, die Staatenbildung der Ameisen, die Feindschaft zwischen Raubtier und Beutetier von jeher geläufig; daß aber darüber hinaus noch weit verwickeltere Zusammenhänge zwischen den Insassen eines und desselben Wohnbezirks existieren, ist vielfach erst durch die Forschungen der letzten Jahrzehnte bekannt geworden. Als klassisches Beispiel für derartige verborgene, weil indirekte Beziehungen pflegt man ja oft die von Darwin ausführlich behandelte Tatsache anzuführen, daß der Klee einen reichen Samen-ertrag vornehmlich in denjenigen Gegenden liefere, wo die Zahl der umherstreifenden Katzen besonders groß ist. Letztere nämlich vertilgen die Feldmäuse, die sich ihrerseits als arge Feinde der Hummeln erweisen, deren Erdnester und junge Brut sie zerstören. Wo also jene nestraubenden Nagetiere durch die Katzen dezimiert werden, können sich die Hummeln ungestört entwickeln und so in großer Zahl die nur durch sie mögliche Übertragung des Blütenstaubs der Kleeblüten vollziehen, d. h. bei allen vorhandenen Kleeblüten die Vorbedingung zum Ansatz der Samen schaffen. — In den folgenden Kapiteln sollen die mancherlei freundlichen und feindlichen Beziehungen der Tiere zueinander sowie deren Einfluß auf Lebensgewohnheiten und Ausgestaltung der Organe in allgemeinen Zügen geschildert werden.

## I. Die Beziehungen der Tiere gleicher Art zueinander.

### a. Die Beziehungen der Geschlechter.

Wie im zweiten Abschnitt dieses Leitfadens näher auszuführen sein wird, ist bei der großen Mehrzahl der Tiere zur Hervorbringung von Nachkommen die Vereinigung zweier verschiedenartiger Individuen derselben Art nötig, des Männchens und des Weibchens. Beide müssen einander finden und als Artgenossen erkennen können, wozu es ausgebildeter Sinnes- und Bewegungsorgane, charakteristischer Gestaltung, Färbung und oft auch eigenartiger Ton- und Geruchserzeugung bedarf. Das Männchen pflegt bei diesem Sichfinden der Geschlechter das aktivere zu sein; es besitzt daher vielfach besser entwickelte Sinnesorgane (Fühler der Spinner, Käfer usw., Augen der Drohnen und vieler anderer Insektenmännchen) und ist nicht selten mit wohl entwickelten Flügeln auch da versehen, wo die Weibchen derselben verlustig gegangen sind (Frostspanner [Fig. 69], Sackträger, Schildläuse).



Fig. 69. Frostspanner. *a* Männchen, *b* Weibchen.

Anreizungsmittel der Männchen. Bei der Werbung um die Gunst der Weibchen handelt es sich vor allem um Einwirkungen auf deren Sinnesorgane, die namentlich bei denjenigen Tieren eine große Mannigfaltigkeit erreichen, bei denen eine gewisse Höhe des Empfindungslebens bereits zur Entwicklung gelangt ist. Zweifellos ist schon die Einwirkung auf den Geruchssinn bei vielen Tieren hierbei von Wichtigkeit, wie die mancherlei Duftapparate männlicher Tagschmetterlinge, die Geruchsstoffe der männlichen Alligatoren, Biber, Moschustiere, Hirsche, Ziegen, Raubtiere usw. beweisen; allein die Unvollkommenheit unserer eigenen Geruchsorgane läßt uns von der allgemeineren Verbreitung dieser Anreizung nur eine mangelhafte Vorstellung gewinnen.

Weit besser sind wir über die den Männchen als Reizmittel zu Gebote stehenden Tonäußerungen unterrichtet. Bereits bei den Insekten treten Stimmorgane vielfach nur bei den Männchen auf (manche Rüsselkäfer; die Grillen, Heuschrecken, Zikaden). Eintönig wie dieses Gezirpe ist auch noch das Gequake der Frösche und Unken, wohingegen bei den Vögeln die stimmliche Leistung der Männchen nicht selten zum vielbewunderten Kunstgesang (Drossel, Nachtigall usw.) sich steigert. Wenig melodisch wiederum sind die Tonäußerungen der Säugetiere (Brüllen, Meckern, Grunzen, Miauen, Bellen); nur die Gibbons sollen eine richtige Tonleiter singen können.

Am mannigfachsten erweisen sich zweifellos die Einwirkungen der Männchen auf den Gesichtssinn der Weibchen. Schon die kraftvolle Gestalt, die stolze



## Verschiedene Färbung der Geschlechter.



1. Aurorafalter. 2. Stichling. 3. Teichmolch. 4. Dompfaffe.  
Links die Männchen, rechts die Weibchen.

Haltung dürfen als Werbemittel gelten. Ungemein verbreitet sind daneben besondere Schmuckfarben (Tfl. I), wie sie teils nur während der Paarungszeit (Hochzeitskleid der Stichlinge, Elritzen, Forellen, Molche, Finkenarten) auftreten, teils dauernd dem Männchen zu eigen sind (viele Schmetterlinge, wie Bläulinge, Schillerfalter, Aurorafalter, tropische Tagfalter; Finkenarten, Kolibris, Paradiesvögel, Hühnervögel, wie Haushuhn, Fasan, Pfau, Puter usw.). In der Regel handelt es sich hierbei nicht nur um eine prächtigere Färbung des Männchens gegenüber dem Weibchen, sondern auch um weitgehende Änderungen in Form und Größe der hierbei in Frage kommenden Hautgebilde (Schwanz des Hahnes, des Pfauen, Schmuckfedern der Paradiesvögel [Fig. 70] und Kolibris, Mähne des Löwen, Bart des Ziegenbocks usw.). Auch allerlei Lappen und Fortsätze der Haut (Hahn, Puter, Kamm der Molche, Hörner der Nashorn- und Herkuleskäfer [Fig. 71] usw.) können zur Ausbildung gelangen. Zur rechten Geltung kommen alle diese Schmuckvorrichtungen vielfach erst, wenn sie durch geeignete Bewegungen ins rechte Licht gestellt werden (Schillerfalter; Rad des Pfauen). In ähnlichem Sinne sind die namentlich bei Vögeln und Säugetieren verbreiteten Balzkünste (Auerhahn, Birkhahn) und Liebesspiele zu deuten.



Fig. 70. Paradiesvogel (Männchen).

Ein papuanischer Paradiesvogel (*Amblyornis inornata*) fertigt vor dem brütenden Weibchen einen reizenden, mit grünem Moos-teppich, bunten Blumen und Käferflügeln geschmückten Spielplatz, auf dem er dazu noch ein zeltartiges, vorn offenes Reisighäuschen errichtet, und der australische Laubenvogel (*Chlamydodera*) baut zum Spielen und Tändeln mit dem Weibchen einen aus Reisig hergestellten Laubengang, der mit Blumen, Schneckengehäusen usw. verziert wird (Fig. 72).

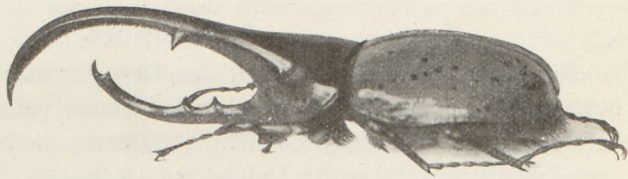


Fig. 71. Herkuleskäfer.

**Waffen der Männchen.** Während so auf die verschiedenste Weise zwischen Männchen und Weibchen ein mehr und mehr erstarkendes Verhältnis gegenseitiger Zuneigung entsteht, das namentlich bei den höheren Tiergruppen dann durch die darauf folgende gemeinsame Brutpflege gesteigert wird und gar nicht selten zu dauernder Lebensgemeinschaft führt (Störche, Schwalben, Inseparables, Tauben; Rehe), hat sich zwischen den Männchen, die fast stets in der Überzahl vorhanden sind und daher miteinander in Wettbewerb zu treten haben, in vielen Fällen eine Nebenbuhlerschaft ausgebildet, die oft zu offenem Kampfe führt. Schon bei Krebsen, Insekten, Eidechsen, Krokodilen sind derartige Kämpfe zu beobachten; noch häufiger treten sie bei den warmblütigen Wirbeltieren und namentlich bei den in Polygamie lebenden Formen auf (Hühner, Kampfhähne, Strauße, Huftiere, Seelöwen). Als Hilfsmittel für diese Kämpfe finden wir bei den Männchen vielfach besondere Waffen entwickelt (Sporn der Hähne, Gehörne und Geweihe der Huftiere, Hauer des Ebers), die den Weibchen oft fehlen; sie leisten den Männchen auch bei der Verteidigung ihrer Familie gute Dienste.



Fig. 72. Spielnest des Laubvogels (*Chlamydomera*).

### b. Brutpflege.

Die junge Nachkommenschaft der Tiere ist namentlich in den Anfangsstadien ihres selbständigen Daseins fast immer verhältnismäßig hilflos; sie versteht es in der Regel noch nicht, selbständig die Nahrung aufzusuchen und sich den überall drohenden Gefahren zu entziehen. Es ist daher für die Erhaltung der Art von höchster Wichtigkeit, durch möglichst zweckmäßige Einrichtungen der jungen Brut über diese schwerste Zeit ihres Daseins hinwegzuhelfen und sie in bezug auf die nötige Nahrung sowohl wie in bezug auf Schutz von vornherein in so günstige Verhältnisse zu bringen, daß ihre glückliche Weiterentwicklung gesichert erscheint. Die Gesamtheit dieser in einer wunderbaren Fülle von Instinkten und Leistungen der Eltern, besonders der

am meisten beteiligten Weibchen, sich äußernden Fürsorge für die Nachkommenschaft wird als Brutpflege bezeichnet.

Abgesehen von den untersten Kreisen des Tierreichs, bei denen die frei werdenden Eier und Larvenformen einfach dem überall Nahrung spendenden Wasser anvertraut werden (vgl. S. 81), gibt es nur wenige Tiergruppen, die in Verhältnissen leben, unter denen eine Fürsorge für die Nachkommen völlig ausgeschlossen ist: Es sind dies die in inneren Organen, besonders im Darm anderer Tiere hausenden Parasiten, deren Eier, wenn sie das Wirtstier mit dessen Kot verlassen, allen Zufällen preisgegeben sind. Nur durch eine geradezu staunenswerte Fülle von Keimen, die meist nach vielen Millionen zählen, konnte einer solchen Ungunst der Verhältnisse begegnet werden.

Brutpflege bei frühzeitigem Tod der Eltern. Schon erheblich günstiger sind solche Tierarten gestellt, die zwar infolge ihres frühzeitigen Todes bald nach der Eiablage ihre Jungen nicht selber beschützen können, die aber vermöge ihrer Fähigkeit der freien Ortsbewegung diejenige Örtlichkeit für die Unterbringung ihrer Brut zu wählen vermögen, wo denselben zusagende Nahrung geboten wird und, wenn möglich, auch die Bedingungen eines ausreichenden Schutzes gegeben sind. Namentlich die große Masse der Insekten hat sich unter derartigen Umständen mit der Brutpflege abzufinden. Ihre Weibchen legen in der Regel die Eier direkt an diejenigen Stoffe (Pflanzenteile, Dung, Aas, lebende Tiere), von denen die junge Larve sich nähren soll, wobei es in hohem Grade wunderbar erscheint, daß das Muttertier auch da die richtige „Futterpflanze“ oder sonstige Örtlichkeit für seine Jungen trifft, wo es selbst auf ganz andere Nahrungsbedürfnisse wie die Larve angewiesen ist (honigsaugende Schmetterlinge — blattfressende Raupen; honigsaugende Blumenfliegen — in Mistjauche lebende Maden; Fleischfliegen). Die ihre Eier an Rinder, Pferde, Hirsche, Schafe absetzenden Bremsen oder Biesfliegen sind mit ihren verkümmerten Mundwerkzeugen im erwachsenen Zustande sogar ganz ohne Nahrungsbedürfnis.

Wo es irgend angeht, wird bei dieser Eiablage direkt an der Nahrungsquelle auch dem Schutzbedürfnis der Brut Rechnung getragen. Die Eier der wurzelfressenden oder von niederem Kraut und faulenden Pflanzenstoffen sich nährenden Tiere werden mit Vorliebe in den Boden gesenkt (Maikäfer, Heuschrecken, Grillen, Zikaden, Schnecken, Regenwürmer); für die höher über dem Boden an den Pflanzen zehrenden Larven bilden die Risse der Rinde, das Innere der Knospen, Früchte, Blätter, ja selbst das harte Holz vorzügliche und vielbenutzte Schlupfwinkel, in denen sie als Eier untergebracht werden (Obstwickler, Frostspanner, Weidenbohrer, Bockkäfer, Rüsselkäfer, Borkenkäfer, Holzwespen, Blattwespen). Die Aasinsekten legen ihre Eier nur selten oberflächlich auf dem Kadaver ab (Fleischfliegen); meist kriechen sie zu diesem Behufe tiefer in das Innere (Stutzkäfer, Silphen, Raubkäfer), und

die Totengräber bemühen sich sogar, die gefundene Maus schuhtief in den Waldboden einzugraben. Ganz ähnlich verfahren die verschiedenen Dunginsekten, von denen wiederum die eigentlichen Mist- und Mistpillenkäfer Teile

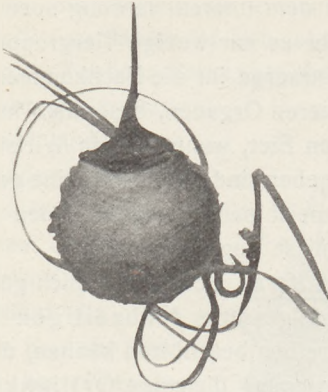


Fig. 73a.  
Eigespinnst des schwarzen Wasserkäfers. a geschlossen, b geöffnet.

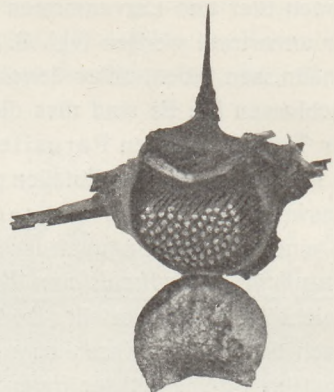


Fig. 73b.

ihres Fundes in unterirdischen Löchern und Höhlen für ihre Nachkommen zu sichern pflegen. Was endlich diejenigen Gruppen betrifft, deren Larven zum Schmarotzen im Innern lebender Tiere bestimmt sind, so werden auch hier die Eier in der großen Mehrzahl der Fälle tief in das Innere des Opfers eingesenkt (Schlupfwespen und Verwandte).

Wo der natürliche Schutz nicht ausreicht, wird er nicht selten durch allerlei künstliche Mittel von seiten des Muttertieres erhöht (Eikokons der Blutegel und Regenwürmer, Eikapseln der Schaben, Eigespinste des schwarzen Wasserkäfers [Fig. 73], der Spinnen, Afterwolle des Schwammspinners), ja bei den Schildläusen deckt die Mutter noch im Tode die junge Brut mit ihrem Leibe. Die Gallwespen, Gallmücken, Gallmilben und andere Gallinsekten veranlassen die Pflanzen, in denen sie als Larven leben, zur Bildung eigenartiger Auswüchse (Gallen;

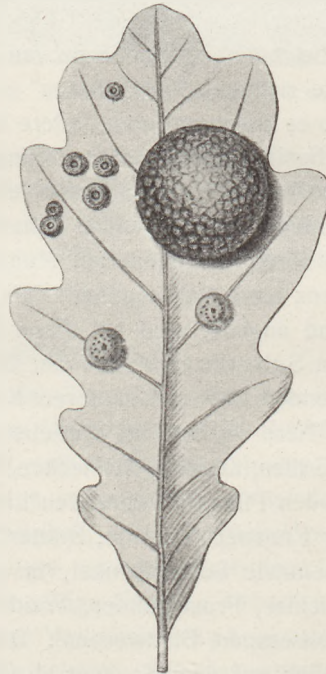


Fig. 74.  
Gallen von Gallwespen.



Fig. 75.  
Blatttute vom  
Birkenrüssel.



Fig. 76.  
Blatttute vom  
Afterrüssel.

Fig. 74), die zugleich als Nahrungsmaterial und als Schutzhülle dienen, und die Blattwickler (Birkenrüssler, Haselrüssler, Aferrüssler; Fig. 75, 76) verfertigen zierliche Blatttüten, die in gleicher Weise die Bedürfnisse der jungen Brut befriedigen.

In anderen Fällen kann das Verlangen nach Schutz derart die Oberhand gewinnen, daß die Eier weit entfernt von der Nahrungsquelle in unterirdischen Verstecken oder kunstvollen Bauten untergebracht werden, die nötige Nahrungsmenge aber von der Mutter „eigenhändig“ herzuge-schafft und den Eiern beigelegt wird. Hierher gehören die unterirdischen Schächte der Erdbienen (*Andrena* usw.; Fig. 77), die Blattröhren der Blattschneidebienen (*Megachile*), die Sandknollen der Mörtelbienen (*Chalicodoma*), welche mit Blütenstaubvorräten versehen werden, wohingegen die Höhlen der Grabwespen (*Ammophila*, *Pompilus*, *Bembex* usw.), die Lehmester der Pillenwespen (*Eumenes*) usw. gar mit Fleischvorräten, d. h. mit den Leibern gelähmter Insekten gefüllt sind.

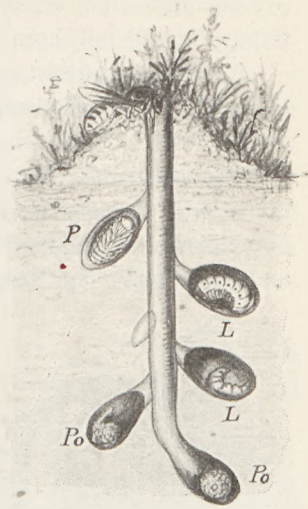


Fig. 77. Schachtbau der Erdbienen (*Andrena*). P Puppe, L Larve, Po Pollenklumpen.

**Brutpflege lebender Eltern.** Noch ungleich mannigfaltiger kann sich die Fürsorge um die junge Brut bei denjenigen Tierformen entfalten, bei denen die Eltern noch über die Eiablage hinaus am Leben bleiben und somit in der Lage sind, selbsttätig für Nahrung und Schutz, ja, auf höheren Entwicklungsstufen in gewissem Sinne sogar für die Erziehung der Jungen Sorge zu tragen.

**Tragen der Eier und Jungen.** Die einfachste Art, die Eier bzw. Jungen zu hüten und sie gewissermaßen nicht aus den Augen zu lassen, besteht darin, daß die Eltern sie ständig mit sich herumtragen. Verhältnismäßig leicht und ohne stärkere Behinderung ist diese Methode im Wasser mit seiner Aufhebung des Körpergewichts durchführbar, und wir sehen sie daher schon von den Stachelhäutern an bei zahlreichen Wassertieren in Anwendung. Besonders bekannt ist ja die Anheftung der Eier an den Körper des Muttertieres bei den Krebsen; aber auch manche Wasserwanzen (Fig. 78) tragen ihre Eier auf dem Rücken. Unter den Fischen besitzen die Männchen der Seepferdchen (Fig. 79) und zum Teil auch der Seenadeln wohl ausgebildete Bruttaschen, und die Männchen mancher Welsarten beherbergen die junge Nachkommenschaft in ihrer Kiemenhöhle. Sehr verbreitet ist endlich diese Trag-

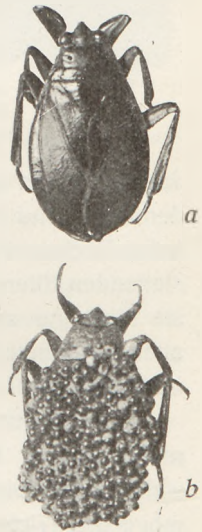


Fig. 78. a Wasserwanze, b mit Eiern auf dem Rücken.

methode bei den Amphibien, von dem einheimischen Fessler, dessen Männchen sich die Eierschnüre um die Hinterbeine wickelt, bis zum Taschenschwamm (Notodelphys) mit seiner Rückentasche und der surinamschen Wabenkröte (Pipa; Fig. 80) mit ihren bienenzellenartigen Rückenwaben.

Auf dem Lande ist das Tragen der Jungen oder Eier naturgemäß weniger üblich. Unter den Gliederfüßern sind hier namentlich die Asseln und viele spinnenartigen Tiere (z. B. die einheimischen Wolfsspinnen mit ihren Gespinst-Eierballen) zu nennen; sodann die Beuteltiere, die Faultiere, Fledermäuse und Affen unter den Säugetieren.

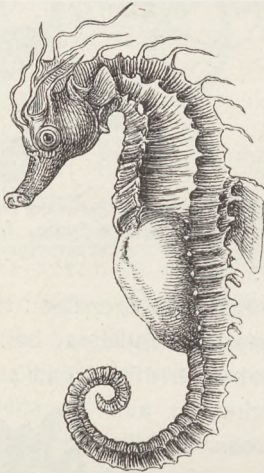


Fig. 79. Scepperdchen mit Bruttasche.



Fig. 80. Wabenkröte.

*Verstecke, Nestbau.* Weiter verbreitet als das Tragen der Eier und Jungen ist die Anlage sicherer Verstecke und Schlupfwinkel zum Hegen der Brut. Auf besondere Nähe der Nahrungsquelle braucht in diesem Falle keine Rücksicht genommen zu werden, da ja die noch in voller Lebensfrische stehenden Eltern das Futter in beliebiger Menge herbeischaffen können, wenn sie nicht gar selbst aus besonderen Drüsen für die Zeit des ersten Kindesalters geeignete Nahrungsstoffe abzuscheiden imstande sind (rahmartige Masse im Kropf der Tauben, Milch der Säugetiere).

Im Wasser sind Beispiele von Verstecke anlegenden Tieren verhältnismäßig selten. Es seien hier nur die achtarmigen Tintenfische erwähnt, welche ihre Eiertrauben irgenwo an einem sicheren Ort befestigen und vermöge des Trichters ständig mit einem Strom frischen Wassers versorgen, die einheimischen Wasserspinnen mit ihren zierlichen luftgefüllten Gespinstnestern, der Bitterling, der seine Eier mit langer Legeröhre zwischen die

Kiemenblätter der Teichmuscheln legt, die Stichlinge, Grundeln usw., welche aus Pflanzenstoffen am Grunde des Wassers, die Makropoden, welche aus schleimüberzogenen Luftblasen an dessen Oberfläche ihre Nester fertigen, sowie endlich mancherlei Amphibien, von denen namentlich ein brasilianischer Laubfrosch (*Hyla faber*) durch den Bau von kleinen Ringwällen in seichten Tümpeln, wie sie die Kinder beim Spielen anlegen, unser Interesse verdient.

Ungleich mannigfaltiger gestaltet sich Nestbau und Brutpflege bei den Landtieren. Vor allem ist es der Boden, der willkommene Gelegenheit zur Gewinnung sicherer Schlupfwinkel bietet. Als besonders kunstvoll seien hier in erster Linie die mit Gespinst ausgekleideten, mit Klappdeckel versehenen Erdhöhlen der Tapezierspinnen (Fig. 81) erwähnt sowie die unterirdischen Labyrinth der Termiten und Ameisen, die Moosnester der Hummeln. Einfach in den Ufersand scharren die Krokodile ihre Eier, sie mit ihrem Leibe bedeckend und bewachend, stattliche Erdwohnungen konstruieren die von Gefahren so vielfach bedrohten kleinern einheimischen Säugtiere (Maulwurf, Mäuse, Hamster, Murmeltiere, Fuchs, Dachs usw.), und selbst unter den Vögeln kennen wir Höhlenbewohner (Uferschwalbe, Eisvogel, Brandgans, Bienenfresser). Auch Felsspalten und Klüfte (Wildkatze, Fledermäuse, Turmfalken) sowie vor allem die Höhlungen vermorschter Bäume (Meisen, Baumläufer, Kleiber, Spechte, Holztauben, Nashornvögel) werden vielfach zu Familienwohnstätten benutzt und hergerichtet. Schwieriger in der Regel ist die Nestanlage da, wo sie nicht an ein vorhandenes Höhlenversteck sich anlehnt, sondern frei auf der Erde oder auf Baum und Strauch erfolgt und ausgiebigen, oft von weither zusammengetragenen und kunstvoll hergerichteten Materials zu seiner Ausgestaltung bedarf. Als Meister in dieser Art der Baukunst sind zunächst wieder mancherlei Insektengruppen zu nennen: die Termiten mit ihren Lehm-, Holz- und Kotziegelbauten (vgl. Fig. 56), die Ameisen, bei denen je nach der Art alles nur erdenkbare natürlich vorkommende Nistmaterial zur Verwendung kommt (z. B. bei unserer Waldameise), die aber auch mit Hilfe ihrer als Spinnspulen benutzten Larven hoch oben in den Bäumen seltsame Blattnester verfertigen können (*Oecophylla*; Fig. 82), die Wespen, welche aus zerkauten Pflanzenstoffen die verschiedensten Sorten Papier und Pappe herstellen. Noch eigenartiger ist das Baumaterial der Honigbienen, das aus Drüsen der Bauchwand hervortretende und zwischen den Hinterleibsringen in Form kleiner Plättchen sich ablagernde Wachs (Fig. 83), mit dessen Hilfe sie dann in hohlen



Fig. 81.  
Nest der Tapezierspinne.



Bäumen vertikal herabhängende Waben anfertigen. — Unter den Wirbeltieren ist der freie Nestbau auf Bäumen oder auf der Oberfläche namentlich bei den Vögeln weit verbreitet. Er durchläuft hier alle Stufen der Voll-

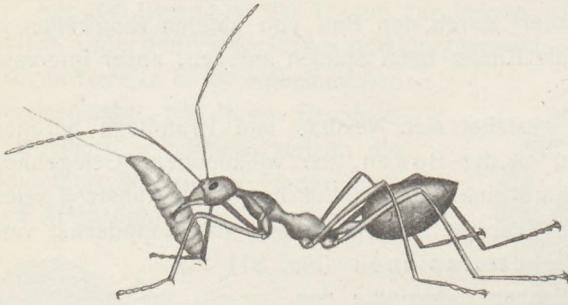


Fig. 82.  
Blattameise mit einer spinnenden Larve zwischen den Kiefern.

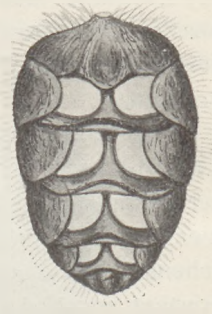


Fig. 83. Hinterleib der Honigbiene mit Wachsplättchen.

kommenheit, von den kunstlosen Erdgruben vieler Wat- und Wasservögel, den groben Reisighorsten der Raubvögel, Krähen, Reiher, Tauben, bis zu den weichgepolsterten Pflegestätten unserer Singvögel (Finken, Zaunkönig, Beutelmeise), dem wunderbaren Geflecht der Webervogelnester (Fig. 84) und dem mit Hilfe des pfiemenförmigen Schnabels mit Pflanzenfasern zusammengeknähten Blätternest der Schneidervögel. Auch mit Speichel gemischte Erde findet nicht selten Verwendung (Schwalben, Töpfervogel), und bei den Salanganen müssen die zarten Speichelfäden aus den Zungenspeicheldrüsen allein genügen, um aus ihnen in monatelanger Arbeit eine bescheidene Wiege für die Nachkommen zu bereiten. Nur geringe Mannigfaltigkeit und Kunst weisen die oberirdischen Nester kleinerer Säugetiere, der Siebenschläfer, Eichhörnchen, Haselmäuse und Zwergmäuse auf.

**Brutwärme.** Wenn bei den geschilderten Vorkehrungen der Eltern zur Aufzucht der Nachkommenschaft in der Regel die Erfüllung der beiden Hauptpunkte, ausreichender Schutz und zusagende Nahrung, allein genügt, um das Gedeihen der Brut zu sichern, so erwächst der Gruppe der Vögel noch die weitere unbequeme Pflicht, durch Abgabe von Wärme die Entwicklung des jungen Individuums im Ei zu ermöglichen. Die große Mehrzahl unterzieht sich dieser Pflicht durch das Brutgeschäft, wobei vornehmlich wieder die Weibchen beteiligt sind. Nur die

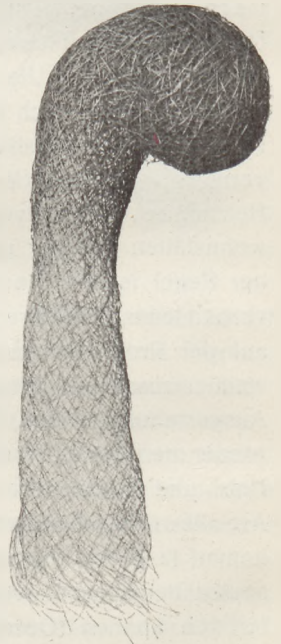


Fig. 84. Nest des Webervogels.

Talegallahühner Australiens verstehen es, die Gärungswärme faulender Blätterhaufen für die Entwicklung ihrer Eier zu verwerten, und einige andere Hühnerarten Ostasiens benutzen den Sand heißer Quellen oder die warme Asche von Vulkanen in ähnlicher Weise.

Unterweisung der Jungen. Von einer Art Erziehung der heranwachsenden Jungen kann natürlich erst bei höheren und intelligenteren Gruppen der Tierwelt die Rede sein. Die Henne, welche ihre Küchlein zum Futtersuchen anleitet, ist ja eine bekannte Erscheinung, ebenso die Katze und der Fuchs, die ihre Jungen das Fangen der Beute lehren. Auch die schwere Kunst des Fliegens, ja selbst des Schwimmens und Tauchens bedarf zu ihrer Erlernung vielfach der sachverständigen Beihilfe der Eltern.

Brutpflege der Männchen. Wenn auch für die Gesamtheit der Brutpflege bis herauf zum Brutgeschäft und zur Unterweisung der Kleinen in erster Linie die Mutter in Frage kommt, so kennen wir doch Fälle genug, wo das Männchen getreulich Hilfe leistet oder wohl gar die Hauptlast der Obliegenheiten auf sich genommen hat. So wurde bereits erwähnt, daß bei den Seepferdchen und Seenadeln die Männchen es sind, welche die Eier in Bruttaschen mit sich herumtragen; auch die Aufbewahrung der Jungen in der Kiemenhöhle bei Welsen und andern Fischfamilien wird von den Männchen besorgt. Bekannt ist ferner die Fürsorge der Stichlings- und Makropodenmännchen bei Nestbau und Wartung der Nachkommen, und unter den Amphibien kommen die früher aufgeführten Beispiele weitgehender Brutpflege ebenfalls zum großen Teile auf das Konto der Männchen. In der Klasse der Vögel sind die Männchen vielfach am Nestbau und Brutgeschäft oder zum mindesten bei der Beschaffung der Nahrung beteiligt; bei den straußenartigen Vögeln und den Laufhühnern liegt das Brutgeschäft sogar den Männchen allein ob. Auch unter den Säugetieren finden sich liebevolle Väter (manche Affen); in andern Fällen freilich verhalten sie sich vollkommen gleichgültig, wenn sie nicht gar ihre eigenen Sprößlinge gelegentlich als gute Beute betrachten (Wolf, Tiger, Bär usw.).

### c. Schwärme, Züge, Horden, Herden und Staaten.

Es könnte als selbstverständlich erscheinen, daß die durch Familienbände verknüpften Individuen einer Art in dauernder Gemeinschaft miteinander blieben, auch wenn die mehr und mehr zur Selbständigkeit heranwachsenden Nachkommen nicht mehr der Fürsorge der Eltern bedürfen, daß also dauernde, im ferneren Verlauf auch noch weitere Generationen umschließende Gesellschaften oder Genossenschaften sich aus der Tatsache der Brutpflege entwickeln müßten. Dies ist jedoch nur in sehr beschränktem Maße der Fall.

Gründe für den Zerfall der Familie. Zunächst darf darauf hingewiesen werden, daß bei allen niederen Lebensformen von ausgeprägteren Gefühls-

regungen, wie Elternliebe, kindliche Unterordnung und Dankbarkeit, geschwisterliche Zuneigung usw., sicher nicht die Rede sein kann, daß Eltern und Kinder also sich binnen kurzem fremd gegenüberstehen.

Sodann aber ist zu bedenken, daß die Rivalität der Männchen nach erlangter Mannbarkeit, noch mehr aber die Sorge um den nötigen Lebensunterhalt, in den meisten Fällen eine Trennung der heranwachsenden Familienglieder zur gebieterischen Notwendigkeit machen. So übergroß auch die Fülle der auf der Erdoberfläche verfügbaren Nahrungsmenge zu sein scheint, so unterliegt es doch keinem Zweifel, daß, ganz wie bei den Pflanzen, infolge der Überproduktion tierischer Keime die größtmögliche Zahl existenzfähiger Lebewesen auf irgend einem bestimmten Gebiete bereits längst erreicht ist, und daß dementsprechend von der Gesamtheit der neu ins Leben tretenden Individuen nur je ein Paar Aussicht hat, an Stelle der absterbenden Eltern zu treten. Ergibt sich doch aus den Daten über die den einzelnen Tierarten zukommende „Vermehrungsziffer“ (Zahl der von einem Elternpaar hervorgebrachten Keime), daß selbst die Arten geringster Fruchtbarkeit binnen wenigen Jahrhunderten den ganzen verfügbaren Oberflächenraum der Erde einnehmen würden, falls alle Nachkommen zur Entwicklung kämen. Ein Vogelpärchen mit fünfjähriger Lebensdauer und nur vier Bruten zu je 4 Jungen würde bereits nach 15 Jahren auf 2000 Millionen sich vermehrt haben. Ein Hering aber bringt jährlich etwa 40 000, ein Karpfen 200 000, ein Stör 2 Millionen Eier hervor, und für die Band- und Spulwürmer wurden gar 60 bis 100 Millionen berechnet. Wenn trotzdem die Zahl der Singvögel, Karpfen, Störe, Bandwürmer in der Gegenwart nicht erkennbar wächst, sondern sich auf annähernd gleicher Höhe erhält, so folgt eben daraus der oben ausgesprochene Schluß, daß die übergroße Mehrzahl der neu entstehenden Keime in dem unerbittlichen „Kampfe ums Dasein“, aus Mangel an Nahrung, durch die Nachstellungen der Feinde, durch die Umbilden des Klimas und der Witterung zugrunde geht, daß die „Vernichtungsziffern“ erschreckend nahe an die „Vermehrungsziffern“ heranreichen. Unter diesen Umständen ist es nur zu erklärlich, wenn die auf die gleichen Bedürfnisse abgestimmten Individuen derselben Art so wenig wie möglich einander ins Gehege zu kommen trachten, wenn sie sich voneinander sondern und getrennt neue Existenzmöglichkeiten ausfindig zu machen suchen. Besonders notwendig ist dies für die auf Jagdbeute angewiesenen Raubtiere, während bei Pflanzenfressern und ebenso bei den Detritusfressern des Wassers eine gewisse Vergesellschaftung immerhin möglich erscheint. Wird doch durch diese in vielen Fällen ein weit besserer Schutz gegen die Feinde erzielt, als wie ihn das Einzelindividuum sich zu schaffen vermag.

Vergesellschaftung von Meerestieren. Was zunächst die Meerestiere betrifft, so gestattet die Allgegenwart des im Wasser treibenden Nahrungs-

materials, das immer wieder durch Strömung und Wellenbewegung erneuert wird, bei ihnen noch am ersten eine größere Vergesellschaftung zu treibenden Schwärmen oder festsitzenden Kolonien, ohne daß jedoch dabei von irgend einem Verbands, von irgend einer Organisation die Rede sein könnte. Zu Milliarden steigen am gewitterschwülen Abend die Noktiluken und andere Leuchttiere an die Oberfläche des Meeres; ungeheure Schwärme von Quallen, Röhrenquallen, Spaltfußkrebse, Salpen, Schwimmschnecken usw. treiben mit den Meeresströmungen dahin, während die Austern, Miesmuscheln, Röhrenwürmer und vor allem die Korallen an besonders geeigneten Örtlichkeiten zu Bänken vereinigt zu sein pflegen, die oft gewaltige Dimensionen annehmen



Fig. 85. Korallenbank.

(Fig. 85). Am Schmelzrande des nordischen Eises finden unübersehbare Scharen winziger Wasserflöhe, Spaltfußkrebse und Flossenfüßer in dem dort herrschenden Diatomeenreichtum günstige Nahrungsbedingungen, und sie wiederum bilden die willkommene Beute für Legionen von Heringen, Schellfischen, Walen usw., die sich ebenda zusammenfinden.

Noch enger werden viele Meerestiere vielfach durch den Geschlechtstrieb und das Aufsuchen gemeinsamer Brutplätze zusammengeführt. Als klassisches Beispiel hierfür mögen die dichtgedrängten, oft mehrere Kilometer in Länge und Breite messenden Heringsschwärme gelten, denen sich die Züge der Sardellen, Sardinen, Thunfische, Makrelen an die Seite stellen lassen. Auch die Lachse steigen in Scharen aus dem Meere stromaufwärts in die Flüsse zum Aufsuchen der Laichplätze. Wenn die Jungfische unserer süßen

Wasser vielfach zu Schwärmen vereinigt sind und auch die jungen Aale (Montée) dicht geschart aus dem Meere flußaufwärts streben, so mag hierdurch dem einzelnen wohl ein gewisser Schutz zuteil werden, insofern er in der Menge leichter den Nachstellungen der Feinde entgehen kann.

Vergesellschaftung von Landtieren. Ganz ähnliche Gründe wie im Meer können auch auf dem Lande eine Vergesellschaftung von Tieren veranlassen, ohne daß dabei irgend welche Organisation zur Ausbildung zu kommen brauchte. Überfluß an Nahrung ist es, welcher die Spatzen, die Reissvögel zu Tausenden in den Kornfeldern vereinigt; Mangel an Nahrung, der die Raupen der Kohlweißlinge, die Schwärme der Heuschrecken zwingt, sich gemeinsam

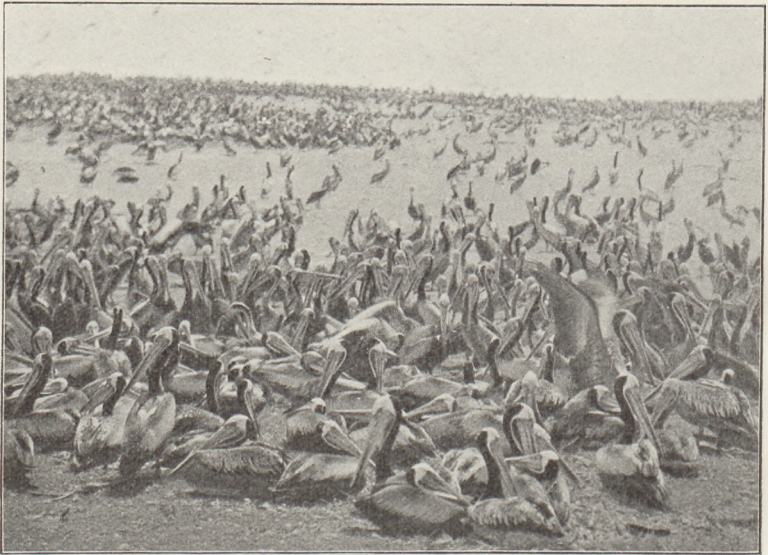


Fig. 86. Pelikan-Kolonie an der chilenischen Küste.

auf die Suche nach neuen Weideplätzen zu machen. Auch die Wanderungen der Lemminge, Wandertauben usw. dürften auf ähnlichen Gründen beruhen.

Den zu ihren Laichplätzen eilenden Heringszügen lassen sich die Schwärme der über dem Wasser auf- und abwogenden Mücken und Eintagsfliegen an die Seite stellen. Auf Befriedigung des Schutzbedürfnisses hingegen, ähnlich wie bei den Jungfischen, wird man die Vereinigung zahlreicher Vogelarten, der Stare, Zeisige, Hänflinge, Meisen usw. nach der Brutzeit zu größeren „Flügen“ zurückführen können, die ja dann auch für das Phänomen des Wanderzugs so charakteristisch ist. Zahlreiche Wat- und Schwimmvögel bringen es sogar während der Brutzeit zu ausgesprochenen Nistkolonien (Reiher, Kormorane, Möwen, Seeschwalben, Alken, Lummen, Tölpel, Pelikane [Fig. 86], Pinguine usw.). Sofern bei diesen Tieren das Meer oder doch das

fließende Süßwasser die unerschöpfliche Nahrungsquelle bildet, ist ja eine solche Vergesellschaftung aus Gründen des Schutzes gewiß leicht durchzuführen. Schwieriger gestalten sich die Verhältnisse jedenfalls bei den mit ihrer Nahrung auf das Land angewiesenen Formen, wie sie die ebenfalls in Kolonien lebenden Krähen, Schwalben und Webervögel darstellen.

#### Anfänge einer Gesellschaftsordnung.

Wenn man beobachtet hat, daß die Krähen und ähnlich die Murmeltiere, Präriehunde usw. in ihren Kolonien besondere Wächter anstellen, auf deren Warnungsruf alle hören, so liegt hierin der erste Anfang einer der Gesamtheit zugute kommenden Organisation. Dasselbe ist der Fall, wenn bei den Zügen der Prozessionsspinnerraupen ein Individuum die Führung übernimmt und alle übrigen in Reihe sich ordnen, oder wenn bei den Wanderflügen der Kraniche, Wildgänse usw. an der Spitze des ebenfalls wohl geordneten Zuges (Fig. 87) ein sog. Vorflieger erscheint, der in seinem schweren Amt dann von andern flugkräftigen Individuen abgelöst wird. Von einer durch Intelligenz oder Autorität hervorragenden Persönlichkeit ist bei diesen



Fig. 87. Kraniche in Zugordnung.

ersten Anfängen der Genossenschaftsbildung allerdings noch nicht die Rede, ebensowenig als wenn die Raupen des Goldafters, Ringelspinners usw. ihre gemeinsamen Gespinste fertigen, wenn die Siedelsperlinge Südafrikas ihre Nester mit gemeinsamem Dach versehen (Fig. 88) oder die Biber zur Aufstauung des Wassers gemeinsame Dämme aufführen. Auch die zum Beuteerwerb vereinigten Rudel oder Meuten der Wölfe und Wildhunde ent-



Fig. 88. Nest einer Kolonie des Siedelsperlings.

behren noch einer ausgesprochenen Führerschaft, so sehr auch jeder einzelne bemüht erscheint, sein Tun der Erreichung des gemeinsamen Zieles anzupassen.

Herden, Völker, Staaten. Die höchste Stufe des Gesellschaftslebens ist offenbar erst erreicht, wenn an Stelle der Nebenordnung der Individuen die

Unterordnung tritt. Es scheint dies entweder durch Hervortreten einer das Tun der Gesamtheit leitenden Persönlichkeit oder aber durch eine starre Gesellschaftsordnung, bei welcher bestimmte Gruppen der das Gemeinwesen bildenden Einzeltiere auf Grund verschiedener körperlicher Ausbildung mit nur ihnen zukommenden Obliegenheiten betraut sind.

Die erste Gesellschaftsform mit führender Persönlichkeit tritt uns entgegen bei den polygamisch lebenden Vögeln (Hühner, Strauße usw.), wo das einzige männliche Individuum, der Hahn, sich als Herr seines „Volkes“ fühlt, für dasselbe wacht und kämpft und die günstigsten Wohn- und Futterplätze auswählt. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den „Herden“ der Huftiere, der Rinder, Antilopen, Schafe, Hirsche, Elefanten, Kamele, Pferde, nur daß hier neben dem männlichen „Leiter“ oft noch eine größere Zahl jüngerer männlicher Individuen der Gesellschaft anzugehören pflegen, die aber einflußlos sind, solange die körperliche Überlegenheit des Führers außer Zweifel steht. Auch die Seelöwen leben in solchen Herden. Am vollkommensten organisiert sind aber wohl die Horden und Trupps der Affen, weil bei diesen das Gefühl der Gemeinsamkeit am höchsten entwickelt ist und das der Huftiere in bezug auf das zielbewußte Eingreifen aller bei Nahrungserwerb und Abwendung von Gefahr weit übertrifft. Nur Orang und Gorilla scheinen in bezug auf Gesellschaftsbildung nicht über die einfache Familie hinauszugehen.

Zu höchst wunderbaren Erscheinungen hat die zweite Form, die Ausbildung einer starren Gesellschaftsordnung unter Verteilung der Leistungen auf verschieden geartete Individuengruppen, geführt, wie sie bei den sog. Insektenstaaten angetroffen wird. Das Charakteristische dieser Staaten liegt, wie schon erwähnt, in der streng durchgeführten Arbeitsteilung für Eiproduktion und Brutpflege, wobei die letztere entweder unbefruchteten Weibchen (Wespen, Hummeln) oder unentwickelten Weibchen, den sog. Arbeitern (Bienen, Ameisen, Termiten) zufällt, während den normal entwickelten Männchen und Weibchen die Instinkte der elterlichen Fürsorge für ihre Nachkommen völlig verloren gegangen sind. Die Männchen werden hierdurch bald zu unnützen „Drohnen“, da sie nur für den Akt der Begattung unentbehrlich sind, während den Weibchen ganz ausschließlich die Aufgabe einer allerdings ins großartige gesteigerten Eierproduktion zufällt. Die eigentliche Arbeit, die Sorge für Wohnung und Nahrung der Tausende heranwachsender Larven, für den Schutz gegen Feinde und Unbilden der Witterung liegt allein in den Händen der „Arbeiter“, die demnach dem Gemeinwesen erst sein besonderes Gepräge geben, trotzdem die eierlegenden Weibchen oder „Königinnen“ das unerläßliche Bindeglied darstellen, welches den Staat zusammenhält und vor dem Zerfall bewahrt.

Zwischen den Mitgliedern eines solchen Gemeinwesens herrschen zweifellos weitgehende Beziehungen; das gegenseitige Erkennen ist durch den sog.

Nestgeruch (Sekret der Speicheldrüsen) gewährleistet, und durch Beklopfen mit den Fühlern wird eine, wie es scheint, ziemlich weitgehende Mitteilungsfähigkeit ermöglicht; ein ausgeprägter Gemeinsinn veranlaßt jedes Mitglied des Staates, die auf das Wohl des Ganzen gerichteten Bestrebungen zu unterstützen und nach bester Einsicht im Einzelfalle mit einzugreifen. Die Leistungen, welche so von der Gesamtheit der zu einem Insektenstaate vereinigten Individuen vollbracht werden, sind staunenerregend. Da sie der Hauptsache nach bereits im „Leitfaden für den zoologischen Unterricht“ geschildert wurden, so soll hier nur kurz darauf hingewiesen werden, daß hierbei in erster Linie die Bautätigkeit, d. h. die Herrichtung einer passenden Wohnung für Erwachsene und Larven (Zellensystem bei Bienen und Wespen, Gängesystem bei Ameisen und Termiten) in Frage kommt; sodann die eigentliche Brutpflege, die Unterbringung, Wartung und Fütterung der Larven, das Herbeischaffen des Nahrungsmaterials und dessen Verarbeitung zur Larvennahrung (Futterbrei der Bienen und Wespen, Futtersaft der Ameisen). Daneben spielt die Abwehr der Feinde, wofür ja nicht selten besondere „Soldaten“ entwickelt sind, eine nicht unbedeutende Rolle. Die Erwerbung von Sklaven zur Vermehrung der Arbeitskräfte des Stockes ist eine Eigentümlichkeit mancher Ameisen; auch bei ihnen allein sind jene verblüffenden Methoden zur Sicherung ständiger Nahrungsquellen oder besonderer Leckerbissen entwickelt, die als Getreidebau und Pilzzucht, als Viehzucht (Blattläuse) und Gastpflege (Ameisengäste) von jeher die Bewunderung aller Beobachter erregt haben.

## II. Die Beziehungen verschiedener Tierarten zueinander.

### a. Nahrungskonkurrenz.

Aus den Ausführungen auf S. 110 ff. ging hervor, daß das auf der Erde verfügbare Nahrungsquantum keine Vermehrung der heutigen Tierwelt in der Gesamtzahl der Konsumenten gestatte. Schon aus diesem Satze ergibt sich, daß alle Tiere, die auf die gleiche Nahrung angewiesen sind, einander Konkurrenz machen, gleichgültig, ob sie derselben Art angehören, wie in dem früher erörterten Fall, oder verschiedenen Abteilungen des Tierreichs. Die von Eichenlaub sich nährenden Schmetterlingsraupe ist in derselben Weise zum Hungern verurteilt, wenn der Baum vorher bereits von andern Raupen oder aber von Maikäfern kahl gefressen wurde, und der Fischreiher macht geringe Beute, wenn der Hecht im Teich die Zahl der leicht zu erlangenden Friedfische dezimiert hat. Macht sich eine solche Konkurrenz in besonders hohem Grade auch nur da geltend, wo verschiedene Tierarten auf ganz bestimmte Nahrungsquellen, auf einige oder wenige Pflanzen- bzw. Tierformen angewiesen sind, so ist sie zweifellos doch auch vorhanden, wo, wie bei den pflanzenfressenden Huftieren oder den kleineren Raubtieren (Fuchs, Dachs),



der Speisezettel eine größere Mannigfaltigkeit aufweist; und nur bei einem nach verschiedener Richtung ausgebildeten Spezialistentum (blatffressende Raupe — Pilzmade; fischfressender Reiher — Mäusebussard) wird man in einzelnen Fällen von einem verhältnismäßig uninteressierten Nebeneinander dieser Formen sprechen können. Eine genauere Beobachtung wird allerdings oft genug erkennen lassen, daß und wie auf eng umgrenztem Wohngebiet selbst dann noch mannigfache und schwer erkennbare Beziehungen hinüber und herüber spielen, da ja nicht nur die Nahrung, sondern auch die ganze Reihe der sonstigen Lebensbedingungen hierbei in Frage kommt.

### b. Raubtier und Beutetier.

Der einfachen Konkurrenz in der Vorwegnahme der Nahrung, der Schlupfwinkel gegen Witterung und Feinde steht das als offene Feindschaft sich darstellende Verhältnis von Raubtier und Beutetier gegenüber. Diese Tatsache, daß ein großer Teil der Tiere in bezug auf seine Nahrung ganz oder im wesentlichen auf die Vernichtung anderer tierischer Lebewesen angewiesen ist und somit gegen diese einen nie ruhenden, unerbittlichen Kampf führt, ist für die gesamte Ausbildung der körperlichen und geistigen Eigenschaften der Tiere von ausschlaggebender Bedeutung gewesen.

Flucht, Verstecke. Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß zunächst die Leistungen in der Ortsbewegung als dem nächstliegenden Mittel, dem Feinde zu entgehen, bei den Beutetieren mehr und mehr gesteigert wurden, worauf dann wiederum die Räuber noch größere Vollkommenheit im Laufen, Springen, Klettern, Schwimmen und Fliegen bis zur Grenze der physischen Möglichkeit erwerben mußten, sofern sie nicht durch Hinterhalt und List das arglose Opfer beschleichen lernten.

Nicht minder mannigfaltige Ausbildung hat sodann die Kunst des Sichverbergens gefunden. Wie die große Mehrzahl der tierischen Wesen gegen Sonnenstrahlen und Kälte, gegen Trockenheit und Regen durch Aufsuchen von Zufluchtsstätten sich zu schützen sucht, wie sie mit bewunderungswürdiger Kunst Eier und junge Brut vor allen Fährlichkeiten des Daseins zu bewahren strebt, so auch muß sie sich vor dem überall lauern den Feinde in Sicherheit bringen, indem sie in der Erde und über der Erde Tausende von Verstecken zu finden und zu schaffen weiß. Es erübrigt, hier nochmals auf die unter Steinen, Moos und dürrem Laub, in Gängen und Höhlen der Erde hausenden Tierscharen hinzuweisen, auf die Schlupfwinkel, welche die Pflanzenwelt bietet in Mark und Rinde, in Blatt und Zweig, in Knospe, Blüte und Frucht; nur daran mag noch erinnert werden, wie vielfach diese natürlichen Zufluchtsstätten durch künstliche Zutaten vervollkommnet werden. Zu einer geschlossenen Tüte wird das Blatt durch den Gespinnstfaden der Wickler-raupe, durch die Webekunst der Spinne zusammengerollt. Mit dichtem Ge-

spinst umgibt sich die im Rindenspalt zur Puppenruhe schreitende Spinnerraupe oder sucht wohl gar auch dieses wieder durch Einflechten von Erde, Fraßspänen, Kot usw. unkenntlich zu machen. Auch wirkliche Nestbauten, wie sie sonst vornehmlich der Brutpflege dienen, werden nicht selten, namentlich von Säugetieren, zu rein persönlichem Schutze angelegt.

Allein nicht allen Tieren ist es vergönnt, gleich den Wurzelfressern, den Bewohnern der Knospen, Früchte und des Stamminnern, beständig in Verborgenheit zu leben; viele müssen zur Verrichtung ihres Tagewerks, zum Erwerb der Nahrung, zur Eiablage, Brutpflege usw. die sichere Zufluchtsstätte verlassen. Da ist es denn ein naheliegender Wunsch, auch bei diesem Hervortreten an die Öffentlichkeit des Schutzes nicht zu entbehren oder, um es kurz zu sagen, der glückliche Besitzer eines tragbaren Schutzgehäuses zu sein. Am leichtesten zu verwirklichen ist ein solches Bedürfnis natürlich wieder im Wasser mit seiner Ausschaltung der Gewichtsbelastung vermöge des Auftriebs. Hier sehen wir denn auch die Köcherfliegenlarven mit ihren aus Schilfstückchen, Wasserlinsen, Steinen, Schneckenschalen angefertigten Röhrengehäusen (Fig. 89) sich tummeln, hier auch die mit einer Muschelschale wie mit einem Schilde sich überdeckenden Krabben (Hypoconcha) und die seltsamen Einsiedlerkrebse (Fig. 90), die ihren weichen, ungeschützten Hinterleib in ein mächtiges Schneckengehäuse hineingezwängt haben und mit diesem umherziehen. Von



Fig. 89. Larvengehäuse von Köcherfliegen.



Fig. 90. Einsiedlerkrebs.

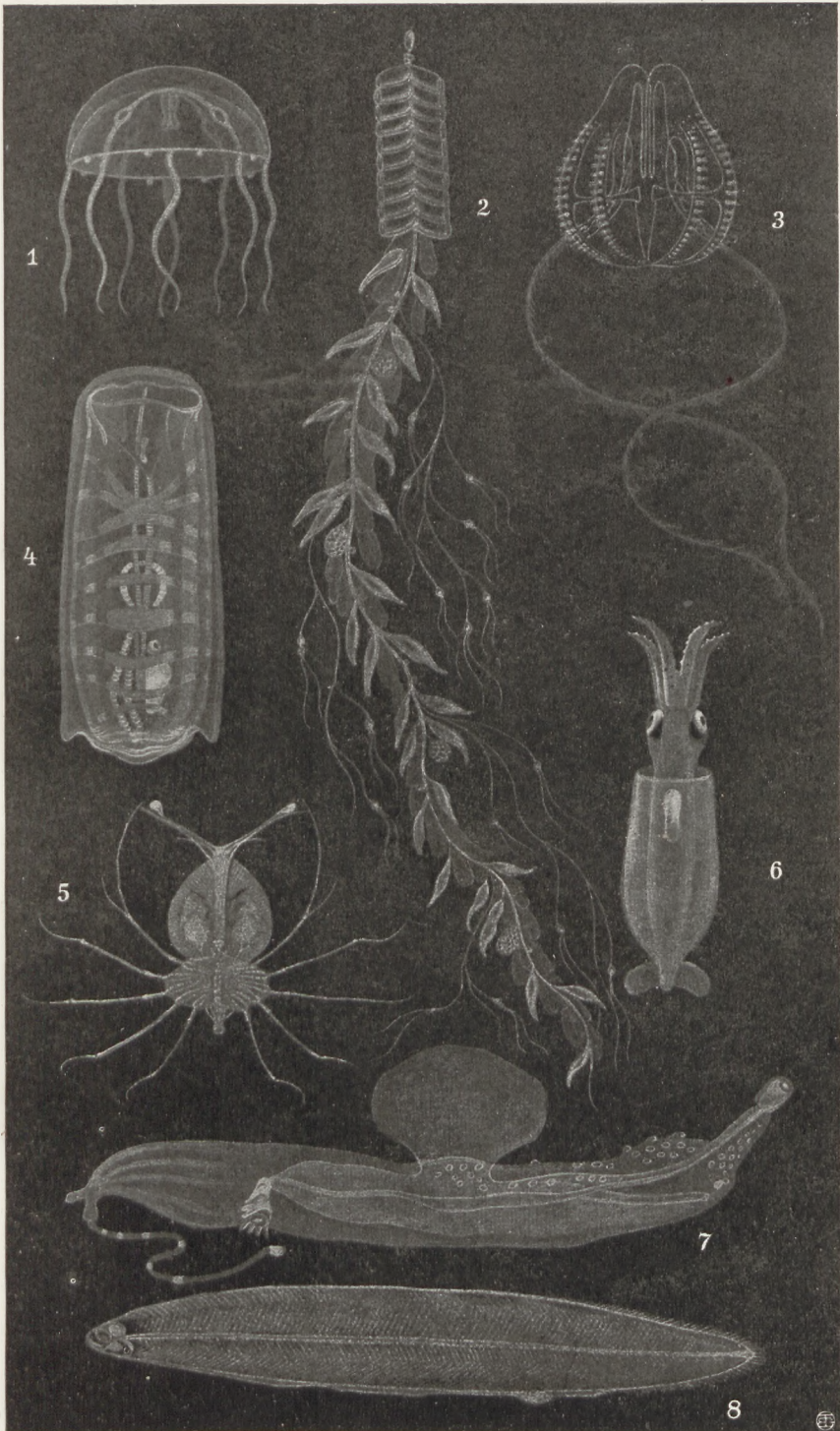
Landtieren sind als hierher gehörig die Kleidermotten mit ihren Tuchhülsen, die Sackträger (Psychiden) mit ihren Halm- und Blattgespinsten und viele Schildläuse mit ihren Wachsschilden zu erwähnen. Ähnliche Schutzvorrichtungen, die aber mehr und mehr den Charakter der einfachen Maskierung annehmen, erkennen wir in den Wachsfäden vieler Zikaden und Blattläuse (Blutlaus), in der Kotbedeckung der Larven des Lilienkäfers und dem schaumigen Kotversteck der Schaumzikade. Manche Taschenkrebse haben sogar die Gepflogenheit, ihren Rücken mit Tangzweigen zu bepflanzen.

Schutzfärbung. Lassen diese Maskierungen erkennen, ein wie großer Vorteil es ist, möglichst unerkannt und unauffällig durchs Leben zu wandeln, so muß es entschieden als weitere Vervollkommnung erscheinen, wenn große Gruppen von Tieren die Fähigkeit besitzen, allein vermöge der Unscheinbarkeit ihrer Körperfärbung und deren Anpassung an die Gegenstände der Umgebung dem Späherauge des Feindes zu entgehen. Bei den Hochseetieren des Meeres wird diese Schutzfärbung dadurch erreicht, daß der ganze Körper die glashelle Durchsichtigkeit des Wassers annimmt (Noktiluken, Quallen, Salpen, manche Würmer, Weichtiere, Krebse und selbst Fische [Leptocephalus]; Tfl. II). Auf dem Lande aber hat sich die Farbe natürlich nach der jeweiligen Umgebung zu richten, wenn sie ihren Zweck erfüllen soll: Im grünen Laub der Büsche und Bäume treffen wir die grünen Grashüpfer, Käfer, Wanzen, Raupen und Spinnen, die grünen Laubfrösche, Baumschlangen, Eidechsen usw., an Zweig und Rinde die braunen oder grauen Spannerraupen und Rindeninsekten, im Wüstensande die fahlgelben Wüstenechsen, Wüstenlerchen, Springmäuse, Schakale, und in der nordischen Schneelandschaft die weißfarbigen Eisbären, Eisfuchse, Alpenhasen und Schneehühner. Letztere drei sind, wie schon früher hervorgehoben, nebst den einheimischen Wieseln noch dadurch bemerkenswert, daß sie im Sommer ein erdfarbenes oder laubbraunes Kleid tragen und somit also verschiedenen Bedingungen des Klimas und der Umgebung angepaßt erscheinen. Einen bedeutenden Fortschritt in dieser Richtung lassen dann alle diejenigen Tierformen erkennen, die nicht nur über einen einmaligen Wechsel des Sommer- und Winterkleides verfügen, sondern die vermöge eines komplizierten Farbzellenapparates der Unterhaut zu weitgehender Anpassung an die jeweilige Umgebung befähigt sind, in der das Tier sich gerade befindet. Neben dem altberühmten Chamäleon besitzt ein sehr großer Teil der Reptilien, Amphibien und Fische diese Fähigkeit; aber auch bei Tintenfischen und manchen Krebsen (Garneelen) ist sie in sehr vollkommener Weise ausgebildet.

Die Tintenfische besitzen zudem noch ein prächtiges Mittel, sich den Blicken des Feindes zu entziehen, in dem Saft ihres Tintenbeutels, mit dem sie das Wasser ihrer Umgebung blitzschnell in eine trübe, undurchsichtige Flüssigkeit verwandeln.

Form-Anpassung. Der höchste Grad des Verschwindenlassens der eigenen Person in der Umgebung wird schließlich erreicht, wenn neben der Färbung nun auch die Form des Körpers den Gegenständen des Aufenthaltsortes angepaßt ist, und zwar selbstverständlich in erster Linie solchen, die für den auf Fleischnahrung ausgehenden Räuber kein Interesse bieten, wie die Erdklümpchen und Steine des Bodens, die Zweige und Blätter der Bäume usw. Bereits in der heimischen Fauna (Tafel III) finden wir zahlreiche treffliche Beispiele für eine solche Nachahmung der die Aufmerksamkeit des Räubers nicht fesselnden Gegenstände, wie zweigähnliche Spannerraupen,

## Durchsichtige pelagische Tiere.



1. Qualle. 2. Röhrenqualle. 3. Rippenqualle. 4. Salpe.  
5. Krebslarve. 6. Tintenfisch. 7. Kielfüßer. 8. Aallarve.



1. Raupen von *Cucullia* am Feldbeifuß; 2. Raupe des Birkenspanners; 3. Kokons eines Rüsselkäfers (*Cionus*) an Braunwurz; 4. Weißes C am Eichenzweig; 5. Mottengehäuse und Schließmundschnecke an Buchenrinde; 6. Rotes Ordensband auf Rindenflechten.

rinden- oder flechtenähnliche Schmetterlinge und Käfer, trockenen Blättern gleichende Falter, schneckenartige Raupenhülsen, Blütenstände des Feldbeifuß vortäuschende Cuculliaraupe usw. Noch überzeugender wirken die Stabheuschrecken der Tropen, das „wandelnde Blatt“, gewisse Laubheuschrecken (Pseudophylliden), die Buckelzirpen und die Kallimaarten, die Rindenwanzen, Flechtenkäfer usw. (Tafel IV). Selbst Vogeldung wird von manchen Schildläusen, Käfern und tropischen Spinnen täuschend nachgeahmt.

Aus dem Meere mit seinem geringen Pflanzenwuchs sind vornehmlich nur die seegrasartigen Seenadeln und die Tangbüscheln gleichenden Fetzenfische (Phyllopteryx) als hierher gehörig zu erwähnen.

Mittel der Abwehr. Allen den bisher geschilderten Einrichtungen, welche ein möglichst gänzlich Verborgensein vor dem Feinde bezwecken, steht nun eine Parallelreihe von Mitteln gegenüber, die darauf hinauslaufen, auch nach erfolgter Entdeckung dem Räuber die Lust oder den Mut zu nehmen, sich der Beute wirklich zu bemächtigen. Erscheinen die früheren Einrichtungen gewissermaßen darauf „berechnet“, die Sinne des Feindes nicht zu erregen, so handelt es sich nach erfolgter Entdeckung gerade im Gegenteil darum, auf dessen Sinne in möglichst ungünstiger und abschreckender Weise einzuwirken.

Das naturgemäße Mittel gegen das Gefressenwerden ist ein schlechter oder widerlicher Geschmack, womöglich verbunden mit dem Ausströmen unangenehmer Düfte, da Geruch und Geschmack ja bei allen Tieren in enger Beziehung stehen. Zahlreiche Tiere wissen auf diese Weise ihren Feinden sozusagen den Appetit zu verderben: die Bett- und Beerenwanzen mit ihren Stinkdrüsen; die „Widderchen“, Danaiden, Heliconiden, Acraeiden unter den Schmetterlingen; die Schaben, Aaskäfer, Totengräber, Schwarzkäfer; die Marienkäferchen, Maiwürmer und spanischen Fliegen, welche sogar Tropfen ihres giftigen Blutes aus den Körpergelenken hervortreten lassen; die Blausäure erzeugenden Tausendfüße; die Kröten, Salamander mit ihrem milchigen Hautsekret; die Spitzmäuse, Iltisse, Stinkdachs und Stinktiere mit ihren Stinkdrüsen usw. Auch Ekelwirkungen werden nicht selten erzielt, so, wenn die Krötenechse (Phrynosoma) ihr Augenblut dem Angreifer entgegenspritzt, wenn Kamele und Lamas zähen Speichel dem Feinde ins Gesicht spucken, oder wenn die jungen Sturmvögel und Albatrosse ihn mit einer vollen Ladung ihres übelriechenden Kropfinhaltes bedenken.

Bei der Einwirkung auf die höheren Sinnesorgane, auf Gehör und Gesicht, sucht das Beutetier in der Regel durch Stimme, Haltung und Gebärde den Feind einzuschüchtern und zurückzuschrecken (Knurren und Zähnefletschen des Hundes, Fauchen und Buckel der Katze, Kollern und Aufblasen der Hautlappen des Puters, Zischen und Halsstrecken der Gans, Sträuben des Gefieders bei den Vögeln usw.). Da es sich hierbei um Affektwirkungen

handelt, so kommen derartige Schutzmittel naturgemäß nur gegen höhere Tiere in Betracht. Darum sind auch die verhältnismäßig wenigen, bei niederen Tieren anzutreffenden Schreckvorrichtungen (Krümmen und Schlagen der Blattwespenraupen [Fig. 91], Schreckstellung der Gabelschwanzraupe [Fig. 92], Aufrichten der Hinterleibsspitze der Raubkäfer und Ohrwürmer usw.) wohl vornehmlich gegen Vögel und nicht gegen Raubinsekten zur Ausbildung gelangt. Sog. Warnfarben von lebhaftem Kolorit sehen wir häufig bei

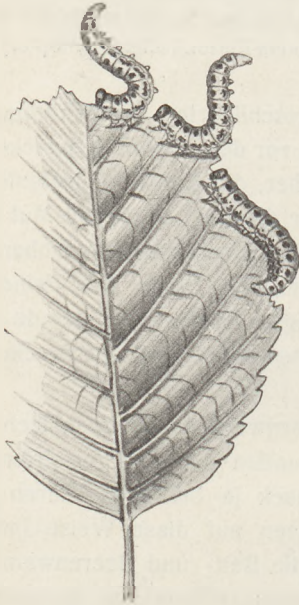


Fig. 91. Blattwespenraupen in Schreckstellung.

solchen Formen auftreten, die giftig oder ungenießbar sind, um dem Feinde recht deutlich vor Augen zu führen, mit wem sie es eigentlich zu tun haben (Widderchen und viele andere ungenießbare Schmetterlinge, Salamander, Korallenotter). In manchen Fällen können die Warnfarben geradezu als Schreck-

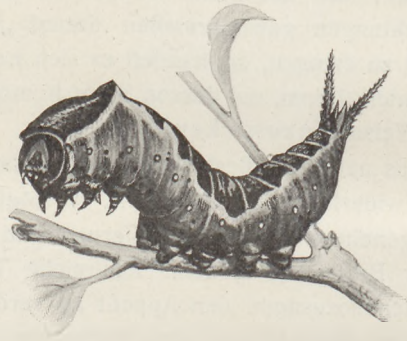
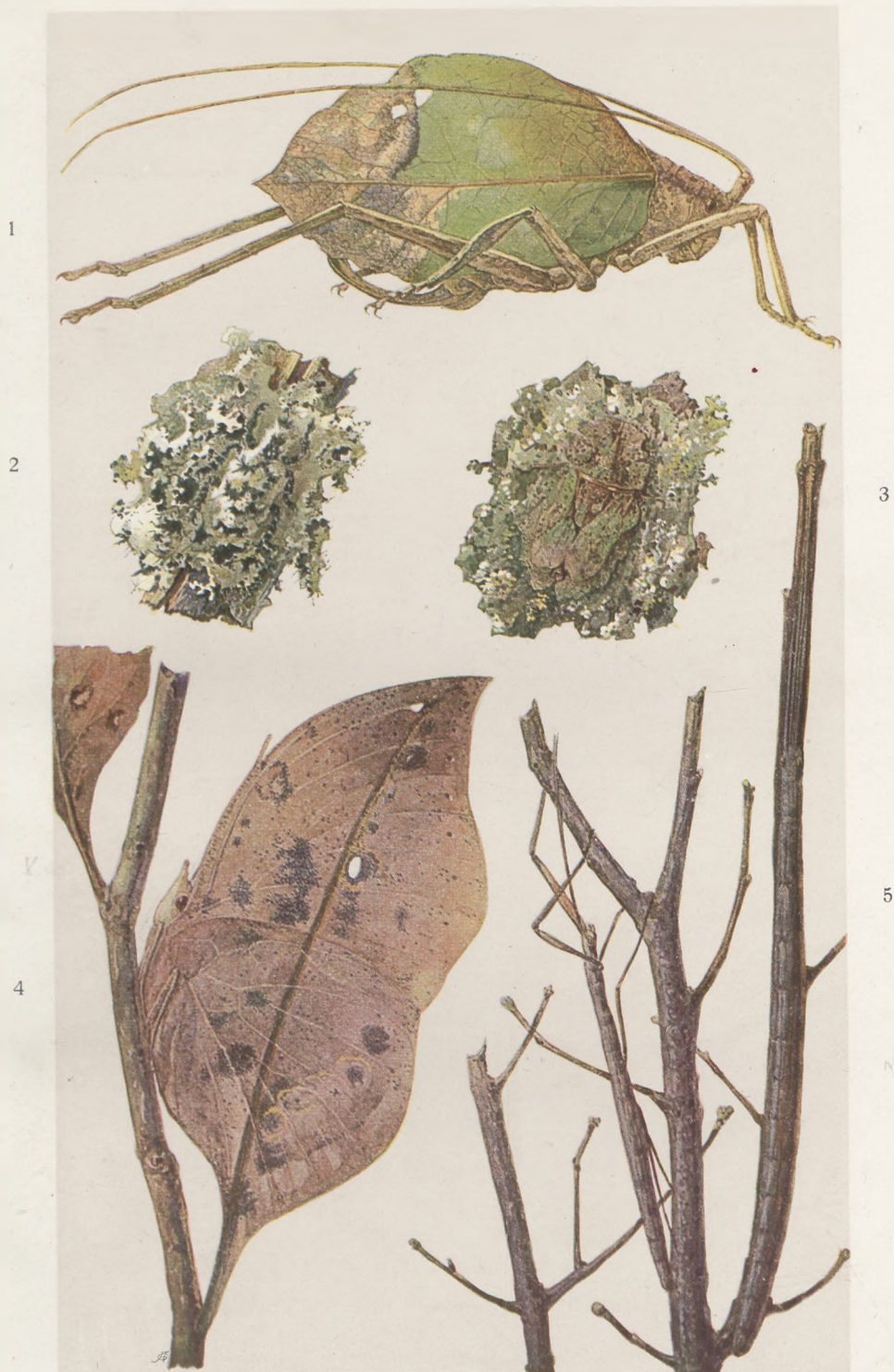


Fig. 92. Gabelschwanzraupe in Schreckstellung.

farben verwandt werden (feuerfarbene Unterseite der sich in Schreckstellung auf den Rücken werfenden Unke). Auf Gesicht, Gehör und Geruchsorgan gleichzeitig wirkt das „Schießen“ der Bombardierkäfer.

Mimikry. Nahe verwandt mit den Warnfarben und der Schreckstellung ist die bei vielen Tieren beliebte Methode, solche Formen nachzuahmen, die aus irgend einem Grunde vom Räuber unbehelligt gefassen werden, sei es, daß sie ihm als schlechtschmeckend bekannt sind, sei es, daß er ihre Waffen fürchtet (Mimikry). Manchen ungenießbaren Schmetterlingen (Heliconiiden, Acraeiden, Danaiden usw.) entsprechen Arten aus den Familien der Nymphaliden, Weißlinge und Grasvögel, welche in Form, Färbung und Manieren sich so eng an irgend eine der durch ihre Stinkdrüsen geschützten Formen anschließen, daß oft nur eine nähere anatomische Untersuchung die Familienunterschiede erkennen läßt (Tafel V unten), der Räuber aber zweifellos zu dem Irrtum verführt wird, eine der unbekömmlichen Arten vor sich zu



1. Laubheuschrecke (Pseudophyllide); 2. Madagassischer Flechten-Rüsselkäfer (Lithinus); 3. Brasilianische Rindenwanze; 4. Indischer Tagfalter (Kallima); 5. Indische Stabheuschrecke (Dixippus) an einem Baumzweig.





1-5. Links wehrhafte Hautflügler (Biene, Hummel, Wespe, Sandwespe, Lehmwespe), rechts ihnen ähnelnde Fliegen; 6. Links Hornisse, rechts Hornissenschwärmer; 7 und 8. Rechts nachgeahmte, schlecht schmeckende Tagfalter, links diese nachahmende, nicht geschützte Falter.

sehen. Einen andern Charakter trägt die Nachahmung der wehrhaften Bienen, Hummeln, Wespen und Grabwespen durch das Heer der wehrlosen Blumenfliegen (Syrphiden, Eristaliden, Musciden), welche gleich jenen mit gleichem Gesumme und in gleichem Gewande von Blüte zu Blüte fliegen (Tafel V). Selbst Schmetterlinge (Bienenschwärmer) und Käfer (Clytus usw.) sind zu



Fig. 93. a Wanze, Ameisen (b) nachahmend.

derartiger Nachahmung befähigt, und kaum minder zahlreich sind die Fälle, in denen Käfer, Wanzen, Zikaden, Heuschrecken und Spinnen die Gestalt und Färbung kampfesmutiger Ameisen angenommen haben (Fig. 93 a).

Gegenüber solchen Raubtieren, die nur auf lebende Beute fahnden, bietet schließlich die Gewohnheit des Sichtotstellens (viele Käfer, wie Speckkäfer, Pillenkäfer, Sonnenkäfer usw., aber auch Spinnen und Opossum) wirksamen Schutz.

**Schutz- und Trutzwaffen.** Das äußerste Mittel, wenn alle Versteck- und Abschreckungskünste versagen, ist der offene Kampf oder, wo die Waffen unzureichend, eine durch feste Panzerung herbeigeführte möglichste Widerstandsfähigkeit gegen den feindlichen Angriff. Allgemein verbreitet ist in der gesamten Tierreihe die Ausbildung starrer Skelettschichten an der Oberfläche des Körpers, durch welche die Verwundbarkeit gemindert wird. Foraminiferen und Radiolarien, Korallen und Hydroiden, Stachelhäuter und Mollusken bieten hierfür nicht minder überzeugende Beispiele als das Heer der Gliederfüßer, die mannigfachen Formen der Fische, Reptilien, Gürteltiere und Schuppentiere mit ihren oft noch wieder durch Knochenunterlage (Schildkröten, Krokodile, Gürteltiere) verstärkten Schuppenpanzern. Wo die Unterseite des Körpers weniger geschützt erscheint, wird der Körper zum Zusammenkugeln befähigt, wie bei den Rollasseln (Fig. 94), Käferschnecken, Gürteltieren und Igel, welche letztere zudem noch, gleich dem Stachelschwein, den Igelfischen, zahllosen Dornraupen usw., durch starrenden Stachelbesatz den Angriff des Feindes zu erschweren suchen.

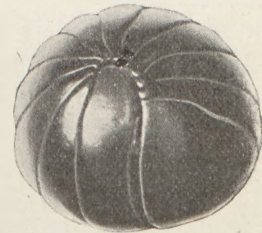


Fig. 94. Rollassel.

Können diese Stacheln durch Zuckungen des Körpers unter Umständen schon als wirksame Waffen verwertet werden, so sehen wir des weiteren selbst bei den friedfertigsten Pflanzenfressern noch ein ganzes Arsenal der verschiedenartigsten Verteidigungswerkzeuge zur Ausbildung gelangt. Die

gewissermaßen von selbst sich ergebende Waffe auch des Pflanzenfressers ist sein Gebiß, und er weiß oft genug ausgiebigen Gebrauch von ihm zu machen, wenn es gilt, dem drohenden Verhängnis zu entgehen (Hirschkäfer, Laufkäfer, Heuschrecken, Eichhörnchen, Mäuse, Hamster, Wildschwein usw.). Daneben aber treten mancherlei besondere Trutzwaffen an allen nur denkbaren Körperteilen auf, von den dornbewehrten Schwänzen der Rochen und Dornschwanzzeichsen, den Bein- und Flügelsporen der Vögel, den Hufen der Pferde bis hinauf zu den Hörnern und Geweihen der Wiederkäuer und dem Horn der Rhinocerosse. Durch Giftwaffen sind die meisten Hohltiere (Nesselkapseln), die bienenartigen Tiere (Wehrstachel) und manche Fische (Petermännchen) geschützt, und selbst die Elektrizität sehen wir bei den Zitterrochen, Zitteraalen und Zitterwelsen in den Dienst der Verteidigung gestellt.

Überlegenheit der Raubtiere. Daß die Raubtiere, deren Zahl natürlich stets geringer sein muß als die der Pflanzenfresser, in bezug auf Schnelligkeit und Kraft, auf Schärfe der Sinne, Umsicht und Furchtbarkeit der Waffen im allgemeinen ihren Beutetieren überlegen sein müssen,

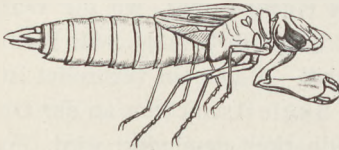


Fig. 95. Libellenlarve.

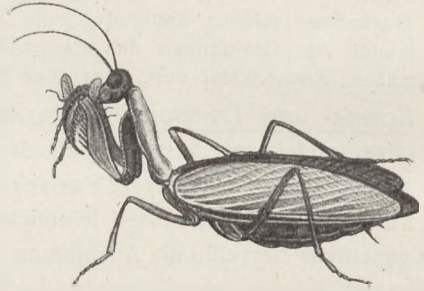


Fig. 96. Gottesanbeterin.

falls sie anders ihr Ziel erreichen wollen, versteht sich von selbst. Gebiß und Krallen des Räubers gehen in ihrer Vollkommenheit weit über das hinaus, was der harmlose Pflanzenfresser ihnen entgegenstellen kann. Das Schwert des Schwertfisches, die Säge des Sägehais bilden furchtbare Stoßwaffen. Daneben aber sind Gift und Dolch (Spinnen, Skorpione, Grabwespen, Schlangen) weitverbreitete Mittel zur Überwältigung der Beute, und nicht minder häufig ist es die List, welche zum Ziele führt. Ohne ein Glied zu regen, schleicht sich die Libellenlarve (Aeschna) unmerklich in die Nähe ihres Opfers, um es dann mit plötzlich vorgerecktem Zangenapparat (Fig. 95) zu packen, im Grase lauert die Gottesanbeterin (Fig. 96) mit ihren schrecklichen Fangklauen. Auf einem Baumast, hoch über dem Wechselfad des Wildes, kauert der Luchs; mit lautlosen Tritten beschleichen die Füchse, die Katzen, die Zibetkatzen ihre Beute. Welse, Grundeln und Froschfische liegen im Grunde des Wassers verborgen, durch das Spiel ihrer wurmartigen Barteln oder mit besonderen Hautlappchen (Froschfisch) andere Fische anlockend, die dann in dem gewaltigen Maul der Räuber ihr Grab finden. Tiefseefische mancher Art treiben

augenscheinlich ähnlichen Fang vermöge der Anziehungskraft ihrer Leuchtorgane. Eine besondere Spezialität, der Fang mit Netzen, die mit klebrigen Tröpfchen wie mit Leimruten übersät sind, ist bei den Spinnen entwickelt, und der Ameisenlöwe legt gar kunstgerechte Fallgruben (Fig. 97) an, aus denen es für die Ameisen und andere Kleintiere kein Entrinnen gibt, um so weniger, als der Mörder am Grunde stets wieder durch ausgeschleuderte Sandwirbel das Opfer in die Tiefe zu reißen versteht.

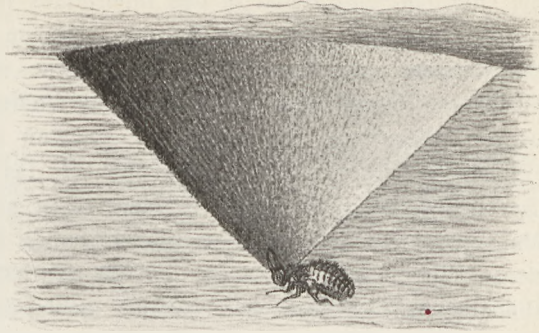


Fig. 97. Fanggrube des Ameisenlöwen.

### c. Synökie und Kommensalismus.

Außer dem rein feindlichen Verhältnis zwischen Raubtier und Beutetier kennen wir noch eine Reihe von Beziehungen zwischen Tieren desselben Wohngebiets, die zwar vielfach nichts weniger als freundliche sind, keinesfalls aber die unmittelbare Vernichtung der einen Partei zur Folge haben oder bezwecken. Es handelt sich hierbei um solche meist lang andauernde Verhältnisse, bei denen der eine Teil auf irgend eine Weise seinen Vorteil findet, während der andere, gezwungen oder gleichgültig, diese Vorteile gewährt, ohne selbst dabei in seinen Daseinsbedingungen gefördert zu werden. Derartige Beziehungen sollen im Gegensatz zum später zu behandelnden Parasitismus (bei dem das eine Tier direkt von der Körpersubstanz des andern zehrt) und zur Symbiose (bei welcher verschiedene Tiere gegenseitig einander Vorteile gewähren) als Synökie, als Zusammenwohnen, und wenn es sich dabei gleichzeitig um der einen Partei zufallende Ernährungsvorteile handelt, als Kommensalismus (Tischgenossenschaft) bezeichnet werden.

Synöken. Für Wassertiere ist es oft schon ein schätzenswerter Vorteil, wenn sie andere größere Tiere als Wohnsitz benutzen können (Epöken), sei es, daß ihnen hierdurch ein fester, vor Übersandung geschützter Anheftungspunkt gewährt wird (Vorticellen an den Stöcken der Bryozoen und Hydroiden, Bryozoen und Röhrenwürmer an den Stöcken der Korallen, den Panzern der Krebse, den Schalen der Schnecken und Muscheln), sei es, daß vermöge der Ortsbewegung des Wohntiers ein stärkerer Wechsel des Nahrung und Sauerstoff spendenden Wassers in Aussicht steht (Bewohner der Krebspanzer; Seepocken und Entenmuscheln auf der Haut der Wältiere; der an andere Fische mittels Saugscheibe sich anheftende Schiffshalter

[Fig. 98]), sei es endlich, daß durch mehr oder weniger tiefes Eindringen in die Oberhaut und selbst in das Innere des Wohntieres bequeme Schlupfwinkel zu gewinnen sind (Würmer, Krebse und Muscheln im Innern von Schwämmen und Korallenstöcken; Krebse im Innern von Medusen und Muscheln, in der Haut der Fische und Waltiere; Fische im Darm der See- walzen [Fierasfer], im Innern von Quallen und selbst im Maule anderer Fische). — Unter den Landtieren ist das Sichtragenlassen von andern Tieren nur wenig verbreitet. Erwähnt seien hier nur die Jugendzustände der Maiwürmer, welche den blumenbesuchenden Bienen sich anheften, um so in deren Wohnung zu gelangen, und die den Körper der Bienen bewohnenden Bienenläuse. Letztere sind zugleich echte Kommensalen, insofern sie die Bienen durch Kitzeln an den Mundwerkzeugen zur Herausgabe eines Tröpfchens Futtersaft zu bewegen wissen.

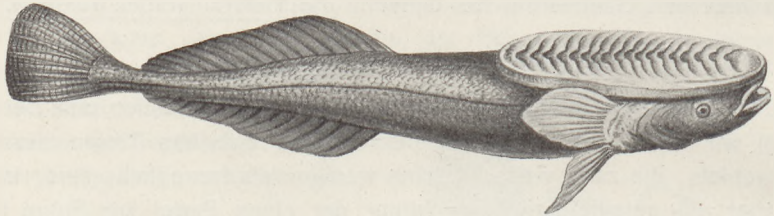


Fig. 98. Schiffshalter.

Eine besondere Form der Inanspruchnahme eines anderen Tieres als Wohnung zeigt sich vielfach noch darin, daß der Epök nicht sich selbst, wohl aber seine Eier und junge Brut dem Wohntiere anvertraut (Eiablage mancher Würmer und Krebse in das Innere von Schwämmen, Eier des Bitterlings in den Kiemenblättern der Teichmuschel).

Den Bewohnern von Tieren oder Epöken stehen die Mitbenutzer ihrer Wohnungen oder echten Synöken gegenüber. Bei Einzeltieren findet sich diese Methode verhältnismäßig selten (manche freilebende Meereswürmer in den Gehäusen der Röhrenwürmer; Milben, Bücherskorpione in den Nestern der Vögel; aber auch der junge Kuckuck im Nest seiner Pflegeeltern); bei den Bauten der staatenbildenden Insekten aber ist sie weit verbreitet. Allein in den Wohnungen der Ameisen und Termiten kennt man viele hundert Arten von sog. Ameisengästen aus den Gruppen der Milben, Spinnen, Asseln, Raubkäfer, Stutzkäfer usw., die teils von den rechtmäßigen Besitzern wegen der Ausscheidung süßer Säfte (vgl. S. 132) als „Symphilen“ sorgsam gehegt, teils als Mulm- und Detritusfresser und Verzehrter der Mahlzeitenreste gleichgültig geduldet werden (echte Synöken), teils endlich, wie namentlich viele Raubkäfer, als Räuber der Brut offensichtlichen Schaden anrichten (Synechtern).

Ein ähnliches Verhältnis, wie das letzterwähnte, herrscht augenscheinlich auch zwischen der die Wachswaben zerfressenden Wachsmotte und der Honigbiene. Die

sog. Einmieter in den Gallen der Gallwespe hingegen, bei denen also eine Gallwespe die schon vorhandene Galle einer andern Art mit Eiern belegt, werden als schädigend kaum angesehen werden können, und auch die Vergesellschaftungen höherer Tiere (neuseeländische Brückenechse in den Höhlenbauten von Sturmvoögeln und Sturmtauchern, Dorneidechse in den unterirdischen Kolonien des Klippdaches) sind wohl lediglich auf ein gewisses Schutzbedürfnis der Mitbewohner zurückzuführen.

Die Gewohnheit vieler Hautflügler und Fliegen (Schmarotzerhummeln, Kuckucksbienen, Bienenameisen, Goldwespen, Trauerschweber), ihre Eier an die Pollenvorräte der Grabbienen usw. zu legen, trägt entschieden einen ganz andern Charakter, indem hier außer den Vorräten in der Regel auch die rechtmäßige Besitzerin, die junge Grabbienenmade, mit aufgefressen wird.

Endlich könnte man als Beiwohner (Paröken) noch solche Tiere bezeichnen, welche ihren Aufenthalt bei andern oder in deren Nähe wählen, um besser geschützt zu sein oder Anteil an deren Beute zu nehmen. In dem wirren, schwer zugänglichen Geäst der Korallenstöcke lebt ein ganzes Heer derartiger Paröken, von den Seeigeln, Seesternen, Würmern bis herauf zu den Krebsen, Mollusken und „Korallenfischen“. Zwischen den langen, nesselkapselbewehrten Senkfäden vieler Quallen suchen kleinere Quallen, Krebse und vor allem zahlreiche Jungfische Schutz. Der Pilot oder Lotsenfisch ist aus irgend einem noch unbekanntem Grunde der ständige Begleiter der gefräßigen Haie; Ammern und Lerchen, Goldhähnchen und Meisen pflegen sich in Schwärmen zu vereinigen, und die Gnus, Springböcke, Strauße usw. sind nicht selten den Zebraherden Südafrikas beigemischt, bei denen sie Schutz finden; Schakale, Hyänen und Geier folgen den mächtigeren Raubtieren, um die Überreste von deren Mahlzeiten zu verzehren; Raubmöwen und Fregattvögel jagen andern Möwen die eben gemachte Beute ab.

#### d. Parasitismus.

Der Parasitismus oder das Schmarotzertum, dessen Wesen darin besteht, daß ein Tier von der lebendigen Körpersubstanz eines andern sich nährt, ohne es, wie das Raubtier, durch überlegene Kraft zu überwältigen und mit einem Schlage zu vernichten, ist im Tierreiche außerordentlich verbreitet. Übergänge lassen sich erkennen sowohl gegen die Raubtiere hin (so der Blutegel, je nachdem er dem ins Wasser getriebenen Pferde ein wenig Blut abzapft, oder aber eine junge Froschlarve durch völliges Ausaugen zugrunde richtet), als auch gegen die Epöken, von denen manche vom Schleim, von den Schuppen und Federscheiden der Haut leben, also von Stoffen, die man je nach Belieben als Teile des lebenden Organismus oder als Abfallstoffe betrachten kann.

Andererseits werden manche bei der Brutpflege auftretende, oft recht verwickelte Verhältnisse, die gewöhnlich als Parasitismus bezeichnet werden (Ablegen des Eis in fremde Nester und Verzehren der Vorräte nebst dem rechtmäßigen In-

haber bei den oben genannten Hautflüglern und Fliegen, das Sicheintragenlassen der jungen Maiwurmlarven in den Bienenstock, um dort das Bienenei und den Honig zu verzehren), als der oben gegebenen Definition nicht entsprechend, hier auszuscheiden sein.

Verbreitung des Parasitismus. Von den Urtieren bis hinauf zu den Säugetieren gibt es, mit Ausnahme der Hohltiere und Stachelhäuter, kaum eine größere Gruppe des Tierreichs, die nicht parasitierende Formen entwickelt hätte, wobei es in der Natur der Sache liegt, daß die Wirbeltiere schon wegen ihrer Körpergröße nur verhältnismäßig selten einer solchen Lebensweise sich angepaßt haben.

Unter den Urtieren mögen hier die im Darm von Wirbeltieren schmarotzenden Opalinen, die Gregarinen, die erst seit kurzem als Erreger schlimmer Krankheiten erkannten Hämosporidien (Plasmodien der Malaria) und Flagellaten (*Trypanosoma* der Schlafkrankheit) erwähnt werden.

Außerordentlich verbreitet ist dann der Parasitismus bei den Würmern, deren drei wichtigste Klassen dabei beteiligt sind (Blutegel unter den Ringelwürmern, Rundwürmer fast sämtlich, Bandwürmer und Saugwürmer unter den Plattwürmern).

Nicht minder zahlreich sind die parasitischen Gliedertiere, unter denen in erster Linie die auf Wassertieren schmarotzenden Krebse (Fischasseln und Fischläuse, viele Flohkrebse, Spaltfußkrebse und Rankenfüßer) zu nennen sind. Unter den Spinnentieren führen namentlich viele Milben (Krätzmilben, Holzböcke, Haarbalgmilben) und die seltsam umgestalteten Zungenwürmer (*Pentastomum*) eine parasitische Lebensweise, und von Insekten gehören hierher die blutsaugenden Fliegen (Bremsen, Mücken, Stechfliegen, Puppenleger), die Flöhe, viele Wanzen (z. B. Bettwanze), die Schlupfwespen und Verwandte, die Läuse und Federlinge.

Sehr selten ist der Parasitismus bei den Mollusken, doch kennt man einige Schnecken (z. B. *Entoconcha mirabilis*), die im Darm der Seewalzen leben. Von Wirbeltieren kommen vor allem die tiefstehenden Rundmäuler (Neunaugen, *Myxine*) in Betracht, doch sind auch die brasilianischen Vampire (Fledermäuse) als Blut-sauger an Warmblütern gefürchtet.

Nicht minder verschieden als die Parasiten selbst sind die von ihnen heimgesuchten Wirtstiere: Von den Infusorien bis zu den Säugetieren bleibt wohl keine Tiergruppe gänzlich von ihnen verschont. Dabei hat sich in weit höherem Grade als bei den Raubtieren eine große Anpassung der Parasiten an bestimmte Wirtstiere, namentlich bei den in inneren Organen lebenden Formen, herausgebildet. Zuweilen kommt es vor, daß auch Parasiten noch wieder von Schmarotzern heimgesucht werden (Hyperparasitismus bei Wurzelkrebsen und besonders bei Schlupfwespen).

Schädigungen der Parasiten. Die Schädigungen des Wirtstieres durch den Parasiten sind sehr verschiedener Art und verschiedenen Grades.

Am glimpflichsten treiben es in der Regel die sog. Ektoparasiten, die von Hautabfällen lebenden Federlinge, Haarlinge, die Haarbalgmilben und die meist nur zeitweilig das Wirtstier heimsuchenden (temporären) Blutsauger (Flöhe, Läuse, Wanzen, Mücken, Bremsen, Zecken, Blutegel), falls sie nicht in übergroßer Menge auftreten (Landblutegel, Moskitos, Columbaczer Mücke), oder aber durch gleichzeitige Übertragung mikroskopischer Blutschmarotzer (Plasmodium, Trypanosoma) zu schweren Infektionskrankheiten Veranlassung geben (Anophelesmücken und Malaria, Tsetsefliege und Naganakrankheit der Huftiere nebst Schlafkrankheit des Menschen, Zecken und Texasfieber der Rinder usw.). Lästiger und schädigender erweisen sich vielfach die ständigen Ektoparasiten, die sich im Innern der Haut anzusiedeln pflegen, die Krätzmilben, Sandflöhe und die in der Nasenhöhle oder in der Haut von Huftieren lebenden Bremsen oder Biesfliegen (Oestrus, Hypoderma).

Auch unter den in inneren Organen hausenden Endoparasiten gibt es harmlose Formen (Opalinen, viele Rundwürmer); andere hingegen bedingen mancherlei Krankheitserscheinungen (Bandwürmer, Madenwürmer), ja schweres Siechtum und selbst den Tod (Trichinen, Medinawurm, Ankylostomum, Leberegel, Finne der Taenia echinococcus, Schlupfwespen, Raupenfliegen usw.).

Besondere Schutzmittel gegen den Parasiten, wie sie in dem großen Kampfe zwischen Beutetier und Raubtier in so überraschender Fülle zur Ausbildung gelangt sind, stehen dem Wirtstier, abgesehen von den paar Verschleichungsmitteln lästiger Hautinsekten (buschiger Schwanz, Kontraktionen der Hautmuskulatur), nicht zu Gebote, wohl, weil eben die inneren Organe vom Willen des Tieres kaum mehr beeinflußt werden können. Nur die gegen jeden Fremdkörper übliche Methode der Einkapselung seitens des Bindegewebes sehen wir in gewissen Organen zur Anwendung kommen.

Anpassung an parasitische Lebensweise. Ungleich mannigfaltiger sind dagegen die Anpassungserscheinungen des Parasiten an die Lebensbedingungen des von ihm gewählten Wohntieres. Der Ektoparasit, namentlich der „temporäre“, hat meist aktiv das Wirtstier aufzusuchen; er muß mit vorzüglichen Sinnes- und Bewegungsorganen ausgerüstet sein (Bremsen,

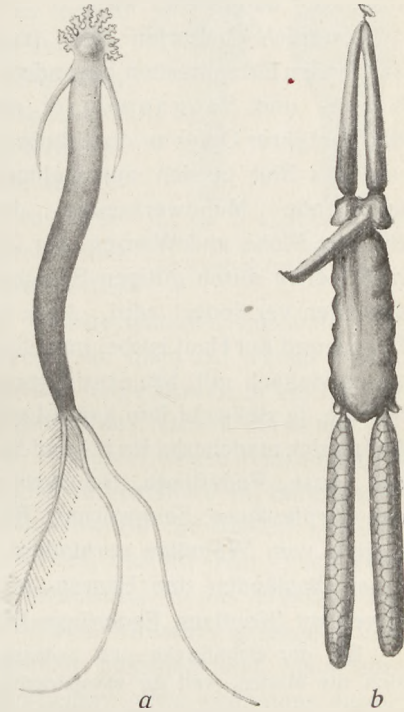


Fig. 99. Schmarotzerkrebse an Fischen.  
a Penella, b Tracheliastes.



Mücken, Schlupfwespen, Wanzen, Flöhe), während bei den ständigen oder stationären Formen oft weitgehende Rückbildungen dieser Organe zu beobachten sind (Haarbalgmilbe, Krätzmilben, viele Schmarotzerkrebse [Fig. 99]), bis dann schließlich bei den sog. Wurzelkrebse nach einer kurzen Periode des Freilebens der am Wirtstier mit langen, wurzelartigen Saugröhren dauernd verankerte Körper zu einem unförmlichen, aller Sinnes- und Bewegungsorgane entbehrenden Sack (Fig. 100) umgestaltet wird.

Natürlich bedürfen die blut-saugenden Ektoparasiten besonderer Stech- und Saugapparate, um die Haut ihrer Opfer zu durchbohren und das Blut in sich aufzunehmen (stechende Mundwerkzeuge der

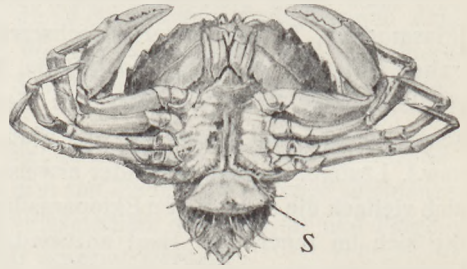


Fig. 100. Sacculina (S) an einem Taschenkrebse.

Fliegen, Flöhe und Wanzen, der Zecken, kreissägeartige der Blutegel), wobei nicht selten durch giftigen Speichel der Zufluß des Blutes erhöht und dessen Gerinnen verhindert wird. Auch eine außergewöhnliche Dehnbarkeit des Darms und der Haut ist bei manchen Formen zu beobachten (Blutegel, Zecken), da es vielfach gilt, bei einer günstigen Gelegenheit sich auf Monate, ja vielleicht fürs ganze Leben zu versorgen. Daneben finden sich mancherlei Haft- und Klammerapparate (Klauen der Läuse, Federlinge, Schafzecken, Fischläuse, Saugnäpfe der Karpfenläuse, Saugwürmer, Blutegel), welche das Herabgleiten vom Wohntier verhindern. Auch die Eier werden unter Umständen den Haaren oder Federn des Wirtstieres angeleimt (Kopflaus, Federlinge [Fig. 101]).

Bei der Schafzecke und anderen „Puppenlegern“ entwickeln sich die Maden, weil für ektoparasitische Lebensweise wenig geeignet, ganz im Innern des mütterlichen Organismus, so daß gleich die Puppen zur Welt kommen. Unter der Haut steckende Schmarotzer müssen oft ihr Atmungsbedürfnis durch Modifikationen des Atmungsapparates befriedigen (Hinterleibsstigmen der Dasseliegenmaden).

Wesentlich andere Verhältnisse beeinflussen das Leben der Endoparasiten. Zwar sind auch hier vielfach, so namentlich bei den Darmbewohnern, Apparate zum Festhaken und Anklammern vonnöten (Saugnäpfe und Hakenkranz der Bandwürmer [Fig. 102], Saugnäpfe der Saugwürmer, Haken der Magenbremen); besondere Gliedmaßen aber als Bewegungsorgane treten nirgends auf (höchstens der Hautmuskelschlauch kann zur Ortsbewegung im Darm und sogar zur Auswanderung aus demselben Verwendung finden, wie bei den



Fig. 101.  
Eier von Federlingen  
an einer Feder.

Rundwürmern), und ebensowenig sind in der Regel Waffen zum Erbohren der Nahrungsquelle vorhanden, da das Tier schon ohnehin von nährender Flüssigkeit umspült wird und sie infolge seiner zarten Körperwandung auch bei fehlendem Darmkanal (Kratzwürmer, Bandwürmer) in genügender Menge durch Diffusion in sich aufzunehmen vermag. Sinnesorgane, mit Ausnahme von Tastpapillen, sind als völlig überflüssig durchaus in Wegfall gekommen. Weitaus die größte Schwierigkeit besteht für die Endoparasiten in der Sicherung ihrer Nachkommenschaft. Die einfache Erzeugung von Keimen, die etwa im Innern desselben Wirtstieres neben dem Muttertier zur Entwicklung gelangten, führt nicht zum Ziel, da ja beim schließlichen Tode des Wirtstieres keine Möglichkeit der Überwanderung in ein anderes, jugendrisches Wirtstier gegeben ist, und demnach mit dem Muttertier auch dessen gesamte Brut wieder zugrunde gehen müßte. So bleibt als einzig gangbares Mittel zur Verbreitung der Art nur übrig, daß die Keime des

Muttertiers in möglichst junglichem und transportfähigem Zustande den Körper des Wirtstieres der Mutter verlassen, um dann auf irgend einem mehr oder minder indirekten Wege als Eier oder junge Larven in ein neues Wirtstier zu gelangen. Im einfachsten Falle gehört das letztere derselben Art an wie dasjenige, in dem das Muttertier lebte, und unter diesen Umständen ist denn auch eine „Selbstinfektion“ des ursprünglichen Wirtstiers mit Embryonen seiner Darmparasiten nicht ausgeschlossen (Madenwurm der Kinder). In der Regel aber findet ein Wirtswechsel statt, derart, daß die Eier, nach Verlassen des Wirtstiers mit dem Kot, durch Verstreuen in das Wasser, auf Blätter usw. zunächst in den Magen eines Pflanzenfressers gelangen, von wo aus sie die verschiedensten Organe desselben besiedeln und, meist eingekapselt, bis zu einer gewissen Größe heranwachsen. Erst wenn dann dieser Pflanzenfresser die Beute eines Raubtieres geworden, wird der Parasit im Darm des neuen Wirtes geschlechtsreif und so zur Produktion neuer, den gleichen Kreislauf wiederholender Eier befähigt. Ein solcher Wirtswechsel, der zugleich auch vielfach mit Generationswechsel (Finne – Bandwurm) verbunden ist, findet sich namentlich bei allen Bandwürmern und endoparasitischen Saugwürmern, aber nicht selten auch bei den Rundwürmern (Trichine). Bei der Umständlichkeit des Weges ist eine ganz außerordentlich gesteigerte Produktion von Eikeimen bei allen Endoparasiten unerläßliche Bedingung, wengleich vielfach zwischen den verschiedenen Wirten verhältnismäßig geregelte und dauernde Beziehungen bestehen (Hase – Fuchs; Maus – Katze; Schaf – Hund oder Wolf usw.).

Auch bei den Endoparasiten kann übrigens das Schmarotzertum, abgesehen von

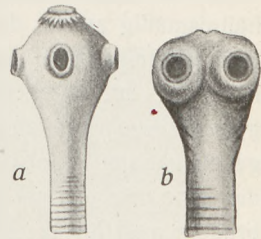


Fig. 102. *a* Kopf des bewaffneten, *b* des unbewaffneten Bandwurms des Menschen.

der Eiverstreuung, durch mehr oder minder lange Zeiten des Freilebens unterbrochen werden (viele Rundwürmer, Schlupfwespen, Bremen).

Bei vielen Schmarotzern führt nur das weibliche Geschlecht eine zum Teil parasitäre Lebensweise (Mücken, viele Krebse), während die Männchen zeitlebens frei bleiben.

### e. Symbiose (Mutualismus).

Im allgemeinen sucht jedes Tier seine eigenen Interessen und die seiner Sippe mit rücksichtslosem Egoismus zu vertreten. Es trifft sich daher verhältnismäßig selten, daß diese Interessen mit denen einer anderen Tierart so weit übereinstimmen, daß sich daraus eine Art wechselseitiger Dienstleistung entwickelt, die man als Mutualismus bezeichnet. Erreicht diese gegenseitige Hilfe einen so hohen Grad, daß man von einer dauernden und gesetzmäßigen Verbindung der beiden Tierformen sprechen kann, ja, daß die eine nicht oder kaum ohne die andere existenzfähig erscheint, so gebraucht man für ein solches Verhältnis den Ausdruck Symbiose (im engeren Sinne), ohne daß man zwischen beiden Begriffen eine scharfe Grenze zu ziehen imstande wäre.

Auch Synökie und Mutualismus gehen ineinander über, da es natürlich oft fast unmöglich ist, festzustellen, ob der Synök dem Wohntier denn durchaus keinerlei Gegendienste zu leisten vermag.

Symbiose zwischen Einzeltieren. Als bekannteste Fälle von Symbiose bei Einzeltieren sind zunächst die Gewohnheiten vieler Taschenkrebse (Cancer, Dromia usw.) anzuführen, sich mit Schwämmen, Seepocken, Röhrenwürmern bewachsen zu lassen, wobei der Krebs eine für seine Beutezüge willkommene Maskierung erhält, während den Symbionten der Wasserwechsel und der Erwerb der Nahrung erleichtert wird. Noch allgemeiner ist die Sitte des Sichmaskierens bei den Einsiedlerkrebsen, deren Wohngehäuse fast stets mit Schwämmen, Hydroiden oder Actinien usw. besiedelt sind (*Adamsia palliata*, *Sagartia „parasitica“* usw. [Fig. 103]), da diese mit ihren Nesselfäden zweifellos dem Krebs Schutz gegen Feinde gewähren, während sie selbst in den Abfällen der Krebsbeute ihre Nahrung finden. In anderen Fällen sieht man die mit Nesselkapseln bewaffneten Wehrpolypen eines Hydroiden (*Podocoryne*) direkt um die Mündung des Wohngehäuses des Einsiedlerkrebses angeordnet und mehrmals taktmäßig gegen den Feind schlagen, der den Insassen zu beunruhigen wagt.

Unter den Landtieren ist hier auf das Verhältnis gewisser tropischer Vogelarten (Stare, Madenhacker, Madenfresser, Kuhreiherr) zum Weidevieh, aber auch zu wildlebenden Huftieren hinzuweisen. Die Vögel lesen diesen Tieren das Ungeziefer von der Haut ab, leisten ihnen also einen Liebesdienst, durch den sie selbst ihre Nahrung gewinnen. So mußte sich zwischen beiden Gruppen von Geschöpfen allmählich ein Verhältnis herausbilden, das man wohl als Freundschaft bezeichnen kann, indem die plumpen Huftiere offen-

bar bewußt das furchtlose Herumklettern der Vögel auf ihrem Körper dulden. Auch bei einheimischen Staren, Schafstelzen usw. bemerken wir einen wenn auch weniger engen Anschluß an das Weidevieh. Vielleicht lassen sich hier die oft seltsamen „Freundschaften“ anschließen, die zwischen Haustieren oder zwischen den Insassen eines Hühnerhofes sich auszubilden pflegen. Mag es sich bei dieser offenbaren Zuneigung von Pferd und Spitz, Hofhund und Hühnervolk usw. auch nicht immer um materielle Vorteile auf beiden Seiten handeln, so dürfte doch bei solchen geistig hoch stehenden Tieren die Emp-

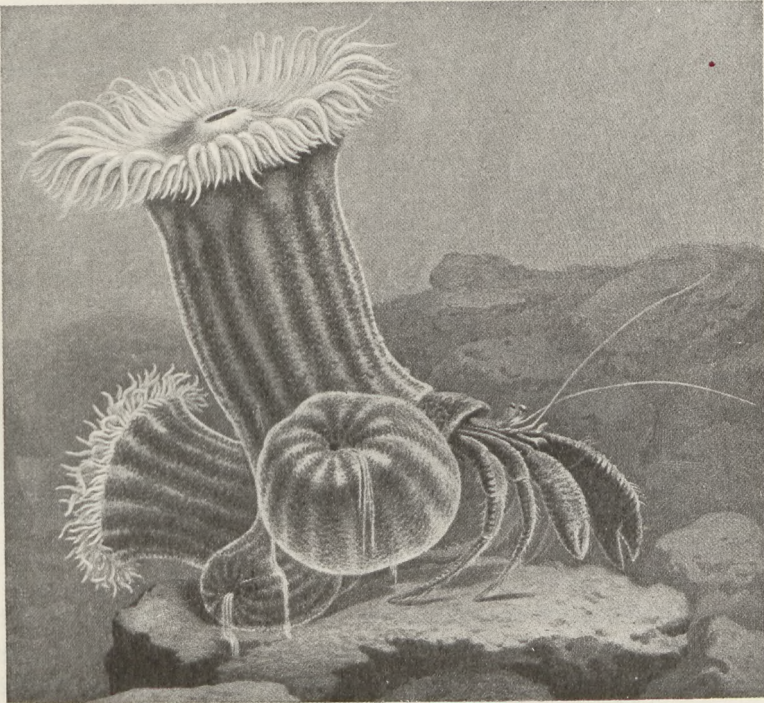


Fig. 103. Einsiedlerkrebs mit einer Seerose (*Sagartia parasitica*).

findung eines durch das Zusammenhalten erhöhten Lebensgenusses lebendig sein und durch mancherlei kleine Dienste und Gunstbezeugungen gesteigert werden.

Symbiose in Insektenstaaten. Die ausgeprägtesten Formen der Symbiose finden wir in den Staaten der Termiten und Ameisen, in denen ein ganzes Heer von sog. „Gästen“ lebt, die zum nicht geringen Teil als echte „Symphilen“ zu den Ameisen und Termiten in so engen Beziehungen stehen, daß sie vielfach gänzlich unfähig geworden sind, ein selbständiges Leben zu führen. Vorwiegend handelt es sich hierbei um zahlreiche kleinere Käfer-

arten (Keulenträger [Fig. 104], Raubkäfer, Stutzkäfer usw.), die aus gelb oder rotgefärbten kleinen Haarbüscheln ein ätherisches Öl ausscheiden, das von den Ameisen als besonderer Leckerbissen geschätzt und abgeleckt wird. Um sich diesen Genuß möglichst reichlich zu verschaffen, scheuen die Ameisen nicht die Mühe, diese kleinen Gäste und deren Larven zu füttern und zu warten wie ihre eigenen Kinder.

Etwas anders ist die Stellung der Blattläuse, Schildläuse usw. im Haushalte der Ameisen. Zweifellos werden auch diese Tiere von den Ameisen geschützt, an ihren Wohnplätzen auf den Blättern mit Regendächern versehen, mit Schutzmauer umgeben oder wohl gar (Wurzelläuse) im Innern des Nestes angesiedelt; aber von einer Fütterung, wie bei den echten „Myrmekophilen“, ist nicht die Rede, wie denn auch die Blattläuse keine besonderen Organe zur Anlockung der Ameisen entwickelt haben, sondern lediglich ihres süßen, flüssigen Kotes wegen von den Ameisen aufgesucht, geschützt und „ge-

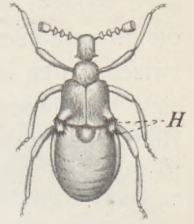


Fig. 104.  
Keulenträger (Claviger);  
bei H Haarbüschel.



Fig. 105. Ameise, eine Blattlaus melkend.

molken“ (gestreichelt) werden (Fig. 105). Bei der „Inferiorität“ der Blattläuse gegenüber den Ameisen und der rein passiven Rolle, die sie bei dem ganzen „Gegenseitigkeits“verhältnis spielen, hat man dieses Verhältnis wohl nicht unpassend mit der Viehzucht des Menschen verglichen.

In gewissem Sinne wird man auch die sog. Sklavenhalterei der Ameisen, bei der die Larven und Puppen anderer Arten geraubt und zur Vermehrung der Arbeitskräfte im eigenen Staate großgezogen werden, den symbiotischen Erscheinungen einordnen können.

## Zweiter Abschnitt:

## Bau und Lebenstätigkeit der organischen Wesen.

Nachdem im ersten Hauptabschnitt die äußeren Einwirkungen oder Lebensbedingungen erörtert worden, unter deren Einfluß die Geschöpfe der organischen Welt stehen, soll in den folgenden Kapiteln ein Überblick über die Mannigfaltigkeit des inneren Baues von Tier und Pflanze gegeben werden, um auf Grund der so erlangten Kenntnisse ein tieferes Verständnis für die Leistungen zu gewinnen, zu denen die lebenden Wesen befähigt sind.

Tier und Pflanze zeigen in ihren höheren Vertretern eine so ausgeprägte, auch dem Laien sich aufdrängende Verschiedenheit des inneren Baues wie der gesamten Lebensäußerungen, daß hieraus die seit alters her bestehende Ansicht erklärlich wird, beide Naturreiche seien durch eine scharfe, unüberbrückbare Grenze voneinander geschieden. Allein mit dem Fortschreiten unserer Kenntnis der niedersten Lebensformen im Tier- und Pflanzenreich, also vor allem der in beiden reich vertretenen einzelligen Organismen, hat sich die Unhaltbarkeit jener Grenze immer klarer herausgestellt. Der am meisten in die Augen springende Unterschied zwischen Tier und Pflanze, die verschiedene Bewegungsfähigkeit, ist bei den niederen Formen durchaus in Wegfall gekommen, da die einzelligen Pflanzen in dieser Hinsicht kaum weniger leisten als die einzelligen Tiere. Ähnlich steht es mit der Reizbarkeit durch äußere Kräfte, die ja selbst bei höheren Pflanzen (Schlingpflanzen, Mimosen, fleischfressende Pflanzen) schon lange bekannt ist. Durch neuere Untersuchungen sind sogar besondere „Sinnesorgane“ der Pflanze für Licht-, Berührungs- und Schwerkraftreize nachgewiesen, und bei den mikroskopischen Algen mit ihrer freien Beweglichkeit fehlt vollends jede Möglichkeit, zu unterscheiden, ob es sich dabei um eine einfache „Reaktion“ auf äußere Reize handelt oder um eine „willkürliche“ Bewegung, wie wir sie den Tieren zuschreiben. Nicht anders steht es mit den Ernährungsvorgängen. Gewiß ist es im allgemeinen richtig, daß nur die Pflanze aus unorganischen Stoffen, aus dem Kohlendioxyd der Luft, dem Wasser und den gelösten Salzen des Bodens ihren Körper aufzubauen vermag, während das Tier an die organischen Substanzen gebunden ist. Jedoch auch dieser tiefgreifende Unterschied verliert viel von seiner Bedeutung, wenn wir sehen, daß nicht nur sämtliche Pilze in bezug auf die Wahl der Nahrungsstoffe mit den Tieren übereinstimmen, sondern auch zahlreiche phanerogamische Schmarotzer-

pflanzen, wie die Seiden, der Fichtenspargel, die Schuppenwurz, die man doch unmöglich deshalb für Tiere erklären kann. Besonders interessant in dieser Hinsicht erscheint die Tatsache, daß es eine Gruppe von niederen Lebewesen gibt, nämlich diejenige der Geißelinfusorien (Flagellaten; Fig. 106), die bei ungemein weitgehender Gleichheit des Baues und der gesamten Lebensäußerungen dennoch Formen in sich vereinigt, die in bezug auf die Ernährung teils wie Tiere, teils wie Pflanzen sich verhalten. Berücksichtigen wir endlich, daß ja die eigentliche Lebenssubstanz, jenes wunderbare, aus einem Gemisch von Eiweißstoffen zusammengesetzte Protoplasma, augenscheinlich im Zellkörper von Tier und Pflanze gleichartig ist, so wird es verständlich, daß man die Hoffnung auf Gewinnung durchgreifender Unterschiede zwischen beiden Reichen aufgegeben hat, ja, daß es auch heute noch eine ganze Reihe von organischen Wesen gibt, welche von dem einen Forscher den Tieren, von einem anderen aber den Pflanzen zugerechnet werden.

Der Versuch, die Trennungsschwierigkeiten dadurch zu umgehen, daß man die gesamten einzelligen Lebewesen als Reich der „Protisten“

den vielzelligen Tieren und Pflanzen gegenüberstellt, ist kaum als glücklich zu bezeichnen, da einerseits namentlich im Pflanzenreiche die einzelligen und mehrzelligen Formen durch mancherlei Zwischenglieder verbunden sind, andererseits an Stelle der einen unsicheren Grenzbestimmung nunmehr deren zwei zu treffen wären.

Jedenfalls lehren die vorstehenden Darlegungen, daß wir in der Wissenschaft der „Biologie“ die Gesamtmasse der Lebewesen als Einheit aufzufassen haben, die sich eben durch ihre Lebenstätigkeit und ihre Lebenserscheinungen scharf gegen die Gebilde der unorganischen Natur, die leblosen Wesen, abgrenzen läßt. Mögen auch bei den höher organisierten Formen Bau und Leistungen des Tieres von denen der Pflanze sich immer verschiedener gestalten: Auf der niedersten Stufe fließen beide Reiche derart ineinander, daß es wohl gerechtfertigt erscheint, deren Formen in Organisation und Lebenstätigkeit zunächst gemeinsam zu betrachten, ehe wir zur Besprechung der mehrzelligen Pflanzen und Tiere übergehen.

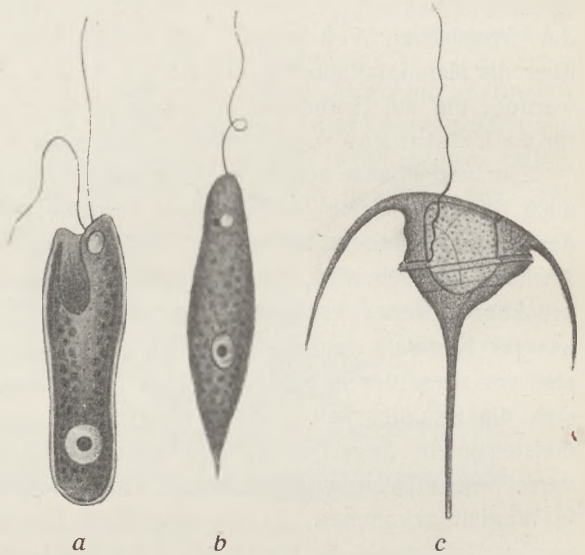


Fig. 106. Flagellaten. *a* Chilomonas, *b* Euglena, *c* Peridinee.

## A. Bau und Leben der einzelligen Wesen.

Die einfachste Form eines Lebewesens tritt uns, wie bekannt, in Gestalt eines mikroskopischen Protoplasmatröpfchens entgegen, in dessen Innern sich ein dichter Kern erkennen läßt (Amöben des süßen Wassers, Fig. 107).

Ob es eine noch niedrigere Organisationsstufe gibt, bei welcher auch der Kern noch nicht zur Ausbildung gelangte (sog. Moneren), ist zweifelhaft, da man wenigstens bei vielen der hierher gerechneten Geschöpfe schließlich doch noch einen Kern hat nachweisen können. Eine Ausnahme machen vornehmlich die Bakterien, doch ist deren Zellnatur überhaupt noch strittig.

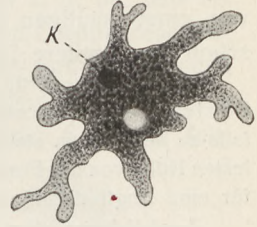


Fig. 107. Amöbe.

Die Bedeutung des Kernes ist noch nicht nach allen Richtungen hin klargestellt. So viel aber ist erwiesen, daß der Organismus alsbald zugrunde geht, wenn man den Kern entfernt hat, sowie daß letzterer für den Akt der Fortpflanzung und auch wohl für die Vererbung der elterlichen Eigenschaften von grundlegender Bedeutung ist (vgl. S. 138).

### Nackte einzellige Wesen.

Das nackte Protoplasmatröpfchen ist, wie wir wissen, durch „aktives Fließen“ unter Bildung von Fortsätzen zur Ortsbewegung befähigt, wobei eine gewisse Reizempfindlichkeit des protoplasmatischen Körpers unverkennbar ist. Die Aufnahme fester Nahrungsteilchen findet an jeder beliebigen Körperstelle statt, indem sie von dem weichen Protoplasma umflossen werden. Die Atmung, d. h.

die Aufnahme von Sauerstoff, geschieht an der gesamten Peripherie des Körpers. Für die Ausscheidung unbrauchbar gewordener flüssiger Körpersubstanz ist meist eine „kontraktile Vakuole“ vorhanden. Die Vermehrung erfolgt in der Regel durch Zweiteilung, doch hat man auch Einkapselung und darauf folgenden Zerfall des Inhalts in Hunderte von winzigen Tochterindividuen beobachtet.

Einen derartig primitiven Aufbau des Körpers bei denkbarster Einfachheit aller Lebensverrichtungen finden wir namentlich bei der Gruppe der Amöben

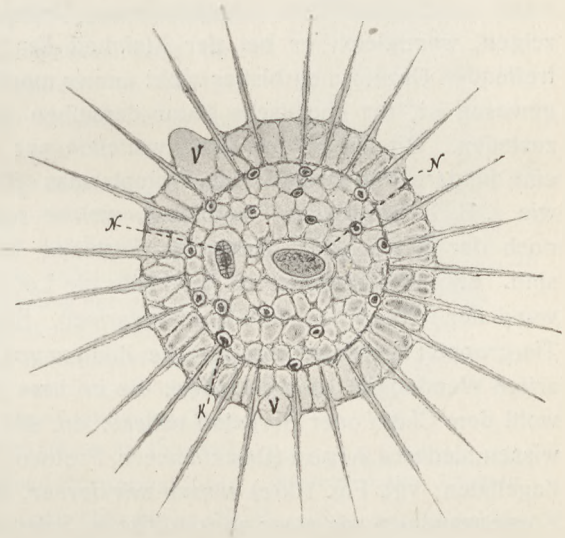


Fig. 108. Sonnen tierchen (*Actinosphaerium Eichhorni*) mit vielen Kernen (K) und Zentralkapsel. V Vakuolen. N Nahrungsballen.



des süßen Wassers, denen sich gewisse Flagellaten und die durch kalkige Gehäuse (aus deren Poren das Protoplasma in feinen Strängen herausstrahlt) ausgezeichneten Foraminiferen angliedern lassen. Die kieselchaligen Radiolarien und die Sonnentierchen (Fig. 108) lassen durch Gliederung des protoplasmatischen Leibes in eine periphere hyaline und eine zentrale, von einer häutigen Membran umschlossene, körnchenreiche Plasmaschicht schon eine weitere Differenzierung erkennen.

Völlig amöbenartig erscheinen dann wieder die Jugendzustände der seltsamen Schleimpilze (Mycetozoen oder Myxomyceten), die man dieserhalb vielfach ebenfalls zu den Tieren stellt, während ihre Dauerzustände, bei denen im Innern einer festen Hülle von der Form eines kleinen Pilzes Tausende von „Sporen“ gebildet werden, für eine Angliederung an die Pilze sprechen.

Ausbildung der Leibeswand. Ein weitgehender Wandel der gesamten Lebenserscheinungen muß sich vollziehen, sobald nun das wandungslose Protoplastmalklumpchen sich mit einer festeren Rindenschicht, mit einer äußeren Leibeswand umgibt, wie dies bei der Mehrzahl der einzelligen Wesen der Fall. Diese äußere Leibeswand kann einen sehr verschiedenen Charakter zeigen, wengleich es bei der Kleinheit der betreffenden Organismen bisher nicht immer möglich gewesen ist, die chemische Natur derselben festzustellen. Oft handelt es sich zweifellos nur um eine dichtere Rindenschicht des Protoplasmas selbst, wie z. B. bei gewissen Flagellaten, welche sogar noch der Ausstülpung amöboider Fortsätze fähig sind. Etwas konsistenter ist jedenfalls die Leibeswand der Infusorien und der Gregarinen. Beide Tiergruppen sind sogar imstande, bei Bildung von Dauerzuständen feste, kapselartige Wandungen auszuscheiden, die in ihrer chemischen Zusammensetzung wohl dem Chitin oder Hornstoff nahestehen, also stickstoffhaltig sind. Von gewissen niederen Algen (Desmidiaceen, Protococcaceen) und Flagellaten (Dinoflagellaten; vgl. Fig. 106c) wissen wir ferner, daß die meist ziemlich derbe Körperwandung aus einer stickstofffreien Substanz, der auch die Zellwandung der höheren Pflanzen bildenden Cellulose, besteht, während die ebenfalls zu den Algen gerechneten Diatomaceen (Fig. 109) sich sogar mit einem festen Kieselpanzer (durch Einlagerung von Kieselsäure in eine zarte Cellulosemembran entstanden) umgeben.

Welcher Art aber auch die Ausbildung der den Körper umschließenden Wandung sein mag, in jedem Falle wird durch sie die unbegrenzte Formveränderung, welche dem nackten Protoplastmalklumpchen zu eigen ist, unmöglich gemacht, damit zugleich aber auch die Ortsbewegung durch Hineinfließen in ausgestülpte Fortsätze. Des weiteren folgt, daß mit dem Auftreten

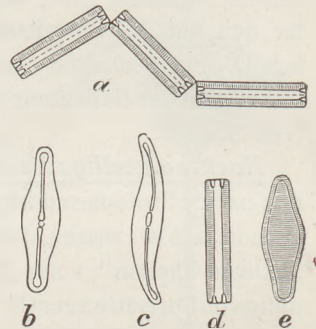


Fig. 109. Verschiedene Diatomeen.

der Wandung die Nahrungsaufnahme nicht mehr an jeder beliebigen Körperstelle erfolgen kann, wenigstens soweit es sich hierbei um die Aufnahme fester Nahrungsteilchen handelt.

Die Fähigkeit der Ortsbewegung kann in vielen Fällen durch Ausbildung der Körperwandung völlig verloren gehen. So z. B. bei den erwachsenen Zuständen vieler einzelliger Algen (Protococcaceen, Chroococcaceen), den Coccen unter den Bakterien, den Cysten der Infusorien, den festsitzenden Formen vieler Flagellaten, Infusorien usw. In anderen Fällen wird eine ruckweise kriechende Fortbewegung durch ein aus einem feinen Spalt der Zellwand hervortretendes strömendes Protoplasma-band (Diatomaceen) oder durch ausgestoßene Schleimfäden (Desmidiaceen, wohl auch Gregarinen) vermittelt, und noch ungleich häufiger ist die Ortsbewegung mittels feiner, dauernd vorhandener Protoplasmafäden, die entweder zu wenigen als lange, schwingende Geißeln an einem Körperpole auftreten (Flagellaten [vgl. Fig. 106], Jugendzustände vieler Algen, Stäbchen und Schraubenfäden der Bakterien), oder als kürzere Wimpern zu vielen durch flimmerndes Schlagen den Körper durch das Wasser treiben (Infusorien, Fig. 110).

Eine ausgiebigere Ortsbewegung kann endlich noch durch Ausbildung einer feinen Längs- und Querstreifung in der peripherischen Plasmaschicht des Körpers erzielt werden, die gewissermaßen die erste Andeutung der bei den höheren Tieren die Bewegungsleistung hervorrufenden Muskelfasern darstellt. Durch Kontraktion dieser Längs- und Querfasern wird beispielsweise der Körper mancher Gregarinen zu einer Ortsbewegung nach Art der Würmer befähigt, und ähnliche Ausbildung einer kontraktiven Oberflächenschicht finden wir bei gewissen Infusorien (Stentor).

Daß die Ausbildung einer festeren Körperwandung die Aufnahme gasförmiger und flüssiger Stoffe nicht beeinträchtigt, geht aus den Gesetzen über die Diffusion und Osmose durch organische Membranen hervor. Die Atmung kann sich daher in ähnlicher Weise an der gesamten Peripherie des Körpers vollziehen wie bei der nackten Protoplastzelle.

In bezug auf die Nahrung aber werden wir unterscheiden müssen, ob sie lediglich aus flüssigen Substanzen besteht, oder ob auch feste Stoffteilchen im Innern des Organismus verdaut werden sollen. Der erste Fall liegt zunächst vor bei allen denjenigen Einzelligen, die ihren Körper aus dem Kohlendioxyd der Luft und den Salzen des Wassers aufzubauen vermögen,

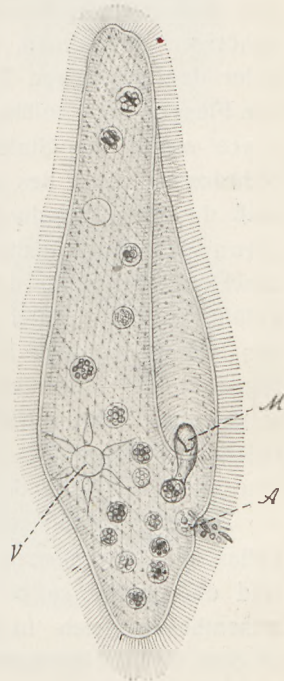


Fig. 110. Infusor (Paramecium).  
M Mund, A After, V Vakuole.

die wir also deshalb als echte Pflanzen anzusprechen geneigt sind. Es sind das die einzelligen Algen (Chroococcaceen, Desmidiaceen, Diatomaceen und Protococcaceen) sowie manche Flagellaten (Euglena). Sie alle besitzen diese Fähigkeit der Verarbeitung rein unorganischer Nahrungsstoffe infolge des grünen (oder braunen) Farbstoffes, der an besondere, im Plasma zerstreute Farbstoffkörperchen (Chromatophoren) gebunden ist. Aber auch die von organischen Stoffen sich nährenden Bakterien sind nur imstande, flüssige Substanzen mittels Osmose durch die Leibeswand aufzunehmen, ohne daß hieraus ein zwingender Schluß auf ihre pflanzliche Natur zu ziehen wäre, da eine ganz ähnliche Ernährungsweise auch bei den zweifellos den Tieren zugehörigen Gregarinen, ja selbst bei den hoch organisierten Bandwürmern unter den vielzelligen Tieren zu finden ist. Allen diesen, nur zur Aufnahme von Flüssigkeiten befähigten Organismen stehen nun jene gegenüber, welche feste organische Stoffteilchen in ihr Inneres aufnehmen und es in sog. Nahrungsvakuolen des protoplasmatischen Zelleibes verdauen. Zu dem Ende muß die Körperwandung natürlich an einer Stelle durchbrochen sein, eine „Mundöffnung“ besitzen, an die sich nicht selten noch ein kurzer Kanal anschließt, durch den die Speisebrocken in das Innere des Protoplasmaleibes geführt werden. Einen solchen Zellmund besitzen nicht nur einige Gruppen der Flagellaten (vgl. Fig. 106 a), sondern auch fast alle Infusorien (vgl. Fig. 110), bei denen der Mund dann in der Regel noch mit einer besonders stark entwickelten spiralförmigen Wimperzone zum Hineinstrudeln der Nahrungsteilchen umkränzt ist. Für das Ausstoßen der unverdauten Stoffe ist meist eine zweite Lücke in der Leibeswand, ein „Zellafter“ vorhanden.

Teilung. Alle einzelligen Organismen sind, wie die meisten lebensfähigen Zellen aller Organismen, der Vermehrung durch Teilung fähig, und zwar sind die hierbei zu beobachtenden Vorgänge bei Tieren und Pflanzen im wesentlichen gleich. In der Regel ist es der Kern der Zelle (Fig. 111 a bei K), an dem sich die Vorbereitungen zur Teilung zuerst bemerkbar machen. Zunächst bildet sich das feine Gerüstwerk von sich stark färbender Protoplasmasubstanz (Chromatin), das man in der ruhenden Zelle beobachtet, meist zu einem einzigen verschlungenen Kernfaden aus (Fig. 111 b). Dieser Kernfaden zerfällt in eine Anzahl gebogener Teilstücke (Kernsegmente, Fig. 111 c, d), die sich in bestimmter Weise in der Äquatorialebene des Zelleibes anordnen (Fig. 111 e). Nunmehr zerteilt sich jedes Kernsegment der Länge nach, und seine beiden Teilhälften rücken in entgegengesetzter Richtung auseinander, sich hierbei von der Äquatorialebene entfernend (Fig. 111 f, g). Nach genügendem Auseinanderrücken in die zwei entgegengesetzten Pole der Zelle vereinigen sich die halbierten Kernsegmentstücke jedes Pols wieder zu einem einzigen Kernfaden, während gleichzeitig in der Äquatorialebene auch im Plasmaleibe selbst eine Scheidewand entsteht, die

schließlich zu völliger Trennung der beiden entstandenen Tochterzellen führt (Fig. 111 *h, i*).

Im einzelnen erleidet dieser Vorgang, der sich namentlich schön bei der Zellteilung der vielzelligen Organismen beobachten läßt, mancherlei Abänderungen. So tritt z. B. bei den letzteren (und auch sonst wohl) neben dem Hauptkern noch ein kleines Körperchen (Centrosoma, Fig. 111 *a* bei *C*) auf, das sich zu allererst teilt und seine beiden Teilstücke nun in die zwei entgegengesetzten Polenden der Zelle rücken läßt, von wo aus diese, wie strahlig von ihnen zur Äquatorialplatte hinziehende Proto-

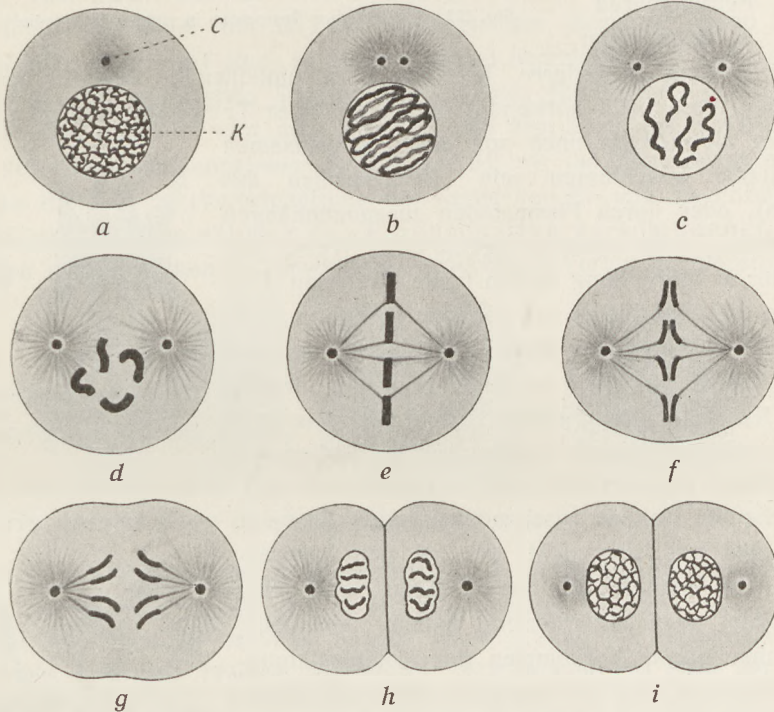


Fig. 111. Teilung des Zellkernes. *K* Kern, *C* Centrosoma.

plasmaspindeln beweisen, als die eigentlichen Lenker der sich nun abspielenden Kernteilungsvorgänge erscheinen (Fig. 111 *b-g*). — In anderen Fällen verläuft die Kernteilung ohne Bildung eines Kernfadens und Zerlegung desselben in Teilstücke.

Handelt es sich in dem betrachteten Falle um eine einfache Zweiteilung, so ist daneben auch die Zerlegung des Kerns und somit auch des Zellleibes in viele Teile nicht selten. Besonders nach vorausgegangener Einkapselung (Encystierung), bei ungünstigen Lebensbedingungen, pflegt diese Erscheinung z. B. bei den Infusorien einzutreten; ebenso aber auch bei vielen parasitischen Formen (Gregarinen und andere „Sporozoen“; Fig. 112), bei denen, ähnlich wie bei den Eingeweidewürmern, die Zahl der Nachkommen behufs Sicherung der Arterhaltung besonders groß sein muß. Hervorzuheben ist dabei noch, daß auf eine solche Ausbildung zahlreicher Kerne nun durchaus nicht immer

eine Zerlegung des Protoplasmaleibes in die gleiche Zahl selbständiger Individuen folgen muß. Wir kennen vielmehr eine ganze Reihe von Formen, deren protoplasmatischer Leib dauernd vielkernig bleibt (z. B. Actinosphaerium Eichhorni [vgl. Fig. 108],

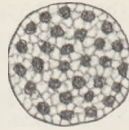
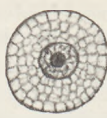


Fig. 112. Teilung eines Sporozoons in viele Tochter-Individuen.

viele Foraminiferen usw.). Ja, selbst wenn

es zur Bildung besonderer, je einen Kern umhüllender Zelleiber kommt, brauchen diese nicht notwendig bis zu völliger Trennung selbständig zu werden; sie können noch von einer gemeinsamen Gallerthülle umschlossen sein (Thalassicollen des Meeres), oder durch Plasmafäden zusammenhängen (Pandorina), oder sonst in irgend einer Weise miteinander in Verbindung stehen (viele Bakterien, Diatomeen [vgl. Fig. 109 a] und sonstige einzellige Algen [Fig. 113 a], Sproßpilze [Fig. 113 b] usw.). In allen diesen Fällen gelangen wir zu Organismen, welche durch Koloniebildung strenge genommen die Stufe des einzelligen Wesens überschritten haben und

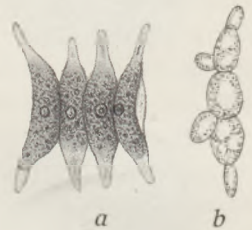


Fig. 113. Aneinanderhängende einzellige Pflanzen. a Alge (Scenedesmus), b Hefepilz.

nur dadurch von den mehrzelligen Organismen sich unterscheiden, daß eben, sämtliche die Kolonie zusammensetzenden Elemente vollkommen gleichartig sind und sich nicht, wie bei den höheren Tieren und Pflanzen, für verschiedene Funktionen ausgebildet oder „differenziert“ haben. Jedenfalls lehrt aber dieses Vorkommen der Koloniebildung der Einzelligen, die ja in anderen Fällen (gewisse Flagellaten und festsitzende Infusorien [Fig. 114]) auch zur Stockbildung führen kann, daß die Grenze zwischen einzelligen und mehrzelligen Organismen keineswegs so scharf ist, wie es bei oberflächlicher Betrachtung den Anschein hat.

**Geschlechtliche Fortpflanzung.** Daß die durch Teilung (bzw. Sprossung) entstandenen Tochterindividuen im wesentlichen dieselben Eigenschaften besitzen werden wie der mütterliche Organismus, aus dessen Substanz sie ja durch einfache Zerlegung des Kerns und des Plasmas in zwei oder mehr gleichwertige Teile hervorgegangen sind, liegt auf der Hand. Anders bei einer zweiten Art der Hervorbringung neuer Lebewesen, bei der es sich zu-

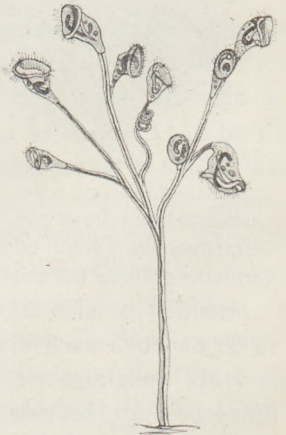


Fig. 114. Stock eines Glocken-Infusors.

nächst nicht um eine Teilung, sondern gerade im Gegenteil um die mehr oder weniger vollständige Verschmelzung zweier Individuen handelt. Das Wesentliche dieses als „Konjugation“ bezeichneten Vorganges scheint in einer Verschmelzung oder einem Austausch von Kernsubstanz zu liegen, wie ähnliches auch bei der sog. geschlechtlichen Fortpflanzung der vielzelligen Organismen beobachtet wird. Da es bei der letzteren so gut wie erwiesen ist, daß nach einer solchen Verschmelzung der Kerne zweier „Keimzellen“ (der Eizelle und der Samenzelle; vgl. S. 181) in dem daraus hervorgehenden Individuum die Eigenschaften der Erzeuger jener Zellen miteinander gemischt sind, so ist der Schluß berechtigt, daß wir die Zellkerne als die wichtigsten Träger der ererbten Eigenschaften anzusehen haben. Das nämliche wird man also auch bei dem Vorgange der Konjugation der Einzelligen annehmen dürfen, so daß wir die Konjugation ebenso wie die Befruchtung (Verschmelzung der Kerne von Ei- und Samenzelle) als ein Mittel zur Vermischung der Eigenschaften verschiedener Individuen betrachten können. Inwiefern hierdurch ein Vorteil für die Erhaltung

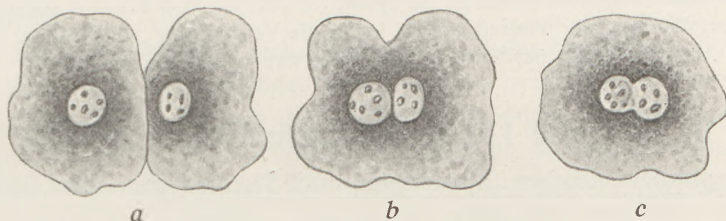


Fig. 115. Konjugation zweier Amöben.

der Art, zur Verhütung der „Degeneration“ und zur Gewinnung neuer Spannkraft gegeben ist, entzieht sich zurzeit noch unserer Einsicht.

Bei den Einzelligen ist dieser Vorgang der Mischung der Eigenschaften verschiedener Individuen von der eigentlichen Vermehrung und somit der Fortpflanzung unabhängig. Bei den Vielzelligen hingegen, wo die einfache Teilung in Tochterindividuen oft zur Unmöglichkeit wird, erscheint die Fortpflanzung mit der Verschmelzung der Keimzellen (Befruchtung) meist so innig verbunden, daß sie bei den höchsten Lebewesen überhaupt nicht mehr ohne letztere zustande kommt.

Die Art, wie die Kernsubstanz bei den Einzelligen von einem Individuum in das andere überwandert, ist sehr verschieden. Im einfachsten Falle fließen die beiden Protoplasmakörper zusammen, worauf auch die Kerne zu einer Einheit verschmelzen (Wurzeltüßer [Fig. 115 a, b, c], Desmidiaceen, manche Diatomeen und Flagellaten). Auf diesen als „Kopulation“ bezeichneten Vorgang folgt in der Regel eine Einkapselung (Encystierung), wonach der eingekapselte Plasmakörper in eine größere Zahl von Tochterindividuen zu zerfallen pflegt. Bei den Infusorien (und vielen Diatomeen) kommt es nicht zu einer vollständigen Verschmelzung der Plasmaleiber, sondern nur zu einer zeitweiligen Aneinanderlagerung (Konjugation), während welcher

dann unter Zugrundegehen des Hauptkerns je ein Teilstück des kleinen Kerns in den anderen Organismus überwandert, hier mit dem Teilstück des dort gebliebenen kleinen Kerns verschmilzt und schließlich aus sich auch wieder einen neuen Hauptkern hervorgehen läßt.

In dem besprochenen Falle sind die beiden miteinander in Beziehung tretenden Zellindividuen einander völlig gleichartig und tauschen wechselseitig Teile ihrer Kernsubstanz aus. Es gibt aber auch Einzellige (gestielte Infusorien, Sporozoen, Flagellaten usw.), bei denen die sich vereinigenden Individuen durchaus verschieden sind. Die einen, verhältnismäßig großen (die Makrogameten; Fig. 116 *Ma*) verhalten sich ruhend und passiv, wohingegen die andern, meist durch Vielteilung eines Muttertiers entstandenen, kleineren (Mikrogameten; Fig. 116 *Mi*) mit Eigenbewegung (Geißeln) die ersteren aufsuchen, in sie eindringen und so eine Verschmelzung der beiderseitigen Kernsubstanzen herbeiführen. Derartige Vorgänge erinnern schon in hohem Grade an die später (S. 181) zu besprechende geschlechtliche Fortpflanzung der Vielzelligen, d. h. an die Vereinigung von Ei- und Samenzelle als Ausgangspunkt der Entwicklung eines neuen Individuums.

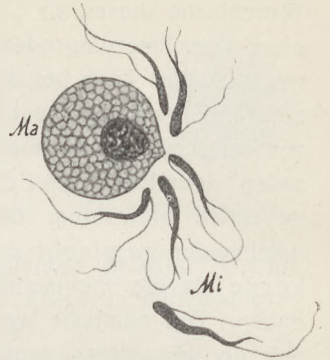


Fig. 116. Makrogamet (*Ma*) eines Sporozoon, von Mikrogameten (*Mi*) umgeben.

## B. Bau und Leben der mehrzelligen Wesen.

### Übergänge zwischen Einzelligen und Vielzelligen. Die Übergänge

zwischen einzelligen und mehrzelligen Wesen sind mannigfacher Art. In erster Linie ist hier nochmals hervorzuheben, daß es bei den einzelligen nicht nur zur Stockbildung (sitzende Flagellaten und Infusorien), sondern auch zur Koloniebildung kommt (Flagellaten), wobei dann nicht selten die einzelnen Zellindividuen eine ganz bestimmte Anordnung zueinander erkennen lassen (Pandorina). Bei den kugelförmigen Kolonien der Volvocineen (Fig. 117) ist sogar eine Art Differenzierung dieser Zellen eingetreten, insofern nur einige von ihnen zum Zerfall in neue Kolonien (Fig. 117 *K*), wie zur Bildung von Makro- und Mikrogameten (Fig. 117 *Ma* und *Mi*) befähigt sind, während die Mehr-

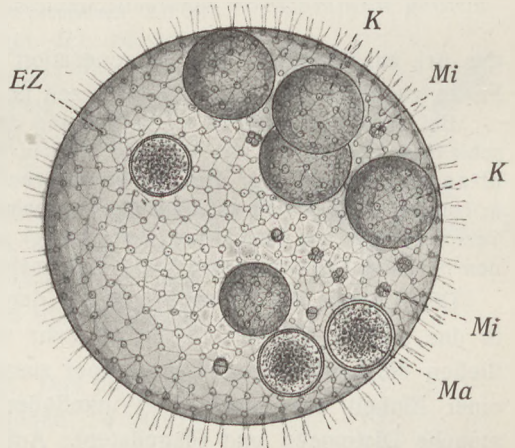


Fig. 117. Kolonie von *Volvox globator*. *K* Koloniebildende Zellen, *Ma* Makrogameten, *Mi* Mikrogameten, *EZ* Ernährungszellen.

zahl lediglich im Dienste der Nahrungsaufnahme und Ortsbewegung steht (Fig. 117 EZ).

Des ferneren verdient es Beachtung, daß namentlich die niederen mehrzelligen Pflanzen, die sich als einfache Reihen von Zellen (Zellfäden vieler Algen und Pilze) darstellen, von einer Verschiedenartigkeit der einzelnen, den Körper aufbauenden Zellen nur wenig erkennen lassen und daher kaum grundsätzlich von den Kolonien der Einzelligen zu scheiden sind. Auch solche Formen (z. B. Schlauchalgen) sind bekannt, bei denen zwar viele Zellkerne vorhanden sind, eine scharfe Gliederung in Zellen aber nicht eingetreten ist.

Endlich ist darauf hinzuweisen, daß auch die höchstentwickelten Lebewesen im frühesten Jugendzustande, nämlich als Eizelle, lediglich auf der Organisationsstufe einer Einzelzelle stehen und erst ganz allmählich im Verlauf der sog. „Entwicklung“ (Ontogenie) durch fortgesetzte Teilung dieser Eizelle und Ausgestaltung der so entstandenen Tochterzellen zu den komplizierten Organismen werden, als die sie uns im erwachsenen Zustande entgegentreten.

Aus allem diesem ergibt sich, daß es sich bei der Abgrenzung der mehrzelligen Wesen von den einzelligen keineswegs um prinzipielle Unterschiede handelt, sondern nur um eine graduelle Verschiedenheit, die, anfangs nur wenig hervortretend, durch allmähliche Steigerung alsbald eine solche Bedeutung gewinnt, daß Bau und Leistungen der Vielzelligen schließlich kaum mehr mit denen der Einzelligen vergleichbar erscheinen.

Arbeitsteilung, Differenzierung. Die unvergleichlich höheren Leistungen, deren der vielzellige Organismus gegenüber dem einzelligen fähig ist, beruhen im Grunde genommen auf demselben Prinzip, dem auch der Mensch sein Emporsteigen zu immer höherer Kulturstufe verdankt, auf dem Prinzip der Arbeitsteilung. Die Eizelle der vielzelligen Lebewesen teilt sich in ganz ähnlicher Weise, wie die Amöbe oder das Infusor. Von größter Tragweite aber ist es, daß diese Teilprodukte sich nicht, wie bei jenen, alsbald voneinander lösen, um selbständig weiter zu leben, sondern daß sie im festen organischen Verbands miteinander verbleiben. Indem hierbei schon die Verschiedenheit der Lagerung der Einzelzellen in einem solchen Verbands — ob mehr an der Oberfläche, ob mehr im Innern — eine Verschiedenheit der Funktion anbahnt, kommt es im weiteren Verlauf der Entwicklung zu immer mehr sich ausprägender Arbeitsteilung der einzelnen Zellgruppen. Sie findet vor allem darin ihren Ausdruck, daß die verschiedenen, dem Zelleib des einzelligen Wesens innewohnenden Fähigkeiten auf bestimmte Zellgruppen des vielzelligen Organismus verteilt werden. Während die einen Zellen ausschließlich der Fortpflanzung dienen, bilden sich andere hauptsächlich für die Verarbeitung der Nahrung oder für innere und



äußere Bewegungsleistungen des Körpers aus, und noch wieder andere haben die nötigen Schutzhüllen und Stützorgane zu liefern oder werden befähigt, die allgemeinen Reizempfindungen der Einzelligen als verschiedenen geartete Sinneseindrücke aufzunehmen.

Selbstverständlich muß nun jede Zellgruppe ihrer besonderen Tätigkeit auch durch besondere Ausbildung nach Form und chemischer Zusammensetzung besonders angepaßt werden: Eine Zelle oder Zellgruppe, welche im Dienste der Nahrungsaufnahme oder der Flüssigkeitsausscheidung steht, muß anders gebaut sein als eine solche, die durch ihre Starrheit dem Körper Schutz oder Stütze bieten soll usw. („Differenzierung“ der Zellen). Die den höheren Organismus zusammensetzenden Zellen entfernen sich also hierdurch mehr und mehr von dem Zustande der „Urzelle“, und je Vollkommeneres sie auf dem ihnen übertragenen Sondergebiet leisten, desto weniger

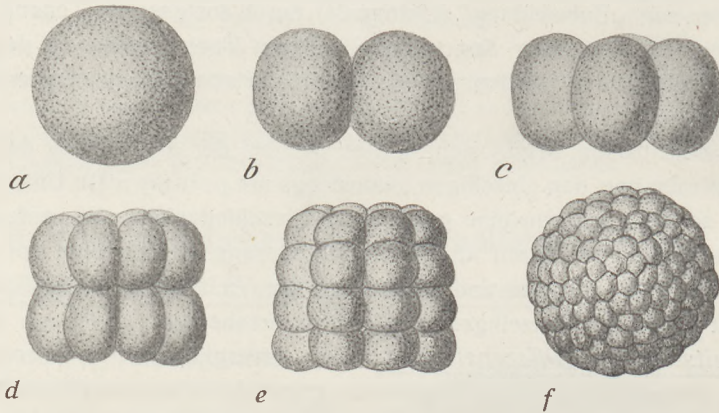


Fig. 118. Teilung der Eizelle in einen Zellhauf.

erscheinen sie befähigt, auch noch all den übrigen Eigenschaften und Fähigkeiten der „Urzelle“ gerecht zu werden. Wie man von einem Geschichtsforscher nicht erwarten darf, daß er daneben noch ein geschickter Baumeister oder Kochkünstler sei, so auch kann man von einer Zelle, die ausschließlich im Dienste der Lieferung von Verdauungssaft steht, nicht wohl verlangen, daß sie gleichzeitig noch die Funktion des Schutzes, der Ortsbewegung oder der Reizempfindung mit übernehme.

Gewebe, Organe. Als Hauptmoment bei der Umwandlung der Eizelle in den vollendeten Organismus haben wir die Teilungsfähigkeit der Zellen anzusehen, die sich, wie schon hervorgehoben, in wesentlich derselben Weise äußert wie bei den Einzelligen. Aus der Eizelle (Fig. 118 a) entstehen so nach voraufgegangener Zerlegung des Kerns zunächst zwei Tochterzellen (Fig. 118 b), aus diesen vier, acht usw. (Fig. 118 c–f), wobei dann mehr und mehr eine Verschiedenheit der einzelnen Zellgruppen zum Ausdruck kommt.

Zeigt nach vollendeter Entwicklung eine Gruppe von Zellen im wesentlichen das gleiche Gepräge, so bezeichnet man sie als Gewebe. Gewebe verschiedenen Baues und verschiedener Funktion pflegen wieder zu Einheiten höherer Ordnung sich zu verbinden, die wir Organe nennen. So besteht beispielsweise unser Organ des Sehens aus einer ganzen Reihe von Geweben, die in ihrer Gesamtheit nicht nur die Aufnahme der Lichtreize, sondern auch die Strahlenbrechung und -leitung, den Schutz, die Zufuhr des ernährenden Blutes usw. übernommen haben. In ähnlicher Weise dürfen wir das Blatt als das Organ der Aufnahme gasförmiger Stoffe ansehen, das wieder aus einer Summe verschiedener Gewebe (Schutz, Stütze, Nahrungszufuhr, eigentliche Aufnahmeapparate) zusammengesetzt ist.

**Individuen, Stockbildung.** Aus einer Summe von Organen setzt sich schließlich das Individuum oder die Person zusammen. Der Begriff des Individuums erscheint uns durchaus bestimmt, wenn wir etwa an uns selbst, an ein Pferd, einen Schmetterling oder ähnliche ausgeprägte Individualitätsstufen denken. Bei näherer Betrachtung aber ergibt sich, daß auch er nur eine der verschiedenen Staffeln darstellt, bei denen die Vereinigung der „Zellindividuen“ zu einem „Zellstaate“ haltmachen kann, ohne daß dies immer der Fall zu sein brauchte. Wie wir bei den niederen Mehrzelligen, z. B. bei den Algen, vielfach Formen kennen, deren Zelldifferenzierung nicht über die Stufe eines gleichartig gebauten Gewebes oder eines Organs hinausgeht, so sehen wir andererseits die Stufe des Individuums überschritten in den Tierstöcken der Korallen, Moostiere, Manteltiere usw. Die in diesen Tierstöcken vereinigten Einzelpersonen können, je nachdem, bald ein fast selbständiges Dasein führen (Korallen), bald mehr und mehr auf die Stufe bloßer Organe herabsinken (polymorphe Tierstöcke der Hydroiden und Röhrenquallen [Fig. 119]). Noch schwieriger festzustellen ist der Begriff des Individuums bei vielen Pflanzen: Ein Baum erscheint uns zweifellos als ein solches Einzelwesen. Nichtsdestoweniger sind wir berechtigt, auch so ziemlich jedes Zweigstück desselben in gleicher Weise zu bewerten, da es, vom Stamme getrennt und als „Steckling“ in die Erde gepflanzt, alsbald zu einem selbständigen Organismus sich zu entwickeln vermag.

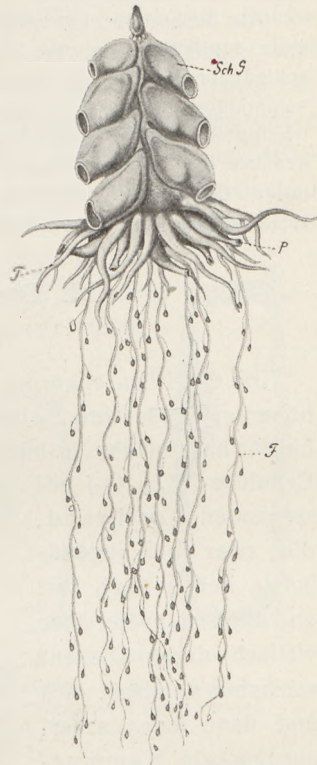


Fig. 119. Polymorpher Tierstock (Röhrenqualle).

Der Stockbildung der vielzelligen Tiere ist in gewisser Hinsicht die Staatenbildung an die Seite zu stellen, wie wir sie namentlich bei vielen Insekten (Bienen, Ameisen, Termiten) beobachten. Auch hierbei handelt es sich um eine Vielheit von Individuen, die, oft sogar „polymorph“ entwickelt, zu gemeinsamer Lebenstätigkeit verbunden sind. Zwar fehlt diesen den Tierstaat zusammensetzenden Individuen die rein körperliche Aneinanderschließung der Glieder des Tierstockes; die materielle Abhängigkeit des einzelnen aber von der Gesamtheit – man denke etwa an die Bienenkönigin oder an die Aufzucht der Brut – dürfte trotzdem bei ihnen kaum geringer sein als bei jenem.

Als besonders eigenartig erscheint der Aufstieg zu einer höheren Individualitätsstufe schließlich bei der Symbiose, bei welcher zwei Individuen durchaus verschiedener Art sich zu einem Doppelwesen, zu einer Einheit höherer Ordnung zusammennetzen und dadurch günstigere Daseinsbedingungen zu erringen vermögen. Die wichtigsten hierher gehörigen Erscheinungen, wie der aus Pilz und Alge zusammengesetzte Doppelorganismus der Flechte, die Eigenzellen in den Körpern der Radiolarien, Schwämme, Süßwasserpolypen usw., sind ja bereits im Kapitel über die Beziehungen der Organismen zueinander in kurzem geschildert worden.

## I. Die mehrzelligen Pflanzen.

### a. Zellen und Gewebe.

Die den Pflanzenkörper zusammensetzenden Zellen bewahren meist in weit höherem Grade ihre Selbständigkeit als diejenigen der Tiere. Der Grund hierfür liegt in der Ausbildung einer aus stickstoffreicher

Cellulose ( $C_6H_{10}O_5$ ) bestehenden Zellwand, die zwar bei jugendlichen Zellen noch zart und dünn ist, später aber vielfach durch Dickenwachstum verstärkt wird und dann jenes scharf ausgeprägte Kammer-system (Fig. 120) dem Auge darbietet, das die ersten Beobachter dazu

führte, den Namen „Zelle“ für diese untersten Individualitätsstufen der Lebewelt in Anwendung zu bringen.

Gefäße. Verschmelzungen von Zellen treten nur verhältnismäßig selten auf; man nennt sie „Gefäße“, wobei hauptsächlich zwei Fälle zu unterscheiden sind: Entweder handelt es sich um die Auflösung der Querwände einer hintereinander liegenden Zellreihe, so daß hierdurch langgestreckte zylindrische Röhren entstehen (eigentliche Gefäße; vgl. Fig. 128), oder aber um Ausbildung eines netzartig verzweigten Röhrensystems in

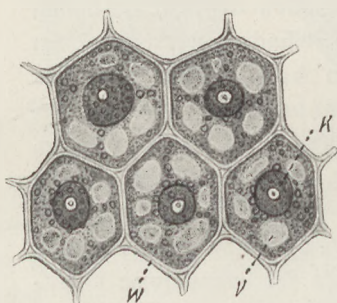


Fig. 120. Schnitt durch das Zellgewebe einer Pflanze. *K* Kern, *W* Zellwand, *V* Vakuolen.

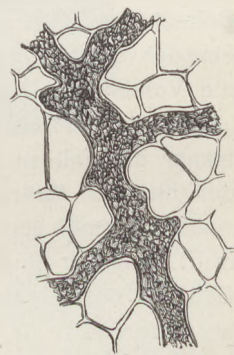


Fig. 121. Milchsaftgefäß.

der Grundmasse eines zartwandigen Gewebes (Milchsaftgefäße; Fig. 121). Als Abart der eigentlichen Gefäße können endlich noch die sog. Siebröhren gelten, bei denen statt der vollständigen Auflösung (Resorption) der Querscheidewände einer Zellreihe nur eine siebartige Durchlöcherung (Fig. 122 *a, b*) derselben eingetreten ist.

Zellinhalt. Bei jeder jugendlichen Zelle besteht der Inhalt ausschließlich aus Protoplasma, in dessen feinkörniger Grundmasse der Zellkern mehr oder weniger deutlich hervortritt. Solche protoplasmagefüllten, stets auch zartwandigen Zellen sind vor allem zu schnellem Wachstum und zur Teilung befähigt; man bezeichnet eine Vereinigung derselben daher als Teilgewebe (Meristem). Zu unterscheiden ist dabei wieder zwischen dem noch ganz jugendlichen (embryonalen) Gewebe, dem Urmeristem, und dem auch im späteren Leben in diesem Zustande verharrenden, namentlich das Dickenwachstum mehrjähriger Pflanzenteile vermittelnden Folgermeristem.

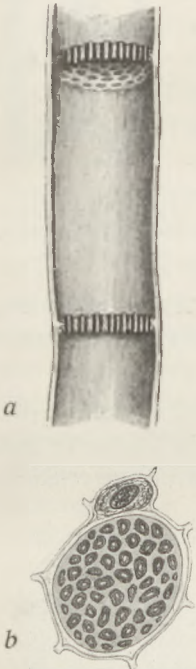


Fig. 122 *a*. Siebröhre im Längsschnitt, *b* Siebplatte von der Fläche.

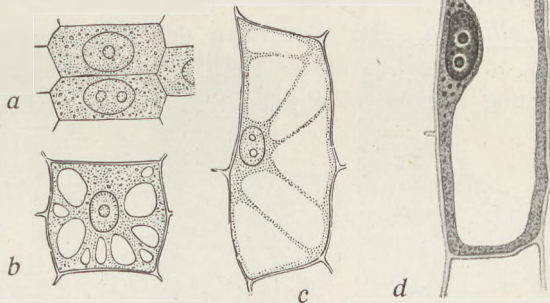


Fig. 123. Lebende Pflanzenzellen. *a* ganz mit Protoplasma gefüllt, *b* und *c* mit Vakuolen, *d* nur mit protoplasmatischem Wandbelag.

Bei mehr „differenzierten“ Zellen pflegen sich im Innern des Plasmas kleinere und größere Lückenräume (Vakuolen) auszubilden, die dann mit wässriger, viele gelöste Stoffe enthaltender Flüssigkeit, dem Zellsaft, gefüllt sind (Fig. 123 *b, c*). Gewinnen diese Vakuolen an Ausdehnung, und fließen sie ineinander, so tritt das Protoplasma mehr und mehr zurück, bis es häufig nur noch als äußerst dünner Wandbelag der Zelle nachzuweisen ist, der nur da, wo der Kern liegt, eine etwas beträchtlichere Dicke besitzt (Fig. 123 *d*).

In außerordentlich zahlreichen Fällen, wie z. B. beim Holz, Kork usw., schwindet schließlich das Protoplasma ganz aus der Zelle, um durch Zellsaft oder, falls auch dieser nicht beständig, durch Luft ersetzt zu werden. Bei der grundlegenden Bedeutung des Protoplasmas für alle Lebenstätig-

keiten versteht es sich von selbst, daß derartige Zellen weder wachstums- noch teilungsfähig mehr sein können, sondern dem Gesamtorganismus im wesentlichen nur noch rein mechanische Dienste (Festigkeit, Leitung von Flüssigkeiten usw.) leisten können. Alle bis zu einem gewissen Grade in bezug auf den protoplasmatischen Jugendzustand veränderten Zellgruppen, die der Teilung nicht mehr fähig sind, bezeichnet man – im Gegensatz zum undifferenzierten Teilgewebe – als Dauerewebe.

Im Innern der protoplasmatischen Zellen treten mancherlei geformte Gebilde auf, deren Entstehung und Bedeutung erst bei der Besprechung der Lebensvorgänge in der Pflanze näher zu erörtern sein wird. Es sind dies die Chlorophyllkörper (oder Chromatophoren; Fig. 124), die Stärke- und Proteinkörner (Fig. 125 *a, b*) sowie Kristalle (*c*) und kristallartige Körper (Kristalloide). Auch flüssige Fette (Öle) finden sich vielfach in Form kleiner Tröpfchen, während andere Substanzen, wie namentlich Zucker, Fruchtsäuren, Farbstoffe (der Blütenblätter) usw., meist im Zellsafte gelöst sind.

**Zellwand.** Die Wandung der Pflanzenzelle, die, mit Ausnahme der Pilze, ursprünglich immer aus Cellulose besteht, kann im Laufe der Entwicklung mancherlei physikalische und chemische Veränderungen erfahren,

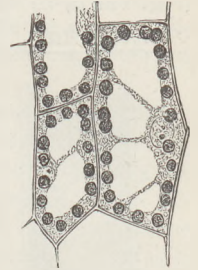


Fig. 124. Protoplasmatische Zellen mit Chlorophyllkörpern.

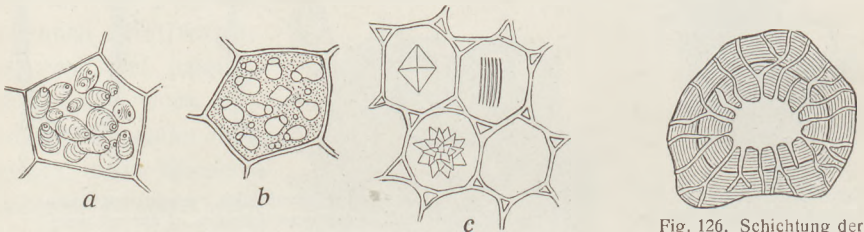


Fig. 125. Zelle *a* mit Stärkekörnern, *b* mit Proteinkörnern, *c* mit Kristallen.

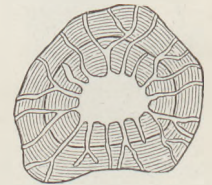


Fig. 126. Schichtung der Zellwand beim Dickenwachstum.

Solange die Zelle noch im Wachstum begriffen ist, bleiben ihre Wände dünn; hat sie aber ihre endgültige Größe erreicht, so stellt sich gewöhnlich ein Dickenwachstum der Zellwand ein, wodurch sie größere Festigkeit und Starrheit gewinnt. In der Regel erfolgt dieses Dickenwachstum durch Anlagerung neuer Membranlamellen, was sich in einer Schichtung der Wandung zu erkennen gibt (Fig. 126). Selbstverständlich darf durch eine solche Verdickung der Wandungen der Austausch von Flüssigkeiten mit den Nachbarzellen nicht beeinträchtigt werden. Zu dem Ende pflegt die Verdickung nicht gleichmäßig im ganzen Umfange der Zelle einzutreten, sondern es bleiben zum mindesten einzelne punktförmige Stellen der Wandung unverdickt, so daß hier dann feine Kanäle entstehen, welche die Verdickungsschichten

durchsetzen (vgl. Fig. 126). Man bezeichnet sie als Tüpfelkanäle. Eine besondere Abart derselben sind die gehöften Tüpfel, bei denen die anfangs verhältnismäßig große unverdickte Wandstelle im Laufe der Dickenzunahme mehr und mehr bis auf eine feine Pore von den sich anlagernden Schichten überwölbt wird (Fig. 127 *a*), so daß sich in der Ober-

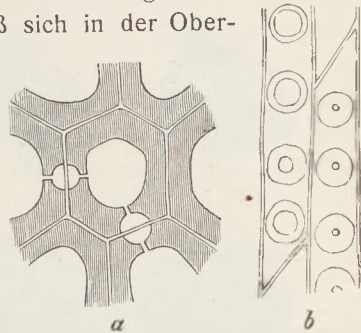


Fig. 127. Gehöfte Tüpfel, *a* im Querschnitt, *b* von der Fläche.

aufsicht das Bild zweier konzentrischer Kreise ergibt (Fig. 127 *b*). Die unverdickt bleibenden Tüpfelstellen brauchen übrigens keineswegs immer rund zu sein; sie können auch eine spaltförmige Form haben. Liegen diese spaltförmigen Tüpfel dicht gereiht parallel übereinander, so entsteht das Bild einer leiterartigen Wandverdickung (Leitergefäße, Fig. 128 *a*); sind sie mehr unregelmäßig gestellt, so erscheint die Wandverdickung als ein netzförmiges Leistenwerk (Netzgefäße, Fig. 128 *b*), und in noch wieder anderen Fällen kann die Wandverdickung sich auf ein mehr oder weniger steil gewundenes Spiralband (Spiralgefäße, Fig. 128 *c*) oder gar auf

einzelne, in gewissen Abständen auftretende Verdickungsringe (Ringgefäße, Fig. 128 *d*) beschränken. Bei Zellen der Körperoberfläche, welche im Dienste des Schutzes stehen, ist meist nur die nach außen gerichtete Wandung verdickt (Cuticularschicht; vgl. Fig. 130 bei *c*). Ähnliches zeigt sich, oft unter Ausbildung von mancherlei Höckern und

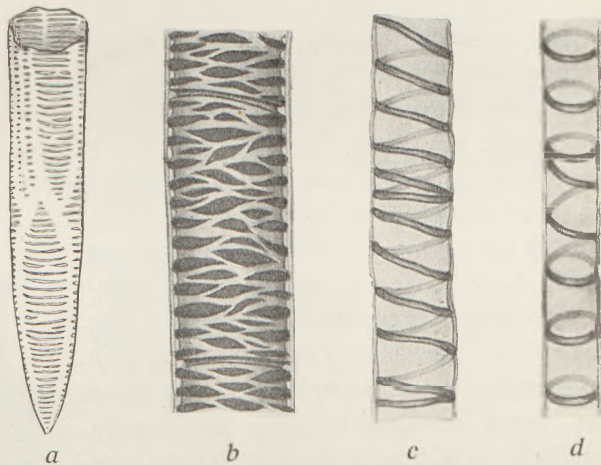


Fig. 128. Verschiedene Verdickungen der Gefäße. *a* Leitergefäß, *b* Netzgefäß, *c* Spiralgefäß, *d* Ringgefäß.

Vorsprüngen, besonders auch an freiwertenden Zellgebilden, wie Sporen und Pollenkörnern (Fig. 129).

Ein Gewebe aus noch lebensfähigen Zellen, das auch jüngeren Pflanzenteilen schon einen gewissen Grad von Festigkeit verleihen soll, ohne dabei starr zu sein, ist durch starke Verdickung der Kanten ausgezeichnet, in denen die Zellwände zusammenstoßen (Collenchym; Fig. 130 bei *co*).

Die aus Cellulose bestehende Zellwand wird durch Schwefelsäure und Jod blau gefärbt, ebenso durch Chlorzink und Jod. Sehr häufig erleidet aber

die Cellulose eine chemische Umwandlung, um besonderen Zwecken besser dienen zu können. So wird ihre Festigkeit bedeutend erhöht durch Umwandlung in Holzstoff (Holz, „Steinobst“; Gelbfärbung durch Chlorzink und Jod), während eine starke Einlagerung von Pektinverbindungen die Löslichkeit der Membranen erhöht. Bei der Verkorkung (Gelbbraunfärbung durch Chlorzink und Jod) handelt es sich um Einlagerung von Suberin, einem

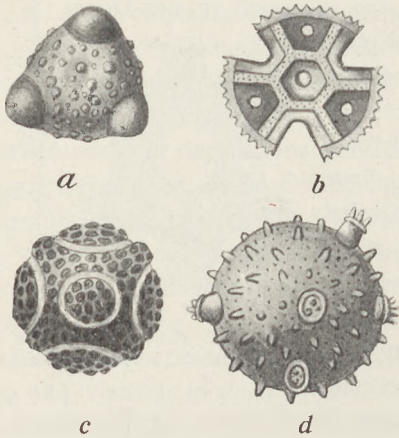


Fig. 129. Verschiedene Pollenkörner. *a* Karde, *b* Schwarzwurzel, *c* Passionsblume, *d* Kürbis.

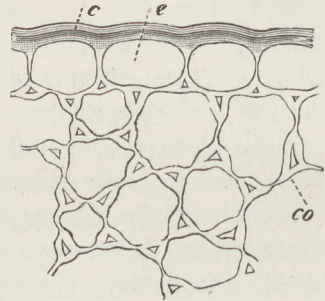


Fig. 130. Collenchym (*co*) und Epidermis (*e*) mit verdickter Cuticula (*c*).

fettartigen Körper, wodurch die Zellwände schwer mit Wasser benetzbar werden, und bei der Verkieselung um massenhaftes Auftreten von Kieselsäure (Riedgräser, Schachtelhalme).

Gestalt der Zelle. Die Gestalt der Zellen ist sehr mannigfaltig. Als Grundform kann man wohl die aus der Tropfenform sich ableitende Kugelgestalt annehmen, doch findet letztere sich ausgeprägt nur bei freierwachsenden Zellen, die nach keiner Seite in ihrem Wachstum behindert sind (Pollenkörnchen, Sporen usw.). Im Zellverbände erscheinen Zellen, deren drei Dimensionen gleichmäßig entwickelt sind, durch den Druck der Nachbarzellen meist polyedrisch; sie bilden das typische Parenchymgewebe (Fig. 131), wie es uns z. B. im Innern der Blätter entgegentritt. Zellen, die vorwiegend nur nach zwei Dimensionen ausgewachsen sind, erscheinen plattenförmig oder sternförmig, solche mit vorwiegender Längsausbildung werden prismatisch, zylindrisch oder spindelförmig (wenn an beiden Enden zugespitzt; Prosenchymgewebe [Fig. 132 *a, b, c*]).

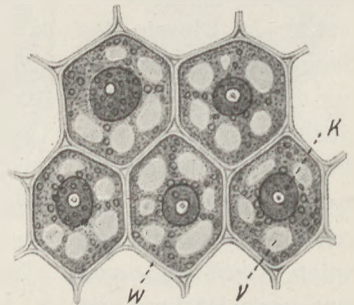


Fig. 131. Parenchymgewebe.

Spindelförmige Zellen mit stark verdickten Wänden finden neben den schon früher genannten Gefäßen namentlich bei Pflanzenteilen Verwendung, die größere Stützfestigkeit erfordern; man nennt sie Sklerenchymzellen (Fig. 132 *b, c*).

Verwandt sind die meist kürzeren, an den Enden wenig zugespitzten und nicht so stark verdickten Tracheiden (Fig. 132 *a*), welche, gleich den Gefäßen, der Wasserleitung in der Pflanze dienen.

**Zellverbindung.** Die Verbindung der Zellen miteinander ergibt sich aus ihrer Entstehung durch Teilung unter Bildung einer trennenden Zellwand. Bei den Pilzen und Fadenalgen findet das Wachstum der Zelle vorwiegend nur in einer Richtung statt, worauf dann in dem so entstehenden Faden von Zeit zu Zeit Querteilungen sich ausbilden (Fig. 133). Das scheinbar dichte Gewebe selbst der Hutpilze

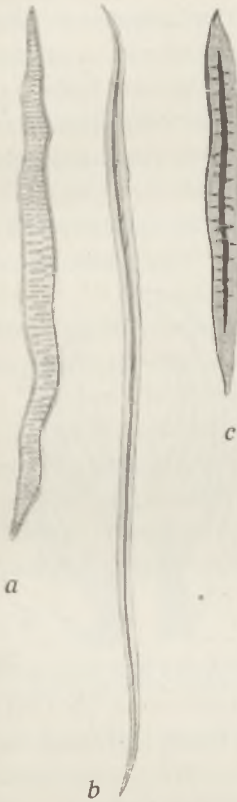


Fig. 132. Spindelf. Zellen.  
*a* Tracheide, *b* und *c* Sklerenchymzellen.



Fig. 133. Algenfaden mit spiraligen Chlorophyllbändern (Spirogyra).

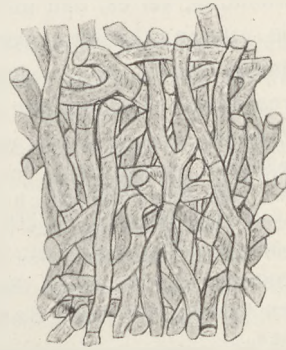


Fig. 134. Hyphengeflecht eines Hutpilzes.

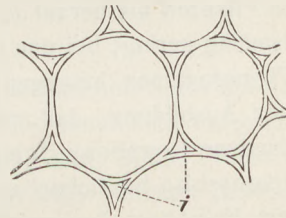


Fig. 135. Interzellulargänge (*i*) im Parenchymgewebe.

besteht also aus einem wirren Geflecht voneinander unabhängiger, aus je einer Zellreihe gebildeter Fäden, die nur miteinander verklebt sind (Fig. 134).

Anders bei den echten Geweben der höheren Pflanzen, deren Zellen nach allen drei Richtungen des Raumes Teilungen erleiden, also Tochterzellen von sich abspalten, so daß diese demnach im fertigen Gewebe auch allseitig zueinander in Beziehung stehen und durch die zwischen ihnen ausgeschiedene Scheidewand fest miteinander verbunden sind.

Dennoch mußte in gewissen Geweben, welche den Gasaustausch mit der atmosphärischen Luft übernommen haben, dafür gesorgt werden, daß die





Haftorganen der Pflanze, in Stamm und Wurzel, in kompakter Masse (Holzkörper der Bäume) entwickelt ist, während es den breitflächigen Blättern in der Form allseitig ausstrahlender Rippen oder Adern die nötige Festigkeit verleiht.

Das Grundgewebe endlich (*m* und *r*) stellt gewissermaßen die Verbindung zwischen Haut- und Stranggewebe dar, weshalb es auch wohl als Füllgewebe bezeichnet wird. Seine Ausbildung und seine Aufgaben sind sehr mannigfach. Von besonderer Bedeutung erscheint es in den Blättern, wo seine Zellen geradezu als die Laboratorien für die wichtigsten chemischen Prozesse der Nahrungsaufnahme und -verarbeitung wie auch der Atmung zu gelten haben.

Eine genauere Beschreibung aller dieser Gewebe wird sich am besten an die Besprechung der Funktionen der verschiedenen Organe des Pflanzenkörpers anschließen. Ihre Entstehung nehmen sie natürlich sämtlich aus dem sog. Urmeristem, d. h. dem Komplex gleichartiger, in lebhafter Teilung begriffener Zellen, in den die Eizelle sich zerlegt hat. Ein Teil dieses Urteilgewebes erhält sich in fast unveränderter Gestalt an den fortwachsenden Spitzen der Achsenorgane (*u*) und Wurzeln, es bildet den sog. Vegetationskegel (*v*) derselben. Je weiter indes das Gewebe von der Spitze dieses Vegetationskegels entfernt ist, desto deutlicher läßt es eine mehr und mehr sich steigernde Verschiedenheit der Zellformen erkennen, bis dann im fertigen Organ die obengenannten drei Gewebesysteme mit ihren mancherlei Zellarten und in typischer Anordnung zur Ausbildung gelangt sind.

## b. Die Organe.

Als „Organe“ der Pflanze pflegen wir im gewöhnlichen Sprachgebrauch die äußerlich sich scharf voneinander abhebenden und daher leicht unterscheidbaren Hauptteile der Pflanze, wie Wurzel, Stengel, Blatt, Blüte, Frucht usw. zu bezeichnen. Allein im strengeren Sinne des Wortes bedeutet das Organ keine „morphologische“, sondern eine physiologische Einheit, d. h. mit andern Worten: Der Begriff des Organs ist nur da vollkommen erfüllt, wo ein Gewebekomplex der Hauptsache nach mit einer bestimmten physiologischen Verrichtung betraut ist. Bei den Tieren fallen solche physiologischen Einheiten mit morphologischen Einheiten in der Regel zusammen, so beim Auge als Organ des Sehens, beim Magen und Darm als Organ der Nahrungsverarbeitung, beim Herzen als Organ der Blutbewegung usw., woneben es niemandem einfallen wird, etwa den morphologisch sich abgliedernden Körperabschnitt, den wir Kopf nennen, als Organ zu betrachten. Bei den Pflanzen liegen die Verhältnisse ungleich schwieriger, insofern hier einerseits eine so scharfe Abgliederung der inneren Organe, wie wir sie bei den Tieren finden, nicht erkennbar ist, andererseits die äußerlich sicht-

bare morphologische Gliederung in Stengel, Wurzel, Blatt usw. viel stärker hervortritt, ohne daß diese Glieder doch, ebensowenig wie unser Kopf, als einheitliche Organe im physiologischen Sinne und nach ihren physiologischen Leistungen angesprochen werden dürften. Unter diesen Umständen erscheint es zum Verständnis der inneren Lebenstätigkeit der Pflanze geraten, die äußere Gliederung des Pflanzenkörpers in den Hintergrund treten zu lassen und bei der Besprechung der einzelnen Lebenserscheinungen vornehmlich die verschiedenen Gewebe und Gewebesysteme, oder, wenn man will, die inneren physiologischen Organe in Betracht zu ziehen, in denen sie sich abspielen.

### 1. Äußere Schutzorgane.

Gegen die Außenwelt schließt sich der Pflanzenkörper durch ein Gewebe ab, das vornehmlich im Dienste des Schutzes steht. Bei allen Pflanzen und Pflanzenteilen von kürzerer Lebensdauer handelt es sich hierbei in der Regel nur um eine einzige Zellschicht, die Epidermis (Ausnahme z. B. Begonien und Ficus), wohingegen bei mehrjährigen Stämmen der Holzgewächse andersartige Schutzhüllen nötig werden.

Epidermis. Die einschichtige Epidermis (Fig. 137 bei *e*) bleibt bei den Wurzeln und sehr hinfalligen oberirdischen Organen (Blumenblätter usw.) auch an ihrer nach außen gerichteten Wandung zart und dünnhäutig; im allgemeinen aber zeigt die äußere Wand eine starke Verdickung, unter gleichzeitiger chemischer Veränderung (Cutinisierung), wodurch sie in hohem Grade gegen mechanische und chemische Einflüsse widerstandsfähig wird. Nicht selten läßt sich die oberste Schicht dieser Verdickung als zusammenhängende „Cuticula“ (Fig. 137 bei *c*) von den Epidermiszellen ablösen. Oft wird die Festigkeit der Wandung noch durch massenhafte Einlagerung von Kieselsäure erhöht (Riedgräser, Schachtelhalme), wodurch zugleich ein nicht unwesentlicher Schutz gegen das Gefressenwerden durch Weidetiere (vgl. S. 47) erreicht wird.

Neben dem mechanischen Schutz fällt der Epidermis vor allem noch die Aufgabe zu, die Verdunstung des Wassers aus den inneren Geweben der Pflanzen zu hindern oder doch herabzusetzen. Pflanzen in dürrn Gegenden sind daher durch besonders starke Cutinisierung der Epidermiszellen ausgezeichnet. Nicht minder verbreitet sind zu gleichem Zweck die als „Reif“ bekannten Wachsüberzüge (saftige Früchte, wie Pflaumen, Weintrauben; Mehlprimel usw.), die zuweilen eine solche Mächtigkeit erreichen können, daß das Wachs technische Verwertung findet (Wachspalme). Gleichem Zwecke dienen in vielen Fällen die als Auswüchse der Epidermiszellen allgemein ver-

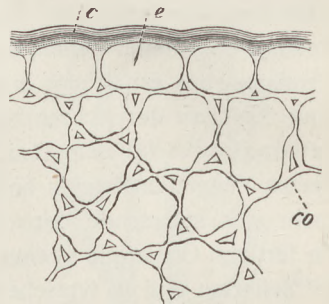


Fig. 137. Epidermis (*e*) und Collenchymgewebe (*co*).

breiteten Haargebilde, sofern sie einen dichteren Filz auf der Epidermis darstellen.

Daneben fallen den Haaren und den ihnen verwandten Schuppen dann allerdings noch zahlreiche andere Aufgaben zu, wie die Milderung des direkten Sonnenlichtes, die Abwehr des Regenwassers, der Schutz gegen das Emporkriechen von Insekten (Borsten, Drüsenhaare), gegen das Gefressenwerden (Brennhaare, Stacheln), die Aufnahme oder Ausscheidung von Wasser, die Produktion von Nektar, Schleim (Schutz gegen Austrocknen), Duft- und Bitterstoffen (Schutz gegen Tiere) usw. usw.

In welcher Weise die einschichtige Epidermis, trotz ihrer Abschlußvorrichtungen gegen die Außenwelt, dennoch durch besondere, mit Verschuß versehene Poren oder „Spaltöffnungen“ dem Austausch der inneren Gase und Flüssigkeiten mit der atmosphärischen Luft gerecht werden kann, wird später bei den Ernährungsvorgängen zu besprechen sein.

**Kork und Borke.** Nur selten sind die Epidermiszellen auch später noch wachstums- und teilungsfähig (Mistel, gestreifter Ahorn). In der Regel können sie nur passiv gedehnt werden und sind demnach außerstande, dem Dickenwachstum mehrjähriger Pflanzenteile (Stamm und Zweige, Wurzel der Holzgewächse) zu folgen: Die Epidermis wird gesprengt und muß nun durch neues Schutzgewebe ersetzt werden. Zu dem Ende bildet sich aus der Epidermis selbst (Weiden, Pomaceen) oder häufiger aus den unmittelbar unter der Epidermis liegenden protoplasmahaltigen Gewebsschichten des Grundgewebes, das als „Rinde“ bezeichnet wird, zunächst ein Teilgewebe aus (Korkcambium oder Phellogen, Fig. 138 c), das durch tangentialen Teilung ein vielschichtiges Korkgewebe (Periderm, Fig. 138 h) liefert, dessen tafelförmige, lufthaltige Zellen zwar in der Regel dünnwandig sind, aber der Wasserverdunstung großen Widerstand entgegenzusetzen, auch den Pflanzenkörper vor raschen Temperaturschwankungen und vor dem Eindringen von Parasiten schützen. Im Gegensatz zur grünen Epidermis pflegen die Korkschichten durch Gerbstoffe und deren Zersetzungsprodukte braun gefärbt zu sein. In manchen Fällen bleibt die Korkcambiumschicht durch viele Jahre leistungsfähig und ist dann imstande, mächtige, nach Jahresringen geschichtete Lagen von Korkgewebe hervorzubringen (Korkeiche, Korkulme).

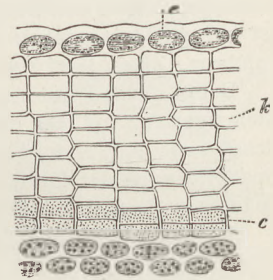


Fig. 138. Kork (h) und Korkcambiumschicht (c) unter der Epidermis (e).

Für gewöhnlich jedoch stellt die erste Korkcambiumschicht alsbald ihre Tätigkeit ein, und es müssen dann bei weiterem Dickenwachstum neue Korkcambiumschichten tiefer im Innern des Rindengewebes gebildet werden, um die durch Platzen der Periderm-Umhüllung entstehenden Lücken auszufüllen. Das nach außen von dieser neuen Korkcambium- und der von ihm gebildeten Korkzellenschicht gelegene Rindengewebe verliert dadurch die Möglichkeit,

aus dem Stamminnern genügend ernährt zu werden; es stirbt ab und bildet nun zusammen mit den darüber lagernden Resten des Periderms jene Gewebsmassen, die man als Borke bezeichnet. Der eben geschilderte Prozeß der Neubildung von Korkcambiumschichten kann sich nun mehrfach wiederholen und immer tiefere Schichten der Rinde, ja selbst oberflächliche Schichten des nach innen von der Rinde folgenden Stranggewebesystems ergreifen, so daß dadurch im Laufe der Jahre gewaltige Mengen von immer wieder aus der Tiefe sich ersetzender Borkensubstanz erzeugt werden.

Umfassen die neu gebildeten Korklagen nur Teile der Oberfläche des Stammes, so werden die oberflächlichen Schichten der Borke in Schuppenform abgeworfen (Platane, Kiefer), umgreifen sie dagegen vollständig den Stamm, so entsteht die Ringelborke (Kirschbaum, Geißblatt). Bei schwer sich vollziehender Ablösung der älteren Borkenlagen erscheint die Oberfläche des Stammes von tiefen Rissen durchfurcht, da bei weiterem Dickenwachstum die abgestorbenen Gewebspartien der Außenschichten natürlich immer weiter auseinander gedrängt werden.

Die braune oder rote Farbe der Borke wird, wie beim Periderm, durch Zeretzungsprodukte von Gerbstoffen hervorgerufen; die weiße Färbung der Birkenborke ist auf die Anwesenheit von in Körnchenform fein verteiltem Birkenharz zurückzuführen.

Selbst dichte Peridermschichten sind noch imstande, den Gasaustausch der inneren Stammgewebe mit der atmosphärischen Luft zu ermöglichen, indem in ihnen ähnliche, wenn auch anders gebaute Poren zur Ausbildung kommen, wie wir sie in den Spaltöffnungen der Epidermis kennen gelernt haben. Sie sind als „Lenticellen“ bekannt (vgl. auch S. 168).

Wundgewebe. Wunden, welche dem Pflanzenkörper zugefügt sind, bewirken im einfachsten Falle nur das Eintrocknen der nächstliegenden Gewebe und dadurch den nötigen Schutz der tieferen Schichten (Kryptogamen). Bei den höheren Pflanzen aber bildet sich in der Regel unter der Wundfläche ein Korkcambium aus, das eine abschließende Korkschiicht liefert. Bei Holzgewächsen pflegt überdies eine Wucherung der benachbarten Gewebe einzutreten (Callusbildung), durch welche die Wunde überwältigt und geschlossen wird.

Durch eine dünne Schicht von Korkzellen wird meist auch die Wundstelle geschützt, welche bei der Ablösung der Laubblätter von ihren Zweigen entsteht. Das Abfallen selbst wird durch eine am Grunde des Blattstiels sich bildende quere Gewebsschiicht hervorgerufen, bei welcher die Mittellamelle aller einem Querschnitt angehöriger Zellen aufgelöst wird, so daß dadurch die beiden aneinander gelagerten Zellschichten ihren Zusammenhalt verlieren.

## 2. Innere Stütz- und Festigungsvorrichtungen.

Die Mehrzahl der Pflanzen reckt ihren Körper vom Boden oft zu bedeutender Höhe frei in das Luftmeer hinein und bedarf daher einer gewissen inneren Festigkeit um so mehr, als eine dauernde Veränderung der einmal

gewonnenen Lage, etwa durch den Druck des Windes, infolge des Mangels aktiver Bewegungsfähigkeit bei der Pflanze weit schwerere Folgen hat als beim frei beweglichen Tier. Wir sehen daher in erster Linie bei den mehrjährigen Pflanzen die Achsenorgane als Träger der Laubkrone, wie nicht minder die Wurzeln als unterirdische Anker, mit großer Festigkeit und Starrheit ausgestattet, während die jüngeren Zweige und ebenso die schlanken Halme der Gräser eine oft staunenswerte Elastizität erkennen lassen, welche diese Gebilde befähigt, selbst nach sehr starken Biegungen in die Ruhelage zurückzukehren (wogendes Kornfeld, Weidengerten). In allen diesen Fällen haben wir es mit Geweben zu tun, welche in mancher Beziehung mit dem inneren Knochengerüst (Knochen, Knorpel) der Wirbeltiere vergleichbar sind, die also durch besondere Festigkeit (Verholzung usw.) oder Elastizität ihrer Zellwandungen sich auszeichnen; ihr Hauptsitz ist in dem sog. Stranggewebe, seltener im Grundgewebe. — Neben dieser durch die physikalisch-chemische Beschaffenheit der Zellwände hervorgerufenen Starrheit kennen wir namentlich bei krautigen Pflanzenteilen noch eine zweite Ursache verhältnismäßig bedeutender Festigkeit, die man als Turgor bezeichnet. Der Turgor besteht darin, daß durchaus dünnwandige Zellen, ähnlich den luft- oder wassergefüllten Schweinsblasen, derart prall mit Wasser gefüllt sind, daß sie durch diese elastische Spannung gegen Druck einen überraschend großen Widerstand leisten, der aber alsbald in Schlawheit übergeht, sobald der Wassergehalt der Zellen aus irgend einem Grunde vermindert wird („Welkwerden“ der Blätter und Krautstengel).

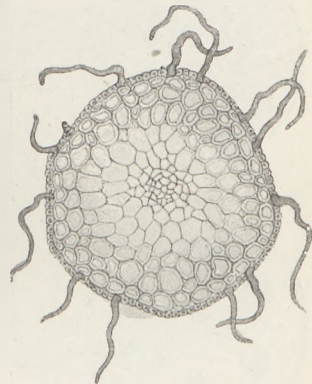


Fig. 139. Querschnitt durch den Stiel einer Mooskapsel.

Das Stranggewebe. Ein echtes Stranggewebe ist bei den niederen Pflanzen bis hinauf zu den Moosen noch nicht zur Ausbildung gelangt, doch findet sich in den Stielen der Mooskapseln ein axiler Strang gestreckter Zellen (Fig. 139), der als Vorstufe dieses Gewebes anzusehen ist.

Bei den Gefäßkryptogamen und Phanerogamen tritt das Stranggewebe ganz allgemein in Form scharf umgrenzter, von einer einschichtigen „Scheide“ umschlossener „Gefäßbündel“ auf, die nicht nur Wurzel und Achsenorgane der Länge nach durchziehen, sondern auch durch die Blattstiele (leicht isolierbar im Blattstiel des Wegerichs) in die Blätter treten und hier durch ihre Verzweigung als Rippen und Adern auch diesen breitflächigen Organen die nötige Festigkeit verleihen.

Anordnung der Gefäßbündel. Die Anordnung dieser im Querschnitt rundlichen oder kreissegmentartigen Gefäßbündel im Grundgewebe zeigt

zwei verschiedene Typen: Bei den Gefäßkryptogamen und Monokotylen sind sie meist regellos im Grundgewebe des Stammes verteilt, wie ein Querschnitt etwa durch den Stengel des Adlerfarnes oder durch einen Palmstamm (Rohrstock, Fig. 140 *a*) lehrt; bei den Dikotylen hingegen sind sie konzentrisch um einen zentralen Teil des Grundgewebes angeordnet, so daß hierdurch das Grundgewebe in das zentrale Mark (*M*) und die peripherisch von den Gefäßbündeln liegende Rinde (*R*) geschieden wird (Fig. 140 *b*). Beide Teile des Grundgewebes stehen indes anfangs noch durch radiale, die Lücken zwischen den

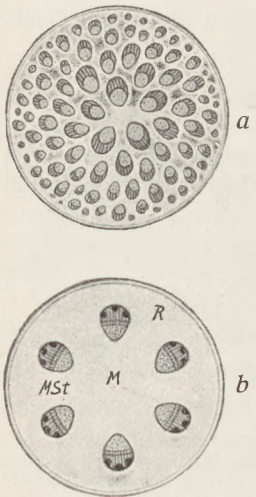


Fig. 140. Querschnitt *a* durch einen monokotyledon., *b* durch einen dikotyledon. Stengel. *M* Mark, *R* Rinde, *MSt* Primäre Markstrahlen.

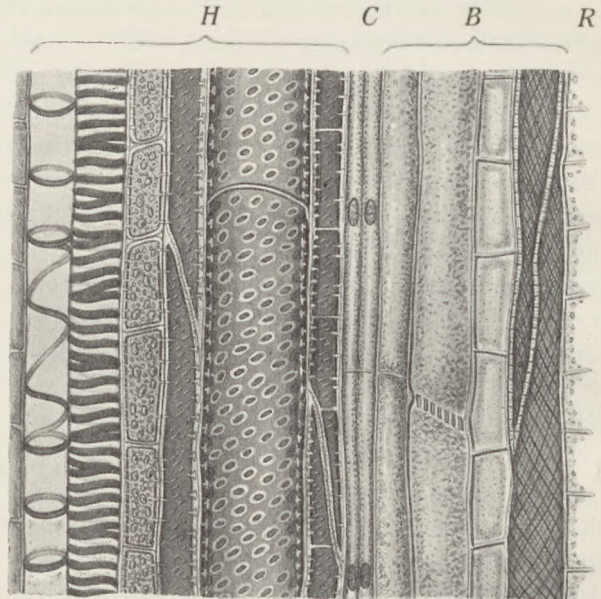


Fig. 141. Idealer Längsschnitt durch ein dikotyledonisches Gefäßbündel, *H* Holzteil, *C* Cambium, *B* Bastteil, *R* Rinde, *RG* Ringgefäß, *SG* Spiralgefäß, *HP* Holzparenchym, *HP<sub>r</sub>* Holzprosenchym, *TG* Tüpfelgefäß, *HF* Holzfasern (Sklerenchym), *Ca* Cambiform (gestrecktes Bastparenchym), *S* Siebröhre, *BP* Bastparenchym, *BF* Bastfasern.

Gefäßbündeln ausfüllende Brücken des Grundgewebes, die primären Markstrahlen (*MSt*), miteinander in Verbindung. Auch in den Blättern ist die Anordnung der in ihre Spreite eintretenden Gefäßbündel sehr verschieden, wie dies in der verschiedenen „Nervatur“ des Blattes (parallelernervige, bogennervige, fieder- und fingernervige Blätter) zum Ausdruck kommt.

**Bau der Gefäßbündel.** Der Bau eines einzelnen Gefäßbündels ist ziemlich kompliziert (Fig. 141) und läßt mancherlei Verschiedenheiten erkennen. Zunächst sind stets zwei verschiedene Gewebsgruppen zu unterscheiden: der Holzteil (Xylem) und der Bastteil (Phloëm). Der Holzteil ist vor allem der Sitz jener im früheren bereits erwähnten langzylindrischen Zellverschmel-

zungen, die als Gefäße (Tracheen) bekannt sind und sowohl durch ihre mannigfachen Wandverdickungen (Netz-, Treppen-, Spiral-, Ringgefäße), wie durch ihre chemische Umwandlung in Holzstoff viel zur Festigkeit und Starrheit des Bündels beitragen. Neben ihnen treten dann noch langgestreckte, ebenfalls verholzte und meist getüpfelte Prosenchymzellen (Tracheiden) und ein noch lebendes Protoplasma führendes Holzparenchym auf. Im Bastteil dagegen finden wir erstens die sog. Siebröhren, d. h. gefäßartige Röhren, deren Querscheidewände aber nicht, wie bei den echten Gefäßen, völlig aufgelöst, sondern nur siebartig durchlöchert sind (vgl. Fig. 122); sodann gestreckte, Protoplasma führende Begleitzellen derselben und endlich, wenigstens bei den Dikotyledonen, auch noch ein ebenfalls protoplasmahaltiges Parenchymgewebe (Bastparenchym).

Bei Farnen und Coniferen sind die echten Gefäße des Holzteils meist durch Prosenchymzellen (Tracheiden) ersetzt, die durch Tüpfelkanäle miteinander in offener Verbindung stehen.

*Anordnung von Holz- und Bastteil.* Die Anordnung der beiden Gewebsgruppen im Gefäßbündel, die sich namentlich im Querschnitt ziemlich deutlich voneinander abheben, ist bei den Gefäßkryptogamen und manchen Monokotyledonen (Fig. 142) eine konzentrische, derart, daß die Elemente des Holzes von denen des Bastes umschlossen werden, bei den meisten Phanerogamen aber ist diese Anordnung eine „kollaterale“, d. h.

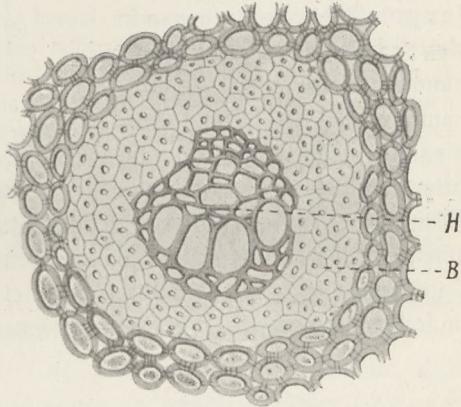


Fig. 142. Querschnitt durch ein monokotyledon. Gefäßbündel. *H* Holzteil, *B* Bastteil.

Holz- und Bastteil liegen nebeneinander und berühren sich nur einseitig.

Ein weiterer Unterschied zwischen den Gefäßkryptogamen und Monokotyledonen einerseits, den Gymnospermen und Dikotyledonen andererseits besteht darin, daß bei ersteren die gesamte Anlage des Gefäßbündels (Procambium) unterhalb des Vegetationskegels alsbald in Dauergewebe, also in Holz- und Bastteil, übergeht (Fig. 142 *H* und *B*), während bei letzteren ein Rest des Procambiums als protoplasmatisches Teilgewebe zwischen Holz- und Bastteil erhalten bleibt (Fig. 143 bei *C*). Diese als „Cambium“ bezeichnete Schicht kann, ähnlich wie die Korkcambiumschicht des Hautgewebes, durch viele Jahre hindurch teilungsfähig bleiben und liefert dann periodisch neues Dauergewebe, das einerseits dem Holzteil, andererseits dem Bastteil sich zugesellt.

*Dickenwachstum der Dikotyledonen, Jahresringe.* Erinnern wir uns



nun, daß bei den Phanerogamen und Gymnospermen (Nadelhölzern) die Gefäßbündel, im Gegensatz zu den Monokotylen, von Anfang an konzentrisch um den als Mark bezeichneten axilen Teil des Grundgewebes gruppiert sind, dergestalt, daß der dem Zentrum zugekehrte Teil jedes Gefäßbündels den Holzteil, der der Peripherie zugekehrte aber den Bastteil bildet, so wird uns ohne Schwierigkeit der Aufbau des Dikotyledonenstammes und sein in den Jahresringen des Holzes zum Ausdruck kommendes Dickenwachstum verständlich. Im jungen Triebe und ebenso in den ein- bis zweijährigen Krautstengeln bleiben zwar die konzentrischen Gefäßbündel voneinander gesondert (durch die primären Markstrahlen des Grundgewebes; vgl. Fig. 140<sup>b</sup>). Sobald aber nun das Dickenwachstum einsetzt, werden die zwischen ihnen liegenden Markstrahlen im Anschluß an die Cambiumschicht der Gefäßbündel in einer bestimmten Ringzone ebenfalls in teilungsfähiges Cambiumgewebe umgewandelt, so daß hierdurch ein ge-

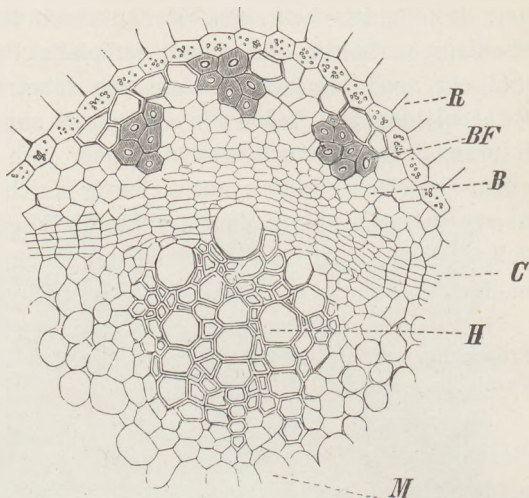


Fig. 143. Querschnitt durch ein dikotyledon. Gefäßbündel.  
H Holzteil, C Cambium, B Bastteil, BF Bastfasern,  
R Rinde, M Mark.

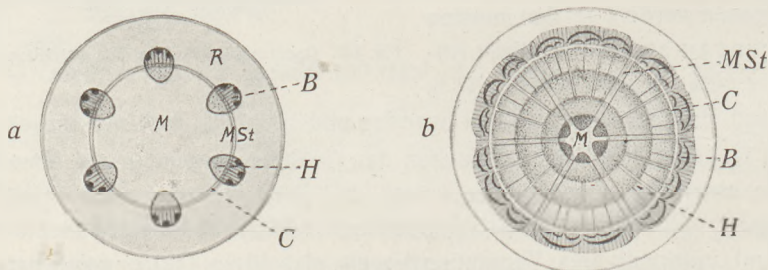


Fig. 144. Dikotyledonenstamm. *a* Beim Beginn des Dickenwachstums, *b* mehrjährig.  
C Cambiumring, H Holzteil, B Bast, R Rinde, M Mark, MSt Markstrahlen.

schlossener Cambiumzylinder entsteht (Fig. 144 *a* bei *C*), an dessen Innenseite der Holzteil der Gefäßbündel und das Mark liegt, an dessen Außenseite der Bastteil der Gefäße, die Rinde (peripherer Rest des Grundgewebes) und endlich das Hautgewebe (Periderm, Borke) sich anschließt. Dieser geschlossene Cambiumzylinder liefert nun in der Folge in jeder Vegetationsperiode an seiner Innenseite durch Teilung neue verholzende Zellelemente, die sich dem schon

vorhandenen Holzteil zugesellen (Fig. 144 *b* bei *H*), an seiner Außenseite hingegen eine weit weniger dicke Lage neuer Bastelemente (*B*). Dadurch, daß bei den einheimischen Bäumen in jedem Frühjahr — infolge des dann geringeren Drucks der Außenschichten — in erster Linie weitröhrige Gefäße und großmaschige Zellen (Frühholz) entstehen, im Herbst hingegen nur kleinere, plattere Zellen (Spätholz), macht sich eine Schichtung in „Jahresringe“ bemerkbar, die selbst da auftritt, wo, wie bei den Nadelhölzern, das Dickenwachstum des Holzkörpers ausschließlich durch gestreckte Prosenchymzellen (ohne Gefäße) gebildet wird.

In den Tropen können die Jahresringe ganz fehlen (z. B. Araucarien), doch können sie andererseits auch durch Unterbrechung der Vegetation während der Trockenperiode erzeugt werden.

Da der Cambiumzylinder aus äußerst zartwandigen, jugendlichen Zellen besteht, so ist eine Trennung der verschiedenen Gewebsschichten des Stammes durch Zerreißen dieser Zellen besonders leicht. Beim „Entrinden“ der Bäume (und ebenso bei der Anfertigung von Weidenflöten usw.) trennt man also nicht nur die Borke vom Stamm, sondern auch die ihm innen fest anliegenden Schichten des peripheren Grundgewebes (Rinde) nebst dem Bastteil der Gefäßbündel (deren Fasern ja leicht z. B. an der Innenseite der „Lindenborke“ nachweisbar sind), so daß demnach der Holzteil der Gefäßbündel frei zutage tritt. Die schleimige Schicht auf seiner Oberfläche bei Entrindung lebensfrischen Holzes ist eben das aus den zertrümmerten Cambiumzellen ausgetretene Protoplasma. Ein bis zum Holz „geringelter“, d. h. der äußeren Gewebsschichten im Ringschnitt beraubter Baum ist in der Regel auf die Dauer nicht mehr lebensfähig, da ja die wichtigsten Leitungsbahnen der Nahrungsstoffe (Bast) unterbrochen sind.

Ähnlich wie die Stämme sind die Wurzeln der mehrjährigen Dikotyledonenstämme gebaut; auch ihr Dickenwachstum vollzieht sich in annähernd gleicher Weise.

*Aufgaben von Holz und Bast.* Die weitmaschigen Elemente des Holzes dienen, wie später noch zu besprechen, in erster Linie der Leitung des Wassers im Stamm, die engmaschigen stehen mehr im Dienste der Festigkeit. Das Protoplasma pflegt aus den jüngst gebildeten Holzringen erst allmählich zu verschwinden. Diese Ringe unterscheiden sich dann häufig sehr auffallend als Splintholz schon durch ihre hellere Färbung von dem inneren und älteren Kernholz, das, völlig tot und protoplasmalos, meist durch Gerbstoffe dunkler gefärbt ist und lediglich als Stützorgan Bedeutung hat.

Kernholz, dem schützende, weil die Röhren verstopfende Gummistoffe fehlen, wird leicht von Fäulnisbakterien angegriffen und zersetzt, so daß die Stämme dann bald hohl werden (Weiden).

Die primären Markstrahlen werden vielfach auch noch seitens des Cambiumzylinders durch Bildung radial verlaufender parenchymatischer Zellen fortgesetzt. Daneben können aber auch im Innern der Gefäßbündel selbst radiale Streifen von Parenchymzellen („Querparenchym“) entstehen, welche auf dem Stammquerschnitt als „sekundäre Markstrahlen“ hervortreten (Fig. 145 *Mst*).

Die beim Dickenwachstum entstehenden Elemente des Bastes sind einmal die bereits früher genannten Gewebsformen des primären Bastes (Siebröhren und Begleitzellen nebst Bastparenchym), sodann aber auch außerordentlich dickwandige, engröhrige, lang spindelförmige Zellen, die den Namen Bastfasern führen (vgl. Fig. 143 bei *BF*). Die Elemente des Bastes haben weniger die Aufgabe von Stützvorrichtungen als die von Leitungsbahnen der in den Blättern hergestellten organischen Nahrungsstoffe, die dann vom Bast aus mit Hilfe der radialen Markstrahlen tiefer zum Cambium und in das Innere des Holzkörpers geführt werden. Durch die lebenden, protoplasmatischen Zellen der Markstrahlen werden also die lebenden Elemente der Baststränge mit denen der Holzstränge verbunden und so das gesamte lebende Gewebe des Stammes zu einer Einheit erhoben.

Auch für den Gasaustausch im Innern ist durch Interzellularräume, welche die Markstrahlen begleiten und ebenso das Cambium nebst den nach außen darauf folgenden Schichten bis zur Peripherie des Stammes durchsetzen, in ausreichender Weise gesorgt.

*Dickenwachstum der Monokotyledonen.* Bei den „geschlossenen“, d. h. des Cambiums entbehrenden Gefäßbündeln der Gefäßkryptogamen und Monokotyledonen ist ein Dickenwachstum natürlich ausgeschlossen; doch gibt es zahlreiche Formen unter den Monokotyledonen (manche Palmen, Drachenbäume usw.), bei denen nichtsdestoweniger eine Art Cambiumring zur Ausbildung kommt, der aber hier aus dem peripheren Grundgewebe entsteht und nach innen neben verdicktem parenchymatischem Grundgewebe auch immer neue geschlossene Gefäßbündel, nach außen nur dünnwandiges parenchymatisches Grundgewebe erzeugt. Auf diese Weise kann auch bei den Monokotylen ein dauerndes Dickenwachstum erzielt werden.

*Mechanisch stützende Elemente des Grundgewebes.* Dem Grundgewebe fällt, im Gegensatz zum Stranggewebe, in erster Linie die Ernährung der Pflanze und die Aufspeicherung der erworbenen Nahrungsstoffe zu. Es besteht daher in seiner Hauptmasse aus parenchymatischen, dünnwandigen Zellen, die höchstens durch den bereits früher erwähnten Turgor eine ge-

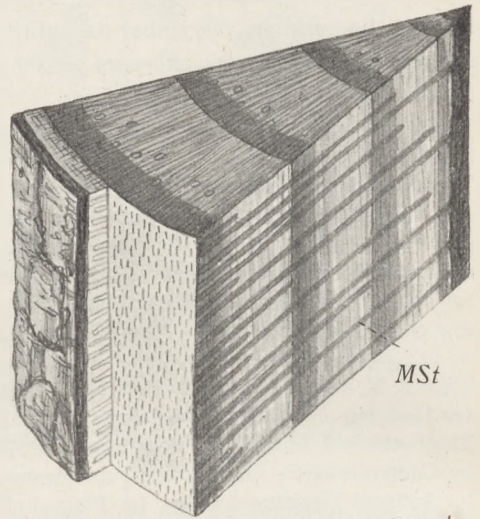


Fig. 145. Ausschnitt aus einem Dikotyledonenstamm mit Markstrahlen (*MSt*).

wisse Widerstandsfähigkeit und Straffheit erlangen können. Dennoch kennen wir auch aus dem Grundgewebe zwei Gewebsformen von größerer mechanischer Festigkeit: 1. das an den Kanten der parenchymatischen Zellen stark verdickte Collenchym (vgl. Fig. 137), das infolge seiner Dehnungsfähigkeit besonders geeignet erscheint, den noch im Längenwachstum befindlichen oder krautig bleibenden Pflanzenteilen (Blattstiele, Zellagen nächst der Oberhaut der Blätter) die nötige Festigkeit zu verleihen, und 2. das ebenfalls unverholzt bleibende, aber dickwandige und aus lang spindelförmigen Zellen (vgl. Fig. 132 c) bestehende Sklerenchym, das besonders zur Versteifung des Innern harter Blätter Verwendung findet. Derartige Faserstränge in den Blättern liefern beispielsweise beim neuseeländischen Flachs (*Phormium tenax*) das Material für die Anfertigung festester Schiffstae.

### 3. Ernährungsorgane und Ernährung.

Auch die Pflanze bedarf, wie das Tier, der Nahrungszufuhr, nicht nur während der Periode des Wachstums, sondern auch um die im lebenden Organismus ununterbrochen durch Stoffumsetzungen und Ausscheidungen verloren gehenden Körperbestandteile zu ersetzen.

Die Nahrungsstoffe. Durch die chemische Analyse ist es nicht schwer, darüber Aufschluß zu erhalten, aus welchen Grundstoffen der Körper der Pflanzen aufgebaut ist, welche Elemente derselbe also durch den Ernährungsprozeß in sich aufgenommen hat oder doch unter Umständen aufnehmen kann. Dabei ergibt sich denn, daß nur eine beschränkte Zahl von Elementen – es sind im ganzen zehn – bei allen daraufhin untersuchten Pflanzen gefunden wird und demnach augenscheinlich für den Aufbau des pflanzlichen Organismus eine grundlegende Bedeutung besitzt, während zahlreiche andere zwar mehr oder weniger häufig angetroffen werden, jedenfalls aber für das Gedeihen der Pflanze nicht als unumgänglich notwendig erscheinen. Zu einem ähnlichen Schluß führen die sog. Wasserkulturen, d. h. Kulturen von Sämlingen in destilliertem Wasser, dem man bestimmte Nährsalze in chemisch reinem Zustande beigefügt hat (Fig. 146). Die Wurzeln sind durch Papphülsen vor Licht zu schützen. Auch hier zeigt es sich, daß die Versuchspflanzen in normaler Weise ihren ganzen Entwicklungsgang zu durchlaufen vermögen, sofern dafür gesorgt ist, daß die eben genannten zehn Elemente in genügender Menge und in geeigneter Form der Pflanze dargeboten werden.

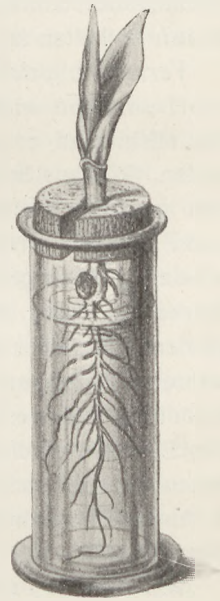


Fig. 146. Wasserkultur einer Maispflanze.

Sie sind als die eigentlichen Nährstoffe der Pflanze anzusehen, während die übrigen in vielen Fällen wohl als nützlich, nicht aber als unentbehrlich für das Leben der Pflanze zu gelten haben. Durch Variieren der Nährsalzlösung läßt sich nachweisen, welche Stoffe für die betreffende Pflanze besonders günstig sind.

*Herkunft der Grundstoffe.* Von den zehn Grundstoffen der Pflanze bilden Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff die Hauptmasse der brennbaren Trockensubstanz der Pflanze. Der Kohlenstoff wird bei allen Pflanzen, welche sich überhaupt von unorganischen Stoffen zu nähren vermögen, aus der atmosphärischen Luft entnommen, deren Kohlendioxyd von den grünen Blättern der Pflanze in noch später zu schildernder Weise verarbeitet wird; Sauerstoff (als Baustoff) und Wasserstoff werden in Form von Wasser vornehmlich durch die Wurzel aufgenommen. Dasselbe gilt von den Verbindungen des Stickstoffs (namentlich salpetersaure und Ammoniumsalze), wie von den sog. Aschenbestandteilen der Pflanze, d. h. den Mineralsalzen, in denen die übrigen für den Chemismus der Pflanze unentbehrlichen Grundstoffe: Schwefel, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium und Eisen enthalten ist.

*Verwertung der Grundstoffe.* Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff sind die wichtigsten Bestandteile fast jeder organischen Verbindung. Sie allein sind es auch, welche die reine Cellulosewandung der Zellen bilden. Weitaus komplizierter sind die Eiweißstoffe gebaut, in denen neben den genannten drei Grundstoffen stets auch noch Stickstoff, Schwefel und Phosphor als notwendige Bestandteile auftreten. Die Kaliverbindungen scheinen, im Gegensatz zu den Natriumverbindungen, bei der Bildung der Stärke im Innern der Chlorophyllkörper (vgl. S. 173) eine wichtige Rolle zu spielen. Ähnliches dürfte von den Verbindungen des Magnesiums gelten, während diejenigen des Calciums wohl vornehmlich als Bindungsmittel für schädliche Nebenprodukte und beim Transport derselben in Frage kommen. Das Eisen endlich ist nur in geringen Mengen in den grünen Blättern enthalten, erweist sich aber trotzdem für die Ausbildung des grünen Farbstoffs in ihnen (Chlorophyll) als unentbehrlich, trotzdem das Chlorophyll selbst kein Eisen enthält.

Von den für das Leben der Pflanzen nicht unbedingt nötigen, dennoch aber oft in großen Mengen in deren Körper auftretenden Grundstoffen sei in erster Linie des Siliciums gedacht, das in Verbindung mit Sauerstoff als Kieselsäure in den Zellwandungen vieler Pflanzen (Gräser, Riedgräser, Schachtelhalme) in großen Mengen abgelagert wird und deren Härte und Festigkeit in außerordentlichem Maße erhöht. Bei den Wandungen der einzelligen Diatomeen ist dieser Kieselsäuregehalt so groß, daß sie auch beim Glühen vollkommen ihre Gestalt bewahren und als Kieselgur sogar ansehn-

liche geologische Ablagerungen bilden können. Außerordentlich weit verbreitet ist ferner das Kochsalz (Chlornatrium) in den Pflanzen, ohne jedoch am Stoffwechsel derselben beteiligt zu sein, wenngleich der Charakter der sog. Salzpflanzen meist durch reichere Mengen des Salzes nicht unwesentlich beeinflusst wird (vgl. S. 12). Das überall im Boden als kieselsaure Tonerde vorhandene Aluminium wird merkwürdigerweise nur selten von den Pflanzen aufgenommen. Jodsalze treten hauptsächlich in Meerespflanzen (Tangen) auf, obgleich das Meerwasser selbst nur Spuren derselben enthält. Die letzten beiden Beispiele lehren zugleich auf das deutlichste, daß die Pflanze befähigt ist, zwischen den im Boden oder im Wasser sich darbietenden Stoffen eine Auswahl zu treffen, und nicht schlechthin gezwungen ist, jede beliebige Lösung wahllos und in verschiedenster Konzentration in sich aufzunehmen. Der Grund hierfür liegt in der Art, wie die Nahrungsaufnahme zustande kommt.

Die Nahrungsaufnahme durch die Wurzeln. Alle den Pflanzenkörper aufbauenden Zellen, also auch die an der Außenfläche des Körpers, sind von festen Membranen umschlossen, so daß ein Eindringen fester Nahrungsstoffe in das Innere der Pflanze unmöglich ist. Nur Gase und Flüssigkeiten (Wasser nebst den in ihm gelösten Salzen) können durch die Cellulosemembranen der den Pflanzenkörper begrenzenden Zellen eindringen.

*Wirkung der Osmose.* Werden nach den Gesetzen der Osmose schon alle „kolloidalen“, d. h. nicht kristallisierbaren Substanzen vom Durchdringen der Wandung ausgeschlossen, so findet eine weitere Auslese der aufzunehmenden Stoffe besonders dadurch statt, daß dieselben nach Durchdringen der Zellwandung nunmehr eine der Wandung anliegende Protoplasmaschicht zu passieren haben, die vielen Stoffen den Eintritt völlig verwehrt, anderen denselben bald leichter bald schwerer gestattet, kurzum, die eine Auswahl der sich darbietenden Stoffe vornimmt. Ein Gleiches geschieht dann nochmals, wenn die in das Protoplasma eingedrungenen Stoffe nun weiter von ihm aus in den durch die Vakuolenhaut von ihm getrennten Zellsaft überzugehen streben. So ist es zu erklären, daß auf dem gleichen Boden verschiedene Pflanzenarten auch ganz verschiedene Nährsalze in sich aufnehmen, und daß beispielsweise die Tanggewächse des Meeres trotz der sie umgebenden  $3\frac{1}{2}\%$  Kochsalzlösung nur verhältnismäßig wenig Kochsalz enthalten, aber reich sind an Phosphaten, Nitraten und Jod, d. h. an Stoffen, die nur spurenweise im Meerwasser sich nachweisen lassen. — Im Innern des Pflanzengewebes selbst machen sich die Gesetze der Osmose vornehmlich in der Richtung geltend, daß die konzentriertere Lösung der einen Zelle mit der weniger konzentrierten der Nachbarzellen sich auszugleichen sucht, bis schließlich alle Zellen des Gewebes im osmotischen Gleichgewicht stehen. Eine Anhäufung von Stoffen in bestimmten Geweben, wie wir sie später bei der Aufspeicherung von Reserve-Nahrungsstoffen kennen lernen

werden, ist daher nur möglich, wenn der Stoff in den Speicherzellen in eine Substanz umgewandelt wird, die der Osmose nicht mehr fähig ist, also z. B. feste Form angenommen hat. So finden wir in den Zellen der Knollen und Samen große Mengen fester Stärkekörnchen aufgespeichert (Fig. 147 *St*), die nur in flüssiger Form als gelöster Traubenzucker auf osmotischem Wege dorthin gelangen und nur durch dessen nun erfolgende Umwandlung in Stärke sich derartig anhäufen konnten.

*Das Wasser.* Wie schon früher (S. 10) dargelegt, wird das Wasser von den höheren Pflanzen vornehmlich durch die Wurzel aufgenommen, welche zu dem Ende meist eine „Pfahlwurzel“ senkrecht in die Erde treibt, an der dann wagerecht oder schräg abwärts gerichtete Seitenäste entstehen, die wieder mit Seitenwürzelchen zweiter Ordnung reichlich besetzt sind. Um das zwischen den Bodenteilchen kapillar fein verteilte und ihnen durch Adhäsion mehr oder weniger fest anhaftende Wasser an sich ziehen zu können, tragen die Wurzelfasern in einer kurzen Zone nahe der Wurzelspitze in der Regel einen Filz feinsten Wurzelhaare (Fig. 148 *a*), die aus sehr dünnwandigen, schlauchförmigen Zellen bestehen und sich den



Fig. 147. Stärkekörner (*St*) in den Zellen der Kartoffelknolle.

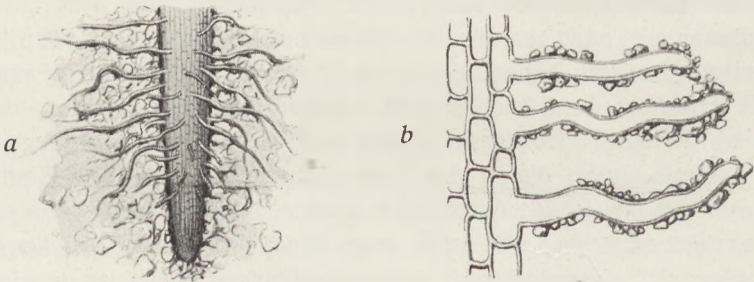


Fig. 148. *a* Wurzelspitze mit Wurzelhaaren, *b* einzelne Wurzelhaare mit anhaftenden Gesteinsbrocken.

einzelnen Gesteinsbrocken des Bodens fest anzuschmiegen vermögen (Fig. 148 *b*). Auch scheiden sie einen sauren Saft aus, der die Lösung gewisser Mineralstoffe befördert (Ätzfiguren auf poliertem Marmor).

Das Wasser selbst hat für die Pflanze eine doppelte Bedeutung: Einmal ist es ein wichtiges Nahrungsmittel, indem seine Bestandteile in keiner organischen Verbindung fehlen dürfen; sodann ist es das Transportmittel, vermöge dessen nicht nur die Mineralsalze des Bodens in den Pflanzenkörper gelangen, sondern auch die zahlreichen, durch den Lebensprozeß erzeugten

Stoffwechselprodukte im Innern des Körpers verbreitet und ausgetauscht werden. Das zum Aufbau der Pflanze selbst verwandte Wasser — in der Stärke und Cellulose sind beispielsweise 55% desselben enthalten — bezeichnet man als Konstitutionswasser, das dem Transport dienende hingegen als Betriebswasser.

Der Verbrauch an Betriebswasser in der Pflanze ist unvergleichlich viel größer als der an Konstitutionswasser, und zwar ist es die ungemein starke Verdünnung der Mineralsalzlösungen, die der Wurzel aus dem Boden zugeführt werden, welche in erster Linie die Aufnahme ganz außerordentlicher Wassermengen nötig macht, soll anders der Pflanze die nötige Menge unorganischer Salze zum Aufbau ihres Körpers zur Verfügung stehen. Eine solche ständige Aufnahme größerer Wassermengen — ein einzelner Baum braucht 50–100 Liter täglich — ist natürlich nur möglich, wenn das eingedrungene Wasser nach Abgabe seiner Mineralstoffe an irgend einer Stelle wieder ausgeschieden wird, um neu eindringenden Salzlösungen Platz zu machen. Der Ort, wo diese Ausscheidung des seiner Mineralstoffe beraubten Betriebswassers geschieht, und zwar in Form von Wasserdampf, ist die Laubkrone, deren Blätter teils durch die Cuticula, teils durch Millionen feinsten Poren, die Spaltöffnungen, den Wasserdampf in die Luft entweichen lassen.

Es folgt aus dem Gesagten, daß von den äußersten Spitzen der Wurzel bis zu den höchsten Gipfeln der Laubkrone ein beständiger Wasserstrom den Pflanzenkörper durchzieht, der durch die saugende Tätigkeit der Wurzeln stetig neue Zufuhr erhält, um ebenso stetig durch die enorme Verdunstung aus den Poren des Blätterwerks in Dampfform wieder auszuscheiden. Man nennt ihn den Transpirationsstrom. Durch ihn allein ist die Pflanze imstande, die spärlich gelösten Salze des Bodens in genügender Menge sich einzuverleiben und sie zu konzentrieren.

**Spaltöffnungen.** Die Spaltöffnungen, welche zugleich auch der Aufnahme von Kohlendioxyd und Sauerstoff aus der Luft dienen (vgl. S. 17 u. 155), finden sich namentlich an der Unterseite der Blätter als von zwei besonders geformten Zellen der Epidermis (Schließzellen; Fig. 149 a) umgrenzte sehr feine Poren, die zunächst mit einem darunter liegenden größeren Inter-cellularraum (Atemhöhle; Fig. 149 b) und hierdurch des weiteren mit dem Gesamtsystem der das Pflanzengewebe durchziehenden Inter-cellulargänge in Verbindung stehen. Die Zahl dieser Spaltöffnungen beträgt durchschnitt-

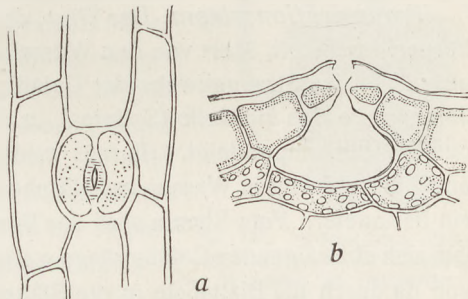


Fig. 149. Spaltöffnung. a Von der Fläche, b im Querschnitt.



lich bis etwa 100 auf den Quadratmillimeter, so daß z. B. ein einziges Blatt der Sonnenblume deren etwa 13 Millionen besitzt. Bei schwimmenden Wasserpflanzen finden sie sich ausschließlich auf der Oberseite der Blätter. Im Korkgewebe (Periderm) mehrjähriger Pflanzenteile werden sie durch die wesentlich anders gebauten Lenticellen (Fig. 150) ersetzt. Von großer Wichtigkeit für den Haushalt der Pflanze ist es, daß die Spaltöffnungen die Fähigkeit besitzen, je nach Bedarf durch wechselnde Turgeszenz der beiden Schließzellen sich öffnen oder schließen zu können (Fig. 151) und dementsprechend die Verdunstung des Wassers und die Aufnahme von Gasen zu regulieren. Das Öffnen geschieht allein unter dem Einflusse des Sonnenlichtes. — Auf die sonstigen mannigfachen Einrichtungen der Pflanze zum Schutz gegen zu starke Verdunstung wurde bereits S. 17 ff. hingewiesen.

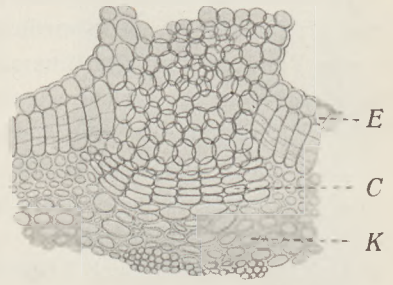


Fig. 150. Lenticelle. E Epidermis, C Kork-Cambium, K Korkrinde.

Inwiefern bei den Wasserpflanzen durchaus abweichende Verhältnisse obwalten, ist S. 22 ff. dargelegt.

**Transpirationsstrom.** Der Weg, den der Transpirationsstrom im Pflanzenkörper durchläuft, führt von den Wurzelhaaren und Oberhautzellen der Wurzel alsbald in das Stranggewebe der Gefäßbündel, und zwar sind es die jüngeren Jahresringe des Holzteils (Splintes), in deren weiten Gefäßen und Tracheiden das Wasser emporsteigt. Hieraus erklärt es sich, daß ein bis auf das Holz entrindeter Zweig in Wasser gestellt ebenso frisch bleibt wie ein berindeter. Vom Stamm wird das Wasser mittels der aus ihm sich abzweigenden Gefäßstränge weiter in die Zweige und von da durch die Blattstiele in die Blätter geleitet, in denen die leitenden Gefäßbündel sich schließlich zu einem derartig feinen Netz ausbreiten, daß nicht nur jedem Quadratmillimeter Blattsubstanz reichlich Wasser für die dort sich abspielenden chemischen Prozesse zur Verfügung steht, sondern daß auch die mit den Gefäßsträngen das Blatt durchziehenden Inter-cellulargänge durch Diffusion mit Wasserdampf gesättigt werden und ihn nun durch die Poren der Spaltöffnungen nach außen abgeben können.

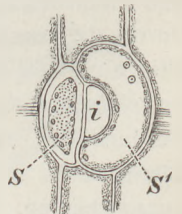


Fig. 151. Spaltöffnung, deren rechte Schließzelle S' durch Turgor vergrößert ist.

Der Nachweis des Transpirationsstroms ist auf verschiedene Weise möglich. Schon durch einfache Zuhilfenahme der Wage kann man sich von dem Gewichtsverlust überzeugen, den eine welkende Pflanze durch Wasserverdunstung erleidet. Bei zahlreichen Pflanzen tritt nach Verwundung des Holzkörpers der aufsteigende Saftstrom zuzeiten direkt in Tropfenform aus

der Pflanze heraus, wie namentlich das „Bluten“ des Weinstocks, das Ausfließen des Saftes bei Birken, Ahornen, Palmen, Agaven usw. vor Augen führen.

Bemerkt sei hierbei, daß in unseren Breiten die niedrige Temperatur des Winters die Tätigkeit der Wurzel nahezu oder völlig aufhebt, also den Transpirationsstrom zum Stillstand bringt. Setzt derselbe dann bei steigender Temperatur im Frühjahr wieder ein, so ist der Verdunstungsapparat der Laubkrone noch nicht in Funktion, und so erklärt es sich, daß gerade um diese Zeit das Stranggewebe des Stammes mehr als sonst mit dem aufsteigenden Saftstrom gefüllt ist.

Über die bewegenden Kräfte, welche den Transpirationsstrom von der Wurzel bis in die Kronen der höchsten Bäume, d. h. bis zu 150<sup>m</sup> empor-treiben, ist man noch nicht zu völliger Klarheit gelangt. Sicher festgestellt ist zunächst, daß von den prall gefüllten Zellen der Wurzelrinde ein zuweilen sogar recht namhafter Druck auf das in die Gefäßbündel eintretende Wasser ausgeübt wird. Dieser „Wurzeldruck“, der wohl auf den Turgor der Zellen zurückzuführen ist, läßt sich mit Leichtigkeit nachweisen und messen, wenn man auf dem Stumpf eines abgeschnittenen Stämmchens ein hohes Glasrohr luftdicht befestigt und nun beobachtet, bis zu welcher Höhe das ausgepreßte Wasser in ihm emporsteigt. Verwendet man zu dem Versuch ein doppelt U-förmig gebogenes Rohr (Fig. 152), dessen offenen Schenkel man mit Quecksilber absperrt, so zeigt sich, daß die Quecksilbersäule in der Regel 50 bis 60 cm, unter Umständen sogar bis 140 cm emporgedrückt wird, woraus sich dann eine Druckkraft von 1–2 Atmosphären ergibt. Reicht ein solcher Druck auch aus, um das Ausfließen des Saftes bei angeschnittenen Reben, Birken usw. zu erklären, so muß er doch als ungenügend erscheinen, wo es sich um ein Emporpressen des Wassers bis in die Laubkrone der Bäume handelt, und dies um so mehr, als zu Zeiten starker Transpiration, wie sie z. B. an einem heißen Sommertage stattfindet, von einem stärkeren Turgor der Wurzelzellen und somit auch von einem nennenswerten Wurzeldruck überhaupt nicht die Rede sein kann. In solchen Fällen wird, wie der oben geschilderte Versuch lehrt, aus dem abgeschnittenen Stumpf der stark verdunstenden Pflanze zunächst überhaupt kein Wasser aus den Gefäßröhren herausgepreßt.

Eine weitere Kraftquelle für das Aufsteigen des Wassers hat man zweifellos darin zu erblicken, daß durch die stetige Verdunstung des Wassers aus den Spaltöffnungen jedenfalls Konzentrationsunterschiede in dem die Pflanze durchströmenden Saft hervorgerufen werden, die nun nach all-

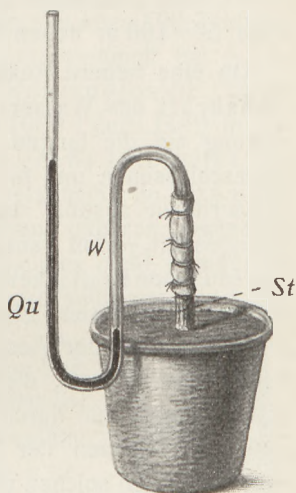


Fig. 152. Apparat zum Messen des Wurzeldrucks, St Stämmchen, W Wasser, Qu Quecksilber.

gemeinen physikalischen Diffusionsgesetzen eine Mischung mit der weniger konzentrierten Flüssigkeit, d. h. also ein Nachrücken der letzteren von unten her zur Folge haben. Ob aber diese geringen Störungen des Gleichgewichts ausreichend sind, das Wasser innerhalb der Holzgefäße in verhältnismäßig rasche Bewegung zu versetzen, darf billig bezweifelt werden.

Auch die Erscheinungen der Kapillarität in den feinen Holzzröhren sowie den Luftdruck hat man wohl zur Erklärung des Transpirationsstroms herangezogen, ohne jedoch hiermit zu befriedigenden Ergebnissen zu kommen. Könnte doch der Luftdruck der Atmosphäre höchstens einer Wassersäule von 10 m Höhe das Gleichgewicht halten, nicht aber einer solchen, wie wir sie im Stamme eines 50–100 m hohen Baumes emporsteigen sehen.

Ob eine neuere Ansicht, nach welcher die Kohäsionskraft des Wassers selbst eine mächtige Saugwirkung auf die langen, feinen, in den Gefäßröhren eingeschlossenen und bis zur Wurzelspitze reichenden Wasserfäden ausübt, das Richtige trifft, bleibt noch dahingestellt. – Daß transpirierenden Zweigen überhaupt eine saugende Kraft innewohnt, läßt sich leicht durch den Versuch nachweisen, ganz abgesehen davon, daß das „Frischbleiben“ oder Wiederfrischwerden abgeschnittener Zweige und Blumen, die man mit der Schnittfläche in Wasser stellt, nur durch das Aufsaugen des Wassers bis in die Spitzen der Triebe erklärt werden kann. Fügt man einen solchen abgeschnittenen Zweig luftdicht dem mit Wasser gefüllten und durch Quecksilber abgeschlossenen Schenkel einer U-förmigen Röhre ein, so läßt sich aus dem Emporsteigen des Quecksilbers die Saugwirkung deutlich erkennen (Fig. 153).

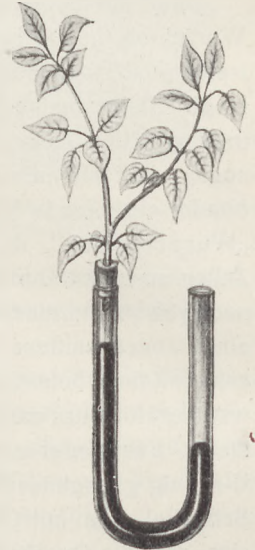


Fig. 153. Apparat zur Darstellung der Saugwirkung der Laubkrone.

Die aus den Blättern abgedunstete Wassermenge kann man in einfacher Weise dadurch ermitteln, daß man einen transpirierenden Pflanzenteil in eine Glasglocke mit Chlorcalcium oder konzentrierter Schwefelsäure bringt, wo dann die Gewichtszunahme dieser wasseranziehenden Chemikalien den Wasserverlust der Pflanze anzeigt. Dabei zeigt sich, daß die Transpiration hygrophiler Pflanzen um das Vieltausendfache größer ist als die ausgesprochener Xerophyten (z. B. der Cacteen). Schon der einfache Versuch mit der Wage (vgl. S. 168) lehrt, wie ungleich schnell zwei verschiedene Pflanzenteile (z. B. Holunder und Stechpalme) durch Verdunsten leichter werden.

Unter Umständen kann das Wasser übrigens auch in flüssiger Form aus den unverletzten Blättern ausgeschieden werden. Es findet sich diese Erscheinung namentlich bei vielen Gräsern (z. B. beim Mais nahe der Blattspitze), beim Frauenmantel

(an jedem Blattzähnen), bei der Kapuzinerkresse (an den stumpfen Ecken der Blattfläche), bei vielen Aroideen usw. Oft handelt es sich hierbei um sog. Wasserspalten, nicht selten aber auch um einfache Spaltöffnungen oder um Haare von verschiedener Form.

Die Nahrungsaufnahme durch die Blätter (Assimilation). Die Entdeckung, daß der in jeder organischen Verbindung enthaltene und demgemäß auch für die Pflanze durchaus unentbehrliche Kohlenstoff ausschließlich der atmosphärischen Luft entstammt, ist erst eine Errungenschaft des Endes des 18. Jahrhunderts, nachdem man vorher den Humus des Erdbodens als Kohlenstoffquelle betrachtet hatte. Das Gas der Luft, welches der Pflanze die enormen Mengen Kohlenstoff zu liefern hat, die sie tatsächlich enthält — es ist etwa die Hälfte ihres Trockengewichts, so daß also ein Baum von etwa 100 Zentnern Gewicht nicht weniger als 50 Zentner Kohlenstoff angesammelt hat —, ist bekanntlich die Kohlensäure oder richtiger das Kohlendioxyd. Da es nur in minimalen Mengen (etwa 3 bis  $3\frac{1}{2}$  Liter in 1000 Litern Luft) in der Atmosphäre enthalten ist, so folgt schon hieraus die große Intensität, mit welcher der Prozeß der Kohlensäureaufnahme und -zersetzung im Innern der Pflanze sich abspielen muß. Läßt sich doch berechnen, daß zur Gewinnung der oben erwähnten 50 Zentner Kohlenstoff eines Baumes nicht weniger als 12 Millionen Kubikmeter Luft in das Innere der Pflanze eindringen und hier ihr Kohlendioxyd abgeben mußten.

Obwohl der Gesamtvorrat des Kohlendioxyds der Luft sich auf 3000 Billionen Kilo berechnet, denen 800 Billionen Kilo Kohlenstoff entsprechen, so würde selbst diese gewaltige Menge von der Gesamtvegetation der Erdoberfläche in absehbarer Zeit verbraucht sein, wenn nicht fort und fort durch den Atmungsprozeß der Tiere, durch Verwesung von Organismen, Verbrennung von Kohle und durch vulkanische Prozesse neue Kohlensäuremengen der Atmosphäre zugeführt würden. Man ist daher berechtigt, von einem „Kreislauf des Kohlenstoffs“ in der Natur zu sprechen.

Das Chlorophyll. Nicht alle Pflanzen sind zur Zersetzung und Verwertung (Assimilation) des Kohlendioxyds aus der Luft befähigt, sondern nur die mit dem als Chlorophyll bekannten grünen Farbstoff (oder einem ähnlichen) ausgestatteten. Alle bleichen Pflanzen, wie die Pilze und die sog. Schmarotzer (Fichtenspargel, Schuppenwurz, Seiden usw.), sind auf die Aufnahme organischer Nahrung angewiesen.

Das Chlorophyll ist an besondere, meist rundliche Plasmakörperchen gebunden (Fig. 154), die in dem farblosen Protoplasma der Parenchymzellen des Blattfleisches, aber auch der grünen Krautstengel frei beweglich schwimmen. Am zahlreichsten finden sie sich in den unmittelbar der Blattoberseite an-

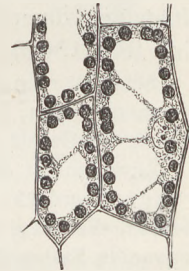


Fig. 154. Protoplasmatische Zellen mit Chlorophyllkörpern.

liegenden Gewebsschichten, die meist mit ihren senkrecht zur Blattfläche gestellten, gestreckten Parenchymzellen das an Intercellulargängen arme Palisadengewebe (Fig. 155 *P*) bilden, während das der Unterseite des Blattes benachbarte Gewebe (Schwammparenchym) weit weniger Chlorophyllkörper führt und durch die Ausbildung zahlreicher Intercellulargänge beweist, daß es als das den Spaltöffnungen nächstliegende Gewebe vornehmlich im Dienste des Gasaustausches steht. Die Chlorophyllkörper können bei verschiedenen Helligkeitsgraden ihre Lage in den Zellen

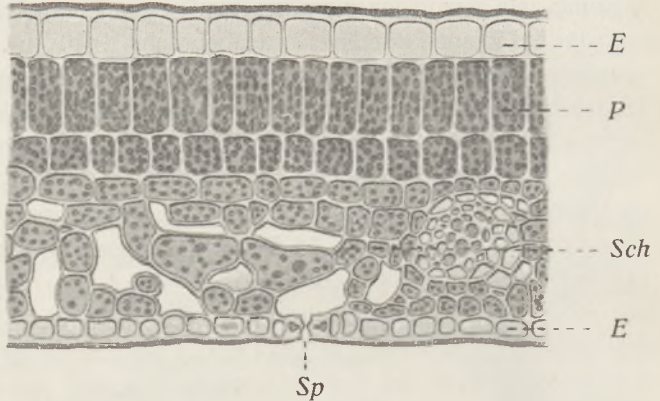


Fig. 155. Querschnitt durch ein Blatt des Alpenveilchens. *P* Palisadengewebe, *Sch* Schwammgewebe, *E* Epidermis, *Sp* Spaltöffnung.

ändern, dergestalt, daß sie bei intensivem Sonnenlicht sich in der Tiefe übereinander ordnen (Fig. 156 *a*), im Schatten aber mehr oberflächlich ausgebreitet sind (Fig. 156 *b*).

Schüttelt man eine alkoholische Chlorophylllösung mit Benzin, so trennt sie sich in einen gelben, im Alkohol gelöst bleibenden Farbstoff (Xanthophyll) und einen blauen, im Benzin gelösten (Cyanophyll).

Zuweilen ist die grüne Farbe für unser Auge durch Farbstoffe in den Zellwänden verdeckt (Blutbuche, Rotkohl). Bei den Braunalgen und Rottangen des Meeres aber sind in den Chlorophyllkörpern selbst neben dem Chlorophyll noch verwandte Farbstoffe enthalten; ähnlich in den Blaualgen.

Wie der grüne Farbstoff nur ausnahmsweise (Farne, Koniferenkeimblätter) in der Dunkelheit zur Ausbildung gelangt, in der Regel aber zu seiner Entstehung der Lichtwirkung bedarf (gelbe Kartoffelsprossen im Keller, Versuch mit belichteten und unbelichteten Keimpflanzen usw.), so auch vermag er seine zersetzende Wirkung auf das durch die Spaltöffnungen in das Innere des Blattfleisches eingedrungene Kohlendioxyd nur unter dem Einfluß des Lichtes auszuüben, und zwar sind es vor allem die weniger brechbaren Strahlen – rot, orange, gelb –, welche hierbei in Frage kommen, während die stärker brechbaren Strahlen nur eine geringe Arbeitsleistung erzielen (Kultur von Pflanzenteilen

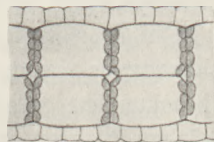
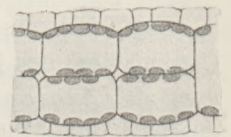


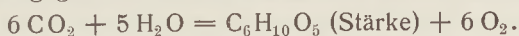
Fig. 156 *a*.  
Verschiedene Lagerung der Chlorophyllkörper.  
*a* bei Sonnenlicht, *b* im Schatten.



unter verschiedenfarbigem Licht. Lösungen von Kaliumchromat oder aber Kupferoxydammoniak).

*Aufnahme des Kohlendioxyds.* Über die chemischen Vorgänge bei der Aufnahme des Kohlendioxyds in den pflanzlichen Organismus wissen wir verhältnismäßig wenig. Nur so viel steht fest, daß das erste sichtbare Produkt dieses Prozesses in Form von mikroskopischen Stärkekörnern in den Chlorophyllkörpern selbst in die Erscheinung tritt. Da diese Stärkekörnchen in der Dunkelheit wieder aufgelöst und fortgeführt werden, ein Blatt also, welches längere Zeit im Dunkeln gehalten wurde, stärkefrei ist, so wird es (nach Ausziehen des Chlorophylls mittels heißen Alkohols) in diesem Zustande auch nicht durch Jod, das beste „Reagens“ auf Stärke, blau gefärbt. Behandelt man aber ein längere Zeit dem Lichte ausgesetztes, noch lebendes Blatt in ähnlicher Weise, so färbt es sich tief dunkelblau. Durch Bedecken eines Teiles des Blattes mit einem die Lichteinwirkung hindernden Stoff kann man den Versuch so abändern, daß nur der nichtbedeckte Teil blau wird, der bedeckt gewesene aber farblos bleibt (Fig. 157).

Eine ungefähre Vorstellung von dem Vorgange der Assimilation kann uns vielleicht die folgende Formelgleichung geben:



Verläuft der chemische Prozeß wenigstens annähernd in der hier vermuteten Weise, so folgt zunächst, daß bei der Assimilation einerseits Wasser verbraucht, andererseits Sauerstoff ausgeschieden wird. Ersteres läßt sich mit Wahrscheinlichkeit schon daraus schließen, daß der ganze Transpirationsstrom der Pflanze ja durch die Blätter geleitet wird. Letzteres kann man unmittelbar beobachten, wenn man z. B. abgeschnittene Wasserpflanzen (etwa Wasserpest) in einer mit Wasser gefüllten umgestülpten Glasglocke dem Sonnenlichte aussetzt. Es füllt sich dann bald die Kuppel der Glocke mit einem aus der Schnittfläche in feinen Bläschen hervortretenden Gas, das, wie die Analyse lehrt, aus fast reinem Sauerstoff besteht.

Die Intensität der Assimilation hängt natürlich von der Stärke und Dauer der Lichteinwirkung ab, augenscheinlich aber auch von der Art der Pflanze (Nachweis der Intensität durch Zählen der Sauerstoffblasen bei verschiedener Helligkeit). Für einen Quadratmeter Blattfläche der Sonnenblume hat man beispielsweise unter günstigen Bedingungen die Tagesproduktion an Stärke auf 25 g berechnet. Für die Gesamtleistung einer Wiese, eines Kornfeldes oder Waldes ergeben sich dementsprechend ganz gewaltige Zahlen.

*Umwandlung der aufgenommenen Nahrungsstoffe.* Mit der Erkenntnis, daß bei der Assimilation der Kohlensäure zunächst Stärke ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ ) in der

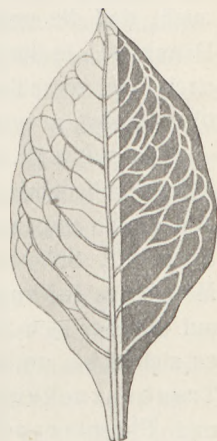


Fig. 157. Blatt, das nur rechtsseitig dem Licht ausgesetzt war und dann mit Jod behandelt wurde.

Pflanze erzeugt wird, ist für die Frage, wie sich nun weiter der chemische Aufbau des Pflanzenkörpers selbst vollzieht, nur wenig gewonnen.

Am leichtesten verständlich ist es jedenfalls, wenn die Stärke sich nicht nur in die eine gleiche prozentische Zusammensetzung zeigende Cellulose (den Baustoff der Zellwände) umzusetzen vermag, sondern auch in die zahlreichen anderen Kohlenhydrate, die wir in so reicher Fülle im Pflanzenkörper antreffen. Neben dem der Stärke in der Zusammensetzung nahestehenden Traubenzucker und Fruchtzucker ( $C_6H_{12}O_6$ ) sind hier unter anderen vornehmlich der Rohrzucker ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), der Malzzucker (Maltose,  $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$ ) und das Inulin ( $C_6H_{10}O_5$ ) namhaft zu machen. Man weiß auch, daß die unlösliche Stärke durch einen eiweißartigen Fermentstoff, die Diastase, in löslichen Traubenzucker umgewandelt und so befähigt wird, nach den verschiedensten Baustellen des Pflanzenkörpers in flüssiger Form übergeführt zu werden.

*Eiweißstoffe.* Völlig unklar aber ist es zurzeit noch, wie aus den verhältnismäßig einfachen, nur aus drei Elementen aufgebauten Kohlenhydraten nun die so ungemein hoch konstituierten Eiweißstoffe mit ihrem Gehalt an Stickstoff, Schwefel und Phosphor hervorgehen, und wie aus diesen die Menge des lebenden Protoplasmas ergänzt wird. Alles, was man in bezug auf die hier sich abspielenden Vorgänge allenfalls behaupten kann, ist, daß es sich dabei um ein Zusammenwirken des aus der Stärke hervorgegangenen Traubenzuckers und der aus dem Boden aufsteigenden, Stickstoff, Schwefel und Phosphor enthaltenden Mineralsalze des Transpirationsstroms handeln muß. Letztere sind vorwiegend Verbindungen mit Kalium und Magnesium; wir dürfen annehmen, daß sie von dem Protoplasma lebender Zellen in verschiedener Weise zersetzt werden, um so Verbindungen der oben genannten Grundstoffe zu liefern, die mit den vorhandenen Kohlenhydraten zu höher konstituierten Verbindungen sich vereinigen. Vermutlich bilden sich auf diese Weise zunächst sog. Amidverbindungen, wie man unter anderem aus der weiten Verbreitung des Asparagins ( $C_4H_8N_2O_3$ ), einer Amidverbindung der Apfelsäure, in den Pflanzen geschlossen hat. Gestützt wird eine solche Annahme durch die Beobachtung, daß Eiweißstoffe, da sie wegen ihrer kolloidalen Struktur durch feste Membranen nicht diffundieren können, für den Transport vielfach erst wieder in lösliche Amidverbindungen, Kohlenhydrate und Mineralsalze zerlegt werden, aus denen dann am Gebrauchsort wieder Eiweiß entsteht.

*Wanderung und Aufspeicherung der Nahrungsstoffe.* Aus der Tatsache, daß das Wachstum der Pflanzen an sehr verschiedenen Stellen ihres Körpers erfolgt (Dicken- und Längenwachstum des Stammes, der Wurzeln, Zweige, Knospen usw.), jedenfalls also auch an Punkten, an denen die erste Herstellung von Kohlenhydraten und Eiweißstoffen nicht vor sich geht, läßt

sich ohne weiteres schließen, daß die assimilierten und daher als Baustoff verwendbaren Substanzen, ähnlich dem Blute der Tiere, im Körper der Pflanze nach den verschiedensten Richtungen hin transportiert werden, um überall da zur Hand zu sein, wo eben der Aufbau neuer Zellen stattfindet. Auf einem ähnlichen Vorgang muß es beruhen, wenn in gewissen Organen der Pflanze, wie Knollen, Zwiebeln, Samen usw., überschüssig erworbene Nahrungsstoffe zunächst gewissermaßen aufgespeichert oder magaziniert werden (vgl. Fig. 147), ehe sie, oft erst nach längerer Ruhepause, zum Aufbau neuer Gewebe und Organe Verwendung finden. Wie leicht einzusehen, erscheint dieser letztere Prozeß der Aufspeicherung von Baumaterial durchaus natürlich bei allen den Pflanzen, welche im Hochsommer bei voll entwickelten Assimilationsorganen (Blättern) ihr Wachstum mehr oder weniger völlig eingestellt haben; sie können die fort und fort erzeugten „Assimilate“ nur verwerten, indem sie einmal den reifenden Samen das zu deren späterer Keimung nötige Material an Kohlenhydraten, Fetten und Eiweißstoffen zuführen, zum andern Teil aber in Stamm und Wurzel, in Knolle, Zwiebel und Rhizom die gleichen Assimilate ansammeln, um sie für die Wachstumsperiode des kommenden Frühjahrs zum Aufbau neuer Zellen und Gewebe bereit zu haben.

Wie schon angedeutet, ist der bei allen diesen Vorgängen nötige Transport der assimilierten Stoffe keineswegs so einfach, wie der des Blutes der Tiere durch das mächtige Pumpwerk des Herzens. Vielmehr handelt es sich hierbei, da ein treibendes Zentralorgan fehlt, der Hauptsache nach um osmotische Vorgänge und chemische Umsetzungen von Zelle zu Zelle, sofern nicht in gewissen röhrenartigen Geweben eine weniger komplizierte, saftstromartige Bewegung stattfindet.

*Transport der Stärke.* Was zunächst die in den Chlorophyllkörpern erzeugte Stärke betrifft, so wurde schon erwähnt, daß sie durch das als Diastase bekannte Ferment in Traubenzucker verwandelt und so als Lösung transportfähig gemacht wird. So kommt es, daß die am Tage im Innengewebe (Mesophyll) der Blätter gebildete Stärke beim Aufhören des Assimilationsvorganges im Dunkel der Nacht aus diesen Zellen verschwindet. Sie tritt über in die langgestreckten Zellen der Gefäßbündelscheide, durchwandert so den Blattstiel, um besonders durch Vermittlung des Siebteils der Gefäßbündel entweder direkt zu den Bauplätzen (Knospen, Samen usw.) geführt oder aber in Stamm (Rinde, Mark, Markstrahlen), Wurzel, Rhizom usw. aufgespeichert zu werden. In der Regel ist die hier zur Aufspeicherung gelangende Substanz ebenfalls wieder Stärke (Samen vieler Früchte, Kartoffelknolle, Sagopalme), doch können auch mancherlei verwandte Stoffe an deren Stelle treten: So das Inulin in den Georginen- und anderen Kompositenknollen, der Rohrzucker in der Wurzel der Möhren, dem Stengel des Zuckerrohrs, dem Stamm des Zuckerahorns, die Cellulose in den Samen



der Elfenbeinnuß (Phytelephas), die fetten Öle in vielen Samen (Kokospalme, Ölpalme, Olive usw.).

*Transport der Eiweißstoffe.* Die Eiweißstoffe, die, wie schon bemerkt, von der Pflanze ohne Schwierigkeit bis zu einem gewissen Grade zerlegt und dann wieder aufgebaut werden können, werden, ähnlich der Stärke, durch ein Ferment in lösliche Form gebracht (in Peptone verwandelt). Für den Transport von Zelle zu Zelle müssen sie in der Regel unter Bildung von Amiden zerfallen, um an der Gebrauchsstelle mit Hilfe von Mineralsalzen und Kohlenhydraten wieder aufgebaut zu werden. Daneben aber scheint in den Siebröhren des Bastteils der Gefäßbündel auch ein Ferntransport fertiger Eiweißstoffe stattzufinden. Jedenfalls beweist das auffallende Dickenwachstum oberhalb der Verletzung eines geringelten (ringförmig der Rinde beraubten) Zweiges, daß der von den Blättern abwärts ziehende Nahrungsstrom vornehmlich die Rindengewebe als Bahnen benutzt und demnach gestaut wird, wenn durch eine Ringelung bis auf den Holzkörper die Verbindung nach abwärts unterbrochen ist.

Eine Aufspeicherung von Eiweißstoffen ist namentlich aus vielen Samen bekannt. Sie finden sich hier in den Zellen teils als dichtes, wasserarmes Protoplasma, teils in Form von sog. Aleuronkörnern oder Proteinkristallen (vgl. Fig. 125 b).

*Nebenprodukte des Stoffwechsels der Pflanzen.* Wenn wir die Kohlenhydrate, die Fette und die Eiweißstoffe als die wesentlichen Baustoffe des Pflanzenkörpers in Anspruch nehmen können, so ist damit die Mannigfaltigkeit der organischen Stoffe, welche die Pflanze im Spiel der in ihr wirksamen chemischen Kräfte erzeugt, noch keineswegs erschöpft; vielmehr kennen wir neben jenen noch eine schier unabsehbare Menge von chemischen Verbindungen, die, bald allgemeiner verbreitet, bald auf einzelne Familien oder Arten beschränkt, im Pflanzenreich nachgewiesen sind. Von der Mehrzahl dieser Stoffe kennt man weder ihre Entstehung noch auch ihre Bedeutung für den Haushalt der Pflanze. Es mag daher genügen, wenigstens die wichtigsten Gruppen der hierher gehörigen organischen Verbindungen aufzuzählen.

In erster Linie sind hier zu nennen die Gerbstoffe (Rinde der Eiche, des Quebrachoholzes, Tee, Chinarinde usw.) und die im Zellsaft gelösten organischen Säuren (Apfelsäure, Weinsäure, Zitronensäure). Weit verbreitet sind sodann die teils stickstofffreien, teils stickstoffhaltigen, in Wasser löslichen Glykoside, die durch Säuren oder Fermente unter Bildung von Zucker zerlegt werden. Es gehören hierher das Amygdalin der bitteren Mandeln, das Solanin der Nachtschattengewächse, das Digitalin des Fingerhutes, das Coniferin der Nadelhölzer, das Vanillin der Vanille und viele andere. Noch verbreiteter sind wohl die Alkaloide, zu denen viele der stärksten Pflanzengifte gehören, so das Strychnin der Krähennuß, das Coniin des

Schierlings, das Nikotin des Tabaks, das Aconitin des Sturmhuts, das Atropin der Tollkirsche, Morphin und Codein des Mohns, das Chinin, Coffein, Theobromin usw. usw.

Darf man annehmen, daß die vorgenannten Stoffe der Pflanze in erster Linie Schutz gegen das Gefressenwerden gewähren, so fällt der Gruppe der ätherischen Öle (Terpentinöl, Zimtöl, Pfefferminz-, Nelken-, Rosen-, Kümmelöl usw.) wohl vornehmlich die Aufgabe zu, auf den Geruchssinn der Tiere zu wirken, sei es, um sie anzulocken oder abzuschrecken. Namentlich Lippenblütler, Doldenpflanzen und Kreuzblütler sind reich an ihnen; aber auch im Waldmeister, Ruchgras, in der Kamille, im Kampferbaum finden wir ähnliche Stoffe. Zu erwähnen sind ferner noch die Harze, Balsame, Gummiarten und die mancherlei Milchsäfte (einschließlich des Kautschuks und der Guttapercha), die teils in Intercellulargängen (Harz- und Gummigänge), teils in den netzförmig verzweigten Milchsäftgefäßen sich ansammeln. Die mannigfachen Farbstoffe im Zellsaft der Blumenblätter und Früchte endlich dienen wohl in erster Linie dazu, diese Gebilde für die anzulockenden Tiere augenfälliger zu machen.

Aufnahme organischer Nahrungsstoffe. Der Hauptmasse der Pflanzen, welche mit Hilfe der grünen Blätter imstande sind, aus der unorganischen Natur allein ihren Körper aufzubauen, steht eine Reihe von Pflanzenformen gegenüber, die entweder diese Fähigkeit überhaupt nicht besitzen und demgemäß, gleich den Tieren, ganz ausschließlich auf organische Nahrungsstoffe angewiesen sind, oder doch durch Aufnahme organischer Verbindungen in ihrem Gedeihen wesentlich gefördert werden. Zur ersteren Gruppe gehören zunächst fast alle Pilze\*), welche teils als Saprophyten von zergehenden organischen Resten sich nähren, teils als Parasiten an lebenden Tieren und Pflanzen schmarotzen. In ähnlicher Weise lassen sich auch die chlorophyllosen Formen der Phanerogamen in Saprophyten und Parasiten unterscheiden, wie dies im ersten Abschnitt (S. 43) näher ausgeführt ist. Dasselbe sind auch die nur teilweise auf organische Nahrung angewiesenen chlorophyllgrünen Schmarotzer, wie Augentrost, Klappertopf usw. erwähnt, sowie die sog. fleischfressenden Pflanzen (S. 48), die ihren Stickstoffbedarf zum Teil den mittels besonderer Fangvorrichtungen erbeuteten Insekten entnehmen.

Bemerkenswerte Modifikationen der Ernährung können endlich noch durch die verschiedenen Formen der Symbiose entstehen, gleichgültig, ob es sich dabei um zwei verschiedene Pflanzenarten (z. B. Pilz und Alge der Flechte, Knöllchenbakterien; vgl. S. 45) oder um die Vereinigung von Tier und Pflanze zu einem Doppelwesen handelt (Algenzellen im Innern der Hydren, Radiolarien, Süßwasserschwämme usw.; vgl. S. 62).

---

\*) Nur die sog. nitrifizierenden Bakterien bringen es trotz fehlenden Chlorophylls fertig, aus unorganischen Stoffen allein organische Substanz zu erzeugen und daraus ihren Körper aufzubauen.

#### 4. Atmung.

Wie die Tiere alsbald den Erstickungstod erleiden, wenn ihnen der zur Fortführung des Lebensprozesses nötige Sauerstoff entzogen wird, so auch kommen fast bei allen Pflanzen sämtliche Lebensfunktionen alsbald zum Stillstand, der schließlich in Tod übergeht, wenn man sie in eine sauerstofffreie Atmosphäre bringt. Es folgt daraus, daß auch die Pflanze, gleich dem Tier, zur Gewinnung der nötigen Spannkräfte der Oxydation eines Teiles ihrer Gewebe bedarf, wobei, wie genauere Untersuchungen ergeben haben, ganz wie beim Tier, Kohlendioxyd und Wasserdampf als Oxydationsprodukte ausgeschieden werden.

Da die chlorophyllgrünen Pflanzenteile beim Assimilationsprozeß unter dem Einfluß des Lichtes gerade umgekehrt Kohlendioxyd aufnehmen und Sauerstoff ausscheiden, so läßt sich der Sauerstoffverbrauch und die damit verbundene Kohlendioxydausscheidung ohne Schwierigkeit nur an im Dunkeln gehaltenen Pflanzen, bzw. an nicht grünen Pflanzenteilen (Pilzen, Blüten usw.) durch das Experiment nachweisen. Bringt man diese in einen Kolben, der mit seinem Halse in eine Quecksilberwanne taucht, und fügt zu den durch Wattebausch im Kolben festgehaltenen Pflanzenteilen einige Stückchen Ätzkali, so steigt unter günstigen Umständen das Quecksilber im Kolben um  $\frac{1}{5}$  des Volumens, d. h. bis der gesamte Sauerstoff des Kolbens verbraucht ist, da das der eingeatmeten Sauerstoffmenge an Volumen etwa gleichkommende ausgeschiedene Kohlendioxyd vom Ätzkali absorbiert wird. Will man die Ausatmung der Kohlensäure nachweisen, so muß man kohlenstofffreie Luft durch einen blumengefüllten Zylinder saugen und das austretende Gas durch Barytwasser leiten, das sich dann durch die neu erzeugte Kohlensäure trübt.

Bei untergetauchten Wasserpflanzen dringt der im Wasser gelöste Sauerstoff zugleich mit dem Wasser mittels Osmose durch die Wände der Epidermis, da hier Spaltöffnungen nicht entwickelt sind. Bei den Landpflanzen hingegen und bei den aufgetauchten Teilen der Wasserpflanzen dringt der Sauerstoff der Atmosphäre geradeso wie das Kohlendioxyd durch die Spaltöffnungen der Blätter und die Lenticellen der Zweige zunächst in die den ganzen Pflanzenkörper durchziehenden Intercellulargänge, um erst von diesen aus durch Osmose in die angrenzenden protoplasmatischen Zellen einzutreten. Augenscheinlich sind alle protoplasmahaltigen Zellen des Pflanzenkörpers der Atmung fähig, aber auch bedürftig.

Da ein besonderer Atmungsmechanismus, wie er bei den höheren Tieren entwickelt ist, bei den Pflanzen fehlt, so erfolgt der Austausch der Gase in erster Linie durch Diffusionsströme in Verbindung mit dem Druck der Atmosphäre und dem Transpirationsstrom, doch wird die Bewegung gasförmiger Körper in den Intercellulargängen jedenfalls auch durch Temperatur-, Druck- und Feuchtigkeitswechsel in der umgebenden Atmosphäre, wie durch Bewegungen der Pflanzenteile durch den Wind beeinflusst.

Auf die geräumigen Luft- und Sauerstoffbehälter im Innern hohler Stengel von Wasserpflanzen, durch welche auch den tief im Schlamm steckenden Organen Sauerstoffzufuhr ermöglicht wird, wurde bereits im ersten Teil hingewiesen (S. 23).

Gewisse Bakterien (die Anaërobionten) haben es fertig gebracht, ihren Sauerstoffbedarf durch Zersetzung organischer Leibessubstanz dauernd zu decken, so daß sie dadurch von der atmosphärischen Luft unabhängig sind und auch in einem sauerstofffreien Medium zu existieren vermögen.

Daß die Oxydation der pflanzlichen Gewebe mit Wärmebildung einhergeht, läßt sich namentlich bei Pflanzenteilen nachweisen, die in schnellem Wachstum begriffen sind und dabei intensiv atmen (Versuch mit keimenden Erbsen). Im Blütenkolben mancher Aroideen kann sich die Temperatur um 10, ja um 15–20° erhöhen, wobei in wenigen Stunden der gesamte Vorrat an Stärke und Zucker veratmet wird.

Mit dem Sauerstoff der Luft hängt jedenfalls auch das Leuchten gewisser niederer Pflanzen (Leuchtbakterien, Pilzmycelien, manche ausländische Hutpilze) zusammen, da es in sauerstoffreicher Umgebung verschwindet. Der Leuchtstoff selbst bildet kleine Körnchen im Protoplasma der Zellen. — Nicht zu verwechseln mit dem selbständigen Leuchten ist die Reflexion des Tageslichtes beim Leuchtmoos (vgl. S. 8).

### 5. Fortpflanzung.

Schon bei der Besprechung der einzelligen Lebewesen wurde dargelegt, daß wir bei dem Ersatz der alternden Individuen durch eine jüngere Generation im allgemeinen zwei Hauptarten der Fortpflanzung zu unterscheiden haben: die ungeschlechtliche, allein von den Zellen oder Geweben eines einzigen Individuums ausgehende, und die geschlechtliche, bei welcher die Kerne zweier verschiedener Zellen (und meist auch Individuen) miteinander verschmelzen und so die Eigenschaften verschiedener Individuen in dem neu entstehenden Organismus vereinigen. Bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung handelt es sich also um eine einfache Vermehrung der Zahl der Individuen, bei der geschlechtlichen zugleich auch um eine Änderung in der Qualität der Individuen.

Beide Arten von Fortpflanzung sind bei den Pflanzen weit verbreitet.

Ungeschlechtliche Vermehrung. Was zunächst die ungeschlechtliche oder vegetative Vermehrung betrifft, so zeigt schon die Leichtigkeit, mit der es uns gelingt, abgeschnittene Zweige (Stecklinge), Wurzelstücke usw. bei geeigneter Behandlung zu selbständigen Pflanzen auswachsen zu lassen, daß der Gesamtaufbau des Pflanzenkörpers für eine solche Hervorbringung neuer Individuen aus seinen Gewebsbestandteilen ungemein günstig ist. Es kann daher nicht wundernehmen, daß die Pflanze selbst, ohne Zutun des Menschen, vielfach von dieser Fähigkeit Gebrauch macht und Teilindividuen von sich abgliedert. Die der künstlichen Erzeugung von Stecklingen nächststehende Vermehrungsart ist die durch Ausläufer, d. h. durch lange, schlanke, sich zum Boden herabsenkende Seitenzweige, die an ihrem Ende wurzeln und hier ein neues Individuum entstehen lassen, das dann durch Absterben des verbindenden Ausläuferzweiges selbständig wird (Fig. 158). Verwandt hiermit ist die Bildung von Knollen an unterirdischen Seitenzweigen (Kartoffel) und die

Entwicklung junger Zwiebelbrut innerhalb der Hüllen der Mutterzwiebel bei vielen Zwiebelgewächsen. Zu unterscheiden von der Zwiebelbrut sind die oberirdischen Brutzwiebeln, wie sie namentlich im Blütenstande vieler Laucharten (Knoblauch, Porree usw.; Fig. 159) auftreten, sowie die Brutknollen der Feuerlilie und des Scharbockskrauts. Den letzteren wird man die Brutknospen in den



Fig. 158. Ausläufer der Erdbeere.

Bechern der Marchantia (Fig. 160 BK) und anderer Lebermoose an die Seite stellen können. Brutknospen, welche an Organen auftreten, die für gewöhnlich keine Sprosse erzeugen, gehören zu den sog. Adventivbildungen. Sie sind vor allem von den Blättern gewisser Farne (*Asplenium bulbiferum* usw.) bekannt, finden sich aber auch beispielsweise gelegentlich bei unserm gemeinen Wiesenschaumkraut (Fig. 161).

Der Erhaltung der Art bei ungünstigen äußeren Verhältnissen (vgl. S. 20) dienen die „Winterknospen“ vieler Wasserpflanzen (Froschbiß [vgl. Fig. 13], Wasserschlauch usw.).

**Sporen.** Handelt es sich in den vorgenannten Fällen um umfangreichere Gewebskörper, welche von der Mutterpflanze abgegliedert werden, so ist andererseits die Abschnürung einzelner Zellen als neuer Lebenskeime nicht minder weit verbreitet. Wenn man will, kann man bereits die ungeschlechtliche Teilung der Einzelligen, wie sie bei den Bakterien, Hefepilzen, einzelligen Algen allgemein zu beobachten ist, in diese Kategorie rechnen. Nicht wesentlich verschieden hiervon ist die Abschnürung unbeweglicher Sporen mancherlei Art (Conidien, Basidiosporen, Uredosporen usw.) bei den Pilzen (Fig. 162), die Bildung nackter

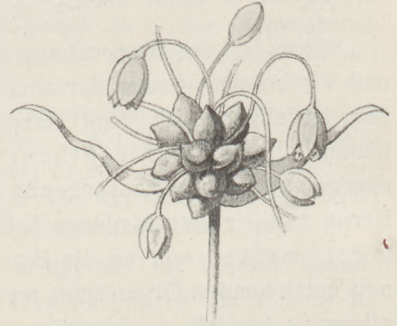


Fig. 159. Brutzwiebeln einer Lauchart.

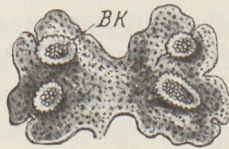


Fig. 160. Brutknospen (BK) von Marchantia.



Fig. 161. Adventivknospen auf einem Blatt des Wiesenschaumkrautes.

„Schwärmosporen“ bei anderen Pilzen (Fig. 163) und bei vielen Fadenalgen. Bei den höheren Kryptogamen, aber auch schon bei manchen Pilzen (Schimmel-

pilze), entwickeln sich die kugeligen Sporen in besonderen Behältern (Mooskapsel, Sporangien der Farne, Bärlappe, Schachtelhalme). Bei ihnen ist zugleich auch ein regelmäßiger Wechsel von geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Vermehrung zur Ausbildung gelangt, wobei die beiden auf die eine oder die andere Weise erzeugten Generationen weitgehende Verschiedenheiten zeigen (Moospflanze – Mooskapsel; Prothallium – Farnkraut). Derartige Verhältnisse werden als „Generationswechsel“ bezeichnet.

**Geschlechtliche Vermehrung.** Bei der geschlechtlichen oder sexuellen Fortpflanzung können auch bei mehrzelligen Pflanzen die beiden

Arten von Zellen, deren Kerne sich vereinigen sollen, noch annähernd gleich sein (z. B. Spirogyra unter den Algen [Fig. 164], Kopfschimmel unter den Pilzen). In der Regel aber läßt sich, wie schon bei vielen Einzelligen, die ruhende

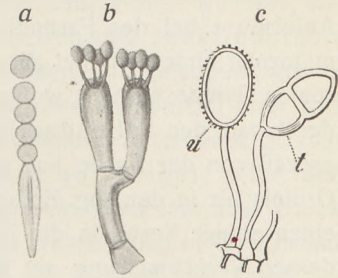


Fig. 162. Sporen von Pilzen. a Conidien, b Basidiosporen, c Uredosporen (u) und Teleutosporen (t).

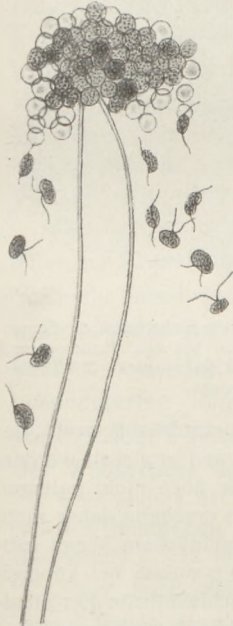


Fig. 163. Schwärmsporen eines Pilzes (Achlya).

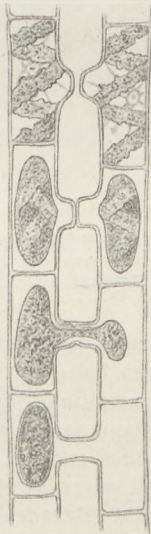


Fig. 164. Konjugation von Spirogyra.

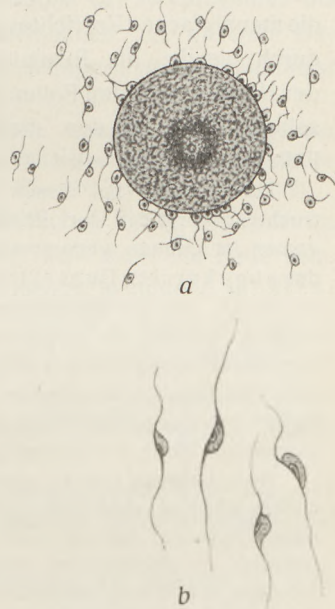


Fig. 165. a Eizelle eines Blasentang, von Spermatozoen umschwärmt; bei b einige Spermatozoen stärker vergrößert.

Eizelle (Makrogamet) von den durch Geißelfäden beweglichen Samenzellen oder Spermatozoen (Mikrogameten) unterscheiden (Fig. 165).

Eine Erklärung findet der letztere Name in der früher herrschenden irrigen Vorstellung, daß nicht aus der Eizelle, sondern aus der Samenzelle das künftige Individuum hervorgehe. Die freie Beweglichkeit der Zelle verleitet zudem zu der An-

sicht, daß man es hierbei mit selbständigen tierischen Lebewesen („Spermatozoën“ = Samentierchen) zu tun habe.

Derartige, durch chemische Reizwirkung (Zucker bei den Laubmoosen, Apfelsäure bei den Farnen) den Eizellen zugeführte, frei bewegliche Spermatozoën finden wir bei allen höheren Kryptogamen und selbst noch bei einzelnen Gymnospermen, wohingegen bei den Phanerogamen an deren Stelle der Inhalt der ruhenden Pollenzelle tritt, der durch eine Art Keimungsprozeß von der Narbe aus als zarter Pollenschlauch durch das Gewebe des Griffels bis in den sog. Embryosack der Samenknospen hineinwächst, um hier einen seiner Kerne in die Eizelle eintreten zu lassen (Fig. 166). Erst nach dessen Verschmelzung mit dem Eikern beginnt der die Bildung des jungen Pflanzenindividuums (Pflanzenembryo) einleitende Furchungsprozeß.

Über die Mittel, durch welche das Pollenkorn auf die Narbe gelangt, ist bereits im ersten Abschnitt (S. 58 ff.) ausführlicher berichtet, ebenso über die mannigfachen Vorrichtungen, durch welche die Bestäubung der Narbe durch den Pollen derselben Blüte in den meisten Fällen vermieden wird (S. 54).

Daß es sich bei diesem Befruchtungsvorgang der Phanerogamen im Grunde genommen um den abgekürzten Generationswechsel der Gefäßkryptogamen handelt, insofern der Embryosack der Samenknospe der Makrospore, das Pollenkorn der Mikrospore entspricht, in denen die Bildung des Prothalliums fast völlig unterdrückt wurde, ist namentlich durch die Übergangsbildungen bei den Gymnospermen erwiesen worden.

Bei gewissen Pilzen (Hut- und Bauchpilzen) hat es bisher noch nicht gelingen wollen, mit Sicherheit Befruchtungsvorgänge nachzuweisen. Es erscheint daher nicht ausgeschlossen, daß sie sich ausschließlich nur auf ungeschlechtlichem Wege fortpflanzen. In Parallele zu stellen hiermit wären gewisse Vorkommnisse bei höheren Pflanzen, bei denen ebenfalls durch Zucht (Bananen) die geschlechtliche Fortpflanzung ganz unterdrückt sein kann, oder wo doch die vegetative Vermehrung derart überwiegt (Knoblauch, *Ranunculus ficaria*, Wasserlinse), daß nur äußerst selten reife Samen zur Ausbildung kommen.

## 6. Bewegungs- und Reizerscheinungen.

Im Eingange dieses Abschnittes haben wir bei Besprechung der einzelligen Wesen darauf hingewiesen, daß eine scharfe Grenze zwischen Tier- und Pflanzenreich nicht zu ziehen sei. Auch die Reizbarkeit durch äußere

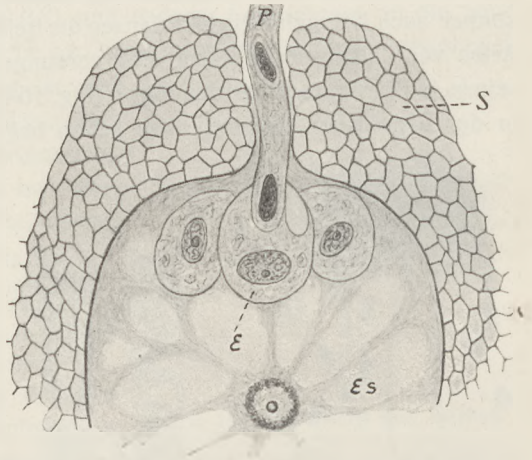


Fig. 166. Befruchtung der Eizelle im Embryosack der Samenknospe durch den Pollenschlauch bei den Phanerogamen. P Pollenschlauch, E Eizelle, Es Embryosack, S Wand der Samenknospe.

Kräfte, die Fortleitung dieser Reize, wie endlich die Reaktion auf sie ist eine allgemeine Eigenschaft des beiden Reichen gemeinsamen eigentlichen Lebensstoffes, also des Protoplasmas, und es folgt daraus ohne weiteres, daß auch die Pflanze, gleich dem Tier, reizempfindlich und reaktionsfähig sein muß. Daß diese Tatsache lange Zeit übersehen und geleugnet werden konnte, hat vornehmlich darin seinen Grund, daß die an den Ort ihrer Entstehung festgebannte höhere Pflanze nur verhältnismäßig selten dazu gelangt, auf die von außen auf sie einwirkenden Reize in auffälliger, selbst dem ungeübten Beobachter sichtbarer Weise zu reagieren. Nachdem aber einmal die Aufmerksamkeit auf derartige, namentlich als Bewegung in die Erscheinung tretende Reizauslösungen gelenkt worden ist, beginnt man mehr und mehr einzusehen, daß auch in dieser Beziehung prinzipielle Unterschiede zwischen Tier und Pflanze nicht aufrechtzuerhalten sind. Bei den einzelligen Pflanzen, den Flagellaten, Diatomeen, Desmidiaceen, Bakterien, ist eine freie Ortsbewegung ebensogut entwickelt wie bei den einzelligen Tieren. Daneben erfreuen sich auch die Jugendzustände (Schwärmosporen) höherer Algen und mancher Pilze sowie die männlichen Geschlechtszellen der Kryptogamen bis hinauf zu den Farnen, Bärlappen und Schachtelhalmen der gleichen Bewegungsfähigkeit. Schwingende Geißelfäden oder Wimpern sind hierbei meist die treibenden Kräfte.

Selbst noch bei manchen aus Zellreihen bestehenden Algenfäden (Schwingfäden oder Oscillarien, Spirogyren) beobachtet man schwingende Bewegungen, ohne indes über die bewirkende Ursache bisher hinreichend zur Klarheit gekommen zu sein.

Bei den im festen Gewebsverbande befindlichen Zellen der höheren Pflanzen kann natürlich von einer Ortsbewegung nicht mehr die Rede sein. Vielmehr beschränken sich bei ihnen die Bewegungserscheinungen auf Strömungen des protoplasmatischen Inhalts, die unter dem Mikroskop um so leichter zu beobachten sind, als hierbei die vielen, im hyalinen Protoplasma suspendierten feinsten Körnchen in lebhaftem Strom vor unserem Auge vorüberziehen (Haare der Brennessel, der Wurzeln des Froschbiß, Blätter der Wasserpest, der Armluchtergewächse).

Eine andere Art von Bewegung im Innern des Plasmaleibes der Zelle zeigt sich bei der Umlagerung der Chlorophyllkörper bei wechselnden Helligkeitsgraden, auf die bereits S. 172 hingewiesen wurde.

Aber auch der vielzellige pflanzliche Organismus als solcher ist trotz seiner festen Verankerung im Boden nicht dazu verurteilt, in jeder beliebigen Lage zu verharren, in die er durch das blinde Spiel der von außen auf ihn wirkenden Kräfte gebracht ist.

Geotropismus. Wie jeder weiß, kümmern sich weder Gärtner noch Säemann darum, welcher Teil des im Samen ruhenden Keimlings beim Einbetten in die Erde nach oben, welcher nach unten kommt, und ebensowenig sind bei der Selbstaussaat, bei der Verbreitung der Samen durch Wind, Wasser



und Tiere, für eine solche Orientierung irgend welche Vorkehrungen getroffen. Nichtsdestoweniger sehen wir mit strengster Gesetzmäßigkeit beim Keimen der Pflanze die Achse mit den Keimblättern alsbald nach oben dem Lichte zustreben, die Wurzel hingegen in die Tiefe sich senken, gleichgültig, wie die Lagerung dieser Organe vordem in der Samenschale zur Oberfläche des Bodens war (Versuch mit aufgespießten, mit der Wurzel nach oben gerichteten Keimpflanzen).

Die Erklärung dieses Phänomens der „Orientierung“ von Stamm und Wurzel nach oben und unten im Raum wurde bis zu einem gewissen Grade vor jetzt genau hundert Jahren gefunden, indem man durch Versuche mit Zentrifugalmaschinen nachwies, daß zweifellos die Schwerkraft der Erde jenes Richtungsvermögen hervorrufe. Man sah sich demgemäß veranlaßt, der Wurzel einen positiven, dem Achsenorgan einen negativen „Geotropismus“ zuzuschreiben. Allein erst der jüngsten Zeit war es vorbehalten, diesen immer noch rätselhaften Geotropismus unserem Verständnis einen weiteren Schritt näher zu führen, und zwar durch den Nachweis spezifischer Organe in Stamm und Wurzel, die man wohl nicht mit Unrecht den Gleichgewichtsorganen (Statocysten) der Tiere (vgl. später) in Parallele gestellt hat. Kurz gesagt, handelt es sich sowohl in den sog. Stärkescheiden der Achsenorgane wie in stärkeführenden Zellen der Wurzelhaube um Zellen, deren wandständiges Plasma an den Seitenwänden stark reiz-

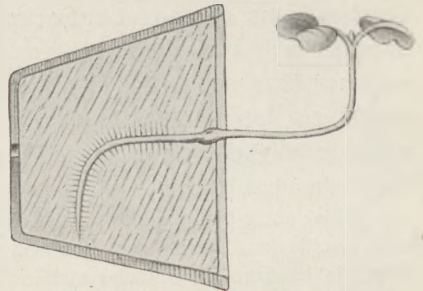


Fig. 167. Keimpflänzchen, nach Umlegung des Blumenpots mit der Spitze nach oben, mit der Wurzel nach unten sich krümmend.

empfindlich ist und durch die aus dem Zellsaft auf sie niedersinkenden Stärkekörnchen gereizt, d. h. zu stärkerem Wachstum angeregt wird. Wird also ein Achsenorgan in horizontale Lage gebracht, so daß die Stärkekörnchen auf die der Rinde zugekehrte Zellwand der „Sinneszellen“ sinken, so wird hierdurch ein stärkeres Wachstum eben dieser unten liegenden Wände und somit eine Aufwärtskrümmung des ganzen Achsenorgans bewirkt (Fig. 167). Bei den Zellen der Wurzelhaube ist es umgekehrt die dem Mark zugekehrte Zellwand, die von den Stärkekörnchen gereizt wird und dadurch Krümmungen hervorruft, die denen der Achse entgegengesetzt, also „positiv geotropisch“ sind. Zu bemerken ist hierbei noch, daß die Reizauslösung, in unserem Falle also die Krümmung, durchaus nicht immer (z. B. nicht bei der Wurzel) unmittelbar am Orte der Reizwirkung stattfinden braucht, sondern daß wir auch bei den Pflanzen eine ganz ähnliche Reizleitung anzunehmen haben, wie wir sie bei den Tieren kennen. Die feinen Plasmastränge, welche, die Cellulosewände durchsetzend, das Protoplasma sämtlicher lebender Zellen einer Pflanze miteinander verbinden, bringen auch diese Erscheinung unserem Verständnis näher.

Auf ähnlichen Reizwirkungen, wie bei Achse und Wurzel, dürfte die eigentümlich kreisende Bewegung der Gipfelsprosse der Schlingpflanzen beruhen, denen man deshalb ebenfalls eine Art Geotropismus zugeschrieben hat. Diese kreisende Bewegung bewirkt, daß sich die Stengel bald rechts (Hopfen [Fig. 168], Geißblatt), bald links (die meisten übrigen windenden Pflanzen) um andere aufrechte Achsenorgane oder Stützen herumwinden, wobei die Schlingen, im Gegensatz zu den später zu besprechenden Kontaktreizen, anfangs in der Regel nur lose die fremde Stütze umgreifen.

Stellung der Laubblätter. Auch die mehr oder weniger wagerechte Stellung der Laubblätter, wobei die Oberseite des Blattes nach oben, die Unterseite nach unten gekehrt ist, hat man wohl mit dem Geotropismus in Beziehung gebracht. Neuere Untersuchungen machen es jedoch in hohem Grade wahrscheinlich, daß es sich hierbei um eine Folgeerscheinung von Lichtreizen handelt. Wie der Augenschein lehrt, ist die Außenwand der Blattoberhautzellen in der Regel konvex vorgewölbt, wodurch nach optischen Gesetzen die senkrecht auffallenden Lichtstrahlen vornehmlich auf die Mitte der Innenwand konzentriert werden, die Randzone aber verhältnismäßig dunkel bleibt. Stellt man sich nun vor, daß das Plasma der Zellwandung in verschiedenem Grade lichtbedürftig sei, derart, daß ein Gleichgewichtszustand nur eintritt, wenn eben jenes Mittelfeld die denkbar stärkste Beleuchtung erhält, so kann man verstehen, wie durch ein in anderm Winkel einfallendes Licht Reizwirkungen entstehen, die eine Drehung des Blattes bzw. Blattstiels bis zur erlangten Normalstellung hervorrufen. Bei sehr intensiven Lichtreizen kann übrigens auch eine Abwehrstellung der Blätter (Vertikalstellung derselben bei den Kompaßpflanzen; vgl. S. 7, Fig. 1) erfolgen.

Auch die Blattstiele erweisen sich für Lichtreize empfindlich und ebenso die jungen, noch wachstumsfähigen Triebe, wie man namentlich schön an Zimmerpflanzen beobachten kann, deren jüngere Achsenorgane sich dem Fensterlicht zukrümmen (positiver Heliotropismus, Fig. 169).

Schlafstellung der Blätter und Blüten.  
Von anderen durch das Licht hervorgerufenen

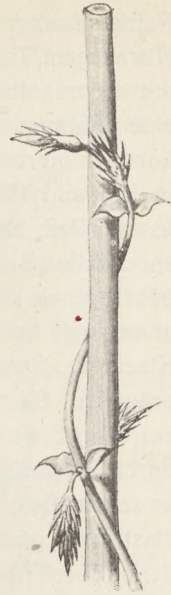


Fig. 168. Windende Pflanze (Hopfen).

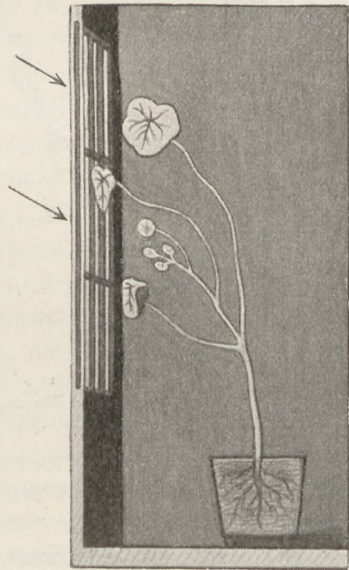


Fig. 169. Junge Kapuzinerkresse, dem Fensterlicht sich zuwendend.

Reizauslösungen sei hier noch das Öffnen vieler Blüten bei Sonnenschein (Taraxacum, Tragopogon, Crocus, Drosera usw.) erwähnt, das sich bei manchen mit einer solchen Regelmäßigkeit vollzieht, daß man mit ihrer Hilfe sogar eine „Blumenuhr“ hergestellt hat. Vielfach kommen hierbei übrigens auch Wärmereize in Betracht (Tulpe, Herbstzeitlose, Crocus usw.). Dem Sichschließen der Blüten entspricht die „Schlafstellung“ vieler Laubblätter, wie sie besonders gut bei Mimosen, aber auch bei unseren Robinien, Bohnen, Kleearten, Sauerklee (Fig. 170) usw. ausgeprägt ist. Es handelt sich dabei um einen regelmäßigen Wechsel der Blattstellung durch Senkung bzw. Hebung des Blattstiels an seinem Grunde. Hier findet sich ein Polster elastischer, prall mit Zellsaft gefüllter (stark turgeszierender) Parenchymzellen, bei denen durch Wasseraustritt an der einen Seite in die Intercellulargänge eine starke Krümmung der Gegenseite und dadurch – bei beginnender Schlafstellung – das Senken des Blattstiels herbeigeführt wird.

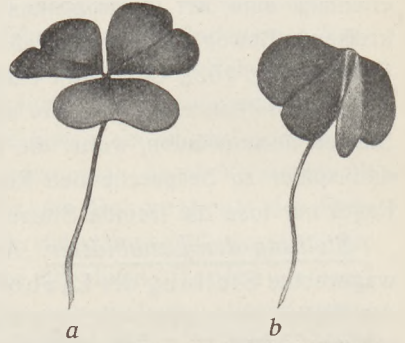


Fig. 170. *a* Tagstellung, *b* Schlafstellung eines Blattes vom Sauerklee.



Fig. 171. Rankende Pflanze.



Fig. 172. Wilder Wein mit sich entwickelnden Saugscheiben (S).

Der sog. „negative Heliotropismus“ der Klammerwurzeln (Efeu) hat das tiefere Eindringen dieser Wurzeln in die Ritzen der Bäume und Mauerspalten zur Folge.

Berührungsreize. Eine große Mannigfaltigkeit zeigen endlich die Erscheinungen, welche durch Berührungsreize hervorgerufen werden, wobei es sich in jedem Falle wohl um Einrichtungen handelt, durch welche der

protoplasmatische Wandbelag der durch den Reiz getroffenen „Sinneszellen“ stark gedrückt wird. Nicht selten sind zu dem Ende besondere Fühlborsten entwickelt, mit dünnwandiger Gelenkzone am Grunde, welche eine starke Knickung der Borste gestattet; auch Tastpapillen mit ähnlicher Gelenkzone am Grunde treten vielfach auf.

Sehr augenfällig ist zunächst die Berührungswirkung bei den Spitzen der Ranken. Sie führen anfangs meist ganz ähnliche kreisende Bewegungen aus wie die Endsprosse der windenden Pflanzen. Sobald sie aber mit ihrer reizempfindlichen Spitze mit irgend einem festen Gegenstand in Berührung kommen, erfolgt durch einseitigen Wasseraustritt eine Krümmung (wie bei dem Senken der Blätter in der Schlafstellung), welche ein festes Umwinden des Gegenstandes zur Folge hat (Fig. 171). Bei den vollkommensten Ranken bleibt die Krümmung übrigens nicht örtlich beschränkt, sondern es krümmt sich auch der freie mittlere Rankenteil zu einer Spirale auf, so daß durch die hierdurch bedingte Verkürzung der Ranke der an ihm sitzende Stengelteil geradezu emporgehstä wird. Durch spätere Verholzung gewinnt die anfangs krautige Ranke oft bedeutend an Tragfähigkeit (Wein). Auch Blattstiele können rankenförmig andere Pflanzen umgreifen (Clematis, Kapuzinerkresse). Bei gewissen wilden Weinarten (Ampelopsis) besitzen die Ranken an ihrer Spitze klebrige Knöpfchen, die dann zu Saugscheiben auswachsen (Fig. 172).

Weit verbreitet sind sodann die Bewegungsauslösungen durch Berührungsreize bei den Blütenorganen, besonders bei den Staubgefäßen und Narben. Es sei in dieser Hinsicht nur an die schlagenden Staubgefäße der Berberitzen und Brennesseln, die Bestäubungsapparate der Kornblume, der Kakteen, das Zusammenklappen mancher Narben usw. erinnert.

Am wunderbarsten aber erscheinen die Reizorgane bei der „Sinnpflanze“ (*Mimosa pudica* u. a.), deren überraschendes Zusammenlegen und Senken der Blätter bei Erschütterung oder Berührung von jeher das Interesse der Forscher erregt hat (Fig. 173). Eine ähnliche Empfindlichkeit findet sich nur noch wieder bei den Drüsenborsten unseres Sonnentaus und bei den Blatthälften der Venusfliegenfalle, die bei der geringsten Berührung ihrer langen Fühlborsten zusammenklappen (vgl. Fig. 30).



Fig. 173. Sinnpflanze. *a* mit normal ausgebreitetem, *b* mit erschüttertem Blatte.

Bewegung protoplasmaloser Gewebe. Nur kurz sei hier noch darauf hingewiesen, daß neben den im vorstehenden besprochenen Bewegungserscheinungen der lebenden Gewebe nun auch noch mannigfache Gestaltveränderungen und Bewegungsvorgänge am abgestorbenen Gewebe zu beobachten sind, die durchgehends auf Quellung bzw. Austrocknen der hygroskopischen Zellwände beruhen. Es gehört in diese Kategorie das Aufspringen der Früchte (wobei nicht selten durch die herrschenden Spannungen Schleudervorgänge erzielt werden), das Öffnen der Staubbeutel zum Entlassen des Blütenstaubs, der Mooskapseln und sonstigen Sporenbhälter zum Austritt der Sporen, die Schleudervorrichtung der Elateren an den Sporen der Schachtelhalme (Fig. 174), das Auspreizen der Pappushaare bei vielen Compositen zur Zeit der Trockenheit, die Torsionsbewegungen mancher Grannen und der Schnabelfortsätze gewisser Storchschnabelfrüchte (vgl. Fig. 15) usw. Allen diesen Bewegungen kommt für den Haushalt der Pflanzen ebenfalls eine erhebliche Bedeutung zu.

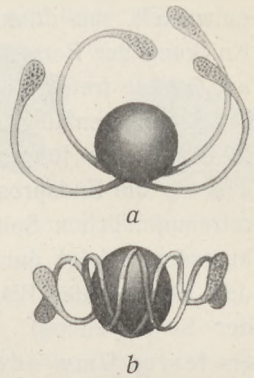


Fig. 174. Sporen vom Schachtelhalm mit Elateren. *a* bei Trockenheit, *b* bei Feuchtigkeit.

## II. Die mehrzelligen Tiere.

### a. Zellen und Gewebe.

Im Gegensatz zu den Geweben der Pflanze, die infolge der starren Cellulosewandung ihrer Zellen fast durchweg den Charakter eines Systems zahlloser Kämmerchen bewahren, entfernt sich das tierische Gewebe mit seinen zarten Wandungen, seinen Zellverschmelzungen, Zellausscheidungen und seinen oft fadenförmigen Elementen in der Regel sehr weit von dem ursprünglichen Grundtypus, wie denn überhaupt die „Differenzierung“ der Zellen hier einen ungleich höheren Grad erreicht als bei den Pflanzen.

Differenzierung der Zellen. Aus der Eizelle entsteht zunächst durch den „Furchungsprozeß“ meist ein rundlicher oder maulbeerartiger Haufe von gleichartigen Zellen (Morula). Im Innern des Zellhaufs bildet sich sehr bald ein hohler Raum aus, wodurch er zur Hohlkugel (Blastula, Fig. 175 *a*) wird. Aus dieser einschichtigen Hohlkugel gilt es nunmehr, ein zweischichtiges Lebewesen zu formen (die Gastrula). Dies geschieht zuweilen durch Abspaltung einer inneren Zellage von der die Kugelhülle bildenden Zellschicht, häufiger aber dadurch, daß der eine Pol der Hohlkugel sich nach innen einstülpt (Fig. 175 *b*), bis die einsinkende Wand, ähnlich wie bei einem eingedrückten hohlen Gummiball, schließlich sich ganz an die Innenseite des konvex bleibenden Kugelabschnittes anlegt (Fig. 175 *c*). Die Stelle, wo diese

Einstülpung erfolgt, und die sich bald wieder bis auf eine mäßige Öffnung verengt, heißt der Urmund. Schon hiermit sind wir zu einer Organisationsstufe gelangt, die etwa derjenigen der Hohltiere entspricht, die ja ebenfalls im wesentlichen nur einen von zwei Zellschichten (dem Ektoderm und dem

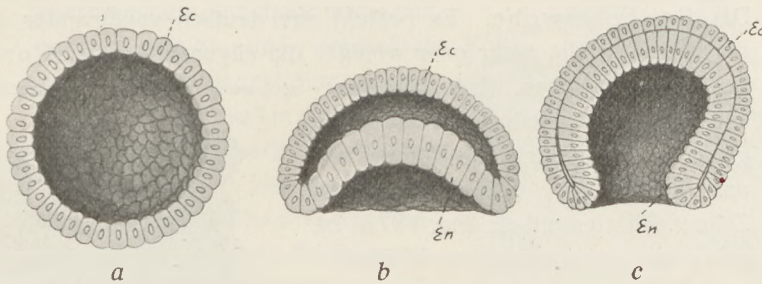


Fig. 175. *a* Blastula im Durchschnitt, *b*, *c* Bildung der Gastrula. *Ec* Ektoderm, *En* Entoderm.

Entoderm) umschlossenen Hohlzylinder mit vorderer Öffnung darstellen. Die äußere Zellenlage der zweischichtigen Gastrula, also das Ektoderm, pflegt sich mit Wimpern zu bekleiden und tritt damit in den Dienst der Ortsbewegung. Die durch Einstülpung nach innen gelangte Zellenlage aber übernimmt als Entoderm vorwiegend die Aufgabe der Verdauung und die Produktion von Keimstoffen.

Bei den höheren Tieren ist der hier kurz geschilderte Hergang der Bildung der beiden „primären Keimblätter“ vielfach dadurch verwischt, daß das Ei infolge seines Reichtums an Nahrungsdotter keine „totale Furchung“ mehr erleidet. Der Furchungsprozeß beschränkt sich hier vielmehr auf einen Teil der Oberfläche des Eis (Keimscheibe, Fig. 176) und schreitet erst allmählich in der Peripherie der Eizelle fort. Trotzdem kommt es auch hier zunächst zur Bildung jener beiden primären „Keimblätter“. Erst später geht aus diesen durch Abspaltung oder Zelleinwanderung ein drittes, mittleres Keimblatt (Mesoderm) hervor, dem vornehmlich die Entwicklung der Muskulatur, des Skeletts, der Blutbahnen usw. zu danken ist.

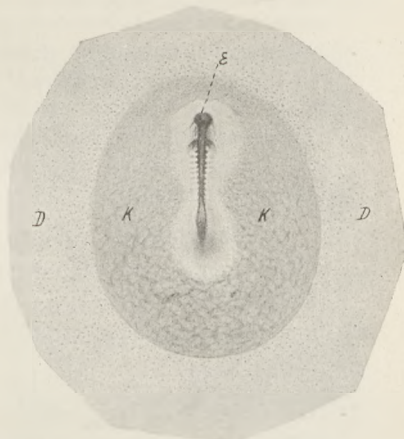


Fig. 176. Keimscheibe eines sich entwickelnden Hühnchens. *E* Embryo, *K* Keimscheibe, *D* Nahrungsdotter.

Die verschiedenen Gewebearten. Es würde selbstverständlich zu weit führen, wollten wir hier den Entwicklungsgang eines jeden Gewebes und jedes Organs im einzelnen verfolgen, bzw. seine Entstehung aus einem der drei Keimblätter nachweisen. Wir müssen uns vielmehr damit begnügen,

wenigstens die Hauptgewebeformen, wie wir sie beim entwickelten Organismus antreffen, kurz aufzuführen. Von solchen Hauptgewebeformen pflegt man im ganzen vier zu unterscheiden, die etwa folgendermaßen zu charakterisieren sind.

1. Das Epithelgewebe. Es besteht aus deutlich voneinander gesonderten Zellen, die mehr oder weniger die allgemeine Grundform der Zelle bewahrt haben. Es kleidet einerseits als sog. Schleimhautepithel die gesamten Innenräume des Körpers aus und besteht hier teils aus platten Zellen (Pflasterepithel, Fig. 177 *a, b*), teils aus zylindrischen (Zylinderepithel, Fig. 177 *c*). Ist es im letzteren Falle mit Wimpercilien besetzt, um kleine Stoffteilchen in den ausgekleideten Kanälen und Hohlräumen des Körpers fortzubewegen, so heißt es Flimmerepithel (Fig. 177 *d*).

Die Epithelien der Körperoberfläche nehmen bei höheren Wirbeltieren des größeren Schutzbedürfnisses wegen in der Regel die Form dünner verhornter Plättchen an (Epidermiszellen).

Bei den Gliedertieren wird der Schutz gegen die Außenwelt dadurch erzielt, daß die an und für sich zartwandigen Zellen der Oberhaut an ihrer Oberfläche eine anfangs flüssige, dann schnell erhärtende Chitinschicht ausscheiden (vgl. Fig. 184).

Vielfach sind die Epithelzellen zur Absonderung von Flüssigkeiten befähigt. Besonders ist dies bei den gesamten Drüsenzellen des Körpers der Fall, die ebenfalls dem Epithelgewebe zuzuordnen sind.

2. Das Bindegewebe oder Stützgewebe. Dasselbe läßt nur selten einen Aufbau aus Zellen deutlich erkennen, da die nur anfangs dicht aneinander gelagerten Zellen sehr häufig an ihrer Oberfläche große Mengen einer festen Substanz ausscheiden und dadurch mehr und mehr auseinanderrücken. Das Bindegewebe dient allen übrigen Geweben zur Verbindung, Umhüllung und Stütze und zeigt infolge der Mannigfaltigkeit seiner Aufgaben eine außerordentliche Vielgestaltigkeit seiner physikalischen Beschaffenheit und seines Baues. Man unterscheidet:

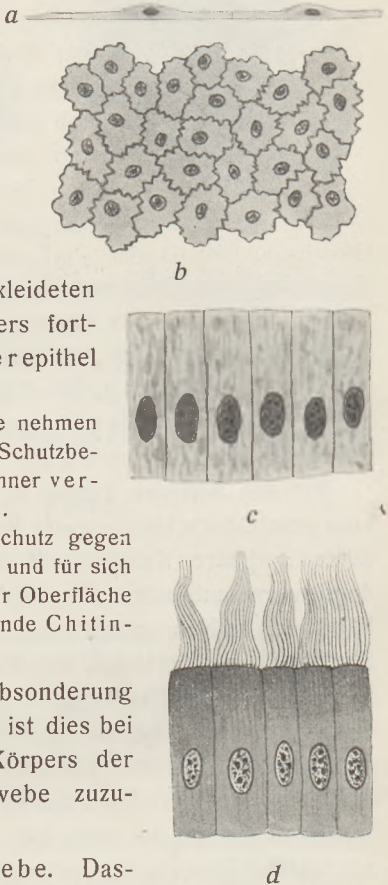


Fig. 177. *a* Pflasterepithel von der Seite, *b* dasselbe von der Fläche, *c* Zylinderepithel, *d* Flimmerepithel.

- α) Das Fettgewebe. Es besteht lediglich aus rundlichen, zartwandigen, mit Fetttropfchen gefüllten Zellen (Fig. 178).
- β) Das faserige (fibrilläre) Bindegewebe. Die Zellen (Fig. 179 B) treten hinter der von ihnen ausgeschiedenen Substanz mehr und mehr zurück und erscheinen schließlich als eingestreute „Bindegewebskörperchen“ in einer gleichartigen oder faserig zerfallenen „Grundsubstanz“. Hierher gehören die Bindegewebshäute der Eingeweide und Muskeln, die Sehnen, Bänder und die Lederhaut.
- γ) Das Knorpelgewebe. Lebende, teilungsfähige Zellen liegen zerstreut in einer von ihnen ausgeschiedenen homogenen oder faserigen, durch Elastizität ausgezeichneten „Grundsubstanz“ (Fig. 180). Der Knorpel wächst vermöge seiner lebenden Zellen, die sich vermehren und weitere „Grundsubstanz“ ausscheiden, in sich. Durch Einlagerung von Kalk kann er die Härte des Knochens annehmen.

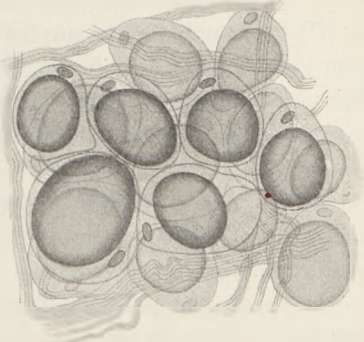


Fig. 178. Fettgewebe.

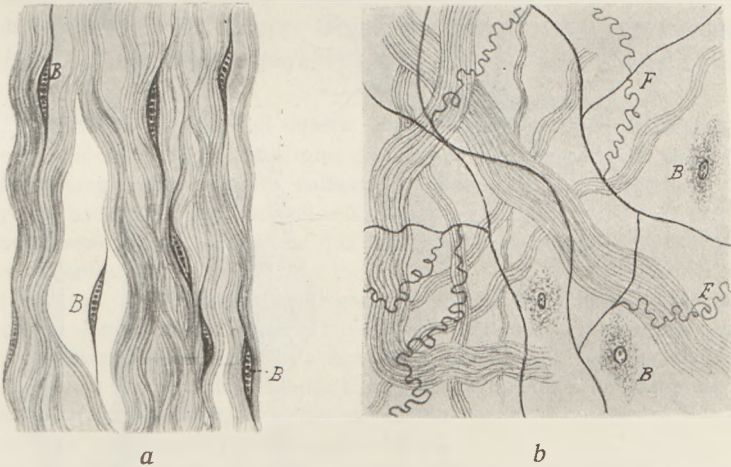


Fig. 179. Fibrilläres Bindegewebe. *a* Sehngewebe, *b* Bindegewebe mit elastischen Fasern (*F*). *B* Bindegewebskörperchen.

- δ) Das Knochengewebe. Abgestorbene, luftgefüllte Zellen („Knochenkörperchen“; Fig. 181 *K*) mit langen, strahligen Ausläufern liegen in kreisförmiger Anordnung um die Blutgefäße (Haverssche Kanäle; *H*) in einer mit Kalksalzen durchsetzten Grundsubstanz. Da die Zellen im Innern des Knochens abgestorben sind, so kann



er, im Gegensatz zum Knorpel, nur an seinen Rändern durch noch junge Knochenzellen (Osteoblasten) wachsen. Zieht man durch Säuren die Kalksalze aus dem Knochen, so bleibt die organische Grundsubstanz als elastische, die ursprüngliche Form des Knochens behaltende Masse zurück. Sie liefert beim Kochen Leim. — Eine besondere Art des Knochens ist das Zahnbein, bei dem die Fortsätze der Knochenkörperchen zu langen, parallelen Röhren ausgewachsen sind.

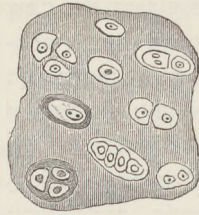


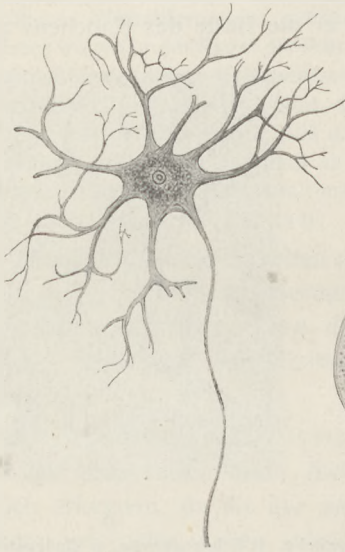
Fig. 180. Knorpelgewebe.



Fig. 181. Knochengewebe.

Als Bindegewebe kann man schließlich auch das Blut auffassen. Es besteht aus einer farblosen Flüssigkeit, in der geformte Zellelemente (rote und weiße Blutkörperchen) frei schwimmen.

3. Das Muskelgewebe. Es besteht aus spindelförmigen oder lang fadenförmigen Zellen



a b

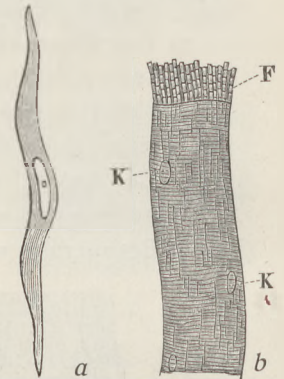
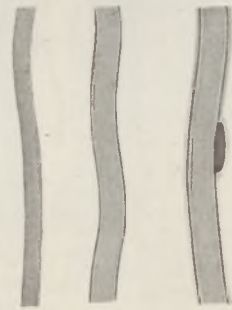


Fig. 182. Muskelfasern. a glatte, b gestreifte.



c d e

Fig. 183. a multipolare, b bipolare Ganglienzelle, c, d, e Nervenfasern (c als einfacher Achsenzylinder, d mit Markscheide, e mit Neurilem).

(Fig. 182 a und b), welche vermöge des eigenartigen Baues ihres Protoplasmas (vgl. S. 210) in hohem Grade die Fähigkeit der „Kontraktibilität“ besitzen und dadurch die Bewegungsleistung des Tieres

ermöglichen. — Die einzelnen Fasern sind meist durch umhüllende Bindegewebshäute (Fascien) zu Bündeln vereinigt, welche man Muskeln (mageres Fleisch) nennt.

#### 4. Das Nervengewebe. Dasselbe besteht

- α) aus zelligen, mit langen Ausläufern versehenen Elementen (Ganglienzellen; Fig. 183 *a, b*), die vorwiegend in den Zentralorganen des Nervensystems (Gehirn und Rückenmark) zu finden sind, und
- β) aus langen, fadenförmigen, von den Ganglienzellen ausgehenden Nervenfasern (Fig. 183 *c, d, e*), welche, zu Bündeln vereinigt, die zu den einzelnen Organen des Körpers verlaufenden Nerven bilden. Die einzelne Faser (Achsenzylinder; Fig. 183 *c*) pflegt von einer sog. „Markscheide“ (Fig. 183 *d*) und diese wieder von einer zarten Hautschicht (Neurilem; Fig. 183 *e*) umkleidet zu sein. — Das Nervengewebe vermittelt und regelt die Beziehungen zur Außenwelt und der einzelnen Organe zueinander.

### b. Organe und Organsysteme.

Bei den niederen Tierformen pflegt eine bestimmte Tätigkeit nur durch eine einzige Gewebeform verrichtet zu werden. Bei den höheren Tieren aber treten für die Ausübung jener Tätigkeit in der Regel mehrere Gewebearten zu einer Einheit höherer Ordnung zusammen und bilden ein Organ. So finden wir beispielsweise in unserm Organ des Sehens die verschiedenen Arten des Muskel- und Nervengewebes, des Epithel- und Bindegewebes vereinigt.

Wie aber das Sehen nur ein Teil unserer Sinneswahrnehmungen überhaupt ist, so auch können wir das Auge, das Organ des Sehens, wiederum als einen Teil derjenigen Einrichtungen des Körpers auffassen, welche zur Aufnahme und Verarbeitung der von außen auf uns wirkenden Eindrücke vorhanden sind, und alle die hierbei in Frage kommenden Organe in den allgemeineren Begriff eines Organsystems zusammenfassen.

Die Anordnung der Organe und Organsysteme im tierischen Körper weist zwei verschiedene Baupläne auf, den strahligen und den zweiseitig symmetrischen. Ersterer findet sich in ausgeprägter Form nur bei den auf das Wasser angewiesenen Kreisen der Hohltiere und Stachelhäuter. Letzterer ist ein Merkmal aller höheren Tierkreise; er entspricht augenscheinlich am besten den Anforderungen an eine ausgiebige Bewegungsleistung.

Das Organ ist, wie bereits S. 153 ausgeführt wurde, weniger ein morphologischer als ein physiologischer, also die Leistung (Funktion) der betreffenden Zellgruppen ins Auge fassender Begriff. Nicht selten kommt es bei Tieren, welche verwandten Klassen angehören, vor, daß ein und dasselbe Organ zu andern physiologischen Leistungen herangezogen wird, als ihm ursprünglich oblagen. Man spricht dann von einem Funktionswechsel des betreffenden Organs. Als bekanntestes Beispiel hierfür sei die Schwimm-

blase der Fische genannt, die von einem hydrostatischen Apparat sich bei den höheren Wirbeltieren zu einem Atmungsorgan (Lunge) umgestaltet. Ein ähnlicher Fall liegt vor bei den Talgdrüsen, die an bestimmten Stellen des Säugetierkörpers zu Milchdrüsen sich umwandeln.

In beschränktem Sinne kann man bereits von einem Funktionswechsel sprechen, wenn diese Funktion nicht dem Prinzip, sondern nur der Art nach verschieden ist. So behalten die vorderen Gliedmaßen die Funktion der Ortsbewegung bei, wenngleich sie bald zum Laufen, bald zum Schwimmen oder zum Fliegen verwandt werden.

Organe gleichen Ursprungs nennt man homolog, selbst wenn sie verschiedene Funktion haben (Schwimmbläse – Lunge); Organe mit gleicher Funktion, aber verschiedenen Ursprungs nennt man analog (Kiemen – Lunge).

### 1. Organe des Schutzes, der Stütze und der Bewegung.

Die Schutz-, Stütz- und Bewegungsorgane des tierischen Körpers stehen vielfach in so enger Beziehung, daß sie am besten gemeinsam betrachtet werden. Allerdings muß als das eigentliche Organ der Bewegung bei allen höheren Tieren die Muskelfaser allein in Anspruch genommen werden, aber dieselbe verbindet sich zur Erhöhung der Bewegungsleistung in sehr vielen Fällen so innig mit festen Skelettbildungen (Knochen der Wirbeltiere, Chitinpanzer der Gliedertiere), daß man die letzteren als ein wichtiges Hilfsmittel der Bewegung mit in Betracht ziehen muß. Andererseits stehen gerade diese Skelettbildungen in ihrem physikalischen Charakter, der vornehmlich in ihrer Härte und Starrheit liegt, den Organen des Schutzes nahe oder dienen wohl gar zugleich als solche, so daß es gerechtfertigt ist, die Besprechung aller hier in Betracht kommenden Gebilde unter der obigen Überschrift zusammenzufassen. Dennoch empfiehlt es sich, die drei großen, hierbei in Betracht kommenden Organsysteme, nämlich das Hautsystem, das eigentliche oder innere Skelettsystem und das Muskelsystem, in getrennten Kapiteln zu behandeln.

#### a) *Das Hautsystem.*

Bei der Besprechung der Keimblätterbildung (S. 189) sahen wir, daß der vielzellige Organismus auf der Stufe der „Gastrula“ aus nur zwei Zellschichten besteht, deren äußere als Ektoderm bezeichnet wird. Auf dieser Stufe einer einfachen Zellenlage bleibt das Hautsystem der gesamten wirbellosen Tiere stehen, und nur verhältnismäßig selten tritt der Fall ein, daß tiefer liegende, dem mittleren Keimblatt zugehörige Zellschichten in nähere Beziehung zur Körperoberfläche treten.

Bei den gesamten Wirbeltieren hingegen ist nicht nur die Oberhaut fast ausnahmslos mehrschichtig, sondern sie tritt auch mit darunter liegenden Geweben des mittleren Keimblatts in so enge Verbindung, daß wir das so als „Körperhaut“ sich darstellende Organ als physiologische Einheit aufzufassen gezwungen sind.

Wirbellose Tiere. Die einzellige Oberhaut tritt bei niederen, freilebenden Wassertieren vorwiegend in den Dienst der Ortsbewegung, indem sich Wimpern an ihr ausbilden, die durch ihr Schlagen das Schwimmen vermitteln und bei größeren Formen (Rippenquallen) sogar zu Reihen von Schwimmpfättchen sich entwickeln können.

Bei mangelnder Ortsbewegung und bei größeren Wassertieren, wie dann auch vornehmlich bei allen Landtieren, tritt das Schutzbedürfnis in den Vordergrund. Die einschichtige, zarte Oberhaut scheidet zu dem Zweck an ihrer Oberfläche eine anfangs flüssige, dann bald erhärtende Horn- oder Chitinschicht aus (Fig. 184 C), die nun als mehr oder minder dicke, oft sogar durch Aufnahme von Kalksalzen äußerst widerstandsfähige „Cuticula“ eine wahre Panzerung des Körpers darstellt. Abgesehen von der bereits bei festsitzenden Infusorien auftretenden Chitinbekleidung, sind hier in erster Linie die Cuticulargehäuse der Hydroidpolypen und Moostierchen, wie die Chitinhaut der Würmer zu nennen. Aber auch die meisten Skelettbildungen der Korallen gehören hierher, wie bei der Besprechung des inneren Skelettsystems weiter zu erörtern ist.

Im Kreise der Gliederfüßer gewinnt die ursprünglich nur dem Schutze dienende Chitinausscheidung dadurch eine ungeheure Bedeutung, daß sie eine ausgesprochene Gliederung erfährt und hierdurch die Körperanhänge zu gegliederten Hebeln (Beinen) ausgestaltet, die nun durch Muskeln ganz ähnlich gegeneinander verstellbar werden können wie die Knochen im Innern der Wirbeltierbeine. Erwähnt mag noch werden, daß das einfache Chitin der Insekten und Spinnen namentlich bei den höheren Krebsen durch Einlagerung von Kalksalzen eine besonders große Festigkeit und Starrheit gewinnen kann.

Im Gegensatz zu den Gliedertieren hat die von der einschichtigen Oberhaut ausgeschiedene Skelettschicht bei den Mollusken kaum je eine Gliederung erfahren und trägt daher mehr den Charakter eines Gehäuses als den eines Panzers. Die Molluskschale läßt im allgemeinen drei Schichten erkennen: Eine zarte, kalkfreie chitinartige Schicht (Fig. 185 E), eine darauf folgende Prismenschicht (Pr) aus senkrecht zur Haut gestellten

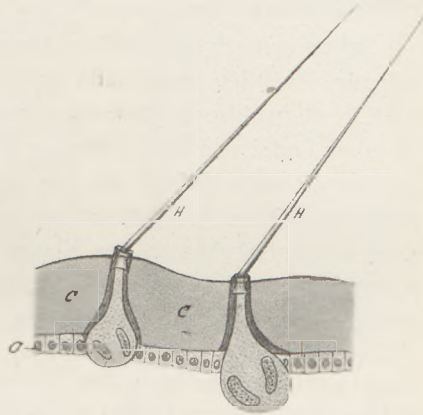


Fig. 184. Oberhaut (O) eines Gliederfüßers mit Cuticularschnitt (C). H Haar.

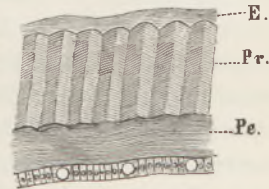


Fig. 185. Muschelschale im Querschnitt. E Epidermis, Pr Prismenschicht, Pe Perlmutter-schicht.

Aragonitsäulchen, und zu unterst eine aus horizontalen, dünnen (und deshalb meist irisierenden) Lamellen gebildete Perlmutterschicht (*Pe*). Die Kiefer der Tintenfische und die Reibplatte der Schnecken sind kalkfreie Cuticularausscheidungen.

Nicht selten sind gewisse Zellen der einschichtigen Oberhaut für Spezialaufgaben besonders umgeformt. Dahin gehören die Nesselkapseln der Hohltiere (Fig. 186), wie vor allem die sehr mannigfach gestalteten einzelligen Drüsen, wie sie namentlich bei Gliederfüßern und Mollusken als Schleimdrüsen, Giftdrüsen, Wachsdrüsen, Stinkdrüsen usw. weit verbreitet sind.

Auch mehrzellig können diese Drüsen durch Einsenkung von Zellgruppen der Oberhaut in die Tiefe werden, wie dies bei vielen Gift-, Spinn-, Speicheldrüsen usw. der Fall ist. Ja auch das gesamte Tracheensystem der Insekten ist wahrscheinlich auf solche schlauchförmigen Einsenkungen der Oberhaut in die Tiefe zurückzuführen.

Sehr eigenartig sind die Verhältnisse im Kreise der Stachelhäuter. Auch bei ihnen bleibt die Oberhaut selbst zart, scheidet auch keine schützende Cuticularschicht aus. Unmittelbar unter ihr aber findet sich eine mächtige Bindegewebsschicht des mittleren Keimblattes, in der sich Kalksalze in großen Massen ablagern, so daß schließlich, bei höchster Ausbildung dieses Schutzorgans in der Klasse der Seeigel, das Körperinnere völlig von einem System fest aneinander gefügter Kalkplatten umschlossen wird.

Auch die Kalkeinlagerungen in der gemeinsamen Körpersubstanz (Coenenchym) der achtstrahligen Korallen (Oktaktinien) stehen zweifellos mit im Dienste des Schutzes, doch kann man sie wohl mit größerem Rechte als innere, der Stütze des Körpers dienende Skelettbildungen in Anspruch nehmen.

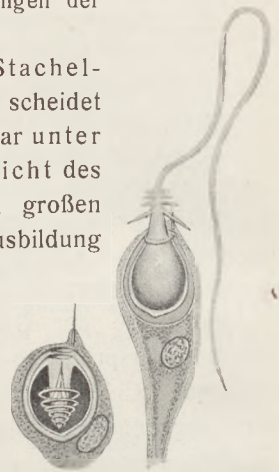


Fig. 186.  
Nesselkapseln von Hohltieren.

Wirbeltiere. Es ist von theoretischem Interesse, daß wir die einschichtige Oberhaut wenigstens in einem Falle noch bei den Wirbeltieren wiederfinden, nämlich beim Lanzettfisch. Bei allen übrigen Wirbeltieren ist sie mehrschichtig geworden und hat sich überdies, wie schon S. 194 angedeutet wurde, mit gewissen Bindegewebsschichten des mittleren Keimblattes derart verbunden, daß beide, meist nur durch ein sehr lockeres und leicht zerreißbares Bindegewebe mit dem übrigen Körper verknüpft, als einheitliche „Haut“ betrachtet werden müssen.

Die dem Ektoderm entstammende Zellenlage, die also jetzt mehrschichtig geworden ist, ja sich meist noch wieder in zwei Lagen von verschiedenem Charakter scheidet, führt nunmehr den Namen Oberhaut oder Epidermis (Fig. 187 *E*); die dem mittleren Keimblatt angehörigen Schichten aber bilden die Lederhaut oder Cutis (*C*). Epidermis und Cutis liegen nur

bei den niedersten Fischen (Neunaugen) in völlig ebener Fläche aneinander. Schon bei den höheren Fischen treibt die Cutis mehr oder weniger ausgesprochene, höckerförmige Erhebungen („Papillen“) in die über ihr lagernden Epidermisschichten hinein, und diese Papillenbildung erhält sich dann, wenn auch mit mannigfachen Modifikationen, durch die ganze Reihe der Wirbeltiere.

*Epidermis.* Die Epidermis entbehrt, wie bereits bei Besprechung der menschlichen Haut ausgeführt wurde, in jedem Falle der Blutgefäße und der Nervenendapparate. Sie bleibt bei den Fischen weich und ist hier von geringer Bedeutung, da, wie wir später sehen werden, besondere Knochenbildungen der Lederhaut (Schuppen) bei ihnen den Schutz gegen die Außenwelt übernommen haben; doch finden sich in ihr massenhaft einzellige Drüsen (Schleimzellen), deren Sekret die Oberfläche des Körpers schlüpfrig erhält.

Erst bei den landbewohnenden Amphibien beginnen die obersten Lagen der Epidermis sich in Hornstoff umzuwandeln und hierbei die Plattenform anzunehmen. Sie werden von Zeit zu Zeit in zusammenhängenden Hautfetzen abgestoßen (Häutung) und durch nachrückende, ebenfalls verhornende Zellen aus der Tiefe ersetzt.

In noch weit höherem Grade ist dieser Vorgang bei den Reptilien ausgebildet, wo sich nun schon eine scharfe Scheidung zwischen den bereits verhornten oberflächlichen Schichten und den noch lebensfähigen, weichen, in rascher Vermehrung befindlichen Zellen der tieferen Lage, der sog. Malpighischen Schleimschicht (Fig. 187 *M*), vollzogen hat. Bei Eidechsen und Schlangen werden die obersten Hornschichten von Zeit zu Zeit als Ganzes abgestreift und durch neu verhornende Zellen ersetzt.

Bei den Vögeln und Säugetieren, wo der mechanische Schutz des Körpers zum guten Teil durch das Feder- und Haarkleid übernommen wird, erreicht die Verhornung der Oberhautzellen nur an wenigen Körperstellen einen so hohen Grad wie bei den Reptilien; die obersten Zellen werden daher auch nicht in zusammenhängender Schicht, sondern nur in Form kleiner Schüppchen (z. B. Kopfschüppchen) abgestoßen.

*Lederhaut.* Die Lederhaut, aus einem faserigen Bindegewebe bestehend, ist mit ihrem großen Blutreichtum die eigentliche Ernährerin der Epidermis, und zwar insonderheit der unmittelbar auf und zwischen ihren Papillen liegenden Malpighischen Schleimschicht. Auch enthält sie im Innern

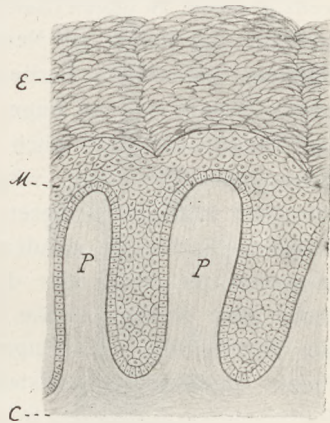


Fig. 187. Querschnitt durch Epidermis (*E*) und Cutis (*C*) eines Menschen. *M* Malpighische Schleimschicht, *P* Papillen.

der Papillen die Nervenendigungen des Tastsinns. Besonders dick ist die Lederhaut bei den Huftieren und Walen, wo im Unterhautzellgewebe meist auch mächtige Fettschichten (Speck) eingelagert sind (Wärmeschutz, namentlich der Wale, bei mangelndem Haarkleid).

*Farben der Haut.* Von großer Bedeutung für das Tier ist die Färbung der Haut, die in zahlreichen Fällen (Fische, Amphibien, Reptilien) sogar einem lebhaften Wechsel unterworfen sein kann. Die Ursache der Färbung liegt in der Regel in körnigen Pigmenten, mit denen gewisse verästelte Zellen (Pigmentzellen; Fig. 188) mehr oder weniger gefüllt sind. Ursprünglich haben diese Pigmentzellen ihren Sitz in der Lederhaut, doch dringen sie mit ihren Verzweigungen auch bis tief in die Malpighische Schleimschicht oder scheinen ganz in dieser zu liegen (Säugetiere, Menschenrassen). Sie stehen mit Nervenfasern in Verbindung, wodurch der Farbenwechsel der Haut unter Vermittlung des Auges von den Farben der Umgebung (aber auch von psychischen Erregungen) abhängig wird. Die Pigmentkörnchen besitzen in diesem Falle meist verschiedene Farben. Je nachdem nun die Pigmentkörnchen der einen oder der anderen Farbe mehr oder weniger in die feineren Fortsätze der Pigmentzellen eindringen oder sich aus ihnen zurückziehen, entstehen verschiedene Farbeffekte, die für den Schutz der Individuen (Schutzfärbung) von Nutzen sind (Scholle, Laubfrosch, Chamäleon usw.).

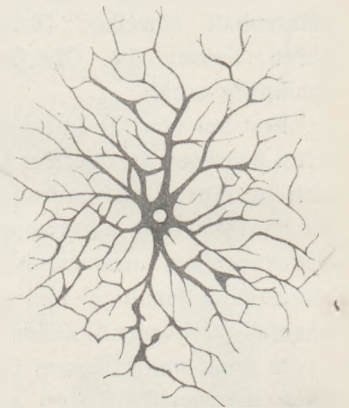


Fig. 188. Pigmentzelle aus der Haut eines Frosches.

*Drüsen.* Für sehr verschiedene Zwecke sind in der Haut eine große Zahl eigenartiger Organe zur Ausbildung gelangt. In erster Linie sind hier die verschiedenen Drüsenorgane zu nennen. Die einzelligen Epidermisdrüsen der Fischhaut werden schon bei den Amphibien durch vielzellige Schlauchdrüsen ersetzt, deren Sekret mannigfache Verschiedenheit zeigt (Schleim, Giftsaft, Riechstoffe usw.). Oft sind sie zu größeren Gruppen vereinigt (Ohrdrüsen der Kröten und Salamander).

Bei Reptilien und Vögeln fehlen derartige Drüsenbildungen fast gänzlich (aber Moschusdrüse am Unterkiefer der Krokodile, Fett absondernde Bürzeldrüse der Vögel).

Die Säuger schließen sich wieder mehr den Amphibien an. Es zeigen sich aber bei ihnen zwei verschiedene Drüsenformen entwickelt: Die schon bei den Amphibien auftretenden schlauchförmigen Drüsen (Fig. 189 SD) und die traubigen Drüsen (Fig. 189 TD). Die schlauchförmigen Drüsen pflegen bei den höheren Säugetieren an ihrem blinden Ende knäuelartig

gewunden zu sein: sie liefern entweder Schweiß oder Duftstoffe und finden sich vornehmlich an haarlosen Stellen, können aber auch ganz fehlen (z. B. Maulwurf, Hund usw.). Die traubenförmigen Drüsen stehen fast immer mit der Anlage des Haares in Beziehung (Fig. 190 *TD*); ihr Sekret ist eine talgartige Substanz zum Einfetten der Haare und der Oberhaut. Nur bei den Faultieren fehlen sie.

Eine auf die Klasse der Säugetiere beschränkte Drüsenart bilden endlich die Milchdrüsen, deren dem Blute ähnlich zusammengesetztes Sekret, die Milch, dazu dient, den Jungen Nahrung zu bieten. Im allgemeinen sind die Milchdrüsen als umgewandelte Talgdrüsen zu betrachten.

Sie stehen an bestimmten Stellen des Bauches (und der Brust) gehäuft und öffnen sich mit zahlreichen Poren entweder auf einem ebenen Drüsenfeld (Beutel-

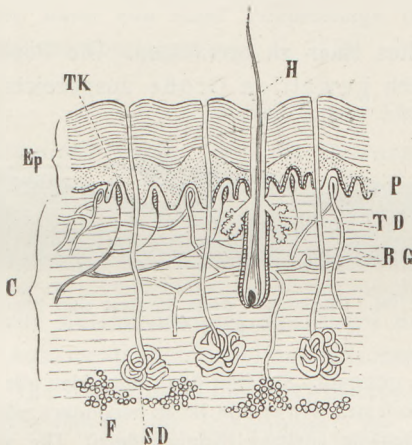


Fig. 189. Querschnitt durch die Haut des Menschen. *Ep* Epidermis, *C* Cutis, *H* Haar, *P* Papillen, *TD* Talgdrüsen, *TK* Tastkörperchen, *SD* Schweißdrüsen.

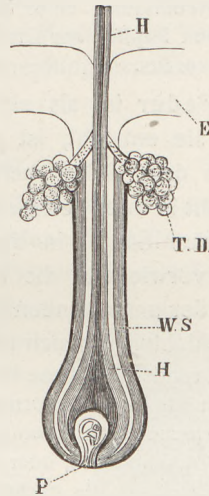


Fig. 190. Haar auf einer Cutispapille (*P*) aus der Haut hervorstehend. *TD* Talgdrüse, *WS* Wurzelscheide.

tiere) oder auf der Spitze einer Hauptpapille (Zitze; Raubtiere). Bei den Huftieren endlich ist diese letztere noch über dem Drüsenfeld zu einem röhrenförmig ausgezogenen Kanal (Strichkanal des Kuheuters) verlängert.

**Hartgebilde.** Weit mannigfaltiger noch als die Drüsen sind die Hartgebilde der Haut.

Nägel, Krallen, Hufe, Hörner, Fischbein usw. sind Epidermiswucherungen auf einer großen Zahl langer Cutispapillen. In der Regel zeigen diese Gebilde nicht nur ein Längen-, sondern auch ein Dickenwachstum.

Ermöglicht wird dieses doppelte Wachstum durch eine eigentümliche Anordnung der die Epidermiswucherungen veranlassenden Papillen, wie dies besonders schön am Huf der Pferde zu sehen ist. Die von den Papillen des Falzes am Grunde des letzten Zehengliedes gebildeten Massen von Epidermiszellen werden auf den zu



langen Längsleisten verschmolzenen Papillen auf der Oberfläche des Zehengliedes selbst wie auf Schienen allmählich nach unten geschoben. Die Epidermisbekleidung dieser Papillenleisten liefert nun ebenfalls Hornzellen und bewirkt so das Dickenwachstum des Hufes.

Die Haare, Federn, Schuppen entstehen im Gegensatz zu den eben genannten Epidermisgebilden stets nur über je einer einzigen Papille, welche noch dazu durch Einsenkung in tiefere Cutisschichten, unter Bildung eines sog. Balges, ausgezeichnet ist (Fig. 189 H, 190). Indem bei der Haarpapille die Epidermiszellen in deren Umkreis vollständig verhornen, diejenigen über der Spitze der Papille aber nicht oder nur wenig, entsteht die gewöhnliche Form des Haares, welches im Querschnitt eine harte Rindenschicht und eine luftthaltige Markmasse erkennen läßt.

Der Neubildung eines Haares in derselben „Scheide“ geht stets die Bildung einer neuen Papille am Grunde der alten, durch Abschnürung zum Absterben gebrachten voraus.

Die Feder ist als ein verästeltes Haar zu betrachten. Die Papille, auf welcher sie entsteht, ist stets durch gewaltige Größe ausgezeichnet; sie ragt aus dem Balge heraus und gleicht in ihrer Form einer kannelierten Säule, in deren Furchen vorwiegend die Verhornung der umlagernden Epidermisschichten vor sich geht.

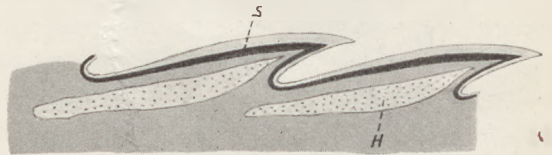


Fig. 191. Längsschnitt durch die Haut einer Blindschleiche.  
S Schuppen, H Hautknochen.

Am Grunde sind diese Hornstreifen zu einer zylinderförmigen

Spule verschmolzen, oben bleiben sie getrennt. Sie sind dann entweder alle gleichgestaltet (Dunenfedern), oder es entwickelt sich einer von ihnen besonders mächtig als Schaft, dem nun die übrigen als Seitenäste ansitzen (Konturfedern). Die abgestorbene Papille ist noch als sog. „Seele“ in der Spule nachzuweisen. Bei der Mauerung wird die alte Feder durch das mächtige Anwachsen einer neuen Papille aus ihrem Hautkanal hinausgetrieben.

Die Schuppen der Reptilien (Fig. 191) entstehen, ähnlich wie die Federn, auf einer Papille. Es sind Bildungen, die augenscheinlich dem Bedürfnis nach erhöhtem Schutz beim Leben außerhalb des Wassers ihre Entstehung verdanken und auch bei Vögeln (Lauf, Zehen) und Säugetieren (Biber- und Rattenschwanz, Schuppentiere, Gürteltiere) auftreten. Ein Übergang zu den Federn ist bisher nicht nachgewiesen. Der Archaeopteryx des Solnhofener Schiefers besaß schon ein entwickeltes Federkleid.

Die Schuppen der Fische lehren, daß auch die Lederhaut allein zur Bildung von Schutzorganen an der Oberfläche des Körpers befähigt ist. Bei den niederen Gruppen dieser Klasse (Haifische, Ganoidfische) treten diese Schuppen als einfache Verknöcherungen von Cutispapillen auf oder von plattenförmigen Partien der Lederhaut, welche oberseits noch von einer seitens der Epidermis ausgeschiedenen Schmelzschicht überkleidet

werden. Bei den Knochenfischen werden diese Knochenschuppen überhaupt nicht mehr von der fast verloren gehenden Epidermis überlagert. — Zuweilen schließen sich die Knochenplatten der Lederhaut zu einem förmlichen Panzer zusammen (Kofferrische, Seepferdchen).

In ähnlicher Weise sehen wir, allerdings unter völliger Erhaltung der verhornenden Epidermis, Knochenbildungen (Hautknochen) in der Lederhaut der Reptilien entstehen (vgl. Fig. 191), wo sie bei Krokodilen und namentlich bei Schildkröten eine große Ausbildung erreichen und zum Teil mit dem inneren Skelett verschmelzen (Knochenkapsel der Schildkröten). Selbst bei den Säugetieren kennen wir Formen, nämlich die Gürteltiere, bei denen ein mehr oder weniger starres Hautknochenskelett unter der Epidermis zur Ausbildung gelangt.

Schließlich sind noch die von den Fischen bis hinauf zu den Säugetieren verbreiteten Zähne als Gebilde der Lederhaut anzusehen. Sie treten bei den höheren Wirbeltieren mit dem inneren Skelett (den Kiefern) in Verbindung und sind dann von einer Schmelzlage (als Ausscheidungsprodukt von Epidermiszellen) überlagert (vgl. S. 216).

### β) Das innere Skelettsystem.

Wirbellose Tiere. Wie die Urtiere ihren Körper durch verschiedenartige, im Innern des Protoplasmaleibes ausgeschiedene Hartbildungen (aus kohlen-saurem Kalk, Kieselsäure usw.) zu stützen pflegen, so auch finden wir namentlich bei den zu Stöcken vereinigten niederen Meerestieren mannigfache, teils organische, teils unorganische Skelettbildungen im Innern des Körpers, die als Ausscheidungen protoplasmatischer Zellen entstehen. Hierher gehören die Hornfasern, die Kiesel- und Kalknadeln der Schwämme, die meist dem Mesoderm entstammen. Auch die zierlichen Kalkkörperchen in der Rindenschicht vieler achtstrahliger Korallen (Gorgoniden) sind gleichen Ursprungs.

Die hornig biegsamen Achsen der Gorgoniden hingegen sind nur scheinbar innere Skelettbildungen, da sie ursprünglich am Fuße als reine Cuticularbildung des Ektoderms ausgeschieden werden, die erst allmählich in das Innere der Achse emporsteigt (Fig. 192). Ebenso haben sich die Kalkskelette der echten Korallen als Ausscheidungen des Ektoderms erwiesen, die zunächst zwischen Fußscheibe und Anheftungsgegenstand entstehen, dann aber auch von strahlenförmigen bzw. ringförmigen Falten der Fußscheibe als „Septa“ und Mauerblatt weiter entwickelt werden.

Bei den Stachelhäutern gehören die mächtigen Kalkablagerungen, welche die inneren Organe umhüllen, dem Mesoderm und keineswegs der Oberhaut an, wie bereits S. 196 betont wurde. Es handelt sich also bei diesem Panzer um eine innere Skelettbildung, die trotzdem vornehmlich im Dienste des Schutzes steht.

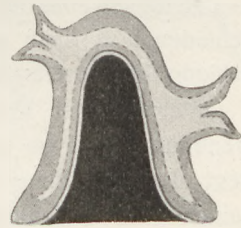


Fig. 192. Längsschnitt durch eine junge Gorgonide mit Achsenskelett.

Bei den Würmern und Gliederfüßern fehlen innere Skelettbildungen gänzlich, und auch bei den Mollusken sind sie im wesentlichen auf eine Knorpelkapsel beschränkt, welche das Gehirn- und Fußganglion der Tintenfische umschließt.

Von Interesse ist endlich noch das Auftreten eines bindegewebigen Gallertstabes im Schwanz der Manteltierlarven (Fig. 193), der in seiner Beschaffenheit wie in seiner Lagerung eng an die Rücken- saite (Chorda dorsalis) des Lanzettfisches

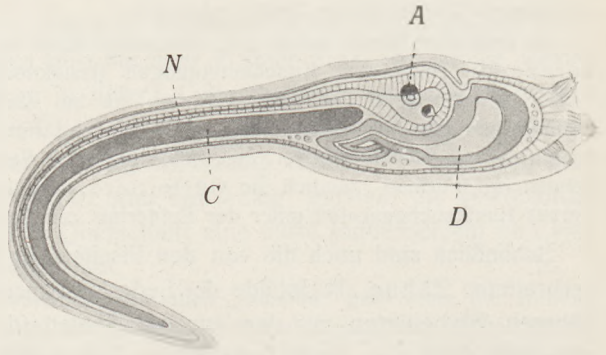


Fig. 193. Längsschnitt durch eine Ascidienlarve. C Chorda, N Nervenstrang mit Auge (A), D Darm.

des Lanzettfisches sich anschließt und deshalb als Ausgangspunkt jenes inneren Skelettsystems angesehen wird, das dann im Kreise der Wirbeltiere zu einer so bedeutsamen Rolle im Gesamtaufbau des Körpers berufen ist.

**Wirbeltiere.** Die im Innern des Körpers sich entwickelnden Hautbildungen des Bindegewebes der Wirbeltiere treten in zwei voneinander durchaus verschiedenen Formen auf, als Knorpel und als Knochen, über deren Verschiedenheit bereits S. 191 das Wichtigste gesagt ist.

Während der Knochen infolge seiner Starrheit hauptsächlich da Verwendung findet, wo es auf möglichste Festigkeit und Stützkraft ankommt, liegt die Bedeutung des Knorpels in seiner großen Elastizität, wie sie bei der Verbindung der Rippen mit dem Brustbein und bei den falschen Gelenken (Wirbelsäule der Säugetiere) von Wichtigkeit ist. Er bildet ferner eine schützende Hülle für die Enden aller durch wahre Gelenke miteinander verbundenen Knochenstücke.

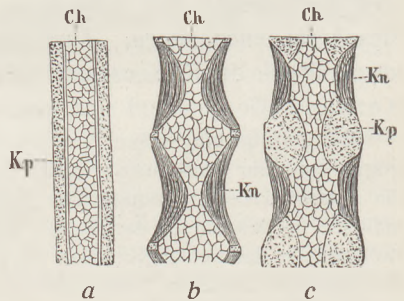


Fig. 194. Längsschnitt durch die Wirbelsäule. a vom Neunauge, b eines Knochenfisches, c eines jungen Amphibiums, Ch Chorda, Kp Knorpel, Kn Knochen.

Bei niederen, im Wasser lebenden Wirbeltieren kann sogar das gesamte Skelett aus Knorpelmasse bestehen (Knorpelfische, Neunaugen), wie denn auch dasjenige der höheren Wirbeltiere in seiner Entwicklung zum großen Teile zunächst als Knorpelskelett auftritt, das erst später durch zum Teil recht verwickelte Vorgänge in Knochensubstanz umgewandelt wird.

Für die Wirbelsäule läßt sich vor der Entwicklung des Knochens und Knor-

pels noch ein früheres Stadium unterscheiden, in welchem dieselbe aus einem großzelligen, zarten Bindegewebe besteht und den Namen Rückensaite (Chorda dorsalis) führt. Dieses Urskelett, welches beim Lanzettfisch und den Neunaugen (Fig. 194 *a Ch*) während des ganzen Lebens bleibend ist, und dessen Spuren auch bei den übrigen Wirbeltieren noch im späteren Lebensalter nachgewiesen werden können, umgibt sich bei den höheren Wirbeltieren zunächst mit einem gegliederten Knorpelrohr, welches dann erst seine endgültige Ausbildung in knöcherne Wirbelkörper und knorpelige Verbindungsstücke erhält.

Bei jungen Amphibien kann man mit Leichtigkeit alle drei Gewebelemente übereinander geschichtet gleichzeitig nachweisen (Fig. 194 *c*; *Kn* Knochen, *Kp* Knorpel). Bei den Knochenfischen tritt die Verknöcherung im Umkreise der Chorda direkt, ohne vorhergehende Knorpelbildung, auf (Fig. 194 *b*); die bikonkave Form der Fischwirbel mit ihrem von der Chorda ausgefüllten Zentralkanal (vgl. Fig. 195) findet durch diese Entstehungsweise ihre Erklärung.

Während das elastische und biegsame Knorpelskelett einer besonderen Gliederung kaum bedarf, wird eine solche Zerlegung in einzelne, gegeneinander bewegliche Stücke für das starre und wenig elastische Knochenskelett zur Notwendigkeit. Die Verschiedenheit der hierbei sich ergebenden Verbindungsweisen der einzelnen Knochen miteinander (falsche, wahre Gelenke usw.) ist aus der Systematik bekannt.

1. *Wirbelsäule*. Den Hauptteil des gesamten inneren Skelettapparates, an welchen alle übrigen Teile unmittelbar oder mittelbar sich ansetzen, bildet, wie bekannt, die Wirbelsäule mit der nach vorn sich daran anschließenden Schädelkapsel.

Die den Körper der Länge nach durchziehende Wirbelsäule besteht bei allen Knochentieren aus einer Reihe hintereinander liegender Wirbel, an deren jedem man den Wirbelkörper (Fig. 195 *K*) und die von diesem ausgehenden Bögen (Fig. 195 *B*) unterscheidet. Die oberen Bögen sind stets nach oben in der Mitte wieder zu sog. Dornfortsätzen vereinigt und bilden so den geschlossenen Rückenmarkskanal für das Zentralnervensystem. Die unteren Bögen dagegen zeigen nur in der Schwanzregion der Fische und einiger Fischeäugeltiere (Wale) ein ähnliches Verhalten (Fig. 195 *a*). In der Regel gliedern sie sich, um die Masse der Brust- und Baueingeweide umspannen zu können, in der Rumpfregion in zwei gelenkig miteinander verbundene Teile, die Querfortsätze und Rippen, welche letztere dann in der Mittellinie der Bauchseite oft wieder durch ein Brustbein verbunden sind, oder aber, wie bei den Schlangen, frei endigen. Ein Brustbein kann übrigens auch auftreten, wo Rippen überhaupt nicht entwickelt sind (Frösche).

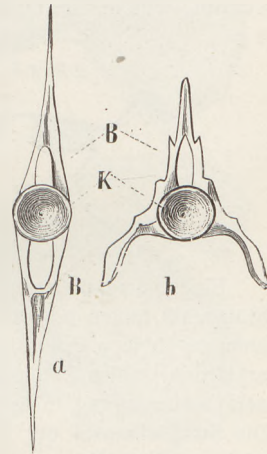


Fig. 195.  
Fischwirbel. *a* der Schwanzregion, *b* der Rumpfregion.

Die Zahl der Wirbel in der Wirbelsäule ist sehr verschieden. Während der Frosch nur 9 Wirbel besitzt, sind bei manchen Schlangen bis über 300 vorhanden. — Die häufigste Verbindung der Wirbel untereinander ist die durch Knorpelplatten (falsche Gelenke); doch finden sich auch wahre Gelenke, wie am Hals der Vögel (Sattelgelenke), der Wirbelsäule der Schlangen (Kugelgelenke). Wo große Festigkeit erforderlich ist, können andererseits auch vollständige Verschmelzungen der Wirbel eintreten (Beckenwirbel der Säugetiere und Vögel, Lendenregion der Vögel usw.).

Die Regionenbildung der Wirbelsäule beruht auf der verschiedenartigen Ausbildung der einzelnen Wirbelgruppen in bezug auf die Form ihrer Fortsätze und die Art ihrer Verbindung. In erster Linie wird die Entwicklung solcher verschiedener Abschnitte bedingt durch die Art der Ortsbewegung (Wassertiere — Landtiere).

Bei den Fischen ist nur eine Rippen- und eine Schwanzregion unterscheidbar; erstere umspannt und schützt die Eingeweide; letztere bildet die reichgegliederte Stütze für die gewaltige Muskulatur, welche die Ortsbewegung hervorruft.

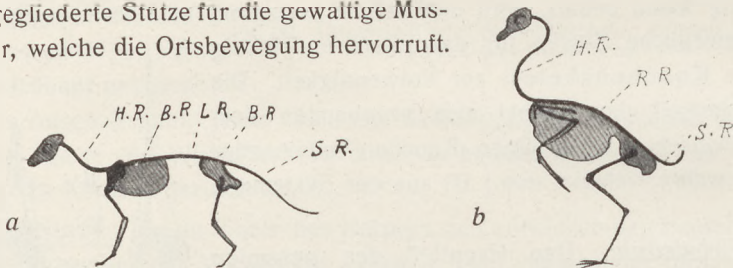


Fig. 196. Schema der Regionen *a* eines Säugetiers, *b* eines Vogels.

Eine starre Beckenregion, an welcher die hinteren Gliedmaßen einen festen Stützpunkt finden könnten, erscheint bei den Fischen unnötig, da der Körper eben nicht durch jene Extremitäten gestützt, sondern vom Wasser getragen wird. Ebenso erklärlich ist das Fehlen einer besonderen Halsregion, da deren Beweglichkeit bei der Ortsbewegung in dem Widerstand leistenden Wasser nur hinderlich sein würde. Die Schädelkapsel der Fische ist daher fest mit dem ersten Wirbel der Wirbelsäule verwachsen.

Ähnliche Regionenbildung wie bei den Fischen oder überhaupt bei allen ausschließlich auf das Wasserleben angewiesenen Wirbeltieren (Walfische, Delphine) finden wir auch bei den gliedmaßenlosen Landtieren, also vornehmlich bei den Schlangen, an deren Gesamtwirbelsäule man ebenfalls nur eine rippentragende und eine rippentlose Region unterscheiden kann.

Erst wo Gliedmaßen auftreten, welche die Körperlast zu tragen haben, kommen eine starre Beckenregion und eine Brustregion als Stützpunkte für diese Extremitäten zur Ausbildung. Findet die Ortsbewegung durch vordere und hintere Gliedmaßen gleichzeitig statt, so schaltet sich zwischen der Brust- und Beckenregion noch eine bewegliche Lendenregion ein: Die Tiere gleichen gewissermaßen einem vierrädrigen Wagen, dessen Vorder- und Hinterräder gegeneinander verstellbar sind (Fig. 196 *a*). Werden die Gliedmaßen aber abwechselnd gebraucht wie bei den Vögeln

(Fig. 196 b), so verschmilzt das ganze zu einer starren Rumpfregion: Die Tiere wären etwa einer zweirädrigen Karre zu vergleichen, deren gesamter Oberbau bekanntlich ebenfalls ohne gelenkige Verbindung der Teile hergestellt wird. Ähnliche Regionenbildung wie die Vögel besitzen die Schildkröten, deren Brust-, Lenden- und Beckenregion mit den S. 201 erwähnten Hautknochen zu einem festen Schilde verwachsen sind, und die somit gewissermaßen einen ungefügten Blockwagen darstellen, dessen Vorder- und Hinterräder gegeneinander nicht verstellt werden können.

2. *Schädel*. Der nach vorn an die Wirbelsäule sich anschließende, nur beim Lanzettfisch fehlende Schädel ist bei den Fischen mit dem ersten Halswirbel fest verwachsen; bei Amphibien und Säugetieren artikuliert er mittels zweier, bei den Vögeln und Reptilien mittels eines Gelenkkopfes.

Die Schädelkapsel besteht bei den Knorpelfischen aus einem Stück (vgl. Fig. 198); bei den übrigen Wirbeltieren setzt sie sich aus einer Summe durch Nähte verbundener Knochen zusammen.

Die Zahl dieser

Knochen ist namentlich bei niederen Wirbeltieren eine recht beträchtliche, vermindert sich aber bei den höheren durch Verschmelzung mehrerer. Bei den Säugetieren, die hier allein in Betracht gezogen werden sollen, liegen die Verhältnisse ähnlich wie beim Menschen: Die Schädelbasis wird vornehmlich von dem Hinterhauptsbein (Fig. 197 H), dem Keilbein (K) und dem Siebbein (SB) gebildet; die Wölbung von der Schuppe des Hinterhauptsbeins (H), den Scheitelbeinen (S) und den Stirnbeinen (St). An den Seiten ist noch eingeschaltet das Schläfenbein (Sch), mit dem das innere Ohr umschließenden Felsenbein.

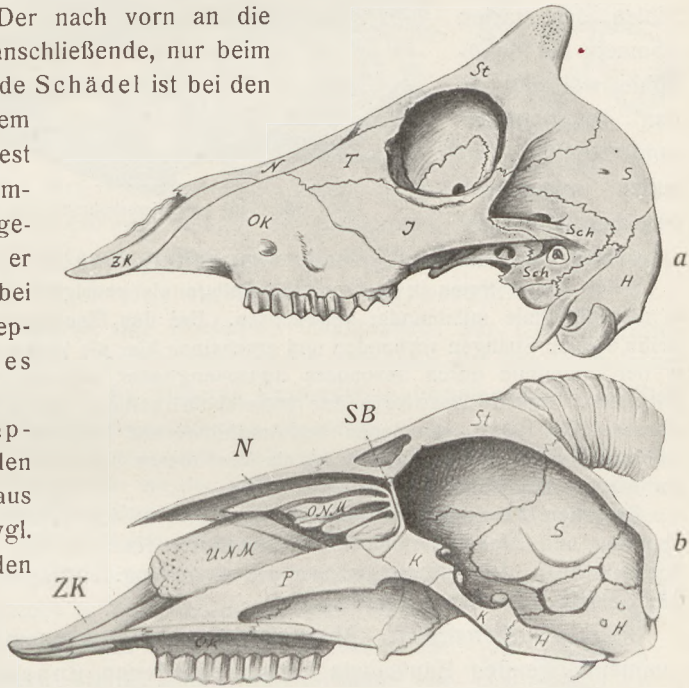


Fig. 197. Säugetierschädel. *a* von der Seite, *b* im Längsschnitt. *H* Hinterhauptsbein, *J* Jochbein, *K* Keilbein, *N* Nasenbein, *OK* Oberkiefer, *ONM* Obere Nasenmuschel, *P* Pflugscharbein, *S* Scheitelbein, *SB* Siebbein, *Sch* Schläfenbein, *St* Stirnbein, *T* Tränenbein, *UNM* Untere Nasenmuschel, *ZK* Zwischenkiefer.

Der Gesichtsteil des Schädels besteht außer den Nasenbeinen (Fig. 197N) und den Nasenmuscheln hauptsächlich aus den beiden Kiefern, dem der Schädelkapsel fest angewachsenen Oberkiefer (OK) und dem durch Gelenk gegen den Schädel beweglichen Unterkiefer. Nach innen von dem Oberkiefer, dessen mittlerer Teil sehr häufig (aber nicht beim Menschen) als die Schneidezähne tragender „Zwischenkiefer“ (Fig. 197ZK) dauernd sich abgliedert, liegt das Gaumenbein als Stütze des harten Gaumens der Mundhöhle, während ein den Augenhöhlenrand unten und außen umgrenzender, den Oberkiefer

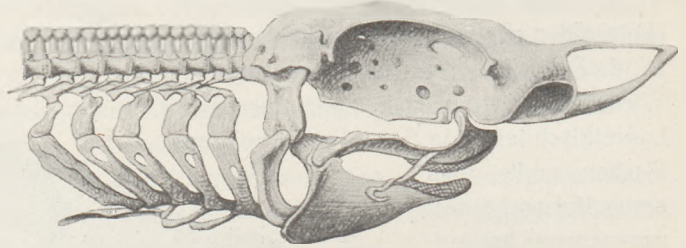


Fig. 198. Kopf- und Kiemenskelett eines Haifisches.

mit dem Schläfenbein verbindender Knochen als Jochbein (*J*) bezeichnet wird.

Beide Kiefer treten in ihrer ersten Anlage als paarige Spangen auf, die dann in der Mittellinie miteinander verwachsen. Bei den Fischen sind noch eine ganze Reihe solcher Spangen vorhanden und erscheinen hier als knorpelige oder knöcherne, in der Mittellinie durch besondere Zwischenglieder verbundene Kiemensbögen (Fig. 198). Das Zungenbein der höheren Wirbeltiere mit seinen Hörnern (Fig. 199H), von denen bei Amphibien und Reptilien noch mehrere Paare vorhanden sind, ist als Rest dieses Kiemengerüsts der Fische anzusehen.

Zwischen Unterkiefer und Schädelkapsel schiebt sich bei Vögeln, Reptilien und Amphibien noch ein besonderer Knochen ein, das Quadratbein. Dasselbe ist bei Säugern als der sog. Amboß unter den Gehörknöchelchen wiedererkannt.

**3. Gliedmaßenskelett.** Abgesehen von den aus einem zusammenhängenden Hautsaume hervorgegangenen unpaaren Flossen der Fische (Rücken-, Schwanz- und Afterflosse) erscheinen die Gliedmaßen stets als paarige Anhänge des Körpers, welche namentlich die Stütze des Körpers und die Vermittlung der Ortsbewegung übernommen haben. Aus dieser Aufgabe erklärt sich ihre Verbindung mit der Wirbelsäule wie die Gliederung in verschiedene, durch Gelenke verbundene Abschnitte. Vorder- und Hintergliedmaßen sind nach demselben Plan gebaut, können aber bei verschiedener Verwendung weitgehende Verschiedenheiten des Baues zeigen.

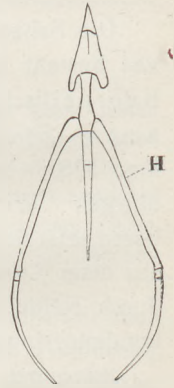


Fig. 199. Zungenbein eines Vogels.

An den Gliedmaßen der Wirbeltiere lassen sich von den Amphibien an für beide Paare drei aufeinanderfolgende Abschnitte unterscheiden, welche wir als Extremitätengürtel, Extremitätenstiel und Extremität im engeren Sinne bezeichnen wollen.

a) Der Extremitätengürtel der vorderen Gliedmaßen, der Schultergürtel, ist nur durch Bindegewebe mit der Brustregion der Wirbelsäule verbunden. Er besteht in vollkommenster Ausbildung aus drei Knochen (Fig. 200), einem Schulterblatt (*Schu*) und zwei von diesem als Spangen nach der Mittellinie des Rumpfes sich erstreckenden Knochen, die als Schlüsselbein (*Schl*) und Rabenschnabelbein (*R*) unterschieden werden (Schildkröten, Eidechsen). Bei den Vögeln sind die Schlüsselbeine zu dem schlittenkufenartigen Gabelbein verwachsen. Bei Säugern (ausgenommen die Schnabeltiere) und beim Menschen ist das Rabenschnabelbein nur als „rabenschnabelartiger“ Fortsatz des Schulterblattes erkennbar; das Schlüsselbein aber findet sich als mehr oder minder entwickelte Spange namentlich bei allen denjenigen Säugetieren, welche ihre vorderen Gliedmaßen nicht einfach zum Laufen, sondern auch zu anderen Leistungen (Klettern, Greifen usw.) benutzen. Bei den Huftieren endlich wird es völlig vermißt, so daß in diesem Falle der Schultergürtel allein aus dem Schulterblatt besteht.

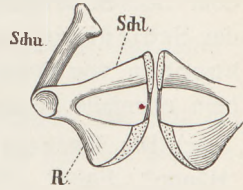


Fig. 200. Schultergürtel einer Schildkröte.

Der Extremitätengürtel der hinteren Gliedmaßen, der Beckengürtel, steht bei den Landtieren in viel festerer Verbindung mit der Wirbelsäule als der Schultergürtel, da die hinteren Extremitäten vorwiegend durch Stoß gegen die Bodenfläche die Bewegung zu vermitteln haben.

Bei den Wassertieren, wo diese Aufgabe in Wegfall kommt, ist ein Zusammenhang des Beckengürtels mit der Wirbelsäule in der Regel nicht vorhanden, so daß z. B. die Hintergliedmaßen der Fische von der Bauchgegend bis weit nach vorn, ja bis vor die vorderen Extremitäten gerückt sein können.

Auch der Beckengürtel besteht aus drei verschiedenen Knochenstücken, welche in ihrer Anordnung dem Schulterblatt und den beiden von ihm ausgehenden Knochen entsprechen. Der obere breite, dem Schulterblatte entsprechende Knochen wird als Darmbein (Fig. 201 *D*) bezeichnet; der dem Schlüsselbein entsprechende Knochen, das Schambein (*Sch*), ist meist mit dem der anderen Seite in der Mittellinie verwachsen; der dem Rabenschnabelbein entsprechende Knochen führt den Namen Sitzbein (*S*).

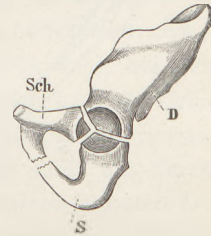


Fig. 201. Linke Beckenhälfte des Menschen, in die 3 dasselbe zusammensetzenden Knochen zerlegt.

Wo die hinteren Gliedmaßen verkümmert sind (Wale), ist meist nur noch ein unpaares Knochenstück an der Bauchseite vorhanden.

b) Der Extremitätenstiel der vorderen Gliedmaßen, der Arm, besteht bekanntlich wieder aus zwei Abschnitten, deren oberer aus einem Knochen, dem Oberarmknochen (Fig. 202 *OA*), deren unterer aus zweien, Speiche und Elle (*Sp* u. *E*), gebildet zu sein pflegt. Nur wo letztere zwei Knochen gleichzeitig entwickelt sind, wie beim Menschen und Affen, ist eine Drehbewegung des Unterarms möglich; dieselbe fällt aus, wenn die Elle in



ihrem unteren Teile verkümmert, und die Speiche die Hauptverbindung zwischen Oberarm und Hand übernommen hat (Huftiere). Die Knochen des Extremitätenstiels können bei Wasser- und Grabtieren außerordentliche Verkürzungen erleiden (Maulwurf, Wale).

Ganz entsprechend den Skeletteilen des Armes sind diejenigen der hinteren Extremität, des Beines. Auf den mit dem Becken artikulierenden Oberschenkelknochen folgen das Schienbein und das Wadenbein als Unterschenkelknochen, von denen jedoch das der Elle entsprechende Wadenbein ebenfalls häufig verkümmert (Huftiere, Vögel, Fig. 203).

c) Die Extremitäten im engeren Sinne sind als „Hände“, „Füße“, „Flossen“ usw. von großer Verschiedenartigkeit des Baues, da bei ihnen die Mannigfaltigkeit ihrer Verwendung am meisten zum Ausdruck gelangt ist. Dennoch kann man bei den höheren Wirbeltieren ganz allgemein drei Abschnitte der Extremität unterscheiden, welche als Handwurzelknochen (Fig. 202 *HW*), Mittelhandknochen (Fig. 202 *MK*) und Fingerknochen (*F*), bzw. als Fußwurzelknochen, Mittelfußknochen und Zehenknochen bezeichnet werden.

Die Hand- und Fußwurzelknochen sind meist in zwei Reihen geordnet, deren jede bis zu fünf getrennte Knochen enthalten kann. Häufig sind aber weitgehende Rückbildungen einge-

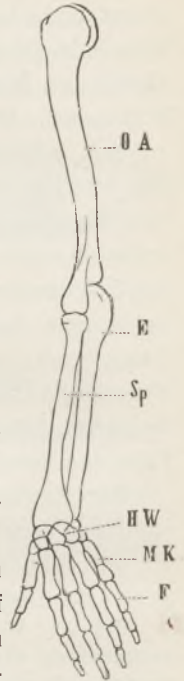


Fig. 202. Armskelett des Menschen.

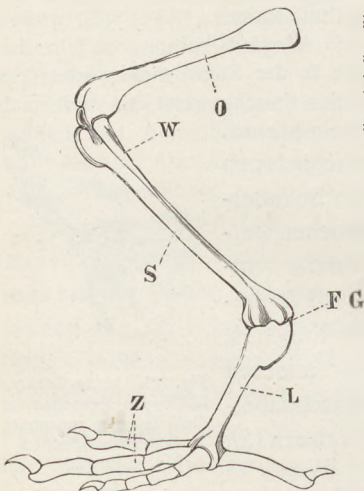


Fig. 203. Skelett des Vogelbeins. *O* Oberschenkel, *S* Schienbein, *W* Wadenbein, *FG* Fußgelenk, *L* Lauf, *Z* Zehen.

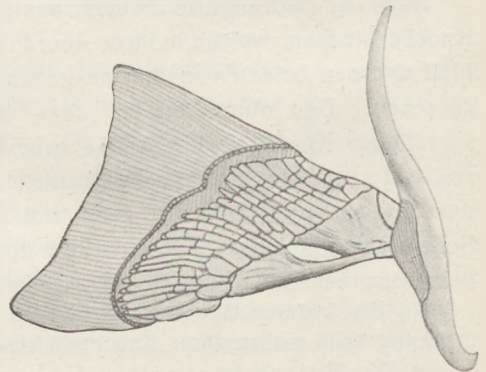


Fig. 204. Hand mit Schultergürtel eines Haifisches.

treten, so namentlich bei den Vögeln, deren Handwurzel nur noch zwei Handwurzelknochen erkennen läßt, während die Fußwurzelknochen völlig zu fehlen scheinen, da sie zum einen Teil mit dem einzigen Mittelfußknochen, dem Lauf, zum andern mit den Unterschenkelknochen verschmolzen sind (Fig. 203 bei *FG*).

Die Zahl der Mittelhand- und Mittelfußknochen beträgt im höchsten Falle fünf, aber auch hier sehen wir in vielen Fällen weitgehende Rückbildungen, welche im Lauf der Vögel (Fig. 203 L) und dem Mittelfuß der Pferde ihr höchstes Maß erreicht haben.

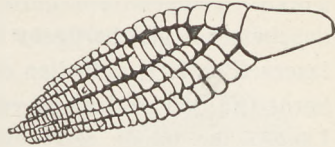


Fig. 205. Hand des Ichthyosaurus.

Die Zahl der Finger und Zehen pflegt derjenigen der Mittelhand- bzw. Mittelfußknochen zu entsprechen, doch finden sich auch scheinbare Ausnahmen, wenn die Mittelfußknochen miteinander verschmolzen sind (viele Huftiere, Füße der Vögel). Die Zahl der Glieder an den Fingern ist zuweilen beträchtlich, wenn es sich um die Herstellung biegsamer, federnder Ruder handelt (Waltiere).

Eine Vergleichung der im vorstehenden besprochenen Gliedmaßen der höheren Wirbeltiere mit den stiellosen, aus zahlreichen, meist reich gegliederten „Strahlen“ bestehenden Brust- und Bauchflossen der Fische (Fig. 204) stößt auf mancherlei Schwierigkeiten, doch bieten die Flossen der Rochen und Haie sowie namentlich die der fossilen Fische (Ichthyosaurus; Fig. 205) hierzu immerhin gewisse Anhaltspunkte.

### r) Das Muskelsystem.

Wie schon mehrfach hervorgehoben, besitzt jede unentwickelte Zelle vermöge ihrer protoplasmatischen Beschaffenheit die Fähigkeit der Kontraktion und der Bewegung.

Die niedersten tierischen Organismen bedürfen daher keines besonderen Bewegungsorgans, und dasselbe gilt von gewissen, im Körper der höheren Tiere selbständig auftretenden Zellen (weiße Blutkörperchen, Leberzellen usw.), die ebenfalls einer „amöboiden“ Bewegung fähig sind. Wie dann bei den Infusorien und den Larven niederer Wassertiere Flimmerhärchen die Ortsbewegung vermitteln, so gibt es auch im Zellverbände der höheren Organismen Zellgruppen, welche mit Flimmerhärchen ausgestattet sind, mit deren Hilfe sie kleinere Stoffteilchen aus den mit ihnen ausgekleideten Kanälen des Inneren fortzuführen vermögen (Flimmerepithelien der Luftwege, Schlund der Frösche usw.).

Solche Flimmerhaare können aber der Natur der Sache nach, selbst wenn sie, wie bei den Rippenquallen, zu größeren Flimmerplättchen verschmolzen sind, nur für Tiere von geringer Körpergröße und minimalem Gewicht (bei Wassertieren kommt hier das Archimedische Prinzip in Betracht) als ausreichendes Mittel der Ortsbewegung angesehen werden. Bei allen größeren Tieren und namentlich bei allen Landtieren ist für diese Tätigkeit ein viel ausgiebigerer Apparat zur Ausbildung gekommen, welcher gleichzeitig die Bewegung der Körperteile zueinander vermittelt: das Muskelgewebe.

Die Muskelfasern treten in zwei voneinander ziemlich scharf geschiedenen Formen auf, als glatte und als quergestreifte Muskelfasern. Die glatten Muskelfasern bestehen aus einer einzigen, gestreckten Zelle mit anscheinend gleichartigem Zellinhalt (Fig. 206). Die gestreiften Muskelfasern (Fig. 207) enthalten viele Zellkerne (*K*) und sind meist von großer Länge; ihr Inhalt zeigt eine regelmäßige Querstreifung, die durch abwechselnde helle und dunkle, breite und schmale „Scheiben“ hervorgerufen wird.

Nach Zusatz von Essigsäure zerfällt die gestreifte Muskelfaser in lauter äußerst feine Fäserchen („Fibrillen“; Fig. 207 *a* bei *F*), während sie sich durch Behandlung mit Kalilauge in Scheiben (Fig. 207 *b*) zerlegen läßt. Es geht daraus hervor, daß das Protoplasma dieser Fasern eine sehr komplizierte Struktur besitzt, bei welcher

festere, blockartige Elemente von flüssigerer Substanz umgeben sind. Durch Nervenreiz scheint die flüssige Zwischensubstanz zu gerinnen und dabei in wechselndem Verhältnis zwischen die zu Fibrillen geordneten Blockelemente zu treten, wodurch dann eine Verkürzung der Muskelfaser unter gleichzeitiger Verdickung erfolgt.

Die gestreiften Muskelfasern, welche meist zu Bündeln (Muskeln) vereinigt sind und dann von gemeinsamen Bindegewebshäuten (Fascien) umschlossen werden, sind zu viel kräftigerer und schnellerer Kontraktion befähigt als die glatten Muskelfasern; sie finden daher, wenigstens bei den Wirbeltieren, ihre Verwendung namentlich bei allen dem Willen unterworfenen Bewegungsleistungen, d. h. in der Peripherie des Körpers; doch besteht auch beispielsweise die Herzmuskulatur der Wirbeltiere aus quergestreiften Muskelfasern. Im Gegensatz hierzu treten die für den automatischen Arbeitsbetrieb der inneren Organe bestimmten glatten Muskelfasern vorwiegend am Darmrohr und seinen Anhängen auf.

Wirbellose Tiere. Sehen wir ab von der S. 137 erwähnten Plasmastreifung der Rindenschicht mancher Infusorien (Stentor) und dem Achsenstrang im Stiele der Glockentierchen (Vorticellen), so finden wir bei den Hohltieren die primitivste Art des Muskelgewebes, indem dessen Fasern sich hier vielfach noch deutlich als kontraktile Fortsätze von im übrigen wohl entwickelten Epithelzellen des Ektoderms (Längsfasern) und Entoderms (Ringfasern) er-



Fig. 206.  
Glatte Muskelfasern.

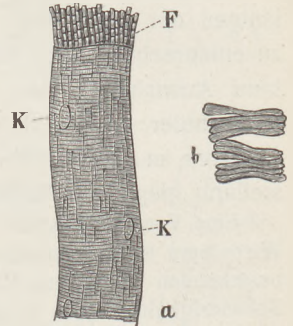


Fig. 207. *a* Gestreifte Muskelfasern, *b* nach Behandlung mit Kalilauge.



Fig. 208. Epithel-Muskelzellen des Süßwasserpolypen.

kennen lassen (Fig. 208). Bei den Quallen sind namentlich Ringfasern zur Kontraktion der Glocke entwickelt.

Bei den Stachelhäutern mit ihrem starren Kalkpanzer und ihrem Wasser-gefäßsystem spielt die aus selbständigen Fasern bestehende Muskulatur im allgemeinen eine nur untergeordnete Rolle (vgl. jedoch die starken Hautlängsmuskeln der See- walzen und die Muskulatur des Kauapparates der Seeigel).

Erst wo die Ortsbewegung des Körpers eine ausgiebigere wird, pflegt auch die Muskulatur in der Nähe seiner Oberfläche an Mächtigkeit zu gewinnen. So zuerst bei den Würmern mit ihrer wohl entwickelten Muskellage rings unter der Oberhaut. Besteht dieselbe allein aus Längsfasern (Rundwürmer), so ist nur ein Krümmen und Schlingeln des Körpers möglich; tritt hingegen noch eine äußere Schicht von Ringfasern hinzu (Ringelwürmer [Fig. 209], Plattwürmer), so werden die Tiere zu einer Verlängerung und Verkürzung des Körpers (Regenwurm, Blutegel, Bandwurm) befähigt.

Noch mehr ausgebildet ist die Muskulatur der Gliedertiere, da hier zu den Bewegungen des Rumpfes noch solche der durch feste Chitinrohre gestützten Gliedmaßen treten. An letzteren sind namentlich die im Innern des Rohrabschnittes nebeneinander liegenden Beuger (Fig. 210 *B*) und Strecker (Fig. 210 *St*) zu unterscheiden. Die Muskelfasern selbst sind bei den Gliedertieren sämtlich quergestreift. Die Zahl der selbständigen Muskelbündel ist eine ungemein große.

Die Ortsbewegung der Mollusken wird vornehmlich durch die gewaltige, aus glatten Fasern gebildete Muskelmasse bewirkt, welche den Fuß oder die Sohle der Tiere bildet. Da keine hebelartig wirkenden Skelettteile mit diesen Muskeln in Verbindung stehen, so sind die Weichtiere meist nur zu einer langsamen Kriechbewegung befähigt (Ausnahme: Tintenfische, Ruder- schnecken usw.).

**Wirbeltiere.** Bei den Wirbeltieren kann man in ähnlicher Weise wie bei den Gliedertieren eine Muskulatur des Rumpfes von derjenigen der Gliedmaßen unterscheiden.

1. **Rumpfmuskulatur.** Die Muskulatur des Rumpfes ist am einfachsten bei den Fischen ausgebildet. Sie ist hier deutlich in vier großen Längs-

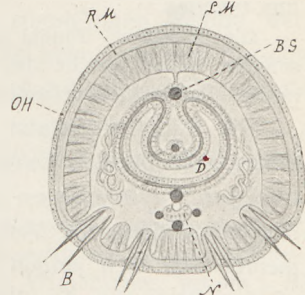


Fig. 209. Durchschnitt durch einen Regenwurm. *LM* Längsmuskeln, *RM* Ringmuskeln.

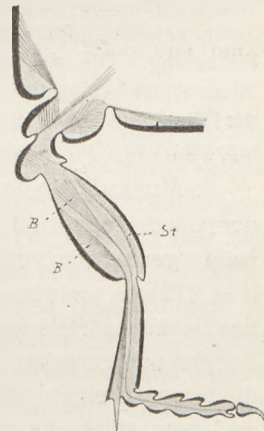


Fig. 210. Längsschnitt durch ein Insektenbein. *B* Beugemuskel, *St* Streckmuskel.

bündeln angeordnet, von denen die zwei oberen den oberen, die zwei unteren den unteren Wirbelbögen anliegen, wie dies am deutlichsten auf einem Querschnitt des Schwanzes zutage tritt (Fig. 211). Diese Muskelmassen bilden den eigentlichen lokomotorischen Apparat des Fisches.

Die einzelnen Bündel werden durch eigentümlich verlaufende sehnige Häute, welche den Muskelfasern als Ansatzstellen dienen, in eine Reihe hintereinander liegender Abschnitte geteilt.

Die Rumpfmuskulatur der Fische findet sich in ähnlicher Weise auch bei den Larvenstadien der Amphibien. Bei allen übrigen Wirbeltieren sind infolge der weiter durchgeführten Regionenbildung die Verhältnisse weniger einfach. Im allgemeinen läßt sich jedoch nachweisen, daß auch hier sowohl an der Oberseite der Wirbelsäule wie an deren Unterseite Längsmuskeln verlaufen, welche ein Beugen und Strecken des Rumpfes wie namentlich des Kopfes und Schwanzes ermöglichen. Daneben treten dann noch Muskeln zwischen den Rippen auf, sowie solche, welche die Baueingeweide überdecken.

Am Kopfe unterscheidet man Kaumuskeln und Gesichtsmuskeln. Erstere dienen zur Bewegung des Unterkiefers und gliedern sich daher in Heber und Senker. Die Gesichtsmuskeln fehlen den niederen Wirbeltieren fast völlig und erreichen erst mit dem Auftreten weicher Lippen bei den Säugetieren eine größere Bedeutung. Die wichtigsten hierher gehörigen, das Mienenspiel bedingenden Muskeln sind: der Stirnmuskel, der Öffner und Schließer der Augenlidspalte, die Schließmuskeln des Mundes usw.

**2. Muskulatur der Gliedmaßen.** Die Muskeln der Gliedmaßen sind in Anordnung und Wirkung nicht wesentlich von denjenigen des Menschen (Fig. 212) verschieden. Neben Hebern und Senkern des Schultergürtels unterscheidet man vornehmlich Beuger und Strecker, Roller, Adduktoren und Abduktoren. Bei Flugtieren (Vögeln, Fledermäusen) sind namentlich die von der Brust entspringenden Senker (Adduktoren) des Oberarms von mächtiger Entwicklung, denen dann die vom Rücken entspringenden Hebemuskeln entsprechen. Die Beuger des Unterarms (z. B. der Biceps des Menschen, *Mb*) und ebenso die Strecker entspringen natürlich vom Oberarmknochen, um sich an der Basis des Unterarms zu inserieren. In ähnlicher Weise werden Hand, Finger und Zehen durch von Ober- und

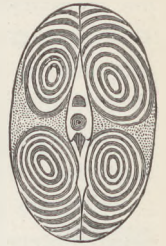


Fig. 211.  
Querschnitt durch einen Fischschwanz.

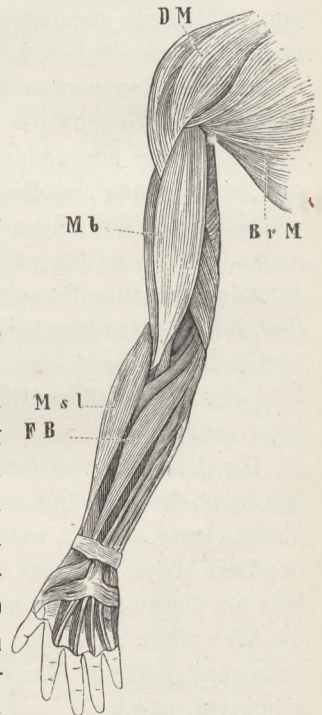


Fig. 212. Armmuskulatur des Menschen. *BrM* Brustmuskel, *DM* Deltamuskel, *Mb* Biceps, *Msl* Supinator longus, *FB* Fingerbeuger.

Unterarm entspringende und mit langen Sehnen an ihnen befestigte Muskeln in Bewegung gesetzt.

Eine stärker entwickelte Muskulatur zur Bewegung des Beckengürtels fehlt bei allen den Tieren, deren Becken mit der Wirbelsäule in fester Verbindung steht. Um so gewaltiger sind dafür in der Regel die Muskeln des Oberschenkels, welche vom Becken und der zugehörigen Region der Wirbelsäule ihren Ursprung nehmen. Namentlich die beim Lauf und Sprung so wichtigen Strecker des Oberschenkels (Gesäßmuskeln) pflegen sich durch Mächtigkeit auszuzeichnen.

Die Muskulatur für Unterschenkel und Fuß entspricht in ihrer allgemeinen Anordnung derjenigen der Vordergliedmaßen.

Als Hautmuskeln bezeichnet man solche Muskelmassen, welche nicht mit Skeletteilen in Verbindung treten und besondere Bewegungsleistungen der äußeren Haut hervorrufen. Sie finden sich nur bei den höheren Wirbeltieren, wo sie z. B. bei Vögeln das Sträuben des Gefieders, beim Igel und Gürteltier das Zusammenkugeln bewirken.

## 2. Organe des Stoffwechsels.

Die Bedeutung des „Stoffwechsels“ im Innern jedes lebenden Organismus und die dadurch bedingte Notwendigkeit der Nahrungsaufnahme ist bereits bei der Besprechung der inneren Organe des Menschen erörtert worden. Dasselbst wurde auch dargelegt, daß die Gesamtheit der dem Stoffwechsel dienenden Organe am besten in die der Verdauung, der Blutbewegung, Atmung und Ausscheidung zu gliedern seien.

### *a. Verdauung.*

Das Tier besitzt nicht, gleich der Mehrzahl der Pflanzen, die Fähigkeit, aus unorganischen Stoffen allein das nötige Baumaterial für die Organe seines Körpers herzustellen. Dennoch sind auch die unorganischen Verbindungen bei der Ernährung der Tiere von großer Wichtigkeit. Vor allem ist hier das Wasser zu nennen, das nicht nur als Baustoff, sondern auch als Lösungs- und Transportmittel, als Vermittler aller chemischen Umsetzungen im Körper für den Gesamtbetrieb von grundlegender Bedeutung ist. Sodann gehören hierher eine große Reihe unorganischer Salze (Kochsalz und andere Chlorverbindungen, phosphorsaure, kohlensaure, schwefelsaure Alkalien und alkalische Erden, Eisensalze, Kieselsäure usw.), welche teils mit dem Wasser aufgenommen werden, teils in den organischen Nahrungsmitteln in verschiedenen Mengenverhältnissen enthalten sind.

Als organisches Nahrungsmittel scheint so ziemlich alles dienen zu können, was im Tier- und Pflanzenreiche erzeugt wird. Neben lebenden und toten Tieren jeder Art werden auch deren Auswurfstoffe vielfach als willkommene Nahrungsmittel betrachtet, ja selbst das Haar und Federkleid der

ausgestopften Tiere, die Tuchdecke unserer Kutschen findet noch in den Motten ihre Liebhaber.

Nicht weniger mannigfaltig ist das Material, welches die Pflanzenwelt liefert. Von den nährenden Getreidekörnern, dem saftigen Obst bis zum dünnen Strohalm und dem Mulm vermorschter Bäume oder gar bis zum harten Holz des Eichenschrankes und den Tapeten der Stubenwände ist kein pflanzliches Gebilde vor dem Schicksal des Gefressenwerdens sichergestellt.

Dabei muß jedoch hervorgehoben werden, daß nicht ein und dasselbe Tier für alle die Tausende tierischer und pflanzlicher Stoffe zugleich die Fähigkeit der Verdauung (Assimilation) besitzt; vielmehr pflegt der Kreis von Stoffen, auf welche eine bestimmte Tierart angewiesen ist, ein ziemlich beschränkter zu sein. Nur wenige sind zur Ausnutzung tierischer und pflanzlicher Nahrung gleichzeitig befähigt und heißen deshalb ungerechtfertigterweise Allesfresser oder „Omnivoren“; die meisten sind auf eines der beiden Naturreiche, ja nicht selten auf eine bestimmte Pflanzen- oder Tierart ausschließlich angewiesen (Pflanzenfresser, Fleischfresser).

Trotz der anscheinend unendlichen Mannigfaltigkeit der in der Natur vorhandenen Nahrungsmittel läßt sich doch in allen tierischen und pflanzlichen Produkten eine verhältnismäßig kleine Reihe organischer Verbindungen nachweisen, welche als die eigentlichen Nahrungsstoffe im engeren Sinne erscheinen und in beiden Reichen gleicherweise vertreten sind. Es sind dies die Kohlenhydrate, die Fette und die Eiweißkörper. Von diesen finden sich die Kohlenhydrate (Stärke, Zuckerarten, Dextrin, Cellulose; Glykogen) allerdings vorwiegend im Pflanzenreiche; die Fette aber sind teils in der Gestalt von flüssigen Ölen (viele Samen), teils in fester Form bei Tier und Pflanze weit verbreitet. Von den zahllosen Formen des Eiweißes mögen das Albumin, Fibrin und Kasein als tierische, Pflanzenalbumin, Kleber und Legumin als jenen entsprechende pflanzliche Nahrungsstoffe erwähnt werden. Die Eiweiß- oder Proteinstoffe sind Hauptbestandteile des Protoplasmas und als solche auch jedenfalls für die Neubildung der protoplasmatischen Tierzelle von höchster Bedeutung.

Über die speziell für den Menschen noch in Betracht kommenden Genußmittel ist schon bei der Besprechung der Verdauungsorgane des Menschen im zoologischen Leitfaden das Wichtigste gesagt.

Wirbellose Tiere. Die Aufnahme fester Nahrungsteilchen in das Innere der verdauenden Zellen, wie wir sie bei den Urtieren ganz allgemein beobachten, wird bei den vielzelligen Tieren sehr bald aufgegeben. Bei den Schwämmen werden zweifellos von den geißeltragenden Entodermzellen der inneren Leibeshöhle noch amöboide Fortsätze ausgestreckt, welche die mikroskopischen Nahrungspartikelchen in sich aufnehmen. Etwas Ähnliches scheint auch noch bei den echten Hohltieren vorzukommen, deren Leibeshöhle bei den niederen Formen (z. B. Süßwasserpolyp; Fig. 213) bekanntlich zugleich auch einen einfachen Verdauungsraum darstellt, während sie bei den höheren Formen (echte Korallen) durch Einstülpung eines gegen die eigentliche Leibes-

höhle verschließbaren Mundkegels modifiziert ist (Fig. 214). Die eigentliche Verdauung scheint auch hier von den amöboiden Wandzellen der Leibeshöhle besorgt zu werden, nachdem durch ausgeschiedene Säfte die eingeschluckte Nahrung zum Zerfall gebracht ist.

Für die Einfuhr der Nahrung und die Ausfuhr der unverdauten Reste ist in allen diesen Fällen nur eine einzige Öffnung (Mundöffnung) vorhanden, wohingegen bei

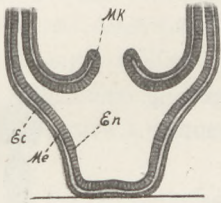


Fig. 213. Schematischer Längsschnitt durch einen Süßwasserpolypen.

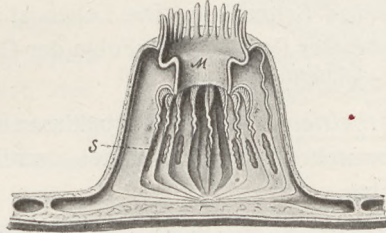


Fig. 214. Längsschnitt durch eine Seerose.  
M Mundkegel.

den Schwämmen diese Öffnung (das Oskulum) nur der Ausfuhr des Wassers dient, die Einfuhr aber durch kleinere Poren der Leibeshöhle („Poriferen“) bewirkt wird.

Eine selbständige Leibeshöhle und ein dieselbe durchziehendes Darmrohr, dessen Wandzellen die Verdauungssäfte ausscheiden, findet sich zuerst bei den Stachelhäutern. Bei ihnen sind zuweilen (reguläre Seeigel) auch besondere Organe für die Zerkleinerung der Nahrung (Laterne des Aristoteles) entwickelt. Die Anordnung des Darmkanals entspricht nur bei den Seesternen mit ihren strahlig vom zentralen Magen ausgehenden Blindschläuchen dem radiären Bau des Körpers. Bei den Seewalzen verläuft er in Doppelschlinge, bei den Seeigeln in Spiralen.

Außerordentliche Verschiedenheiten bietet der Verdauungsapparat der Würmer. Während er bei den Bandwürmern völlig fehlt, entbehrt er bei den Strudel- und Saugwürmern meist des Afters. Bei Rund- und Ringelwürmern ist er in der Regel gut entwickelt, kann bei letzteren auch mit besonderen Kiefern (Meereswürmer, Blutegel) am Eingange bewaffnet sein.

Ein höchst eigentümliches Verhalten zeigt der Vorderdarm der Manteltiere (Fig. 215), insofern er gleichzeitig als Atmungsapparat ausgebildet ist und dadurch Verhältnisse darbietet, wie wir sie dann später bei den Fischen in ähnlicher Weise wiederfinden.

Der Darm der Gliedertiere ist fast stets deutlich in Vorderdarm, Mitteldarm (mit Leberschläuchen, welche den Verdauungssaft liefern) und Enddarm gegliedert (Fig. 216). Die Mundwerkzeuge erscheinen als umgewandelte

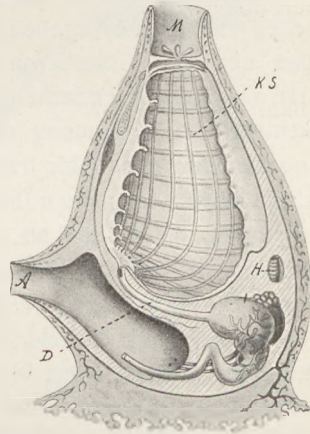


Fig. 215. Längsschnitt durch eine Seescheide. KS Kiemensack, D Darm, M Mund, A After.



Gliedmaßen und wirken meist seitlich gegeneinander. In den Vorderdarm münden die Speicheldrüsen (außer bei Krebsen), in den Anfang des Enddarms die als Nieren dienenden Malpighischen Gefäße (Insekten, Tausendfüße, Spinnen; Fig. 216 *MG*).

Auch der Darm der Mollusken läßt eine Gliederung in drei Abschnitte erkennen. Kauwerkzeuge (Kiefer, Reibplatte) finden sich namentlich bei Tintenfischen und Schnecken. Die Leber ist stets groß und massig. Der Enddarm mündet in der Regel — eine Folge der Gehäusebildung — in der Nähe des Mundes.

Wirbeltiere. Bei allen Wirbeltieren ist eine Scheidung des Darmrohrs in Vorder-, Mittel- und Enddarm deutlich erkennbar.

1. *Vorderdarm.* Der Vorderdarm ist stets mit seinem ersten Abschnitt auch in den Dienst der Atmung gestellt und beginnt mit einer geräumigen Mundhöhle. Letztere besitzt, wie beim Menschen, fast ausnahmslos eine Reihe von Apparaten, welche die vorbereitenden Arbeiten für die Verdauung auszuführen haben: Zahnbildungen, Zunge und Drüsenapparate.

Die Zähne sind nur bei den niedrigsten Fischen einfache, aus Epidermiszellen gebildete Hornzähne. Bei allen übrigen Wirbeltieren sind es Bindegewebsbildungen der Lederhaut, welche in vielen Fällen in nachträgliche Verbindung mit den Kiefern und anderen Knochen der Mundhöhle treten, sei es, daß sie sich denselben einfach anlagern (Fische, Amphibien, Eidechsen, Schlangen), sei es, daß sie in besondere Vertiefungen derselben eingebettet erscheinen (Krokodile, Säugtiere). Die Oberfläche der Zähne ist meist ganz oder zum Teil mit einer Schmelzschicht bedeckt, die von dem sie anfangs noch überlagernden Ektoderm geliefert wird.

Ein Zahnwechsel findet bei Fischen, Amphibien und vielen Reptilien unbegrenzt, bei den meisten Säugtieren nur einmal statt. Die sog. wurzellosen Zähne der Nagetiere haben beständiges Wachstum.

Schildkröten und Vögel besitzen keine Zähne; ihre Kiefer sind mit Hornscheiden belegt, welche als Epidermisbildungen entstehen.

Die Gestalt der Zähne ist eine ganz außerordentlich wechselnde; ebenso ihre Zahl. Namentlich bei Fischen und Säugtieren pflegen bei einem Individuum Zähne von sehr verschiedener Form aufzutreten (Schneide-, Eck-, Backenzähne usw.). Im einzelnen finden diese Verschiedenheiten in der Nahrung und den Lebensgewohnheiten der Tiere ihre Erklärung (vgl. den zoologischen Leitfaden).

Die Zunge ist schon bei den Fischen als wulstiges Polster nachzuweisen.

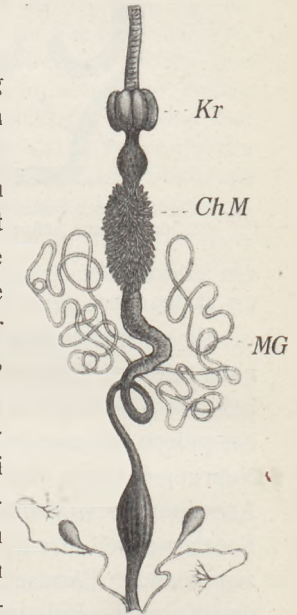


Fig. 216.  
Darmkanal eines Käfers.  
*Kr* Kropf, *ChM* Chylusmagen,  
*MG* Malpighische Gefäße.

Eine besondere Muskulatur erhält sie erst bei den Amphibien, wo sie oft als Fangapparat benutzt wird (Fig. 217; Frösche, Kröten). Bei den Reptilien (Schlangen, Eidechsen) ist sie meist von einer besonderen Scheide umgeben und nicht selten von verhornter Epidermis überkleidet, wie auch bei der Mehrzahl der Vögel. Eine fleischige Zunge besitzen die Amphibien, Krokodile, Schildkröten, viele Eidechsen, die Papageien und Säugetiere. Auch bei diesen Tiergruppen dient die Zunge vielfach zum Erwerb der Nahrung (Chamäleons [Fig. 218], Spechte, Ameisenfresser usw.). Ohne Zunge ist nur die Wabenkröte.



Fig. 217. Kopf des Frosches mit Fangzunge.

Die vom Menschen her bekannten Speicheldrüsen pflegen den Wasser-  
tieren, weil unnötig, zu fehlen. Bei vielen Schlangen sind die Ohrspeicheldrüsen in Giftdrüsen umgewandelt. Der Speichel der Vögel ist zähe und wird nicht selten beim Nestbau verwandt (Singdrossel, Schwalben, Salanganen). Kamele und Lamas benutzen den Speichel als Abwehrmittel.

Die bei allen Wirbeltieren schlaffe, muskulöse Speiseröhre ist namentlich bei Vögeln (Tauben, Raubvögel, Hühner usw.) oft zu einem als Reservoir dienenden Kropf erweitert.

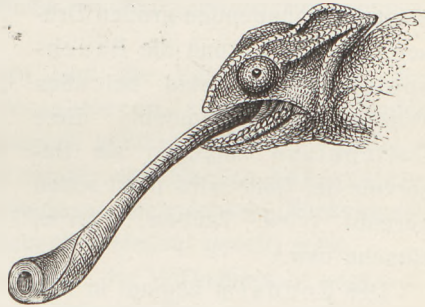


Fig. 218. Kopf des Chamäleons mit Fangzunge.

Der Magen zeigt nur bei Fischen (Fig. 219) und Amphibien sowie bei Schlangen und Eidechsen einen geraden Verlauf; bei allen übrigen Wirbeltieren

ist er quergestellt. Nicht selten findet sich eine Gliederung in einzelne Abschnitte, welche durch die Verschiedenheit ihrer Wandungen und der in ihnen auftretenden Drüsen charakterisiert sind. So ist bei Vögeln der Magen häufig in einen drüsenreichen Vormagen und einen muskulösen Kaugen gegliedert (Fig. 220). Bei Nagetieren treten in der Regel zwei, bei Wiederkäuern sogar vier gesonderte Abschnitte (Pansen, Netz-, Blätter-, Labmagen) auf, von denen aber nur der letzte mit den für die Verdauung so wichtigen (Salzsäure, Pepsin) Magensaft- oder Labdrüsen besetzt ist.

**2. Mitteldarm und Enddarm.** Der Mitteldarm ist in der Regel der längste Abschnitt des Darmrohrs und meist in zahlreiche, durch bindegewebige Häute (Mesenterium) verbundene Schlingen gelegt. Seine größte Ausdehnung erlangt er bei pflanzenfressenden Tieren, deren gesamte Verdauungsarbeit natürlich eine weit größere ist als dort, wo es sich um die Umwandlung tierischer Substanzen handelt.

Bei den Knochenfischen trägt sein Anfang eine Reihe eigentümlicher Blindsäcke; bei Rochen, Haien und Ganoidfischen zeigt er im Innern eine spiralförmige Falte mit vielen Umgängen, die sog. Spiralkappe (vgl. Fig. 219 *Sp*). Bei den jungen, pflanzenfressenden Froschlurven ist er in vielen konzentrischen Windungen angeordnet, um sich beim Übergang zur Fleischnahrung beträchtlich (bis auf wenige Schlingen) zu verkürzen.

Der Bau der Darmwand mit ihren Zotten und Chylusschläuchen und deren aufsaugende Tätigkeit entsprechen im allgemeinen den diesbezüglichen Einrichtungen beim Menschen. Auch die beiden, in den Anfangsteil des Mitteldarms unmittelbar hinter der Pylorusklappe einmündenden großen Drüsen, die Leber und die Bauchspeicheldrüse, sind bei allen Wirbeltieren vorhanden. Eine Gallenblase hingegen als Reservoir der Galle wird nicht selten vermißt (viele Tauben, Pferde, Hirsche usw.).

Der Enddarm beginnt in den meisten Fällen mit einem oder zwei Blindsäcken (Blinddarm; Fig. 220 *B*), welche besonders bei manchen Vögeln (Hühnern) stark entwickelt sind. Er gliedert sich oft in das Kolon und den Mastdarm, welcher letztere bei allen niederen Wirbeltieren, bis zu den Schnabelltieren unter den Säugern, mit den Ausführungsgängen der Harnwerkzeuge in einen gemeinsamen Raum, die sog. Kloake, einmündet.

### β. Blut und Blutbahnen.

Von der Gesamtmasse der aufgenommenen Nahrungsstoffe wird nur dasjenige den Organen zugeführt, was durch die Tätigkeit der Drüsenflüssigkeiten in lösliche Form gebracht werden konnte; alles übrige wird unverdaut wieder ausgeschieden. — Die so erhaltene Nährflüssigkeit, welche nach ihrer Abscheidung aus dem Speisebrei als Chylus bezeichnet wird, muß in der Regel erst verschiedene Umwandlungen erleiden, bis sie als Blut den einzelnen

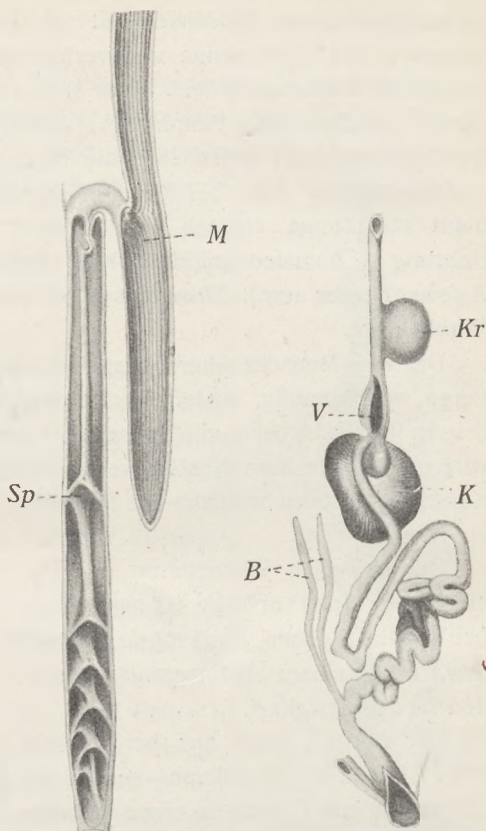


Fig. 219. Darmkanal eines Schmelzschuppers. *M* Magen, *Sp* Spiralkappe.

Fig. 220. Darmkanal eines Vogels. *Kr* Kropf, *V* Vormagen, *K* Kaumagen, *B* Blinddärme.

Organen des Körpers durch besondere Apparate zugeführt werden kann. Doch zeigen sich auch in diesen Verhältnissen die mannigfachsten Verschiedenheiten, welche von den niedrigsten bis zu den höchsten Organismen eine allmähliche Vervollkommnung erkennen lassen.

Wirbellose Tiere. Bei den Hohltieren ist es der in der Leibeshöhle gebildete Speisebrei selbst, welcher, mit Wasser gemengt, als Nahrungsflüssigkeit, als Blut im weitesten Sinne, sich darstellt.

Von den Würmern bieten die parasitisch lebenden, eines Darmkanals völlig entbehrenden Bandwürmer die einfachsten Verhältnisse, insofern hier die flüssige Nahrung aus dem Wirtstier osmotisch durch die Leibeßwand aufgenommen und direkt den einzelnen Organen zugeführt wird. Bei den mit Darm versehenen Saug- und Strudelwürmern dringt die im Darm bereitete Nährflüssigkeit ebenfalls direkt in das Körpergewebe, da eine besondere Leibeshöhle nicht ausgebildet ist. Erst bei den Rund- und Ringelwürmern kann man mit dem Auftreten einer Leibeshöhle auch von einer wahren, in ihr sich ansammelnden Blutflüssigkeit sprechen. Bei den Ringelwürmern ist ein Teil der letzteren sogar schon von einem eigenen Röhrensystem (Adern) umschlossen.

Ähnlich wie bei den Ringelwürmern sind die Verhältnisse bei den Stachelhäutern, Gliedertieren und Weichtieren. Auch bei ihnen finden wir die mit einer meist farblosen Blutflüssigkeit gefüllte Leibeshöhle meist in offener Verbindung mit einem mehr oder minder entwickelten Adersystem, in dem die Blutflüssigkeit durch ein muskulöses Zentralorgan (Rückengefäß der Insekten, Herz der Krebse und Mollusken) in Umlauf gesetzt wird.

Wirbeltiere. Die ernährende Blutflüssigkeit der Wirbeltiere bewegt sich, im Gegensatz zu derjenigen der meisten wirbellosen Tiere, durchweg in geschlossenen, mit eigener Wandung versehenen und nicht mit der Leibeshöhle in offener Verbindung stehenden Kanälen; ihr Blutgefäßsystem ist ein geschlossenes. Eine zweite wesentliche Eigentümlichkeit besteht darin, daß der durch die Verdauungstätigkeit gewonnene Chylussaft zunächst in besonderen Bahnen, den sog. Chylusgefäßen, verläuft, um erst dann dem eigentlichen Blutkreislauf sich einzufügen.

Abgesehen vom Amphioxus (dessen größere Adern sämtlich kontraktile sind) ist bei allen Wirbeltieren ein muskulöses, von einem Herzbeutel umgebenes Herz als Zentralorgan der Blutbewegung vorhanden. Dasselbe liegt stets an der Bauchseite des Körpers.

Anfangs ein gerader, zylindrischer Schlauch, in dessen hinteres Ende die Venen münden, dessen vorderes in die Arterien übergeht, krümmt sich das Herz bald knieförmig um, so daß nunmehr der venentragende, durch Einschnürung als Vorkammer sich schärfer abhebende Teil nach oben und vorn zu liegen kommt, während gleichzeitig der Grundteil der austretenden Arterie als muskulöser Arterienstiel vom eigentlichen Herzen sich abschnürt.

Bei den Fischen besteht das Herz stets nur aus zwei Abschnitten, einer Vorkammer und einer Herzkammer. In die Vorkammer tritt das venöse Blut aus dem Körper durch 4 mächtige Körpervenen (Fig. 221 *KpV*) ein, gelangt dann in die Herzkammer und von hier durch den sog. Arterienstiel (Fig. 221 *Ar*) in die zu den Kiemen paarweise sich abzweigenden Kiemenarterien (Fig. 221 *KA*), welche in den Kiemen zu einem feinen Adernetz sich auflösen. In den Kiemen wird das Blut durch Sauerstoffaufnahme „arteriell“, sammelt sich wieder in größeren Stämmen, den Kiemenvenen (*KV*), welche schließlich zu einer großen Körperschlagader, der Aorta (*A*) sich vereinigen, aus welcher nun die einzelnen Organe des Körpers mit arteriellem Blut versehen werden. Aus den Organen wird das hier wieder „venös“ gewordene Blut durch die 4 Körpervenen aufs neue der Vorkammer des Herzens zugeführt. Das Herz der Fische führt daher nur venöses Blut; der Kreislauf des Blutes ist ein einfacher.

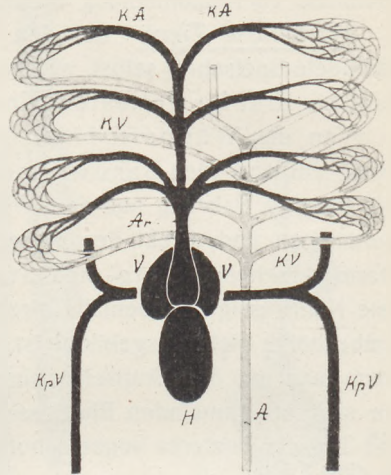


Fig. 221. Schema des Blutkreislaufs der Fische. *H* Herzkammer, *V* Vorkammer, *Ar* Arterienstiel, *KA* Kiemenarterien, *KV* Kiemenvenen, *KpV* Körpervenen, *A* Aorta.

Ähnlich wie bei den Fischen ist der Blutkreislauf der kientragenden Amphibien. Erst mit dem Auftreten der Lungen erfährt derselbe eine

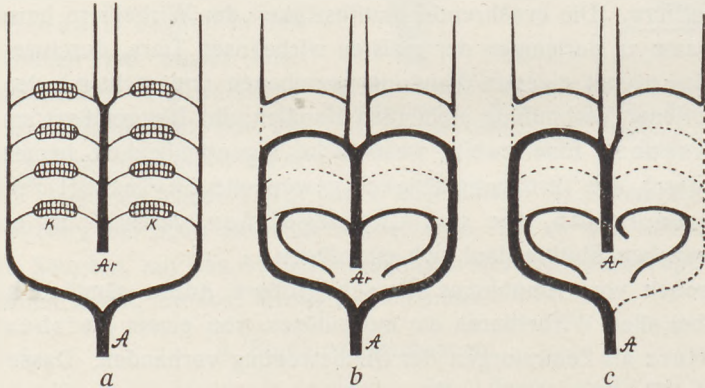


Fig. 222. Schema des Kiemenkreislaufs und seiner Ausschaltung. *a* Fisch, *b* Amphibien, *c* Vögel. *Ar* Arterienstiel, *A* Aorta, *K* Kiemen.

weitgehende Umgestaltung, indem der ganze Kiemenkreislauf mit dem Verschwinden der Kiemen ausgeschaltet und durch den Lungenkreislauf ersetzt wird. Die einfache Vorkammer der Fische ist bei den Amphibien durch eine Scheidewand in 2 Kammern geteilt.

Die Ausschaltung des Kiemenkreislaufs bei der Verwandlung der Amphibien wird in der Weise vorbereitet, daß jede der paarigen Kiemenarterien des Arterienstiels vor ihrem Eintritt in die Kiemen durch eine Ader direkt mit der zugehörigen, von den Kiemen kommenden Vene in Verbindung steht, so daß das im Arterienstiel aufsteigende Blut alsbald, ohne in die Kiemen eingetreten zu sein, mittels der Kiemenvenen direkt in die Aorta übergeht. Indem nun die Zahl der Kiemenarterien und -venen hierbei mehr und mehr zurückgeht, gelangen wir schließlich (bei Reptilien) zu Verhältnissen, bei denen der Arterienstiel an seinem vorderen Ende nach rechts und links nur noch je eine Ader (Fig. 222 *b*) entsendet, welche, im Bogen sich rückwärts wendend, alsbald mit derjenigen der anderen Seite in der Mittellinie des Körpers zur Aorta sich wieder vereinigt (Fig. 222 *b* bei *A*). Der Arterienstiel führt nunmehr den Namen „aufsteigende Aorta“, die früheren Kiemenadern den Namen „Aortenbögen“, während ihre Wiedervereinigung als „absteigende Aorta“ bezeichnet wird. — Die Sauerstoffaufnahme des Blutes erfolgt bei Rückbildung des Kiemenkreislaufs in den Lungen, zu welchen vom Grunde des Arterienstiels ein Ast sich abzweigt, während die das arteriell gewordene Blut zurückführende Lungenvene in die linke Hälfte der durch Scheidewandbildung zweigeteilten Vorkammer eintritt. Das durch diese Ader zugeführte arterielle Blut mischt sich in der Herzkammer mit dem aus der rechten Vorkammer einströmenden venösen Blut der Körpervenen, und dieses gemischte Blut wird nun aus der Herzkammer aufs neue in die aufsteigende Aorta getrieben.

Bei den Reptilien ist zu der Zweiteilung der Vorkammer noch eine mehr oder minder vollständige Teilung der Herzkammer getreten, wodurch eine Scheidung in eine arterielle und eine venöse Herzhälfte angebahnt wird, die bei Vögeln und Säugetieren durchweg vorhanden ist und die Ausbildung eines vollständig doppelten Blutkreislaufes zur Folge hat. Das venöse Körperblut tritt bei den 3 höchsten Klassen der Wirbeltiere in die rechte Vorkammer und von hier in die rechte Herzkammer, von welcher es durch die Lungenarterien in die Lungen gepumpt wird. Rückkehrend und arteriell geworden, gelangt es durch die Lungenvenen in die linke Vorkammer und in die linke Herzkammer, welche es durch die aufsteigende und dann umbiegende Aorta dem Körper zuführt. Letztere gibt bei den Reptilien (Fig. 223) zwei Bögen, je einen nach rechts und links, ab, die sich zur absteigenden Aorta vereinigen. Bei den Vögeln ist von diesen nur der rechte, bei den Säugern nur der linke Bogen (Fig. 224 *A*) entwickelt, so daß eine Teilung und Wiedervereinigung der Aorta (d. i. der aus dem Arterienstiel der Fische sich abzweigenden Adern), wie es bei niederen Wirbeltieren die Regel, bei den zwei höchsten Klassen der Wirbeltiere überhaupt nicht mehr vorkommt.

Die Klappen zwischen Vorkammer und Herzkammer erscheinen bei Reptilien und Vögeln als breite, vorspringende Leisten, bei Säugern als zipfelmützenartige Hautzylinder. Der Rückfluß des Blutes aus den Arterien in die Herzkammer wird auch bei den niederen Wirbeltieren, wie beim Menschen, durch Taschenklappen verhindert.

Der Verlauf der großen Arterien und Venen des Körpers bei den höheren Wirbeltieren bietet mannigfache Verschiedenheiten dar. Im allgemeinen läßt sich etwa folgendes sagen: Die aus der linken Herzkammer nach dem Kopfe zu aufsteigende Aorta sendet je zwei große Arterien zum Kopf und zu den vorderen Gliedmaßen, welche als Halsschlagadern (Karotiden; Fig. 224 c) und Schlüsselbeinarterien unterschieden werden. Nach ihrer Umbiegung in den absteigenden Ast entsendet die Aorta zunächst

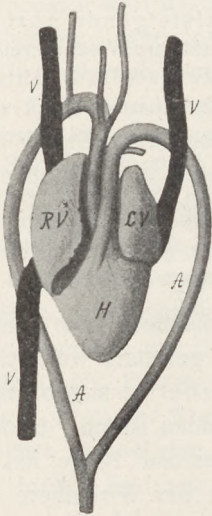


Fig. 223. Herz und Hauptadern des großen Blutkreislaufs eines Reptils (Schlange). A Aortenbögen, V Körpervenen.

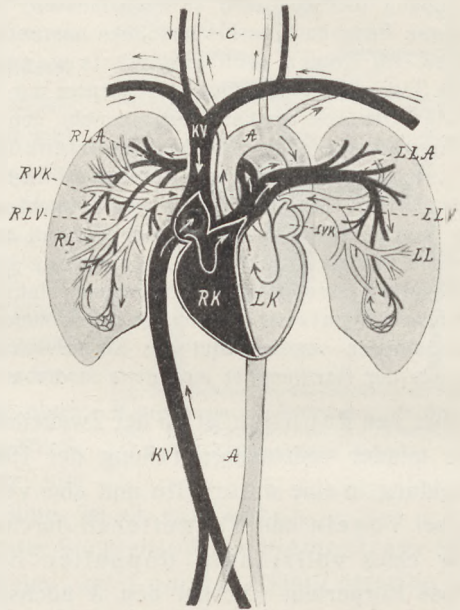


Fig. 224. Herz und Blutkreislauf eines Säugetiers. A Aorta, LLV, RLV linke und rechte Lungenvene, LLA, RLA linke und rechte Lungenarterie, KV Körpervenen (obere und untere Hohlvene).

eine Reihe von Arterien zu den Baueingeweiden. Hierauf gibt sie zwei mehr oder minder starke Schenkelarterien für die hinteren Gliedmaßen ab, um als Schwanzarterie zu enden.

Die Zusammensetzung des Blutes der Wirbeltiere entspricht im allgemeinen derjenigen des menschlichen Blutes, doch ist zu erwähnen, daß die roten Blutkörperchen nur bei den Säugetieren kernlos, bei allen übrigen Wirbeltieren aber durch den Besitz eines Kernes ausgezeichnet sind.

### γ) Atmung.

Alle organischen Wesen bedürfen bekanntlich des Gasaustausches mit den umgebenden Medien, und zwar ist es in allen Fällen der Sauerstoff, welcher, von außen in den Körper eintretend, chemische Veränderungen der Gewebe (Oxydation, Verbrennung) und dadurch Kräftwirkungen hervorruft. Infolge dieser chemischen Vorgänge werden dann eine Reihe anderer

Gase (Kohlensäure, Wasserdampf usw.) als unbrauchbare „Oxydationsprodukte“ wieder aus dem Körper ausgeschieden. Diese Aufnahme und Abgabe gasförmiger Stoffe wird als Atmung bezeichnet.

In bezug auf die rein physikalischen Bedingungen dieser Vorgänge wissen wir, daß Gase, welche auf Flüssigkeiten drücken, bis zu einem gewissen Grade von denselben absorbiert werden, sowie andererseits, daß Gase an die Umgebung abgegeben werden, sobald der äußere Druck geringer ist als der in der Flüssigkeit. Nicht minder kommen hierbei die Gesetze der Osmose in Betracht, nach welchen zwei in verschiedenem Maße mit Gasen gesättigte Flüssigkeiten durch tierische Membranen die aufgelösten Gase im Verhältnis der Sättigung miteinander austauschen. Wenn daher in den tierischen Geweben durch Zersetzungsprozesse größere Mengen von Kohlensäure frei werden, so streben dieselben, in die an Kohlensäure ärmere Luft zu diffundieren, während der Sauerstoff der Luft durch Druck, Osmose und chemische Affinität in die Gewebe eintritt.

Das ursprünglichste und sich gewissermaßen von selbst ergebende Atmungsorgan ist die äußere Haut, und diese ist es daher allein überall da, wo bei winziger Körpergröße das Verhältnis von Oberfläche und Masse ein günstiges ist. Erst bei wachsendem Körper erscheint die atmende Außenfläche im Verhältnis zur Masse des Körpers nicht mehr ausreichend, und dies um so weniger, als die Oberfläche ja gleichzeitig auch den Anforderungen eines ausreichenden Schutzes entsprechen muß. Es treten daher in der Tierreihe sehr bald, neben der bis in die höchsten Tierklassen fortdauernden Hautatmung, besondere Atmungsorgane auf, welche als Hautfaltungen zur Vergrößerung der atmenden Fläche aufzufassen sind.

Im einfachsten Falle wird die Vergrößerung der atmenden Fläche durch Bildung von Hautlappen, Fransen usw. an der Oberfläche des Körpers erzielt. Man bezeichnet derartige Bildungen im allgemeinen als Kiemen; dieselben sind namentlich bei Wassertieren weit verbreitet, da bei Landtieren so zarte Anhänge zu leicht der Verletzung ausgesetzt sein würden. Bei Landtieren treten vielmehr Einstülpungen (meist in Form von Lungen) in das Innere des Körpers auf; die Membranen der letzteren sind in diesem Falle dadurch vor dem die Diffusion der Gase verhindernden Austrocknen geschützt, daß stets nur ein Teil der Kohlensäure und des gleichzeitig erzeugten Wasserdampfes aus dem Innenraum der Einstülpung durch den Atemmechanismus entfernt werden kann. Der Mangel dieser Einrichtung vornehmlich bewirkt das schnelle Hinsterben der kientragenden Wassertiere in der doch so sauerstoffreichen atmosphärischen Luft.

Nur bei einigen Tiergruppen ist der Gasaustausch zwischen den Geweben und der atmosphärischen Luft ein direkter (Protozoën, Insekten); in der Regel dient als Vermittler für diesen Vorgang das Blut, welches in den Atmungsorganen mit Sauerstoff beladen wird, um denselben bei seinem Kreislauf durch die Gewebe gegen Kohlensäure umzutauschen. Als Träger



des Sauerstoffs sind bei den höheren Tieren die roten Blutkörperchen oder vielmehr deren roter Farbstoff (Hämoglobin) in Anspruch zu nehmen, während die Kohlensäure vornehmlich im Plasma des Blutes gelöst ist.

Wirbellose Tiere. Die Hohltiere entbehren, gleich den Urtieren, besonderer Atmungsorgane. Nicht nur die äußere Haut, sondern auch das in das Innere der Leibeshöhle aufgenommene Wasser wird bei ihnen für den Gasaustausch von Bedeutung sein.

Bei den Stachelhäutern mit ihrem festen Schutzpanzer steht vornehmlich das sog. Wassergefäßsystem mit seinen zarten Saugfüßchen im Dienste der Atmung. Daneben finden sich zuweilen Hautkiemen (Seesterne, Seeigel) oder baumförmig verästelte Blindschläuche des Enddarms als sog. Wasserlungen (Seewalzen).

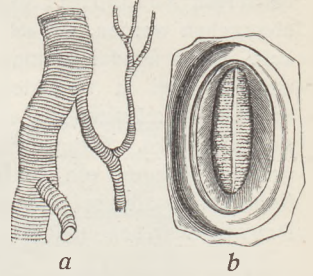


Fig. 225. a Trachee eines Insekts, b Stigma.

Die Mehrzahl der Würmer kann infolge ihrer gestreckten Gestalt besonderer Atmungsorgane entbehren. Nur bei den Ringelwürmern des Meeres treten Kiemenanhänge am Kopf (vgl. Fig. 59) oder an den einzelnen Segmenten des Körpers auf. — Höchst eigenartig ist die Umbildung des Vorderdarms der Manteltiere zu einem gitterförmig durchbrochenen Kiemensack (vgl. Fig. 215), der schließlich bei den Salpen zu einem einfachen, die Leibeshöhle schräg durchsetzenden Kiemenbande sich umformt.

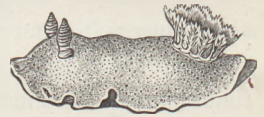


Fig. 226. Meeress-Nachtschnecke.

Im Kreise der Gliederfüßer treffen wir zuerst neben kiementragenden Wassertieren (Krebse) ausschließlich auf das Luftleben angewiesene und für das Atmen in der Luft mit spezifischen Organen angewiesene Geschöpfe: die Insekten, Spinnen und Tausendfüßer. Fast allgemein besitzen diese Tiere

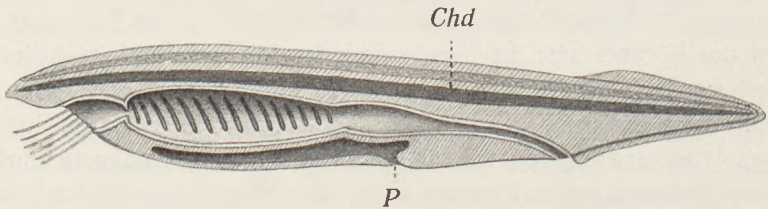


Fig. 227. Lanzettfisch (schematisch). Chd Chorda, der dunkle Längsstreif darüber das Rückenmark.

ein sog. Tracheensystem, d. h. ein von der äußeren Körperwand in das Innere des Körpers eindringendes, reich verzweigtes Luftröhrensystem (Fig. 225), das bis in die entlegensten Teile des Körpers geführt ist und hier mit den Zellen der Gewebe in direkten Gasaustausch tritt. Über die Mannigfaltigkeit der verschiedenen Formen der Tracheen-

lungen, Tracheenkiemen), die Eingangsöffnungen (Stigmen) und deren Schutzvorrichtungen usw. vgl. den Zoologischen Leitfaden.

Die Mehrzahl der Mollusken atmet durch Kiemen, die nur selten frei auf der Körperoberfläche stehen (Meeresnacktschnecken; Fig. 226), sondern meist vom Mantel geschützt sind (Tintenfische, Muscheln, viele Kiemenschnecken). Bei den Landschnecken ist ein Teil der Mantelhöhle durch Ausbildung eines feinen Adernetzes zu einer Art Lunge umgewandelt.

Wirbeltiere. Bei den Wirbeltieren stehen die Atmungsorgane stets mit dem Anfangsteil des Darmrohrs in Verbindung. Wie bei den Wirbellosen, so unterscheidet man auch hier Ausstülpungen oder Kiemen für die Wasseratmung, Einstülpungen oder Lungen für die Luftatmung. Daneben erscheint bei den mit weicher, dünner Haut ausgestatteten Tieren, besonders bei den Amphibien, die Hautatmung von hervorragender Bedeutung.

1. *Kiemen.* Bei dem niedrigsten Wirbeltier, dem Lanzettfisch, ist der Vorderdarm von zahlreichen Spalten gitterartig durchbrochen (Fig. 227), durch welche das vom Munde aus

aufgenommene Wasser hindurch gepreßt wird, um sich in einem gemeinschaftlichen, unter der Haut verlaufenden Kanal zu sammeln, der in der Bauchgegend ausmündet (Fig. 227 P).

Bei den Rundmäulern steht der Vorderdarm durch je sieben an jeder Seite des Körpers mündende Kanäle (Fig. 228) direkt mit der Außenwelt in Verbindung. In taschenförmigen Erweiterungen dieser Kanäle sitzen Kiemenblättchen.



Fig. 228. Vorderkörper des Neunauges mit 7 Kiemenspalten.

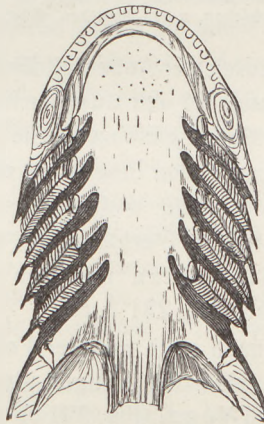


Fig. 229. Kiemen eines Haifisches.

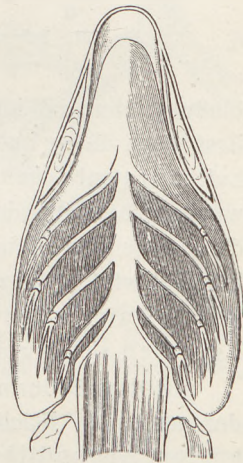


Fig. 230. Kiemen eines Knochenfisches.

Bei den Rochen und Haie n führen vom Vorderdarm jederseits sechs Spalten nach außen, an deren Wandungen Kiemenblättchen befestigt sind (Fig. 229).

Bei den übrigen Fischen sind jene Spalten sehr nahe aneinander gerückt und werden nur durch die knöchernen Kiemenbögen voneinander getrennt. Die Kiemenblättchen sitzen frei auf den letzteren. Von den Spalten kommen meist nur vier zur Ausbildung. Das Ganze ist von dem Kiemen- deckel überwölbt (Fig. 230).

Die Einfuhr des Wassers in den Vorderdarm geschieht durch Schluckbewegungen; dasselbe wird in der Regel durch die Kiemenspalten wieder nach außen gepreßt. Als besondere Anpassung an den zeitweiligen Landaufenthalt sind die Einrichtungen bei Labyrinthfischen (vgl. S. 88) anzusehen.

2. *Lungen*. Schon bei vielen Fischen steht die Schwimmblase durch einen mehr oder minder entwickelten Luftgang mit dem Vorderdarm in Ver-

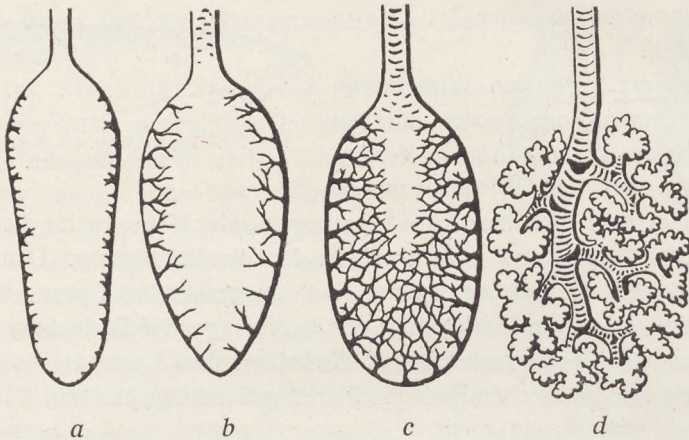


Fig. 231. Schema der Ausbildung der Lunge. *a* bei den Lungenfischen, *b* den Fröschen, *c* den Reptilien, *d* beim Säugetier.

bindung, ohne daß hierdurch der Außenluft Eintritt in die Blase gewährt würde. Erst wenn dieser Luftgang bei den Lungenfischen sich weitert und zu einer Luftröhre entwickelt, während gleichzeitig die Schwimmblase durch das Hineinwuchern ihrer Wandungen in den Innenraum und durch Vermehrung der diese durchziehenden Blutgefäße mehr und mehr zur Atmung befähigt wird, gelangen wir zu Verhältnissen, wie sie bei den luftatmenden Amphibien und den niederen Reptilien sich darbieten (Fig. 231 *a, b*).

Aus dem Bedürfnis nach noch weiterer Vergrößerung der atmenden Flächen sind die Lungen der Schildkröten, Krokodile und Vögel (Fig. 231 *c*) zu erklären, bis schließlich bei den Säugern die bis zu außerordentlicher Feinheit verzweigten Ästchen der Luftröhre in traubenförmigen Bläschen endigen (Fig. 232), welche von dem mächtig entwickelten Kapillarnetz der Blutgefäße umspinnen werden.



Fig. 232. Lungenbläschen am Ende der Luftröhrenverzweigungen eines Säugetiers.

Die Luftröhre ist bei Amphibien kurz und nur von Längsknorpeln gestützt; bei Reptilien läßt sich schon deutlicher ein als Kehlkopf bezeichneter, vorderer Abschnitt von dem durch Knorpelringe gestützten hinteren Rohr unterscheiden.

Bei den Schlangen mündet die Luftröhre sehr weit nach vorn auf der Zunge, so daß auch beim Hinabschlingen der Beute der Atmungsprozeß unbehindert bleibt; gleichzeitig ist bei diesen Tieren der hintere Abschnitt der Lunge als Luftreservoir ausgebildet.

Die Luftröhre der Vögel beginnt mit einem Längsspalt am Grunde der Zunge; an ihrer Teilungsstelle in die beiden „Bronchien“ befinden sich häutige Membranen, welche durch das Ausstoßen der Luft aus den Lungen in Schwingung gesetzt werden können und als Stimmapparat dienen (leicht nachzuweisen an einer „Gänsegurgel“).

Mit der Lunge stehen ausgedehnte Luftsäcke in Verbindung, die teils in der Brust, teils im Bauche und unter der Haut, ja sogar in den Knochen liegen und ohne Zweifel die Bedeutung von Reservoirien (beim Fluge) haben, zumal die Lungen selbst nur eine geringe Größe und nur geringes Ausdehnungsvermögen besitzen.

Die Luftröhre der Säuger entspricht im wesentlichen der des Menschen: Sie kann nach dem Schlunde zu durch den Kehldedeckel abgeschlossen werden; ihr vorderer Abschnitt ist stets zu einem durch verschiedene Knorpel (Ringknorpel [Fig. 233 R], Schildknorpel [S], Gießkannenknorpel [G]) gestützten Kehlkopfe erweitert, an dessen inneren Seiten als leicht vorspringende Hautfalten die sog. Stimmbänder auftreten. Letztere können durch zahlreiche, an den Kehlkopfknorpeln befestigte Muskeln verschieden straff gespannt werden, so daß sie durch den Luftstrom in verschiedener Weise in Schwingungen geraten und somit Töne von verschiedener Höhe entstehen lassen.

Bei den Walen reicht eine von Gießkannenknorpel und Kehldedeckel gebildete rohrartige Verlängerung des Kehlkopfes bis in den oberen Teil der Rachenhöhle hinein, wodurch das Atmen der Luft auch bei mit Wasser gefülltem Maule ermöglicht wird.

Der Mechanismus der Atmungsorgane ist sehr verschieden. Bei Amphibien handelt es sich um ein einfaches Einschlucken der Luft und Hinabpressen derselben in die Lunge bei geschlossenem Maule. Bei Reptilien ist es meistens die Bewegung der Rippen, welche eine Erweiterung und Verengung der Brusthöhle und somit der Lungen herbeiführt. In ähnlicher Weise findet auch bei den Vögeln durch Heben und Senken der Rippen eine regelmäßige Volumveränderung der Leibeshöhle statt; nur werden hier nicht so sehr die wenig dehnbaren Lungen, als vielmehr die Luftsäcke ausgedehnt und verengt, so daß dadurch eine beständige Luftströmung in den Lungen erzeugt wird. Bei Säugern endlich sind das Zwerchfell und die Bauchmuskulatur als hauptsächlichste Mittel der Atembewegungen zu nennen; doch ist daneben auch die Rippenatmung nicht ohne Bedeutung. — Als modifizierte Atembewegungen sind das Husten, Niesen, Gähnen, Schluchzen, Seufzen usw. anzusehen.

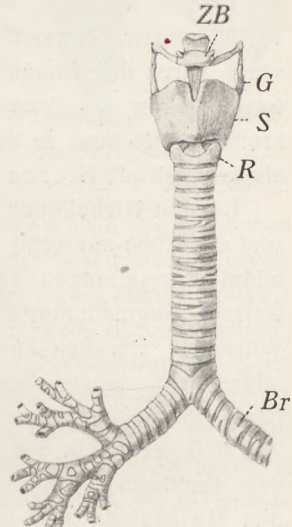


Fig. 233. Kehlkopf des Menschen. ZB Zungenbein.

### δ) Ausscheidung.

Die aus den Geweben des Körpers durch den „Verbrennungsprozeß“ als unbrauchbar ausgeschiedenen Stoffe sind teils flüssig, teils gasförmig. Die gasförmigen, vornehmlich aus Kohlensäure und Wasserdampf bestehend, werden durch die im obigen besprochenen Atmungsorgane und die äußere Haut aus dem Körper entfernt. Zu den flüssigen Ausscheidungsprodukten gehört in erster Linie das stets im großen Überschuß mit der Nahrung aufgenommene Wasser, sodann mancherlei in diesem gelöste stickstoffhaltige Verbindungen (Harnstoff, Harnsäure und deren Salze), die, gleich der Kohlensäure, durch ihre Anhäufung das Blut für den Stoffwechsel untauglich machen würden. Für die Ausscheidung dieser als Harn bekannten flüssigen Exkretionsstoffe sind in der Regel besondere Organe entwickelt, die man im allgemeinen als Nieren bezeichnet.

Bei den **wirbellosen Tieren** sind dieselben nur wenig ausgebildet (Wasserlungen der See- walzen, „Segmentalorgane“ der Würmer). Bei den Insekten bilden sie lange Schläuche (Malpighische Gefäße; vgl. Fig. 216 *MG*), welche in den Anfang des Enddarms münden. Bei den Mollusken sind sie sehr massig und stehen gleichzeitig im Dienste der Wasserzufuhr.

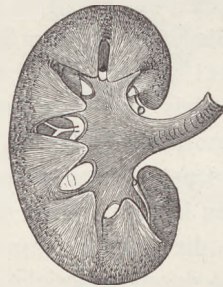


Fig. 234.  
Niere des Menschen, längs  
geschnitten.

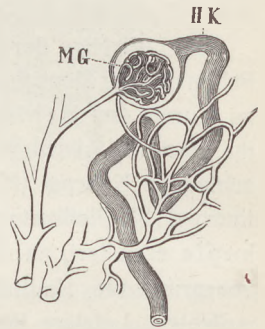


Fig. 235.  
Nierenknäuel (*MG*) mit Harn-  
kanälchen (*HK*) des Menschen.

Bei **Wirbeltieren** treten die Nieren in Gestalt zweier sehr verschieden geformter, der Wirbelsäure in der Lendenregion angelagerter, massiger Körper (Fig. 234) auf, deren innerer Bau im wesentlichen dem im Zoologischen Leitfaden näher geschilderten Bau der menschlichen Niere entspricht (Nierenwand, Nierenpyramiden, Nierenbecken; Rinden- und Markschicht der Nierenwand; Filterapparat in den bläschenförmigen Erweiterungen am Beginn des Harnkanälchens [Fig. 235 *MG*] in der Rindenschicht, siebartige Ausmündung der Harnkanälchen an der Spitze der Pyramiden). Der in den Harnbläschen aus den Blutkapillaren unter starkem Druck der Nierenarterie in die Harnkanälchen (*HK*) filtrierte Harn sammelt sich zunächst im Nierenbecken und wird von hier durch die sog. Harnleiter (Uretheren) meist einem unpaaren Reservoir, der Harnblase, zugeführt, ehe er durch die Harnröhre nach außen entleert wird.

### 3. Organe der Fortpflanzung.

Wie bei den Pflanzen, so kann man auch bei den mehrzelligen Tieren eine ungeschlechtliche und eine geschlechtliche Fortpflanzung unterscheiden.

Ungeschlechtliche Fortpflanzung. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung ist namentlich in den niederen Tierkreisen weit verbreitet. So sehen wir im Herbst die den Süßwasserschwamm aufbauenden Zellen sich gruppenweise zu rundlichen, eine Chitinkapsel auscheidenden Kugeln (Gemmulae) ballen, aus deren jeder im nächsten Frühjahr ein neues Schwammindividuum hervorgeht.

Nicht wesentlich verschieden hiervon ist der Teilungs- bzw. Knospungsprozeß bei den übrigen Hohltieren, gleichgültig, ob dabei in letzter Linie völlig selbständige Tochterindividuen entstehen, wie etwa beim Süßwasserpolyphen und den der Strobila entsprossenen Scheibenquallen (Fig. 236), oder ob die verschiedenen Teil- und sproßindividuen mit dem ursprünglichen Organismus in wirtschaftlichem Zusammenhange bleiben und mit ihm das darstellen, was man als „Tierstock“ bezeichnet (Korallen, Hydroiden [Fig. 237], polymorphe Tierstöcke der Röhrenquallen, Moostiere usw.).

Nach und nach erlischt in der Tierreihe die Fähigkeit, durch Abgliederung schon ausgebildeter Gewebemassen (hierin liegt das Wesen von Knospung und Teilung) neue Individuen zu erzeugen, und zwar bezeichnen die Stachelhäuter (Seeesterne; Fig. 238) und die Ringelwürmer (Näiden usw.) die obere Grenze, bis zu welcher diese Art der Vermehrung noch angetroffen wird. Nur eine mehr oder weniger weitgehende Wiederergänzung verloren gegangener Körperteile (Regenerationsfähigkeit)



Fig. 236. Knospung junger Ohrenquallen.

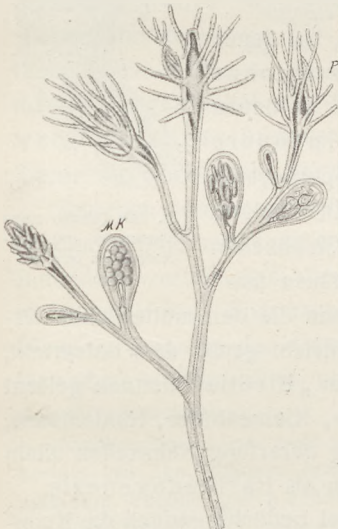


Fig. 237. Tierstock eines Keulenpolyphen.

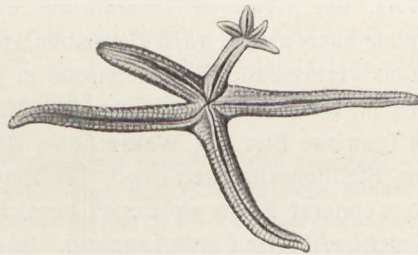


Fig. 238. Seestern, der am Ende eines Arms ein neues Individuum knospet.

bleibt sogar noch bis in den Kreis der Wirbeltiere erhalten (Molche, Salamander).

Als Grund für diese im deutlichen Gegensatz zu den höheren Pflanzen stehende Erscheinung haben wir zweifellos in erster Linie die weitgehende Zentralisation im Aufbau des tierischen Organismus anzusehen, und die

damit Hand in Hand gehende, immer mehr gesteigerte Differenzierung der Zellen und Zellgruppen, welche zwar eine fortschreitende Steigerung einzelner Leistungen dieser Zellgruppen, damit aber zugleich auch den Verlust anderer Fähigkeiten zur Folge hat. Von einer zu voller spezifischer Tätigkeit ausgebildeten Nerven- oder Drüsenzelle ist eben nicht mehr zu erwarten, daß sie aus sich noch wieder Zellen mit völlig andersartigen Leistungen erzeugen könne. So ergab sich aus der im übrigen für den Aufstieg zu immer höherer Organisation so wichtigen Zentralisation der Funktionen wie aus der Differenzierung der Zellen die Notwendigkeit, einen Teil des noch jugendlichen Zellmaterials im werdenden Tier auf dieser embryonalen Stufe zu erhalten. Nur aus ihm kann der Aufbau einer neuen Generation sich ungehindert vollziehen, wenn die Hauptmasse der übrigen Zellen längst durch Differenzierung zur Bildung spezifischer Organe, zur Ausübung bestimmter Leistungen Verwendung gefunden hat. Diese im jugendlichen Zustande sich erhaltenden, zur Bildung neuer Individuen befähigten Zellen führen den Namen der Keimzellen. Sie pflegen an bestimmten Stellen des Körpers in besonderen Organen, den Keimdrüsen, hervorgebracht bzw. aufgespeichert zu werden.

Man kennt eine ganze Reihe von Tiergruppen, bei denen derartige Keimzellen, ähnlich den Sporen der Pflanzen, ohne weiteres und ohne erkennbaren äußeren Anlaß zu neuen Individuen sich entwickeln. Es geschieht dies teils im Innern des mütterlichen Organismus, wie bei den sog. Sporocysten und Redien der Saugwürmer (Fig. 239), bei der Entwicklung von Tochterindividuen in den Larven gewisser Gallmücken (Miastor), der viviparen Vermehrung der Blattläuse usw., teils aber auch außerhalb desselben, wobei dann die den mütterlichen Organismus verlassende Einzelkeimzelle in jeder Hinsicht genau dem entspricht, was wir im früheren bereits unter dem Namen der „Eizelle“ kennen gelernt haben (gewisse Eier der Wasserflöhe, Rädertiere, Kiemenfüßer, Rindenläuse, Bienen, Stabheuschrecken usw.). Die Entwicklung derartiger Keimzellen allein vermöge innerer Kräftewirkungen bezeichnet man als Parthenogenesis.

Geschlechtliche Fortpflanzung. In der Regel bedürfen jedoch die Keimzellen zu ihrer Entwicklung einer Anregung und Ergänzung durch eine zweite Keimzelle, deren Kern sich mit dem der ersten, ganz wie bei den Pflanzen, zu verschmelzen hat. Die Keimzellen werden hierdurch zu Geschlechtszellen, die Fortpflanzung selbst aus einer ungeschlechtlichen zu einer geschlechtlichen.

Eine Gleichheit der beiden sich vereinigenden Zellen oder Gameten,



Fig. 239. Redie eines Saugwurms mit Cercarien im Innern.

wie wir sie, in Übereinstimmung mit niederen Pflanzen, bei den Urtieren so häufig beobachten (vgl. S. 141), kommt bei den vielzelligen Tieren nicht mehr vor; vielmehr ist hier allgemein die schon bei den höheren Kryptogamen geschilderte Differenzierung eingetreten, durch welche die eine Zelle als ruhende Eizelle (Makrogamet; Fig. 240 *E*), die andere, bei der Verschmelzung hauptsächlich nur ihren Kern liefernde, aber als frei bewegliche Samenzelle (Spermatozoon, Mikrogamet; Fig. 240 *S*) entwickelt ist.

Bei einer außerordentlich großen Zahl niederer Tiergruppen werden Eizellen und Samenzellen in demselben Individuum hervorgebracht, so bei vielen Hohltieren, Würmern, Mollusken, einigen Krebsen, ja selbst bei manchen Fischen. Man nennt sie Zwitter. Immerhin ist es verhältnismäßig selten, daß die beiden Zellarten aus demselben Individuum aufeinander einwirken. Vielmehr zeigt sich hier dieselbe Erscheinung wie bei den Zwitterblüten der Phanerogamen, daß durch verschiedenzeitige Reifung, durch die Art der Anordnung und Ausmündung der beiden Keimdrüsen usw. ein solcher Fall im Interesse der Schaffung neuer

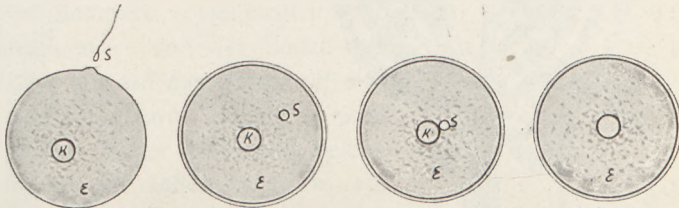


Fig. 240. Eizelle (*E*), deren Kern (*K*) mit einem Spermatozoon (*S*) verschmilzt.

Lebenskombinationen nach Möglichkeit ausgeschaltet wird (Gesetz der vermiedenen Selbstbefruchtung). Ein wechselseitiger Austausch der beiden Keimzellarten ist daher bei diesen Tieren die Regel (z. B. Regenwürmer, Schnecken).

Daneben kennen wir schon bei verhältnismäßig tiefstehenden Tiergruppen Formen genug, bei denen die beiden Arten der Keimzellen auf verschiedene Individuen verteilt sind, die hierdurch als weibliche, Eizellen liefernde, und als männliche, Spermazellen liefernde Individuen charakterisiert werden. Diese „Trennung der Geschlechter“ ist bei landlebenden Gliedertieren fast allgemein verbreitet, und noch mehr gefestigt erscheint sie in der Reihe der Wirbeltiere.

Nicht selten – und zwar von den Urtieren bis hinauf zu den Insekten – ist die bereits bei den Pflanzen erwähnte Erscheinung, daß in mehr oder minder regelmäßigem Wechsel geschlechtliche Vermehrung (durch Ei- und Spermazelle) und ungeschlechtliche (durch Teilung oder Knospung) aufeinander folgen („Generationswechsel“ vieler Urtiere, Hohltiere, Würmer, Salpen usw.), oder aber, daß die geschlechtliche Vermehrung durch Parthenogenese abgelöst bzw. von ihr begleitet wird („Heterogonie“ der Blattläuse, Rindenläuse, Blattfußkrebse usw.).

Während die Keimzellen bei den Hohltieren in einfachen Ausstülpungen des Ektoderms (z. B. Süßwasserpolypt) oder des Entoderms (z. B. Mesenterialfalten der Korallen) liegen und durch Zerreißen der umschließenden Gewebs-



schicht nach außen gelangen, nehmen die Organe der Keimbereitung (Eierstock und Hoden) bei anderen Tieren einen mehr und mehr sich komplizierenden Bau an: Es gelangen ausführende Gänge (die Eileiter bzw. Samenleiter; Fig. 241 *EL*) zur Ausbildung; sodann Hilfsorgane zur Versorgung des Eis mit Nahrungsdotter und schützender Hülle, Behälter zur Aufnahme der Eizelle (Uterus; Fig. 242 *U*), sofern deren Entwicklung sich im Innern des mütterlichen Organismus abzuspielen hat, und endlich – bei allen den Tieren, bei denen die Vereinigung der beiden Keimzellarten (die Befruchtung) im Innern



Fig. 241. Eierstock (*O*) und Eileiter (*EL*) eines Insekts.

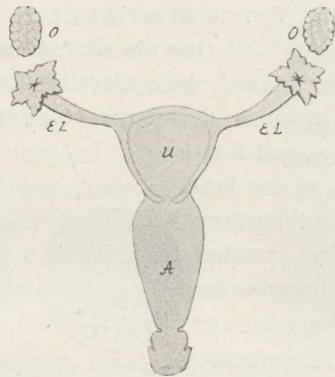


Fig. 242. Fortpflanzungsorgane eines weiblichen Säugetiers. *O* Ovarium (Eierstock), *EL* Eileiter, *U* Uterus, *A* Ausführungsgang.

des weiblichen Organismus stattfindet – eine große Mannigfaltigkeit äußerer Kopulations- oder Begattungsorgane. Neben den hieraus sich ergebenden primären Geschlechtscharakteren treten dann vielfach, namentlich bei Gliedertieren und Wirbeltieren, noch sekundäre Geschlechtscharaktere auf (verschiedene Ausbildung der Sinnes- und Bewegungsorgane, Schmuckfärbung und -befiederung der Männchen, Waffen der Männchen usw.; vgl. S. 100 ff.), durch welche die ursprünglich auf die Keimzellen beschränkte Differenzierung sich schließlich fast auf die gesamte Persönlichkeit der sie hervorbringenden Individuen erstrecken kann.

#### 4. Organe der Empfindung (Nervensystem).

Die Einwirkung äußerer Kräfte ruft bei den unorganischen Naturkörpern im allgemeinen stets die gleichen Wirkungen hervor, derart, daß wir ohne weiteres aus der wirkenden Ursache auf die voraussichtliche Folge zu schließen vermögen. Anders verhält es sich mit den lebenden Wesen, insofern bei ihnen ein und dieselbe äußere Einwirkung je nach den inneren Zuständen des Organismus in sehr verschiedener Weise beantwortet wird. Derselbe Bissen, der jetzt vom Hunde gierig verschlungen wird, also eine Reihe von Spann-

kräften in ihm auslöst, kann von dem nämlichen Tiere, sofern es gesättigt ist, gänzlich unbeachtet gelassen werden. Aus dieser Verschiedenheit der im Einzelfalle nicht vorauszusehenden Folgen einer äußeren Einwirkung auf den lebenden Organismus hat sich der Begriff des „Reizes“ und der durch ihn bewirkten „Auslösung“ einer Handlung des Lebewesens entwickelt. — Die Reize selbst, die eine solche Auslösung hervorrufen, sind sehr verschiedener Art; man unterscheidet Licht-, Schall-, Wärmereize sowie mechanische, chemische und elektrische Reize.

Reizleitung. Jeder von außen kommende Reiz trifft zunächst nur auf die Oberfläche oder vielmehr auf einen Teil der Oberfläche des gereizten Organismus. Dennoch sehen wir, daß beispielsweise eine Amöbe, die nur mit der äußersten Spitze eines ihrer Protoplasmafortsätze mit einer Algenzelle in Berührung kommt, diese alsbald mit ihrer gesamten Körpermasse umfließt, um sie auszusaugen. Der Reiz der Alge muß sich demnach — vielleicht infolge chemischer Veränderungen — von der Spitze des vorgestülpten Fortsatzes aus auf das gesamte Protoplasma des Tieres fortgepflanzt haben, er muß weitergeleitet sein. Noch klarer tritt eine solche Reizleitung hervor, wenn wir sehen, wie das auf langem Stiel festsitzende Glockentierchen (Vorticelle; Fig. 243) bei der geringsten Berührung den protoplasmatischen, vom Stiel umschlossenen Fortsatz des Körpers blitzschnell zusammenzieht und so den Stiel zur spiralförmigen Aufrollung zwingt.

Nicht wesentlich verschieden von den soeben geschilderten liegen die Verhältnisse bei den niedersten Hohltieren, also etwa beim Süßwasserpolypen. Auch hier werden die muskelfaserartigen Fortsätze der Ektoderm- und Entodermzellen (vgl. S. 210) zu lebhafter Kontraktion veranlaßt, wenn irgend ein Reiz auch nur die Peripherie jener Zellen trifft. Aber daneben beobachtet man bei diesen vielzelligen Organismen insofern einen nicht unwesentlichen Fortschritt, als der den Körper treffende Reiz nicht nur von der direkt betroffenen Zelle, sondern unter Umständen von der Gesamtheit des den Körper aufbauenden Zellenkomplexes beantwortet wird. Es folgt daraus, daß in diesem Falle nicht nur eine Reizleitung im Protoplasma der einzelnen Zelle stattgefunden hat, sondern auch eine Übertragung des Reizes von Zelle zu Zelle. Ein feines, den ganzen Körper durchziehendes Netz zarter Fadenfortsätze der Ektodermzellen dürfte hierbei die Vermittlung übernommen haben.

Die im vorstehenden geschilderte Einrichtung der Reizaufnahme, Reizleitung und Reizbeantwortung bei Urtieren und niederen Pflanzentieren erfährt

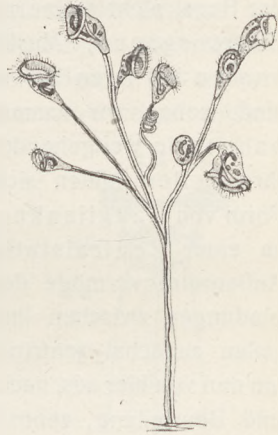


Fig. 243. Glockentierchen mit Muskelstrang im Stiel.

bei den höheren Tieren dadurch eine weitere Ausbildung, daß jene Funktionen nicht mehr von einer und derselben Zelle mit ihren Fortsätzen ausgeführt werden, sondern auf verschiedene Zellen verteilt sind: Das einfachste Schema hierfür ist offenbar dadurch gegeben, daß eine Zelle an der Peripherie des Körpers ausschließlich der Aufnahme des Reizes dient (die „Sinneszelle“; Fig. 244 S), eine zweite im Innern des Körpers den Reiz beantwortet (die „Muskelzelle“; M), während einer dritten, nach beiden Seiten lang fadenförmig ausgezogenen als Bindeglied zwischen beiden die Reizleitung zugefallen ist (die „Nervenzelle“; G). In Wirklichkeit liegen die Verhältnisse meist erheblich verwickelter, als sie hier im einfachsten Schema geschildert sind. Abgesehen davon, daß jene drei Zellarten in der Regel nicht einzeln auftreten, sondern zu Sinnesorganen, Muskelbündeln, Nervenknoten mit ihren Nervensträngen vereinigt sind, sehen wir namentlich die Leitungsbahnen in weitgehender Weise differenziert: Ihre Zellen bilden sich mehr und mehr in Form von Ganglienknoten oder als Gehirn zu einer Zentralstation aus, zu der die Außenreize vermöge der fadenförmigen Verbindungen zwischen ihnen und den Sinneszellen zunächst zentripetal geleitet werden, um nun von hier aus, nach erfolgter Empfindung und Beurteilung, zentrifugal durch ähnliche Nervenfasern den Reizbeantwortungsstellen, d. h. also den Muskeln, Drüsen usw. zugeführt zu werden. Die Gesamtheit der in dieser Weise zusammenhängenden Reizaufnahme- und Reizleitungsorgane bezeichnet man als das Nervensystem. Die von den Sinnesorganen zentripetal zum Zentralorgan verlaufenden Nerven heißen Empfindungsnerven oder sensible Nerven, die zentrifugal vom Zentralorgan zu den Muskeln verlaufenden motorische (bzw. bei den Drüsen sekretorische) Nerven.

In bezug auf die Entstehung der Nervenzellen ist zu bemerken, daß zum mindesten diejenigen des Zentralorgans aus dem Ektoderm des werdenden Tieres hervorgehen. Sowohl die Ganglienkette der Würmer und Gliedertiere wie das Gehirn und Rückenmark der Wirbeltiere entstehen durch Abspaltung von der äußersten Zellenlage des Embryo.

#### a) Zentralorgan und Leitungsbahnen.

Wirbellose Tiere. Bei Hydroidpolypen und Korallen kennt man nur ein feines Fasernetz von Nervenfasern, welche die Körperwandung durch-

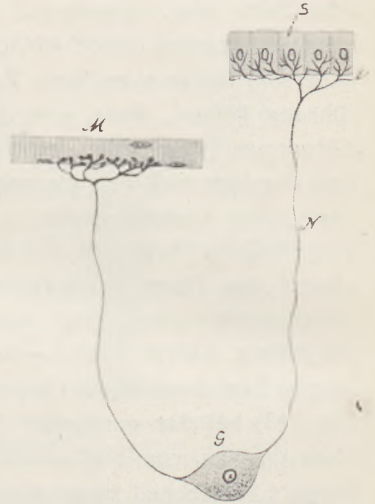


Fig. 244. Einfachstes Schema der Reizleitung. S Sinneszellen, N Nerv, G Ganglienzelle, M Muskelfaser.

ziehen. Ein schärfer ausgeprägtes Zentralorgan findet sich zuerst bei den Quallen, wo es oft einen zarten Nervenring nahe dem Schirmrande darstellt, von dem dann die Muskeln und die Sinnesorgane („Randkörper“) innerviert werden.

Dem strahlig symmetrischen Bau entspricht auch das Nervensystem der Stachelhäuter, indem hier von einem Nervenschlundring in der Nähe des Mundes fünf Nervenstämme in die Radien des Körpers ziehen, um dort an den Saugfüßchen, Sinnesorganen usw. zu endigen.

Im Gegensatz hierzu steht das Nervensystem der bilateral symmetrischen Tiere. So besitzen beispielsweise die Strudelwürmer oberhalb des Schlundes jederseits eine Anhäufung von Nervenzellen, von denen je ein Nervenstamm an der rechten bzw. linken Körperseite hinzieht. Beide Stämme sind auch durch Querbrücken verbunden, so daß die Form einer Strickleiter entsteht.

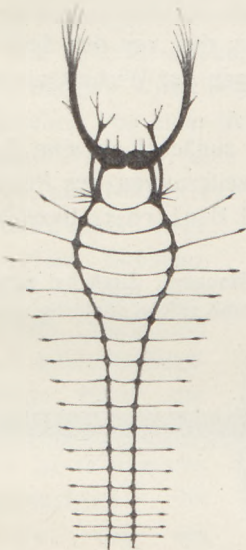


Fig. 245. Nervensystem eines Ringelwurms (Röhrenwurm).



Fig. 246. Ganglienkette eines Insekts.

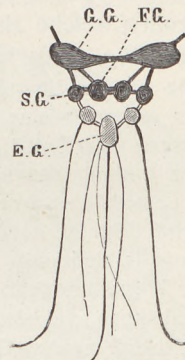


Fig. 247. Nervensystem eines Weichtiers. GG Gehirnganglien, FG Fußganglien, EG Eingeweideganglien.

Bei den Ringelwürmern erfahren jene beiden Längsstämme eine Gliederung derart, daß ihre Nervenzellen in jedem Segment zu einem Nervenknoten oder Ganglion sich häufen. Von diesen Ganglien gehen die Nerven und die Querbrücken aus (Fig. 245). Schließlich rücken bei den höheren Ringelwürmern und den gesamten Gliederfüßern die beiden Längsstämme in der Mittellinie des Bauches eng aneinander und bilden nun die bekannte Bauchganglienkette dieser Tiere (Fig. 246).

Auch das Zentralnervensystem der Weichtiere (Fig. 247) besteht aus getrennten Ganglienknottenpaaren, die aber hier in anderer Weise als bei den Gliederfüßern angeordnet sind (Kopf-, Fuß- und Eingeweideganglion).

Von besonderem Interesse ist endlich noch das Zentralnervensystem der Manteltiere, da es bei den Larvenformen in Gestalt und Lage (über der Rückenseite) ganz

dem Rückenmark der Wirbeltiere entspricht (vgl. Fig. 193N) und erst später in der Regel zu einem Ganglienknoten sich zurückbildet.

**Wirbeltiere.** Im schroffen Gegensatz zu dem aus Ganglienknoten gebildeten Zentralnervensystem der höheren Wirbellosen steht dasjenige der Wirbeltiere. Im einfachsten Fall – beim Lanzettfisch – stellt es ein an der Rückseite des Körpers verlaufendes, ungegliedertes Rohr (vgl. Fig. 227) mit sehr enger Höhlung dar, das beiderseits geschlossen endigt und vorn nur eine kaum merkbare Anschwellung erkennen läßt. Bei allen übrigen Wirbeltieren ist an Stelle jener leichten Anschwellung ein mehr oder weniger entwickeltes Gehirn getreten, das, von der Schädelkapsel umschlossen, nach hinten in das von den Bögen der Wirbelsäule umgriffene Rückenmark übergeht.

Seiner Entstehung nach erscheint das Gehirn zunächst als eine Reihe von hintereinander liegenden bläschenförmigen Erweiterungen des Rückenmarkrohrs, welche als Vorderhirn, Mittelhirn und Hinterhirn bezeichnet werden (Fig. 248).

Die stärkste Umgestaltung erfährt das Vorderhirnbläschen. Zunächst entsteht an ihm jederseits eine rundliche, hohle Vorwölbung, die sich zuletzt stielartig absetzt und wegen ihrer Beteiligung an der Bildung des Auges als Augenblase bezeichnet wird (Fig. 249 *a* bei *A*). Mittlerweile sind auch vorn an der Vorderhirnblase zwei Aussackungen entstanden, die mehr und mehr an Größe zunehmen und schließlich zu den beiden Hemisphären des Großhirns auswachsen (Fig. 249 *G*). Der Rest des Vorderhirnbläschens (*V*) bildet später das sog. Zwischenhirn, als dessen Auswüchse nach oben die Zirbeldrüse (Epiphysis [*E*]; vermutlich ein rudimentäres Sinnesorgan), nach unten der Hirnanhang (Hypophysis [*H*]) erscheinen.

Das Mittelhirn (*M*) erleidet bei der weiteren Entwicklung nur geringe Veränderungen; es bildet bei Säugetieren die sog. Vierhügelmasse.

Das Hinterhirn gliedert sich, wie das Vorderhirn, in zwei Abschnitte (Fig. 249), deren vorderer zu dem, bei den höheren Wirbeltieren gleich dem Großhirn aus zwei Hemisphären bestehenden Kleinhirn (*K*) wird, während der hintere das verlängerte Mark (Medulla oblongata; *vM*) oder Nachhirn darstellt, das allmählich in das Rückenmark übergeht.



Fig. 248. Entstehung des Gehirns durch Ausbildung von 3 Gehirnblasen. *V* Vorderhirn, *M* Mittelhirn, *H* Hinterhirn.

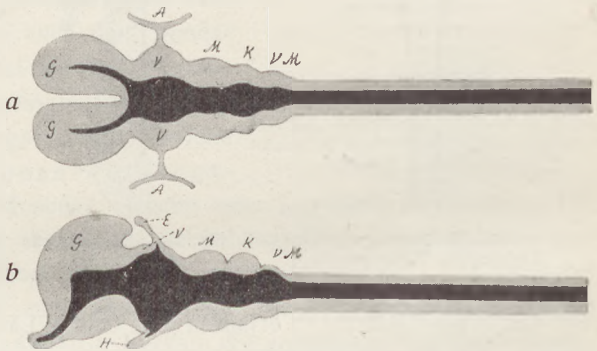


Fig. 249. Weiter entwickeltes Gehirn *a* von oben, *b* von der Seite (*A* Augenblase, *G* Großhirn, *K* Kleinhirn, *V*, *M*, *H* wie in vor. Fig., *vM* verlängertes Mark, *H* Hypophyse, *E* Epiphyse).

Bei den niederen Wirbeltieren sind die einzelnen Abschnitte des Gehirns auch nach vollendeter Entwicklung mehr oder weniger hintereinander gelagert (Fig. 250); bei den Säugetieren aber gelangt das Großhirn zu so gewaltiger Ausbildung, daß es nicht allein das Zwischen- und Mittelhirn, sondern bei Affen und Mensch sogar das Kleinhirn von oben her überlagert (Fig. 251). Mit dieser Entwicklung seiner Masse treten auch verschiedene Komplizierungen des Baus auf, von denen hier nur die Ausbildung der Gehirnwindungen auf der Rindenoberfläche hervorgehoben sei (Fig. 251 u. 253).

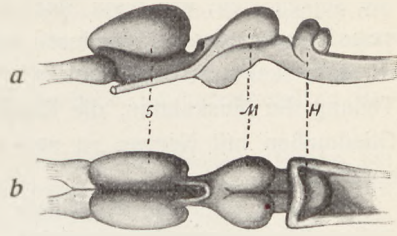


Fig. 250.

Gehirn des Frosches *a* von der Seite, *b* von oben. *G* Großhirn, *M* Mittelhirn, *H* Hinterhirn.

Wie beim Menschen, so läßt auch bei allen übrigen Wirbeltieren ein Schnitt durch das Gehirn oder Rückenmark, abgesehen von einer Nervenstützsubstanz, deutlich zwei verschiedene Substanzen erkennen, eine graue, aus Nervenzellen (Ganglienzellen) und eine weiße, aus Nervenfasern (den Fortsätzen der Nervenzellen) gebildete. Im Rückenmark liegt die graue Substanz im Innern und stellt auf dem Querschnitt eine schmetterlingsförmige Figur dar (Fig. 252). Im Gehirn ist es dagegen hauptsächlich die Rinde, die aus grauer Substanz besteht, also die Nervenzellen enthält, sowie die Wandung der Hirnhöhlen (Ventrikel).

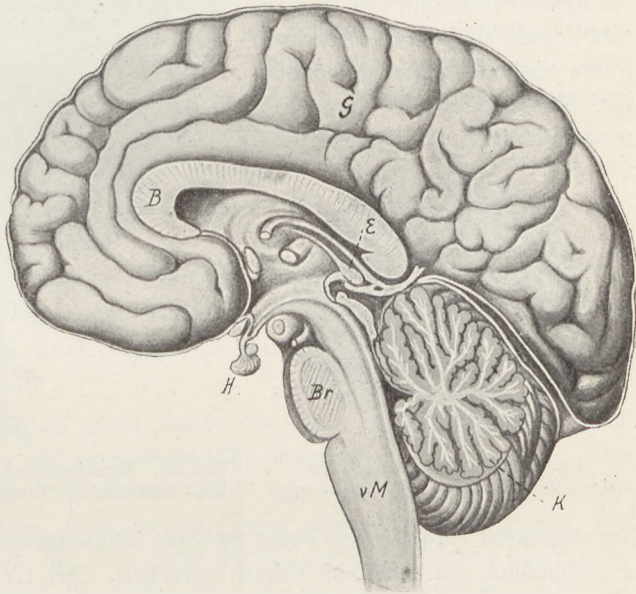


Fig. 251. Gehirn des Menschen im Längsschnitt. *G* Großhirn, *K* Kleinhirn, *B* Balken, *Br* Varolsbrücke, *E* Epiphyse, *H* Hypophyse, *vM* verlängertes Mark.

**Nerven.** Von den Zentralorganen des Nervensystems gehen die Nervenstränge aus. Sie nehmen ihren

Ursprung in besonderen Ganglienzellgruppen und enthalten in der Regel sowohl sensible als auch motorische Fasern. Eine Ausnahme hiervon machen nur die Nerven der höheren Sinnesorgane (Auge, Ohr, Nase), welche ausschließlich Empfindungsnerven sind.

Am einfachsten ist die Anordnung der aus dem Rückenmark austretenden Nervenstränge. Dieselben entspringen stets paarweise und entsprechen in ihrer Zahl im allgemeinen derjenigen der Wirbelkörper (vgl. Fig. 253 *RN*). Sie setzen sich, wie beim Menschen, stets aus zwei Wurzeln, einer hinteren sensiblen und einer vorderen motorischen, zusammen und verlassen den Rückgratskanal in der Regel zwischen zwei Bögen, um nunmehr in vielfacher Teilung die Muskulatur, die Eingeweide wie die Haut des Rumpfes und der Gliedmaßen mit Nerven zu versorgen.

Mit dem Auftreten der Gliedmaßen pflegt sich eine Anzahl solcher Rückenmarksnerven miteinander zu einem sog. Nervengeflecht zu vereinigen, aus dem dann erst die eigentlichen Extremitätennerven hervorgehen.

Weniger einfach ist die Anordnung der dem Gehirn entspringenden Nerven. Bei Säugern und Vögeln sind deren stets zwölf Paare vorhanden; bei den niederen Wirbeltieren ist ihre Zahl meist geringer. Von jenen zwölf



Fig. 252. Querschnitt durch das Rückenmark des Menschen.

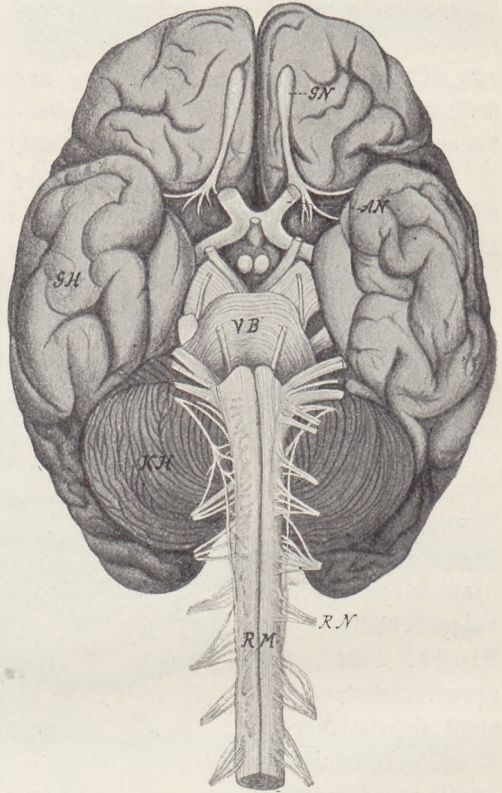


Fig. 253. Menschengehirn von unten. *GN* Geruchsnerv, *AN* Augennerv, *VB* Varolsbrücke, *RN* Rückenmarksnerv.

Nervenpaaren sind die drei Paare höherer Sinnesnerven (für Nase, Auge, Ohr) ausschließlich mit sensiblen Fasern versehen. Der Geruchsnerv entspringt zuvorderst aus dem Gehirn (Fig. 253 *GN*). Auf ihn folgt das Paar der Augennerven (*AN*), welches aus dem Zwischen- und Mittelhirn stammt und durch die eigentümliche Kreuzung seiner Fasern ausgezeichnet ist. Der Gehörnerv nimmt in der Reihe der Gehirnnerven erst die achte Stelle ein.

Von den übrigbleibenden, meist dem verlängerten Mark entspringenden neun Nervenpaaren (Fig. 253) sind der dritte, vierte, sechste, siebente (Facialis), elfte und zwölfte ausschließlich mit motorischen Fasern versehen und innervieren die Musku-

latur des Auges, der Zunge und des Gesichtes. Gemischte Nerven endlich sind der fünfte (Trigeminus), neunte und zehnte (Vagus). Von diesen teilt sich der Trigeminus in drei Äste, deren oberer Stirn- und Nasenhaut, deren mittlerer die mittleren Gesichtspartien mit sensiblen Fasern versorgt, während der untere Ast, neben motorischen Fasern für die Muskeln des Unterkiefers, auch den in die Papillen der Zunge eintretenden Geschmacksnerven abgibt. Der Vagus versorgt die Schleimhaut und Muskulatur des Rachens und der Luftröhre, sendet aber auch Zweige zu den Lungen, zu Herz und Magen, deren vom Sympathicus hervorgerufene Bewegungen er zu regulieren hat.

Ein sympathisches Nervensystem ist, mit Ausnahme der niederen Fische, bei allen Wirbeltieren nachgewiesen. Sein Zentralteil besteht aus zwei parallelen Reihen von Ganglienknoten zu beiden Seiten der Wirbelsäule. Die Ganglien jeder Seite stehen unter sich wie mit dem nächsthöheren Rückenmarksnerven in Verbindung. Die von diesem Zentralorgan ausgehenden Nerven versorgen unter Bildung zahlreicher Geflechte namentlich die Eingeweide der Brust- und Bauchhöhle und sind so, wie schon bei den niederen Tieren, die Vermittler der unwillkürlichen Bewegungen dieser Organe.

*Funktionen des Nervensystems.* In erster Linie hat das Nervensystem zweifellos die Aufgabe, die aus der Außenwelt durch die Sinnesorgane empfangenen Reize zu den auf diese zweckmäßig antwortenden (reagierenden) Organen zu leiten und so ein Handeln zu ermöglichen, das den gegebenen Verhältnissen der Umgebung angepaßt ist. Eine zweite Aufgabe liegt darin, die verschiedenen Organe des Körpers miteinander in Beziehung zu setzen und deren Tätigkeit einheitlich zu gestalten. Besonders in dieser zweiten Aufgabe liegt die Notwendigkeit und die Bedeutung eines „Zentralnervensystems“, wie wir es von den Quallen an in der gesamten Tierreihe entwickelt sehen.

Die durch das Nervensystem veranlaßte und geregelte Tätigkeit der Organe läßt sich, wie uns die eigene Erfahrung lehrt, in Gruppen zerlegen: In die von unserm Willen unabhängigen Reflexe und in die eigentlichen Willenshandlungen.

Beim Reflex wird durch einen Sinnesreiz, ohne daß, oder doch ehe er zum Bewußtsein kommt, auf verhältnismäßig direktem Wege, d. h., wie Versuche ergeben haben, im wesentlichen durch Vermittlung des Rückenmarks bzw. des Gehirnstammes, die Tätigkeit irgend eines Organs ausgelöst, wie dies z. B. am einfachsten bei der Verengerung und Erweiterung der Pupille je nach der Verschiedenheit der Helligkeitsgrade zu beobachten ist. Auch die Linsenakkommodation des Auges für Nah- und Fernsehen, das Schließen der Augenlider bei Gefährdung, das Zurückzucken der Gliedmaßen bei Stich und Berührung, das Husten, Niesen, Lachen, Erröten und viele andere Handlungen sind solche Reflextätigkeiten. Nicht zu verwechseln mit ihnen sind jene andern, ebenfalls vom Willen unabhängigen Tätigkeiten, welche, vom sympathischen Nervenzentrum geleitet, den regelmäßigen Gang des inneren Getriebes,



wie Herzschlag, Atmung, Darmbewegung, Drüsensekretion usw., bedingen. Sie werden als automatische Bewegungen bezeichnet.

Bei den Willenshandlungen schiebt sich zwischen den äußeren Reiz und dessen Beantwortung durch zweckentsprechendes Handeln eine Reihe von komplizierten Vorgängen ein, die man als seelische oder geistige bezeichnet. Durch sie kommt der von außen wirkende Reiz nach Qualität und Quantität dem Organismus zum Bewußtsein, er wird empfunden und beurteilt und führt damit zu bestimmten, der jeweiligen Sachlage entsprechenden bewußten Willensäußerungen. Der Sitz dieser geistigen Fähigkeiten des Empfindens, Vorstellens, Denkens, Erinnerns und Wollens ist bei den Wirbeltieren ausschließlich die aus Nervenzellen bestehende graue Rindensubstanz des Großhirns. Die gewaltige Ausbildung dieses Großhirns und die unvergleichliche Entwicklung seiner Rinde durch zahlreiche Gehirnwindungen beim Menschen steht hiermit im Einklang. Zerstörungen oder organische Veränderungen der Rindensubstanz vernichten auch die geistigen Fähigkeiten; ja für manche seelischen Leistungen, wie Beurteilung gewisser Sinnesindrücke, artikulierte Sprache, kombinierte Bewegungen usw., hat man ganz bestimmte Stellen der Hirnrinde als ausschließlichen Sitz feststellen können.

Auch die Willenshandlungen können, wenn sie gewohnheitsmäßig ausgeführt werden, mehr und mehr den Charakter von Reflexen oder von automatischen Bewegungen annehmen. So das Gehen, Schreiben, Klavierspielen usw.

### β) Sinnesorgane.

Die Sinnesorgane haben die von außen auf den Körper einwirkenden Reize aufzunehmen und zum Zentralorgan weiterzuleiten. Ob diese Reize, die man, wie schon bemerkt, in mechanische, optische, akustische, thermische, chemische usw. zu scheiden pflegt, in der gesamten Tierreihe in ähnlicher Weise empfunden werden wie von uns selbst, entzieht sich unserer Beurteilung. Im allgemeinen wird man nur den Satz aufstellen können, daß die Wahrscheinlichkeit einer der unseren gleichen Empfindung um so größer ist, je mehr der Bau des Sinnesorgans und überhaupt des ganzen Nervensystems dem des Menschen ähnlich ist. Immerhin kennen wir bei Tieren gewisse Sinnesorgane (z. B. die Seitenlinie der Fische), für welche wir kein Analogon besitzen, während andererseits namentlich den niederen Tieren vielfach besondere Aufnahmeapparate für Reize fehlen, die bei uns durch wohlcharakterisierte Organe zur Empfindung gebracht werden. Am tiefsten stehen in dieser Beziehung die Urtiere, bei denen wir nur eine allgemeine Empfindlichkeit gegen Reize verschiedener Art nachweisen können, ohne daß irgend welche spezifischen Organe zur Ausbildung gelangt wären.

Hervorzuheben ist noch, daß die spezifisch entwickelten Sinnesorgane in der



Unter den niederen Tieren sind namentlich die Gliedertiere mit nervösen Hautzellen ausgestattet, die, im allgemeinen in Form eines zartwandigen, aus der Tiefe eines Grübchens emporsteigenden Haares, je nach ihrer Lage bald als Geschmacks-, bald als Geruchsorgane angesprochen werden. Erstere finden sich vornehmlich im Innern der Mundhöhle, letztere an den Fühlern, auf deren Oberfläche sie oft zu Tausenden dichtgedrängt nebeneinander stehen (Fig. 255).

Auch bei Mollusken hat man in der Nähe der Kiemen Nervenendapparate aufgefunden, die man als Geruchsorgane bezeichnet.

Über die chemischen Sinne der Fische wurde bereits oben gesprochen. Bei den landlebigen Wirbeltieren hat der Geschmackssinn seinen Sitz ausschließlich in der Mundhöhle, bei Säugetieren speziell in den pilzförmigen und in den umwallten Papillen der Zunge, in denen die sog. Geschmacksbecher (Fig. 256 GB), das sind knospenartig vereinigte, mit feinen Stäbchen endigende Sinneszellen, liegen.

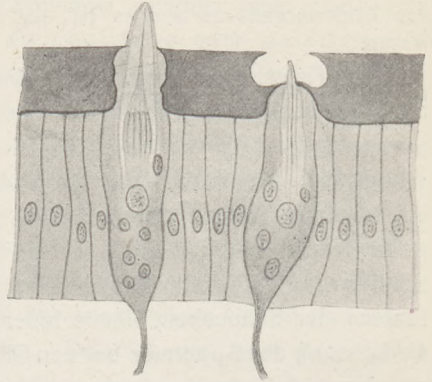


Fig. 255. Geruchskegel und Geruchsgrube eines Insektenfühlers.

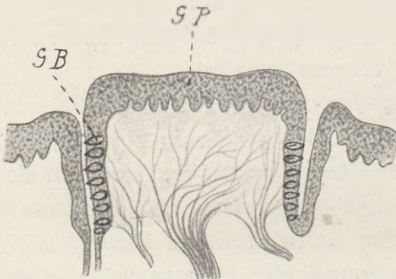


Fig. 256. Umwallte Papille (GP) aus der Zunge des Menschen mit Geschmacksbechern (GB).



Fig. 257. Verzweigung des Riechnervens auf der Nasenmuschel des Menschen.

Das Geruchsorgan erscheint als reiche Verzweigung der Riechnerven in der die Nasenmuscheln überkleidenden Schleimhaut (Fig. 257), woselbst dann die einzelnen „Riehzellen“ mit freier, starrer Stäbchenendigung an die Oberfläche treten. Zahlreiche Tiere, selbst Insekten, übertreffen den Menschen bedeutend an Feinheit des Geruchssinns (Rehe, Hunde, Ameisen, Aas- und Dungkäfer, Schmetterlingsmännchen).

Die Schallempfindungen. Töne entstehen bekanntlich, wenn materielle Stoffteilchen mit einer gewissen Geschwindigkeit in Schwingungen geraten. Diese Schwingungen pflanzen sich sowohl in der Luft wie in flüssigen und festen Medien fort, so daß also bei Luft- und Wassertieren das Problem der

Schallempfindung in gleicher Weise durch Übertragung der Schallwellen auf Nervenendapparate zu lösen war, die auf irgend eine Weise in besonderem Maße zur Aufnahme dieser Schwingungen geschickt gemacht sind. Die einfachste Form des „Gehörorgans“ glaubte man daher bei niederen Tieren in der Form eines zartwandigen, wassergefüllten Bläschens, in dessen Inneres die Endigung der Gehörnerven als feine Härchen hineinragen, erblicken zu sollen. Nicht selten finden sich in den Bläschen ein oder viele kleine feste Körperchen, teils organischen, teils unorganischen Ursprungs (und dann von außen aufgenommen), die sog. Gehörsteinchen oder Otolithen, die dazu dienen sollten, die Schwingungen der Bläschenflüssigkeit mit größerem Nachdruck auf die Gehörhärchen einwirken zu lassen. Neuere Forschungen sprechen indes dafür, daß es sich hierbei nicht sowohl oder doch nicht allein um Schallempfindungen handelt, sondern um Apparate zur Empfindung des statischen Gleichgewichts, indem namentlich die

Verschiebung der Otolithen sehr wohl ein Gefühl für die Änderung der Körperlage im Raum zur Empfindung bringen kann. Derartige „Statocysten“ (Fig. 258) kennt man bei Quallen, Seewalzen, Ringelwürmern (in der Nähe des Schlundrings), Krebsen (im Grundgliede der inneren Fühler), Mollusken. Unzweifelhafte Apparate für die Schallempfindung finden wir dann bei den Insekten, unter denen namentlich die Feldheuschrecken (im 3. Thoraxring) und Laubheuschrecken (im Schienbein der Vorderbeine) mit eigenartigen und recht kompliziert gebauten Hörorganen ausgestattet sind.

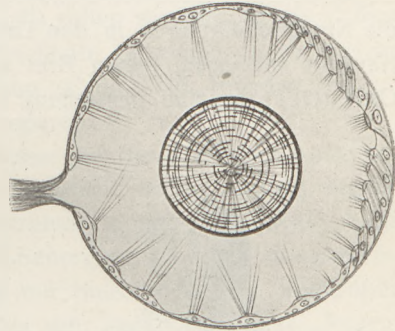


Fig. 258. Statocyste einer Meeresschnecke.

Bei den übrigen Insekten, Spinnen und Tausendfüßern hat man saitenartig straff gespannte, mit Nervenstiften versehene Stränge der verschiedensten Körperteile als tonempfindende Organe in Anspruch genommen.

Unter den Wirbeltieren ist allein der Lanzettfisch anscheinend ganz ohne Gehörorgan. Bei den Fischen hat es im wesentlichen noch die oben beschriebene Form eines häutigen, wenn auch durch Einschnürung zweiteiligen Bläschens, das aber hier, ganz von der Knochenmasse des Felsenbeins umschlossen, 1 bis 3 in sich zurücklaufende Aussackungen (halbkreisförmige Kanäle) zeigt und als Labyrinthbläschen bezeichnet wird. Die Übertragung der Schallwellen auf das Labyrinthwasser erfolgt bei den Fischen durch die feste Masse der umgebenden Knochensubstanz.

Erst bei den luftatmenden Wirbeltieren treten zu dem Labyrinthbläschen mit seinen 3 Bogengängen noch schalleitende Nebenorgane. Das Labyrinth gewinnt in der aufsteigenden Wirbeltierreihe einen immer komplizier-

teren Bau. Bei Amphibien und Reptilien treffen wir an ihm außer den 3 halbkreisförmigen Kanälen noch eine weitere, zunächst kurz kegelförmige Aussackung (Fig. 259 L), die sich schließlich bei den Säugetieren zur gewundenen „Schnecke“ ausbildet (Fig. 260 *Schn*). Sowohl im Schneckenkanal als in den Labyrinthbläschen und den halbkreisförmigen Kanälen endigen Zweige der Gehörnerven (Fig. 260 *GN*), deren letzte Endorgane teils mit feinsten Härchen frei in das auch winzige Otolithen enthaltende Labyrinthwasser hineinragen (halbkreisförmige Kanäle), teils zu einem kompliziert gebauten Nervenapparat, dem Cortischen Organ, zusammentreten (Schnecke). Nach dem heutigen Stande der Wissenschaft kann es wohl keinem Zweifel mehr unterliegen, daß nur dieses letztere Organ in erster Linie der Schallempfindung dient, während die Nervenendigungen in den Labyrinthbläschen und den halbkreisförmigen Kanälen mit ihrem feinen Brei von Otolithen den Gleichgewichts- und Orientierungssinn darstellen, d. h. dem Organismus Kunde von der je-

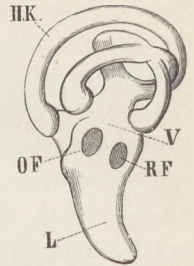


Fig. 259.  
Labyrinth eines Reptils. *HK* Halbkreisförmige Kanäle.

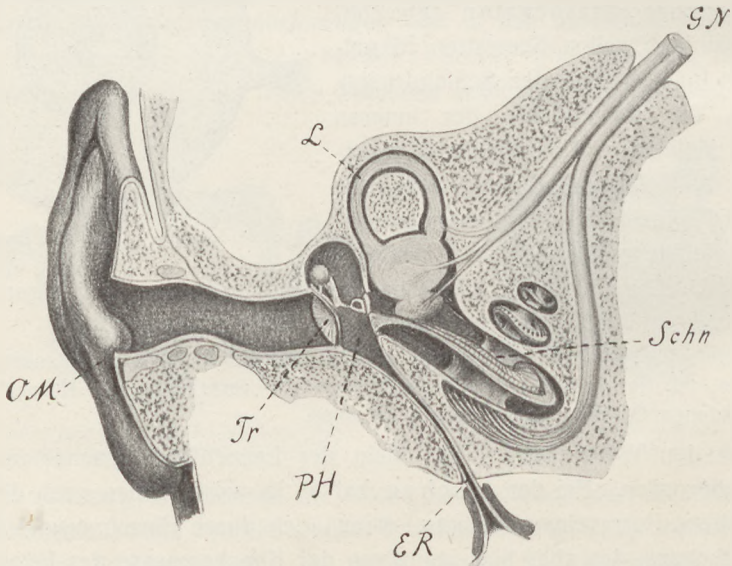


Fig. 260. Gehörorgan des Menschen im Längsschnitt. *Schn* Schnecke, *L* Labyrinth, *GN* Gehörnerv, *PH* Paukenhöhle, *Tr* Trommelfell, *ER* Eustachische Röhre, *OM* Ohrmuschel.

weiligen Stellung seines Körpers zur Horizontalen geben. Tiere, deren halbkreisförmige Kanäle man zerstörte, waren nicht mehr imstande, sich im Gleichgewicht zu halten.

Auch die schalleitenden Organe der luftatmenden Wirbeltiere — Paukenhöhle und äußerer Gehörgang nebst Ohrmuschel (Fig. 260 *PH* bis *OM*) —

lassen eine fortschreitende Ausbildung erkennen. Bei den Reptilien und Vögeln wird die Verbindung zwischen Labyrinth und Trommelfell im Binnenraum der Paukenhöhle nur durch ein einziges Knochenstäbchen (die Columella) hergestellt. Bei den Säugetieren hingegen treten hierfür die drei vom Menschen her bekannten Gehörknöchelchen (Hammer, Amboß und Steigbügel) auf. Zugleich rückt bei ihnen das bei Amphibien und Reptilien meist oberflächlich liegende Trommelfell mehr in die Tiefe, und vor ihm ist ein äußerer Gehörgang zugleich mit einer als Schalltrichter dienenden äußeren Ohrmuschel (OM) zur Entwicklung gekommen. Bei Wassersäugetieren (Walen) sind diese äußeren schalleitenden Apparate mehr oder weniger verkümmert.

Die Lichtempfindung. Die Empfindlichkeit gegen die als Licht bezeichneten Schwingungen des Äthers ist im Tier- und Pflanzenreiche weit verbreitet, ja dürfte, ebenso wie die Berührungsempfindlichkeit, eine allgemeine Eigenschaft des Protoplasmas sein. Jedenfalls sehen wir sowohl die Urtiere wie auch Süßwasserpolyphen und andere Geschöpfe, bei denen irgend welche besonderen Sinnesorgane nicht zur Ausbildung gelangt sind, trotzdem mit unverkennbarer Deutlichkeit auf Lichtreize reagieren.

Wo besondere Nervenendzellen zur Aufnahme der Lichtreize auftreten, sind dieselben oft von meist schwarzem Pigment umlagert, dem augenscheinlich die Ablendung seitlicher Lichtstrahlen zufällt. Dementsprechend pflegt man umgekehrt von einem Auge oder Sehorgane schon da zu sprechen, wo derartige Pigmentflecke in Verbindung mit Hautsinneszellen angetroffen werden. Man darf jedoch hierbei nicht außer acht lassen, daß diese „Augenflecke“ zweifellos nur Helligkeits- oder allenfalls auch Farbenunterschiede, nicht aber irgend welche Bilder von den Objekten der Außenwelt dem Gehirn übermitteln können, wie unser Auge sie bietet. Eine solche, weit über das primitive Lichtempfinden hinausgehende Fähigkeit erscheint erst möglich, wo dem nervösen Endapparat auch lichtbrechende, nach bekannten optischen Gesetzen Bilder der Außenobjekte auf den Nervenendapparat projizierende Organe, vor allem also eine Bikonvexlinse, beigegeben sind. Eine Durchmusterung der Tierreihe läßt indes erkennen, daß auch in dieser Beziehung schroffe Unterschiede nicht existieren, sondern daß die Vervollkommnung des Auges nur ganz allmählich bis zu den höchsten Leistungen fortschreitet.

Müssen wir beim Mangel spezifischer Organe der ganzen Oberfläche des Körpers eine gewisse Lichtempfindlichkeit zuschreiben, die aber immerhin schon an gewissen Stellen gesteigert sein kann (z. B. beim Regenwurm), so finden wir die Augenflecke oder Augen an sehr verschiedenen Punkten des Körpers lokalisiert. Bei strahlig symmetrischen Tieren pflegen sie im Umkreise des Körpers aufzutreten (Schirmrand der Quallen, Armspitzen der

Seesterne); bei bilateralen Tieren sehen wir sie zuweilen über die ganze Rückenfläche verteilt (manche Nacktschnecken: Onchidium) oder — bei Schalthieren — an den Stellen entwickelt, welche zuerst dem Lichte ausgesetzt sind (Mantelränder der Kammuscheln). In der Regel aber zeigen sie sich an demjenigen Körperende, welches bei der normalen Fortbewegung des Tieres voranschreitet. Wo dieses Vorderende als „Kopf“ sich deutlich vom Körper sondert, pflegt es zum ausschließlichen Träger der Augen zu werden, wobei dieselben nicht selten noch auf besonderen Augenstielen vorgestreckt sind (Landschnecken, Krebse).

Indem wir auf die einfachen Pigmentflecke der niederen Würmer und die mit einfacher Linse versehenen der Seesterne, niederen Krebse usw. nicht eingehen, sollen hier nur kurz die höchst entwickelten Typen der Augen besprochen werden, wie sie sich bei Insekten und Wirbeltieren finden, wobei noch bemerkt werden mag, daß die ebenfalls hoch organisierten Augen der Schnecken und Tintenfische im wesentlichen denjenigen der Wirbeltiere gleichen.

Bei den Insekten lassen sich 2 Arten von Augen unterscheiden, einfache und zusammengesetzte oder Facettenaugen. Die einfachen Augen, die auch bei Spinnen, Tausendfüßern und niederen Krebsen weit verbreitet sind, zeigen eine einfache, linsenförmige oder fast kugelige Verdickung der Chitinhaut (Fig. 261 *L*) von glasheller Durchsichtigkeit, unter welcher zunächst die durchsichtigen Zellen der Oberhaut (*G*) eine Art Glaskörper bilden, worauf dann in der Tiefe die stäbchenförmig zugespitzten nervösen Endzellen in einfacher Lage folgen. Sie stehen durch einen Nerv mit dem Gehirn in Verbindung. — Die zusammengesetzten Augen bestehen aus einer oft sehr großen Zahl von Teilaugen (Fig. 262), deren jedes eine besondere Chitinhautlinse besitzt und sich vom einfachen Auge namentlich dadurch unterscheidet, daß die zwischen der Chitinhautlinse und den nervösen Endzellen lagernden Glaskörperzellen in der Regel einen glashellen „Kristallkegel“ (*K*) ausgeschieden haben. Die Sehzellen selbst (*N*) bilden zu wenigen (meist 7) ein im Kreise angeordnetes Bündel, das in seiner Achse einen sog. Sehstab (*S*) abge sondert hat, der wohl als das eigentliche Aufnahmeorgan der Lichtstrahlen

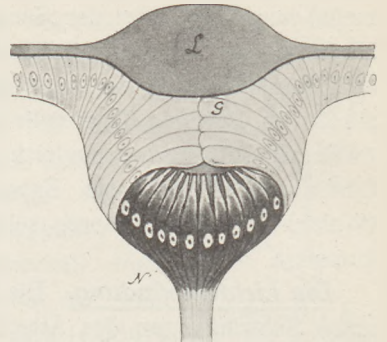


Fig. 261. Einfaches Insektenauge. *L* Linse, *G* Glaskörperzellen, *N* Netzhaut.

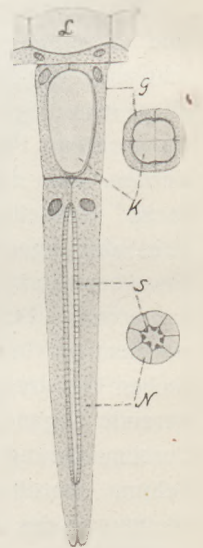


Fig. 262. Einzelfacettenauge. *L* Linse, *G* Glaskörperzellen, *K* Kristallkegel, *N* Netzhaut, *S* Sehstab.

zu betrachten ist. Kristallkegel und Sehzellen sind von dunklem Pigment umhüllt.

Die Frage, ob jede Facette nur einen einzigen Lichtpunkt oder ein wenn auch nur grobes Bild der Außenweltgegenstände aufnehme, scheint zugunsten der ersteren Ansicht entschieden zu sein. Ebenso darf man wohl annehmen, daß die Facettenaugen dem Sehen in die Ferne, die an der Stirn als Punktaugen auftretenden und bei den Larvenformen meist allein vorhandenen einfachen Augen aber dem Nahesehen dienen. — Facettenaugen sind dann auch noch bei den höheren Krebsen weit verbreitet.

Die Augen der Wirbeltiere zeigen, abgesehen vom Lanzettfisch, der nur einen dem Zentralnervensystem aufgelagerten Pigmentfleck besitzt, im allgemeinen den vom Menschen her bekannten Bau (Fig. 263).

Über die Entwicklung der Augen ist folgendes zu bemerken. Wo die Augenblasen des Vorderhirns die Körperwand berühren, bildet sich eine Wucherung der Oberhaut, die, nach innen halbkugelförmig vordringend, die Augenblase nach innen einstülpt, so daß letztere schließlich einen zweischichtigen Becher darstellt, dessen innere Lage zur Netzhaut (*R*), dessen äußere zur pigment- und blutreichen Gefäß- oder Traubenhaut (Fig. 264) wird. Der tiefere Teil der Oberhauteinstülpung schnürt sich alsbald ab und bildet die Linse (*L*),

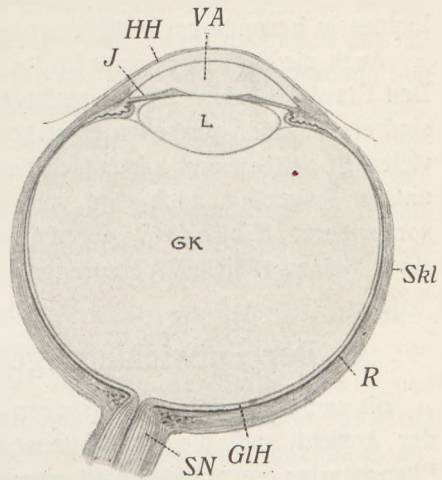


Fig. 263. Längsschnitt durch das menschliche Auge (schematisch).

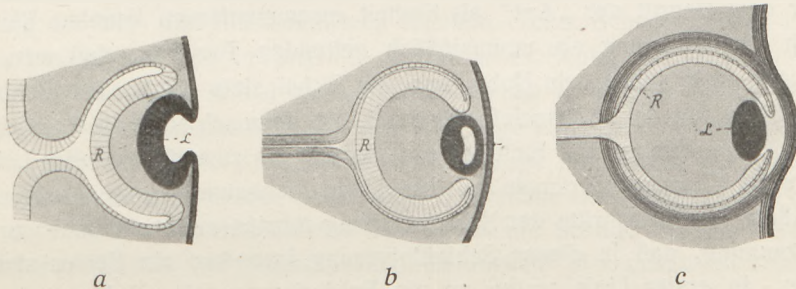


Fig. 264. Augenentwicklung in 3 verschiedenen Stadien (a, b, c). *L* Linse, *R* Retina.

die an ihren Rändern von der hier zur Iris sich ausgestaltenden Traubenhaut umgriffen wird, während gleichzeitig zwischen Linse und Retina seitlich einwuchernde Bindegewebszellen den Glaskörper formen. Zuletzt wird der so entstehende „Augapfel“ von außen her noch von einer bindegewebigen Faserhaut (weiße Augenhaut oder Sklera) umgeben, die vorn mit der ursprünglichen Oberhaut zu einer einheitlichen, glashellen Hornhaut verwächst.

Die Linse ist bei Wassertieren der veränderten Brechungsverhältnisse wegen von kugeligem Gestalt (Fische, Wale). Bei Fischen, Amphibien und



Reptilien wird die „Akkommodation“, d. h. die Einstellung des Auges auf verschiedene Entfernung, nicht wie bei den höheren Wirbeltieren durch Änderung der Linsenform mittels des „Strahlenkörpermuskels“ bewirkt, sondern durch Änderung des Abstandes der Linse von der Netzhaut. Die Pupille ist namentlich bei Nachttieren oft spaltförmig und darum zum Einlaß des zerstreuten Lichtes in besonderem Maße erweiterungsfähig.

Auch die Schutzapparate des Auges sind sehr verschieden entwickelt. Den Fischen fehlen die Augenlider (Ausnahme Haifische); bei Schlangen sind sie zu einer glashellen Haut über dem Auge zusammengewachsen. Bei vielen Reptilien und namentlich bei Vögeln gesellt sich zum oberen und unteren Augenlide noch eine vom innern Augenwinkel her über das Auge vorziehbare „Nickhaut“, deren Rest selbst noch beim Menschen in Form eines kleinen rötlichen Vorsprungs im innern Augenwinkel vorhanden ist.

### C. Der Entwicklungsgedanke (Deszendenztheorie).

Bis zum Anfang des verflossenen Jahrhunderts war man ziemlich allgemein der Ansicht, daß die Hunderttausende der heute existierenden Tier- und Pflanzenarten unverändert seit grauer Vorzeit die Erde bevölkert hätten bis zurück zu jenem Tage, wo ein allmächtiges „es werde“ sie aus der bis dahin leblosen Materie erstehen ließ. Gestützt wurde diese Annahme durch die Wahrnehmung, daß jedes Tier und jede Pflanze stets Nachkommen hervorbringt, die den Eltern in allen wesentlichen Merkmalen gleichen (Gesetz der Vererbung), derart, daß man alle in dieser Weise blutsverwandten Exemplare unter dem Begriff der „Art“ als Einheit zusammenfassen konnte. Bei der durch die Erfahrung als unumstößlich geltenden Tatsache, daß aus dem Hühnerei stets wieder ein Huhn, aus der Eichel stets wieder ein Eichbaum entsteht, schien der Rückschluß zwingend, daß demnach auch die Vorfahren der heutigen Hühner und Eichbäume rückwärts bis zum Beginn alles Lebens genau die Charaktermerkmale von Huhn und Eichbaum besessen haben.

Allein die Fortschritte der Naturforschung führten mehr und mehr zu der Überzeugung, daß in dieser Schlußfolgerung irgendwo ein Fehler stecken mußte. In erster Linie waren es die Entdeckungen der Paläontologie, d. h. das Studium der versteinerten Überreste organischer Wesen aus vergangenen Erdperioden, welche mit der Annahme einer seit Anbeginn der Welt unveränderten Flora und Fauna der Erdrinde durchaus nicht in Einklang zu bringen waren. Zwar hatte man „fossile“ Knochen-, Schalen- und Pflanzenreste schon in früheren Jahrhunderten vielfach beobachtet und auch deren Verschiedenheit von der heutigen Lebewelt erkannt. Aber man hielt sie für „Naturspiele“, für mißratene Versuche des Schöpfers, denen niemals Leben innegewohnt habe. Erst nachdem man diese Anschauung als unhaltbar

verlassen hatte und nun mit dem unbefangenen Auge des Anatomen und Systematikers die große Mannigfaltigkeit der in diesen Überresten sich offenbarenden Tier- und Pflanzenformen zu sichten und nach dem Alter der verschiedenen Erdschichten zu ordnen begann, ergab sich die überraschende Tatsache, daß man eine ganze Reihe von Erdepochen unterscheiden müsse, deren jede durch eine durchaus eigenartige Tier- und Pflanzenwelt charakterisiert war. Man erkannte mit Staunen, daß ungezählte Jahrtausende seit dem Auftreten des ersten organischen Lebens dahingegangen sein mußten, ehe die ersten Phanerogamen, die ersten Säugetiere, Vögel, ja selbst Reptilien die Erde bevölkerten, und man wurde so zu dem Schlusse gezwungen, daß die Lebewelt der Erde nicht einem einmaligen Schöpfungsakt ihr Dasein verdanke, sondern einem mehrfach wiederholten, wobei dann vor jeder Neuschöpfung die gesamten bis dahin existierenden Wesen durch eine gewaltige Umwälzung der Erdoberfläche völlig vernichtet wurden (Katastrophentheorie). Schon jetzt mag kurz bemerkt werden, daß auch diese Theorie von der katastrophenartigen Umgestaltung der Erdrinde bereits im Anfang des verflossenen Jahrhunderts durch die glänzenden Beweisführungen von Hoff und Lyell als unhaltbar sich herausstellte, da die kleinen, aber durch ungemessene Zeiträume sich stetig summierenden Veränderungen der Erdrinde, wie sie durch die uns bekannten Kräfte der Schwere, des Wassers, der Luft, der Temperatur usw. bedingt werden, vollauf genügen, das heutige Oberflächenbild der Erde zu erklären.

Inzwischen hatte ein vertieftes Studium der Systematik noch nach einer andern Richtung Schwierigkeiten für die Annahme einer selbständigen Entstehung der Tier- und Pflanzenformen ergeben. Diese Schwierigkeiten lagen in der Feststellung des Artbegriffs. Gewiß ist es richtig, daß das Hühnerei wieder zum Huhn, die Eichel wieder zum Eichbaum wird; aber ebenso sicher ist es, daß jeder Eichbaum sein eigenes Gepräge hat, daß er in Verzweigung, Wuchs, Zahl der Blätter, Früchte usw. keineswegs mit seinen, der gleichen Mutterpflanze entstammenden Geschwistern durchaus übereinstimmt, wie denn auch die Pflegerin des Hühnerhofes und ebenso der Schäfer bei seiner Schafherde jedes einzelne Tier an gewissen „individuellen“ Merkmalen mit Leichtigkeit zu erkennen und von den übrigen Exemplaren zu unterscheiden vermag. Es folgt hieraus zunächst, daß von einer absoluten Gleichheit der Individuen selbst bei den Nachkommen einer und derselben Mutter nicht wohl die Rede sein kann und noch weniger bei der Summe aller der Einzelwesen, die wir auf Grund gewisser gleichartiger Charaktermerkmale als der gleichen Art angehörig zu betrachten pflegen. In der freien Natur sind wir nur selten in der Lage, über das direkte Verwandtschaftsverhältnis zweier uns vorliegender Exemplare etwas zu wissen. Es ist daher Sache unseres kritischen Ermessens, ob wir die zwischen beiden tatsächlich vorhandenen Unterschiede

lediglich als „individuelle Variation“, oder aber als „artliche“, d. h. durch die Abstammung von verschiedenen Vorfahren bedingte betrachten sollen. Eine solche Entscheidung ist keineswegs immer leicht. In erster Linie kommt hierbei in Betracht, daß die Unterschiede zwischen den Nachkommen einer und derselben Mutter unter Umständen eine ganz außerordentliche Steigerung erfahren können. Es lehrt dies vornehmlich die starke Variation bei den vom Menschen in Kultur genommenen Lebewesen, wie sie bei Tauben, Hühnern, Rindern, Pferden, bei Obst, Gemüse und Zierpflanzen in überraschender Fülle beobachtet wird. Diese Verschiedenheit der Rassen, Spielarten usw. untereinander ist nicht selten so groß, daß wir sicher auf verschiedene Arten oder gar Gattungen schließen würden, wenn nicht die gemeinsame Abstammung von den gleichen Vorfahren historisch verbürgt wäre oder sonstwie sich beweisen liese. Auch die wild lebenden Pflanzen und Tiere bieten Beispiele genug für die Fähigkeit einer weitgehenden Veränderung des Gepräges. Man denke nur etwa an die Verschiedenheit der Tracht des gemeinen Löwenzahns, je nachdem er im Sumpf oder auf trockenem Boden, in der Ebene oder im Gebirge gewachsen ist. War es somit auf der einen Seite schwierig, zu ermessen, wie weit durch äußere Einflüsse die Charaktermerkmale der Nachkommen einer Mutter, d. h. also die einer „Art“ verändert werden können, so lernte man auf der andern Seite immer zahlreichere Formen in der freien Natur kennen, bei denen selbst die eingehendste Vergleichung aller Merkmale keinen sicheren Schluß darüber gestattete, ob man es bei ihnen mit selbständigen, von Anfang an erschaffenen „Arten“ oder aber nur mit Rassen oder Varietäten solcher Arten zu tun habe. Die heimischen Brombeersträucher, die Rosen, Habichtskräuter, Teichmuscheln und viele andere Gattungen stellen solche Formenkreise dar, welche jedes Versuchs spotten, sie in eine bestimmte Anzahl scharf voneinander unterschiedener Arten zu zerlegen. Fügen wir hinzu, daß die Erscheinungen des Di- und Polymorphismus (weitgehende Verschiedenheit der Geschlechter einer Art, oder das Auftreten des einen Geschlechts in zwei oder mehr differenten Formen) und des Generationswechsels (die Kinder gleichen nicht den Eltern, sondern den Großeltern oder noch früheren Ahnen, wie z. B. bei den Quallenpolypen) weitere Schwierigkeiten für eine präzise, allen Tatsachen gerecht werdende Fassung des Artbegriffs boten, so wird man es begreiflich finden, daß die Linnésche Auffassung von der Unveränderlichkeit der Art allmählich ins Wanken geriet, zumal auch die zu ihrer Stütze aufgestellten Hilfsannahmen — Kreuzungsschwierigkeit zweier wirklicher Arten und Unfruchtbarkeit der Nachkommen solcher gekreuzter Arten — sich als keineswegs in allen Fällen stichhaltig erwiesen, ja durch den Nachweis der gleichen Schwierigkeiten bei Rassen der nämlichen Art vollends ihren prinzipiellen Wert verloren.

Bereits im Anfange des vorigen Jahrhunderts (1809) gab der Franzose

Lamarck in seiner „Philosophie zoologique“ dem Gedanken Ausdruck, die nächstverwandten Formen einer Tier- oder Pflanzengruppe möchten durch allmähliche Abänderung auseinander entstanden sein. War dies zugegeben, so lag der Schluß nicht fern, die einfacher gebauten Formen dann wieder auf noch einfachere zurückzuführen, und so ordnete sich für ihn die gesamte Tier- und Pflanzenwelt in je eine fortlaufende Reihe, deren hunderttausendfältige Formen geschichtlich auseinander hervorgegangen und unter allmählicher Vervollkommnung zu immer höherer Organisationsstufe emporgestiegen sein sollten. Dieser kühne Gedanke der „Deszendenz“ aller tierischen und aller pflanzlichen Lebewesen aus einfachsten Formen in direkter aufsteigender Linie wurde alsbald von dem großen Anatomen Cuvier erfolgreich bekämpft durch den Hinweis auf die augenscheinlich grundlegende Verschiedenheit der Organisationspläne, wie wir sie im Bau der großen Tierstämme, der Wirbeltiere, Gliedertiere, Mollusken, Stachelhäuter usw. verwirklicht sehen. Er wies darauf hin, daß aus einem Stachelhäuter nimmermehr ein Gliedertier, aus letzterem niemals ein Wirbeltier entstanden sein könne, und so durchschlagend waren seine Einwände, daß der Deszendenzgedanke ein volles halbes Jahrhundert vernichtet schien, bis er durch Charles Darwin aufs neue, wenn auch in anderer Form zur Geltung gelangte.

Sehen wir vorläufig ab von der Verschiedenartigkeit der Begründung, welche Lamarck und Darwin für ihre Ansichten ins Feld führen, so unterscheidet sich die Auffassung Darwins vornehmlich dadurch von derjenigen seines Vorgängers, daß er die Annahme einer direkten Ableitung der heutigen Tier- und Pflanzenformen voneinander verwirft und an dessen Stelle die im Laufe der Erdperioden allmählich sich herausbildende Verschiedenheit der Organisation aus verhältnismäßig einfacheren und einander verwandteren Formen der fernen Urzeit ersetzt. Mit Vorliebe gebraucht er das Bild eines reich verzweigten, mächtigen Baumes: Die Tausende und Abertausende von Zweigspitzen, welche wir bei einem Blick von oben auf die Krone scheinbar isoliert nebeneinander emporragen sehen, sind den scheinbar isoliert nebeneinander stehenden Arten der Jetztzeit vergleichbar; sie haben in der Tat keine unmittelbaren Beziehungen zueinander und können daher auch unmöglich direkt voneinander abgeleitet werden. Wie aber weiter abwärts von den Spitzen der Zweige diese letzteren aus tieferstehenden Zweigen hervorgehen, diese sich noch tiefer zu Ästen vereinigen, bis endlich am Grunde ein gemeinsamer Stamm ihnen allen als Ursprung dient, so auch haben wir den Zusammenhang, den gemeinsamen Ursprung der heutigen Organismen weiter in der Tiefe, d. h. in vergangenen Erdperioden zu suchen, wo sich nach und nach die einzelnen Zweige der Gattungen, Familien, Ordnungen, Klassen zu immer näher aneinander rückenden Hauptästen vereinigen, die zuletzt ihren Ursprung in dem gemeinsamen Stamm der niedersten organischen Lebens-

formen finden. Die Feststellungen Cuviers von der Verschiedenheit des gesamten Organisationsplans bei Stachelhäutern, Mollusken, Insekten und Wirbeltieren sind unanfechtbar, eine direkte Ableitung dieser Tiergruppen auseinander liegt völlig außerhalb des Bereichs der Möglichkeit. Wohl aber ist es nach der Auffassung Darwins denkbar, daß jene „Hauptstämme“ des Tierreichs, deren heutige Vertreter nach millionenjähriger Ausgestaltung nichts mehr miteinander gemein zu haben scheinen, vor ihrer mehr und mehr gesteigerten Differenzierung trotzdem aus gemeinsamer Wurzel, aus indifferenten, unendlich viel einfacheren Formen entsprungen seien.

Das Buch Darwins „Die Entstehung der Arten“ (On the origin of species), in dem er den Deszendenzgedanken nicht nur im allgemeinen vertrat, sondern auch unter Anführung eines ungeheuren Tatsachenmaterials wissenschaftlich zu erklären und zu begründen suchte, erschien im Jahre 1859. Es hat mit den zahlreichen späteren Schriften des großen Forschers einen in der Literatur fast beispiellosen Erfolg gehabt. Von allen Seiten ging man daran, für oder gegen die neue Lehre Material zusammenzutragen, sie weiter auszubauen, ihre Schwächen kritisch zu beleuchten; die ganze gebildete Welt erschien in zwei Heerlager geteilt, die sich gegenseitig mit allen Waffen des geistigen Kampfes auf das leidenschaftlichste befehdeten. War man doch zeitweilig der heute kaum noch verständlichen Meinung, daß mit der Frage der Deszendenz auch alle die großen Probleme des Weltendaseins, des Lebens, ja selbst des Menschentums gelöst seien. Erst ganz allmählich ist eine leidenschaftslosere Beurteilung der Sachlage eingetreten, die lediglich das Tatsachenmaterial ins Auge faßt, alle weitergehenden Schlüsse aber in das Gebiet der Spekulation und des Glaubens verweist. Die verflossenen 50 Jahre des Kampfes aber sind für die Ausgestaltung der biologischen Wissenschaft von höchster Bedeutung gewesen; sie haben auf den verschiedensten Gebieten anregend, klärend, befruchtend gewirkt und dabei eine solche Fülle von Tatsachen zutage gefördert, daß wir heute wohl daran denken können, über die Berechtigung des Entwicklungsgedankens und die Versuche zu seiner wissenschaftlichen Begründung ein einigermaßen objektives Urteil zu gewinnen. Sollte es sich hierbei auch herausstellen, daß manche der Schlußfolgerungen Darwins vor einer strengeren Kritik nicht bestehen können, so werden dadurch doch keineswegs die unvergleichlichen Verdienste geschmälert, welche er sich durch die Neubelebung der biologischen Forschung erworben hat.

Schicken wir als selbstverständlich voraus, daß jeder Induktionsbeweis, d. h. jeder aus einer Summe von Einzeltatsachen gefolgerte allgemeine Schluß nur bedingte Gültigkeit hat, nur so lange als zwingend angesehen werden darf, als andere Einzeltatsachen ihm nicht widersprechen, so können wir heute wohl mit Recht behaupten, daß der Entwicklungsgedanke an sich durch ein reiches, sich täglich mehrendes und kaum eine andere Deutung zulassendes

Tatsachenmaterial gestützt wird, daß aber andererseits weder die Versuche Lamarcks noch auch die Darwins und seiner Nachfolger, den Entwicklungs- und Umbildungsprozeß der Organismen von einfachsten Lebensformen bis herauf zu den höchsten auf das Walten der Naturkräfte zurückzuführen, eine einwandfreie, allseitig befriedigende Lösung des großen Problems gebracht haben.

Paläontologische Tatsachen. Der Beweis für eine stattgehabte allmähliche Umformung und Vervollkommnung der Lebewesen auf der Erde würde zweifellos als erbracht zu betrachten sein, wenn die Tiere und Pflanzen vergangener Erdperioden der Hauptsache nach in erkennbaren Resten bis auf die Jetztzeit erhalten wären. Würde man doch aus ihnen die allmähliche Umbildung und Ausgestaltung der einzelnen Zweige des tierischen und pflanzlichen Lebens Schritt für Schritt verfolgen können. Ein solches lückenloses Urkundenmaterial steht uns leider nicht zur Verfügung und ist auch in Zukunft nicht zu erhoffen. Die Hunderttausende und Millionen von Lebewesen, welche Tag für Tag dahinsterven, gehen in kürzester Zeit unter dem Einflusse des Bodens, des Wassers, der Luft und der Bakterien der völligen Auflösung entgegen, und nur in Ausnahmefällen – bei baldigem Abschluß der Luft in den Schlammschichten der Gewässer – bleiben widerstandsfähigere Hartgebilde, wie Schalen, Knochen, Holzteile usw., vor der gänzlichen Vernichtung bewahrt. Diese zufälligen Überbleibsel früherer Faunen und Floren sind es, die uns als „Versteinerungen“ in den ebenfalls zu Stein gewordenen Absatzschichten des Wassers Kunde geben von der Geschichte unserer Erdrinde, sie sind die überaus lückenhaften Urkunden, aus denen wir den Werdegang der Lebewelt im Laufe der Jahrtausende enträtseln sollen. Die ganze ungeheure Schar derjenigen Tierformen, welche Hartgebilde überhaupt nicht besitzen, ist für unsere Untersuchungen so gut wie völlig ausgeschaltet, denn fast wie ein Wunder müssen wir es betrachten, wenn hie und da die Spuren eines Wurmes oder selbst einer Qualle in sog. Abdrücken sich erhalten finden. Aber auch die Masse der landlebigen Tiere, selbst wenn sie mit festeren Skeletteilen ausgerüstet waren, ist für uns verloren, sofern nicht einzelne Individuen vor ihrer völligen Zersetzung in den konservierenden Schlamm der Gewässer gerieten oder etwa von dem tropfenden Harz ehemaliger Fichtenwälder schützend umhüllt wurden (Bernsteininsekten). Nehmen wir hinzu, daß die meisten der jene Urkunden enthaltenden Erd- und Gesteinsschichten noch heute vom Meere bedeckt sind, oder aber Hunderte von Metern unter der heutigen Erdoberfläche verborgen liegen, so daß nur ein verschwindend kleiner Teil von ihnen wissenschaftlich durchforscht werden konnte, und auch dies nur in den Kulturstaaten Europas und Nordamerikas, daß endlich die ältesten Absatzschichten des Meeres, die in erster Linie berufen sein sollten, uns Aufschluß über die Urformen der Lebewelt zu geben, als Urschiefer in einer jede Möglichkeit einer Deutung

der organischen Reste ausschließenden Weise umgeformt (kristallinisch „metamorphosiert“) sind, so wird es begreiflich, daß die Wissenschaft der Paläontologie noch weit davon entfernt ist, uns einen vollgültigen Beweis für die Richtigkeit der Deszendenztheorie erbringen zu können. Immerhin läßt sich behaupten, daß nichts von dem, was sie bisher mit Sicherheit festgestellt hat, der Hypothese einer allmählichen Entwicklung der organischen Welt widerstreitet, daß sie aber andererseits in manchen Fällen sogar in der Lage ist, für einzelne der heutigen Tiergruppen aus den vorweltlichen Resten die mutmaßliche Ahnenreihe bis in weit entlegene Zeiten aufzustellen.

Schon S. 249 wurde darauf hingewiesen, daß in den ältesten, erkennbare Versteinerungen führenden Schichten der Erdrinde, den sog. paläozoischen Formationen, von warmblütigen Wirbeltieren und phanerogamischen Pflanzen noch keinerlei Spuren zu entdecken sind, ja, daß in den allerältesten Schichten (dem Cambrium) die Wirbeltiere noch ganz fehlen. Die Fische treten nur als seltsam geformte Knorpelfische vom Silur an auf, die ersten Amphibien in der Steinkohlenperiode, die ersten Reptilien gar erst in den Schichten der oberen Permformation. In der zweiten großen Formationsreihe, der mesozoischen Zeit, gelangen die Reptilien zu ungeahnter Entwicklung, die ersten Spuren der Vögel und Säugetiere lassen sich nachweisen, und zwar zuerst in ihren niedersten, den heutigen Schnabel- und Beuteltieren entsprechenden Ausprägungen, bis dann in der letzten erdgeschichtlichen Epoche der kainozoischen Zeit durch die mächtigen „tertiären“ Schichten des Eozän, Oligozän, Miozän und Pliozän eine wunderbare Ausgestaltung der Säugetiere erfolgte, die sich in einzelnen Fällen fast Schritt für Schritt bis zu den Formen der Jetztwelt verfolgen läßt. Berühmt geworden ist unter anderen namentlich die Reihe der ausgestorbenen Tierformen, welche man als die Ahnenreihe der heutigen Pferde betrachtet, da sie in lückenloser Folge die allmähliche Umgestaltung der fünfzehigen Extremität (Phenacodus) über vierzehige (Orohippus) und dreizehige (Mesohippus, Hipparion, Miohippus, Protohippus) zur einzehigen (Pliohippus, Equus) vor Augen führt. Eine ähnliche Reihe kennt man für die Entwicklung der geweihtragenden Tiere, die im Miozän nur ein- bis zweizackige Geweihe, dann dreizackige und vom oberen Pliozän an vier- bis mehrzackige Geweihe besitzen. Von vielen der heute scharf gesonderten Säugetierordnungen, wie den Raubtieren, Halbaffen, Huftieren usw., kennt man in den älteren Schichten des Tertiär Vorfahren, welche die Charaktermerkmale dieser Ordnungen in eigenartiger Weise miteinander verknüpfen und daher als nahe verwandte Ausgangspunkte derselben betrachtet werden dürfen. Auch die oben erwähnten Ahnen der Pferde scheinen uns zu lehren, wie die in der Gegenwart so isolierte Gruppe der Einhufer vordem mit den Vorfahren der heutigen Tapire und Nashörner in enger Beziehung stand.

Außer bei den Wirbeltieren des Tertiärs sind auch bei den Mollusken mehrfach ganze Entwicklungsreihen bekannt geworden. So bei den Ammoniten der mesozoischen Zeit, so auch bei gewissen Süßwasserschnecken (*Paludina*, *Planorbis*) des Tertiärs, deren allmähliche Umwandlung man in einer Reihe übereinandergelagerter, ungestörter Schichten Schritt für Schritt verfolgen konnte.

Mit zu den interessantesten Funden gehören endlich solche, welche geeignet sind, besonders auffällige Lücken im System der heutigen Tierwelt zu überbrücken. Eine solche erblicken wir z. B. zwischen den beiden Wirbeltierklassen der Reptilien und der Vögel. Anatomische und embryologische Befunde machten es vom Standpunkte der Deszendenztheorie wahrscheinlich, daß letztere aus den ersteren hervorgegangen sind. Allein es fehlte lange Zeit jede Spur eines Zwischengliedes zwischen beiden, in ihrer Körperbedeckung wie in ihren Lokomotionsorganen so verschiedenen Klassen. Auch mit der Auffindung fossiler, wohlentwickelte Zähne in ihren Kiefern tragender Vögel war kaum etwas gewonnen. Erst die vor wenigen Jahrzehnten in zwei Exemplaren im Solnhofener Schiefer entdeckte *Archaeopteryx lithographica* erwies sich als ein Geschöpf, das die Merkmale der Reptilien und Vögel in wunderbarer Kombination vereinigt. Es besitzt ein Federkleid, daneben aber nicht nur Zähne in den Kiefern, sondern auch dreizehige, bekrallte Hände und einen langen, zweizeilig mit Federn besetzten Eidechsen-schwanz.

Tatsachen der vergleichenden Anatomie und Embryologie. Neben der Paläontologie sind es sodann die vergleichende Anatomie und die Embryologie (Entwicklung des Individuums aus dem Ei), deren Befunde vielfach auf eine „genetische“ Verwandtschaft der Lebewesen zueinander hinweisen, ja ohne eine solche Annahme kaum verständlich erscheinen.

Was zunächst die vergleichende Anatomie anlangt, so lehrt sie, daß in allen Kreisen des Tierreichs eine Stufenfolge von einfacheren zu immer vollkommeneren Formen ganz unverkennbar ist. Es braucht hier nur an die Wirbeltiere erinnert zu werden und an die ganz allmähliche Ausgestaltung fast aller Organe und Organsysteme vom *Amphioxus* bis hinauf zu den Säugetieren. Die äußere Haut, das innere Skelettsystem (Chorda bis zur Regionenbildung der knöchernen Wirbelsäule), die Gliedmaßen, der Blutkreislauf, das Gebiß usw. zeigen alle mit gleicher Deutlichkeit, wie ursprünglich einfache Gebilde durch stufenweise Abänderung und Umgestaltung zu immer vollkommeneren Apparaten der höheren und geschichtlich jüngeren Lebensformen sich ausgestalten.

Dabei ist es in hohem Grade bemerkenswert, wie irgend einem neu auftretenden Bedürfnis nun nicht etwa durch ein neues, hierfür eigens geschaffenes Organ genügt wird, sondern wie mit großer Zähigkeit das in der



Urform bereits vorhandene Material benutzt und nur in eine für die neue Aufgabe geeignete Form umgeprägt wird. Ein lehrreiches Beispiel hierfür bieten die Gliedmaßen der höheren Wirbeltiere, als deren Urform wir wohl diejenigen der Amphibien betrachten dürfen. Nicht nur die verschiedensten Formen der Lauf-, Kletter- und Springbeine lassen sich als Modifikationen dieser Urform auffassen, sondern auch die Flügel der Vögel und Fledermäuse, die Flossen der Schildkröten, Seehunde, Delphine und Wale. Überall liegt hier dem inneren Skelettgerüst derselbe Bauplan zugrunde, was bei der Verschiedenheit der Funktion schwer zu erklären wäre, wenn man nicht die Annahme gelten läßt, daß eben bereits eine ererbte Urform vorhanden war, die nur für spezifische Leistungen sich umformte.

Aus dieser Annahme der Ererbung einer gewissen Organisationshöhe und eines gewissen Organbestandes läßt sich auch das sonst unverständliche Auftreten der sog. rudimentären Organe erklären. Wenn die Weibchen des kleinen Frostspanners (*Cheimatobia brumata*) noch rudimentäre Flügelstummel besitzen, die aber zum Fliegen untauglich sind, so liegt die Vermutung nahe, daß die Vorfahren dieser Art auch im weiblichen Geschlecht noch entwickelte Flügel besessen haben. Wenn den Walen unter allen Säugern allein die hinteren Gliedmaßen zu fehlen scheinen, so darf man auf Grund der Deszendenztheorie erwarten, daß diese Gliedmaßen als Erbteil vierbeiniger Vorfahren doch noch in Spuren sich nachweisen lassen. In der Tat ist dies der Fall: Bei den meisten Walen findet sich in der Haut des Bauches ein als Beckenrest anzusprechender Knochen, und beim Grönlandwal ist sogar noch ein Rudiment des Oberschenkelknochens an ihm erhalten. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei einigen Schlangen und bei den fußlosen Eidechsen; unsere einheimische Blindschleiche besitzt noch einen wohlausgebildeten Schultergürtel, wengleich die Arme selbst bis auf die letzte Spur verschwunden sind. Vom Maulwurf mit seinen fast völlig verkümmerten, sehunfähigen Augen nehmen wir an, daß er von Vorfahren mit funktionsfähigen Augen abstamme, wie wir denn auch die blinden Höhlenkrebse und -insekten von sehenden abzuleiten uns veranlaßt fühlen. Hautmuskeln, Nickhaut, Blinddarm sind weitere Organe, die bei gewissen Wirbeltiergruppen so rudimentär auftreten, daß sie in ihrem jetzigen Bau fast funktionslos oder unter Umständen schädlich (Wurmfortsatz des Blinddarms) erscheinen und daher als noch nicht ganz verschwundene Erbstücke einst wichtiger Organe gedeutet werden.

Vielleicht noch überzeugender als die Tatsachen der vergleichenden Anatomie wirken diejenigen der Embryologie oder, wie man auch wohl sagt, der Ontogenie (Entwicklung des Einzelwesens). Es kann gar keinem Zweifel unterliegen, daß innerhalb der einzelnen Tierkreise die großen Unterschiede der Familien, Ordnungen, ja selbst Klassen in ganzer Schärfe erst bei den

voll entwickelten Individuen hervortreten, sich aber mehr und mehr verwischen, je weniger weit die Entwicklung aus dem Ei vorgeschritten ist. So sind beispielsweise bei den Embryonen oder Keimlingen von Schlange, Huhn und Säugetier auf gewissen Stufen ihrer Entwicklung die spezifischen Klassenunterschiede noch sehr wenig ausgebildet, wie denn ja auch das Ei selbst sich in der ganzen Tierreihe übereinstimmend als eine einzige, den Urtieren vergleichbare Zelle darstellt. Nicht mit Unrecht hat man daher dem Zweifel an der Möglichkeit der allmählichen Entwicklung auch der höchsten Tiere und Pflanzen aus niederen Lebensformen entgegengehalten, daß ein solches Problem ja im Grunde genommen Tag für Tag bei der Entwicklung jedes Einzelwesens gelöst wird.

Erscheinungen mancherlei Art sind es nun, welche bei der Entwicklung der Einzelwesen auf Beziehungen zu anderen Formenkreisen hinweisen. So würde das Auftreten von Zahnanlagen bei den Embryonen der Bartenwale nicht zu verstehen sein, wenn wir nicht annehmen, daß die Vorfahren der heutigen Bartenwale Zähne besessen haben. Ähnlich steht es mit dem Auftreten von Kiemen bei den Embryonen des Alpensalamanders, dessen Junge doch erst als vollentwickelte Lungenatmer den mütterlichen Organismus verlassen; wir glauben auch hier auf Vorfahren schließen zu dürfen, deren Larven, ähnlich denen des Feuersalamanders, als kiemenatmende Kaulquappen dem Wasser anvertraut wurden. Am allerseltsamsten aber will es erscheinen, daß man auch bei den warmblütigen Wirbeltieren, den Vögeln und Säugetieren, in gewissen Stadien ihrer Entwicklung nicht nur eine Anzahl Kiemenfurchen nebst entsprechenden Schlundausbuchtungen am Halse beobachtet, sondern auch zwischen diesen starke Blutgefäßstämme, welche nur mit den Kiemenarterien der niederen Wirbeltiere verglichen werden können. Diese und zahlreiche andere Beobachtungen, deren Aufzählung hier zu weit führen würde, haben zu der Hypothese geführt, daß in der Entwicklung jedes Einzelwesens sich die Entwicklung der Art aus tiefer stehenden Formen in mehr oder minder erkennbarer Weise wiederholt oder, wie man es wohl auch ausgedrückt hat, daß die Ontogenie als eine abgekürzte Rekapitulation der Phylogenie aufzufassen sei (Biogenetisches Grundgesetz).

Tatsachen der geographischen Verbreitung. In letzter Linie sei endlich noch darauf hingewiesen, wie auch die gesamten Erscheinungen der geographischen Verteilung und Verbreitung der Lebewesen auf der Erde allein durch die Annahme der Deszendenztheorie eine befriedigende Erklärung finden. Die durch lange Perioden der Erdgeschichte andauernde Isolierung war es, welche die eigenartige Fauna und Flora des australischen und auch des südamerikanischen Kontinents bedingte, welche den ozeanischen Inseln ihr eigenartiges und dennoch dem benachbarten Kontinente sich

anschließendes Gepräge gab, während andererseits die engen faunistischen und floristischen Beziehungen der Nordkontinente sich ungezwungen aus ihren geologisch-geographischen Zusammenhängen ergeben.

Wenn wir die Meeresfauna an der Westküste Südamerikas von Grund aus verschieden finden von derjenigen der Ostküste, so glauben wir dies auf die jede Vermischung hindernde Dazwischenlagerung des Kontinents zurückführen zu sollen, während andererseits die weitgehende Ähnlichkeit der zentralamerikanischen Fauna des Stillen und Atlantischen Ozeans daraus erklärt wird, daß beide Meere noch bis in die spättertiäre Zeit durch eine Meereseenge miteinander in Verbindung standen.

Alpenhasen, Schneehühner und zahlreiche Pflanzen, die heute nur in den Alpen und in höheren Breiten gefunden werden, sind an beiden so weit voneinander entfernten Örtlichkeiten nicht gesondert entstanden, sondern besaßen zur Eiszeit, wo sie auch in den Ebenen des zentralen Europas lebten, einen zusammenhängenden Verbreitungsbezirk.

Die vorstehenden Darlegungen konnten selbstverständlich nur einen verschwindenden Bruchteil des gewaltigen Tatsachenmaterials bringen, welches übereinstimmend zugunsten einer allmählichen Entwicklung des organischen Lebens auf der Erde spricht. Man wird daher der Deszendenztheorie als solcher ihre Berechtigung nicht wohl versagen dürfen. Ganz unvergleichlich viel schwieriger aber gestaltet sich nun die weitere Frage, durch welche Faktoren nicht nur die Umbildung der Arten, sondern auch der so wunderbare Aufstieg der organischen Welt aus einfachsten Lebensformen bewirkt sein könne.

Bei der außerordentlichen Schwierigkeit der hierbei auftauchenden Probleme werden wir uns im folgenden mit der Darlegung der Grundgedanken begnügen müssen.

Lamarcks Theorie. Was zunächst die Ansichten Lamarcks betrifft, so suchte er die Umwandlung und Vervollkommnung der Lebewesen in erster Linie durch die Lehre vom Gebrauch und Nichtgebrauch der Organe zu erklären. Wir wissen, daß ein Muskel durch Übung an Umfang gewinnt, ein Druck auf die Haut Verdickung der Hornschicht zur Folge hat, während umgekehrt durch Nichtgebrauch die Organe in ihrer Leistungsfähigkeit und Ausbildung zurückgehen. Auf diese Erfahrung sich stützend, glaubte Lamarck die spezifische Ausbildung der Organe auf einen besonders ausgiebigen Gebrauch derselben in bestimmter Richtung zurückführen zu dürfen. Der lange Hals der Giraffe schien ihm die Folge des Laubfressens von hohen Bäumen, die Schwimmhaut des Vogels die Folge des fortgesetzten Reizes auf die Zwischenhaut der ausgespreizten Zehen usw. Dabei war Lamarck der Ansicht, daß der unbewußte Wille, irgend etwas seinen Wünschen oder Bedürfnissen Entsprechendes zu erreichen, bei der zweckmäßigen Ausgestaltung

eine Rolle spiele, daß er in gewisser Weise die Ausbildung des betreffenden Organs unterstütze und befördere. Für die Pflanzenwelt war das Prinzip vom Gebrauch und Nichtgebrauch oder gar von der Beeinflussung der Körperteile durch psychische Strebungen nicht wohl anwendbar, und hier glaubte bereits Lamarck vor allem die äußeren Einflüsse des Bodens, der Feuchtigkeit, des Lichtes, der Wärme usw. zur Erklärung für die Umwandlung der Formen heranziehen zu sollen. Da diese Einflüsse nachweisbar auch für die gesamte Tierwelt von kaum hoch genug zu schätzender Bedeutung sind (vgl. die diesbezüglichen Kapitel im I. Abschnitt dieses Buches), so haben verschiedene neuere Forscher gerade diesen Gedanken des direkt umgestaltenden Einflusses von seiten der Umwelt auf die Organismen in den Vordergrund gestellt und als Hauptursache der allmählichen Umformung der Lebewesen betrachtet (Neolamarckismus).

Die Haupteinwände, welche man gegen den Lamarckismus und Neolamarckismus erhoben hat, sind kurz folgende: Für eine so ausgiebige Einwirkung seelischer Prozesse auf die Ausgestaltung körperlicher Organe fehlt es an zureichendem Beweismaterial. Die durch Gebrauch oder Nichtgebrauch hervorgerufenen Veränderungen der Organe bewegen sich erfahrungsgemäß innerhalb verhältnismäßig enger Grenzen, über welche hinaus sie nicht gesteigert werden können; sie sind überdies, gleich den durch äußere Einflüsse bedingten Abweichungen vom Normalen, nur selten erblich, so daß die Nachkommen nach Beseitigung der abändernden Einflüsse wieder auf die ursprüngliche Form zurückgehen. Der Sohn des Schmiedes hat keineswegs von vornherein wieder ebenso muskelkräftige Arme wie der Vater, und eine Alpenpflanze, die in der Ebene durch höheren Wuchs und verminderte Behaarung von den Vorfahren sich unterscheidet, erhält schließlich ihr altes Gepräge, wenn sie wieder in alpine Regionen versetzt wird.

Darwins Theorie. Wenn Lamarck die allmähliche Wandlung der Arten auf kleine, durch Gebrauch oder äußere Einflüsse bedingte und sich stetig summierende Veränderungen der einzelnen Organe zurückführte, so nahm Darwin eine gewisse Variationfähigkeit des Organismus von vornherein als durch die Erfahrung gegeben an, indem er sich auf die bereits eingangs erwähnte Tatsache stützte, daß die Kinder eines Elternpaares diesen zwar ähnlich, aber nicht völlig gleich sind, daß sie mit allen ihren Merkmalen und Eigenschaften gewissermaßen um das Elternpaar als Zentralpunkt oszillieren. Dieser Gesichtspunkt führte ihn zunächst zu einer Erklärung der merkwürdigen Erfolge des Züchters, dem es gelingt, aus den in Kultur genommenen Pflanzen und Tieren in verhältnismäßig kurzer Zeit immer neue Spielarten und Rassen zu erzielen. Darwin führt aus, daß der Züchter bei seinen Versuchen keineswegs die ganze Masse der vorhandenen Exemplare zur Nachzucht verwendet, sondern daß er hierzu allein diejenigen auswählt, die

ihm die gewünschten Eigenschaften am ausgeprägtesten zu besitzen scheinen. Ist es ihm also beispielsweise um besonders feine Wolle zu tun, so wählt er nur diejenigen Exemplare seiner Schafherde zur Zucht aus, die in dieser Hinsicht vor den übrigen einen kleinen, kaum merkbaren Vorzug zeigen, und er darf dann hoffen, daß unter den nunmehr erzielten Lämmern, die ja immer um die Eltern als Zentrum in ihren Eigenschaften schwanken, einige Exemplare mit noch feinerer Wolle auftreten werden. Indem auch diese wieder allein zur Nachzucht gewählt werden, gelingt es, eine anfangs kaum merkbare „individuelle“ Abweichung durch konsequente Auslese im Laufe einiger Generationen zu einem scharf hervortretenden Rassenmerkmal zu steigern, wie wir dies ja bei allen Kulturpflanzen und Haustieren in so ausgeprägter Weise bestätigt finden. Wenn hierbei die verschiedenen Rassen vorwiegend nur in denjenigen Teilen voneinander abweichen, um derentwillen sie kultiviert werden — also die Kohlsorten in den Blättern, die Rüben in den Wurzeln, die Apfel- und Birnbäume in den Früchten, die Zierblumen in den Blüten, die Schafe in der Wolle usw. usw. —, so findet diese Erscheinung ihre einfache Erklärung darin, daß eben die künstliche Auslese oder „Zuchtwahl“ nur in bezug auf die eine, dem Züchter Nutzen versprechende Eigenschaft durchgeführt wurde.

Nach Feststellung dieser Tatsachen untersuchte Darwin, inwieweit die Verhältnisse in der freien Natur mit dem bewußten Ausleseverfahren unserer Züchter in Parallele gestellt werden könnten. Daß in der Natur wie bei der Züchtung die Masse der Nachkommen bei Tier und Pflanze den Bedarf weit überschreitet, daß fort und fort Hunderttausende von Keimen und nur halbentwickelten Individuen zugrunde gehen müssen, da auf unserer bereits voll besetzten Erdrinde für jedes sterbende Elternpaar nur je ein Paar Nachkommen als Ersatz eintreten kann, wurde bereits S. 110 dieses Buches dargestellt. Eine „Auslese“ muß also auch in der freien Natur unter der übergroßen Zahl der Nachkommen stattfinden, geradeso gut wie bei den Versuchen des Züchters. Es fragt sich nur, ob hierbei der blinde Zufall herrscht oder ob etwa Faktoren sich nachweisen lassen, welche diese Auslese in bestimmter Richtung beeinflussen und dadurch der bewußten Zuchtwahl des Züchters vergleichbar werden. Darwin glaubte diese die Auslese bestimmenden Kräfte in den mannigfaltigen Einflüssen zu finden, welche die Außenwelt auf den ins Leben tretenden Organismus ausübt, in den Gewalten der unorganischen Natur sowohl wie in den vielseitigen Schädigungen oder Förderungen seitens der Mitgeschöpfe. Ein Frühlingfrost, so dachte Darwin, kann z. B. die gesamten Keime einer Pflanze zerstören bis vielleicht auf die wenigen, welche eine etwas derbere Samenschale haben oder aber in der verhängnisvollen Nacht ihre zarten Keimblättchen noch nicht entwickelt hatten; die Schmetterlinge eines Reviers werden durch insektenfressende Vögel derart

dezimiert, daß nur die unscheinbaren oder die der Umgebung angepaßten oder bei Tage im Verborgenen bleibenden der Vernichtung entgehen. Ein mit schärferen Augen als gewöhnlich ausgestatteter Vogel ist vor seinen Gefährten nach mannigfacher Richtung im Vorteil: Er findet reichlichere Nahrung, wird dadurch kräftiger und somit in den Stand gesetzt, seine Konkurrenten aus dem Felde zu schlagen.

Aus solchen und ähnlichen Überlegungen folgerte Darwin, daß an jeder Örtlichkeit von der Masse der Nachkommen nur diejenigen Aussicht hätten, zu voller Entwicklung zu gelangen und das Elternpaar zu ersetzen, welche den jeweiligen Verhältnissen am besten gewachsen, ihnen am besten angepaßt wären. Unter dem Bilde eines „Kampfes ums Dasein“ faßte er die Summe aller der Einflüsse zusammen, die als klimatische Unbilden, Konkurrenz um die Nahrung, Angriffe der Feinde das ins Leben tretende Individuum gefährden und erbarmungslos alles ausmerzen, was nicht in der einen oder andern Weise durch Vorzüge vor den Genossen dieser furchtbaren, im großen arbeitenden Dezimierungsmaschine entgeht. Nicht dem „blinden Zufall“ ist somit die Auslese der wenigen, zur vollen Entwicklung und Erzeugung von weiterer Nachkommenschaft Berufenen anheimgegeben, sondern der Gesamtheit der an irgend einer Örtlichkeit für die betreffende Art maßgebenden Einflüsse; die bewußte Auslese des Züchters wird ersetzt durch die „natürliche Zuchtwahl“ (natural selection) des Kampfes ums Dasein (struggle for life). Nur die besten, d. h. den speziellen Verhältnissen des Wohnortes und den sonstigen Lebensbedingungen am meisten angepaßten Individuen bleiben erhalten. Ändern sich diese Bedingungen, oder gelangt die Art an Örtlichkeiten mit andersartigen Bedingungen, so setzt die natürliche Zuchtwahl aufs neue, aber diesmal in anderer Richtung ein und bewirkt neue Anpassungen oder Untergang.

Die Lehre Darwins, auf zahllose Tatsachen aus den Lebenserscheinungen der organischen Natur gestützt, hatte zunächst etwas so Bestechendes, daß sie alsbald von der großen Mehrzahl der Forscher anerkannt wurde. Erst nach und nach lernte man die mancherlei Einwände und Bedenken würdigen, die dieser auf den ersten Blick so ansprechenden Hypothese entgegenstehen.

Zunächst ist darauf hinzuweisen, daß die von Darwin als gegeben angenommene Variabilität der Kinder eines Elternpaares durchaus nicht immer oder doch nicht in einem solchen Maße beobachtet wird wie bei manchen Arten. Zwei Eichbäume oder zwei Hühner wird man leicht voneinander unterscheiden können; aber schon bei den Insekten ist es oft schwer, merkliche individuelle Unterschiede anzugeben, und noch mehr gilt dies von dem Heer der mikroskopischen Lebewesen. Zudem ist eine ganze Reihe von Tierformen bekannt, die, wie z. B. das Schiffsboot (Nautilus) und die Zungenmuschel

(Lingula), von der Zeit der ältesten paläozoischen Formation her bis auf die Gegenwart im wesentlichen unverändert geblieben sind.

Sodann will es zweifelhaft erscheinen, ob die kleinen Unterschiede der Individuen, von denen Darwin ausgeht, sich wirklich derart summieren können, daß schließlich völlig getrennte Arten, Gattungen, Familien usw. daraus hervorgehen. Gewiß zeigen uns die Züchtungsergebnisse unserer Kulturen, daß die schließlichen Differenzen zwischen den verschiedenen Rassen recht beträchtlich sind — man denke z. B. nur an unsere Kohl- oder Obstsorten —; ebenso sicher aber scheint es zu sein, daß der Züchtung eine in der Organisation des Züchtungsobjekts begründete Grenze gesetzt ist, über welche hinaus alle weiteren Zuchtversuche vergeblich sind. Seit 1850 ist eine Steigerung in der Größe der Stachelbeeren (von 16 auf 60 g) nicht mehr erzielt worden, und auch der Zuckergehalt der Zuckerrüben (16%) scheint heute trotz aller Bemühungen sein Maximum erreicht zu haben. Es liegt nahe, auch für die natürliche Variation eine solche Grenze anzunehmen, zumal das Gegenteil durch die Erfahrung bisher nicht erwiesen ist.

Der von Darwin so eingehend geschilderte Kampf ums Dasein ist zweifellos als Tatsache zu betrachten. Fraglich aber erscheint es, ob er wirklich die ihm zugeschriebenen Wirkungen auszuüben vermag. Die wunderbare Anpassung der Organismen an die speziellen Bedingungen ihres Wohnortes und ihrer Lebensgewohnheiten, welche Darwin mit Recht so betont, ist durch eine in minimalen Abstufungen erfolgende Umwandlung der betreffenden Organe oft kaum zu verstehen: Nicht der minimale Ansatz einer Schwimmhaut nützt dem Vogel für den Aufenthalt auf dem Wasser, sondern erst die vollentwickelte Schwimmhaut, wie denn auch eine nur geringfügige Abweichung der Färbung schwerlich ausreichen dürfte, um gerade die hierdurch ausgezeichneten Exemplare vor den Nachstellungen der Feinde völlig zu schützen. In manchen Fällen hat man allerdings diesem Einwande durch die Hypothese des „Funktionswechsels“ begegnen zu können geglaubt, indem man z. B. das Gefieder der Vögel zunächst im Dienste des Wärmeschutzes sich entwickeln ließ, worauf dann die mehr und mehr erstarkende Federfahne erst beim Lauf, dann beim Baumleben als Fallschirm und schließlich als Flugapparat Verwendung fand; immerhin läßt sich nicht verkennen, daß gerade die Anpassungserscheinungen dem Darwinschen Erklärungsversuche mancherlei Schwierigkeiten bieten.

Eine weitere Frage ist, ob bei der durch den Kampf ums Dasein bewirkten natürlichen Selektion wirklich, wie Darwin meint, nur die den Verhältnissen am besten angepaßten Individuen am Leben bleiben. In vielen Fällen wird man dies zugeben können. Wenn aber beispielsweise der Walfischrachen ganze Schwärme von Schwimmschnecken oder Spaltfußkrebse bis auf wenige verschlingt, wenn eine tiefgründige Flutwelle eine ganze

Kolonie junger Austern übersandet, so dürften winzige Vorzüge der Organisation für das Entgehen aus derlei Fährlichkeiten schwerlich in Frage kommen. Nicht mit Unrecht hat man daher gesagt, daß die natürliche Zuchtwahl wohl eine Ausmerzung der Untauglichen, nicht aber ein Überleben der Besten bewirken könne, daß sie im höchsten Falle die Fortexistenz eines guten mittleren Durchschnitts der Artindividuen gewährleiste.

Eng verknüpft mit dieser Frage ist die andere, inwieweit die Auslese durch den Kampf ums Dasein der bewußten Auslese des Züchters in Parallele zu stellen sei. Strengste Isolierung der erwählten Rasse und Verhinderung der Kreuzung mit anderen, das Rassenmerkmal nicht zeigenden Individuen ist für den Züchter Vorbedingung seines Erfolges, da sonst Rückschläge in die Stammform unvermeidlich sind. Solche Rückschläge müssen nun auch in der freien Natur eintreten, sofern nur ein kleiner Bruchteil der ein Gebiet bewohnenden Individuen eine für diese Bedingungen vorteilhafte Abänderung zeigt: Durch Vermischung und Kreuzung mit andern, nicht abgeänderten Individuen werden immer wieder Annäherungen an die Stammform erzielt werden, so daß der Charakter der Art keine wesentliche Änderung erfahren kann. Erst wenn nahezu alle Individuen einer Gegend in annähernd der gleichen Weise durch irgend ein neues Moment beeinflusst sind, wird auch der Charakter der Nachkommen durchschnittlich modifiziert werden, und dasselbe tritt ein, wenn etwa die irgendwie abgeänderten Individuen durch Isolierung von der ursprünglichen Form an der Kreuzung mit dieser verhindert werden. Darum hat man von jeher auf eine solche Verhinderung der Kreuzung sich bildender Arten, wie sie durch Verschlagenwerden auf Inseln oder sonstige, von dem Gebiete der Stammart getrennte Örtlichkeiten (Migrationstheorie), aber auch durch verschiedene Reifung der Geschlechtszellen, geringe Änderung der Kopulationsorgane usw. hervorgerufen werden können, großes Gewicht gelegt und sie, wie ja auch die Fauna und Flora entlegener Inseln es fordert, als ein wichtiges Moment bei der Bildung neuer Arten in Rechnung gestellt.

Ein sehr ernstes Bedenken gegen die Zulässigkeit der Darwinschen Schlußfolgerungen ergibt sich endlich noch aus der Tatsache, daß die von Darwin als einheitlicher Vorgang aufgefaßte Entstehung der Zuchtformen unserer Kulturpflanzen und Haustiere sich als eine ungemein komplizierte Erscheinung erwiesen hat, deren Analyse eine ganze Reihe durchaus verschiedener Formen der Variation erkennen läßt.

Die kleinen individuellen Unterschiede, wie sie zwischen Kindern derselben Mutter auftreten, und die Darwin in erster Linie im Sinne hatte, können zwar durch sachgemäße Auswahl der Zuchtexemplare summiert werden und so zur Bildung von „Rassen“ führen; allein die Grenze der Ausbildung eines so gezüchteten Merkmals ist, wie schon S. 262 hervorgehoben, bald erreicht



und kann nicht überschritten werden. Die künstlich gesteigerte Eigenschaft selbst ist nur bei „Hochzucht“ (Auswahl der besten Exemplare) in gleicher Höhe vererbbar, sonst sinkt sie nach wenigen Generationen zum Normalen zurück. Bei Kreuzungen fallen die Nachkommen mit ihren Eigenschaften stets zwischen die Eltern.

Im Gegensatz zu diesen sog. „fluktuierenden Variationen“ stehen die Sprungvariationen oder Mutationen, die plötzlich bei irgend einem Individuum aus noch unbekanntem Gründen auftreten, und sofort im ganzen Umfange vererbbar sind. Als Beispiele mögen die krummbeinigen Otterschafe, die vierhörnigen Ziegen, die einfachblättrigen Erdbeeren, die geschlitzblättrigen Walnußbäume genannt werden. Solche Sprungvariationen, die also keineswegs durch langwierige Häufung kleiner individueller Unterschiede entstanden sind, haben zweifellos von alters her bei den Kulturversuchen der Züchter eine nicht unwichtige Rolle gespielt — fast die gesamten Obst-, Garten-, Feld- und Parkformen unserer Kulturpflanzen gehören hierher —, ohne daß man sie bis vor kurzem von der oben geschilderten „Rassen“bildung unterschieden hätte. Besonders seltsam bei dieser Variationsart erscheinen die Resultate der Kreuzung mit der Normalform oder untereinander, insofern hier niemals Mittelformen entstehen, sondern Nachkommen, welche die abgeänderte Eigenschaft entweder gar nicht oder aber voll ausgeprägt besitzen. Die durch Sprungvariation entstandenen Abänderungen bezeichnet man heute als „Spielarten“.

Eine dritte Art der Variation tritt uns in den sog. „Lokalrassen“ entgegen, d. h. in Abweichungen von der Normalform, die auf bestimmte Gegenden, Höhenlagen, Klimate usw. beschränkt sind, dann aber sämtlichen, dort wohnenden Individuen zukommen. Diese andersartigen Individuen, die wohl am besten als „geographische“ Formen charakterisiert werden, verdanken ihre Abweichungen augenscheinlich den andersartigen äußeren Einflüssen, denen sie ausgesetzt sind. Zum mindesten sprechen für diese ja auch vom Neolamarckismus vertretenen Annahme die zahlreichen Variationen, die namentlich in jüngster Zeit durch Einwirkung verschiedener Temperaturen, Lichtintensitäten, Nahrung, Klimate usw. auf experimentellem Wege erzielt wurden. Solche auf andere Lebensbedingungen zurückführbare Abänderungen sind, falls es sich um bereits ausgeprägte geographische Formen handelt, fest vererbbar, während die reinen Standortsformen und die erst durch wenige Generationen gezüchteten Lokalrassen bei Rückversetzung in die alten Verhältnisse nach und nach wieder in die Normalform übergehen. Es ist vielleicht der Schluß nicht zu gewagt, daß demnach die Dauer des Aufenthaltes in einer bestimmten Umgebung für die Festigkeit der hier erworbenen Eigenschaften wesentlich bestimmend wirkt. Kreuzungen mit der Normalform oder untereinander fallen zwischen die Eltern.

Lehren die vorstehenden Darlegungen, daß das Problem der Umwandlung der Arten ungleich verwickelter ist, als Darwin annehmen konnte, so zeigen sie uns doch zugleich auch den Weg, auf dem die schließliche Lösung zu erhoffen ist: Durch sorgfältige Beobachtung und wohldurchdachte Experimente werden zunächst die Grundlagen zu schaffen sein, auf denen der sichere Bau unserer Schlußfolgerungen sich erheben kann. Sind aber erst die Bedingungen klar erkannt, unter denen die heutigen Arten in andere, von ihnen streng geschiedene Formen übergehen, so dürfen wir auch die Lösung der weiteren Frage erwarten, durch welche Faktoren der gewaltige Aufstieg der organischen Welt aus einfachsten Lebensformen, die immer mehr gesteigerte Vervollkommnung ihrer Organisation bedingt wurde.

Auch dann ist unser Kausalitätsbedürfnis noch nicht befriedigt: Hinter dem Problem der fortschreitenden Entwicklung der Lebewesen steht das nicht minder große nach dem Anfange und Ursprunge des organischen Lebens auf unserem Planeten. Die Wissenschaft ist zurzeit nicht in der Lage, auf diese Frage eine zureichende Antwort zu geben.

## Dritter Abschnitt.

## Der Mensch als Objekt der Naturbetrachtung.

Wie jeder andere Naturkörper, so kann auch der Mensch Gegenstand rein naturwissenschaftlicher Untersuchungen sein, und er ist es gewesen, seitdem er über sich selbst, sein Wesen und seine Beziehungen zur Umwelt nachzudenken vermocht hat.

In erster Linie treten uns hier die Wissenschaften entgegen, die sich mit dem Bau des menschlichen Körpers und den Leistungen seiner Organe beschäftigen, d. h. also die Anatomie und die Physiologie, denen sich dann als Zweigwissenschaft die Lehre von dem fehlerhaften und krankhaften Bau der Organe, die Pathologie, anschließt. Mit den Abwehrmitteln gegen schädigende Einflüsse aller Art beschäftigt sich sodann die Hygiene, mit der Heilung krankhafter Störungen des Organismus die Therapie. — Den auf physikalisch-chemische Gesetze zurückführbaren Leistungen der meisten Organe des Körpers stehen die geistigen (psychischen) Tätigkeiten des Empfindens, Vorstellens, Fühlens und Wollens gegenüber. Sie bilden eine eigene, in ihrem inneren Wesen noch unerklärte Gruppe von Erscheinungen, die aber, trotz aller scheinbaren Selbständigkeit, doch untrennbar an die Zellelemente des Nervensystems (Sinnesorgane, Nervenfasern, Nervenzellen) gebunden ist. Die hier einsetzende Wissenschaft ist die Psychologie, deren Zweigwissenschaft, die Psychophysik, sich insbesondere mit den gesetzlichen Beziehungen und Abhängigkeitsverhältnissen zwischen den psychischen und physischen Erscheinungsgebieten beschäftigt, während die Psychiatrie die Ursachen des krankhaften Seelenlebens zu ergründen und zu beseitigen strebt.

Handelt es sich bei den soeben genannten Wissenschaften um die naturwissenschaftliche Erforschung des Menschen als Einzelwesen, so haben sich daneben Wissenszweige entwickelt, welche die Verschiedenheit der einzelnen Menschengruppen zum Gegenstande der Untersuchung wählen, sei es, daß sie die Verschiedenheit der körperlichen Eigenschaften des Menschengeschlechts, sei es, daß sie die gesamte kulturelle und geistige Entwicklung desselben zum Ziel nehmen. Diese Wissensgebiete sind es, die man als Anthropologie im engeren Sinne bezeichnen kann, wobei man wieder die physische Anthropologie oder Somatologie, d. h. die Lehre von der körperlichen Verschiedenheit der Menschen und Menschenrassen, von

der psychischen Anthropologie oder Völkerkunde (Ethnologie) zu unterscheiden pflegt. Letztere beschäftigt sich mit dem geistigen Leben der Völker, wie es in Form und Ursprung der Gesellschaft, im Wirtschaftsleben, in den stofflichen Kulturerzeugnissen, in Sprache, Sitte, Religion und Kunst zum Ausdruck kommt. Einen besonders interessanten Zweig der Ethnologie bildet die Urgeschichte, das Studium der aller Geschichte voraufgehenden, im Schoße der Erde vergrabenen Spuren des Menschen, welche uns von seinem ersten Auftreten und von den Anfängen seiner Gesittung allein Kunde geben.

Im folgenden sollen einige Hauptergebnisse der Sinnesphysiologie, der physischen Anthropologie und der Urgeschichte des Menschen in flüchtigen Umrissen skizziert werden.

## A. Die Sinnesorgane und Sinnesempfindungen des Menschen.

Unsere Empfindungen und Gefühle, unsere Vorstellungen und Willensantriebe, kurz unser gesamter geistiger Besitz ist in letzter Linie zurückzuführen auf die Einwirkungen der Außenwelt („Nihil est in intellectu, quod non antea fuerit in sensu“). Die von den Objekten der Umwelt ausgehenden Kräfte, die wir als Druck und chemische Energie, als Schall-, Wärme- und Lichtwellen zu unterscheiden pflegen, üben zunächst als „Reize“ einen Einfluß auf die sog. Sinnesorgane aus. Von diesen wird der Reiz weitergeleitet zum Zentralorgan des Nervensystems, woselbst durch uns unbekannt Vorgänge eine Sinnesempfindung hervorgerufen wird, die zugleich von gewissen Gefühlen begleitet ist. Wie dann aus diesen Elementen die Vorstellungen und Urteile und hieraus weiter die Antriebe des Willens und Handelns sich entwickeln, sind Fragen, welche der reinen Psychologie angehören und hier nicht weiter erörtert werden sollen.

### I. Die Elementarorgane des Nervensystems und deren Verbindung.

Reizaufnahme. Die Sinnesorgane sind, wie bereits im vergleichend anatomischen Teil dargelegt, bei allen höheren Tieren Gebilde von mehr oder weniger kompliziertem Bau, an dem eine ganze Reihe verschiedener Gewebe beteiligt zu sein pflegt. Als wesentlichsten Bestandteil in allen dürfen wir das sog. Sinnesepithel ansehen, d. h. umgewandelte Zellen des Ektoderms, welche als die Aufnahmeapparate der von außen kommenden Reize anzusprechen sind. Es sei bei dieser Gelegenheit darauf hingewiesen, daß auch die gesamten übrigen Bestandteile des Nervensystems, mit Einschluß des Gehirns und Rückenmarks, ektodermalen Ursprungs sind.

Reizleitung. Mit den Zellen des Sinnesepithels stehen fadenförmige Gebilde des Nervengewebes, die Sinnesnervenfasern, in Verbindung, und

zwar nicht durch einfache Verschmelzung, sondern indem die Fasern die Sinneszellen korbartig umspinnen oder sonstwie mit ihnen in innige Berührung treten. Nach kürzerem oder längerem Verlauf pflegt die Nervenfaser in einer bipolaren, d. h. nur zwei Fortsätze aufweisenden Ganglienzelle (Fig. 265 a) zu einer ersten Station zu gelangen, die teils noch innerhalb des Sinnesorgans (z. B. innere Schicht der Netzhaut), teils weit davon in der Nähe der Zentralorgane gelegen ist (z. B. Hautsinne). Da Fasern und Nervenzellen meist gruppenweise vereinigt sind, so kann man die tatsächlichen Verhältnisse auch so ausdrücken, daß die Sinnesnerven nach kürzerem oder längerem Verlauf ein Nervenganglion bilden, das man, weil nicht dem Zentralorgan angehörig, wohl als peripherisches bezeichnen darf.

Aus den peripherischen Ganglien treten die Faserstränge als Fortsätze der bipolaren Zellen wieder aus, um nun in das Zentralnervensystem einzutreten, woselbst sie aufs neue in Ganglienzellen übergehen, die aber diesmal einen multipolaren Charakter haben, d. h. in zahlreiche Fortsätze ausstrahlen, von denen indes nur einer als der eigentliche Achsenstrang der hinzutretenden Nervenfaser sich darstellt (Fig. 265 b). Die Ganglienzellen dieser zweiten Station finden sich, je nach dem Sinnesorgan, zu dem sie gehören, teils im Rückenmark,

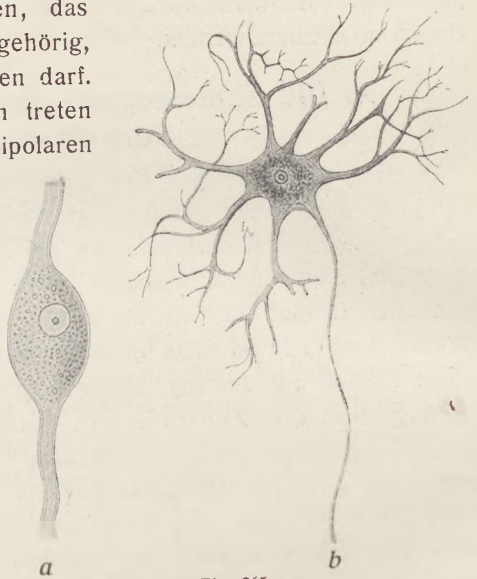


Fig. 265.  
a Bipolare Ganglienzelle, b multipolare Ganglienzelle.

teils im verlängerten Mark, teils endlich in den verschiedenen Abschnitten des sog. Gehirnstamms und seiner Nachbargebiete (Brücke, Vierhügelmasse, Sehhügel usw.); sie bilden, zu Gruppen vereinigt, die „subkortikalen Zentren“ und haben augenscheinlich die Aufgabe, nicht nur die von den Sinnesorganen anlangenden Reize zur dritten Instanz, der grauen Rinde des Großhirns, weiter zu leiten, sondern auch Nervenstränge zu den verschiedensten Organen des Körpers auszusenden, die hier als motorische, sekretorische, tonische Nerven die sog. Reflexfähigkeit der Muskeln, Drüsen usw. hervorrufen.

Daneben verlaufen in und zwischen diesen subkortikalen Zentren noch zahlreiche Verbindungsfasern, durch welche es bewirkt wird, daß beispielsweise ein von bestimmter Hautstelle ausgehender und demnach auch zunächst nur ein beschränktes Gebiet des Rückenmarks oder Gehirnstamms treffender Reiz sich weiter verbreiten kann und dadurch die Auslösung der den Reiz beantwortenden „Reaktion“ an jeder beliebigen Stelle des Körpers ermöglicht.

In welcher Weise ein solcher Reiz durch die Nervenbahnen fortgeleitet wird, entzieht sich völlig unserer Kenntnis. Man hat wohl an einen elektrischen Vorgang in den Nervenfasern gedacht, zumal ja zweifellos elektrische Erscheinungen in ihnen nachzuweisen sind; allein die Langsamkeit der Leitung, die beim Menschen nur zwischen 30 und 90 m in der Sekunde beträgt, widerspricht dem nicht minder entschieden, als die Tatsache, daß trotz fehlender Isolierung der Nervenfasern der Reiz doch ausschließlich nur in ihnen sich fortpflanzt.

Zentralorgan. Die höchste Instanz, die Ursprungsstätte der bewußten Sinnesempfindungen, der Vorstellungen, Gefühle und Willenshandlungen, ist die graue Rindensubstanz des Großhirns. Zu ihr werden, wie schon bemerkt, die Reize aus den subkortikalen Zentren weiter geleitet. Daneben aber zeigen die Rindenzellen eine so ungeheure Vielseitigkeit der Verbindung nicht nur unter sich, sondern auch mit allen andern Gebieten des Nervensystems, daß hieraus die Geschlossenheit und Einheitlichkeit des gesamten Organismus und seiner Teile begreiflich wird.

Nur kurz mag hier erwähnt werden, daß es sich dabei, abgesehen von den Beziehungen zu den subkortikalen Zentren, vornehmlich um zwei Gruppen von Verbindungen handelt, deren eine den Zusammenhang zwischen gleich gelagerten Rindenabschnitten beider Hirnhälften zu vermitteln hat (Kommissurfasern namentlich des Balkens), während die andere als die bei weitem mächtigere und wichtigere in Gestalt der sog. Assoziationsfasern die Aufgabe hat, die verschiedenen Zellen und Zellengebiete einer Hirnhälfte miteinander zu verknüpfen. — Die von der höchsten Instanz ausgehenden Willensantriebe nehmen ihren Weg zunächst zweifellos wieder zu den subkortikalen Zentren, durch dessen Vermittlung dann die zu den Muskeln verlaufenden motorischen Nervenstränge die gewollte Bewegungsleistung in Form von Muskelkontraktionen herbeiführen. Die einzelne Nervenfasern tritt hierbei in Gestalt einer plattenartigen Verbreiterung an die einzelne Muskelfaser heran.

Inwieweit die verschiedenen Äußerungen des geistigen Lebens an bestimmte Gebiete der Großhirnrinde gebunden sind, ist eine oft erörterte und auch experimentell (durch elektrische Reizung, Zerstörung einzelner Hirnteile usw.) vielfach untersuchte Frage. Die frühere Ansicht der sog. „Phrenologen“, daß höchst verwickelte geistige Fähigkeiten, wie Ordnungssinn, Mut, Religiosität, Selbstgefühl, Gedächtnis, Aufmerksamkeit usw. an scharf umgrenzten Stellen des Gehirns „lokalisiert“ seien, hat sich hierbei als irrig herausgestellt. Dagegen unterliegt es keinem Zweifel, daß eine Art Arbeitsteilung in der Hirnrinde allerdings insofern nachzuweisen ist, als bestimmte Provinzen derselben ausschließlich oder doch vorwiegend mit gewissen Sinnes- und Bewegungsorganen der Peripherie des Körpers in Beziehung stehen. So kennt man ein Gebiet der Großhirnrinde, das psychisch dem Sehen, den Gesichtsempfindungen und Gesichtsvorstellungen dient, ein anderes (in der Rinde des Schläfenlappens), das im Dienste des Hörens steht. Das Scheitelhirn läßt Beziehungen zu den Tastempfindungen bzw. -vorstellungen erkennen, das Ammonshorn solche zu den Geruchsempfindungen, und die

willkürliche Anregung zu Bewegungen der verschiedenen Gliedmaßen nimmt ihren Ausgang von den vorderen Partien des Scheitelhirns wie von den hinteren des Stirnhirns. Überall da aber, wo es sich um zusammengesetzte Leistungen, also um eine Summe verschiedener Sinneseindrücke handelt, werden ausgedehnte Gebiete der Großhirnrinde in Anspruch genommen, und für rein abstrakte Betätigungen des Geistes, wie Aufmerksamkeit, Wille, Gedächtnis, kann von einer „Lokalisation“ überhaupt nicht die Rede sein.

## II. Allgemeines über Sinnesorgane und Sinnesempfindungen.

Verschiedenheit der Sinne. Als „Sinnesorgane“ bezeichnet man für gewöhnlich die fünf Organe, welche uns die Licht-, Schall-, Geruchs-, Geschmacks- und Gefühlsempfindung vermitteln. Eine genauere Untersuchung der Empfindungen lehrt nun, daß deren Mannigfaltigkeit durch die Unterscheidung der bekannten „fünf Sinne“ keineswegs erschöpft ist, und daß namentlich die Empfindungen, welche uns durch die äußere Haut übermittelt werden, durchaus verschiedenen Charakters sind. So ist von der einfachen Druck- oder Berührungsempfindung nicht nur diejenige des Schmerzes, sondern auch die der Wärme und der Kälte deutlich zu unterscheiden. Daneben hat man dann noch andere Sinnesorgane nachweisen können, welche uns über die Lage unseres Körpers, die Stellung der Glieder, über Richtung und Schnelligkeit ihrer Bewegungen Kunde geben, auch wenn Auge und Tastsinn ausgeschaltet sind, so daß die Zahl der wirklich vorhandenen und scharf unterscheidbaren Sinne jedenfalls über die landläufige Annahme hinausgeht.

Stärke und Qualität der Empfindung. Als allgemeine Eigenschaften aller Empfindungen dürfen wir nach unserer Erfahrung hinstellen, daß sie sowohl nach ihrer Stärke (Intensität), wie auch nach ihrer Qualität verschieden sein können. Jedem Schall, jedem Lichteindruck, jeder Wärme-, Kälte-, Geschmacksempfindung schreiben wir gleichzeitig eine gewisse Stärke und eine gewisse Qualität zu, welche letztere sich z. B. beim Tone in der Klangfarbe, beim Licht in der Farbe, beim Geschmack in seiner spezifischen Eigenart geltend macht. Stärke und Qualität sind voneinander unabhängige Eigenschaften, da man dieselbe Farbe, denselben Ton mit sehr verschiedener Stärke zur Empfindung bringen kann.

Der Grund für eine Empfindung liegt in der Regel in Kräftewirkungen der Außenwelt, die sich in vielen Fällen als Bewegungsvorgänge darstellen und die Endapparate unserer Sinnesorgane in Mitleidenschaft ziehen. Man bezeichnet sie als Reize oder auch speziell als Sinnesreize.

Beziehungen zwischen Reiz und Empfindung. Nicht jeder Reiz ist stark genug, um eine Empfindung auszulösen. Gewichte, Töne, Lichtreize

müssen erst eine gewisse Größe oder Intensität besitzen, bis sie von uns wahrgenommen werden. Denjenigen Reiz, welcher eine noch eben merkliche Empfindung hervorruft, nennt man Reizschwelle, denjenigen aber, der noch eben einen Zuwachs einer schon vorhandenen Empfindung erkennen läßt, die Unterschiedschwelle. Es wäre naheliegend, zu vermuten, daß Reizstärke und Empfindungsstärke in einem einfachen proportionalen Verhältnis stehen, daß also bei gleichem Reizzuwachs auch ein gleicher Zuwachs in der Intensität der Empfindung einträte. Allein schon die Beobachtungen des täglichen Lebens lassen erkennen, daß das Verhältnis zwischen beiden Größen ein weniger einfaches sein muß. Wenn zum Lichte des Mondes dasjenige der Sterne als Reizzuwachs sich hinzugesellt, so wird dadurch unsere Lichtempfindung zweifellos in einem bestimmten Maße gesteigert, da wir das Licht der Sterne neben dem des Mondes wahrnehmen. Steht jedoch die Sonne am Himmel, so reicht der gleiche Zuwachs an Sternenlicht nicht aus, ihn neben dem Sonnenlicht in unserm Empfinden zur Geltung zu bringen. Ähnlich ist es, wenn wir neben den schwachen Geräuschen der Nacht deutlich das Ticken der Taschenuhr vernehmen, das beim Gerassel eines vorüberfahrenden Wagens völlig unserer Wahrnehmung entschwindet. Eingehende Untersuchungen und Messungen auf den Gebieten der Druck-, Schall- und Lichtempfindung, bei denen die Reizstärken nach bekannten physikalischen Methoden, die Empfindungssteigerung aber durch die Zahl der noch eben merkbaren Unterschiede gemessen wurden, haben nun ergeben, daß der Reizzuwachs, der nötig ist, um einen eben merklichen Empfindungsunterschied hervorzubringen, nicht etwa eine konstante Größe ist, sondern vielmehr zu der Größe des ursprünglich angewandten Reizes stets in gleichem Verhältnis steht, dergestalt, daß z. B. das Gewicht eines Gramms um  $\frac{1}{10}$  Gramm, dasjenige von 5 Gramm aber um  $\frac{5}{10}$  Gramm erhöht werden muß, wenn jene eben merkliche Empfindungssteigerung herbeigeführt werden soll. Für die einzelnen Sinnesorgane, welche in dieser Weise der Messung zugänglich waren, haben diese konstanten Verhältnisse verschiedene Werte, und zwar findet man, daß, wie schon erwähnt, Druckreize um  $\frac{1}{10}$  (bei Gewichten von 200–1000 Gramm um  $\frac{1}{20}$ ), Schallreize um  $\frac{1}{4}$ , Lichtreize um  $\frac{1}{100}$  ihrer Stärke vermehrt werden müssen, bis sie einen merkbaren Empfindungszuwachs bewirken. Dieses nach seinem Entdecker, dem Physiker Ernst Heinrich Weber, benannte „Webersche Gesetz“ ist dann später von Fechner in eine mehr mathematische Form gebracht, welche lautet: Die Empfindungen wachsen wie die Logarithmen, wenn die Reize wie die Zahlenreihe wachsen, oder kürzer: Die Empfindung wächst proportional dem Logarithmus des Reizes. Eine strenge Gültigkeit besitzt dieses Gesetz übrigens nur innerhalb gewisser Grenzen der einwirkenden Reizgrößen.



Wird der gewöhnliche Anreiz einer Sinnesempfindung im Zentralorgan durch die von außen auf die Sinnesorgane einwirkenden Kräfte gegeben, so können doch auch, besonders bei krankhaften Veränderungen, in den Sinnesbahnen und selbst in den Nervenzentren Erregungszustände hervorgerufen werden, welche den Sinnesreizen ähnlich sind und daher auf äußere Gegenstände bezogen werden. Handelt es sich hierbei um bloße Verfälschung einer wirklichen Wahrnehmung durch eigene, d. h. innere Zutaten, so bezeichnet man eine solche Wahrnehmungstäuschung als Illusion; ist hingegen eine äußere Reizquelle überhaupt nicht vorhanden, so nennt man sie Halluzination.

Zu erinnern ist hierbei an die bereits im anatomischen Teile hervorgehobene Tatsache, daß die einzelnen Sinne die verschiedensten Reize immer nur mit einer Art von Empfindung zu beantworten vermögen, wie dies besonders deutlich bei Auge und Ohr hervortritt, wo jeder Reiz, wie Druck, Stoß, elektrischer Strom usw., auf das Sinnesorgan oder dessen Leitung eine Licht- bzw. Schallempfindung zur Folge hat. Ein Schlag auf das Auge führt also zu der elementaren Sinnestäuschung eines Lichtblitzes, ebenso ein Druck auf den Sehnerven, wobei dann überdies in jedem Falle die Ursache der Empfindung in die Außenwelt verlegt wird (Gesetz der peripherischen Projektion).

### III. Die einzelnen Sinnesorgane und deren Leistungen.

#### a. Hautsinnesorgane.

Die gesamte Oberhaut des Körpers erscheint als ein einheitliches, großes Sinnesfeld, welches sehr verschiedene Reize der Außenwelt dem Zentralorgan übermittelt. Rein anatomisch lassen sich in ihr nicht weniger als fünf nervöse Endapparate unterscheiden, von denen hier außer freien Endigungen von Nervenfasern in der Malpighischen Schleimschicht nur die Meißnerschen Tastkörper (Fig. 266 a) in vielen Papillen der Cutis und die riesigen, 2—3 mm langen Vaterschen Körperchen (Fig. 266 b) im Unterhautzellgewebe erwähnt sein mögen.

Schon diese Mannigfaltigkeit des anatomischen Befundes läßt voraussehen, daß von den verschiedenartigen Aufnahmeorganen auch Reize verschiedener Qualität zur Empfindung gebracht werden. Eingehende Untersuchungen haben dies bestätigt, ohne daß es jedoch bisher gelungen wäre, die verschiedenen Sinnesempfindungen mit Sicherheit auf die verschiedenen nervösen Endapparate zurückzuführen.

Tastsinn. Am geläufigsten ist uns die Vorstellung, daß die Haut der Sitz des Tastsinns sei, d. h. desjenigen Sinnes, welcher uns die körperliche Berührung, den Druck irgend eines Gegenstandes zur Empfindung bringt.

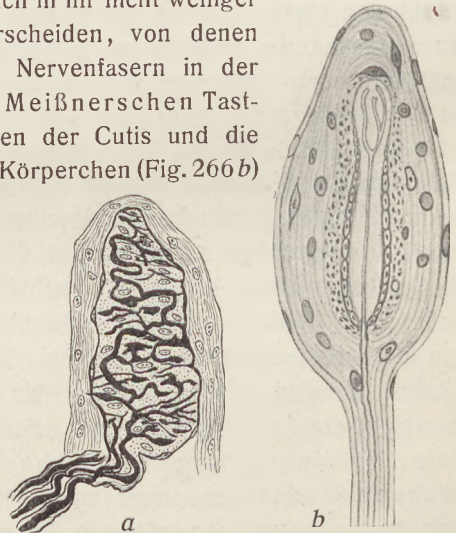


Fig. 266. a Tastkörperchen. b Vatersches Körperchen.

Wie die Beobachtung ergibt, ist dieser Tastsinn nicht gleichmäßig über die ganze Oberfläche des Körpers verteilt, sondern kommt nur gewissen, durch Versuche mit feinen Haarspitzen auffindbaren Druckpunkten zu, die überdies noch sehr ungleichmäßig über den Körper verteilt sind. Besonders dicht stehen sie auf der Handinnenfläche und an den Fingerspitzen, besonders weitläufig z. B. auf dem Rücken (Prüfung der Empfindlichkeit mittels zweier gleichzeitig aufgesetzter Zirkelspitzen).

Der geringste Druckreiz, der auf der Fläche von 1 qmm Hautoberfläche noch eben empfunden wird, beträgt etwa  $\frac{1}{30}$  Gramm. Als Nervenendapparate für die Tastempfindung hat man vielleicht die Meißnerschen Tastkörperchen in den Cutispapillen wie die Nervenfasern an den Haarbälgen in Anspruch zu nehmen.

Schmerzempfindung. Von der Druckempfindung durchaus verschieden ist die Schmerzempfindung. Sie kann z. B. in der Narkose, bei Hysterie oder bei Zerstörung gewisser Teile des Rückenmarkes völlig aufgehoben sein, wenn die Druckempfindung noch fort dauert.

Zurzeit ist es noch unentschieden, ob es auch diskrete Schmerzpunkte gibt; jedenfalls dürften dieselben noch ungleich dichter stehen als die Druckpunkte, da es kaum gelingen will, etwa mit Hilfe einer feinen Nadelspitze schmerzlose Stellen der Haut aufzufinden. Vermutlich wird die Schmerzempfindung durch die freien Nervenendigungen in der Malpighischen Schleimschicht vermittelt. Übrigens ist sie nicht auf die Körperoberfläche beschränkt, sondern sie kann auch von inneren Organen ausgehen (Kopfschmerz, Magenschmerzen, Muskelschmerzen, Gelenkschmerzen usw.).

Temperatursinn. Ein drittes System von Empfindungsaufnahmeapparaten dient der Temperaturempfindung, die nach den physiologischen Befunden streng genommen wieder in eine solche für Wärme und in eine solche für Kälte zu scheiden ist.

Wie bei der Druckempfindung sind die hierbei in Betracht kommenden Sinnesorgane als getrennte Kälte- und Wärmepunkte über die ganze Haut verteilt (Fig. 267), wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man mit einer feinen Spitze etwa die obere Handfläche abtastet.

Auch hier ist die Dichtigkeit der Verteilung auf der Körperoberfläche sehr verschieden; Finger, Hand und Mundhöhle besitzen eine verhältnismäßig geringe Empfindlichkeit; Brust, Bauch, Oberarm und Schläfe eine größere.

Als Wärme- oder Kältereize werden Temperaturen von  $+70^{\circ}$  bis  $-10^{\circ}$  C empfunden; jenseits dieser Temperaturen tritt an Stelle dessen Schmerzempfindung ein. Etwa um  $33^{\circ}$ , d. h. also etwas unter der normalen Temperatur des Körpers, liegt der sog. physiologische Nullpunkt, der keinerlei Empfindung hervorruft, während höhere Temperaturen von den Wärmepunkten, tiefere von den Kältepunkten zum Zentralorgan weitergeleitet werden. Unter günstigen Verhältnissen können Temperaturunterschiede bis zu  $\frac{1}{10}$  und selbst  $\frac{1}{20}^{\circ}$  C durch den Wärme- und Kältesinn wahrgenommen werden.

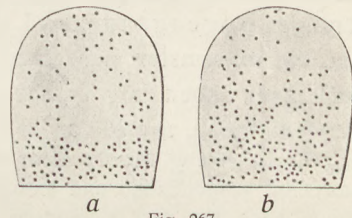


Fig. 267.  
a Wärmepunkte, b Kältepunkte der Unterseite des letzten Zeigefingergliedes.

### b. Schwere-, Lage- und Bewegungssinn.

Schwere. Verschieden von dem Druck, den irgend ein Gewicht auf unsern Körper ausübt, ist die Empfindung von dem Aufwande an Kraft, der nötig ist, um es emporzuheben. Der Sitz für diese Empfindung dürfte teils in den Muskeln zu suchen sein, in denen man frei endigende Nervenfasern nachgewiesen hat, teils in den Sehnenscheiden, Fascien usw., in denen durch den Zug und durch Druck der Muskeln eine gewisse Spannungsempfindung hervorgerufen zu werden scheint.

Stellung der Körperteile. Die Empfindung der Lage bzw. Stellung der Körperteile und der Gliedmaßen zueinander wird, abgesehen von jedenfalls mit in Betracht kommenden Hautreizen, vor allem wohl durch Sinnesorgane hervorgerufen, die in den Gelenken ihren Sitz haben und den oben erwähnten Vaterschen Körpern gleichen. Zwar ist nicht anzunehmen, daß durch die hier stattfindenden Reize eine direkte Lagenempfindung ausgelöst werde; aber es ist wahrscheinlich, daß wir durch die uns mit Hilfe des Auges übermittelte Erfahrung zu einem Urteil darüber gelangen, inwiefern einem bestimmten Gelenkreiz eine bestimmte Stellung des betreffenden Körperabschnittes entspricht.

Gleichgewicht. Für die Gleichgewichtsempfindung des Körpers und die Stellung des Kopfes ist dann zweifellos noch ein weiteres Sinnesorgan in Anspruch zu nehmen, das man früher häufig als Teil des Gehörorgans betrachtete, da es mit diesem in engem Zusammenhange steht. Bereits seit einer Reihe von Jahrzehnten weiß man, daß Tauben, denen man die halbkreisförmigen Bogengänge des Labyrinths zerstörte, taumeln, sich überschlagen und die seltsamsten pendelnden Kopfbewegungen ausführen. Neuere Untersuchungen haben dann ergeben, daß ähnliche Erscheinungen bei allen Wirbeltieren eintreten, sobald das Labyrinth mit seinen Bogengängen entfernt ist.

Die Erklärung hierfür stützt sich auf folgendes: Bekanntlich sind die drei vom Labyrinth ausgehenden und halbkreisförmig wieder zu ihm zurücklaufenden Bogengänge nach den drei Richtungen des Raumes orientiert und, wie das ganze Labyrinth, mit wässriger Flüssigkeit gefüllt. Der vom Gehirn kommende Gehörnerv spaltet sich in zwei Äste, von denen der eine in die Spindel der Schnecke eintritt und wahrscheinlich allein die Hörempfindung vermittelt, während der andere Ast sich wieder spaltet und teils zur Wandung der beiden Labyrinthsäckchen, teils zu den basalen Anschwellungen (Ampullen) der drei Bogengänge tritt. An allen fünf Stellen treten die Endfasern der Nerven mit zylindrischen, an ihrem freien Ende ein feines Haar tragenden Epithelzellen in Verbindung, die von flaschenförmigen Stützzellen umgeben sind. Die frei in die Labyrinthflüssigkeit hineinragenden Härchen der Ampullen sind erheblich länger als diejenigen in den beiden Labyrinthsäckchen. Dafür aber sind die letzteren von einer Art Schleimsubstanz überlagert, die einen Brei von äußerst kleinen, scharfkantigen Kriställchen (Statolithen) darstellt, der augenscheinlich dazu dient, die Bewegungen des Labyrinthwassers durch Hin- und Herschieben der Statolithen in verstärktem Maße auf die Haarspitzen einwirken zu

lassen. Es erscheint nun die Annahme gerechtfertigt, daß durch Drehen oder Neigen des Kopfes das Labyrinthwasser in fließende Bewegung gerät und dadurch in dem Koordinatensystem der drei Bogengänge Reize auf die Sinneshärchen ausübt, die als Bewegungsempfindungen zum Bewußtsein kommen, und gegebenenfalls durch zweckentsprechende Gegenbewegungen beantwortet werden. Ähnlich dürfte die Reizwirkung in den Labyrinthtäschchen selbst mit Hilfe der Statolithen stattfinden.

Aus dem Widerstreit des nach Kreiseldrehung plötzlich stillstehenden Körpers und des noch in kreisender Bewegung verharrenden Labyrinthwassers ist jedenfalls auch die Schwindelempfindung zu erklären. Taubstumme, bei denen also in der Regel der hier in Betracht kommende Nervenapparat nebst dem mit ihm in Verbindung stehenden Gehörorgan von Geburt an funktionsunfähig ist, können nicht schwindlig gemacht werden.

### c. Chemische Sinne.

Während wir in dem Kapitel über den vergleichend anatomischen Bau der Tiere darauf hinweisen konnten, daß namentlich bei Wassertieren zwischen Geruchs- und Geschmacksorganen bzw. Empfindungen ein prinzipieller Unterschied kaum vorhanden zu sein scheint, sehen wir bei allen Landwirbeltieren und so auch beim Menschen die Geruchsempfindung ausschließlich an die Einwirkung von Gasen, die Geschmacksempfindung an die von Flüssigkeiten gebunden.

Geruchssinn. Das Sinnesorgan für die Geruchsempfindung ist von großer Einfachheit des Baues. Es besteht lediglich aus je einem kleinen sattelartigen Fleck von gelblicher Färbung zu beiden Seiten des spaltenförmig verengten oberen Teiles der Nasenhöhle, dessen Fläche zwei Arten von Zellen trägt. Die einen gelten als Stützzellen, während die anderen sich als Ganglienzellen darstellen, denen nach außen ein zarter, stäbchenförmiger Fortsatz aufsitzt, der an der Oberfläche der Schleimhaut mit einigen feinen Fäserchen endigt (Fig. 268).

Die fortleitenden Nerven dringen mit vielen zarten Strängen durch das hiervon seinen Namen tragende Siebbein, um innerhalb der Schädelkapsel in den unmittelbar über der Nasenhöhle gelegenen beiden Riechkolben an der Basis des Vorderhirns (vgl. Fig. 253 GN) zu endigen.

Riechkolben und ebenso die im Dienste der Geruchsempfindung stehenden Hirnteile sind beim Menschen von verhältnismäßig bescheidener Ausbildung, wenn man sie mit den entsprechenden Organen mancher Tiere vergleicht, deren Geruchssinn auch ungleich höher entwickelt ist (z. B. Insektenfresser, Raubtiere, Huftiere, Nager).

Die Mannigfaltigkeit der Riechstoffe ist eine sehr große, ohne daß es bisher hat gelingen wollen, sie in befriedigender Weise zu klassifizieren. Daß es sich bei ihnen um chemische Einwirkungen handelt und nicht etwa um Wellenbewegungen, wie man wohl vermutet hat, geht schon daraus hervor, daß man die Weiterverbreitung ihrer Ausströmungen durch Einschließen in Gefäße verhindern kann.



Fig. 268.  
Stützzellen und  
Riechstäbchen des  
Geruchsorgans.

Die Menge Substanz, die noch eine Geruchsempfindung hervorzubringen vermag, ist oft unfassbar winzig. So ließ sich in einem Saale von 230 cbm Inhalt noch  $\frac{1}{100}$  g Mercaptan wahrnehmen, woraus sich für die dem Geruchsorgan zugeführte Menge ein Vierhundertmillionstel mg ergab (für das Auge sind in der Flamme noch  $\frac{1}{1800000}$  mg Natron erkennbar, so daß sich hier die Empfindlichkeit etwa 250 mal geringer erweist). Mischgerüche erscheinen teils einheitlich (Eau de mille fleurs), teils nicht. Bei länger andauerndem Geruchsreiz derselben Art wird die Empfindung für diesen Geruch abgestumpft, wie Ähnliches auch bei allen übrigen Sinnen zu beobachten ist.

**Geschmackssinn.** Als Geschmacksorgane gelten die sog. Geschmacksbecher, d. h. knospenartig vereinigte Zellgruppen von „Deckzellen“ und „Sinneszellen“, welche letztere mit einem feinen Endstäbchen oder -härchen frei unter einer feinen Öffnung des Geschmacksbeckers endigen und so mit der Mundflüssigkeit in direkte Berührung treten können (Fig. 269). Die Geschmacksknospen finden sich teils in den sog. pilzförmigen Papillen an der Spitze und den vorderen Seitenrändern, teils in den blattförmigen Papillen der hinteren Zungenränder, teils endlich in den umwallten Papillen (vgl. Fig. 256), die in nur geringer Zahl (8–15) auf dem hinteren Teil der Zungenoberfläche stehen und als Hauptsitz des Geschmacks zu gelten haben. Die Hauptfläche des Zungenrückens und die Unterseite der Zunge sind gegen Geschmacksreize unempfindlich.

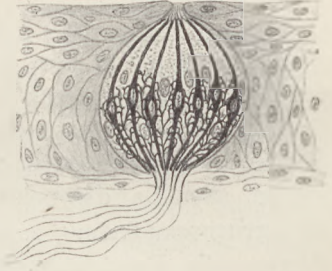


Fig. 269. Geschmackbecher.

Die zu den Geschmacksbechern hinzutretenden und sich vom Grunde der Zellen in dichtes Fasergeflecht auflösenden Nervenfasern entstammen teils dem neunten Gehirnnerv oder Glossopharyngeus (für den hinteren Zungenteil), teils einem Aste des Trigeminus (für den vorderen Zungenteil).

Die reinen Geschmacksempfindungen zu erkennen, ist ziemlich schwierig, da sie einerseits mit den Geruchsempfindungen, andererseits mit Tastempfindungen innig verbunden sind. Erstere kann man durch Zuhalten der Nase ausschalten, und es ergibt sich dann, daß z. B. die verschiedenen Fleisch- und Weinsorten durch den Geschmack allein nicht voneinander zu unterscheiden sind; ebensowenig z. B. Zwiebel und Apfel. Die Tast- und Hautempfindungen der Zunge, wie weich, brennend, zusammenziehend usw., lassen sich nicht in gleicher Weise ausschließen. Dennoch scheint es ziemlich sicher, daß nur vier Grundempfindungen des wirklichen Geschmacks zu unterscheiden sind, die wohl gemischt sein können, nicht aber ineinander übergehen. Diese sind: Süß, sauer, salzig, bitter. Die Zungenspitze vermittelt vornehmlich den süßen, die Zungenwurzel den bitteren Geschmack.

Die Feinheit der Geschmacksempfindung hängt, wie die der Gerüche, in hohem Grade von der zu prüfenden Substanz ab. Wird nur eine einzige Papille gereizt, so wird beispielsweise vom Kochsalz noch eine  $\frac{1}{4}$  prozentige Lösung, vom Zucker eine  $\frac{1}{5}$  prozentige geschmeckt, während schwefelsaures Chinin noch in einer Lösung von  $\frac{1}{10000}$  Prozent sich wirksam erweist. Verwendet man aber die ganze Zunge zur Prüfung, so kann beispielsweise die Kochsalzlösung bis auf  $\frac{1}{10}$  Prozent verdünnt werden, um noch eben eine Geschmackswirkung hervorzurufen.

## d. Gehörsinn.

Bau des Gehörorgans. Die von der Ohrmuschel aufgefangenen und auf das Trommelfell konzentrierten Schallwellen werden bekanntlich durch die drei die Paukenhöhle durchziehenden Gehörknöchelchen, deren dritter, der Steigbügel, mit seiner Platte dem ovalen Fenster dicht aufgelagert ist, auf die Flüssigkeit des Labyrinths übertragen.

Zum Verständnis der nun folgenden Vorgänge wird es nötig sein, den Bau des Labyrinths und seiner Teile etwas genauer darzulegen (Fig. 270). Zunächst ist daran zu erinnern, daß wir zwischen häutigem und knöchernem Labyrinth zu unterscheiden haben. Das knöcherne Labyrinth ist weiter

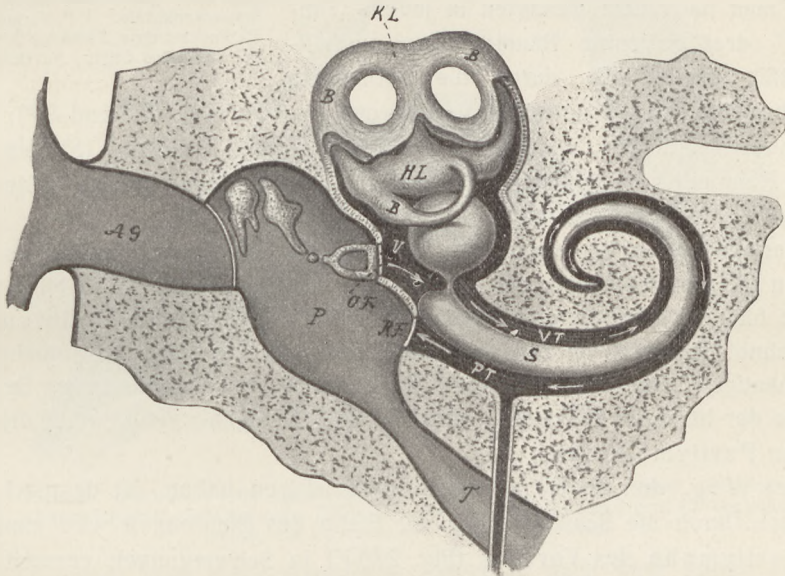


Fig. 270. Gehörorgan des Menschen (halb-schematisch). AG Äußerer Gehörgang, P Paukenhöhle, T Tuba Eustachii, KL Knöchernes Labyrinth, HL Häutiges Labyrinth, B Bogengänge, V Vorhof, S Häutige Schnecke, oben von der Vorhofftreppe (VT), unten von der Paukentreppe (PT) begleitet, OF Ovale Fenster, RF Rundes Fenster.

als das häutige; es schließt sich wohl den Bogengängen dicht an, nicht aber den beiden Labyrinthsäcken und der häutigen Schnecke. Zwischen den beiden Labyrinthsäckchen (HL) und der Wandung des knöchernen Labyrinths bleibt daher ein freier Raum, der Vorhof (V), und ebenso sind die Windungen der häutigen Schnecke in ihrer ganzen Länge von zwei ähnlichen Räumen begleitet, die, soweit sie nicht durch das Rohr dieser häutigen Schnecke selbst (S) getrennt sind, durch eine horizontal von der Spindel der knöchernen Schnecke in das Lumen derselben vorspringende Scheidewand (vgl. Fig. 271 die Wand zwischen VT und PT) voneinander geschieden werden. Der obere dieser beiden knöchernen Begleiträume steht direkt mit dem Vorhof in Verbindung und heißt deshalb Vorhofftreppe (VT). Der untere aber (PT), der

nur an der äußersten Spitze der Schnecke mit dem oberen kommuniziert, trifft direkt auf die Wand des knöchernen Labyrinths, wo diese die Abgrenzung gegen die Paukenhöhle bildet (bei *RF*), und heißt deshalb Paukentreppe. Die Knochenmasse dieser Wand ist hier von einem ähnlichen aber runden, membranüberspannten Loch durchbrochen, wie es unweit davon das ovale Fenster (*OF*) als Anheftungsstelle des Steigbügels darstellt. Das runde Loch führt den Namen „rundes Fenster“. Auf einem Querschnitt der Gesamtschnecke (Fig. 271) sieht man nach dem Gesagten in jedem „Umgang“ drei getrennte Räume: Zwei verhältnismäßig große, die durch die horizontale Knochenscheidewand getrennte Vorhof- und Paukentreppe (*VT* und *PT*); nahe der Außenwand aber, als Querschnitt der häutigen Schnecke (*S*), ein kleineres Rohr mit häutigen Wandungen, die in die horizontale Mittelscheidewand übergehen.

Hervorzuheben ist ferner, daß das gesamte häutige Labyrinth, also die beiden Labyrinthsäckchen, die Bogengänge und die an der Spitze blind endigende häutige Schnecke eine Flüssigkeit enthalten, die man als Endolymphe bezeichnet, während die Zwischenräume zwischen der Wand des knöchernen und häutigen Labyrinths, also der Vorhof und die beiden knöchernen Begleitkanäle der häutigen Schnecke, ebenfalls mit Flüssigkeit gefüllt sind, die den Namen Perilymphe führt.

Der Weg, den die Schallwellen einzuschlagen haben, ist demnach folgender: Durch die Schwingungen der Platte des Steigbügels wird zunächst die Perilymphe des Vorhofs (Fig. 270 *V*) in Schwingungen versetzt, die sich in den mit dem Vorhof in direkter Verbindung stehenden oberen Treppengang der knöchernen Schnecke fortpflanzen, um an der Spitze der Schnecke rückläufig zu werden und nach Durchmessung des unteren Treppenganges im runden Fenster (*RF*) gegen die Paukenhöhle auszuklingen. Bei diesem Durchlaufen der Wellen durch die beiden knöchernen Schnecken treppen wird zweifellos die dünne Wandung der ihrer ganzen Länge nach zwischen ihnen liegenden häutigen Schnecke (*S*) in Mitleidenschaft gezogen, derart, daß sie in rechtwinklig zur Wellenrichtung gerichtete Schwingungen gerät, die nun endlich wieder auf die von der häutigen Schnecke umschlossene Endolymphe nebst den Endapparaten des Gehörnerven einwirken.

Nervenendapparat des Gehörorgans. Der Gehörnerv tritt in die Achse der Schnecke von unten her ein (vgl. Fig. 260) und zieht dann über die knöcherne Horizontalscheidewand zwischen Vorhof- und Paukentreppe zur häutigen Schnecke (vgl. Fig. 271 *Na*), auf deren unterer Wandung, der

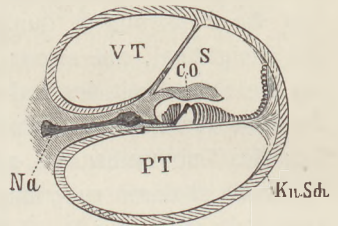


Fig. 271. Querschnitt durch die 3 Schneckenkanäle. *VT* Vorhof-treppe, *PT* Paukentreppe, *S* Häutige Schnecke, *CO* Cortisches Organ, *Na* Gehörnerv.

sog. Basilmembran, er in den nervösen Endapparat des Gehörorgans ausstrahlt. Die Deckenwandung der häutigen Schnecke (Reißnersche Membran; Fig. 272 *RM*) dient lediglich als abschließende Hülle. Die Grundmembran (Basilmembran, *BM*) enthält auf ihrer den Windungen der Schnecke folgenden Fläche etwa 15–20000 feinste, radiär gestellte elastische Bindegewebsfasern, die nicht miteinander in Verbindung stehen und von verschiedener Länge sind, da die Breite der Basilmembran natürlich gegen die Spitze der sich verjüngenden Schnecke um das Mehrfache abnimmt. Es ist

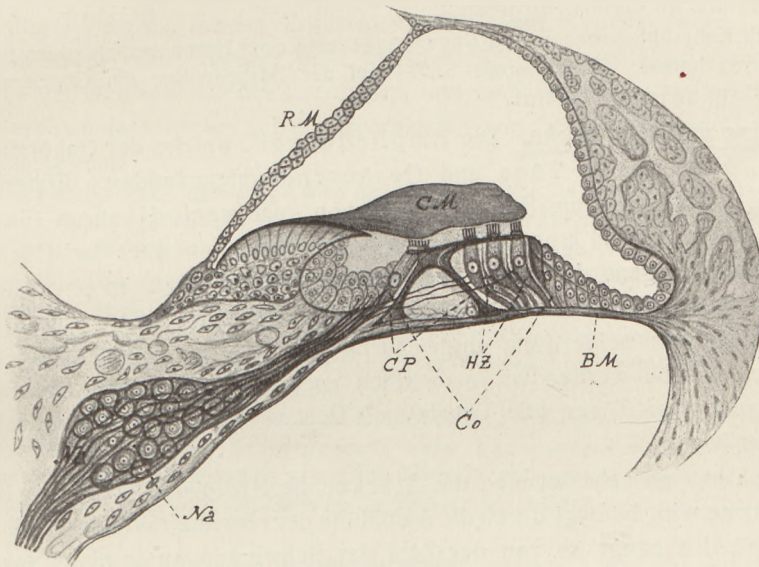


Fig. 272. Querschnitt durch die häutige Schnecke mit dem Cortischen Organ. *RM* Reißnersche Membran, *Na* Gehörnerv, *BM* Basilmembran, *Co* Cortisches Organ, *CP* Cortische Pfeiler, *HZ* Hörzellen, *CM* Cortische Membran.

wahrscheinlich, daß diese elastischen Fasern je nach ihrer Länge auf bestimmte Wellen gewissermaßen abgestimmt sind und bei deren Auftreten mitschwingen.

Der Schneckenerv breitet sich nun von der knöchernen Horizontalscheidewand in der Basilmembran aus, um hier mit den Sinneszellen des „Cortischen Organs“ in Verbindung zu treten. Das letztere, welches der Basilmembran mit ihren elastischen Fasern aufliegt, zeigt zunächst balkenartige Stützzellen (Cortische Pfeiler *CP*), die einen tunnelartigen Raum überwölben, an dem auf dem Querschnitt drei bis vier Sinneszellen (*HZ*) emporsteigen, um mit je einem feinsten Haarbüschel frei in die Endolymphe hineinzuragen. Der ganze Apparat wird von einer vermutlich elastischen Membran (Cortische Membran *CM*) zum Teil überwölbt, die wohl bei den Teilschwingungen der Basilmembran als Widerlager dient, d. h. die gegen sie stoßenden Hörhärchen der Sinneszellen reizt.



Ein Ton von bestimmter Wellenlänge würde also hiernach zunächst diejenigen elastischen Fasern der Basilarmembran ganz oder partiell in Mitschwingungen versetzen, die auf diese Wellenlänge abgestimmt sind. Dadurch würden die über den betreffenden Fasern aufgerichteten Sinneszellen ebenfalls in vibrierende Bewegung geraten und bei dem Antreffen ihrer Hörhärchen gegen die über ihnen sich ausspannende Cortische Membran einen Reiz empfangen, der sich dann mittels der Hörnervenfasern zunächst zu einem Ganglion in der Schneckenwindung und von da zum Zentralsitz der Gehörempfindung im Gehirn fortpflanzt.

Daß Labyrinthsäckchen und Bogengänge eine vom Hören verschiedene Funktion auszuüben haben, wurde bereits S. 274 bei der Besprechung der Gleichgewichtsempfindung näher ausgeführt.

Töne und Geräusche. Die Empfindungen, welche der Gehörsinn vermittelt, kann man in Töne und Geräusche unterscheiden. Erstere entstehen, wo es sich um Schwingungen von rein periodischem Charakter handelt, letztere bei unperiodischen Schwingungen oder bei Häufungen von Schwingungen, deren Periode nahe beieinander liegt. In physikalischer Hinsicht gehen Ton und Geräusch zweifellos ineinander über; physiologisch aber erscheinen beide stets ungleichartig, wenngleich sie vielfach gemengt vorkommen. So werden wir namentlich auch die menschliche Sprache als ein Gemisch von Tönen (die Vokale) mit Geräuschen (die Konsonanten) aufzufassen haben.

Am Ton unterscheidet man die Stärke, die Höhe und die Klangfarbe. Die Stärke wird bedingt durch die Amplitude der einzelnen Wellenschwingung. Die Tonhöhe hängt ab von der Zahl der Schwingungen in einer Sekunde, wobei sich die Töne in eine eindimensionale fortlaufende Reihe ordnen lassen. Beim tiefsten Ton zählt man 8–10 Doppelschwingungen in der Sekunde, bei den höchsten 40–50 000. Bei einer noch größeren Schwingungszahl hört man keinen Ton mehr, sondern nur ein zischendes Geräusch.

Sehr merkwürdig erscheint es auf den ersten Blick, daß nicht die Töne mit möglichst gleicher Schwingungszahl uns am ähnlichsten dünken, sondern solche, die durch größere Intervalle voneinander getrennt sind (Oktave, Quinte, Duodezime). Als Grund hierfür ergibt sich, daß bei diesen letzteren die Schwingungszahlen zu denen des Grundtons in gewissen einfachen Verhältnissen stehen: Die Oktave führt in demselben Zeitraum die doppelte Zahl Schwingungen aus wie der Grundton, die Quinte die eineinhalbfache, die Duodezime die dreifache Zahl.

Die subjektive Unterschiedsempfindlichkeit für Töne ist eine sehr große. Ein geübtes Ohr ist imstande, bei mittleren Tonhöhen (100 bis 1000 Schwingungen in der Sekunde) noch Differenzen bis herab zu  $\frac{1}{5}$  Einzelschwingungen wahrzunehmen, woraus sich ergibt, daß unser Ohr unter Umständen im Intervall einer einzigen Oktave über 1000 Töne zu unterscheiden vermag.

Die Klangfarbe beruht auf dem stärkeren oder schwächeren Mitklang der sog. Obertöne, welche dadurch entstehen, daß Saiten und in Schwingung

gesetzte Luftsäulen (Pfeifen) nicht nur in ihrer ganzen Länge, sondern auch partiell schwingen, und daß die durch solche Teilschwingungen erzeugten schwächeren Töne dem Haupt- oder Grundton sich beimischen. Je stärker diese Obertöne (wenigstens die niederen) sich geltend machen, desto reicher, prächtiger und klangvoller erscheint im allgemeinen der Ton, der trotzdem stets als einfache Empfindung aufgefaßt wird. Anders, wenn Töne von etwa der gleichen Schwingungszahl wie die Obertöne gleichzeitig mit angeschlagen werden; sie bilden in diesem Falle mit dem Grundton einen Zusammenklang oder Akkord, dessen Zusammensetzung aus verschiedenen Tönen unser Ohr mehr oder weniger deutlich empfindet (am wenigsten beim Anschlag zweier Oktaven). Jedes Instrument, und auch die menschliche Stimme, hat seine besondere Klangfarbe. Am reinsten von Obertönen sind die Töne der Stimmgabeln.

Als Schwebungen bezeichnet man das abwechselnde Anschwellen und Wiederabschwellen zweier gleichzeitig angeschlagener Töne mit kleinen Schwingungsunterschieden (wie z. B. bei Grundton und Sekunde). Sie erklären sich daraus, daß die Schwingungsphasen der beiden Töne bald zusammentreffen (Anschwellen), bald genau entgegengesetzt sind und sich dann gegenseitig aufheben (Abschwellen). Damit sie für unser Gehör noch zur Empfindung kommen, dürfen solcher Schwebungen nicht mehr als 30–40 in der Sekunde auftreten; über diese Zahl hinaus werden sie nur als Schwirren oder Rasseln empfunden.

Den Schwebungen verwandt sind die Differenztöne (Kombinationstöne), welche dadurch entstehen, daß die Schwingungen zweier harmonischer Töne in kurzen Intervallen zusammenfallen und so eine neue Tonwelle erzeugen, deren Schwingungszahl gleich ist der Differenz der Schwingungszahlen der beiden ursprünglichen Töne.

### e. Gesichtssinn.

In dem einer photographischen Kammer ähnelnden Auge werden bekanntlich durch Vermittlung der Linse umgekehrte, verkleinerte Bilder der Objekte der Außenwelt auf die von einer Ausbreitung der Sehnerven ausgekleidete Hinterwand des Auges geworfen, die dann durch Vermittlung der Sehnerven als Gesichtsempfindungen zum Bewußtsein kommen.

Iris und Linse. Die Deutlichkeit des Bildes bei verschiedenen Lichtverhältnissen und verschiedenen Entfernungen der Objekte wird gewährleistet durch die Blendenvorrichtung der Iris und durch die Akkommodation der Linse. Erstere entspricht ganz den Blendeneinrichtungen unserer photographischen Kammern, indem durch Ring- und Radialmuskelfasern die das Sehloch kranzförmig umgrenzende Iris je nach Bedarf bald verengt, bald erweitert werden kann, dergestalt, daß sie bei größter Öffnung nahezu das Zwanzigfache an Licht in das Innere eindringen läßt wie bei ihrer geringsten. Die Akkommodation, d. h. die Einstellung der Linse auf verschieden entfernte Objekte, erfolgt nach einem anderen Prinzip als demjenigen unserer photographischen Kammern. Bei letzteren bleibt die das Bild erzeugende

Glaslinse selbst unverändert; dagegen bringen wir in jedem einzelnen Fall die das Bild aufnehmende Platte in eine solche Entfernung von der Linse, daß die von den einzelnen Lichtpunkten des Objekts ausgehenden Lichtstrahlen nach ihrer Brechung in der Linse sich auf der Platte wieder in einem Punkte vereinigen. Eine solche Verrückung zwischen Linse und empfindlicher Platte beim Sehen von verschieden entfernten Objekten findet im Auge nicht statt. Dafür aber ist die Linse selbst so gebaut, daß sie durch Annahme verschiedener Form bald parallel einfallende, bald stärker divergierende Strahlen an genau derselben Stelle hinter der Linse zum scharfen Bilde zu vereinigen vermag.

Diese Fähigkeit der Akkommodation beruht in erster Linie darauf, daß die Linse in ihrem Innern aus einem Gewebe von eigentümlich butterartiger Weichheit besteht, daß sie also trotz ihrer starken, elastischen Umgebungshaut plastisch ist. Für gewöhnlich erscheint sie durch zahlreiche, feine, von ihrem Rande zum Ciliarkörper hinter der Iris verlaufende Fasern (Fig. 273 *F*) derart straff gespannt, daß sie etwas abgeflacht ist (*L*) und in diesem Zustande parallel einfallende Strahlen auf der Netzhaut vereinigt, also dem Fernsehen dient. Wird aber durch Muskelfasern der Ciliarkörper selbst ein wenig dem Zentrum genähert, so erschlaffen natürlich die an ihm befestigten Aufhängefasern (*F<sup>1</sup>*) der Linse: Die letztere nimmt eine mehr konvexe Gestalt an (*L<sup>1</sup>*) und liefert in dieser Form nun auch deutliche Bilder von näheren Gegenständen.

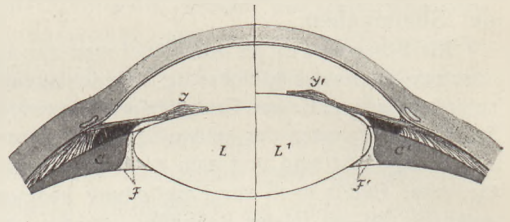


Fig. 273.

Schema der Akkommodation der Linse, links beim Fernsehen, rechts beim Nahsehen. *C, C<sup>1</sup>* Ciliarkörper, *I, I<sup>1</sup>* Iris, *L, L<sup>1</sup>* Linse, *F, F<sup>1</sup>* Aufhängefasern der Linse am Ciliarkörper.

**Die Netzhaut.** Der lichtempfindlichen Platte der photographischen Kammer entspricht in unserm Auge die Netzhaut oder Retina. Dieselbe zeigt trotz ihrer geringen Dicke von nur 0,4 mm einen sehr zusammengesetzten Bau, indem sie aus einer Reihe übereinander gelagerter Zell- und Faserschichten besteht. Als eigentliche Aufnahme-Apparate der Lichtreize haben wir zweifellos die aus sog. Stäbchen und Zäpfchen (Fig. 274 *Z* und *St*) bestehende äußerste, der Aderhaut dicht anliegende Schicht anzusehen, so daß also alle übrigen Schichten erst vorher von den Lichtwellen durchdrungen werden müssen, ehe diese Aufnahme-Apparate von ihnen erreicht werden. Die Stäbchen (*St*) sind langzylindrische Gebilde von äußerster Feinheit (etwa 500 auf den Quadratmillimeter), deren Endabschnitt einen purpurroten, am Licht schnell gelb und dann farblos werdenden Farbstoff, den Sehpurpur, enthält; sie stehen am Grunde mittels eines kurzen Fädchens mit einer winzigen Ganglienzelle in Verbindung. Die Zäpfchen (*Z*) haben eine mehr kegelförmige Gestalt und sind daher breiter (etwa 200 auf den Quadratmillimeter); die zugehörige kleine Ganglienzelle (*G*) sitzt unmittelbar an ihrer Basis. Im

allgemeinen überwiegt die Zahl der Stäbchen diejenige der Zäpfchen auf der Fläche der Retina; je näher dem Zentrum, desto mehr steigert sich jedoch die Zahl der Zäpfchen, bis sie an der Stelle des deutlichsten Sehens, auf dem etwa  $\frac{1}{3}$  mm im Durchmesser großen gelben Fleck ganz ausschließlich auftreten.

Die innerste, der Glashaut anliegende Schicht der Retina wird zunächst gebildet von den feinen Faserzügen des sich gleichmäßig flächenartig ausbreitenden Sehnerven (SN), wobei jede einzelne Faser rechtwinklig umbiegend alsbald zu einer Ganglienzelle anschwillt, so daß also auf die Faserschicht eine einzellige Lage von Ganglienzellen ( $G^2$ ) folgt. Diese Ganglienzellen stehen nun mit denjenigen der Stäbchen und Zäpfchen keineswegs in direkter Verbindung, sondern erst durch Vermittlung einer dritten, noch tiefer im Innern der Retina gelegenen Ganglienzellschicht ( $G^1$ ), wobei es sich auch dann nicht um einfache Strangverbindung handelt, sondern um wurzelförmig zerfaserte Nervenbäumchen, die gegeneinander strahlen und, wie man glaubt, durch ihre Verzweigungen bewirken, daß der auf einen Punkt wirkende Reiz auch benachbarte Zellen und Zellgruppen in Mitleidenschaft zieht. Andererseits folgt schon aus der viel größeren Zahl der Stäbchen- und Zäpfchenzellen im Vergleich zu der Zahl der Mittelschichtzellen, daß die Erregung mehrerer Endapparate in einer einzigen dieser Leitzellen konzentriert werden kann.

Die Stelle des deutlichsten Sehens (der gelbe Fleck) befindet sich in der optischen Achse des Auges und bildet hier eine vertiefte Grube (da die mittleren Schichten der Retina hier an den Rand gerückt sind und von dort aus ihre Fasern zu den Zäpfchen erstrecken). Die zum Sehnerven zusammentretenden Faserstränge aber sammeln sich an einem etwas exzentrisch gelegenen Punkt des Augapfels, dem blinden Fleck (leicht nachweisbar durch das bekannte Experiment mit den drei aufgezeichneten Punkten, die man langsam dem Auge nähert), um nun als Sehnerv die weiße Augenhaut zu durchbrechen (vgl. Fig. 263 SN).

Der Sehnerv selbst zieht zu den hinteren Teilen des Sehhügels im Gehirn und der vorderen Vierhügelmasse, um hier teils in derselben, teils in der entgegengesetzten Hirnhemisphäre (Kreuzung des Sehnerven; vgl. Fig. 253) verästelt und aufgebüschelt zu endigen.

Die Stäbchen und Zäpfchen wird man als diejenigen Organe anzusprechen haben, in denen die Schwingungen der Ätherwellen in eine andere Energieform

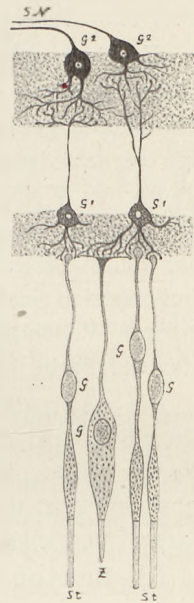


Fig. 274.  
Querschnitt durch die Retina des Auges. St Stäbchen, Z Zäpfchen, SN Sehnerv,  $G^1$ ,  $G^2$  die drei Ganglienschichten der Retina.

übergeführt werden. Es scheint dieser Schluß vor allem auch aus der Tatsache gerechtfertigt, daß die Kleinheit der Objekte, die wir noch eben wahrzunehmen vermögen, mit der Entfernung der Zäpfchen voneinander in augenscheinlicher Beziehung steht. Letztere beträgt bei den sehr schlanken Zäpfchen des gelben Fleckes etwa  $\frac{1}{400}$  mm (von Mitte zu Mitte der Zäpfchen gemessen), während wir zwei Bildpunkte unter günstigen Umständen noch als getrennt zu unterscheiden vermögen, wenn sie etwa  $\frac{1}{290}$  mm voneinander entfernt sind. Da die Schärfe des Bildpunktes auf der Netzhaut immer etwas durch Verstreuung von Licht beeinflußt wird, so dürfen wir wohl annehmen, daß schon die Erregung eines einzigen Zäpfchens die Empfindung eines Bildpunktes erzeugen kann.

Farbenempfindung. Die ungeheure Menge der Farbentöne, welche durch Ätherwellen von verschiedener Schwingungszahl in unserm Bewußtsein zur Empfindung gebracht werden können, läßt sich zunächst in zwei Gruppen von sehr verschiedenem Charakter teilen, zu deren einer, den neutralen Farben, die Farben Weiß, Grau und Schwarz, zu deren anderer die bunten Farben gehören. Homogenes Licht, d. h. Farben von gleicher Wellenlänge, erhält man durch Zerlegen des weißen Lichts mittels eines Prismas. Solche Farben sind zugleich auch die reinsten und gesättigsten, weil nicht mit solchen von anderer Wellenlänge gemischt. Die Helligkeit oder Intensität des Lichts bzw. der Farbe hängt ab von der Stärke der Schwingungen.

Die neutralen Farben lassen sich in eine gerade Linie ordnen, deren einen Endpunkt das physikalisch aus allen Farben des Spektrums gemischte Weiß, deren anderen die vollkommene Abwesenheit reizender Äther-schwingungen, das Schwarz, darstellt. Das Grau bezeichnet die verschiedenen Übergangsstufen von Weiß zu Schwarz.

Die bunten Farben lassen sich ganz allmählich ineinander überführen, indem auch das Violett am äußersten Ende des Spektrums durch Purpur lückenlos in das Rot des Spektrumanfangs übergeht. Man kann daher die bunten Farben in einer in sich geschlossenen Kreislinie ordnen.

Ob diese Auffassung von den sechs Haupt- oder Grundfarben (die eben genannten bunten Farben, dazu Weiß und Schwarz) das Richtige trifft, ist zurzeit nicht zu entscheiden, da einerseits, im Gegensatz zu den Schallwellen, jedes Gemisch von Ätherwellen für unser Empfinden einen einheitlichen Eindruck macht, also als einfache Farbe aufgefaßt wird, andererseits aber weder die Untersuchung der rein physikalischen Schwingungsvorgänge, noch auch die der reizaufnehmenden Nervenorgane genügenden Anhalt für die Notwendigkeit einer solchen Annahme bieten.

Was die rein physikalischen Verhältnisse betrifft, so sei daran erinnert, daß die Zerlegung des weißen Sonnenlichtes im Spektrum nicht vier, sondern fünf oder genauer sieben Hauptfarben erkennen läßt, die durch alle nur denkbaren Zwischenstufen ineinander übergehen, sowie daß man durch Mischung von je zwei Farben, die man als Komplementärfarben bezeichnet (z. B. Rot und Grün, Blau und Gelb), ebenfalls Weiß erzeugen kann.

Die physiologischen Beobachtungen an den Netzhautendorganen lehren uns zunächst weiter nichts, als daß die Stäbchen, die mehr der Peripherie angehören, wohl nur die neutralen Farben (Weiß, Grau, Schwarz) zur Empfindung bringen,

während die im Zentrum gehäuften Zäpfchen jedenfalls daneben auch durch bunte Farben gereizt werden. Geschlossen wird dies namentlich aus der Beobachtung, daß nur der zentrale Teil der Netzhaut deutlich die Farbe unterscheidet, die Peripherie aber nur Unterschiede von hell und dunkel aufzufassen vermag. Ob aber nun wieder die Zäpfchen in verschiedene Kategorien zu teilen sind, dergestalt, daß die einen allein oder doch vorwiegend nur — je nach ihrem Reiz- oder Ernährungszustand — etwa Blau und Gelb, die andern nur Rot und Grün bzw. Schwarz und Weiß zur Empfindung zu bringen vermögen, entzieht sich heute noch vollständig unserer Kenntnis. Nur eine Tatsache kennen wir, die vielleicht auf eine derartige Verschiedenheit der Funktion der Zäpfchen hinweist, und das ist die partielle Farbenblindheit. Schon beim normalen Auge kann man beobachten, daß eine allerdings nicht scharf begrenzte Zone um das Zentrum der Retina nicht, wie dieses, sämtliche Farben, sondern außer Schwarz und Weiß nur noch Blau und Gelb empfindet. Dieses Verhalten gilt bei den partiell Farbenblinden auch für die zentralen Teile der Retina, so daß solchen Personen die ganze eine Seite des Farbenspektrums von Rot bis zum Grün nur gelb, die andere Seite nur blau erscheint. Als einfachste Erklärung für diese Rotgrün-Blindheit ergibt sich ohne weiteres die Hypothese, daß eben eine gewisse Gruppe von Aufnahme-Apparaten, nämlich diejenigen, welche Rot und Grün zu perzipieren haben, von Geburt an funktionsunfähig ist oder fehlt, wohingegen die auf Blau und Gelb reagierenden Organe normal entwickelt sind. Auch das Empfinden von gelben und blauen Strahlen kann zuweilen wenigstens stark herabgesetzt sein. Eine totale Farbenblindheit, bei der alles nur in den neutralen Farben Weiß, Grau und Schwarz erscheint, ist sehr selten.

Die Empfindung eines Lichteindrucks verschwindet nicht zugleich mit dem Aufhören des Reizes, sondern bedarf einer gewissen Zeit — bei intensiven Reizen bis  $\frac{1}{10}$  Sekunde —, um abzuklingen. Hierauf beruht die Erscheinung des feurigen Kreises durch eine im Kreise geschwungene glimmende Kohle, die Vermischung der auf einer rotierenden Scheibe in der Form von Kreis-ausschnitten aufgetragenen Farben, die Darstellung fortlaufender Handlungen mittels des Lebensrades, des Kinematographen usw.

Negative Nachbilder entstehen, wenn intensivere Reize längere Zeit auf eine bestimmte Netzhautstelle eingewirkt haben: Es taucht dann das fixierte Objekt, sobald man das Auge nunmehr schließt oder auf einen neutralen Grund richtet, wieder auf, aber mit völlig umgekehrten Farben. Helle Farben erscheinen dunkel, statt der bunten sieht man deren Komplementärfarben. Verschieden hiervon sind die positiven Nachbilder, welche zuweilen entstehen, wenn starke Reize nur ganz kurze Zeit auf das Auge gewirkt haben. Es kehrt dann die bereits verschwunden gewesene Empfindung noch einmal unverändert wieder, nur mit geringerer Helligkeit und starker Abschwächung der Farben.

Die Anpassung des Auges an bestimmte Helligkeitsgrade (Adaption) ist eine Erscheinung, die ähnlich auch auf anderen Sinnesgebieten, z. B. bei Wärme und Kälte, zu beobachten ist. Sie läßt das Tageslicht bei längerem Verweilen in ihm weniger grell, die Höhle weniger dunkel erscheinen, wobei zugleich die Pupillenweite sich den jeweiligen Lichtverhältnissen anpaßt. Beim Übertritt vom Hellen in das Dunkle und umgekehrt vollzieht sich die Anpassung der Hauptsache nach in einem Zeitraum von 8–10 Minuten. — Sehr auffallend sind die sog. Kontrasterscheinungen, indem zwei komplementäre Farben sich gegenseitig in ihrer Wirkung steigern.

## B. Die körperlichen Verschiedenheiten des Menschengeschlechts.

Bereits in der Einleitung zu diesem Kapitel über den Menschen wurde hervorgehoben, daß man zwischen einer physischen Anthropologie, welche die körperlichen Verschiedenheiten der einzelnen Menschheits-Individuen zu bestimmen sucht, und einer psychischen Anthropologie oder Ethnologie zu unterscheiden habe, welche letztere die Unterschiede in Kultur, Sitte, Sprache der einzelnen Menschheits-Gruppen zum Gegenstande ihres Studiums macht. Schon aus dieser Definition ergibt sich, daß man die Untersuchungsergebnisse der einen Wissenschaft durchaus nicht, wie dies wohl geschehen, so ohne weiteres für die andere verwerten kann. Begriffe wie Volk, Nation, Sprachengruppe usw. sind rein ethnologische, auf Gleichartigkeit des Kulturzustandes, der Sitte, des Rechtslebens, der Sprache gegründete Kategorien, die an und für sich mit den rein körperlichen Eigenschaften ihrer Glieder durchaus nicht in ursächlicher Beziehung stehen. So zeigen, um einige Beispiele anzuführen, die Bewohner der pyrenäischen Halbinsel körperlich einen unverkennbar gleichartigen Typus, sind aber durch die staatliche Gliederung in zwei, durch die Sprache – Portugiesisch, Spanisch, Katalanisch – sogar in drei verschiedene Gruppen getrennt. Ein großer Teil der Nordfranzosen stimmt in seinen Rassenmerkmalen mit den Norddeutschen überein, ist aber durch eine ausgeprägte nationale Grenze von ihnen geschieden. Die ehemals eine türkische Sprache redenden Bulgaren haben eine slavische Sprache angenommen, und keltische Stämme im Süden Deutschlands gehören heute völlig zur deutschen Sprachengruppe.

Sehen wir in den angeführten Fällen, wie Gleichheit oder Verschiedenheit der Sprachen keineswegs eine Gleichheit der körperlichen Eigenschaften, also gleiche Abstammung bedingt – man denke auch an die englisch redende, nach Millionen zählende Negerbevölkerung Amerikas –, so läßt sich von dem Besitz und der geographischen Verbreitung der Kulturgüter das nämliche behaupten. Zweifellos können gewisse Kulturerrungenschaften zunächst einem physisch zusammengehörigen Menschentypus allein eigentümlich sein, wie denn z. B. die Bronze in England erst durch einen von den Urbewohnern verschiedenen Stamm eingeführt wurde. In der Regel aber vollzieht sich die Wanderung der Kulturgüter ohne gleichzeitige Mitwanderung der Menschen im freien Verkehr von Hand zu Hand, so daß in diesem Falle der gleichartige Besitz von Waffen, Geräten, Kultusgegenständen wenig geeignet erscheint, einen irgendwie zwingenden Schluß auf die Abstammungsgleichheit der Besitzer zu ziehen.

Wie sehr es geboten ist, die Ergebnisse „somatischer“ und „ethnologischer“ Untersuchungsmethoden streng auseinander zu halten, beweist das lehrreiche Beispiel

der „Indogermanen“. Die vergleichende Sprachwissenschaft hatte die Verwandtschaft der indo-iranischen und der wichtigsten europäischen Sprachen dargetan. Aus der etymologischen Übereinstimmung der Wörter für manche Kulturobjekte ließ sich auch ein gewisser Schluß auf die Höhe der Kulturstufe ziehen, welche die Träger der heutigen indogermanischen Sprachen zugrunde liegenden Ursprache erreicht haben mußten. Allein die hieraus gefolgerte Idee eines auch körperlich einheitlichen Urvolkes läßt sich aus der somatischen Vergleichung der heutigen „Indogermanen“ ebensowenig beweisen, wie es uns möglich ist, irgend welche anthropologischen Charaktermerkmale des hypothetischen Urvolkes anzugeben. Selbst über den Wohnsitz dieses Urvolkes sind die verschiedensten Ansichten laut geworden, und während man denselben früher nach Mittelasien verlegte, glaubt man ihn gegenwärtig mit größerem Recht in Nordeuropa suchen zu sollen.

## I. Die Hauptmerkmale der Menschheitstypen.

Wie im Tier- und Pflanzenreich kein Individuum völlig dem andern gleicht, so auch zeigen die Menschen untereinander Verschiedenheiten, die man, je nach dem Grade und der Art, bald als rein individuelle, bald als Stammes- oder gar Rassenverschiedenheiten aufzufassen berechtigt ist. Sie festzustellen, bedient sich die Anthropologie der Vergleichung und Messung, die sie streng genommen auf alle Organe des menschlichen Körpers auszudehnen hat. Handelt es sich jedoch, wie in unserem Falle, lediglich um die Unterscheidung der Hauptgruppen oder Typen des Menschengeschlechts, so kommen, wie die Erfahrung lehrt, nur verhältnismäßig wenige morphologische Charaktere in Betracht, die schärfer ausgeprägte Verschiedenheiten erkennen lassen. Es sind dies: Die Form des Kopfes, die Unterschiede der Haut und des Haares, die Körpergröße und die Proportionen der Körperteile zueinander.

Auch diese Charaktere sind keineswegs unwandelbar und für alle Zeiten beständig, da — ganz abgesehen von der Vermischung der Völker — die physikalischen Bedingungen der Umwelt im Laufe der Zeit zweifellos einen gewissen Einfluß auf die körperlichen Eigenschaften des Menschen ausüben. Dementsprechend wird man den Begriff der Rasse als einer Summe gleichartig ausgeprägter Individuen nur innerhalb gewisser Zeiträume gelten lassen können und neben primären oder alten Rassen auch solche zu unterscheiden haben, welche als sekundäre aus jenen durch wesentliche Veränderungen der Umwelt, oder aber durch stärkere Vermischung mit anderen Rassen hervorgegangen sind.

### a. Die Kopfform.

Die Form des Schädels, in ihrem relativen Verhältnis von Länge, Breite und Höhe, ist eines der besten Rassenmerkmale. Das wechselnde Verhältnis der größten Länge der Schädelkapsel zu deren größter Breite hat zu den Begriffen der Dolichocephalie und Brachycephalie (Lang- und Kurzschädel) geführt.



Dieses Verhältnis von Länge zur Breite wird durch eine Zahl, den Längenbreitenindex, ausgedrückt, welche die Breite des Schädels angibt, wenn man seine Länge gleich 100 setzt ( $x = \frac{100 \times \text{Breite}}{\text{Länge}}$ ). Langköpfe (Fig. 275 a) zeigen einen

Index von 75 und darunter (bis zu 62), Kurzköpfe (Fig. 275 b) einen solchen von 80 und mehr (bis zu 103). Zwischen beiden steht eine Mittelgruppe („mesokephale“ Schädel).

In ähnlicher Weise berechnet man einen Längenhöhenindex und einen Breitenhöhenindex, indem man als Höhe die vertikale Entfernung des Scheitelpunktes bis zum Hinterhauptsloch annimmt.

Nicht minder charakteristische Unterschiede lassen dann auch die Verhältnisse der Länge zur Breite des Gesichtsteils erkennen, wobei man in der Regel, unter Nichtberücksichtigung des Unterkiefers, als Höhe die Entfernung der Nasenwurzel bis zum Oberrand der oberen Schneidezähne, als Breite die Entfernung zwischen den beiden vorragendsten Punkten der Jochbögen rechnet.

Die früher für besonders wichtig gehaltene Größe des sog. Gesichtswinkels und die damit in Beziehung stehende Stellung des Oberkiefers zum Unterkiefer (Prognathie und Orthognathie) haben sich dagegen als minder bedeutsam erwiesen.

Aus den oben geschilderten zwei Hauptformen der Schädelkapsel in Verbindung mit den zwei Hauptformen des Gesichts (lange und breite Gesichter) ergeben sich durch Kombination vier Grundtypen. Daneben sind endlich noch die Formen der Nase, des Ohrs, der Augenhöhle, des Gaumens usw. als Rassenmerkmale in Betracht zu ziehen.

Verbreitung der Lang- und Kurzköpfe. Sind auch die Vertreter der heute lebenden Menschheit zurzeit noch sehr ungleichmäßig untersucht, so läßt sich doch jetzt schon übersehen, daß Langköpfe in ganz Afrika und im südlichen Asien bis nach Australien und Teilen von Ozeanien, sodann im westlichen Südeuropa und Teilen von Nordeuropa (Norddeutschland, Skandinavien, England), ja selbst in Grönland und dem benachbarten Nordamerika (Eskimos) verbreitet sind, während die Kurzköpfe von den zentralen Teilen Asiens nördlich des Himalaya über Kleinasien, den Balkan, die Alpen bis nach Südfrankreich sich erstrecken. Die übrigen Gebiete, so namentlich der größte Teil Amerikas, zeigen einen mesokephalen Typus.

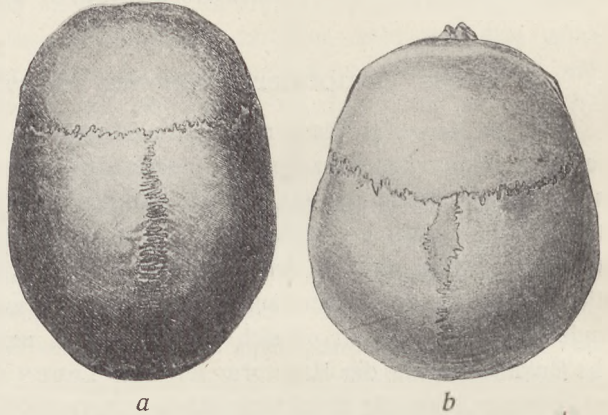


Fig. 275. a Langschädel, b Kurzschädel.

Sehen wir nach dem Gesagten Lang- und Kurzköpfe durch die unwirtliche Gebirgskette des Himalaya scharf voneinander geschieden, so verwechseln sich diese Gegensätze, wo die geographischen Verhältnisse dem Verkehr keine unübersteigbaren Hindernisse bieten: Im Osten zeigt die chinesische und noch mehr die japanische Bevölkerung nicht minder deutliche Übergänge zwischen jenen beiden Haupttypen wie die europäische im Westen. Eine ähnliche Völkerscheide wie der Himalaya bildet in Afrika die Sahara, in diesem Falle allerdings nicht zwischen Lang- und Kurzköpfen, sondern zwischen den zentral- und südafrikanischen Langköpfen einerseits, und den nordafrikanischen Langköpfen andererseits, welche letztere mit denen Südeuropas zusammen die sog. Mittelmeerrasse bilden. Die Mittelmeerrasse ist wieder durch die den Gebirgsländern folgende, keilförmige Verschiebung der Kurzköpfe Innerasiens bis zum Atlantischen Ozean in Südfrankreich von den nordeuropäischen Langköpfen geschieden. Die Inseln Ozeaniens endlich und ganz Amerika erscheinen demgegenüber von Zwischenformen verschiedenster Art besiedelt, die zum Teil sogar schon geschichtlich erklärbar sind. Die östliche Hemisphäre ist es daher allein, welche deutliche Beziehungen zwischen geographischer Lage und Kopfform erkennen läßt: Wie in Zentralasien die Kurzköpfe zu ungestörter Entwicklung kamen, so wurden die Länder südlich des Himalaya nebst Australien und Afrika zum Entstehungszentrum der meisten langköpfigen Rassen, ohne daß hierbei der Einfluß der Umwelt als irgendwie maßgebend nachzuweisen wäre.

Bemerkt sei noch, daß weibliche Schädel, obgleich im Durchschnitt kleiner als männliche, sich nicht mit Sicherheit von männlichen Schädeln unterscheiden lassen. In ein und demselben Volke besitzen die Mitglieder der höheren Gesellschaftsklassen vielfach größere und geräumigere Schädel als die der unteren Klassen.

### b. Haut und Farbe der Augen.

In der ersten Zeit der anthropologischen Forschung glaubte man, in der Hautfarbe das beste Unterscheidungsmittel der Rassen zu besitzen. Tatsächlich sind aber die Verhältnisse ungleich verwickelter als man anfangs annahm.

Bei der Hautfärbung hat man zunächst scharf zu unterscheiden zwischen der Vertiefung der Hautfarbe, wie sie durch atmosphärische Einflüsse (Sonnenstrahlen usw.) hervorgerufen wird, und der dauernden Farbstoffablagerung in der Schleimschicht der Oberhaut. Erstere Erscheinung tritt bei hellfarbigen Menschen zunächst als Rötung, dann als Bräunung, bei dunkelfarbigem direkt als Bräunung auf; sie betrifft im wesentlichen nur die obersten Hautschichten und verschwindet bald, nachdem die sie hervorrufende Ursache nicht mehr einwirkt. Die dauernde Pigmentierung der Haut hingegen beruht auf dem Vorhandensein von mehr oder minder großen Mengen

eines braunen Farbstoffes in der Malpighischen Schleimschicht. Dieser Farbstoff ist bei allen Rassen derselbe und fehlt bei keiner von ihnen. Nur die verschieden große Menge der Farbstoffkörperchen bedingt hellere oder dunklere Hautfärbung, die von äußeren atmosphärischen Einflüssen fast völlig unabhängig erscheint. Als Haupttöne sind zu unterscheiden: weiß, mit seinen Nuancen rötlich-weiß und bräunlich-weiß; sodann blaßgelb, ledergelb, gelbbraun, die wieder eine zusammengehörige Gruppe bilden; endlich braunrot, dunkel- (schokolade-)braun, schwarz. Dazwischen gibt es natürlich zahlreiche Zwischenglieder.

Übrigens ist diese Pigmentierung niemals gleichmäßig über den Körper verteilt; ganz allgemein sind Nacken, Rücken, Rückenfläche von Hand und Fuß sowie die Brustwarzen deutlich dunkler gefärbt als der übrige Körper und namentlich die Bauchfläche.

Das wirkliche Schwarz (meist ein sehr dunkles Braun) ist nicht sehr weit verbreitet. Es findet sich der Hauptsache nach nur in einem stark unterbrochenen Gürtel am Südrande der Sahara, wie auf den meisten Inseln des nördlichen Melanesiens. Ungleich verbreiteter ist die braune Farbe, die nicht nur der Hauptmasse der Neger, Australier und Indier, sondern auch manchen amerikanischen Völkerstämmen zukommt. Gelbe bis graue Farbtöne der Haut sind nicht nur in Asien weit verbreitet, sondern auch in Nordafrika, in Brasilien, im Malayischen Archipel, bei den Eskimos, Lappen usw. Nur die Gruppe der pigmentarmen „weißen“ Menschen ist in geographischem Sinne konzentriert, obwohl auch hier einzelne Individuen bräunliche oder gelbliche Farbtöne zeigen. Zu ihr gehören die Bewohner ganz Europas, einzelner Teile Nordafrikas und ein von der Balkanhalbinsel nach Persien gerichteter Seitenzweig, der selbst in der höheren Kasten umfaßt.

Aus der hier kurz skizzierten Verbreitung der Hautfarben geht hervor, daß dieselben keinesfalls mit der Intensität der Sonnenstrahlen oder mit sonstigen klimatischen Verhältnissen in direkter Beziehung stehen. Auch kommen sie bei der Unterscheidung der Rassen erst in zweiter Linie in Betracht.

Wichtiger als die Hautfarbe ist die verschiedene Färbung der Regenbogenhaut der Augen, die sich namentlich bei den europäischen Rassen als recht charakteristisch erweist. Lagert das Pigment der Iris nur in der hintersten der drei Schichten, aus denen sie zusammengesetzt ist, so erscheint die Iris, von vorn und in einiger Entfernung gesehen, blau; erfüllt das Pigment auch die mittlere Schicht, so erscheint sie, je nach dem Grade und der Lagerung des Pigments, als grau, grün, gefleckt oder braun. Blaue Augen treten nur bei Europäern, ural-altaischen Völkern und vereinzelt in Nordwestafrika auf; hellbraune sind charakteristisch für einzelne mongolische Stämme, während alle übrigen Völker der Erde dunkelbraune bis schwarzgraue Augen besitzen.

### c. Das Haar.

Das Haar bietet nach zwei verschiedenen Richtungen hin nicht unwichtige, für die Charakterisierung der Rassen verwertbare Merkmale, einmal in seiner Farbe, dann aber auch in seiner Form, seinem Wuchs und seiner Gruppierung.

Blonde, braune und schwarze Haare unterscheiden sich, ähnlich der Iris, durch verschieden starke Ausbildung der Pigmente und liefern, trotz zahlloser Abstufungen, brauchbare Rassenmerkmale. Rothaarigkeit dagegen ist eine individuelle Anomalie (die übrigens meist mit Sommersprossen vergesellschaftet ist).

Weiß werden die Haare, wenn die Pigmente – im Alter – schwinden, grau, wenn der Zentralkanal des Haares bei noch vorhandenem Pigment sich mit Luft gefüllt hat.

Fast wichtiger noch als die Farbe des Haares erscheint die Form seines Querschnitts und des damit in Zusammenhang stehenden Wuchses. Krauses kurzes Haar mit flachem Querschnitt (Fig. 276 a) ist den südlich vom Äquator wohnenden Afrikanern und den melanesischen Ozeaniern eigen, Straffes, grobes, im Querschnitt kreisrundes Haar (Fig. 276 b) kennzeichnet die Mehrzahl der Asiaten (nur Inder und Westasiaten sind ausgenommen),

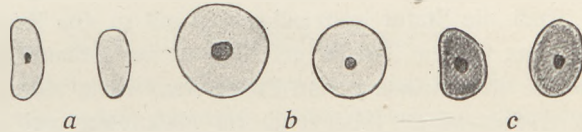


Fig. 276. Haarquerschnitte a vom Hollentlotten und Australier, b vom Chinesen und Amerikaner, c vom Europäer.

sodann sämtliche Amerikaner (Indianer) einschließlich der Polarvölker. Feines, welliges oder lockiges Haar mit ovalem Querschnitt (Fig. 276 c) finden wir bei den Europäern, Nordafrikanern, Australiern und Polynesiern. Krauses und straffes Haar ist ausnahmslos schwarz; nur das wellige Haar kann hellere (braune bis hellblonde) Pigmentierung besitzen, und zwar ist dies der Fall bei denjenigen europäischen Langköpfen, die nördlich der Alpen wohnen.

Die starke Pigmentierung der Haut und vor allem des Haares läßt also die südlich der Alpen wohnenden „brünetten“ Langköpfe zusammen mit den Nordafrikanern als einheitliche Mittelmeerrasse von den nord-europäischen Langköpfen mit weißer Haut, blauen Augen und blonden Haaren sich abheben, wobei jedoch zu bemerken, daß nur etwa ein Drittel der nordischen Bevölkerung den „germanischen“ Typus rein bewahrt hat, die große Masse aber Mischformen darstellt, die um so mehr zum brünetten Typus hinneigen, je mehr wir uns dem Süden nähern.

Daß zwischen den beiden europäischen Rassen der blonden und der brünetten Langköpfe nun vom Osten her noch eine dritte Rasse brünetter Kurzköpfe sich eingeschoben hat, die vom Balkan über die Alpenländer bis Südfrankreich sich erstreckt, wurde bereits Seite 289 hervorgehoben.

In bezug auf die Anordnung der Haare auf der Kopfhaut sei nur kurz darauf hingewiesen, daß die mehr vereinzelt Stellung der Haare bei den meisten Rassen vor allem bei den Buschmännern in eine Vereinigung derselben zu schärfer sich voneinander abhebenden Grüppchen oder Büscheln übergeht (Pfefferkornstruktur; vgl. Fig. 279).

#### d. Körpergröße und -proportionen.

Die Körpergröße des Menschen schwankt im allgemeinen zwischen 150 und 180 cm, wobei man die Formen unter 155 cm als klein, diejenigen von 155–165 als mittelgroß, die über 165 cm als groß bezeichnet. Über die Großen gehen die Übergroßen und die meist pathologischen „Riesen“ hinaus (200 cm und mehr); an die Gruppe der Kleinwüchsigen schließen sich einerseits die aus pathologischen Gründen (englische Krankheit usw.) im Wachstum zurückgebliebenen Einzelindividuen, die man als Zwerge bezeichnet, andererseits die Pygmäen oder Zwergvölker, bei denen die kleine Statur eine physiologische Erscheinung ist und als Rassenmerkmal auftritt.

Daß die Statur ganz allgemein mit zu den Rassenmerkmalen zu rechnen ist, kann keinem Zweifel unterliegen: der Indianer ist fast ausnahmslos groß; ebenso der Afrikaner und Polynesier. Klein dagegen sind die Polarvölker, die Südasiaten (Malayen), die Melanesier und einige andere Völker. In Europa erscheint die brünette Mittelmeerrasse von geringerer Statur als die blonde nordische. Selbst da, wo, wie in Tirol, beide Rassen unter den gleichen physikalischen Bedingungen nebeneinander wohnen, erhalten sich diese Verschiedenheiten; ja auch die Individuen der dritten dort ansässigen Rasse, der alpinen Kurzköpfe, bewahren die der Rasse zukommende Körpergröße.

Trotz dieser beachtenswerten Beständigkeit der Längenmaße bei Rassen, die in der Gegenwart gleichen Bedingungen ausgesetzt sind, kann es keinem Zweifel unterliegen, daß die Körpergröße nicht unwesentlich von äußeren Lebensbedingungen, namentlich aber von Ernährungsverhältnissen abhängt. Gebirgsvölker pflegen in der Regel von kleinerem Wuchs zu sein als ihre Stammesgenossen in der Ebene. Unfruchtbare Heide- und Steppenlandschaften wirken in gleicher Weise hemmend ein, wie man denn z. B. beobachtet haben will, daß in den unfruchtbaren Landschaften des südwestlichen Frankreichs (Limousin, Les Landes) selbst Fremde, die in der Wachstumsperiode hier einwanderten, ihre Normalgröße nicht erreichen. Die Kleinwüchsigkeit der Buschmänner in Südafrika führt man im Einklang mit derartigen Erfahrungen auf die Unfruchtbarkeit der Kalahari, die stattliche Größe der Polynesier auf die günstigen Lebensbedingungen der ozeanischen Inseln zurück, und ebenso glaubt man die kümmerliche Statur der Pygmäenvölker

des zentralafrikanischen Waldgebiets, Südasiens und einiger indonesischer Inseln in letzter Linie aus der Ungunst der umgebenden Verhältnisse erklären zu sollen. Hat es sich doch herausgestellt, daß selbst der Beruf bei Kulturvölkern nicht ohne Einfluß auf Größe und Gewicht des Körpers zu bleiben pflegt. Auf eine ähnliche Einwirkung der Umwelt auf die Körpermaße weist auch die allmähliche Zunahme der Statur des Europäers hin, die u. a. deutlich daraus erhellt, daß sich die uns erhaltenen mittelalterlichen Rüstungen heute für den Durchschnitt der betreffenden Bevölkerung als zu klein erweisen.

Weit geringere Bedeutung als der Gesamtstatur kommt den Proportionen der verschiedenen Körperteile als Rassenmerkmalen zu. Zwar zeigt es sich, daß beispielsweise die Arme bei Europäern verhältnismäßig kurz, bei Neuseeländern und Australiern verhältnismäßig lang sind, und daß daneben die Australier auch verhältnismäßig längere Beine haben als die Europäer und die Neuseeländer. Allein diese Proportionen sind schon bei Naturvölkern ungemein wechselnd, und Untersuchungen bei Kulturvölkern haben ergeben, daß bereits die Berufstätigkeit in dieser Hinsicht einen deutlichen Einfluß auf das Einzelwesen ausübt: Handarbeiter haben im allgemeinen verhältnismäßig längere Gliedmaßen als Kopfarbeiter.

## II. Übersicht über die Menschenrassen.

Die alte Linnésche Einteilung der Menschen nach der Hautfarbe und dem Wohnsitz hat sich schon längst als unzureichend erwiesen. Der „rote Amerikaner“ ist nichts weniger als rothäutig; der „gelbe Mongole“ weist sehr verschiedene Schattierungen auf, der „schwarze Neger“ ist nur in einem recht beschränkten Gebiete schwarz, der Austral„neger“ sogar in manchen Gebieten hellbraun; der „weiße Europäer“ endlich zerfällt in drei deutlich geschiedene große Rassen.

Das wichtigste Ergebnis der umfassenden neueren Untersuchungen besteht darin, daß der Mensch eine so bedeutende individuelle Variation besitzt, daß streng genommen in jeder größeren Bevölkerung die verschiedensten Kopfformen, Hautfarben und Staturen vorkommen können und auch tatsächlich vorkommen. Daraus folgt, daß wirklich scharfe und durchgreifende Merkmale, durch welche größere, völlig homogene Menschengruppen als Rassen voneinander abgegrenzt werden könnten, überhaupt nicht existieren. Alles, was man zurzeit festzustellen vermag, sind gewisse, durch das Hervortreten bestimmter Merkmale charakterisierte Einzelgruppen, die wieder miteinander in mannigfacher Beziehung stehen. Von solchen Einzelgruppen dürften gegenwärtig der Hauptsache nach folgende in Betracht kommen:

1. Australier (einschließlich Tasmanier, Melanesier und Papua, Fig. 277). Der Schädel ist lang und schmal, das Gesicht stark vorspringend (die Augenbrauenbögen kräftig entwickelt). Die Körpergröße schwankt um 166 cm. Die Haut ist meist schokoladebraun, doch kommen auch gelbe Töne vor.

Das lange Haar ist schwarz und lockig bis kraus. Die Iris erscheint dunkelbraun (die äußere Augenhaut aber ist nicht pigmentiert). Die Hautmuskulatur ist weniger differenziert als bei Europäern. Das Gehirn steht nach Gestaltung und Größe dem der weißen Rasse nach.

2. Afrikaner (afrikanischer Kontinent südlich der Sahara, einschließlich Teilen von Madagaskar; eingebürgert in Amerika; Fig. 278). Der Schädel ist lang, das Gesicht stark vorspringend (aber ohne ausgeprägte Augenbrauenbögen). Die Körpergröße schwankt (bei Männern) zwischen 162 und 174 cm. Die Haut ist schwarzbraun bis bronzefarbig. Das Haar ist sehr kurz, schwarz, gruppenweise spiralg eingerringelt (Pfefferkornanordnung). Die Iris ist dunkelbraun, auch die äußere Augenhaut häufig pigmentiert. Die Gesichtsmuskulatur ist weniger differenziert als beim Europäer. Das Gehirn übertrifft das des Australiers an Größe, ist aber kleiner als das des Europäers.

Von beiden vorbesprochenen Gruppen unterscheiden sich die Andamanesen namentlich durch ihre geringe Körpergröße (im Durchschnitt 148 cm). Der Schädel ist klein und rund, mit vorspringenden Kiefern.

3. Buschmänner (einschließlich Hottentotten) in Südafrika (Fig. 279). Der kleine Schädel ist lang, mit kleinen Kiefern, glattem Gesicht, steiler Stirne. Die Körpergröße beträgt bei Männern durchschnittlich 152 cm. Die Haut ist hellgelb. Das im Querschnitt sehr flach elliptische Haar zeigt die typische sog. Pfefferkorngruppierung. Die Gesichtsmuskulatur ist weniger differenziert als bei Europäern. Ein besonderes Merkmal bildet die bei beiden Ge-

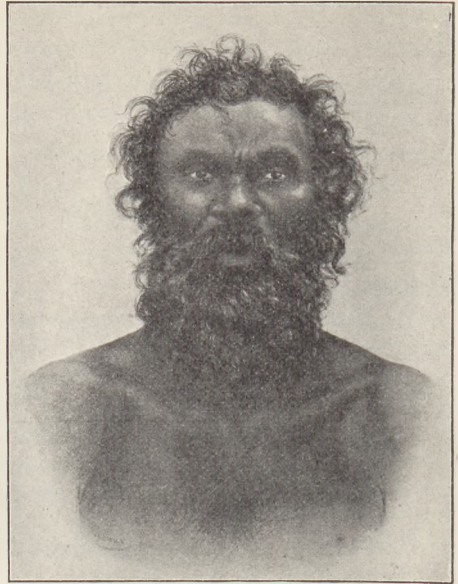


Fig. 277. Australier.

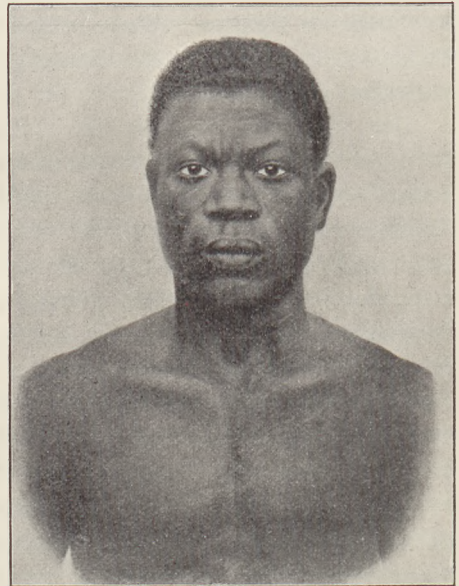


Fig. 278. Afrikaner.

schlechtern auftretende Anhäufung von Fett über den Gesäßmuskeln.

4. Eurasier (Europäisch-asiatischer Kontinent, abgesehen von der historischen Besiedelung Amerikas). Die Schädelform ist eine mittlere, alle Übergänge von extremer Langköpfigkeit zur Kurzköpfigkeit kommen in diesem Gebiete vor. Charakteristisch ist die Verbindung eines großen Hirnschädels mit einem kleinen Gesichtsschädel (der Schädelinhalt schwankt um 1500 ccm). Auch Körpergröße, Haut-, Haar- und Augenfarbe sind sehr wechselnd. Man teilt die Eurasier in verschiedene Unterrassen, deren wichtigste etwa folgendermaßen zu klassifizieren sind:

A. Europäische Rassen:

- a) Nordische Völker: Haut weiß (rötlich); Haar blond oder rötlich-blond, fein, wellig; Augen hell, oft blau. Statur groß. Schädel und Gesicht lang. — Hierher unter anderem die Skandinavier, Finnländer, Großrussen\*), Norddeutschen, Nordholländer, Engländer.
- b) Alpine Völker: Haut matt-weiß; Haar dunkel, lockig; Augen dunkel. Schädel und Gesicht rund. — Hierher die Schweizer, Tiroler, Südbayern, Slovenen, Kroaten, Rumänen u.a.
- c) Mediterrane Völker (Südeuropa und Nordafrika): Haut brünett; Haar und Augen dunkel. Statur klein. Schädel lang. — Hierher die Spanier, Portugiesen, Südfranzosen,

\*) Die „slavischen“ Völker sind heute anthropologisch nicht mehr einheitlich, so daß ein spezifisch slavischer Typus nicht existiert.

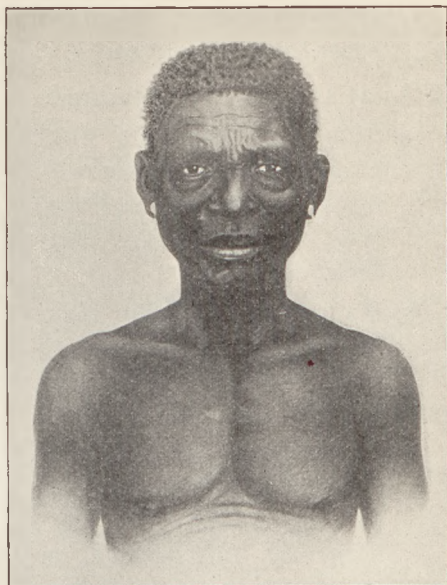


Fig. 279. Buschmann.



Fig. 280. Mongole (Chinese).



Italiener, Griechen, Nordafrikaner (ohne die Araber) u. a.

B. Asiatische Rassen (Auswahl):

a) Semiten\*) (Araber): Haut bräunlich; Haare dunkel, wellig; Augen dunkel. Schädel lang, Gesicht länglich elliptisch.

b) Mongolen (Fig. 280): Haut blaßgelb bis grau; Haare straff, schwarz; Augen dunkel. Schädel rund, Gesicht breit, mit vorspringenden Backenknochen. Sehr häufig erscheint das Auge infolge einer überhängenden Augenlidfalte im inneren Augenwinkel schief gestellt. — Hierher die Mandschu,

Koreaner, eigentlichen Mongolen (Tungusen), Chinesen, Japaner u. a.

Als den Mongolen ähnliche Völker sind zu nennen: 1. die finnischen Völker (ausschließlich der den Skandinaviern nahestehenden Finnländer), wie Lappen und Samojuden; 2. die Turco-Tataren, wie eigentliche Tataren, Jakuten, Kirgisen, Turkmenen usw. Die heutigen „Türken“ sind so stark mit europäischen Elementen vermischt, daß sie keine tatarischen Charaktere mehr zeigen.

5. Malaio - Polynesier (Malaisischer Archipel und Inseln des Großen Ozeans ohne Melanesier und Papua; Fig. 281). Der mesokephale Schädel ist groß, von oben gesehen rhombisch, infolge der stärkeren Entwicklung des Scheitelbeinhöckers.

\*) Die Hebräer (Israeliten) sind derart gemischt, daß sie den semitischen Charakter nicht zum Ausdruck bringen.



Fig. 281. Polynesierin.



Fig. 282. Amerikaner (Dakota).

Die Körperlänge schwankt zwischen 168 und 174 cm, die Hautfarbe zwischen der des Milchkafees und einem warmen Braun. Das wellige Haar ist schwarz, die Iris dunkelbraun.

6. Amerikaner oder Indianer (in fast ganz Amerika; Fig. 282). Die Indianer tragen die Merkmale einer sekundären Rasse und sind sehr variabel. Der Schädel ist mesokephal, zeigt aber auch Übergänge zur Lang- und Kurzköpfigkeit. Die Statur schwankt zwischen Mittelgröße und den höchsten, noch als Gruppenmerkmal beobachteten Zahlen. Die Haut ist braungelb, das Haar straff, hart und schwarz. Die größeren Staturen finden sich in Nordamerika und Patagonien, die kleineren in Mittel- und Südamerika. Mesokephal sind die Bewohner Nordamerikas sowie einige Stämme Südamerikas, wo jedoch auch Dolichocephalie vorkommt. Brachykephal sind die Zentralamerikaner und die Patagonier.

7. Polarvölker (Grönland nebst Labrador und Eismeerküste Amerikas und Asiens). Der große, lange Schädel hat stark entwickelte Kiefer, das Gesicht ist breit. Die Körperlänge der Männer beträgt im Mittel 162 cm. Die Haut zeigt verschiedene Töne eines lichten Gelbbraun. Das Haar ist schwarz und straff. — Neben einer Reihe kleinerer sibirischer Völkerstämme (Tschuktschen, Kamschadalen usw.) gehören hierher vornehmlich die Eskimos Nordamerikas und Grönlands.

### C. Der prähistorische Mensch.

Eine gesicherte Überlieferung über die Geschichte der Menschheit ist erst möglich geworden, seitdem der Mensch es gelernt hat, seine Gedanken und Erlebnisse durch eine den Nachkommen verständliche Schriftsprache festzulegen. Vor dieser Zeit, die selbst bei den ältesten Kulturvölkern nur wenige Jahrtausende vor unsere christliche Zeitrechnung zurückreicht, hat der Mensch zweifellos schon Zehntausende von Jahren auf der Erde existiert, ohne daß wir über ihn und seine Schicksale weitere Kunde hätten, als spärliche Knochenreste und mancherlei Spuren seiner Tätigkeit uns bieten können, die man an geeigneten Örtlichkeiten in den jüngeren Ablagerungsschichten der Erdrinde gefunden hat. Das Bild, welches wir so auf dem Wege geologischer Forschung über die Urgeschichte des Menschen gewinnen, ist zurzeit noch ein in vieler Hinsicht unbefriedigendes und unklares. Immerhin ermutigen die Forschungen und Entdeckungen der letzten Jahrzehnte zu der Hoffnung, daß weitere Klärung zu erwarten ist, sobald auch die übrigen Erdteile mit der gleichen Sorgfalt durchforscht sein werden, die man bisher allein auf das zentrale Europa verwenden konnte.

Aus der Geologie wissen wir, daß die sog. „kainozoische“ Zeit sich aus drei Hauptformationsreihen zusammensetzt, dem Tertiär, dem Diluvium und dem bis in die Gegenwart reichenden Alluvium.

Im Laufe der verschiedenen Schichtenreihen der außerordentlich mächtigen und daher zweifellos ungeheure Zeiträume umfassenden Tertiärformation haben sich, wie die paläontologischen Urkunden lehren, die Gruppen der plazentalen, d. h. der nicht zu den Beuteltieren gehörigen Säugetiere zu gewaltiger Ausbildung und Formenmannigfaltigkeit entwickelt, wie sie durch das Eozän, Oligozän, Miozän, Pliozän bis hinauf zum Pleistozän in immer neuen, immer mehr der heutigen Tierwelt sich nähernden Gestaltungen zu verfolgen ist, bis schließlich im Diluvium im wesentlichen schon die Typen der Jetztzeit uns entgentreten.

Das Diluvium, welches etwa einen Zeitraum von hunderttausend bis zweihunderttausend Jahren umfassen dürfte, ist vor allem charakterisiert durch eine Reihe von Kälteperioden, welche in Zwischenräumen bis tief in die gemäßigten Zonen sich geltend machten und einen großen Teil von Mitteleuropa mit gewaltigen, von Skandinavien und von den Alpen vordringenden Gletschermassen überdeckten, wobei Nord- und Ostsee vollkommen durch diese über tausend Fuß mächtigen Eismassen ausgefüllt waren. Ein ähnliches Vordringen der Vergletscherung in den sog. „Eiszeiten“, die dann mehrfach durch wärmere Perioden unter entsprechendem Zurückweichen der Gletscher unterbrochen wurden, läßt sich auch in Nordamerika nachweisen. In Deutschland waren während der Eiszeiten, deren man zum mindesten vier annehmen muß, wohl nur wenige Gebiete Mitteldeutschlands frei von Eis, während in Südfrankreich und den südlichen Halbinseln die Gegensätze des Klimas augenscheinlich weniger stark sich geltend gemacht haben. Hier konnte sich das tierische und pflanzliche Leben mit einer gewissen Stetigkeit weiter entwickeln, wohingegen in den nördlicheren Gebieten Flora und Fauna bei jeder neu hereinbrechenden Kälteperiode im wesentlichen vernichtet oder doch verdrängt wurden, so daß in den dann folgenden, auf vielleicht je 10–20000 Jahre zu bemessenden „Zwischeneiszeiten“ eine ganz neue Besiedelung des wieder bewohnbar gewordenen Gebiets aus andern Ländern erfolgen mußte. Ein solcher Wechsel der Tierwelt im Laufe der drei gewöhnlich angenommenen Zwischeneiszeiten („Interglazialzeiten“) läßt sich in der Tat mit ziemlicher Deutlichkeit nachweisen. Aus der ersten, auf die erste Vereisung im Diluvium folgenden Interglazialzeit kennen wir vornehmlich die Überreste von Nashörnern und indischen Elefanten, von Höhlenlöwen, Höhlenhyänen und vor allem vom Höhlenbären, der damals auf der Höhe seiner Entwicklung gestanden zu haben scheint. Die zweite Interglazialperiode ist hauptsächlich charakterisiert durch das Mammut, jenen wollhaarigen Elefanten, dessen Überreste man – in einigen Fällen sogar noch mit Fleisch – so häufig im sibirischen Eise findet; sodann durch das wollige Nashorn (*Rhinozeros tichorhinus*) und durch Wildpferde. Der Höhlenbär ist entschieden im Aussterben, und Rentiere sind selten. In der letzten

Zwischeneiszeit trägt dann die Fauna ein ausgesprochen arktisches Gepräge: Das Renntier tritt in den Vordergrund; neben ihm der heute ebenfalls hochnordische Moschusochse, der Vielfraß u. a., wohingegen die Periode nach der letzten Vergletscherung, in der wir uns heute noch befinden, also das Alluvium, nach Rückzug der nordischen Tiere den Edelhirsch, den Auerochsen, den Wisent neben Bär und Luchs als Charaktertiere der Fauna erscheinen läßt.

### a. Das Tertiär.

Eolithische Zeit. Die Frage, in welcher der vorstehend kurz skizzierten geologischen Perioden die ersten unzweifelhaften Spuren des Menschen erkennbar sind, hat seit langem die Forscher aller Kulturnationen beschäftigt. Auch heute noch ist sie nicht mit befriedigender Sicherheit zu lösen, doch mehren sich die Stimmen derjenigen, welche ein Zurückreichen des Menschen bis in die Tertiärzeit, selbst bis in deren ältere Schichten, für in hohem Grade wahrscheinlich, wenn nicht für erwiesen halten. Es handelt sich hierbei ausschließlich um das Vorkommen sog. „Eolithen“, d. h. von Steinen, die anscheinend nicht mehr ganz ihre natürliche Form haben, sondern zum Gebrauch als Werkzeug, wenn auch in rohester Weise, hergerichtet zu sein scheinen (Fig. 283), was eben nur durch Menschenhand geschehen sein könnte. Gefunden hat man solche, besonders aus Feuerstein bestehende Eolithen nicht nur im Pliozän Frankreichs und Englands, sondern auch im Miozän und selbst im oberen Oligozän. Während die einen Forscher behaupten, in den sog. „Schlagmarken“ dieser Steine ein sicheres Kennzeichen für die stattgehabte Bearbeitung durch den Menschen zu besitzen, verhalten sich andere demgegenüber zweifelnd und glauben ihr Urteil bis zur Auffindung vollgültigerer Beweise zurückhalten zu sollen. Von irgend welchen Skeletteilen des Menschen ist in tertiären Schichten bisher nichts gefunden.

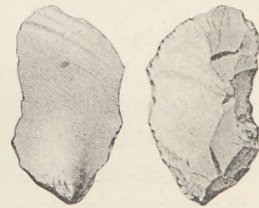


Fig. 283. Eolithen.

Großes Aufsehen erregte es, als im Jahre 1895 bei Trinil in Südjava von dem holländischen Arzte Dubois im oberen Pliozän des dortigen Tertiärs spärliche Überreste (Schädeldach, zwei Backenzähne, Oberschenkel) eines Geschöpfes aufgefunden wurden, das eine merkwürdige Mittelstellung zwischen Mensch und Affen einzunehmen schien und als *Pithecanthropus erectus* bezeichnet wurde. Aus dem Schädeldach ließ sich nachweisen, daß dieses Geschöpf einen Schädelinhalt von etwa 900 ccm besessen hat, im Gegensatz zu demjenigen der menschähnlichen Affen von 500 ccm und dem des heutigen Menschen von etwa 1500 ccm. Aus der Form des Oberschenkelknochens glaubt man zudem mit Sicherheit auf aufrechten Gang schließen zu können. Neuere Untersuchungen machen es jedoch wahrscheinlich, daß es sich bei diesem Funde um einen zur Gibbongruppe gehörigen Affen handelt.

### b. Das Diluvium.

Paläolithische Zeit. Ungleich sicherer und mannigfaltiger als für das Tertiär sind die Beweise, welche für die Existenz des Menschen während der Diluvialzeit ins Feld geführt werden können. Nicht allein, daß wir zahllose Spuren seiner Tätigkeit aus jener Zeit kennen, sondern es stehen uns auch eine Reihe von Skelettfunden zu Gebote, welche einiges Licht auf die körperliche Beschaffenheit des diluvialen Menschen zu werfen geeignet sind.

Vor allem sind es auch im Diluvium namentlich bearbeitete Steine, welche neben Werkzeugen aus Holz, Knochen und Horn an vielen Orten die Anwesenheit des Menschen verraten. Ist diese Bearbeitung auch noch eine ungemein rohe, die sich allein auf das „Zurechtschlagen“ beschränkte und noch nichts vom Schleifen und Glätten einer späteren Periode weiß (Fig. 284),

so zeigen doch die uns erhaltenen Schaber (zum Abkratzen der Felle), Messer (abgesplitterte dünne Feuerstreifen mit scharfen Schneiden), Bohrer, Pflriemen, Beile, Pfeil- und Lanzenspitzen ein so typisches Gepräge, daß über deren künstliche Herstellung ein Zweifel nicht obwalten

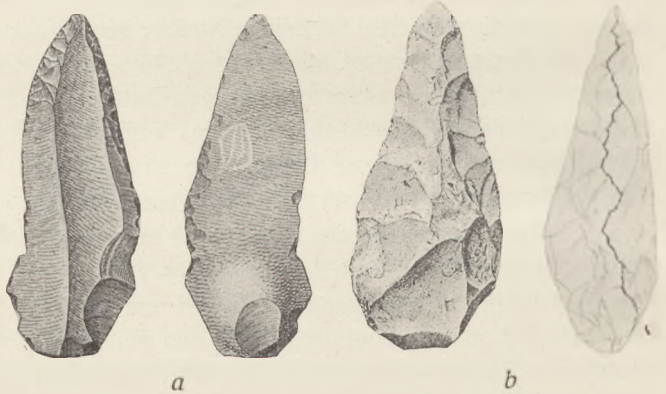


Fig. 284. Paläolithische Steinwerkzeuge der ersten Zwischenzeit *a* von Chelles, *b* von Le Moustier in Frankreich.

kann, zumal man nicht selten auch noch die „Steinkerne“ oder Nuclei findet, d. h. die größeren Knollen, von denen durch Schlag oder Druck die scharf-randigen Späne in der gewünschten Form abgesprengt sind (Fig. 285). Im Gegensatz zu der dem Alluvium angehörigen und noch zu besprechenden Epoche der polierten Steinwerkzeuge (neolithische Periode oder *Époque de la pierre polie* der Franzosen) hat man auf Grund der eben geschilderten Vorkommen die Kulturstufe des diluvialen Menschen als die ältere Steinzeit (paläolithische Periode oder *Époque de la pierre taillée*) bezeichnet. Ackerbau und Viehzucht sind dem paläolithischen Menschen noch ebenso fremd wie die Kunst, aus Ton Gefäße zu formen. Als Jäger und Fischer führte er ein unstetes Leben, gern in Höhlen oder unter überhängenden Felswänden gegen die Kälte sich bergend.

Die ungemein reichen Funde, die das Dasein des Menschen in der Diluvialzeit bezeugen, miteinander in chronologische Beziehung zu bringen und sie vor allem den verschiedenen Perioden einzuordnen, welche nach den Fest-

stellungen der Geologen im mehrfachen Wechsel von Vereisung und milderem Klima die Daseinsbedingungen der diluvialen Lebewelt in hohem Maße beeinflusst haben, erscheint als eine ungemein schwierige Aufgabe, zumal, wie bereits früher hervorgehoben, jene glazialen und interglazialen Perioden jedenfalls nur in einem Teile des bisher durchforschten europäischen Gebietes mit voller Schärfe sich geltend gemacht haben. Die folgenden Darlegungen können daher nur als ein Versuch angesehen werden, die Tatsachen so zu ordnen, wie sie nach dem heutigen Standpunkte unseres Wissens sich darstellen.

*Erste Interglazialzeit.* In der ersten Zwischeneiszeit herrschte im mittleren Europa augenscheinlich ein verhältnismäßig warmes Klima. Dafür spricht die Anwesenheit der indischen Elefanten, Rhinocerosse, Nilpferde, der Höhlenlöwen und Höhlenhyänen beim gleichzeitigen gänzlichen Fehlen nordischer Tiere. Der Mensch stand, wie die Funde von Chelles, St. Acheul und Le Moustier in Frankreich, aber auch in Deutschland, Österreich und Russisch-Polen beweisen, auf einer noch sehr niedrigen Stufe der Kultur, denn seine Steinwerkzeuge, in erster Linie ein nur grob behauener mandelförmiger Steinkeil (vgl. Fig. 284 a), der wohl nur mit der bloßen Faust geschwungen wurde, zeigen ein noch sehr rohes Gepräge, und irgend welche Andeutungen von Kunstsinn sind nirgend zu bemerken.

Die körperliche Ausbildung dieses Menschen wich, wie wir seit kurzem mit Sicherheit behaupten können, so sehr von allen in der Jetztzeit lebenden Rassen ab, daß man ihn als selbständige Art, als *Homo primigenius*, dem *Homo sapiens* L. der Jetztwelt gegenüberzustellen pflegt. Bereits im Jahre 1859 hatte man in einer Grotte des Neandertals bei Düsseldorf das Schädeldach (Fig. 286) und sonstige Skelettteile eines Menschen gefunden, der durch den geringen Rauminhalt seiner Schädelkapsel (1200 ccm, Fig. 287 b), seine niedrige fliehende Stirn, die hohen knöchernen Augenbrauenbögen, den plumpen, fast kinnlosen Unterkiefer

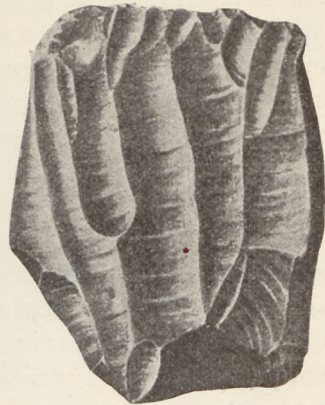


Fig. 285. Paläolithischer Steinkern.



Fig. 286. Menschliches Schädeldach aus dem Neandertal.

mit großen Zähnen, das höchste Interesse der Forscher erregte, in der Folge aber lange Zeit von vielen als krankhafte Abnormität eines gewöhnlichen Menschen angesehen wurde. Erst als nach und nach die Funde sich mehrten, als man bei Spy in Belgien, bei Schipka in Mähren, bei Taubach unweit Weimar, sowie vor allem bei Krapina in Kroatien Menschenreste zutage förderte, die ganz unverkennbar den Typus des Neandertal-Menschen wiederholten, gelangte man zu der Auffassung, daß es sich hier um eine wohl charakterisierte, seinerzeit weit über Mitteleuropa verbreitete Menschenart handelt, die heute und auch schon in der späteren Diluvialzeit völlig vom Erdboden verschwunden ist.

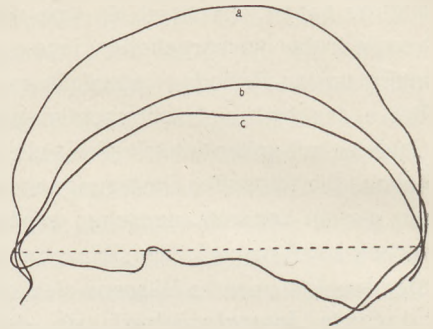


Fig. 287.

Umriß des Schädeldachs *a* vom Europäer, *b* vom *Homo primigenius*, *c* vom *Pithecanthropus erectus*.

*Zweite Interglazialzeit.* Die zweite Zwischeneiszeit dürfte ebenfalls eine Periode verhältnismäßig milden Klimas gewesen sein, denn die großen Raubtiere (Höhlenlöwe, Höhlenhyäne, Höhlenbär) sind noch vorhanden, neben ihnen vor allem das Mammut, das wollhaarige Nashorn und die Wildpferde. Auch Rentiere (selten), Edelhirsch und Bison treten auf. Gegen Ende der Periode nehmen, wohl infolge klimatischer Veränderungen, die großen Raubtiere und die Dickhäuter stark ab; der Höhlenbär erlischt gänzlich und das Mammut wird selten.

Die Fundstationen menschlicher Tätigkeit, welche man dieser Zwischeneiszeit zuzurechnen geneigt ist, sind namentlich wieder in Frankreich (Solutré, Laugerie haute, Brassempouy usw.) von hervorragender Bedeutung, finden sich aber auch in Mentone an der Riviera, in Belgien, Mähren (Brünn) usw. Die Steinwerkzeuge zeigen zum großen Teil eine ungleich feinere und sorgfältigere Bearbeitung als die der ersten Periode, indem namentlich die Feinheit der formenden Abspaltungen (Retouchen) zunimmt und oft genug die ganze Oberfläche des etwa als lorbeerblattartige Pfeilspitze bearbeiteten Steinstücks umfaßt (Fig. 288). Zahlreiche Werkzeuge von Knochen, Elfenbein, Hirschhorn, oft kunstvoll gearbeitet, vervollständigen das Rüstzeug des Mammutjägers. Abweichend von der früheren Periode treten jetzt zum erstenmal auch die deutlichen Anzeichen eines wohl entwickelten Kunstsinns in die Erscheinung, nicht nur in allerlei krummlinigen



Fig. 288. Paläolithisches Steinwerkzeug der zweiten Zwischeneiszeit (von Solutré).

Ornamenten auf Knochen und Elfenbein, sondern auch in Gestalt trefflicher Figurenschnitzereien sowie in mancherlei Zeichnungen und Wandmalereien (in den Wohnhöhlen), die mit unverkennbarer Naturtreue das Mammut (Fig. 289 *a*), das Wildpferd, das Renttier (Fig. 289 *b*), den Wisent (Fig. 289 *c*) usw. zur Darstellung bringen. Namentlich die tiefen und dunklen Höhlen in der Dordogne haben in den letzten zwei Jahrzehnten höchst überraschende Funde zutage gefördert.

Von Menschenresten selbst aus dieser Periode, die sich ziemlich scharf wieder in mehrere Stufen gliedert, sind lange Zeit keinerlei Spuren gefunden worden, doch schienen die mancherlei Bruchstücke menschlicher Figuren (Fig. 290 *a, b*) aus Elfenbein, Speckstein und Hirschhorn darauf hinzuweisen, daß hier ein Typus dargestellt werden sollte, der einigermaßen an negerartige Formen, speziell an die Hottentotten erinnert. Erst im Jahre 1899 gelang es, in der Nähe von Mentone in einer mehrere Kulturschichten übereinander zeigenden Grotte ganz zu unterst zwei Skelette auszugraben, deren Gesichtsschädel zweifellos negerartigen Typus zeigt. Dieser „Grimaldi-Typus“, wie man ihn genannt hat, dürfte daher auch den oben erwähnten figürlichen Darstellungen als Vorbild gedient haben; seine Auffindung scheint zu beweisen, daß negerartige Volksstämme zu jener Zeit wenigstens den Südwesten Europas bewohnt haben, wengleich es

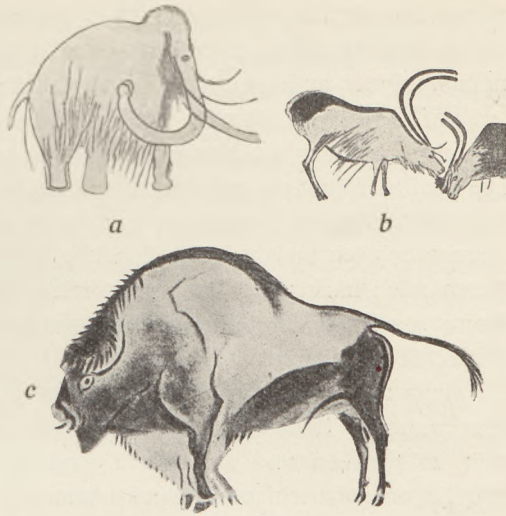


Fig. 289. Wandmalereien der mittleren Diluvialzeit.  
*a* Mammut, *b* Renttiere, *c* Wisent.

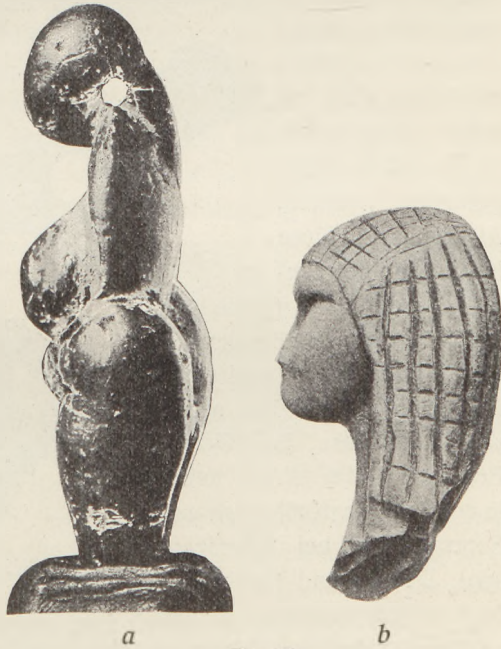


Fig. 290.

Menschliche Stein-Figuren der mittleren Diluvialzeit.



zurzeit natürlich noch unentschieden bleiben muß, ob die ganze reiche Kultur dieser Epoche auf sie zurückzuführen ist, oder ob nicht mit und neben ihnen noch Vertreter anderer Rassen gehaust haben.

*Dritte Interglazialzeit.* Die dritte Zwischeneiszeit stellt sich uns dar als eine Periode rauheren Klimas. Die großen Raubtiere mit dem Höhlenbären sind gänzlich verschwunden, ebenso die Nashörner, während das augenscheinlich im Abzuge befindliche Mammut nur im Osten noch häufig ist. Das verbreitetste Wild ist das Renttier; auch Wildpferde und Bisons sind stark vertreten, der Edelhirsch ist selten.

Mehr als in früheren Perioden scheint der Mensch des rauheren Klimas wegen gezwungen gewesen zu sein, in Höhlen und an ähnlich geschützten Plätzen sein Lager aufzuschlagen. Noch immer ist er ein frei umherschweifender Jäger, dessen Steinwerkzeuge meist unansehnlich, wenn auch oft fein ausgeführt erscheinen, der aber um so mehr das Horn der Geweihe und die Knochen der erlegten Tiere zu allerlei Nadeln, Dolchen, Speerspitzen, Harpunen (Fig. 291 *a* u. *b*) usw. zu verarbeiten weiß. Umrißzeichnungen auf Knochen (Fig. 292 *a* u. *b*) und Wandmalereien in Höhlen sind aus dieser Periode nur im Westen Europas gefunden worden. Als Typus für diese Kulturstufe betrachtet man die Höhlenfunde von

Madelaine in Südfrankreich, denen sich äußerst zahlreiche andere in Frankreich selbst (Laugerie basse, Les Eyzies, Bruniquel, Mas d'Azil usw.), in der Schweiz (Keßlerloch und Schweizerbild bei Schaffhausen), Deutschland (Schussenried in Württemberg, Andernach usw.), Belgien, Österreich, Russisch-Polen usw. anschließen.

Überreste von Menschen sind aus dieser Zeit mehrfach bekannt geworden,



Fig. 291. *a* Harpune, *b* Dolch aus Renttierknochen.

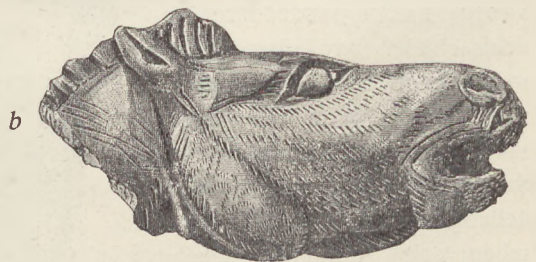
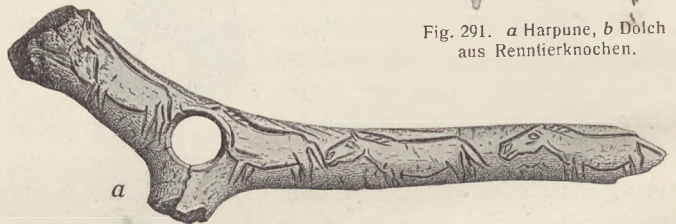


Fig. 292. *a* Renttier-Geweihstange mit eingeritzten Wildpferden, *b* Pferdekopf.

so aus Südfrankreich von verschiedenen Fundpunkten, aus der Grotte von Mentone, aus Mähren. Mögen diese Funde auch verschiedenen Rassen angehören, da die Schädel teils Langköpfe, teils Kurzköpfe sind, so ist doch so viel unzweifelhaft, daß es sich hier um Typen handelt, die mit den heute lebenden Menschenformen in engster Beziehung stehen, ja deren nächste Verwandte in rein körperlicher Hinsicht wir vielleicht in den hochnordischen Völkern der Gegenwart, in den Tschuktschen, Eskimos usw. erblicken dürfen.

Erwähnt sei schließlich noch, daß paläolithische Funde auch aus Ägypten bekannt geworden sind, und daß es für die letzte Periode dieser Kulturepoche sogar möglich erschienen ist, aus der Dicke der abgelagerten Schichten, die noch heute an gewissen Örtlichkeiten in annähernd gleichem Tempo durch Anschwemmungen wachsen, eine annähernde Zeitbestimmung über deren Dauer zu versuchen. Danach würde es sich um einen Zeitraum von etwa 20–24000 Jahren handeln, während die dann folgende Unterbrechung bis zum Beginn der neolithischen Periode wohl ebenfalls auf 8–12000 Jahre zu berechnen ist.

### c. Das Alluvium.

Neolithische Zeit. Wenngleich aus Südwesteuropa einige Fundstätten bekannt sind, die man in gewisser Hinsicht als Übergangsstufen der paläolithischen in die neolithische Zeit ansehen kann, so gilt doch für den größten Teil Zentraleuropas als Regel, daß die Schichten der paläolithischen Kulturreste zunächst von mehr oder minder starken Lagen einschlußloser Sedimente überdeckt sind, ehe dann über ihnen und völlig unvermittelt die Überreste einer durchaus neuen Kulturepoche, der neolithischen, auftreten. Die einfachste Erklärung für diese Erscheinung ist wohl darin zu suchen, daß eben eine neue, letzte Vereisung den Menschen des Diluviums zwang, seine Wohnsitze zu verlassen, und daß dann erst nach abermals Jahrtausenden, als die Gletscher zurückwichen, die Möglichkeit der Ansiedlung durch neu in das Gebiet einwandernde Völkerstämme gegeben war.

Das Klima dieser Nacheiszeit, in der wir noch heute leben, war ein durchaus gemäßigtes, die Tierwelt im wesentlichen die gleiche wie in der Jetztzeit, wenn wir davon absehen, daß inzwischen so manche der großen Wiederkäuer, wie Wisent, Auerochse, Riesenhirsch, und Raubtiere, wie Bär, Luchs und Wolf, durch den Menschen ausgerottet oder doch aus den bewohnten Gegenden verdrängt sind.

Was der Kulturstufe dieser ersten Periode des Alluviums ihr charakteristisches Gepräge verleiht, ist einmal das Auftreten von Haustieren, wie Hund, Ziege, Schaf und Rind, denen erst spät auch das Schwein sich zugesellte, und der beginnende Getreidebau (zuerst Hirse und Gerste, später

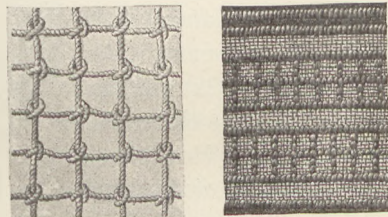


Fig. 293. Gewebe der neolithischen Periode.

auch Weizen), sodann aber die Kunst, aus Tonerde Gefäße zu formen, aus Gespinstpflanzen Schnüre zu drehen oder Gewänder herzustellen (Fig. 293) sowie vor allem, die durch Schlag roh zugehauenen Stein-  
geräte sorgfältiger zu bearbeiten (Fig. 294 *a*), bzw. denselben durch Schleifen eine polierte Fläche und scharfe  
Schneide zu geben (Fig. 294 *b–e*). Wegen dieser sehr in die Augen springenden Verschiedenheit der Steinwerkzeuge gegenüber der Diluvialzeit hat man diese Periode als jüngere Steinzeit oder neolithische (*Époque de la pierre polie*) bezeichnet.

Wie und wo alle diese für die Folgezeit so hochwertigen Errungenschaften gewonnen wurden, ist zurzeit, wo wir, abgesehen von einzelnen Fundpunkten in China, Japan und Indien, im wesentlichen ja nur über die Aufschlüsse in den europäischen Kulturländern verfügen, noch eine offene Frage.

Das verhältnismäßig milde Klima gestattete dem Menschen dieser Epoche mehr als bisher von den Höhlenwohnungen sich unabhängig zu machen und auch im freien Lande seinen Aufenthalt zu nehmen; der beginnende Getreidebau, die Mehrung des Hausrates, namentlich die Herstellung von Tonwaren deuten auf größere Selbsthaftigkeit hin, wengleich der Lebensunterhalt auch jetzt noch zum großen Teil durch Jagd und Fischfang, wie durch Einsammeln der Früchte des Waldes bestritten wurde.

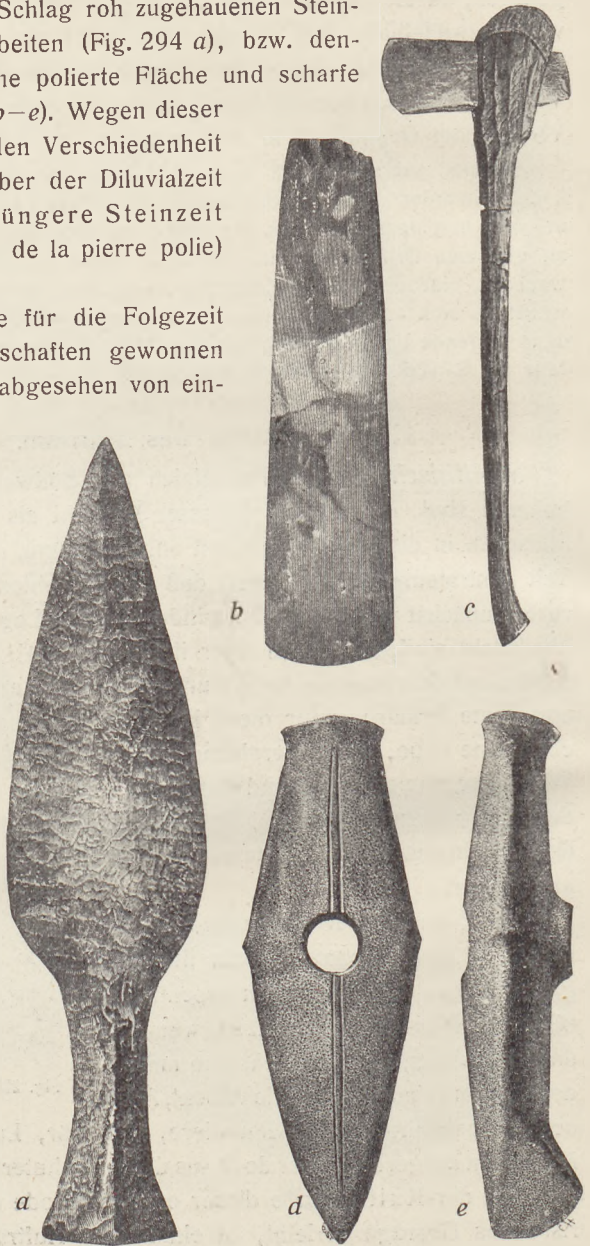


Fig. 294.

*a* Dolch der neolithischen Zeit, *b* poliertes Steinbeil, *c* Steinbeil mit Holzstiel, *d*, *e* Steinaxt.

*Kjökkenmøddinger.* Als eine der charakteristischsten Erscheinungen in der früh neolithischen Periode, die in Europa etwa rund 10 000 Jahre vor Christi Geburt begonnen haben mag, gelten die berühmten Küchenreste (Kjökkenmøddinger) der dänischen Ostseeküste, d. h. gewaltige Abfallhaufen bis zu 3 m Höhe, 300 m Länge und 150 m Breite von Muschelschalen, zwischen denen sich aber auch Asche, Topfscherben, Feuersteinwerkzeuge sowie Knochen von allem möglichen Wild (Hirsch, Reh, Wildschwein, Biber, Wolf, Fuchs, Hund, Bär, Luchs, Katze, Seehund) und Fischgräten finden. Spuren von Haustieren oder Feldbau hingegen sind nicht nachgewiesen; ebensowenig geschliffene Steinwerkzeuge. Ähnliche Kulturstufen verraten die Gräber in den Roten Felsen bei Mentone.

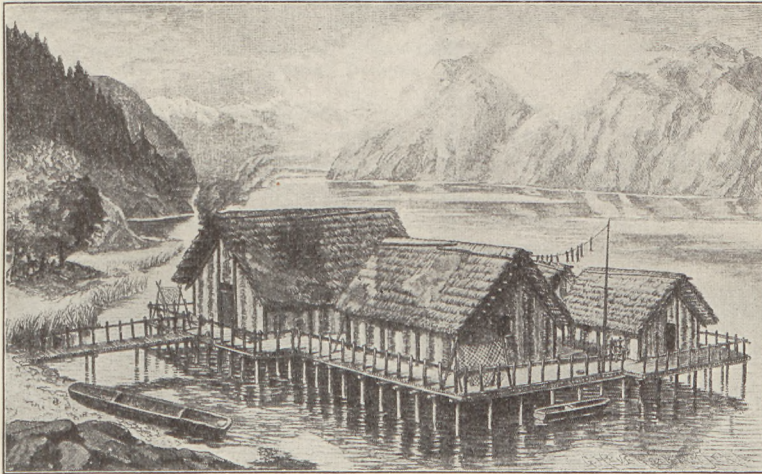


Fig. 295. Rekonstruktion eines Pfahlbaudorfes.

*Pfahlbauten.* Der vollentwickelten jüngeren neolithischen Periode, die etwa um das Jahr 4000 vor Christi beginnt, gehören vor allem die nicht minder berühmten, erst in den fünfziger Jahren des verflossenen Jahrhunderts entdeckten Pfahlbauten Deutschlands, Österreichs, Frankreichs, Italiens und vor allem der Schweiz (hier über 200 Stationen) an. Diese Pfahlbauten oder Pfahlbaudörfer, von denen jetzt eben nur noch die hölzernen Grundpfosten der in den See hineingebauten Hütten erhalten sind, deren versuchte Rekonstruktion aber in Fig. 295 wiedergegeben ist, liefern in ihrer früheren Entwicklungsstufe ausschließlich schlecht polierte kleine Steinäxte und grobe zylindrische Tongefäße ohne Verzierung (Fig. 296). Es folgt eine Stufe mit besser geformten, oft auch aus seltnerem Gesteinsmaterial hergestellten Steinwerkzeugen und einfach ornamentierten Tongefäßen, bis dann auf einer letzten Stufe neben gebohrten Steinhämmern, trefflichen Werkzeugen aus Holz, Hirschhorn usw. und reich ornamentierten Tongefäßen (Fig. 297) die ersten,

wenngleich seltenen Geräte aus Kupfer (Beile [Fig. 298], Pfiemen, Dolche) erscheinen und hiermit das Heraufziehen einer neuen Periode, der Kupfer- und Bronzezeit, ankündigen.



Fig. 296.  
Unverziertes Tongefäß  
der ältesten Zeit.



Fig. 297.  
Ornamentierte Tongefäße  
der jüngeren Steinzeit.



Fig. 298.  
Kupferbeil (noch in der  
Form der Steinbeile).

Wie die Pfahlbauten, so waren auch die Hütten der oberitalienischen „Terra-maren“, d. h. von Wall und Graben umzogene feste Plätze in der Ebene, auf Pfahlrosten errichtet. Daneben sind aus der neolithischen Zeit auch Höhlenwohnungen sowie einfache Hüttendörfer mit zum Teil in den Boden 1–2 m tief eingesenkten Reisighütten bekannt geworden. Auch Anhöhen, von konzentrischen Ringwällen umgeben, dienten oft der Besiedelung.

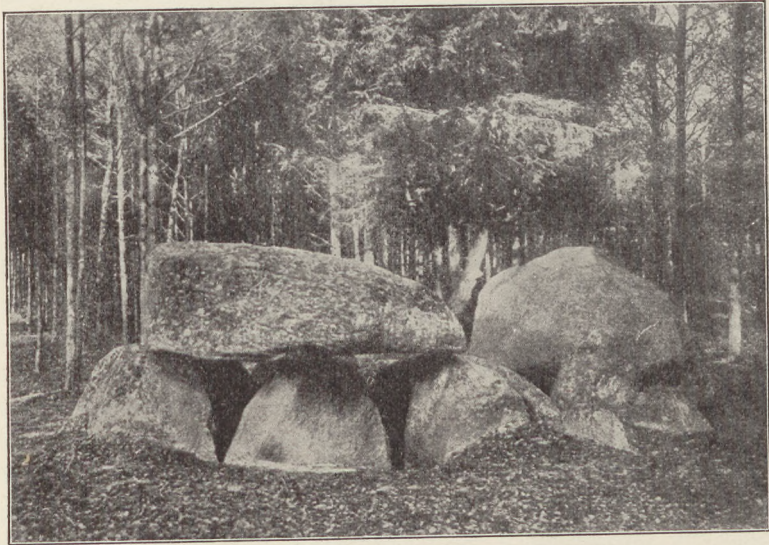


Fig. 299. Hünengrab.

Während aus der paläolithischen Zeit Gräberfunde nur in äußerst beschränkter Zahl nachgewiesen sind, dürfte die Bestattung der Toten in der neolithischen Zeit allgemein üblich gewesen sein. Wo Felshöhlen vorhanden waren, scheinen diese in erster Linie hierzu Verwendung gefunden zu haben

(Frankreich, Mentone, Fränkische Schweiz, England); wo sie fehlten, suchte der Mensch durch Errichtung von mächtigen Steinkammern, den sog. megalithischen Gräbern, Ersatz zu schaffen.

Diese Steinkammern finden sich zwar nicht im zentralen Deutschland, wo sie durch einfache Gruben ersetzt sind, reichen aber sonst in einem weiten Gürtel von Syrien über Nordafrika, Spanien, Frankreich, England und Norddeutschland bis nach Skandinavien. In Norddeutschland sind sie, von Erde überdeckt, als „Hünengräber“ bekannt (Fig. 299).

Infolge der geschilderten Bestattungsart ist das aus der neolithischen Zeit auf uns gekommene Material an menschlichen Skelettresten ein ungemein reiches; es läßt erkennen, daß auch zur damaligen Zeit schon verschiedene Rassen in Europa ansässig waren, kurzköpfige aus den Pfahlbauten der Schweiz, langköpfige aus den nordischen Steingräbern usw.

Bronze- und Eisenzeit. Die eben geschilderte neolithische Kulturperiode Europas – manche außereuropäischen Völker stehen bekanntlich noch heute auf der Stufe des Steinzeitalters – liegt

noch völlig im Dunkel der Prähistorie. Aber während auf diesem beschränkten Gebiet der Erde der Mensch im wesentlichen in der altgewohnten Weise der Diluvialzeit dahinlebt und nur ganz allmählich aus eigener Kraft und durch spärliche Anregungen von außen her in Kultur und Sitte voranschreitet, haben sich in glücklicheren Zonen Änderungen vollzogen, die in der Folgezeit von der allergrößten Tragweite für das Menschengeschlecht sich erwiesen und den Weg bahnten zu jenen Höhen der Kultur, auf die wir es heute erhoben sehen.

In der Ebene des Euphrat und Tigris, im alten Babylonien, wo Stämme aus dem Hochlande von Turan sich sesshaft gemacht und früh mit semitischen Völkern in enge Gemeinschaft traten, ist, wie es scheint, der Ursprung und Ausgangspunkt der gesamten vorderasiatisch-europäischen Kultur zu suchen. Hier wurde zuerst der Ackerbau in umfangreichem Maße getrieben, hier die Verwendung geformter Tonmassen als Baumaterial zuerst gelehrt, hier auch das Erz der angrenzenden Gebirge zuerst gewonnen

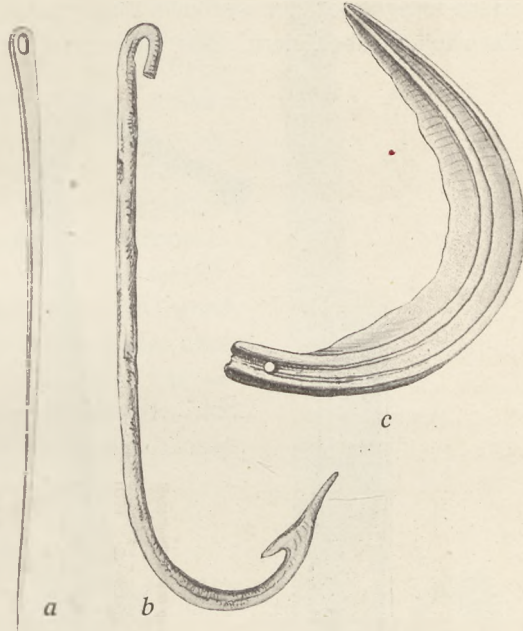


Fig. 300.

Bronzegeräte der Pfahlbauten. a Nadel, b Angelhaken, c Sichel.

und durch hüttenmännische Verarbeitung zur Anfertigung von Geräten und Werkzeugen aller Art brauchbar gemacht. Mächtige Gemeinwesen und Staaten mit ummauerten Städten, deren Tempel und Paläste zum Teil heute noch erkennbar, mit wohlgeordneten Staatswesen, mit immer weiter sich ausbreitendem Handel zu Lande und zu Wasser kamen hier zur Entwicklung, und die Erfindung der Schrift machte es möglich, wichtige historische Ereignisse oder wertvolle Entdeckungen durch Eingraben in Ziegel der Nachwelt zu überliefern. Das Morgenrot der Geschichte dämmerte so em-

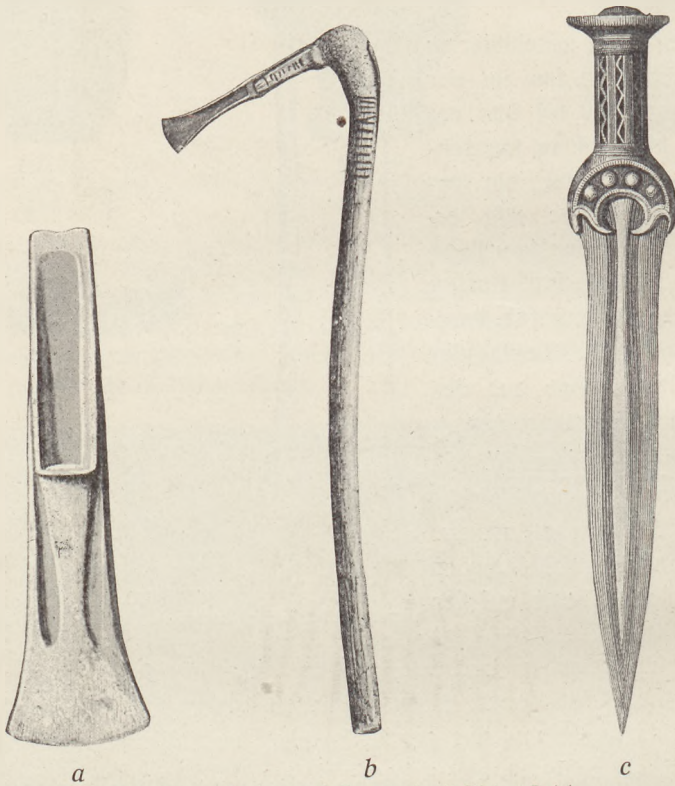


Fig. 301. *a* Bronzeaxt, *b* Bronzeaxt mit Stiel, *c* Dolch.

por, um von hier aus über weitere und weitere Kreise sich zu ergießen, bis schließlich, erst nach Jahrtausenden, auch die Völker jenseits der Alpen von ihrem Lichte bestrahlt werden.

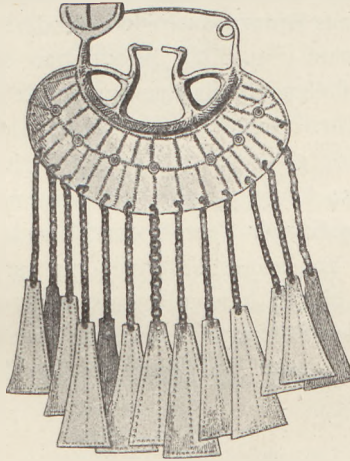
Es kann hier nicht die Aufgabe sein, das allmähliche Vordringen und die Weiterentwicklung der babylonischen Kultur in ihren einzelnen Phasen zu verfolgen. Nur kurz mag daran erinnert werden, daß diese Kultur augenscheinlich auf die Ägypter und deren Tochtervolk, die Phönizier, überging, daß dann zunächst Griechenland, später Italien und zuletzt auch die keltischen und germanischen Stämme in den Kreis derselben gezogen

wurden. Mehr und mehr verengt sich daher bei diesem Weitergreifen höherer Kulturzustände das Feld der Prähistorie, bis es endlich mit und nach der Blütezeit des römischen Weltreiches auch für die nordischen Völker zu schwinden beginnt.

Schon lange bevor dieser Zeitpunkt eintrat, hatten die Metalle wie die Kunst ihrer Gewinnung und Bearbeitung ihren Weg über das Mittelmeer gefunden. In den berühmten Ausgrabungen von Mykene im Peloponnes, deren älteste Kulturschichten von 1800–1500 vor Christi entstanden sein dürften, findet man bereits prächtige Waffen, Gefäße und Schmuckgegenstände aus Bronze, Kupfer, Silber und Gold, ohne daß irgend welche geschichtliche Kunde über das Volk erhalten wäre, das sie schuf. In den Pfahlbauten der Schweiz, die vielleicht durch mehr



a

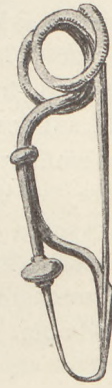


b

Fig. 302. Gräberfunde aus Hallstatt. *a* Schwert, *b* Fibel mit Kettengehänge.



a



b

Fig. 303. Funde von La Tène. *a* Schwert, *b* Fibel.

als drei Jahrtausende sich einer ununterbrochenen Entwicklung erfreuten, sehen wir die neolithischen Steinwerkzeuge mehr und mehr durch solche aus Kupfer verdrängt, bis dann auch dieses wieder den Bronzegeräten den



Platz räumt. Die Kupferzeit in den Pfahlbauten ist von etwa 2500–1800, die Bronzezeit (Fig. 300) mit ihren verschiedenen Perioden von 1800–800 v. Chr. anzusetzen.

Auch in den übrigen Gegenden nördlich der Alpen läßt sich auf die Zeit der neolithischen Steinwerkzeuge eine längere oder kürzere Bronzezeit nachweisen, die mit ihren Schwertern, Äxten, Messern und Dolchen, ihren Armspangen, Schmucknadeln und sonstigen Zieraten mehr und mehr zu eigenartiger und reicher, vom Orient sich emanzipierender Kunstindustrie sich entwickelte (Fig. 301). Im allgemeinen kann man wohl die Bronzezeit bei den zentraleuropäischen Völkern derjenigen der Pfahlbauten gleichsetzen, doch unterliegt es keinem Zweifel, daß sie namentlich im Norden vielfach noch bis zum 5. Jahrhundert v. Chr. geherrscht hat.

Der Bronze ist das schwieriger zu gewinnende, aber bereits von den alten Assyrenn gekannte und verarbeitete Eisen auf ihrem Siegeszuge nach Norden gefolgt, bald langsam und zögernd wie bei den nordischen Völkern, bald verhältnismäßig schnell, so daß dann der Herrschaft der Bronze nur eine kurze Zeitspanne verblieb. In den Funden von Troja, Mykene und Tiryns ist das Eisen noch nicht vertreten. Erst im 9. und 8. Jahrhundert v. Chr. scheint es seinen Siegeslauf angetreten und sich verhältnismäßig schnell über einen großen Teil von Europa ausgebreitet zu haben. Nach den großartigen Funden in den Gräbern von Hallstatt im Salzkammergut, in denen neben mehreren tausend Objekten aus Bronze auch viele hundert Waffen und Gerätestücke aus Eisen vereinigt sind (Fig. 302), pflegt man die ältere Eisenzeit, welche in Griechenland und Italien bereits der Geschichte angehört und wohl bis zum 4. Jahrhundert v. Chr. reicht, als Hallstattperiode zu bezeichnen. Eine noch jüngere Epoche, von etwa 400 v. Chr. bis Christi Geburt, stellt die sog. La Tène-Periode dar, so benannt nach dem berühmten Fundpunkte La Tène am Nordrande des Neuenburger Sees in der Schweiz. Die hohe Kultur, welche der keltische Stamm vor seiner Unterjochung durch die Römer sich zu erwerben gewußt, kommt hier in bewunderungswürdiger Weise zum Ausdruck (Fig. 303). Erst mit der Völkerwanderung treten auch die mittel- und nordeuropäischen Völker mehr und mehr in den Lichtkreis der Geschichte ein.



## Register.

- Aale 112  
 Abduktoren 212  
 Achsenzylinder 193  
 Actinosphaerium 140  
 Adduktoren 212  
 Adventivknospen 180  
 Ägypter 310  
 Äquatorialzone 24  
 Ätherische Öle 47. 177  
 Äthiopisches Gebiet 97  
 Affen 114  
 Affektwirkungen 119  
 Afrikaner 294  
 Akazien 61  
 Akklimatisation der Pflanzen 4  
 Akklimatisation d. Tiere 66  
 Akkomodation 281. 282  
 Aleuronkörner 176  
 Algenfäden 151  
 Alkaloide 47. 176  
 Allesfresser 214  
 Alpine Region 28  
 Aluminium 165  
 Ameisen 107. 131  
 Ameisengäste 115. 131  
 Ameisenlöwe 75. 123  
 Ameisenpflanzen 61  
 Amerikaner 297  
 Amidverbindungen 174  
 Amöben 135  
 Amphibien 89  
 Amphibien, Brutpflege 106. 109  
 Amphibische Pflanzen 23  
 Ampullarien 88  
 Amygdalin 176  
 Anabas 89  
 Anaërobionten 179  
 Andamanesen 294  
 Anlockung der Insekten 56  
 Anopheles 127  
 Anpassung 261. 262  
 Anpassung der Insekten an die Blüten 60  
 Anpassung an parasitische Lebensweise 127  
 Anpassung der Lufttiere an das Wasserleben 90  
 Anpassung der Pflanzen an das Licht 6  
 Anpassung der Tiere an die Pflanzen 48  
 Anpassung an d. Umgebung 118  
 Anpassung der Wassertiere an das Luftleben 87  
 Anreizungsmittel d. Männchen 100  
 Anthropologie 266. 286  
 Aorta 220. 221. 222  
 Aortenbögen 221  
 Araber 296  
 Araucarien 161  
 Arbeitsteilung 143  
 Archaeopteryx 255  
 Arctogea 96  
 Artbegriff 249  
 Artemia 86  
 Arterien 220. 222  
 Arterienstiel 220  
 Aschenbestandteile 164  
 Asparagin 174  
 Asplenium 180  
 Assimilation 171. 173  
 Atmosphärische Luft 75  
 Atmungsmechanismus 227  
 Atmung der Parasiten 77  
 Atmung der Pflanzen 178  
 Atmung der Tiere 222. 223  
 Atropin 177  
 Auflösung d. Zellwand 152  
 Aufsaugen des Wassers 166  
 Aufspeicherung der Nahrungsstoffe 174  
 Aufspringen der Früchte  
 Auftrieb 79 [188]  
 Augen 68. 245  
 Augen, einfache 246. 247  
 Augen, zusammengesetzte  
 Augenblase 236 [246]  
 Augenlider 248  
 Augennerv 238  
 Ausläufer 39. 179  
 Ausnutzung der Mitpflanzen 41  
 Ausnutzung der Pflanzen durch die Tiere 52  
 Ausscheidung von Wasser 170  
 Ausscheidungsorgane 228  
 Australier 293  
 Australisches Faunengebiet 94  
 Babylonien 309  
 Bakterien 51. 135. 137. 179  
 Bänder 191  
 Bärtierchen 78  
 Balsame 177  
 Balzkünste 101  
 Bananen 182  
 Bandwürmer 126. 127. 128. 129  
 Basilarmembran 279  
 Bastfasern 162  
 Bastparenchym 159  
 Bastteil 158. 159. 162  
 Bau der Gefäßbündel 158  
 Bau der organischen Wesen 133  
 Bauchspeicheldrüse 218  
 Bauten der Tiere 74  
 Beckengürtel 207  
 Beerenfrüchte 60. 152  
 Begleitzellen 159  
 Belichtung im Wasser 20  
 Berührungsreize 186  
 Betriebswasser 167  
 Bewegtes Wasser 81  
 Bewegung auf festem Boden 74  
 Bewegung d. Staubgefäße 187  
 Bewegungserscheinungen der Pflanzen 182  
 Bewegungsorgane d. Tiere 194  
 Beziehungen d. Geschlechter 100  
 Beziehungen d. Geschlechter bei den Pflanzen 37  
 Beziehungen der Pflanzen zu den Tieren 46. 54  
 Beziehungen der Tiere zueinander 99. 115  
 Bienenschwärmer 121

- Bindegewebe 190  
 Biologie 1  
 Biogenetisches Grundgesetz 257  
 Birkenwald 30  
 Bitterling 106  
 Bitterstoffe 47  
 Blätter, Einrollen der 17  
 Blätter, immergrüne 16  
 Blätter, lederartige 16  
 Blattläuse 66. 115. 132  
 Blattrippen 157  
 Blattrosette 40  
 Blattschneidebienen 105  
 Blattwickler 105  
 Blinddarm 218  
 Blinder Fleck 283  
 Blindtiere 68  
 Blütenhonig 55  
 Blütenkäfer 55  
 Blütenstaub 58  
 Blütenstaubübertragung 54  
 Blumenfliege 103  
 Blumenuhr 186  
 Blut 192. 218. 222  
 Blutbahnen 218  
 Blutegel 126  
 Bluten des Weins 169  
 Blutfarbstoff 71  
 Blutkreislauf der Wirbeltiere 220  
 Blutkörperchen 222. 224  
 Blutlaus 117  
 Boden, chemische Eigenschaften 11  
 Boden, Durchlässigkeit 10  
 Bodenkultur 13  
 Boden, physikal. Eigenschaften 9  
 Boden, Saugkraft 10  
 Boden als Versteck 74  
 Bodeneinfluß auf die Tiere 73  
 Bodenwasser 10  
 Bogengänge 274  
 Bohrmuscheln 82  
 Bombardierkäfer 20  
 Borke 155. 156  
 Brachykephalie 287  
 Brackwasser 85  
 Brandung 19. 82  
 Bremen 103. 127  
 Brennhaare 47  
 Brennesselhaare 183  
 Bronzezeit 308. 309. 312  
 Bruch 33  
 Brustbein 203  
 Brutknospen 180  
 Brutpflege 102  
 Brutpflege der Männchen 109  
 Brutplätze 111  
 Brutwärme 108  
 Brutzwiebeln 180  
 Buchenwald 30  
 Bürzeldrüse 198  
 Buschland 31  
 Buschmänner 294  
 Calcium 164  
 Cambium 159  
 Cambiumzylinder 160  
 Campos 31  
 Cecropia 61  
 Cellulose 136. 164. 174. 175  
 Centralorgan 269  
 Centrosoma 139  
 Chamäleon 118  
 Chemie des Wassers 84  
 Chemischer Einfluß des Bodens auf die Tiere 75  
 Chinin 177  
 Chitin 190. 195  
 Chlorophyll 164. 171  
 Chlorophyllkörper 148. 171  
 Chlorophyllkörper, Umlagerung 7. 172  
 Chorda 202  
 Chromatin 138  
 Chromatophoren 138. 148  
 Chylusgefäße 219  
 Chylusstoff 218. 219  
 Chylusschläuche 218  
 Coffein 177  
 Cokken 137  
 Collenchym 149. 163  
 Columella 245  
 Coniin 176  
 Cortisches Organ 244. 279  
 Cuculliarapen 119  
 Cuticula 154  
 Cuticula der Tiere 195  
 Cutis 196  
 Cuvier 251. 252  
 Cyanophyll 172  
 Darm 218  
 Darmzotten 218  
 Darwin 251. 252. 259  
 Dasselfliegen 128  
 Dauergewebe 148  
 Deszendenztheorie 248. 251. 259  
 Desmidiaceen 136. 137. 141  
 Detritusfresser 84  
 Diastase 174  
 Dickenwachstum 159. 160. 162  
 Dickenwachstum der Zellwand 148  
 Diatomeen 136. 137. 141  
 Differenzierung 143. 152  
 Differenzierung der Zellen 188  
 Differenzttöne 281  
 Digitalin 176  
 Dikotyledonen 159  
 Diluvium 297. 300  
 Dinoflagellaten 136  
 Dionaea 50  
 Dolichocephalie 287  
 Drosera 50  
 Drüsen der Haut 198  
 Drüsenfänger 50  
 Drüsenzellen 190, 196  
 Düfte 57  
 Dünen 32  
 Dungeninsekten 104  
 Dunkeltiere 68. 69  
 Durchlässigkeit des Bodens 10  
 Durchsichtige Tiere 118  
 Eiablage 103  
 Eiablage in fremde Nester 125  
 Eichenwald 30  
 Eierstock 232  
 Eileiter 232  
 Einbohren der Früchte 38  
 Einfluß des Bodens auf die Tiere 73  
 Einfluß der Feuchtigkeit auf die Tiere 78  
 Einfluß des Lichtes auf die Tiere 67. 69. 72  
 Einfluß der Luft auf die Tiere 75  
 Einfluß des Salzgehalts auf die Wassertiere 85  
 Einfluß der Wärme auf die Tiere 64  
 Einfluß des bewegten Wassers auf die Tiere 81  
 Einkapselung 139

- Einmieter 125  
 Einschüchterungsmittel 119  
 Einsiedlerkrebse 117. 130  
 Einzellige Wesen 135  
 Eiproduktion der Tiere 110  
 Eisen 164  
 Eisenzeit 309. 312  
 Eiszeiten 298  
 Eiweißstoffe 164. 174. 176  
 Eiweißstoffe als Nahrung 214  
 Eizelle 143. 181. 188. 230  
 Ekelwirkungen 119  
 Ektoderm 189  
 Ektoparasiten 127. 128  
 Elastizität 14  
 Elektrische Reize 73  
 Elektrische Tiere 122  
 Elle 207  
 Embryosack 182  
 Encystierung 139  
 Endolymphe 278  
 Endoparasiten 127  
 Entoconcha 126  
 Entoderm 189  
 Entwicklungsgedanke 248  
 Eolithen 299  
 Epidermis 196. 197  
 Epidermis der Pflanzen 154  
 Epidermiszellen 190  
 Epiphyten 9. 30. 42  
 Epithelgewebe 190  
 Epithelmuskelzellen 210  
 Epöken 123  
 Erdbienen 105  
 Ernährung der Pflanzen u. Tiere 133  
 Ernährung der Pflanzen 163  
 Erziehung 109  
 Eskimos 297  
 Ethnologie 267  
 Euglena 138  
 Eurasier 295  
 Eurytherme Tiere 65. 83  
  
 Färbung der Haut 198  
 Farben 284. 285  
 Farben der Blumenblätter 56  
 Farben der Tiere 70. 72  
 Farbenblindheit 285  
 Farbenempfindung 284  
 Farbenwechsel 71  
 Farbstoffe 70. 138. 177  
 Faserhaut 247  
  
 Fechnersches Gesetz 271  
 Federn 200  
 Feigen 55  
 Fessler 106  
 Festsitzende Wassertiere 82  
 Fette als Nahrung 214  
 Fette Öle 176  
 Fettgewebe 191  
 Fettkraut 50  
 Fettpflanzen 16  
 Fetzenfisch 119  
 Feuerlilie 180  
 Fibrilläres Bindegewebe 191  
 Fibrillen 210  
 Fichtenwald 31  
 Fieraser 124  
 Finger 208  
 Flagellaten 134. 137. 138. 140  
 Flechten 45  
 Fleischfliegen 103  
 Fleischfressende Pflanzen 48  
 Fliegende Fische 88  
 Fliegenfalle 50  
 Flimmerepithel 190. 209  
 Flimmerhärchen 209  
 Flimmerplättchen 195. 209  
 Flossen 206. 209  
 Florenreiche 35  
 Flucht 116  
 Flugapparate 38  
 Flugorgane 76  
 Folgermeristem 147  
 Foraminiferen 136  
 Formanpassung 118  
 Fortpflanzung d. Einzelligen 138. 140  
 Fortpflanzung der Pflanzen 179. 181  
 Fortpflanzung der Tiere 229. 230  
 Freileben der Parasiten 130  
 Freundschaft 131  
 Froschbiß 4. 20. 183  
 Froschfisch 122  
 Frostspanner 100  
 Fruchtfolge 11  
 Fruchtsäuren 148  
 Fruchtzucker 174  
 Früchte, Verbreitung 14. 38. 60  
 Frühholz 161  
 Fühlborsten 187  
  
 Fürsorge für die Nachkommen bei den Pflanzen 37  
 Funktionen des Nervensystems 239  
 Funktionswechsel 193. 262  
 Furchung 189  
 Fuß 208  
 Fuß der Mollusken 211  
  
 Gabelbein 207  
 Gabelschwanzraupe 120  
 Gallenblase 218  
 Gallinsekten 104  
 Ganglien 268  
 Ganglienkette 235  
 Ganglienknoten 234. 235  
 Ganglienzellen 193  
 Gase der Luft 15  
 Gase des Wassers 84  
 Gastrula 188  
 Gefäßbündel 157  
 Gefäße 146  
 Gefäßkryptogamen 159  
 Gehirn 236  
 Gehirnrinde 268  
 Gehirnstamm 268  
 Gehirnwindungen 237  
 Gehörgang 245  
 Gehörknöchelchen 245. 278  
 Gehörnerv 238. 244. 278  
 Gehörorgane 243  
 Gehörssinn 277  
 Geißelinfusorien 134  
 Geißeln 137  
 Gelber Fleck 283  
 Gemäßigte Zonen 25  
 Gemischte Herden 125  
 Gemmulae 66. 87. 229  
 Generationswechsel 181. 182. 231. 250  
 Geographische Rassen 264  
 Geographische Verbreitung der Pflanzen 23  
 Geographische Verbreitung der Tiere 92  
 Geographische Verbreitung der Wassertiere 98  
 Geotropismus 183  
 Geräusche 280  
 Gerbsäuren 47  
 Gerbstoffe 176  
 Geruchsempfindung 241. 275  
 Geruchsnerv 238

- Gesäßmuskeln 213  
 Geschmacksbecher 242. 276  
 Geschmacksempfindung  
 241. 276  
 Geschmackspapillen 276  
 Gesellschaften der Tiere  
 109  
 Gesellschaftsordnung 113  
 Gesichtssinn 281  
 Gesichtsmuskeln 212  
 Gesichtsteil des Schädels  
 206  
 Gesichtswinkel 288  
 Gestalt der Zelle 150  
 Getreidebau der Ameisen  
 53  
 Gewebe 144  
 Gewebearten der Tiere 189  
 Giftwaffen 122  
 Gips 10  
 Glashaut 283  
 Glaskörper 246. 247  
 Gleichgewichtsorgane der  
 Pflanzen 184  
 Gleichgewichtssinn 244. 274  
 Gliedmaßen der Glieder-  
 tiere 211  
 Gliedmaßenskelett 206  
 Glykoside 47. 176  
 Gottesanbeterin 122  
 Grabwespen 105  
 Grasformation 32  
 Graue Rinde 268  
 Graue Substanz 237  
 Gregarinen 126. 137. 138  
 Grimaldi-Typus 303  
 Größenentwicklung d. Tiere  
 76  
 Großhirn 236  
 Grundgewebe 153. 162  
 Gürteltiere 121. 201  
 Gummi 177  
 Guttapercha 177  
 Gymnospermen 159  
  
 Haare 200. 291  
 Haare der Pflanzen 155  
 Haarfilz 8  
 Hämoglobin 71. 224  
 Hämosporidien 126  
 Häutung 197  
 Hallstadt 312  
 Halluzination 272  
 Halobates 91  
 Hand 208  
  
 Harnblase 228  
 Harnleiter 228  
 Hartes Wasser 85  
 Harze 177  
 Hauptkern 142  
 Haut der Wirbeltiere 196  
 Hautbekleidung der Tiere  
 78  
 Hautfarbe 289  
 Hautgewebe der Pflanzen  
 152  
 Hautlappen 101  
 Hautmuskeln 213  
 Hautsinnesorgane 272  
 Hautsystem der Tiere 194  
 Hautverknöcherungen 200.  
 Heber 212 [201  
 Heide 32  
 Heiße Quellen 2  
 Helligkeit 284  
 Hemisphären 236  
 Herden 109. 113  
 Heringsschwärme 111  
 Herz 219  
 Herzbeutel 219  
 Herzklappen 221  
 Heterogonie 231  
 Heuschrecken 112  
 Hirschkäfer 122  
 Hochmoor 33  
 Hochzeitskleid 101  
 Höhlenbären 298  
 Höhlennester 107  
 Höhlentiere 69  
 Hoden 232  
 Holarktisches Gebiet 96  
 Holzböcke 126  
 Holzteil 159. 160. 161  
 Honigbiene 107  
 Hornhaut 247  
 Hopfen 185  
 Horden 109. 113  
 Horn 199  
 Hühner 101  
 Hufe 199  
 Hummeln und Katzen 99  
 Humus 10. 13  
 Hydroiden 229  
 Hydrostatische Apparate 81  
 Hygiene 266  
 Hygrophyten 28  
 Hyperparasitismus 126  
  
 Ichthyosaurus 209  
 Illusion 272  
  
 Indianer 297  
 Indisches Gebiet 98  
 Individuum 145  
 Indogermanen 287  
 Infusorien 62. 136. 137. 141  
 Insektenauge 246  
 Insektenbauten 107  
 Insektenfressende Pflanzen  
 48  
 Insektenstaaten 114  
 Interzellulargänge 152. 167  
 Interferenzfarben 10  
 Interglazialzeiten 298. 301.  
 302. 304  
 Inulin 174  
 Iris 281. 290  
 Irismuskeln 73  
 Isolierung 263  
  
 Jahresringe 161  
 Jodsalze 165  
  
 Kältepunkte 273  
 Kältewirkungen auf Tiere 66  
 Kahnwanzen 90  
 Kakteen 16  
 Kalium 164  
 Kalk 10. 11  
 Kalkskelette 201  
 Kallima 119  
 Kampfmittel der Männchen  
 102  
 Kampf ums Dasein 110. 261  
 Kannenpflanzen 49  
 Kapillarität 170  
 Karotiden 222  
 Katastrophentheorie 249  
 Kaumagen 217  
 Kaumuskeln 212  
 Kautschuk 177  
 Kehlkopf 226. 227  
 Keimblätter 189  
 Keimdrüsen 230  
 Keimkörner 66. 87  
 Keimzellen 230  
 Kern 135. 138. 141  
 Kernfaden 138  
 Kernholz 161  
 Kesselfallen 56  
 Keulenträger 132  
 Kiefer der Wirbeltiere 206  
 Kiefernwald 30  
 Kiemen 223. 224. 225  
 Kiemenbögen 206. 225  
 Kies 10

- Kieselnadeln 201  
 Kieselpanzer 136  
 Kieselsäure 47. 150. 154. 164  
 Kjökkenmöddinger 307  
 Klammerapparate 128  
 Klangfarbe 280  
 Klebringe 48  
 Kleidermotten 117  
 Kleinhirn 236  
 Klemmfallen 59  
 Kletterfisch 89  
 Kletterpflanzen 9. 41  
 Kletturvorrichtungen 38. 53  
 Kloake 218  
 Knochen des Schädels 205  
 Knochengewebe 191  
 Knochenskelett 202  
 Knöllchenbakterien 45  
 Knollen 180  
 Knorpelgewebe 191  
 Knorpelskelett 202  
 Knospung bei Tieren 229  
 Kochsalz 12. 85. 165  
 Köcherfliegenlarven 117  
 Körpergröße 292  
 Kohäsionskraft 170  
 Kohlendioxyd 77. 85. 171  
 Kohlenhydrate 174  
 Kohlenhydrate als Nahrung 214  
 Kohlensäure 15. 77. 85. 171  
 Kohlenstoff 164. 171  
 Kohlweißlinge 112  
 Kokons 104  
 Kollaterale Lagerung 159  
 Kolloidale Substanzen 165  
 Kolonien 111  
 Kolonien der Einzelligen 140  
 Kommensalismus 123  
 Kompaßpflanzen 7  
 Konjugation 141  
 Konkurrenz der Pflanzen 39  
 Konstitutionswasser 167  
 Kontrasterscheinungen 285  
 Konzentrationsunterschiede 169  
 Konzentrische Lagerung 159. 160  
 Kopfform 287  
 Kopulation 141  
 Korallen 229  
 Korallenbänke 111  
 Korallenfische 125  
 Kork 47. 155  
 Korkcambium 155  
 Korkzellen 150. 155  
 Kotbedeckung 117  
 Krähen 113  
 Krätzmilben 126  
 Krallen 199  
 Kraniche 113  
 Krebspest 52  
 Kreislauf des Kohlenstoffes 171  
 Kristalle 148  
 Kristallkegel 246  
 Kristalloide 148  
 Krokodile 107  
 Krötenechse 119  
 Kuckucksbienen 125  
 Künstliche Verstecke 116  
 Kupferzeit 308. 311  
 Kurzköpfe 287. 288  
 Labyrinth 274. 277  
 Labyrinthbläschen 243  
 Labyrinthfische 88  
 Lachse 111  
 Lagesinn 274  
 Lama 119  
 Lamarck 251. 258  
 Landblutegel 78. 87  
 Landkärtchen 67  
 Landkrebse 88  
 Landplanarien 87  
 Landtiere 73  
 Langköpfe 287. 288  
 Larven der Wasserinsekten 90. 91  
 La Tène 312  
 Latentes Leben 2. 3  
 Laterne des Aristoteles 215  
 Laubenvogel 101  
 Laubfall 17. 156  
 Laubkrone 167  
 Laubtiere 118  
 Laubwald, blattwechselnder 30  
 Laubwald, xerophiler 30  
 Lauf der Vögel 208  
 Leben 218  
 Lebensgemeinschaft zwischen Pflanzen 44  
 Lebensgemeinschaft von Tieren und Pflanzen 61  
 Lederhaut 196. 197  
 Leibeswand der Einzelligen 136  
 Leitergefäße 149  
 Leittiere 114  
 Leitung im Bast 162  
 Leitungsbahnen 234  
 Lemminge 112  
 Lenticellen 156. 168  
 Leuchten der Pflanzen 179  
 Leuchtorgane der Tiere 72  
 Leuchtmoos 8  
 Libellenlarve 122  
 Licht im Wasser 83  
 Lichtbedürfnis d. Pflanzen 4  
 Lichteinfluß auf die Pflanzen 5. 172. 173  
 Lichteinfluß auf die Tiere 67. 69. 72  
 Lichtempfindung 245  
 Licht-Intensität 6  
 Lichtmangel 8  
 Licht-Optimum 6  
 Lichtpflanzen 6  
 Lichtreize 185  
 Lichtwirkung 172. 173  
 Liebesspfeile 101  
 Lilienkäfer 117  
 Linse 246. 247. 281. 282  
 List 121  
 Litoralfauna 82  
 Llanos 31  
 Lokalisation der geistigen Tätigkeiten 269  
 Lokalrassen 67. 264  
 Luchs 122  
 Luft, bewegte 14  
 Luft, chemische Zusammensetzung 15, 77  
 Luft, physikalische Bedingungen 13  
 Luftdruck 75. 170  
 Luftreservoir 23  
 Lufröhre 226. 227  
 Luftsäcke der Vögel 227  
 Luftwurzeln 17  
 Lungen 223. 226  
 Lungenfische 89  
 Lungenschnecken 91  
 Madagaskar 97  
 Madenhacker 130  
 Madenwurm 127. 129  
 Männchen der Tiere 100  
 Magen 217  
 Magnesium 164  
 Magnesiumsalze 85  
 Magnetische Reize 73  
 Maiwürmer 119

- Maiwurmlarve 126  
 Makrogameten 142. 181  
 Makropoden 107. 109  
 Malaio-Polynesier 296  
 Malaria 126  
 Malpighische Schleim-  
 schicht 197  
 Malzzucker 174  
 Mammut 298. 302  
 Mangrovewälder 30  
 Maquis 31  
 Marchantia 180  
 Marienkäferchen 119  
 Mark 158  
 Markscheide 193  
 Markstrahlen 158  
 Maskierung 117  
 Mastdarm 218  
 Matte 32  
 Maulwurf 69  
 Meerestiere 86  
 Meerläufer 91  
 Meerwasser 21. 85  
 Megalithische Gräber 309  
 Mehrzellige Pflanzen 146  
 Mehrzellige Tiere 188  
 Meißnersche Tastkörper  
 272. 273  
 Menschenrassen 293  
 Meristem 147  
 Mesophyten 28  
 Mesenterium 217  
 Mesoderm 189  
 Mesocephalie 288  
 Miastor 230  
 Migrationstheorie 263  
 Mikrogameten 142. 181  
 Milbenwohnungen 62  
 Milch 106  
 Milchdrüsen 199  
 Milchsäfte 47. 48. 177  
 Milchsaftegefäße 147  
 Mimikry 120  
 Mimosen 187  
 Mineralsalze 164. 174  
 Mineralsalze des Wassers  
 85  
 Mistel 44  
 Mistpillenkäfer 104  
 Mitteilungsfähigkeit 115  
 Mitteldarm 217  
 Mittel der Abwehr 119  
 Mittelmeerrasse 289. 291.  
 295  
 Mörtelbienen 105  
 Molchfische 89  
 Mongolen 296  
 Monokotyledonen 159  
 Montanregion 28  
 Montée 112  
 Moor 33  
 Morphin 177  
 Morula 188  
 Motorische Nerven 234. 238  
 Mundhöhle 216  
 Mundwerkzeuge d. Wirbel-  
 losen 215  
 Murmeltiere 113  
 Muskelfasern 192. 210  
 Muskelgewebe 192. 210  
 Muskelsystem 209  
 Muskulatur d. Gliedmaßen  
 212  
 Muskulatur des Rumpfes  
 211  
 Mutation 264  
 Mutualismus 130  
 Mykene 311  
 Mykorrhiza 45  
 Myrmekophilen 132  
 Myxine 126  
 Myxomyceten 136  
 Nachahmung 120  
 Nachbilder 285  
 Nachtiere 68. 69  
 Nadelhölzer 30. 160. 161  
 Nährsalzlösungen 163  
 Nagel 199  
 Nahrungsaufnahme der  
 Einzelligen 135. 137  
 Nahrungsaufnahme der  
 Pflanzen 165. 171  
 Nahrungskonkurrenz 115  
 Nahrungsmittel der Tiere  
 213  
 Nahrungsstoffe der Pflan-  
 zen 163. 164  
 Neandertal-Schädel 301  
 Nebenprodukte des Stoff-  
 wechsels 176  
 Nebenbuhlerschaft 102  
 Negativer Heliotropismus  
 186  
 Nektar 55  
 Nekton 79  
 Neogea 95  
 Neolamarckismus 259  
 Neolithische Zeit 305  
 Nepenthes 49  
 Nerven 193. 237  
 Nervenfasern 193  
 Nervengeflecht 238  
 Nervengewebe 193  
 Nervensystem 232  
 Nesselkapseln 122. 196  
 Nester 52. 106  
 Netze 123  
 Netzgefäße 149  
 Netzhaut 247. 282  
 Neunaugen 126  
 Neurilem 193  
 Nickhaut 248  
 Nieren 228  
 Nikotin 177  
 Nistkolonien 112  
 Noktiluken 72  
 Notogea 94  
 Nutzen der tierischen Far-  
 ben 72  
 Oberarmknochen 207  
 Oberhaut 196  
 Oberschenkelknochen 208  
 Obertöne 241  
 Oecophylla 107  
 Öffnen der Blüten 186  
 Ohrdrüsen 198  
 Olm 69  
 Omnivoren 214  
 Onchidium 246  
 Ontogenie 143  
 Opalinen 126. 127  
 Optimum der Wärme 3. 63  
 Organe 145  
 Organe der Empfindung  
 232  
 Organe der Fortpflanzung  
 228  
 Organe der Pflanzen 153  
 Organe des Stoffwechsels  
 213  
 Organe der Tiere 193  
 Organische Säuren 176  
 Organsysteme 193  
 Orientierung von Stamm  
 und Wurzel 184  
 Ortsbewegung der Ein-  
 zelligen 135. 137  
 Ortsbewegung der Pflan-  
 zen 183  
 Ortsbewegung der Tiere  
 211  
 Oscillarien 183  
 Osmose 165

- Osmotisches Gleichgewicht 165  
 Otolithen 243  
 Ovarium 232  
 Oxalsäure 47  
  
 Paläontologische Tatsachen 253  
 Paläolithische Zeit 300  
 Palisadengewebe 172  
 Pampas 33  
 Pandorina 140. 142  
 Panzerung der Tiere 82. 121  
 Papillen der Cutis 197. 199. 200  
 Paradiesvögel 101  
 Parasiten 43. 77. 103. 125  
 Parasiten (Pflanzen) 177  
 Parenchym 150  
 Paröken 125  
 Parthenogenesis 230. 231  
 Pathologie 266  
 Pektin 150  
 Periderm 155  
 Perilymphe 278  
 Periodizität des tierischen Lebens 65  
 Periophthalmus 89  
 Person 145  
 Pfahlbauten 307  
 Pflanzen, Beziehung zueinander 37  
 Pflanzengewebe 151  
 Pflanzenzelle 146  
 Pflasterepithel 190  
 Phellogen 155  
 Phloëm 158  
 Phormium 163  
 Phosphor 164  
 Pigmente 198  
 Pigmentfarben 71  
 Pigmentfleck 245  
 Pigmentierung 289. 290  
 Pillenwespen 105  
 Pilot 125  
 Pilze 177  
 Pilzfäden 151  
 Pilzkultur der Ameisen 52  
 Pilzwurzeln 45  
 Pinguicula 50  
 Pithecanthropus 299  
 Plankton 79. 84  
 Plankton, pflanzliches 19  
 Podocoryne 130  
  
 Polargebiet 26. 96  
 Polarvölker 297  
 Pollenkörner 149. 150  
 Pollenzelle 182  
 Pollinarien 59  
 Polymorphismus 250  
 Prähistorischer Mensch 297  
 Prärie 33  
 Primäre Markstrahlen 160. 161  
 Procambium 159  
 Prosenchym 150  
 Proteinkörner 148  
 Proteinkristalle 176  
 Protisten 134  
 Protoplasma 134  
 Provinzen der Florenreiche 36  
 Prozeptionsspinner 113  
 Psychologie 266  
 Psychophysik 266  
 Puppenleger 128  
 Pygmäen 292  
  
 Quadratbein 206  
  
 Radiolarien 136  
 Radiumstrahlen 73  
 Rädertiere 78  
 Ranken 41. 187  
 Raphiden 47  
 Rassen 250. 260. 263  
 Raubtier und Beutetier 116  
 Raupennester 113  
 Redien 230  
 Reflexe 239  
 Regelung der Verdunstung 15  
 Regenbogenhaut 290  
 Regeneration 229  
 Regenleitung 17  
 Regenwald 29  
 Regenwürmer 75  
 Regionen der Wirbelsäule 204  
 Reibplatte 196  
 Reisvögel 112  
 Reizbarkeit 133  
 Reize 233. 267. 270  
 Reizerscheinungen der Pflanzen 182  
 Reizleitung 184. 233  
 Reizschwelle 271  
 Renntier 299  
 Retouchen 302  
  
 Riechstoffe 275  
 Riechzellen 242  
 Riesen 292  
 Rinde 155  
 Rindeninsekten 118  
 Rindensubstanz 240  
 Ringgefäße 149  
 Rippen 203  
 Röhrenquallen 145  
 Röhrenwürmer 75. 82  
 Röntgenstrahlen 73  
 Rohrzucker 174. 175  
 Rotangpalme 41  
 Rudel 113  
 Rudimentäre Organe 256  
 Rückbildung der Augen 69  
 Rückenmark 236. 268  
 Rückensaite 202  
 Rüssel der Insekten 56  
 Rumpfmuskulatur 211  
  
 Säfteausfluß 169  
 Saftige Früchte 38  
 Saftstrom 15  
 Sagartia 130  
 Salzboden 12  
 Salze des Wassers 21  
 Salzpflanzen 12  
 Salzwasser 85  
 Samen, Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturen  
 Samenleiter 232 [2  
 Samenzelle 181. 231  
 Sand 10  
 Sandflöhe 127  
 Sandwürmer 82  
 Saprophyten 43. 177  
 Säuger, Brutpflege 107  
 Säugetiernester 108  
 Sauerstoff 15. 164  
 Sauerstoff im Wasser 84  
 Sauerstoffbedürfnis d. Tiere 77. 84  
 Saugkräfte 170  
 Saugscheiben 187  
 Savannen 31. 33  
 Schachtelhalme 154  
 Schädel 205  
 Schädelkapsel 205  
 Schädliche Insekten 46  
 Schafzecken 128  
 Schale der Mollusken 195  
 Schallempfindung 242  
 Schalleitende Organe 244  
 Scharbockskraut 180



Schattenblätter 5  
 Schattenpflanzen 6. 8  
 Schaumzikade 117  
 Scheintod 65  
 Schienbein 208  
 Schiffshalter 123  
 Schildkröten 201. 205  
 Schildläuse 104. 117  
 Schistostega 8  
 Schlafkrankheit 126. 127  
 Schlafstellung der Blätter 185  
 Schlauchalgen 143  
 Schlauchdrüsen 198  
 Schließfänger 50  
 Schließzellen 168  
 Schlingpflanzen 185  
 Schlüsselbein 207  
 Schlundring 235  
 Schlupfwespen 104. 126  
 Scharotzerhummel 125  
 Scharotzerkrebse 126. 128  
 Scharotzer, pflanzliche 5. 42. 43. 51. 133  
 Scharotzer, tierische 77. 103. 125  
 Schmelz 201  
 Schmerzempfindung 273  
 Schmuckfarben der Männchen 101  
 Schnecke (Gehörorg.) 244. 277  
 Schnecken 75. 88  
 Schneetiere 118  
 Schneidervogel 108  
 Schreckstellung 120  
 Schreckvorrichtungen 120  
 Schultergürtel 207  
 Schuppen 200  
 Schuppentiere 121  
 Schuppenwurz 44  
 Schutzbedürfnis der Tiere 74  
 Schutzfärbung 118  
 Schutzgehäuse 75. 117  
 Schutzmittel der Pflanzen gegen Kälte 4  
 Schutzmittel der Pflanzen gegen Tiere 46. 47  
 Schutzmittel d. Tiere gegen Parasiten 127  
 Schutzmittel d. Tiere gegen Temperaturwechsel 65  
 Schutzorgane der Pflanzen 154

Schutzorgane der Tiere 194  
 Schutz- und Trutzwaffen der Tiere 121  
 Schwärme 109. 111  
 Schwärmesporen 180. 183  
 Schwalben 108  
 Schwammparenchym 172  
 Schwammspinner 104  
 Schwebungen 281  
 Schwefel 164  
 Schwefelwasserstoff 85  
 Schweißdrüsen 199  
 Schwere 274  
 Schwerkraft 184  
 Schwimmblase 81. 226  
 Schwimmkäfer 90  
 Schwimmpflanzen 19  
 Schwimmtiere 79  
 Schwindelempfindung 275  
 Schwingfäden 183  
 Scrub 31  
 Sekundäre Geschlechtsunterschiede 232  
 Sekundäre Markstrahlen 161  
 See gras 21. 23  
 Seenadeln 105. 109  
 Seepferdchen 105. 109  
 Seerosen 130  
 Segmentalorgane 228  
 Sehnen 191  
 Sehnerv 283  
 Sehpurpur 71  
 Sehstab 246  
 Seiden 44  
 Seidenraupenkrankheit 52  
 Selbstbefruchtung 231  
 Semiten 296  
 Senker 212  
 Sensible Nerven 234. 238  
 Sicherung der Blütenstaubübertragung 57  
 Sichtotstellen 121  
 Siebröhren 147  
 Siedelsperling 113  
 Silicium 164  
 Sinneszentren 268  
 Sinnesempfindungen 267. 270  
 Sinnesepithel 267  
 Sinnesnerven 238. 267  
 Sinnesorgane 234. 240. 272  
 Sinnesorgane der Männchen 100  
 Sinnpflanze 187

Sinneszellen der Pflanzen 184. 187  
 Sklaven 115. 132  
 Skelett 194. 201  
 Skelett der Gliedertiere 195  
 Skelett der Stachelhäuter 196. 201  
 Skelett der Wirbeltiere 196. 202  
 Sklerenchym 150. 163  
 Slaven 295  
 Somatologie 266  
 Sonnenblätter 5  
 Sonnentau 50  
 Sonnentierchen 136  
 Sonorische Provinz 96  
 Spätholz 161  
 Spaltöffnungen 15. 17. 167. 168  
 Spannerraupen 118  
 Speck 198  
 Speiche 207  
 Speicheldrüsen 217  
 Speiseröhre 217  
 Spermatozoen 181. 231  
 Sporozoen 139  
 Spielarten 260. 264  
 Spiralgefäße 149  
 Spiralklappe 218  
 Splintholz 161  
 Sprungvariation 264  
 Sproßpilze 140  
 Sporen 180  
 Sporen der Tiere 230  
 Sporocysten 230  
 Staatenbildung 146  
 Stabheuschrecken 119  
 Stachelbesatz der Tiere 121  
 Stäbchen 282. 283. 284  
 Stärke 148. 166. 173. 175  
 Stare 130. 131  
 Statocysten 184. 243  
 Statolithen 274  
 Staubgefäß - Mechanismen 58  
 Stethapparate 128  
 Stechborsten 47  
 Steinfrüchte 60  
 Steinkammern 309  
 Steinzeit 300. 306  
 Stellung der Körperteile 274  
 Stellung der Laubblätter 185

- Stenohalin 86  
 Stenotherme Tiere 65. 83  
 Stentor 137  
 Steppe 33  
 Stichling 107. 109  
 Stickstoff 15. 77. 84. 164  
 Stimmbänder 227  
 Stinkdrüsen 119  
 Stinktiere 119  
 Stockbildung der Einzelli-  
 gen 140  
 Stoffwechsel 213  
 Strandtiere 82. 83  
 Strandzone 19  
 Stranggewebe 152. 157  
 Strauße 109  
 Strömungen im Protoplas-  
 ma 183  
 Strukturfarben 70  
 Strychnin 176  
 Stützgewebe 156  
 Stützgewebe der Tiere 190  
 Stützorgane der Tiere 194  
 Sturmvogel 119  
 Suberin 150  
 Südamerikan. Faunenge-  
 biet 95  
 Süßwasserschwämme 62  
 Süßwasser 21 85  
 Süßwasserpolyp 62  
 Sumpf 32  
 Sumpfgas 85  
 Sumpfpflanzen 23  
 Sumpfwiese 32  
 Symbiose 61. 130. 146  
 Symbiose der Pflanzen 44  
 Symmetrie 193  
 Sympathicus 239  
 Symphilen 124. 131  
 Synechtrien 124  
 Synöken 123. 124  
  
 Tagtiere 68  
 Talgdrüsen 199  
 Tange 165  
 Tapezierspinnen 107  
 Taschenfrosch 106  
 Taschenkrebse 130  
 Tastempfindung 241  
 Tastkörper 241  
 Tastorgane 69  
 Tastsinn 272  
 Tataren 296  
 Tauben 106  
 Taumelkäfer 79. 91  
  
 Teilgewebe 147. 155. 159  
 Teilung bei Tieren 229  
 Teilung der Einzelligen 138  
 Temperatureinfluß auf Tiere  
 66  
 Temperaturgrenzen des  
 pflanzlichen Lebens 2  
 Temperaturgrenzen des tie-  
 rischen Lebens 63  
 Temperaturschwankungen  
 Temperatursinn 273 [3  
 Temperaturwechsel 64  
 Termiten 107. 131  
 Terramaren 308  
 Tertiar 254. 297. 299  
 Texasfieber 127  
 Thalassicollen 140  
 Therapie 266  
 Tiefseetiere 64. 69. 80. 83.  
 84  
 Tiere als Schädiger der  
 Pflanzen 46  
 Tiere als Wirte von Pflan-  
 zen 62  
 Tierformationen 93  
 Tiergeographische Reiche  
 93  
 Tierleben im Wasser 79  
 Tierstaaten 113  
 Tierstöcke 145  
 Tierzonen 93  
 Tintenfische 106. 118  
 Töne 280  
 Töpfervogel 108  
 Ton 10  
 Tonäußerungen der Männ-  
 chen 100  
 Tonerde 165  
 Totengräber 104  
 Tracheen 159. 224  
 Tracheenkiemen 91  
 Tracheensystem 196  
 Tracheiden 151  
 Tragen der Eier 105  
 Transpirationsstrom 167.  
 168  
 Transport der Nahrungs-  
 stoffe 175  
 Traubenzucker 174  
 Traubige Drüsen 199  
 Trennung der Familie 109  
 Trichine 127. 129  
 Trigeminus 239  
 Trockenstarre 78  
 Trypanosoma 126  
  
 Tsetsefliege 127  
 Tundra 34  
 Tüpfel 149  
 Tüpfelkanäle 149  
 Turgor 157  
  
 Überlegenheit der Raub-  
 tiere 122  
 Überpflanzen 42  
 Überproduktion der Keime  
 110  
 Umfärbung der Blüten 56  
 Unkräuter 41  
 Unterschiede zwischen Tier  
 und Pflanze 133  
 Unterschiedsschwelle 271  
 Urmeristem 147  
 Urmund 189  
 Ursprung der Landtiere 87  
 Ursprung der Süßwasser-  
 fauna 86  
 Uterus 232  
 Utricularia 49  
  
 Vagus 239  
 Vakuolen 147  
 Vampire 126  
 Vanessa prorsa-levana 67  
 Vanillin 176  
 Variabilität 250. 261  
 Variation 263  
 Vatersche Körperchen 272.  
 274  
 Vegetative Vermehrung der  
 Pflanzen 179  
 Vegetationsformationen 28  
 Vegetationskegel 153  
 Vegetationsregionen 27  
 Vegetationszonen 24  
 Venen 220. 221  
 Verankerung im Wasser 22  
 Verbreitung der Samen und  
 Früchte 38. 60  
 Verdauung 213  
 Verdauungsorgane 214  
 Verdunstung des Wassers  
 167  
 Verlängertes Mark 236  
 Vermehrungsziffer 110  
 Vernichtungsziffer 110  
 Verschleppung der Samen  
 53  
 Verstecke 52. 106. 116  
 Versteinerungen 253  
  
 Vagus 239  
 Vakuolen 147  
 Vampire 126  
 Vanessa prorsa-levana 67  
 Vanillin 176  
 Variabilität 250. 261  
 Variation 263  
 Vatersche Körperchen 272.  
 274  
 Vegetative Vermehrung der  
 Pflanzen 179  
 Vegetationsformationen 28  
 Vegetationskegel 153  
 Vegetationsregionen 27  
 Vegetationszonen 24  
 Venen 220. 221  
 Verankerung im Wasser 22  
 Verbreitung der Samen und  
 Früchte 38. 60  
 Verdauung 213  
 Verdauungsorgane 214  
 Verdunstung des Wassers  
 167  
 Verlängertes Mark 236  
 Vermehrungsziffer 110  
 Vernichtungsziffer 110  
 Verschleppung der Samen  
 53  
 Verstecke 52. 106. 116  
 Versteinerungen 253

- Verteidigungswerkzeuge 121  
 Vertikalströmungen 85  
 Vögel, Brutpflege 107  
 Völkerkunde 267  
 Vogelnester 108  
 Volvocineen 142  
 Vorderdarm 216  
 Vorflieger 113  
 Vorhof 277  
 Vorticellen 123
- Wabenkröte 106  
 Wachsüberzüge 154  
 Wadenbein 208  
 Wächter 113 [3  
 Wärmebedürfnis d. Pflanze  
 Wärme des Wassers 83  
 Wärmeproduktion d. Pflanzen 179  
 Wärmepunkte 273  
 Wärmereize 186  
 Waffen der Männchen 102  
 Waffen der Pflanzen 47  
 Waldformation 29  
 Wale 92. 207. 256. 257  
 Wandelndes Blatt 119  
 Wanderung der Nahrungsstoffe 174  
 Wanderzüge 112. 113  
 Wanzen 119  
 Warmblütige Tiere 65  
 Warnfarben 120  
 Wasser 166  
 Wasser, chemische Bedingungen 21  
 Wasser, Gase des 22  
 Wasser, Lichtverhältnisse 20  
 Wasser, physikalische Bedingungen 18  
 Wasser, Salze des 21  
 Wasser, Wärmeverhältnisse 20  
 Wasseraufnahme aus der Luft 17  
 Wasserbecken 48  
 Wasserblätter 20  
 Wasserdampf 15  
 Wasserdruck 80  
 Wasserdunst 15
- Wasserflöhe 66  
 Wassergefäßsystem 224  
 Wasserkapazität 10  
 Wasserkulturen 163  
 Wasserläufer 79. 91  
 Wasserlinsen 182  
 Wasserlungen 224. 228  
 Wasserlungenschnecken 91  
 Wasserpflanzen 18. 178  
 Wasserpflanzen, untergetauchte 22  
 Wasserreservoir 16  
 Wasserschlauch 49  
 Wasserspinnen 106  
 Wasserspalten 171  
 Wasserstoff 164  
 Wasserstrom 167  
 Wassertiere 79. 90. 91  
 Wasserwanzen 105  
 Wasserwechsel 15  
 Wasserwirbeltiere 91  
 Webersches Gesetz 271  
 Webervogel 108  
 Wechsel der Farbe 118  
 Wechsel der Medien 86  
 Wechselwirtschaft 11  
 Weg des Transpirationsstroms 168  
 Weide 32  
 Wein 187  
 Weißfärbung der Tiere 66  
 Weizenälchen 78  
 Wellenschlag 81. 82  
 Wels 122  
 Werbung der Männchen 100  
 Wespen 107  
 Widderchen 119. 120  
 Widriger Geruch 119  
 Widriger Geschmack 119  
 Wiese 32  
 Wildgänse 113  
 Wildschwein 122  
 Willenshandlungen 239  
 Willkürliche Bewegung 133  
 Wind 14  
 Windblütige Pflanzen 14  
 Winden 41  
 Wintereier 66  
 Winterknospen 4. 20. 180  
 Winterruhe 4
- Winterschlaf 65  
 Wirbel 203  
 Wirbelsäule 203  
 Wirtswechsel 129  
 Wolfsspinnen 106  
 Wüsteninformation 34  
 Wüstentiere 118  
 Wundgewebe 156  
 Wurzeldruck 169  
 Wurzelhaare 166  
 Wurzelpilze 45
- Xanthophyll 172  
 Xerophiler Laubwald 30  
 Xerophyten 28  
 Xylem 158
- Yucca 55
- Zähne 201. 216  
 Zäpfchen 282. 283. 285  
 Zahnbein 192  
 Zecken 127. 128  
 Zehen 208  
 Zellafter 138  
 Zellen und Gewebe der Tiere 188  
 Zellinhalt 147  
 Zellkern 135. 138. 141  
 Zellmund 138  
 Zellsaft 148  
 Zellteilung 138  
 Zellverbindung 151  
 Zellwand 146. 148  
 Zentralorgan des Nervensystems 234. 269  
 Zirbeldrüse 236  
 Zoochlorellen 62  
 Zooxanthellen 62  
 Zuchtwahl 260. 261  
 Zucker 148  
 Züge 109  
 Zugvögel 65  
 Zunge 216  
 Zungenbein 206  
 Zusammenkugeln 121  
 Zwerchfell 227  
 Zwerge 292  
 Zwergvölker 292  
 Zwiebeln 180  
 Zwitter 231  
 Zylinderepithel 190



Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin.

**Philosophisches Lesebuch.** Zum Gebrauch an höheren Schulen und zum Selbststudium. Von Dr. **Bastian Schmid**, Oberlehrer am Realgymnasium zu Zwickau. [VIII u. 166 S.] gr. 8. 1906. In Leinwand geb. *M.* 2.60.

„... In vorliegendem Buche können wir jedenfalls ein ausgezeichnetes Hilfsmittel für die philosophische Ausbildung der Schüler höherer Lehranstalten begrüßen. Mit sicherem Takt und großem pädagogischem Geschick hat der rühmlichst bekannte Verfasser aus dem großen Gebiete der philosophischen Literatur 40 Abschnitte herausgegriffen. Zu erwähnen sind noch einige Zwischenstücke des Verfassers als Überleitungen sowie erläuternde Anmerkungen teils historischer Natur. Auch hier zollen wir dem Verfasser durchaus Anerkennung.“  
(Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht.)

**Der naturwissenschaftliche Unterricht und die wissenschaftliche Ausbildung der Lehramtskandidaten der Naturwissenschaften.** Ein Buch für Lehrer der Naturwissenschaften aller Schulstufen von Dr. **Bastian Schmid**, Oberlehrer am Realgymnasium zu Zwickau. [IV u. 352 S.] gr. 8. 1907. In Leinwand geb. *M.* 6.—

Das Buch geht nach einer Schilderung der gegenwärtigen Reformbestrebungen auf dem Gebiete des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf den Bildungswert der Naturwissenschaften näher ein und betrachtet denselben nach seiner sachlichen und formalen Seite. Es folgen eingehendere Abhandlungen über den Biologieunterricht im allgemeinen, den Unterricht in Anthropologie, Zoologie, Botanik, Mineralogie, Geologie (Geographie), Chemie und Physik (Astronomie), in denen die methodischen Bestrebungen des naturwissenschaftlichen Unterrichts der Gegenwart behandelt werden, und woselbst neben den höheren Schulen auch die Volksschulen zu Worte kommen. Besondere Abschnitte sind auch dem Zeichnen, dem Schulgarten, der Exkursion, den Schülerübungen, den Sammlungen und der philosophischen Propädeutik gewidmet. Endlich wird auf die Ausbildung der Lehrer für Naturwissenschaften näher eingegangen und zum Schluß eine Übersicht über die Lehrpläne verschiedener Schulstufen gegeben.

**Die Tätigkeit der Unterrichtskommission der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte.** Gesamtbericht enthaltend die Vorverhandlungen auf den Versammlungen in Cassel und Breslau sowie die seitens der Kommission den Versammlungen in Meran, Stuttgart und Dresden unterbreiteten Reformvorschläge. Im Auftrag der Kommission herausgegeben von **A. Gutzmer** in Halle a. S. [XII u. 322 S.] gr. 8. 1908. In Leinwand geb. *M.* 7.—

Die Unterrichtskommission der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte hat nach dreijähriger Tätigkeit ihre Aufgabe im wesentlichen als erledigt erachtet und will in dem vorliegenden „Gesamtbericht“ ein möglichst vollständiges Bild ihrer Bestrebungen und Reformvorschläge allen interessierten Kreisen, den Schul- und Fachmännern und dem gebildeten Publikum darbieten, die ihren Arbeiten ein so erfreuliches Interesse gewidmet haben.

**Mikroskopisches und physiologisches Praktikum der Botanik für Lehrer.** Von **G. Müller**, Rektor in Liegnitz. Mit zahlreichen Figuren. gr. 8. In Leinwand geb. I. Teil: Die Zelle und der Vegetationskörper der Phanerogamen. [XVI u. 224 S.] 1907. *M.* 4.80. II. Teil: Kryptogamen. [XII u. 166 S.] 1908. *M.* 4.—

Das Werk unterscheidet sich von anderen Anweisungen durch den außerordentlichen Reichtum an Figuren, die dem Praktikanten das Arbeiten wesentlich erleichtern sollen, und durch die Vielseitigkeit und relative Vollständigkeit der Behandlung des bezeichneten Gebietes. Auf lückenlosen Fortschritt und Vorführung der Erscheinungen im Zusammenhange ist großer Wert gelegt worden. Den Abschluß jedes Abschnittes bildet eine übersichtliche Darstellung der Forschungsergebnisse überhaupt.

**Unsere Pflanzen, ihre Namensklärung und ihre Stellung in der Mythologie und im Volksaberglauben.** Von Dr. **Fr. Söhns**. Vierte Auflage. Mit Buchschmuck von **J. V. Cissarz**. [VII u. 192 S.] gr. 8. 1907. In Leinwand geb. *M.* 3.—

„... Für die Trefflichkeit des Buches spricht schon die dreimalige Auflage innerhalb 7 Jahren. Und in der Tat: der Inhalt ist geeignet, nicht nur den Botaniker vom Fach und den Volksforscher lebhaft zu interessieren, sondern wir möchten das Buch auch jedem Lehrer der Naturkunde in die Hand geben; denn mit seiner Hilfe hört der Botanikunterricht auf, ein nüchternes, lebloses zu sein; jede Pflanze gewinnt für den Schüler Bedeutung und Leben, sobald er erfährt, wie ihr Name entstanden, was für Sagen, Anekdoten und abergläubische Vorstellungen sich daran knüpfen.“  
(Schweiz. Archiv für Volkskunde.)

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin.

## Exkursionsflora für Nord- und Mitteldeutschland. Ein Taschenbuch der im

Gebiete einheimischen und häufiger kultivierten Gefäßpflanzen für Schüler und Laien. Von Prof. Dr. K. Kraepelin, Direktor des Naturhistorischen Museums in Hamburg. 6. verbesserte Auflage. Mit 566 Holzschnitten im Text. [XXX u. 371 S.] 8. 1906. In Leinwand geb. M. 4.—

„... Während der letzten Sommerferien habe ich auf meinen zahlreichen Sammelausflügen nach diesem Buche bestimmt und kann es wohl aussprechen, daß keine der mir bekannten Floren bei dem gleichen geringen Umfang ein so sicheres Auffinden der Pflanzen ermöglicht. Die Holzschnitte, welche in klarer Einfachheit zumeist kritische Formen von Blatt- und Blütenteilen darstellen, sind meisterlich ausgewählt, um den Suchenden zu unterstützen. Ich kann diese handliche Flora jedem Kollegen, der sich eine gute Kenntnis der heimischen Pflanzenwelt erwerben will, aufs wärmste empfehlen.“ (Sächsische Schulzeitung.)

„... Diese Flora hat schon gute Aufnahme und verdiente Verbreitung gefunden und sei aufs neue empfohlen. Der Verfasser ist bestrebt gewesen, den Schülern höherer Lehranstalten ohne Hilfe des Lehrers eine sichere und leichte Bestimmung nicht nur der wildwachsenden, sondern auch der verbreitetsten Zierpflanzen zu ermöglichen. Nach vorgenommenen Stichproben hat er dieses Ziel erreicht.“ (Preussische Lehrerzeitung.)

## Die Pflanzen Deutschlands. Eine Anleitung zu ihrer Kenntnis. Die höheren Pflanzen. Von Dr. O. Wünsche, weil. Professor am Gymnasium zu Zwickau. 9. Auflage, bearbeitet von Dr. Joh. A. Bromelt, Privatdozent an der Universität Königsberg i. Pr. [ca. 630 S.] 8. 1909. Geb. ca. M. 5.—

Die Vorzüge, die diesem Buche so günstigen Eingang verschafften, bestehen in der klaren und einfachen Gliederung der Bestimmungstabellen und der übersichtlichen Anordnung derselben, in der Grundlegung des natürlichen, phylogenetischen Pflanzensystems, in der Zuverlässigkeit der Tabellen und floristischen Daten, in der Reichhaltigkeit an Unterarten und Varietäten und nicht zuletzt in der bequemen Taschenform des Buches.

In der neuen Auflage wurden mit Rücksicht auf Bestimmungsübungen, wozu sich das Werk ganz besonders eignet, einige Verbesserungen und Erweiterungen vorgenommen. Die Nomenklatur wurde gemäß der auf dem 2. internationalen botanischen Kongreß in Wien 1905 zur Annahme gelangten Regeln gestaltet und auch die deutschen Namen der Pflanzen im engeren Anschluß an Meigens Vorschläge behandelt. Die Verbreitung der Arten sowie ihre Geselligkeitsverhältnisse wurden etwas mehr als bisher berücksichtigt, ohne den Umfang des Buches erheblich zu überschreiten.

## Die verbreitetsten Pflanzen Deutschlands. Ein Übungsbuch für den naturwissenschaftl. Unterricht. Von Dr. O. Wünsche, weil. Professor am Gymnasium zu Zwickau. 5. Auflage, herausgegeben und bearbeitet von Dr. Bernhard Schorler, Realschuloberlehrer und Kustos am Botanischen Institut der Technischen Hochschule zu Dresden. Mit 459 Umrißzeichnungen. [VI u. 290 S.] 8. 1909. Geb. M. 2.60

Das kleine handliche Bestimmungsbuch erscheint jetzt in 5. Auflage, die nach dem Tode Wünsches von Dr. B. Schorler bearbeitet worden ist. Die neue Auflage unterscheidet sich von den früheren besonders durch die beigefügten 459 in den Text gedruckten Figuren und durch die blütenbiologischen Angaben. Da das Buch in erster Linie für Anfänger im Pflanzenbestimmen in den Schulen bestimmt ist, so kann durch das Wort allein nicht immer jeder Zweifel ausgeschlossen werden, mag der Bestimmungsschlüssel oder die Pflanzenbeschreibung auch noch so scharf und klar sein. Der Herausgeber hat sich deshalb entschlossen, zur Erläuterung der in den Bestimmungsschlüsseln angegebenen Merkmale einfache Umrißzeichnungen der Blüten oder Blütenteile anzufertigen, die das Bestimmen wesentlich erleichtern dürften. Eine weitere Neuerung ist insofern eingetreten, als bei jeder Art die blütenbiologischen Verhältnisse angegeben sind, und zwar in Gestalt der schon von Müller in die Blütenbiologie eingeführten Zeichen und Abkürzungen. Diese werden auch vielen willkommen sein.

## Hilfs- und Übungsbuch für den botanischen und zoologischen Unterricht an höheren Schulen und Seminararien (für die Hand des Lehrers). Von B. Landsberg, Professor am Wilhelms-Gymnasium zu Königsberg i. Pr., und Dr. W. B. Schmidt, Professor am Thomas-Gymnasium zu Leipzig. 2. Teile. I. Teil: Botanik, bearbeitet von Professor B. Landsberg. [XXXVIII u. 508 S.] gr. 8. 1896. Geb. M. 6.—

Auch in 3 Heften:

1. Heft: 1. u. 2. Kursus (nebst Einleitung). Geh. M. 1.60. 2. Heft: 3. Kursus. Geh. M. 2.20. 3. Heft: 4. Kursus (nebst alphabet. Namen- und Sachverzeichnis). Geh. M. 2.20. II. Teil: Zoologie, bearbeitet von Professor Dr. W. B. Schmidt. gr. 8. 1901. I. Kursus der Sexta. [XXII u. 208 S.] Kart. M. 2.20. II. Kursus der Quinta. 1. Hälfte. [XII u. S. 209—389.] Geh. M. 1.80.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin.

## Naturwissenschaft und Technik in Lehre und Forschung.

Eine Sammlung von Lehr- und Handbüchern herausgegeben von Dr. F. Doflein, a. o. Professor an der Universität München und II. Konservator der Zoologischen Staatssammlung, und Dr. K. T. Fischer, a. o. Professor an der Kgl. Technischen Hochschule zu München.

I. Band: Einleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen von Dr. K. Goebel, Professor an der Universität München. Mit 135 Abbildungen. [VIII u. 260 S.] gr. 8. 1908. In Leinwand geb. M 8.—

Das Buch gibt zum erstenmal eine ausführlichere Darstellung der bis jetzt vorliegenden Ergebnisse der experimentellen Pflanzenmorphologie und bringt zugleich eine Reihe neuer Untersuchungen des Verfassers in der Absicht, das Interesse für diesen Teil der Botanik auch in weiteren Kreisen anzuregen. Hat doch die experimentelle Behandlung der Gestaltungsverhältnisse in den letzten Jahrzehnten in der Biologie einen gewaltigen Aufschwung genommen. Die Pflanzen sind für solche Untersuchungen ganz besonders geeignet, weil sie im allgemeinen viel „plastischer“ sind als die Tiere.

„Das Tatsachenmaterial, das der Verfasser vorbringt, ist außerordentlich wertvoll als Grundlage einer zusammenfassenden Anschauung über das Werden der Organismen und über ihre Beziehungen zur Umgebung.“ (Naturwissenschaftliche Wochenschrift.)

II. Band: Lehrbuch der Paläozoologie von Dr. E. Stromer, Professor an der Universität München. 2 Teile gr. 8. In Leinw. geb. 1. Teil. Wirbellose Tiere. [ca. 320 S.] (Erscheint Ostern 1909.) 2. Teil. Wirbeltiere. (Erscheint Herbst 1909.)

Der Verfasser war bemüht, im engsten Anschluss an die besser bekannten und mehr gesicherten Resultate der Zoologie vor allem die Organisation der Tiere klar zu legen und auch ihre Lebensweise kurz zu erläutern, während die so wechselnde und vielfach strittige Systematik nur in ihren Prinzipien und sonst im allgemeinen bloß bis zu den Ordnungen genauere Berücksichtigung fand. Auch wurde Wert darauf gelegt, der allgemeinen Paläozoologie größeren Raum zu gewähren. So folgen im ersten Bande der kurzen Definition und Vorgeschichte der Wissenschaft eine ausführliche Darstellung der Erhaltungsbedingungen von Tierresten, eine Abhandlung über Skelettbildung und eine Klarlegung des Verhältnisses der Paläozoologie zu den anderen beschreibenden Naturwissenschaften. Im speziellen Teile werden dann die Stämme der Wirbellosen nach Bau, Einteilung, räumlicher und zeitlicher Verbreitung sowie in bezug auf die Stammesgeschichte besprochen. In dem zweiten Bande, welcher schon in der Bearbeitung sich befindet, werden die Wirbeltiere ebenso behandelt und zum Schlusse soll eine Ergänzung der einleitenden allgemeinen Paläozoologie folgen, nämlich eine Darstellung der Rolle der gesamten Tierwelt in den früheren Zeiten, ihrer Gesamtentwicklung und der dabei geltenden Gesetze und damit eine Klarlegung der Bedeutung der Paläozoologie für die Tiergeographie und die Abstammungslehre.

## Sammlung naturwissenschaftlich-pädagogischer Abhandlungen.

Herausgegeben von Otto Schmeil in Wiesbaden und Walter B. Schmidt in Leipzig. In zwanglosen, einzeln käuflichen Heften und Bänden. gr. 8. Geh. Band I: (9 Hefte) komplett geh. M 8.— Band II: (3 Hefte) komplett geh. M 12.— Band III: Im Erscheinen. Über die einzelnen Abhandlungen der Sammlung näheres durch ausführlichen Prospekt vom Verlag.

Band I. Zweck und Umfang des Unterrichts in der Naturgeschichte an höheren Mittelschulen mit besonderer Berücksichtigung der Gymnasien von F. Mühlberg. (M. 1.20.) — Schülerübungen in der elementaren Astronomie von P. Schlee. (M. —.50.) — Die Abstammungslehre im Unterrichte der Schule von W. Schoenichen. (M. 1.20.) — Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des chemischen Unterrichts an deutschen Mittelschulen von E. Binder. (M. —.80.) — Die Aufgaben des naturkundlichen Unterrichts vom Standpunkte Herbarits von A. Günthart. (M. 1.40.) — Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts an höheren Schulen Deutschlands von J. Norrenberg. (M. 1.80.) — Pflanzenphysiologische Versuche und Demonstrationen für die Schule von P. Claußen. (M. —.80.) — Das dynamologische Prinzip. Ein Wort zur einheitlichen Gestaltung des naturkundlichen Unterrichts von K. Remus. (M. —.80.) — Die Milbenplage der Wohnungen, ihre Entstehung und Bekämpfung. Nebst einem Anhang über neuerliche Massenverbreitung einiger anderer bisher wenig beachteter Wohnungsschädlinge von F. Ludwig. (M. —.80.)

Band II. Die Bedeutung des Experimentes für den Unterricht in der Chemie von Dr. M. Wehner. (M. 1.40.) — Sind Tiere und Pflanzen beseelt? Lehrstoff für den Unterricht in Prima im Anschluß an die philosophische Propädeutik von Dr. F. Höck. (M. 1.—) — Beiträge zur Methodik des botanischen Unterrichts von F. Schleichert. (M. 1.—) — Der dynamologische Lehrgang von K. Remus. (M. 2.60.) — Beiträge zur Geschichte und Methode des chemischen Unterrichts in der Volksschule von Dr. R. Böttger. (M. 1.40.) — Die meteorologischen Elemente und ihre Beobachtung. Mit Ausblicken auf Witterungskunde und Klimalehre von O. Meißner. (M. 2.60.) — Der Lehrplan für den Unterricht in Naturkunde von P. Henkler. (M. 1.—) — Physiologie und Anatomie des Menschen mit Ausblicken auf den ganzen Kreis der Wirbeltiere. Von F. Kienitz-Gerloff. (M. 3.—)

Band III. [Im Erscheinen.] Biologie unserer einheimischen Phanerogamen. Ein systematischer Überblick und eine übersichtliche Zusammenstellung der für den Schulunterricht in Betracht kommenden pflanzenphysiologischen Stoffe. Von M. Wagner. (M. 6.—)

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

# Aus Natur und Geisteswelt.

Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens in Bänden von 70—180 Seiten.

In erschöpfender und allgemein-verständlicher Behandlung werden in abgeschlossenen Bänden auf wissenschaftlicher Grundlage ruhende Darstellungen wichtiger Gebiete in planvoller Beschränkung aus allen Zweigen des Wissens geboten, die von allgemeinem Interesse sind und dauernden Nutzen gewähren.

Jeder Band geh. M. 1.—, in Leinwand geb. M. 1.25.

Erschienen sind 260 Bde. aus den verschiedensten Gebieten, u. a.:

- Auerbach, F., die Grundbegriffe der modernen Naturlehre. 2. Auflage. Mit 79 Abbildungen.
- Eckstein, K., Der Kampf zwischen Mensch und Tier. 2. Aufl. Mit 51 Abb.
- Goldschmidt, R., die Tierwelt des Mikroskops (die Urtiere). Mit 39 Abb.
- Gutzeit, E., Die Bakterien im Kreislauf des Stoffes. Mit 13 Abb.
- Hennings, K., Tierkunde. Eine Einführung in die Zoologie. Mit 34 Abb.
- Hesse, R., Abstammungslehre und Darwinismus. 3. Aufl. Mit 37 Abbildungen.
- Janson, O., Meeresforschung und Meeresleben. 2. Aufl. Mit 41 Abbildungen.
- Keller, K., Die Stammesgeschichte unserer Haustiere. Mit 28 Abbildungen.
- Knauer, Fr., Zwiegestalt der Geschlechter in der Tierwelt (Dimorphismus). Mit 37 Abbildungen.
- die Ameisen. Mit 61 Abbildungen
- Kraepelin, K., die Beziehungen der Tiere zueinander und zur Pflanzenwelt.
- Kreibitz, J. C., die fünf Sinne des Menschen. 2. Auflage. Mit 30 Abb.
- Küster, E., Vermehrung und Sexualität bei den Pflanzen. Mit 38 Abb.
- Lampert, K., Die Welt der Organismen. Mit zahlreichen Abbildungen.
- Maas, O., Lebensbedingungen und Verbreitung der Tiere. Mit Karten und Abbildungen.
- May, W., Korallen und andere gesteinsbildende Tiere. Mit 45 Abbildungen.
- Mie, G., Moleküle — Atome — Weltäther. 2. Auflage. Mit 27 Abb.
- Miehe, H., die Erscheinungen des Lebens. Grundprobleme der modernen Biologie. Mit 40 Abbildungen.
- Oppenheim, S., das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit. Mit 24 Abbildungen.
- Rehmke, J., Seele des Menschen. 2. Auflage.
- Reukauf, E., die Pflanzenwelt des Mikroskops. Mit 100 Abbildungen in 165 Einzeldarstellungen nach Zeichnungen des Verfassers.
- Scheffer, W., das Mikroskop, seine Optik, Geschichte und Anwendung, gemeinverständlich dargestellt. Mit 66 Abbildungen und einer Tafel.
- Scheiner, J., der Bau des Weltalls. 2. Auflage. Mit 24 Abbildungen.
- Teichmann, E., der Befruchtungsvorgang, sein Wesen und seine Bedeutung. Mit 7 Abbildungen und 4 Doppeltafeln.
- Verworn, M., Mechanik des Geistesleben. Mit 11 Abbildungen.
- Voigt, A., Deutsches Vogelleben.
- Zacharias, O., das Süßwasser-Plankton. Einführung in die freischwebende Organismenwelt unserer Teiche, Flüsse und Seebecken. Mit 49 Abb.

Ausführlicher illustrierter Katalog umsonst und postfrei vom Verlag.

**Instinkt und Gewohnheit.** Von C. Lloyd Morgan, F. R. S., Professor der Zoologie am University College in Bristol. Autorisierte deutsche Übersetzung von Maria Semon. Mit einem Titelbild. [VII u. 396 S.] gr. 8. 1909. Geh. *M* 5.—, in Leinwand geb. *M* 6.—

Unter den tierpsychologischen Werken C. Lloyd Morgans zeichnet sich das vorliegende, das hier als erstes in deutscher Übersetzung erscheint, durch die Fülle des mitgeteilten Tatsachenmaterials aus. Am eingehendsten hat sich Morgan darin mit den instinktiven und den auf individueller Erfahrung beruhenden Regungen neugeborener Vögel der verschiedensten Gruppen beschäftigt, daneben auch denen junger Säugetiere. Unter den Beispielen aus der Insektenwelt fällt der Hauptanteil in diesem Werk nicht den vielbehandelten Bienen und Ameisen zu, es findet vielmehr eine weitgehende Berücksichtigung der anderen Ordnungen, besonders der Käfer und Schmetterlinge statt. An der Hand des reichhaltigsten Beobachtungsmaterials sowie durch eine Reihe von Experimenten wird festgestellt, welche komplizierten Fähigkeiten ein Geschöpf fix und fertig, d. h. also als Instinkt mit auf die Welt bringt, und was das Tier erst durch häufig wiederholte Ausübung im individuellen Leben lernen muß, damit es ihm auf dem Wege der Erfahrung zur Gewohnheit wird. Es wird sodann der Einfluß der Verstandesstärkung, ferner der Nachahmung auf die Erwerbung von Gewohnheiten untersucht, die Beziehung der Affekte zu den Instinkten erörtert. Die Vergleichung der körperlichen Entwicklung mit der geistigen führt zu der Frage, ob erworbene Eigenschaften vererbt werden können, und diese Frage wird im Schlußkapitel in der engeren Fassung untersucht, ob beim Menschen individuell erworbene Gewohnheiten durch Vererbung instinktiv werden können. — Das Buch schließt mit einem Ausblick auf den Fortschritt der menschlichen Rassen und Gesellschaft und zieht zu diesem Thema verschiedene Äußerungen geistig hervorragender Persönlichkeiten heran.

**Experimentelle Zoologie.** Von Th. Hunt Morgan, Professor an der Columbia-Universität New York. Deutsche vom Verfasser autorisierte, vermehrte und verbesserte Ausgabe, übersetzt von Helene Rhumbler. Mit Abbildungen. [ca. 520 S.] gr. 8. 1909. Geh. und in Leinwand geb. [Erscheint im April 1909.]

Während in Deutschland die experimentelle Forschung der auf die Gestaltungsformen der Tierwelt einwirkenden äußeren Faktoren erst in den letzten Jahren mit Eifer in Angriff genommen wurde, hat dieser modernste und aussichtsreichste Zweig der biologischen Wissenschaft in den Vereinigten Staaten schon seit langem einen hohen Aufschwung genommen. Vor allem waren es die Arbeiten von Th. Hunt Morgan, der nicht nur als Lehrer und Leiter, sondern auch als Verfasser zahlreicher Spezialwerke auf diesem Gebiete Amerika den unbestrittenen Vorrang sicherte. Das vorliegende Buch behandelt in 6 Abschnitten folgende Themata: 1. Experimentalstudium der Entwicklung; 2. des Wachstums; 3. der tierischen Pflropfungen und Verwachungen; 4. des Einflusses der Umgebung auf den Kreislauf der Lebensformen; 5. der Geschlechtsbestimmung; 6. der sekundären Geschlechtsmerkmale. Wie in Amerika, dürfte es sich auch in Deutschland rasch Freunde erwerben, ist es doch das erste umfassende Lehrbuch der experimentellen Zoologie, das in deutscher Sprache erscheint. Der Hauptwert des Werkes beruht vor allem auf der kritischen Zusammenstellung wissenschaftlich feststehender Tatsachen. Das Theoretische beschränkt sich nur auf das notwendigste Maß. Die reichhaltigen, gut disponierten Kapitel sind für den, der tiefer in die behandelten Probleme eindringen will, mit ausführlichen Literaturangaben versehen, so daß das Werk sowohl bei Studierenden der Naturwissenschaften wie bei Lehrern und Universitätsdozenten auf eine freundliche Aufnahme rechnen darf.

**Die Metamorphose der Insekten.** Von Dr. P. Deegener, Professor und Assistent am Zoologischen Institut der Universität Berlin. [IV u. 56 S.] gr. 8. 1909. Steif geb. *M* 2.—

Die vorliegende Arbeit stellt sich die Aufgabe, das Auftreten eines Puppenstadiums in Abhängigkeit von der Entstehung bestimmter gestalteter Larven zu erklären. Der Unterschied zwischen holometabolen Insekten einerseits und hemimetabolen und epimorphen andererseits beruht nicht in erster Linie auf dem Vorhandensein eines Puppenstadiums, weil dieses erst durch die besondere Gestaltung der Jugendformen bedingt erscheint. Es werden daher die Jugendformen der holometabolen Insekten mit den übrigen Jugendformen eingehend in Vergleich gestellt und deren genetisches Verhältnis zu ihren Imagines untersucht. Dabei ergibt sich, daß die Jugendformen der Holometabolen sekundär einen Entwicklungsweg eingeschlagen haben, welcher sie von der geradlinigen Entwicklung zur Imago weit abführte: diese letztere wurde somit temporär unterbrochen und beginnt erst wieder mit der Vorbereitung zum Übertritt in das erste Imaginalstadium, die Puppe. Die erste Larve erscheint bei kritischer Bewertung ihrer Organisation phylogenetisch von einem imaginiformen Jugendstadium ableitbar, die Imago ist phylogenetisch älter als die echte Larve, obwohl sie ontogenetisch aus der Larve hervorgeht.

**Die neuere Tierpsychologie** von O. zur Strassen, Professor an der Universität Leipzig. [78 S.] 8. 1908. Kart. *M* 2.—

Die tierischen Verrichtungen beruhen größtenteils auf Instinkt, daneben auf Assoziation, Abstraktion und Intelligenz. Es wird untersucht, wie weit diese Leistungen ohne Hilfe psychischer oder doch teleologischer Faktoren geschehen und wie sie sich stammesgeschichtlich entwickeln konnten.



**Archiv für Rassen- und Gesellschafts-Biologie** einschließlich Rassen- und Gesellschafts-Hygiene. Eine deszendenztheoretische Zeitschrift für die Erforschung des Wesens von Rasse und Gesellschaft und ihres gegenseitigen Verhältnisses, für die biologischen Bedingungen ihrer Erhaltung und Entwicklung sowie für die grundlegenden Probleme der Entwicklungslehre. Redigiert von Dr. A. Ploetz in München. VI. Jahrgang 1909. Jährlich 6 Hefte im Umfange von etwa 8—10 Bogen. Jährlich *M.* 20.—

Das Archiv für Rassen- und Gesellschafts-Biologie, das mit dem VI. Jahrgang in den Teubnerschen Verlag überging, will eine deszendenztheoretische Zeitschrift sein „für die Erforschung des Wesens von Rasse und Gesellschaft und ihres gegenseitigen Verhältnisses, für die biologischen Bedingungen ihrer Erhaltung und Entwicklung sowie für die grundlegenden Probleme der Entwicklungslehre“. Speziell beim Menschen gehören in die Rassenbiologie alle Betrachtungen über Geburten- und Sterbeziffer, Aus-, Ein- sowie Binnenwanderung und daraus resultierende Veränderungen der Rassen, über Fortpflanzung, Variabilität und Vererbung, über Kampf ums Dasein, Auslese und Panmixie, über wahllose Vernichtung und kontraselektorische Vorgänge, über direkte Umwandlung durch Umgebungseinflüsse, über die Ungleichheit der etwaigen verschiedenen Rassen in bezug auf Entwicklungshöhe, über ihren Kampf ums Dasein gegeneinander sowie über die aus allen diesen Faktoren sich ergebenden Konsequenzen für die Erhaltung und Entwicklung einer Rasse, für die Rassenhygiene, mögen sie die einzelnen, die Familie, Gesellschaften oder Staaten betreffen, mit allen ihren Ausstrahlungen auf Moral, Recht und Politik. — Das Phänomen der Gesellschaft ist von dem der Rasse verschieden. Beim Menschen sind Gesellschaft und Rasse zwei vielfach in- und durcheinander geschobene Gruppierungen, die sich gegenseitig stark beeinflussen. Auch die Gesellschaft hat eine biologische Grundlage und baut ihre Funktionen auf die Organtätigkeiten der sie bildenden Individuen auf. Somit muß es auch biologische Bedingungen der Erhaltung und Entwicklung einer Gesellschaft geben, also auch optimale für ihre sicherste Erhaltung und beste Form (Gesellschafts-Hygiene), die ebenfalls noch der wissenschaftlichen Diskussion offen sind. Ausführliche Literaturberichte sowie Notizen über hervorragend wichtige politische und kulturelle Ereignisse und Tendenzen sind jedem Archivheft beigelegt.

**Himmel und Erde.** Illustrierte naturwissenschaftliche Monatschrift, herausgegeben von der Gesellschaft Urania Berlin, redigiert von Dr. P. Schwahn. XXI. Jahrg. 1909. Jährl. 12 Hefte. Vierteljährl. *M.* 3.60.

Die von der „Urania“ zu Berlin im Jahre 1888 gegründete naturwissenschaftliche Monatschrift „Himmel und Erde“ ist von Beginn ihres Erscheinens ab bemüht gewesen, ihren Lesern die gewaltige Entwicklung der Naturwissenschaft und Technik mit erleben zu lassen durch Wort und Bild. Beredtes Zeugnis dafür legt der Inhalt der bisher erschienenen 20 Jahrgänge ab. Bei jeder weiteren Vervollkommnung und Ausgestaltung der Zeitschrift blieb glücklicherweise ihr populär-wissenschaftlicher Charakter gewahrt. Daß dieser gelungen, beweist der treue Leserkreis.

Interessenten stehen Probehefte sowie ausführlicher Prospekt, der über die Reichhaltigkeit des Inhaltes Aufschluß gibt, gern kostenlos und portofrei zur Verfügung.

**Monatshefte für den naturwissenschaftlichen Unterricht** aller Schulgattungen. Herausgegeben von B. Landsberg in Königsberg i. Pr. und B. Schmid in Zwickau. II. Jahrgang. 1909. Jährlich 12 Hefte zu je 48 Druckseiten. Preis halbjährlich *M.* 6.—

Die Monatshefte wollen — wie bisher die Zeitschrift „Natur und Schule“, die ihr Erscheinen eingestellt hat, — dem naturwissenschaftlichen Unterricht aller Schulen dienen und allen naturwissenschaftlichen Fächern (Zoologie, Botanik, Anthropologie, Physik, Astronomie, Chemie, Mineralogie, Geologie und Geographie, soweit diese Naturwissenschaft ist) ihre Aufmerksamkeit zuwenden. Ganz besonders werden die Monatshefte es sich angelegen sein lassen, in allen diesen Fächern neben der theoretischen auch die praktische Seite (so namentlich die Schülerübungen auf allen Gebieten sowie die Frage der wissenschaftlichen Ausfüße, Schulgärten, Aquarien, Terrarien usw.) zu pflegen. Die philosophische Zuspitzung unserer Unterrichtsfächer sowie allgemein-pädagogische Fragen des Unterrichts, der Erziehung und der Hygiene sollen ebenfalls in dieser Zeitschrift, die der intellektuellen, moralischen und künstlerischen Erziehung unserer Jugend soweit als möglich Rechnung tragen wird, eine Stätte finden. Des Ferneren wird sie bestrebt sein, sich unentwegt in den Dienst einer gesunden Reform des naturwissenschaftlichen Unterrichts und der Lehrerbildung zu stellen, um ihrerseits zur Lösung dieser auch in nationaler Hinsicht wichtigen Frage, die der Mitarbeit aller Fachmänner bedarf, beizutragen. Über neueste Forschungsergebnisse und wichtige Probleme soll regelmäßig berichtet werden. Die Bücherbesprechungen erstrecken sich auf alle auf dem naturwissenschaftlichen Gebiete sowie auch auf dem Gebiete der allgemeinen Pädagogik und der Philosophie erscheinenden Werke, und namentlich sollen solche herangezogen werden, die den Interessen der Schule besonders dienen. Mit großer Aufmerksamkeit wird die Zeitschrift die auf den einzelnen Gebieten erscheinenden Lehrmittel verfolgen, um den Lesern ein klares Bild über die wichtigsten Erzeugnisse zu bieten.

Prospekte auf Verlangen umsonst und postfrei vom Verlag.

**Ostasienfahrt.** Erlebnisse und Beobachtungen eines Naturforschers in China, Japan und Ceylon. Von Dr. Fr. Doflein, Professor der Universität München und II. Konservator der Bayr. Zool. Staatssammlung. Mit zahlreichen Abbildungen, 8 Tafeln und 4 Karten. [XIII u. 512 S.] gr. 8. 1906. In Leinwand geb. *M* 13.—

„Es geht durch die ganze Darstellung ein so frischer, ergreifender Zug des Persönlichen, mit dem Auge des Künstlers wie Forschers Beobachtenden, die Natur- wie Völkerschilderungen sind so trefflich, die bildliche Ausstattung bietet so viel des Schönen und Interessanten, daß das Lesen des Buches zu einer einzigen fesselnden Belehrung wird. Auch der Entomologe findet, namentlich auch in den Kapitela: „Vögel und Schmetterlinge“, „Die pilzzüchtenden Termiten“, „Beobachtungen an Ameisen“, wenn auch vielleicht weniger wissenschaftlich neue, aber gleichfalls von persönlicher Seite aufgefaßte Gedanken, welche ihm den Besitz des Buches gewiß wertvoll erscheinen lassen werden.“ (Zeitschr. f. wissenschaftl. Insektenbiologie.)

**Natur-Paradoxe.** Ein Buch für die Jugend zur Erklärung von Erscheinungen, die mit der täglichen Erfahrung im Widerspruch zu stehen scheinen. Nach Dr. W. Hampsons „Paradoxes of nature and science“ bearbeitet von Dr. C. Schäfer. Mit 4 Tafeln und 65 Textbildern. [VIII u. 179 S.] gr. 8. 1907. In Leinwand geb. *M* 3.—

„... Wie es anzustellen ist, hinter „paradoxe“ Erscheinungen zu kommen, will das vorliegende hübsche Buch zeigen. Man könnte es eine erste Anleitung zu wissenschaftlichen Forschungen nennen. ... Es darf gesagt werden, daß dem Verfasser sein Vorhaben vorzüglich gelungen ist. Ich brauche nur einige Überschriften hierher zu setzen, um erkennen zu lassen, welch interessante Dinge der Leser des Buches erfahren wird. Da ist die Rede von Bällen, die um die Ecke fliegen, von Eis, das schmilzt, während es kälter wird; da wird gefragt: „Wie der Schwächere den Stärkeren besiegt“ oder „Wer kann durch die Hand sehen?“; da wird das alte Problem des Steines der Weisen gelöst, das „Bauchreden“ erklärt und schließlich auch gezeigt, worauf der Trugschluß des Zenon beruht, daß Achilles die Schildkröte nicht einholen könne. Dies ist nur ein Weniges aus der Fülle. Ich meine aber, niemand, der sich und der seiner Obhut unterstehenden wissenschaftlichen Jugend frohe und genutzreiche Stunden zu bereiten wünscht, sollte an diesem Buche vorbeigehen; es zeigt, wie es anzufangen sei, die große Lehrmeisterin Natur zu bewegen, uns ihre Geheimnisse zu verraten.“ (Frankfurter Zeitung.)

**Chemisches Experimentierbuch für Knaben.** Von Prof. Dr. Karl Scheid. 2. Auflage. Mit 79 Abbildungen. [VIII u. 209 S.] gr. 8. 1907. In Leinwand geb. *M* 3.20.

Nicht ein eigentliches Lehrbuch, sondern ein Spielbuch im besten Sinne des Wortes für Reiche und Arme ist dieser Band. Es ist eine Anleitung, auf dem Wege frühlicher Selbstbeschäftigung eine Anzahl der wichtigsten Vorgänge aus dem täglichen Leben zu untersuchen und damit die Grundgesetze der chemischen Wissenschaft zu erproben. Diese Gesetze in exaktwissenschaftlicher Form anzusprechen, ist natürlich nicht die Aufgabe eines Spielbuches: hier muß der Lehrer oder ein gutes Lehrbuch eingreifen. Die eigene Arbeit, welche der Schüler hier freiwillig leistet, fördert sein Wissen und das Verständnis für Naturvorgänge in hohem Grade und kommt ihm so für das ganze Leben zugute. Während auch die einfacheren physikalischen Experimente eine ziemlich umständliche Apparatur erfordern und dadurch nicht ganz billig zu sein pflegen, darf der Verfasser die für seine Versuche notwendigen Gerätschaften und Chemikalien als in den meisten Haushaltungen vorhanden voraussetzen. Die große Fülle von Übungsbeispielen wird aber auch dem Lehrer des naturgeschichtlichen Unterrichts eine hochwillkommene Fundgrube für chemische „Freihandversuche“ sein.

**Das Feuerzeug.** Drei Vorträge vor jugendlichen Zuhörern. Von Ch. M. Tidy. Nach dem englischen Original bearbeitet von P. Pfannschmidt. Mit 40 Figuren. [VIII u. 92 S.] 8. 1907. In Leinwand geb. *M* 2.—

Das Büchlein beschäftigt sich mit einem der fesselndsten Abschnitte aus der Kulturgeschichte der Menschheit; an der Hand einfacher Versuche geht es der Geschichte der Feuer- und Lichterzeugung nach, die aufs engste verknüpft ist mit der Ausbreitung der menschlichen Erkenntnis überhaupt. In der Darstellungsweise erinnert es, durch den behaglichen Plauderton, an Faradays „Naturgeschichte einer Kerze“.

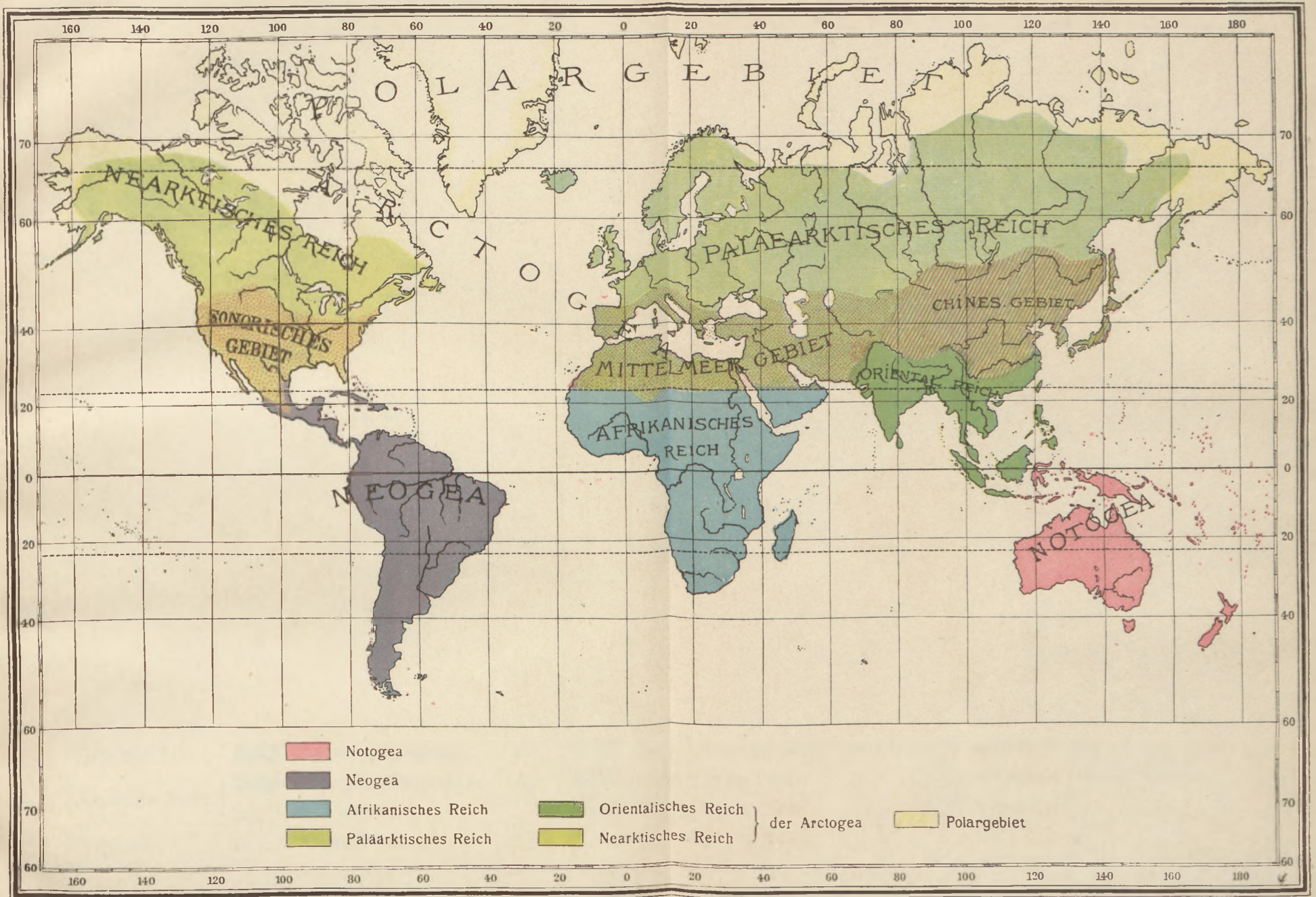
**Populäre Astrophysik.** Von Prof. Dr. J. Scheiner. Mit 30 Tafeln und 210 Figuren. [VI u. 788 S.] gr. 8. 1908. In Leinwand geb. *M* 12.—

Das Werk, aus einem vom Verfasser an der Berliner Universität gehaltenen Vorlesungszyklus entstanden, versucht, zum ersten Male in allgemeinverständlicher Weise die Instrumente, Theorien und Ergebnisse des Gesamtgebietes der Astrophysik, die in den letzten Jahrzehnten einen außerordentlichen Aufschwung genommen hat, in ausführender Weise, als dies in den populären Astronomien möglich ist, einem gebildeten Leserkreis vorzuführen.

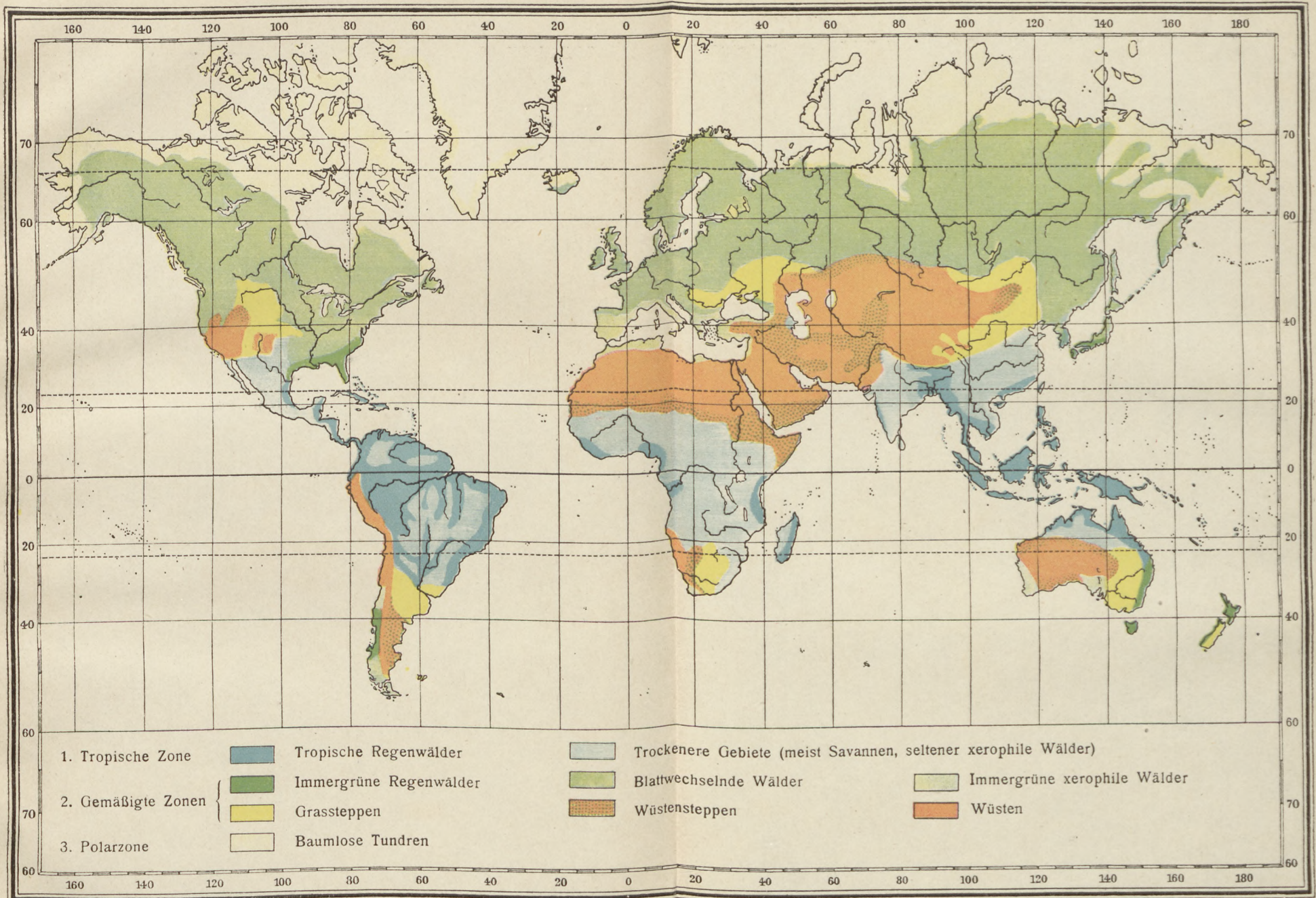
Dieser jüngste Zweig der Astronomie ist aber bereits ein so entwickelter, daß es unmöglich gewesen wäre, in nur einem Bande eine in historischer Beziehung vollständige Darstellung zu geben. Der Verfasser mußte daher aus dem großen Materiale eine Auswahl treffen und somit dem Buche einen subjektiven Charakter geben, der ja für eine allgemeinverständliche Darstellung auch am angemessensten erscheint.

Die Populäre Astrophysik ist also kein Handbuch für den Fachmann; sie bezweckt nur den zahlreichen Gebildeten, denen der erweiterte Blick ins Weltall als einer der schönsten und reinsten Genüsse erscheint, als Führer in das Gebiet der physikalischen Erforschung der Himmelskörper zu dienen.

Die tiergeographischen Reiche der Erde (nach Wallace u. a.)



Vegetations-Zonen der Erde (nach Schimper, Engler u. a., vereinfacht.)



BIBLIOTEKA  
UNIERSYTECKA  
GDANSK

014698

