

Entwicklungsgeschichte synthetisch verfährt, so schließt sie sich bei ihrer Darstellung nur den Vorgängen an, welche sich in der Natur abspielen und der direkten Beobachtung zugänglich sind.

I. Allgemeine Anatomie.

Den Ausdruck „Bestandteile des tierischen Körpers“ kann man in doppeltem Sinne anwenden. Man kann von Mischungsbestandteilen reden: das sind die chemischen Verbindungen, welche die Gewebe bilden; sie sind Gegenstand der Tierchemie und können daher hier übergangen werden. Man kann aber ferner auch von Formbestandteilen des tierischen Körpers reden: das sind die Zellen. Diese und ihre Umbildung zu Geweben, Organen und ganzen Tieren sind für uns von viel größerer Bedeutung.

1. Die Formbestandteile des tierischen Körpers.

Die Lehre von den Formbestandteilen der organischen Körper hat eine feste Grundlage erst durch die Zellentheorie gefunden. Jede wissenschaftliche Tier- und Pflanzenanatomie muß daher von der Zellenlehre ihren Ausgangspunkt nehmen.

Der Begriff der Zelle, wie er in der Morphologie der Tiere und Pflanzen eingebürgert ist, hat im Laufe der Zeit viele Wandlungen erfahren, welche man einigermaßen kennen muß, um Namen und Begriff vollkommen zu verstehen. Als Hooker, Marcello Malpighi und Nehemiah Grew im 17. Jahrhundert den Namen in die Pflanzenanatomie einführten, verstanden sie darunter kleine Kämmerchen, umgeben von festen Wandungen und von Luft oder flüssigem Inhalt erfüllt. Dieses Erkenntnis wurde am Anfang des 19. Jahrhunderts zu der Lehre erweitert, daß die Zelle die anatomische und physiologische Einheit des Pflanzenkörpers sei, aus deren Umwandlung alle übrigen Teile sich bilden. Für die weitere Entwicklung der Zelltheorie wurde es von großer Bedeutung, daß der englische Botaniker Brown im Innern der Zelle ein bis dahin übersehenes Körperchen, den Nucleus oder Zellkern, auffand. Diese Entdeckung veranlaßte Schleiden, welcher im übrigen an dem überkommenen Zellbegriff festhielt, zu einer neuen, sachlich durchaus verfehlten Theorie der Zellentstehung, daß sich in einer Art Mutterlauge, dem Cystoblastem, zunächst ein Korn bilde, das Kernkörperchen, daß um dieses Korn eine Niederschlagsmembran entstehe, die Kernmembran, und um den damit fertiggestellten Kern eine weitere Niederschlagsmembran, die Zellmembran. So sei für die Entstehung der Zelle der Kern von der allergrößten Bedeutung.

Geschichte
der Zell-
theorie.

Da in dem Körper der Tiere die Kerne der Zellen am leichtesten gefunden werden und auch jetzt noch zur Orientierung über das Auftreten der Zellen vornehmlich benutzt werden, so ist es verständlich, daß die Schleidensche Lehre, welche den Zellkern so sehr in den Vordergrund stellte, für Schwann Veranlassung werden konnte, die Zellentheorie auf das Tierreich zu übertragen und damit zu einem allgemeingültigen Prinzip

zu erheben. Man spricht daher meist von einer Schwann-Schleiden-schen Zellentheorie.

Schwann-Schleiden-sche Zellen-theorie.

Dieser Theorie zufolge soll für die Function der Zelle ihre Wandung, die Zellmembran, das Wichtigste sein: durch die Zellmembran hindurch sollen Diffusionsströme zwischen Umgebung und flüssigem Zellinhalt sich vollziehen: der Charakter der Membran und des Zellsaftes solle nach allgemein physikalischen Gesetzen die Beschaffenheit der Diffusionsströme und damit auch den functionellen Charakter der Zelle bestimmen; das verschiedene Aussehen der Gewebe sei vornehmlich dadurch bedingt, daß die anfangs kugeligen Zellen ihre Gestalt verändern, indem sie beim fibrillären Bindegewebe z. B. enorm in die Länge zu den feinen Fibrillen auswachsen (Zellmetamorphose). Da das Leben des Organismus nun nichts anderes ist als das Zusammenwirken aller seiner Zellen, so schmeichelte man sich, durch die Zellentheorie und die durch sie bewirkte Entdeckung der physikalischen Einheiten des tierischen und pflanzlichen Körpers dem großen Problem der physikalischen Erklärung der Lebenserscheinungen um ein gutes Stück näher gerückt zu sein. — Auch die Zellgenese schien nach dieser Lehre ein physikalisch erklärbarer Prozeß zu sein, wie die Bildung eines Krystalls. Im Cystoblastem sollen ja Kernkörperchen, Kernmembran und Zellmembran ähnlich den Vorgängen bei der Krystallisation durch Niederschlag gebildet werden.

Reform-bewegungen.

In der Zwischenzeit haben sich unsere Auffassungen vom Wesen der Zelle vollkommen verändert. Die Zelle entsteht nicht nach Art eines Krystalls als eine Neubildung in einer Mutterlauge, sondern sie setzt die Existenz einer lebenden Mutterzelle voraus, von welcher aus sie durch Teilung oder Knospung erzeugt wird. Ebenso ist auch die Zelle nicht eine physikalische Einheit, sondern selbst wieder ein Organismus, welcher uns alle die Rätsel des Lebens erkennen läßt, deren physikalische Erklärung unserer Forschung immer als Ziel vorschweben muß, wenn auch als ein Ziel, das noch in weite, gar nicht absehbare Entfernung gerückt ist. Für das Wesen der Zellen sind ferner Membran und Zellsaft von gänzlich untergeordneter Bedeutung; das Wichtigste an der Zelle ist vielmehr eine lange Zeit über gar nicht berücksichtigte Substanz, das „Protoplasma“. Nach unserer neueren Auffassung ist die Zelle vornehmlich ein Plasmaklumpchen, meist ausgerüstet mit einem oder mehreren Kernen. Diese neuere Auffassung vom Wesen der Zelle hat sich nun so allmählich entwickelt und die Schwann-Schleiden-schen Ansichten so langsam verdrängt, daß der alte Name, obwohl er für die neue Auffassung gar nicht mehr paßte, beibehalten wurde. Man hatte sich schon so sehr an den Namen gewöhnt, daß man gar nicht mehr den Widerspruch empfand, der darin lag, daß man ein solides Klumpchen ohne Membran eine „Zelle“ nannte.

Die Reform der Zellentheorie wurde durch Entdeckungen angebahnt, welche auf sehr verschiedenen Gebieten gewonnen und erst spät in einem Brennpunkt vereinigt worden sind.

1. Schon an der Grenze des 18. und 19. Jahrhunderts hatten Bonaventura Corti und Treviranus gesehen, daß die Chlorophyllkugeln, welche die grüne Farbe der Pflanzen bedingen, bei vielen Arten lebhaft im Innern der Zelle herumströmen, aber erst Mohl fand heraus, daß ihre Bewegung keine aktive sei, daß sie vielmehr von einer homogenen Substanz, in welcher sie eingebettet sind, bewegt werden. Diese Substanz, welche Mohl, um sie in den Vordergrund zu stellen, Protoplasma nannte, gewann durch eine zweite Beobachtung noch größere Bedeutung.

Bei der Fortpflanzung der einfachsten Algen ergab sich, daß das Protoplasma mancher Zellen samt den Chlorophyllkörnern sich zu einem ovalen Körper zusammenballte, daß dieser Körper das Gehäuse der Zellmembran verließ, um im Wasser frei herumzuschwimmen. Da das Zellgehäuse keine Lebenserscheinungen mehr zeigte, der Protoplastkörper dagegen zur Ruhe kam und eine neue Pflanze bildete, so war unzweifelhaft bewiesen, daß dieser der wichtigste Bestandteil der Pflanze sei (vergl. Fig. 113).

2. In der tierischen Gewebelehre kam die Bedeutung der eigentlichen Zellsubstanz, des Protoplasma, noch eindringlicher zur Geltung. Hier führte, trotz lange Zeit herrschender, vorgefaßter Meinungen, die vorurteilsfreie Untersuchung zum Resultat, daß die meisten tierischen Zellen überhaupt keine Membran besitzen.

3. Sehr wichtig war endlich das Studium der niedersten Organismen, der *Protozoen*. Dujardin suchte durch äußerst sorgfältige Beobachtungen den Beweis zu führen, daß diese Tiere keine Organe besäßen, sondern aus einer gleichförmigen, körnchenführenden Substanz beständen, der Sarcode. Die Sarcode solle alle sonst auf viele Organe verteilten Lebensäußerungen, Bewegung, Empfindung, Ernährung, allein vermitteln. Dujardins Lehre wurde durch Ehrenberg und seine Schule lebhaft bekämpft, gelangte schließlich aber durch die bahnbrechenden Arbeiten von Max Schultze und Haeckel zu allgemeiner Geltung.

Auf Grund obiger 3 Beobachtungsreihen hat endlich Max Schultze die schon kurz skizzierte Reform der Zellentheorie durchgeführt, indem er durch ein genaues Studium des Aussehens und der Lebenserscheinungen und durch Experimente den Nachweis führte, daß Zellsubstanz der Tiere, Sarcode der *Protozoen* und Protoplasma der Pflanzen identisch seien. Die zweite wichtige Reform betrifft die Lehre von der Umbildung der Zellen zu Geweben. Dieselbe erfolge weniger durch Formveränderungen und Auswachsen der Zellen zu den Gewebeelementen, wie Schwann meinte, sondern durch chemische Umwandlung. Vermöge seiner formativen Tätigkeit erzeuge das Protoplasma Structurteile, welche nicht mehr Protoplasma sind, wie die Bindegewebsfibrillen, Muskelfibrillen, Nervenfasern etc. Dieselben bedingen den spezifischen Charakter der einzelnen Gewebe und leisten die Functionen derselben. Neben ihnen erhalten sich dann als Lebens- und Bildungsherde die nicht verwandten Reste der Zellen, die Bindegewebskörperchen, Muskelkörperchen etc. Diese beiden Grundgedanken der Max Schultzeschen „Protoplasmatheorie“ wollen wir nun weiter ausführen und dabei die Grundzüge der modernen Gewebelehre kurz skizzieren.

Schultzes
Proto-
plasma-
theorie.

Die Größe der tierischen Zellen schwankt in bedeutenden Breiten; die kleinsten Elemente sind wohl die männlichen Samenzellen, die Spermatozoen, deren Körper — nach Abzug des Schwanzfadens — namentlich bei Säugetieren oft nur 0,003 mm mißt; die größten Zellen dagegen sind, abgesehen von den Riesenplasmodien einiger *Mycetozoen*, die Eizellen. Das Gelbe des Vogeleies, welches allein das Ei im engeren Sinne, befreit von seinen Hüllen, darstellt, besitzt vorübergehend den Formenwert einer Zelle und kann bei Straußeneiern einen Durchmesser von mehreren Zentimetern erreichen.

Charakteristik
der
Zelle.

Die Form der Zelle ist ebenfalls variabel. Frei lebende, durch ihre Umgebung in ihrer Gestalt nicht bestimmte Zellen sind meist im Ruhezustand kugelig oder oval, wie die Eizellen lehren; zu Geweben vereint, können sich dagegen die Zellen zu polygonalen oder prisma-

tischen Körpern zusammendrängen oder sich in spindelige oder sternförmige, verästelte Ausläufer verlängern.

Beschaffen-
heit des
Proto-
plasma.

So bleibt für die Charakteristik der Zellen nur die Beschaffenheit ihrer Substanz übrig: die Zelle ist ein Klümpchen Protoplasma mit einem oder mehreren Kernen (Nuclei). Von einer chemischen Charakteristik des Protoplasma müssen wir Abstand nehmen. Wir wissen nicht einmal, ob das Protoplasma ein bestimmter chemischer Körper ist, der vermöge seiner Konstitution unendliche Variationen zuläßt, oder ob es ein wechselndes Gemisch verschiedener chemischer Körper darstellt. Ebenso wissen wir noch keineswegs sicher, ob diese Körper, wie man geneigt ist anzunehmen, den an und für sich rätsel-

haften Proteinsubstanzen angehören. Wir können nur sagen: die Beschaffenheit des Protoplasma muß bei einer gewissen Gleichartigkeit zugleich auch eine ganz außerordentliche Verschiedenartigkeit gestatten. Denn wenn wir sehen, daß aus dem Ei eines Hundes stets nur ein Hund, und zwar ein Tier mit allen seinen individuellen Eigentümlichkeiten wird, daß das Ei eines Seeigels, unter die wechselndsten Bedingungen gebracht, stets einen Seeigel liefert, daß eine Amöbenart stets nur die für sie charakteristischen Bewegungen ausführt, so müssen wir annehmen, daß der funktionierende Bestandteil dieser Zellen, das Protoplasma, in jedem Falle seine Besonderheiten hat. Wir werden zur Annahme einer fast unbegrenzten Verschiedenartigkeit des Protoplasma gezwungen, auch wenn wir dem später zu besprechenden Kern den wichtigsten Anteil an den hervorgehobenen Unterschieden einräumen.

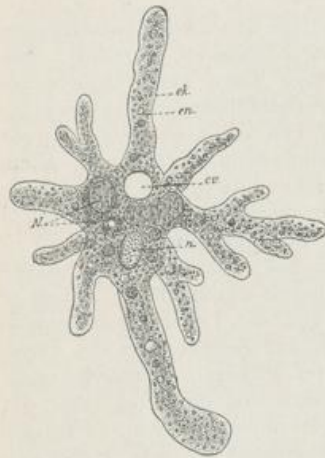


Fig. 16. *Amoeba proteus* nach Leidy. *ek* Ectosark, *en* Entosark, *cv* contractile Vacuole, *n* Kern, *N* Nahrungskörper.

Die bei aller Verschiedenheit doch unverkennbare Gleichartigkeit des Protoplasma äußert sich in seinem Aussehen und in seinen Lebenserscheinungen. Bei schwachen Vergrößerungen erscheint das Protoplasma als eine mattgraue, seltener durch Imbibition mit Farbstoffen gelblich, rötlich oder anderweitig gefärbte Substanz, in welcher zahlreiche, stark lichtbrechende Körnchen, darunter öfters auch Pigmentkörnchen, eingebettet sind. Die Lebereigenschaften dieser Substanz sind: Bewegung, Reizbarkeit, Fähigkeit zur Ernährung und Fortpflanzung.

Mit Hilfe starker Vergrößerungen kann man in der Grundlage des Protoplasma, dem „homogenen Protoplasma“ früherer Autoren, eine feinere Structur erkennen; sie erscheint unter dem Bild eines feinmaschigen Gerüsts (Filarsubstanz, Spongioplasma, Zellreticulum), dessen Zwischenräume von anderweitiger Substanz (Interfilarsubstanz, Enchylem) erfüllt sind. Ein Teil der Histologen deutet die Structur in der Tat als ein Gerüst feiner Balkchen und Fäden, ein anderer Teil nimmt dagegen eine Schaum- oder Wabenstruktur an, wie man sie erhält, wenn man verschiedenerlei sich nicht mischende, sondern ein feinstes Gemenge ergebende Flüssigkeiten, z. B. Olivenöl und Sodalösung miteinander schüttelt. Die Vor-

stellung, daß das Protoplasma Wabenstructur besitzt und somit ein Gemenge zweier Flüssigkeiten darstellt, hat den Vorzug, daß sie verständlich macht, wie im Protoplasma ein flüssiger Aggregatzustand und feinere Strukturverhältnisse vereinigt sein können.

Die Bewegung äußert sich in Gestaltsveränderungen des gesamten Protoplasma — amöboide Bewegung —, ferner in Lageveränderungen der kleinen Körnchen — Körnchenströmung. Zur amöboiden Bewegung (Fig. 16) gehören namentlich die später zu beschreibenden Bewegungen der *Protozoen* und der farblosen Blutzellen vieler vielzelliger Tiere; die Protoplasmakörper schicken hier gröbere und feinere Fortsätze aus, die wieder eingezogen werden, zur Ortsveränderung dienen und daher Pseudopodien oder Scheinfüßchen heißen. Die Körnchenströmung kann sowohl im Innern des Zellkörpers selbst als auch an den von diesem ausgehenden Pseudopodien wahrgenommen werden. Mögen die Pseudopodien noch so fein sein und an der Grenze der Sichtbarkeit mit unseren stärksten Vergrößerungen stehen (Fig. 17), so kann man an ihnen doch noch wahrnehmen, daß die Körnchen wie Spaziergänger auf einer Promenade hin und her wandern, gleichzeitig in centripetaler und centrifugaler Richtung, in beiden Richtungen einige mit größerer, andere mit geringerer Geschwindigkeit. Und doch bewegen sich die Körnchen nicht aktiv, sondern werden durch die Grundsubstanz des Protoplasma, in welches sie eingebettet sind, bewegt. Denn wenn man willkürlich gewählte Farbkörnchen, z. B. fein verteilten Karmin, durch Fütterung den Pseudopodien einverleibt, so zeigen dieselben ebenfalls die merkwürdige Körnchenströmung. Nichts ist wohl geeigneter, um die große Komplikation im

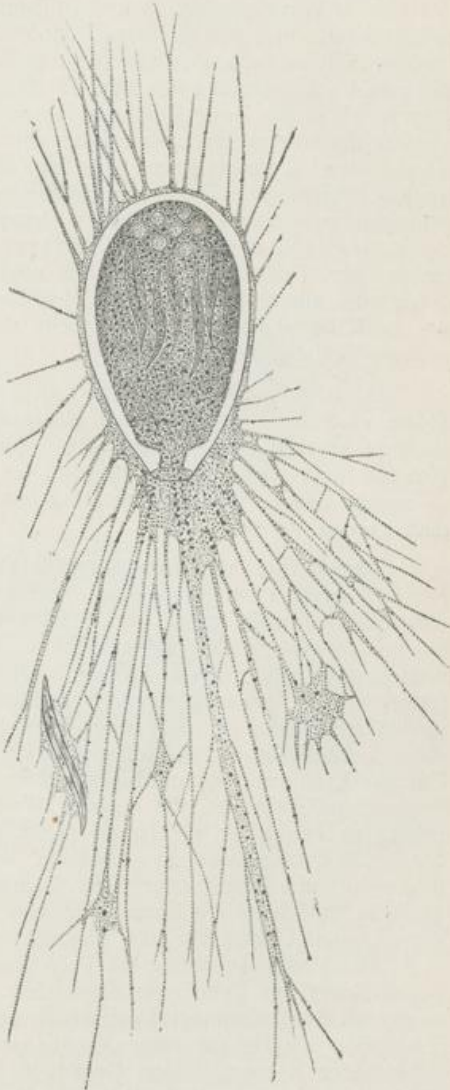


Fig. 17. *Gromia oviformis* (aus Lang nach M. Schultze).

Bau des Protoplasma zu erläutern, als diese äußerst verwickelten Bewegungserscheinungen auf so feinen Bahnen, wie meist die Pseudopodien sind.

Reizbarkeit
des Proto-
plasma.

Daß amöboide Bewegung und Körnchenströmung durch mechanische, chemische und thermische Reize hervorgerufen, zum Stillstand gebracht und modifiziert werden können, ist ein sicherer Beweis für die Reizbarkeit des Protoplasma. Am wichtigsten sind die thermischen Reize. Steigert man die gewöhnliche Temperatur der Umgebung, so werden zunächst die Bewegungen beschleunigt bis zu einem Maximum; von da tritt eine Verlangsamung ein, endlich vollkommener Stillstand, die Wärmestarre. Hält die hohe Temperatur noch länger an, oder erfährt sie gar eine weitere Steigerung, so erfolgt der Tod. Die letale Temperatur ist für die meisten Organismen zwischen 40 und 50° Celsius gegeben; ihr Einfluß erklärt einen Teil der schädlichen Folgen, welche hohe Fiebertemperaturen auf den menschlichen Organismus haben. Wie eine Wärmestarre, so gibt es auch eine Kältestarre, herbeigeführt durch ein starkes Sinken der Temperatur unter die normale. Eingeleitet wird dieselbe durch eine allmähliche Abnahme der Beweglichkeit; ihren Schluß findet sie im Kältetod, welcher aber nicht so leicht wie der Tod durch Erwärmen herbeigeführt wird.

Es ist bemerkenswert, daß viele Tiere und demgemäß auch ihre Zellen einfrieren und in diesem Zustand starke Kälte vertragen können, ohne zu sterben (z. B. *Goldfische* Temperaturen von — 8 bis — 15°, *Frösche* bis — 28°, *Blindschleichen* bis — 25° C). Die Tiere erwachen zu neuem Leben, vorausgesetzt, daß sie mit genügender Vorsicht aufgetaut werden.

Ernährung
und Fort-
pflanzung.

Erregbarkeit und Bewegungsfähigkeit sind wichtig für die Ernährung. Letztere ist bei den meisten tierischen Zellen, wie z. B. fast allen Gewebszellen, nicht gut zu verfolgen, weil dieselben von flüssiger Nahrung leben. Gewisse Zellen höherer Tiere, die farblosen Blutzellen, und die meisten einzelligen Tiere können aber auch mit festen Substanzen gefüttert werden; sie nehmen die Nahrungskörper, indem sie sie mit Pseudopodien umfließen, in das Innere des Protoplasma auf, entziehen ihnen alles Assimilierbare und stoßen das Unverdauliche wieder aus (Fig. 17). Bei der Ernährung kommt nicht nur in Betracht, daß die Zellen die aufgenommene Nahrung zum eigenen Wachstum und zum Ersatz des Verbrauchten benutzen; sie haben meist auch die Fähigkeit, anderweitige Stoffe als Protoplasma zu erzeugen, wie z. B. manche *Protozoen* organische, oft mit Kiesel oder Kalk erhärtete, Gehäuse bilden. Diese bildnerische Tätigkeit, die Erzeugung von „Protoplasmaprodukten“, ist der Ausgangspunkt für die sogleich zu besprechende Gewebebildung.

Die Fortpflanzung der Protoplasmakörper ist gleichbedeutend mit der Teilung der Zelle; um diese aber zu verstehen, müssen wir zuvor noch den zweitwichtigen Bestandteil, den Kern besprechen.

Zellkern.

Der Zellkern oder Nucleus ist ein im Protoplasma eingeschlossener Körper, dessen Gestalt zwar für jede Zellenart feststeht, im übrigen aber sehr mannigfaltig ist. Meist ist er ein kugeliges oder ovales Bläschen; er kann aber auch zu einem Stab verlängert, hufeisenförmig gebogen, rosenkranzartig eingeschnürt oder sogar baumförmig verästelt sein (Fig. 18). An vielen lebenden Zellen ist der Kern vom umgebenden Protoplasma nur wenig durch sein Aussehen unterschieden und auch jetzt noch gelingt sein Nachweis öfters nur mit großer Mühe und unter Anwendung einer besonderen Technik, welche sich auf das mikroche-

mische Verhalten der Kernsubstanz stützt. Letztere unterscheidet sich vom Protoplasma unter anderem durch ihre größere Gerinnungsfähigkeit in gewissen Säuren, z. B. Essig- und Chrmsäure, welche daher vielfach zum Kernnachweis verwandt werden. Wenn in einer lebenden Zelle der Kern wegen der Gleichartigkeit seiner Lichtbrechung vom Protoplasma nicht unterscheidbar ist, so genügt vielfach der Zusatz von 2-proz. Essigsäure, um ihn scharf konturiert hervortreten zu lassen.

In seiner feineren Struktur liefert der Kern je nach den zur Untersuchung verwandten Objekten eine ganz außerordentliche Mannigfaltigkeit von Bildern. Nach ihrem Verhalten gegen Farbstoffe kann man vornehmlich zweierlei Kernsubstanzen unterscheiden: das Chromatin oder Nuclein (Fig. 20 *ch*), welches in gewissen Farbstoffen, wie z. B. in Lösungen von Karmin, Hämatoxylin, Safranin, sehr leicht gefärbt wird, und das Achromatin oder Linin, welches sich gar nicht oder nur unter besonderen Verhältnissen färbt.

Struktur
des Kerns.

Fig. 18.

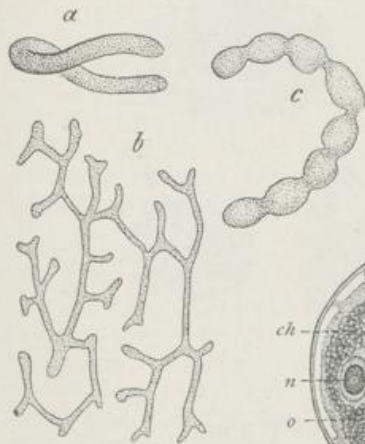


Fig. 19.

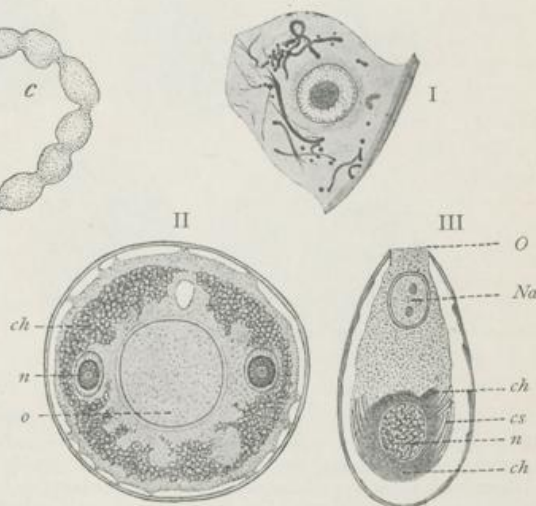


Fig. 18. Abweichende Kernformen. *a* hufeisenförmiger Kern einer *Acinete*, *b* verästelter Kern aus dem Malpighischen Gefäß einer *Sphinxidenraupe*, *c* rosenkranzförmiger Kern von *Stentor coerules*.

Fig. 19. Zellen mit Chromidialapparat. I Muskelzelle eines *Spulwurms* mit Chromidien (nach Goldschmidt). II *Arcella vulgaris* mit 2 Kernen und aufgelockertem Chromidialnetz. III *Euglypha* mit kompakter Chromidialhülle des Kerns. *o* Schalenmündung, *Na* Nahrungskörper, *ch* Chromidialmasse, *n* Kern, *es* Reservestücke zur Bildung einer neuen Schale.

Das Achromatin bildet ein von Flüssigkeit, dem Kernsaft, durchsetztes Gerüst — nach anderer Auffassung ein Wabenwerk —, welches nach außen von einer bei großen Kernen leicht isolierbaren Kernmembran abgegrenzt wird. Ist wenig Kernsaft vorhanden und infolgedessen das Kerngerüst sehr engmaschig, so macht der Kern einen kompakten Eindruck. Ist dagegen der Kernsaft reichlich, so erhält man den Eindruck eines Bläschens. Letzteres ist besonders dann der Fall, wenn die Stränge des Kerngerüsts durch ansehnliche Flüssigkeitsansammlungen auseinander gedrängt werden (Fig. 20, 4).

Nucleolar-
substanz.

Das Chromatin steht in enger Beziehung zu einer minder färbaren, vom Achromatin gleichwohl scharf unterschiedenen Substanz, der Nucleolarsubstanz [Plastin oder Paranuclein (*p*)]. In den Kernen der Protozoen sind gewöhnlich Nucleolarsubstanz und Chromatin innig verbunden, indem die erstere das Substrat bildet, in welchem letzteres eingelagert (*chp*) ist. Die aus Vereinigung beider Substanzen gebildete Masse ist am häufigsten auf dem Kerngerüst in Form feiner Körnchen dicht verteilt, so daß der gesamte Kern gleichförmig chromatisch erscheint (Fig. 18). Seltener ballt sich die Masse zu einem oder mehreren besonderen, neben dem Kerngerüst bestehenden Körpern, den chromatischen Nucleoli, Amphinucleoli oder Caryosomen, zusammen (1, 2). Der Nucleolus ist gewöhnlich ein rundlicher Brocken, seltener ist er verästelt (Fig. 20 1).

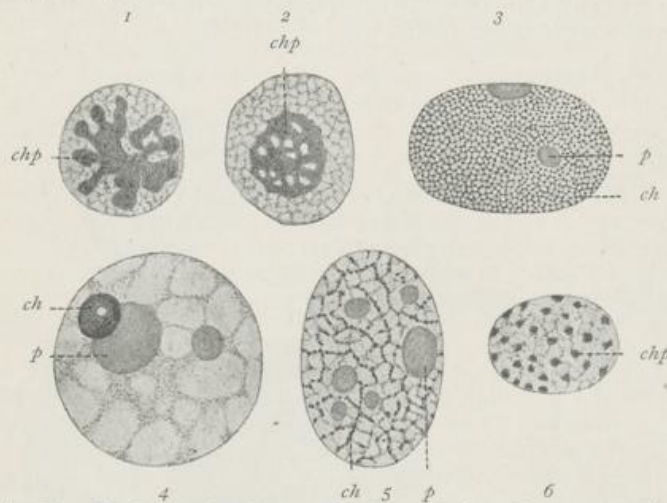


Fig. 20. Bläschenförmige Kerne mit achromatischem Kerngerüst und verschiedener Anordnung des Chromatins und der Nucleolarsubstanz; *p* Plastin (Nucleolarsubstanz), *ch* Chromatin, *chp* Chromatin + Plastin, 1 und 2 Kerne von *Actinosphaerium*, 3 Kern von *Ceratium hirundinella* nach Lauterborn, 4 Keimbläschen von *Unio* nach Flemming, 5 und 6 Kerne vielzelliger Tiere, 5 mit echten Nucleoli, 6 Kern mit vielen Chromatinnucleoli.

Auch bei den Kernen vielzelliger Tiere kann die beschriebene innige Vermengung von Nucleolarsubstanz und Chromatin vorkommen (6). Doch ist die Regel, daß die Nucleolarsubstanz — wahrscheinlich nicht die Gesamtmasse, sondern ein Überschuß derselben — sich vom Chromatin sondert. So findet man in den Kernen vieler Eier Nucleoli, die aus zwei voneinander unterscheidbaren Teilen bestehen, einer chromatinhaltigen und einer chromatinfreien Partie (4). In den Gewebszellen besitzt meist nur die Nucleolarsubstanz im engeren Sinne die Anordnung in Nucleolen (echte, chromatinfreie Nucleolen, 5), während das Chromatin in feinen Körnchen auf dem Kernnetz ausgebreitet ist (chromatisches Reticulum). Etwas Ähnliches kann auch bei *Protozoen* vorkommen (Fig. 19 3).

Chromidial-
apparat.

Neben und nach außen von den Kernen kommt bei vielen einzelligen Organismen der „Chromidialapparat“ vor, eine in ihrer Färbbarkeit mit der Kernsubstanz übereinstimmende Masse, deren Zugehörigkeit zum Kern auch dadurch bewiesen ist, daß sowohl ihre Entstehung aus dem

Kerne (*Actinosphaerium*) als auch ihre Umbildung zu Kernen (*Radiolarien*, *Monothalamien*) wiederholt beobachtet wurde. Die Chromidialmasse kann den Kern wie eine Rindenschicht umgeben (*Euglypha* Fig. 19 III, *Radiolarien*), oder mit einem lockeren Netz das Protoplasma durchsetzen (II) oder Klumpen und gewundene Fäden bilden. In letzterer Anordnung scheint die Chromidialmasse auch in stark funktionierenden Zellen vielzelliger Tiere weit verbreitet vorzukommen (I).

Lange Zeit war die functionelle Bedeutung des Kerns in völliges Dunkel gehüllt, so daß man schon anfang, ihn als ein im Vergleich zum Protoplasma nebensächliches Ding zu behandeln. Der Nachweis, daß der Kern bei allen Befruchtungsprozessen eine ausschlaggebende Rolle spielt, hatte eine Veränderung der Auffassung zur Folge. Man kam zur Ansicht, daß der Kern den Charakter der Zelle bestimmt, daß alle Tätigkeit des Protoplasma vom Kern aus beeinflußt wird. Wenn sich aus dem Ei ein bestimmt geartetes Tier entwickelt, wenn eine Zelle im Tierkörper einen bestimmten histologischen Charakter annimmt, so sind wir jetzt geneigt, dies dem Kern zuzuschreiben. Daraus folgt dann weiter, daß der Kern der Träger der Vererbung ist; denn die Übertragung der elterlichen Eigenschaften auf die Kinder, welche uns die tägliche Erfahrung des Lebens lehrt, kann nur durch die Geschlechtszellen der Eltern, durch Ei- und Samenzellen bewirkt werden. Da nun der Charakter der Geschlechtszellen zufolge der soeben vorgetragenen Auffassung wiederum vom Kern bestimmt wird, so wird die Übertragung in letzter Instanz vom Kern vermittelt. Eine weitere Stütze hat diese Auffassung durch Experimente an *Protozoen* gewonnen. Wenn man diese einzelligen Tiere durch einen Schnitt in eine kernhaltige und kernlose Hälfte zerlegt, lebt erstere weiter und regeneriert die verloren gegangenen Teile, die kernlose Partie dagegen ist zwar eine Zeit lang noch bewegungsfähig, offenbar so lange die in ihr aufgespeicherten Spannkkräfte reichen; sie vermag dagegen nicht zu assimilieren und demgemäß auch verloren Gegangenes nicht zu regenerieren; sie muß daher schließlich zugrunde gehen. — Von den Substanzen, welche wir oben am Kern unterschieden haben, scheint das Chromatin die Substanz zu sein, welche den bestimmenden Einfluß auf die Functionen des Protoplasma ausübt und demgemäß auch der Träger der Vererbung ist. Das achromatische Netz ist dagegen Sitz der Contractilität und spielt bei den zur Teilung führenden Bewegungen des Kerns die Hauptrolle.

Function
des Kerns.

Neben dem Kern findet sich häufig noch im Protoplasma ein besonderes Körperchen, das Centrosoma, welches wegen seiner Kleinheit, und da es sich Farbstoffen gegenüber wie Achromatin verhält, lange Zeit übersehen worden ist und auch jetzt noch dem Nachweis Schwierigkeiten bereitet; es scheint bei vielzelligen Tieren allgemein verbreitet zu sein, fehlt dagegen den meisten *Protozoen*. Bei manchen *Protozoen* tritt es nur zu bestimmten Zeiten auf, um wieder zu verschwinden. Was man dann über seine Entwicklungsweise ermittelt hat, macht es wahrscheinlich, daß das Centrosoma ein Abkömmling des Kerns ist, ein aus dem Kern herausgetretener Teil des achromatischen Reticulums, in anderen Fällen vielleicht auch ein zweiter Kern, der das Chromatin verloren und nur die aktive Kernsubstanz, das Achromatin, behalten hat. Functionell ist das Centrosoma ein spezifisches Teilungsorgan der Zelle, welches die Teilung des Kerns und die Teilung des Zellkörpers gleichmäßig beherrscht. Indem so für das harmonische Ineinandergreifen der

Centrosoma.

einzelnen Kern- und Plasmaveränderungen bei der Teilung größere Sicherheit erzielt wird, bedingt das Auftreten des Centrosoma eine Vervollkommenung der Zellorganisation.

Zellteilung.

Die Zellvermehrung findet ausschließlich durch Teilung (Divisio) oder Knospung (Gemmatio) statt. Die gewöhnlichste Form ist die

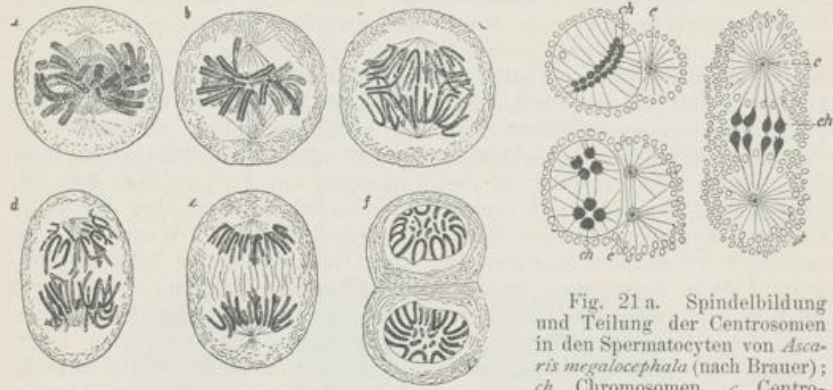
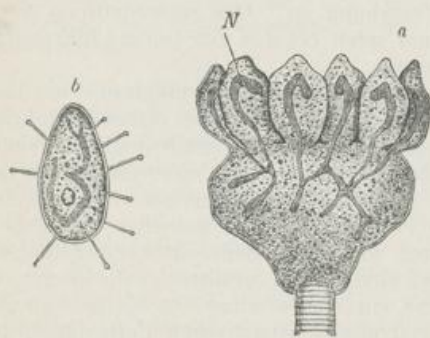


Fig. 21 a. Spindelbildung und Teilung der Centrosomen in den Spermatozyten von *Ascaris megalocephala* (nach Brauer); ch Chromosomen, c Centrosomen.

Fig. 21. Zellteilung in der Haut von *Salamandra maculosa* (nach Rabl). a Chromosomen zur Äquatorialplatte zusammengetreten (Mutterstern); b Teilung der Chromosomen in die Tochterchromosomen, Spaltung der Äquatorialplatte in die Seitenplatten; c, d, e Auseinanderweichen und Polwanderung der Tochterchromosomen (Tochtersterne, Seitenplatten); f Umbildung der Tochterchromosomen (Seitenplatten) zu den Tochterkernen.

Zweiteilung, bei welcher auf der Oberfläche des Zellkörpers eine ringförmige Furche entsteht, die, tief einschneidend, den Körper in zwei gleiche Stücke zerlegt. Seltener und nur bei vielkernigen Zellen möglich ist die Vielteilung. Die Zelle zerfällt bei derselben simultan in viele (unter Umständen viele Hunderte) von Tochterzellen, so viele Tochterzellen, als Kerne in der Mutterzelle vorhanden waren. Insofern hier dasselbe erreicht wird, was in anderen Fällen das Resultat vieler aufeinanderfolgender Zweiteilungen ist, kann man von einer überstürzten



Direkte Kernteilung.

Fig. 22. Zellknospung. *Podophrya gemmipara* mit Knospen a, die sich ablösen und zum Schwärmer b werden, N Kern.

Teilung reden. Für alle Formen der Teilung ist die gleichartige Beschaffenheit der Teilprodukte charakteristisch, während bei der Knospung die aus der Vermehrung resultierenden Stücke in Größe einander ungleich sind. Bei der Knospung werden von einer größeren Mutterzelle eine oder mehrere kleine Tochterzellen (die Knospen) abgeschnürt (Fig. 22).

Jede Zellteilung wird von einer Kernteilung begleitet oder setzt wenigstens voraus, daß eine solche vorher stattgefunden hat. Man unterscheidet direkte und indirekte Kernteilung. Direkte Kernteilung (Fig. 22, 147, 153) findet sich vornehmlich bei *Protozoen*

und hier wieder besonders bei chromatinreichen Kernen. Der Kern streckt sich in einer Richtung und wird durch eine Furche, senkrecht zu der betreffenden Richtung, ähnlich dem gesamten Zellkörper durchschnürt. Da das Protoplasma keine bestimmte Anordnung zu dem in Teilung begriffenen Kern einnimmt, letzterer außerdem seine Membran bewahrt, muß man schließen, daß der Kern sich selbsttätig teilt, daß er nicht passiv geteilt wird. Sitz der die Teilung bewirkenden Kräfte ist das achromatische Kerngerüst, welches demgemäß auch oft eine bestimmte Anordnung — eine faserige Structur in der Richtung des sich streckenden Kernes — erkennen läßt.

Die indirekte Kernteilung, Caryokinese oder Mitosis, ist am schönsten ausgeprägt bei chromatinarmen Kernen, welche ein Centrosoma besitzen. Der Prozeß wird durch die Teilung des Centrosoma eingeleitet (Fig. 21a). Die Tochtercentrosomen wandern an zwei einander opponierte Punkte des Kernes, welcher nunmehr seine Membran verliert und zur Kernspindel wird. Das Charakteristische der Kernspindel besteht darin, daß ihr Körper nach zwei durch die Lage der Centrosomen bezeichneten Punkten, den Polen, zu Spitzen ausgezogen ist, daß von diesen Polen nach den mittleren Partien des Kernes, dem Äquator, feine Fäden verlaufen, die Spindelfasern, die in manchen Fällen sicherlich nur dem achromatischen Kernnetz entstammen, während in anderen Fällen ein größerer oder geringerer Anteil am Aufbau der Spindelfasern dem Protoplasma eingeräumt wird (Fig. 21). Ein strittiger Punkt ist das Verhalten der Spindelfasern in der Äquatorialebene der Spindel, ob sämtliche Fasern von Pol zu Pol durchlaufen, oder ob sämtliche Fasern in der Gegend des Äquators enden, so daß die Spindel aus zwei im Äquator getrennten Faserkegeln bestände, oder ob in derselben Spindel beiderlei Fasern zugleich vorkommen. Es scheinen in dieser Hinsicht bei den einzelnen Objekten Verschiedenheiten obzuwalten.

Indirekte
Kernteilung,
Mitose,
Caryo-
kinese.

Im Äquator der Spindel liegt das gesamte Chromatin des Kernes zu der „Äquatorialplatte“ vereint, worunter man jedoch nicht eine zusammenhängende Masse verstehen darf, sondern eine Lage voneinander getrennter Körperchen, der Chromosomen (Fig. 21a). Denn schon frühzeitig hat sich das Chromatin des Kernes in Stücke abgeteilt, die selten als rundliche Körper oder gerade Stäbchen erscheinen, meistens die Form U-förmiger Schleifen besitzen. Es ist eine Tatsache von der größten Tragweite, daß die Zahl dieser Chromosomen für alle Gewebszellen einer und derselben Species genau die gleiche ist.

Der erste auf die Bildung von Tochterkernen hinzielende Schritt der Caryokinese ist die Teilung der Chromosomen (b), welche sich meist in der Äquatorialplatte (Spaltung der Äquatorialplatte), seltener schon auf einem früheren Stadium vollzieht. Die Teilung ist eine genaue Halbierung. Die untereinander gleichen Spaltprodukte eines Mutterchromosoms, die Tochterchromosomen, rücken unter dem richtenden Einfluß der Spindelfasern nach entgegengesetzten Polen des Kernes (c, d, e). So bilden sich aus der Spaltung der Äquatorialplatte die beiden Seitenplatten, deren Elemente sich untereinander vereinigen und die Tochterkerne erzeugen (f). Die Centrosomen erhalten sich gesondert, als Teilorgane für die nächste Kernvermehrung.

Was nun die beschriebene indirekte Kernteilung noch weiter von der direkten unterscheidet, ist die lebhaftere Beteiligung des Protoplasma. Das Centrosoma ist Ausgangspunkt einer intensiven Protoplasmastrahlung (Aster), d. h. einer radialen Anordnung des Protoplasmagerüsts zu dem

den Mittelpunkt abgebenden Centrosoma (Fig. 21 a). Wenn das Centrosoma sich teilt, tritt eine Umordnung der zunächst einfachen Strahlung in ein doppeltes Strahlensystem ein. Der Monaster wird zum Amphiaster. Von den Tochtercentrosomen strahlen somit nicht nur die Spindelfasern aus, sondern auch die Protoplasmastrahlen. Da die Anordnung und der Grad der Ausbildung der Protoplasmastrahlen zu den einzelnen Phasen der Zellteilung in ganz bestimmten Beziehungen stehen, müssen wir in den Strahlungen den Ausdruck der im Protoplasma tätigen, die Zellteilung bewirkenden Kräfte erblicken. Es liegt am nächsten, an Contractionen zu denken.

Zwischen den besprochenen beiden extremen Fällen der direkten und indirekten Kernteilung gibt es alle möglichen Übergänge, welche erkennen lassen, wie sich der Mechanismus der Kernteilung Schritt für Schritt vervollkommen hat 1. durch die faserige Anordnung des Kernreticulums (Spindelstruktur), 2. durch Entwicklung der Centrosomen, durch welche die Kernteilung Einfluß auf das Protoplasma gewinnt, 3. durch die Entwicklung der Chromosomen. Was letztere anlangt, so ist die Halbierung der regellos verteilten Chromatinmasse bei der direkten Teilung eine relativ rohe Einrichtung im Vergleich zu den komplizierten Vorgängen, welche in der Bildung und Teilung der Chromosomen gegeben sind. Dieselben werden verständlich, wenn wir das Chromatin als die die Zellvorgänge bestimmende und die Vererbung vermittelnde Substanz (vergl. Befruchtung) deuten. Je höher ein Tier organisiert ist, je mehr die Zellen zu vererben haben, um so wichtiger wird es, daß die „Vererbungssubstanz“ bei



Fig. 23. Riesenzelle mit vielen Kernstücken.

der Teilung möglichst genau, d. h. in gleichen Mengen und gleicher Konstitution auf die Tochterzellen verteilt wird, wie es durch die Mitose geschieht. — Von der direkten Kernteilung ist sehr wohl die Kernzerstückelung zu unterscheiden, eine Zerlegung des Kerns in einige wenige oder zahlreiche Stücke. Solche Kernzerstückelungen sind nicht selten bei *Infusorien*, kommen aber auch gelegentlich bei vielzelligen Tieren vor (Riesenzellen des Knochenmarks [Fig. 23], Osteoblasten, gewisse Entwicklungsstadien der Genitalzellen); sie sind wohl sämtlich functionell zu erklären. Zwischen Kernmasse und Protoplasma existiert normalerweise ein bestimmtes Größenverhältnis, die „Kern-Plasma-Relation“. Bei starker Zelltätigkeit, z. B. bei *Infusorien*, welche andauernd reichlich gefüttert werden, wächst der Kern auf Kosten des Protoplasma, bis ein Grad erreicht wird, welcher weitere Assimilation und Vermehrung unmöglich macht („Depressionszustände der Infusorien“). Derartige Tiere können dann zu normaler Lebenstätigkeit zurückkehren, wenn die Kernmasse verkleinert wird, was durch Kernzerstückelung eingeleitet und durch daran anschließende Resorption von Kernsubstanz erreicht wird.

Vielkernigkeit.

Kernteilung und Zellteilung bilden gewöhnlich einen wohlgeordneten Mechanismus, dessen einzelne Phasen gesetzmäßig ineinander greifen; die Teilungsebene der Zelle steht senkrecht auf der die beiden Pole verbindenden Längsachse der Spindel; ferner entspricht gewöhnlich jeder Teilungsphase des Kerns auch eine bestimmte Teilungsphase des Protoplasmakörpers. Das Wechselverhältnis von Protoplasma und Kern ist nun aber keineswegs ein unabänderliches und unlösbares; vielmehr sind

sehr wohl Kernteilungen ohne Beteiligung des Protoplasma möglich. Wenn dieser Prozeß sich häufig wiederholt, entstehen Protoplasamassen mit vielen Kernen (Fig. 24), die nun ihrerseits wieder zu vielen Zellen werden können, wenn nachträglich das Protoplasma nach der Zahl der Kerne sich zerklüftet. Vielkernige Protoplasamassen sind somit Zwischenstufen zwischen der einfachen einkernigen Zelle (vielfach „Energide“ genannt) und dem Haufen vieler einkerniger Zellen und sind infolgedessen bald als Äquivalent einer Zelle, bald als Äquivalent vieler Zellen (Energiden) angesehen und bald vielkernige Zellen, bald Zellen- oder Energidenkomplexe, Syncytien, genannt worden. Im folgenden wollen wir eine vielkernige Protoplasamasse stets als eine einzige Zelle auffassen, weil bei der Charakteristik der Zelle das Hauptgewicht darauf gelegt werden muß, daß sie einen Lebensherd für sich, eine physiologische Individualität bildet. Nach dieser Hinsicht aber verhält sich eine vielkernige Protoplasamasse genau so wie eine einkernige. Wie die Gewebszellen und die *Protozoen* lehren, wird durch Vielkernigkeit die Organisationsstufe nicht im geringsten gehoben. Eine Änderung tritt erst mit dem Augenblick ein, wo viele gegen einander abgegrenzte Protoplasma Klümpchen gebildet und damit viele Lebensherde geschaffen werden, d. h. wenn an Stelle der Vielkernigkeit die echte Vielzelligkeit tritt.

Außer der Zellvermehrung und der Bildung vielkerniger Protoplasamassen gibt es noch eine dritte Art der Zunahme lebender Substanz: die außergewöhnliche Vergrößerung einkerniger Zellen, wie sie vornehmlich bei Eiern und manchen Protozoen vorkommt. In diesen Fällen wächst auch der Kern zu bedeutender Größe heran, ein Beweis für den oben schon erläuterten und auch durch Experimente bewiesenen Satz, daß normalerweise ein bestimmtes Massenverhältnis von Protoplasma und Kernsubstanz (Kernplasmarelation) besteht. Die Art, wie aus einem solchen Riesenkern viele (oft Tausende) kleine Kerne entstehen, so daß die Riesenzelle sich dann in einen Haufen vieler kleiner Zellen verwandeln kann, ist namentlich bei *Protozoen* in mannigfacher Weise variiert.

2. Die Gewebe des tierischen Körpers.

Bei der Bildung von Geweben treten zwei Prozesse in Wirksamkeit: 1. die Vermehrung der Zellen durch Teilung zu Zellkomplexen, 2. die histologische Differenzierung der Zellen. Man kann ein Gewebe daher als einen Komplex histologisch gleichartig differenzierter Zellen definieren.

Die histologische Differenzierung äußert sich zunächst darin, daß die Zellen bestimmte Gestalt und bestimmte Lagebeziehung zu Nachbarzellen erhalten. Dazu kommt fast stets noch als zweites und wich-

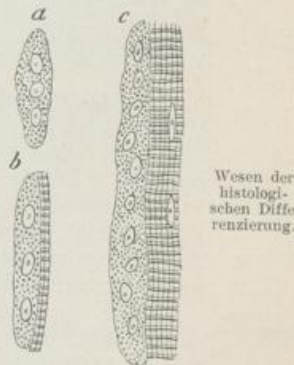


Fig. 24. Bildung der Muskelfibrillen beim Frosch (Schema). *a* Bildungszelle, *b* Bildungszelle mit zwei quer-gestreiften Muskelfibrillen, *c* Bildungszelle mit zahlreichen Muskelfibrillen.

tigeres Moment die histologische Umwandlung der Zelle. Wir haben schon oben hervorgehoben, daß die Zelle die Nährstoffe vielfach nicht nur zum

eigenen Wachstum, zur Vermehrung des Protoplasma benutzt, sondern auch anderweitige Stoffe, Protoplasmaprodukte, bilden kann, entweder in ihrem Inneren (innere Plasmaproducte) oder häufiger oberflächlich (äußere Plasmaproducte). Die histologische Umwandlung ist nun die Bildung spezifisch functionierender Plasmaproducte. Nehmen wir als Beispiel die Art, wie eine Zelle zur Muskelfaser wird (Fig. 24), so sehen wir, daß dieselbe auf ihrer Oberfläche immer neue Fäden von spezifischer Muskelsubstanz, bei den Wirbeltieren neue quergestreifte Muskelfibrillen, ausscheidet, bis schließlich die Bildungszelle nur noch in Resten als „Muskelkörperchen“ in einem Mantel von Muskelfibrillen erhalten ist. In analoger Weise zeigen sich die meisten Gewebe bei histologischer Untersuchung zusammengesetzt aus Zellen und Plasmaproducten; erstere besorgen die Bildung, Erneuerung und Ernährung des Gewebes, diese sind Träger seiner physiologischen Function. Die Vorteile der Gewebebildung sind die Vorteile, wie sie allgemein mit jeder Arbeitsteilung verbunden sind. Solange die Zelle alle Lebensfunctionen in sich vereint, sind dieselben unvollkommen, weil sie sich gegenseitig in ihrer freien Entfaltung hemmen. Das Plasmaproduct dagegen dient nur einer einzigen, ihm eigentümlichen Function und kann dieser daher mit größerer Vollkommenheit Genüge leisten. Die von der Zelle gebildeten Muskelfibrillen, die charakteristischen Elemente der Muskulatur, haben von den Eigenschaften des Protoplasmas vornehmlich die Contractilität bewahrt; dieselbe ist aber viel energischer und rascher als die Protoplasmaabewegung. Die Nervenfasern vermitteln nur die Leitung der Reize, aber außerordentlich viel schneller und geordneter als das Protoplasma.

Einteilung
der Gewebe.

Da an jedem Gewebe uns am meisten seine Function interessiert, so ist es am naturgemähesten, bei der Einteilung der Gewebe die Function und den hiermit aufs innigste zusammenhängenden feineren Bau zugrunde zu legen. Man hat so schon seit längerer Zeit 4 Gewebsgruppen aufgestellt: 1. Epithelgewebe, 2. Binde-Substanz, 3. Muskelgewebe, 4. Nervengewebe. Dabei finden gewisse Bestandteile des tierischen Körpers keine Unterkunft. Bestandteile, auf die der Begriff „Gewebe“ allerdings auch kaum anwendbar ist; es sind das die Geschlechtszellen, das Blut und die Lymphe. Erstere sollen im Anschluß an das Epithel, letztere im Anschluß an die Stützsubstanzen besprochen werden.

1. Epithelgewebe.

Aus mehrfachen Gründen müssen die Epithelien an die Spitze der Gewebe gestellt werden. Sie sind die ältesten Gewebe; sie treten in der Tierreihe zuerst auf, so daß es Tiere gibt, welche nur aus Epithelien bestehen. Ferner besteht jeder einzelne Organismus während der ersten Stadien des embryonalen Lebens nur aus Epithelschichten, den Keimblättern. Damit hängt dann weiter zusammen, daß im Epithelgewebe die Zellen den geringsten Grad von histologischer Umbildung erfahren, insofern es nur in untergeordnetem Maße zur Bildung von Plasmaproducten kommt.

Function
des Epithels.

Die vornehmste Aufgabe der Epithelien ist es, über Oberflächen einen schützenden und abschließenden Überzug zu bilden, gleichgültig, ob die Oberflächen nach außen gewandt sind (Körperoberfläche) oder durch Hohlräume im Innern des Körpers bedingt werden (Darmlumen, Lumen der Blutgefäße, Leibeshöhle). Wie wichtig hierbei die Epithelien sind, geht am besten daraus hervor, daß Entzündungen entstehen, wenn

die schützenden Decken entfernt werden, und so lange anhalten, bis eine Regeneration des Epithels eingetreten ist. Nur ausnahmsweise kommen epithelfreie Strecken vor; die Zähne der Wirbeltiere, die Geweihe der Hirsche sind Teile des Körpers, welche vermöge ihrer Festigkeit wenigstens eine mehr oder minder beträchtliche Zeit lang ohne epithelialen Überzug bestehen können.

Durch die oberflächliche Lage sind die Epithelien geeignet, zwei weiteren Functionen vorzustehen: alle Stoffe, welche aus dem Körper entfernt werden sollen, teils weil sie unbrauchbar und infolgedessen schädlich geworden sind (Excrete), teils weil sie, wie die Verdauungssäfte, noch weitere wichtige Functionen zu leisten haben (Secrete), müssen die Oberfläche passieren und werden daher von Epithelien ausgeschieden; das sind die Drüsenepithelien. Ferner dringen auf die Körperoberfläche zunächst alle Einwirkungen der Außenwelt ein, welche die Sinnesempfindungen veranlassen; daher denn auch gewisse Epithelien für das Zustandekommen der sinnlichen Wahrnehmungen von der größten Bedeutung werden und zum Hören, Sehen, Riechen, Schmecken und Tasten dienen. Derartige Epithelstrecken nennt man Sinnesepithelien.

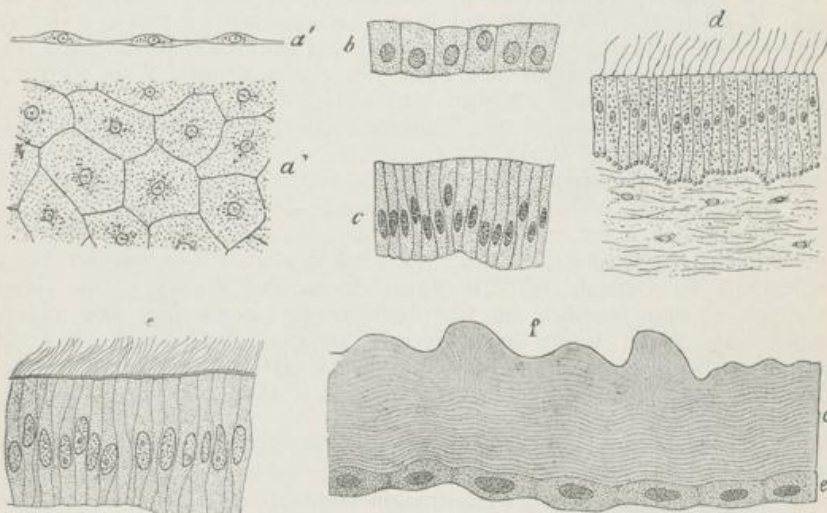


Fig. 25. Verschiedene Formen des einschichtigen Epithels. *a* Plattenepithel von *Sycandra raphanus*, *a'* auf dem Querschnitt, *a'* von der Fläche gesehen, *b* und *c* Pflasterepithel und Cylinderepithel einer Schnecke (*Haliotis tuberculata*), *d* Geißelepithel einer Actinie (*Calliactis parasitica*), *e* Flimmerepithel aus dem Darm der Teichmuschel, *f* Epithel mit Cuticula einer Blattwespenlarve (*Cimbex coronatus*).

Unsere Aufmerksamkeit gilt zunächst dem gewöhnlichen Deckepithel, soweit dasselbe ausschließlich zum Schutz dient oder nur nebenbei secretorische und sensorielle Functionen erfüllt.

Das Deckepithel besteht aus Zellen, welche durch geringe Mengen Deckepithel. einer für die Function des Gewebes gleichgültigen Kittsubstanz untereinander vereinigt werden. Man spricht von einschichtigen und vielschichtigen Epithelien, je nachdem man auf Schnitten, welche senkrecht zur Oberfläche geführt werden, eine oder zahlreiche Lagen von Zellen übereinander antrifft (Fig. 25, 26).

Einschichti-
ges Epithel.

Einschichtige Epithelien finden sich bei allen wirbellosen Tieren ausschließlich vor, werden dagegen bei den Wirbeltieren vielfach durch vielschichtiges Epithel ersetzt; sie erhalten sich bei letzteren nur selten im Bereich der Haut (*Amphioxus*), häufiger dagegen als Auskleidung der Hohlräume des Körpers. Nach der Form der Zellen unterscheidet man kubisches oder Pflasterepithel, Plattenepithel und Cylinderepithel. Beim Pflasterepithel (Fig. 25 b) sind die Zellen nach allen Richtungen des Raumes nahezu gleichmäßig entwickelt und sehen, weil sie durch gegenseitigen Druck abgeplattet werden, wie würfelförmige Stücke oder Pflastersteine aus; beim Cylinderepithel ist die Längsachse, die Entfernung vom centralen zum peripheren Ende der Zelle, besonders groß (Fig. 25 c), der Zellkörper cylindrisch oder fadenförmig (Fadenepithel); beim Plattenepithel endlich ist die Längsachse stark verkürzt (Fig. 25 a), die einzelne Zelle zu einem dünnen Schüppchen umgeformt.

Weitere Unterschiede, welche für die drei genannten Epithelformen gelten, werden durch den Mangel oder die Anwesenheit von Zellfortsätzen bedingt, von Geißeln oder Wimpern. Beides sind feine Fädchen, welche aus dem Zellkörper entspringen, über die Oberfläche hervorragen und hier eine äußerst lebhafte Bewegung unterhalten. Beim Geißelepithel (Fig. 25 d) besitzt jede Zelle nur einen schwingenden Fortsatz, welcher aber besonders kräftig entwickelt ist; bei dem Flimmerepithel (Fig. 25 e) ist dagegen die Oberfläche der Zelle von einem dichten Wald kleiner, gemeinsam schwingender Fädchen bedeckt.

Cuticula.

Die meisten einschichtigen Epithelien erfahren auf ihrer Oberfläche einen festen Abschluß durch die Cuticula, eine Membran, welche von den Epithelien gemeinsam ausgeschieden wird und daher nicht selten die Abdrücke der Zellen als eine polygonale Zeichnung erkennen läßt. In vielen Fällen dünn und unscheinbar, kann sie sich in anderen zu einer gewaltigen Lage verdicken, welche viel mächtiger ist, als die mit der Ausscheidung der Cuticula betraute Matrixschicht, das Epithel selbst. Die Cuticula ist dann deutlich der Oberfläche parallel geschichtet und bildet einen wirksameren Schutz der Körperoberfläche als das Epithel; sie wird zu einem Panzer, wie uns die Kalkschalen der *Mollusken*, die aus Chitin bestehenden Körperbedeckungen der *Insecten* (Fig. 25 f) und andere Beispiele lehren.

Vielschichti-
ges Epithel.

Was beim einschichtigen Epithel die Cuticula zum Schutze beiträgt, kann beim vielschichtigen Epithel unmittelbar durch eine chemische Umwandlung eines Teils der Zellen erreicht werden.

Beim vielschichtigen Epithel sind die Zellen der einzelnen Schichten stets durch ihre Formen unterschieden; die tiefste Zellenlage besteht aus Cylinderzellen, die oberflächlichste dagegen aus mehr oder minder abgeplatteten Elementen. Dazwischen liegen mehrere Lagen von Übergangsformen, so daß man, von den Cylinderzellen ausgehend, durch kubische Zellen hindurch allmählich zu den Zellplatten der Oberfläche geführt wird. Wie schon diese Anordnung erkennen läßt, besteht ein genetischer Zusammenhang zwischen den Zellenlagen; die unteren cylindrischen Zellen sind in beständiger Vermehrung begriffen, ihre Abkömmlinge rücken unter allmählicher Gestaltsveränderung in die oberflächlichen Lagen, um hier in gleichem Maße, als sich die Zellen abnutzen, einen Ersatz zu schaffen. Bei dieser Verlagerung können nun die Protoplasmakörper eine Umwandlung erfahren; bei *Reptilien*, *Vögeln* und *Säugetieren* (Fig. 26 b) verhornen sie, d. h. zunächst wird die Zellenrinde, dann die innere Partie der Zelle in die durch größere Widerstandsfähigkeit ausgezeichnete Horn-

substanz (Keratin) umgewandelt. Von der lebenden Zelle erhält sich einige Zeit noch der Kern, bis auch dieser schwindet und damit die Zelle vollkommen in ein totes Hornschüppchen verwandelt wird. In der Haut der höheren Wirbeltiere sind die Zonen der lebenden protoplasmatischen und der nicht mehr lebensfähigen verhornten Zellen scharf gegeneinander abgegrenzt; man unterscheidet sie auf dem Querschnitt leicht als das Stratum corneum (*sc*) und das Stratum Malpighi (*sM*) der Haut. Bei vielschichtigen Epithelien hat die Cuticula ihre Bedeutung verloren, sie ist entweder ein unansehnlicher Grenzsaum (Fig. 26 *a* *CS*) oder fehlt ganz.

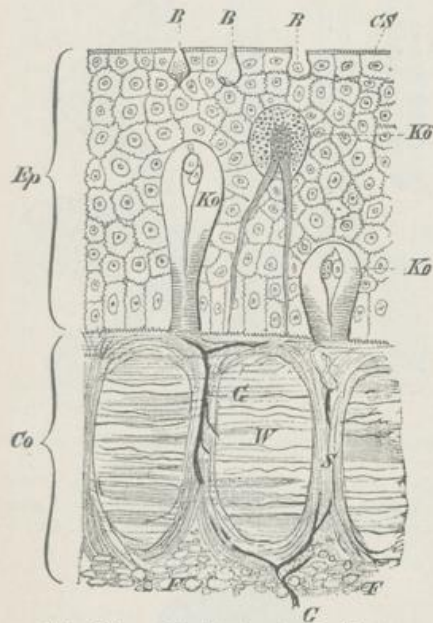


Fig. 26a. Schnitt durch die Haut von *Petromyzon Planeri*. *Ep* das vielschichtige Epithel der Epidermis, darinnen *B* Becherzellen, *Ks* Körnerzellen, *Ko* Kolbenzellen, *CS* Cuticula, *Co* Lederhaut mit Blutgefäßen, *G*, bestehend aus horizontal geschichteten (*W*) und senkrecht aufsteigenden Bündeln fibrillären Bindegewebes (aus Wiedersheim).

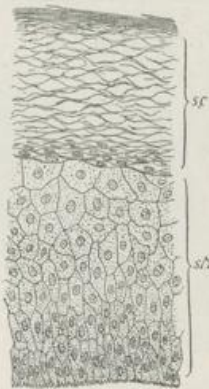


Fig. 26b. Vielschichtiges Epithel der menschlichen Haut. *sM* Stratum Malpighi, *sc* Stratum corneum.



Fig. 27. Einsichtiges Epithel einer Schnecke, *c* Cuticula, *d* Becherzellen.

Das Drüsenepithel unterscheidet sich physiologisch vom gewöhnlichen Deckepithel dadurch, daß es zugleich auch Ausscheidungen, Secrete oder Excrete liefert. Anatomisch läßt sich das an der Anwesenheit von „Drüsenzellen“ erkennen, von Zellen, welche die Ausscheidung besorgen und mehr oder minder auffällig durch ihre Structur ihren Charakter verraten. Charakteristische Drüsenzellen sind z. B. die Becherzellen; hier ist das Secret, wohl meist Schleim, im Innern der Zelle zu einer glasigen Masse angehäuft, das Protoplasma dadurch zu einer dünnen, an einen Becher erinnernden Wandschicht zusammengedrängt, in welcher der Kern lagert (Fig. 26 *a* *B*, Fig. 27 *d*). Andere Drüsenzellen sind die Körnchenzellen, bauchig aufgetriebene Körper, die

Drüsen-
epithel.

in ihrem Innern von Secretkörnern ganz durchsetzt sind (Fig. 26 a Kō). Zwischen Deck- und Drüsenepithel gibt es natürlich alle Übergänge. Den letzteren Namen wird man gewöhnlich nur dann anwenden, wenn die Drüsenzellen besonders häufig sind und damit der Epithelstrecke in erster Linie secretorische Bedeutung verleihen. Das ist vornehmlich in den Apparaten der Fall, welche man mit einem besonderen Namen „Drüsen“ nennt, unter denen man einzellige und vielzellige Drüsen unterscheidet.

Fig. 28.



Fig. 29.

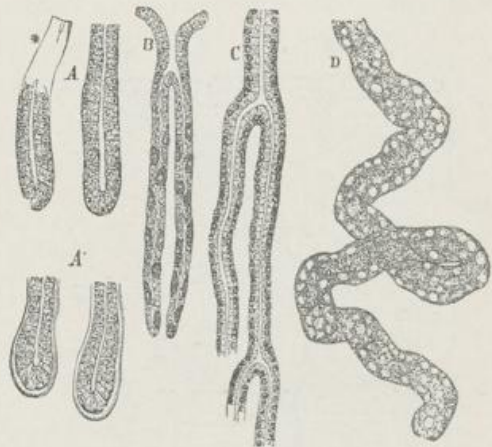


Fig. 28. Einzellige Drüsen aus dem Mantelrande von *Helix pomatia*. e Epithel, d einzellige Drüsen, p Pigmentzellen.

Fig. 29. Tubulöse Drüsen (nach Toldt). A Lieberkühnsche Drüsen des menschlichen Darms, A' Drüsen der Bindehaut des Auges, B Labdrüsen der Katze, C, D Nierenkanälchen, C aus der Nierenpyramide des Hundes, D aus der Nierenrinde des Kaninchens.

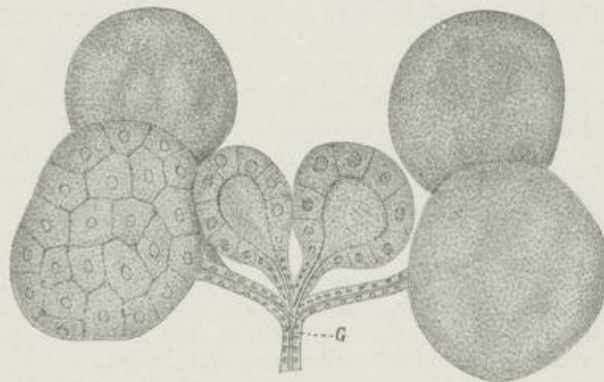


Fig. 30. Acinöse Speicheldrüsen von *Orthezia cataphracta* (nach Lüst); in einigen Acini sind die Kerne und Grenzen der Zellen eingetragen. G Ausführungsgang.

Einzellige
Drüsen.

Einzellige und vielzellige Drüsen führen zu einer Vergrößerung der secretorischen Oberfläche durch Einstülpung. Einstülpung einer einzigen Zelle liefert die einzellige Drüse, welche vornehmlich bei wirbellosen Tieren vorkommt (Fig. 28); eine Drüsenzelle wächst hier so enorm

an, daß sie im Epithel keinen Platz hat, sondern in die Tiefe, in die subepithelialen Schichten hineindringt; hier lagert der von Secret geblähte Zellkörper mit Kern, reicht aber mit einem dünnen Fortsatz, einem Ausführungsgang, bis zur epithelialen Oberfläche vor.

Bei der Bildung der vielzelligen Drüsen wächst eine ausgedehnte Strecke Drüsenepithels als cylindrischer Strang oder Rohr von der Oberfläche aus in die tiefere Gewebsschicht; selten bleibt derselbe einfach, meist verästelt er sich und bildet die zusammengesetzte Drüse, die aus Hunderten oder Tausenden von Drüsenschläuchen bestehen kann, welche sämtlich in einen gemeinsamen Ausführungsgang münden. Man unterscheidet unter den vielzelligen Drüsen tubulöse und acinöse (alveoläre) Formen. Bei den tubulösen Drüsen (Fig. 29) besitzen die einfachen oder verästelten Drüsenschläuche dasselbe röhrlige Kaliber vom Anfang bis zum Ende, bei den acinösen (alveolären) Drüsen (Fig. 30) dagegen erweitert sich das blinde Ende des Drüsenschlauchs zu einer Anschwellung, welche vorwiegend die secretorischen Zellen enthält und an dem vorderen Abschnitt des Drüsenschlauchs, dem Ausführungsgang, ansitzt, wie eine Weinbeere an ihrem Stiel. Zu den tubulösen Drüsen gehören Leber, Niere und Schweißdrüsen des Menschen, zu den acinösen die Speicheldrüsen nicht nur der *Wirbeltiere*, sondern auch der *Arthropoden* und *Mollusken*.

An das Drüsenepithel schließen wir zweckmäßigerweise die Begleichung der Geschlechtszellen an; denn diese bilden ein vollkommenes Seitenstück zu den Drüsenzellen. Wie das Secret der letzteren aus dem Körper befördert werden muß, so bilden auch die Geschlechtszellen Elemente, die dem Organismus fremdartig gegenüberstehen und nach außen gelangen müssen, um in Function zu treten. Wie Drüsenzellen meist zwischen gewöhnliche Epithelzellen eingestreut sind, so liegen auch fast ausnahmslos die Geschlechtszellen im Epithel

Vielzellige
Drüsen.

Geschlechts-
epithelien.

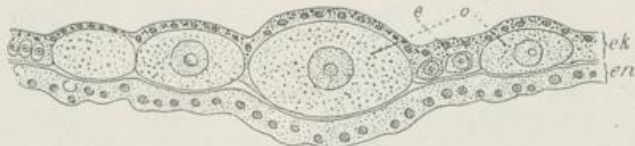


Fig. 31. Keimepithel einer Meduse. *ek* Ectoderm, *en* Entoderm, *o* Eier, *e* Epithel.

eingebettet, sei es im Epithel der Haut (Fig. 31), des Darms, der Leibeshöhle oder abgeschnürter Teile derselben (Fig. 32). Diese Verbindung der Sexualzellen mit dem Epithel hat noch einen weiteren Grund darin, daß viele Organismen, und besonders Organismen von niederem Bau, ausschließlich aus Epithel bestehen und daher notwendigerweise im Epithel ihre Geschlechtsprodukte entwickeln müssen. Geschlechtszellen und Epithelzellen sind, mit anderen Worten, die ältesten Elemente des vielzelligen Tierkörpers und dadurch schon früh in Beziehung zueinander gebracht.

Geschlechtsepithelien, oder, wie man sie auch häufig nennt, Keim-epithelien, haben wie Drüsenepithelien die Tendenz, in das subepitheliale Gewebe in Form von isolierten oder verästelten Schläuchen hineinzuwachsen (Fig. 32), und so kommt es, daß in vielen Tiergruppen die Geschlechtsorgane den Charakter von Drüsen tragen, weshalb man im allgemeinen ebenso häufig von Geschlechtsdrüsen wie von Geschlechtsorganen spricht (Fig. 33).

Was nun die spezifischen Elemente der Geschlechtsepithelien und Geschlechtsdrüsen anlangt, so besteht ein großer Unterschied zwischen den weiblichen und den männlichen Elementen, der schon darin zum Ausdruck kommt, daß die ersteren, die Eier, zu den größten, die letzteren, die Spermatozoen oder Samenfäden, zu den kleinsten Zellen des tierischen Körpers gehören.

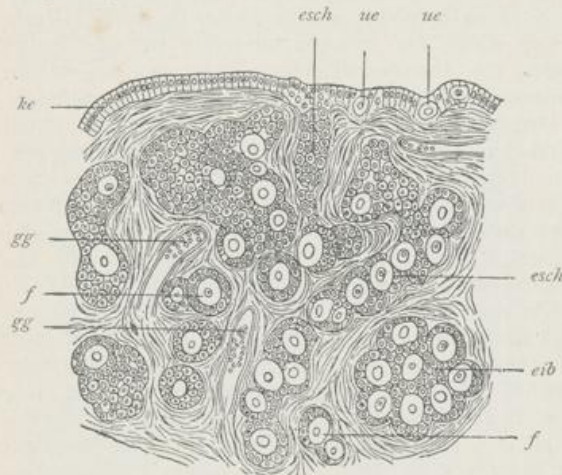


Fig. 32. Schnitt durch den Eierstock eines neugeborenen Kindes (nach Waldeyer). *ke* Keimepithel, *ue* Ur-eier im Keimepithel, *esch* Eischläuche, *eib* durch Abschnürung aus diesen hervorgegangene Eiballen, *f* einzelne Eifollikel, *gg* Gefäße.

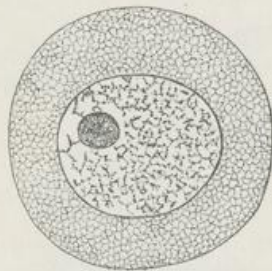


Fig. 34. Unreifes Ei von *Strongylocentrotus lividus*.

Fig. 33. Eiröhre eines Insects, *Vanessa urticae*. *a* Bildungszellen, bei *a₁* noch zusammenhängend, bei *a₂* getrennt, *b* Follikelepithel, *c* Nährzellen, bei *c₁* und *c₂* in Desorganisation, *d* Eizellen, *f* fibröse Umhüllung, in den Endfaden *g* auslaufend. (Nach Waldeyer.)

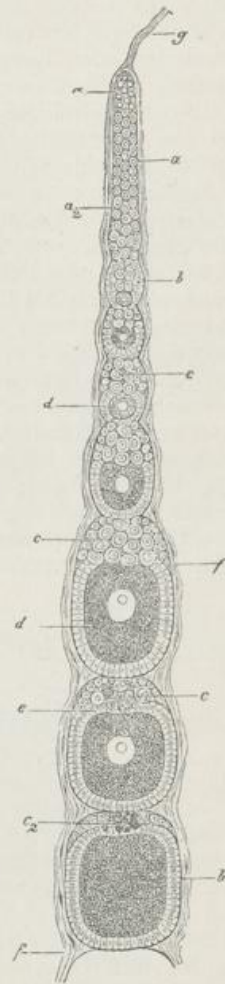


Fig. 33.

Eizelle.

Die Eizelle oder Ovocyte (Fig. 34), wie sie im Ovarium gebildet wird, hat eine je nach der Tiergruppe wechselnde Größe; bei den mikroskopisch kleinen *Gastrotrichen* mißt sie 0,04 mm, beim Menschen fast 0,2 mm, bei den Fröschen mehrere Millimeter, und bei den großen Vögeln mehrere Zentimeter, wobei zu beachten ist, daß als Eizelle nur das sogenannte Gelbe angesehen werden kann, während das Eiweiß und die Schale Bildungen sind, die außerhalb des Eierstocks in dem Eileiter

entstehen. Diese enormen Größenunterschiede sind weniger durch den Gehalt an eigentlicher Zellsubstanz, an Protoplasma (Bildungs- oder Hauptdotter) bedingt, als durch die Anhäufung von Deutoplasma (Nahrungs- oder Nebendotter, auch Dotter kurzweg genannt). Der Nebendotter hat die Aufgabe, den in Entwicklung begriffenen Embryo zu ernähren; er besteht daher aus fett- und eiweißreichen Stoffen, welche in feinen Körnchen oder polygonalen Körpern, den Dotterplättchen, oder in rundlichen Ölkugeln abgelagert sind. Er ist in um so größeren Quantitäten vorhanden und bedingt daher auch um so bedeutendere Dimensionen des Eies, je länger die Zeit dauert, in welcher das Ei von jeder Nahrungszufuhr abgeschnitten ist. Die größten Eier finden wir im allgemeinen bei eierlegenden Tieren, welche eine hohe Organisation besitzen, bei denen zur Anlage der vielfältigen Organe ein lange dauernder Entwicklungsgang innerhalb der Eischalen nötig ist.

Außer Bildungsdotter (Protoplasma) und Nahrungsdotter (Deutoplasma) findet sich im Ei stets noch der Zellkern oder das Keimbläschen (*Vesicula germinativa*) vor, ein auffallend großes Bläschen, welches bei großen Eiern schon mit unbewaffnetem Auge erkannt werden kann und von einer festen Membran umgeben ist. Sein Inhalt ist vorwiegend Kernsaft. In demselben breitet sich ein achromatisches Kernnetz aus und liegt ferner das Kernkörperchen, nach dem Entdecker auch Wagnerscher Fleck oder Keimfleck (*Macula germinativa*) genannt. Häufig sind multinucleoläre Keimbläschen, besonders bei Eiern, welche sehr viel Dotter enthalten.

Die Spermatozoen, die Formelemente des männlichen Samens, sind so klein, daß sie nur mit den stärksten Vergrößerungen auf ihren feineren Bau hin untersucht werden können (Fig. 35 I und II). Am leichtesten ist an ihnen der Kopf (2) zu erkennen, welcher häufig durch seine sehr verschiedenartige Gestalt, indem er kugelig, oval, sichelförmig usw. ist, die spezifische Bestimmung der Spermatozoen ermöglicht. Der Kopf ist der fest zusammengeballte chromatische Teil des Kerns und färbt sich daher durch Tinktionsflüssigkeiten sehr stark. Nach vorn verlängert sich der Kopf in eine scharfe Spitze (1), das Perforatorium, welches, wie schon der Name sagt, als ein Apparat gedeutet wird, der die Aufgabe hat, das Eindringen des Samenfadens in das Ei bei der Befruchtung zu ermöglichen; nach rückwärts setzt sich an den Kopf das bald kurz gedrungene, bald lang ausgezogene, bei Kernfärbung farblos bleibende Mittelstück (4), an das letztere wiederum der Schwanzfaden (5), eine lange Geißel, welche die lebhafteste Beweglichkeit der reifen Spermatozoen vermittelt. Protoplasma kann nur in äußerst geringen Spuren vorhanden sein, welche in dünner Schicht den Kern umgeben. Dagegen findet sich wohl stets ein achromatisches Centrosoma, welches seinen Sitz im Mittelstück hat (3).

Spermato-
zoen.

Nach dem beschriebenen Schema, welches aber meist eine außerordentlich komplizierte Ausgestaltung erfährt, sind die Spermatozoen fast bei sämtlichen Tieren gebaut, mit Ausnahme der *Nematoden*, der meisten *Crustaceen*, mancher *Myriapoden*. Gewöhnlich sind hier die Spermatozoen auffallend groß und unbeweglich und umschließen einen sonst nicht vorkommenden homogenen, stark lichtbrechenden Körper, dessen Bedeutung ganz unklar ist. Die Spermatozoen der Spulwürmer (Fig. 35 V) haben die Gestalt eines Zuckerhuts mit abgerundetem, breitem, den Kern enthaltenden Ende. Die Spermatozoen der *decapoden Crustaceen*

(III, IV) besitzen 3 oder mehr starre, wie Pseudopodien einer *Heliozoë* aussehende Fortsätze, die vom Umkreis des schüssel- oder walzenförmigen Körpers entspringen; sie enthalten einen stark lichtbrechenden Einschuß (*b*) und in diesem wieder ein dem Perforatorium wahrscheinlich zu vergleichendes Stäbchen (*r*). Bei anderen *Crustaceen* sind die Spermatozoen Fäden von kolossaler Länge (7 mm lang bei manchen *Ostracoden*). Am merkwürdigsten schließlich ist das bei einigen Tieren beobachtete Auftreten von zweierlei Spermatozoen. Bei *Paludina vivipara* (ähnlich auch bei manchen anderen *Prosobranchiern*) entstehen im Hoden eines und desselben Tieres nebeneinander haarförmige Spermatozoen mit korkzieherartig gewundenen Köpfen und wurmförmige Spermatozoen mit einem

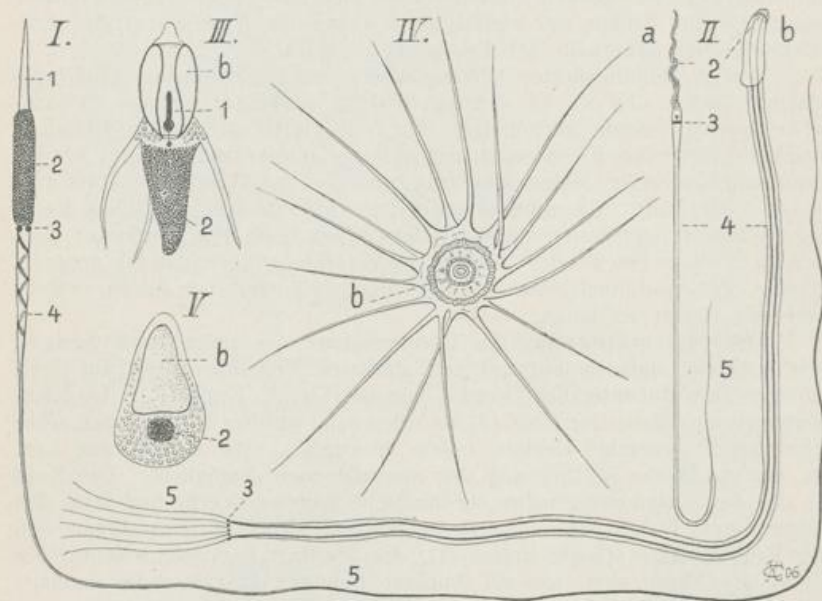


Fig. 35. Verschiedene Spermatozoenformen I vom *Chamaeleon* (nach Retzius), IIa eupyrene, b oligopyrene Spermatozoen von *Paludina* nach Meves, III von *Pagurus striatus* nach Koltzoff, IV vom *Flusskrebs* nach Grobben, V vom *Spulwurm*. 1 Perforatorium, 2 Kern oder Kopf, 3 Centrosomen, 4 Mittelstück, 5 Schwanzfaden, 6 stark lichtbrechender Körper.

Wimperbüschel am hinteren Ende; erstere enthalten die normale Chromatinmasse (eupyrene Sp.), letztere enthalten sehr wenig Chromatin (oligopyrene Sp.). Bei dem Spinner *Pygacra*, wo ein ähnlicher Dimorphismus vorkommt, sind die zweiten Spermatozoen völlig chromatinfrei (apyren). Die Vermutung, daß der Dimorphismus der Spermatozoen mit der Geschlechtsbestimmung zu tun hat, findet eine Bestätigung in den Erfahrungen über die Spermatogenese der Wanzen. Die Hälfte der hierbei gebildeten Spermatozoen enthält ein Chromosom (das accessorische Ch.) mehr, als die andere Hälfte. Die Eier, welche von der zweiten relativ oligopyrenen Spermatozoenart befruchtet werden, liefern männliche Tiere.

Sinnes-
epithel.

Die letzte Modifikation des Epithels, welche wir noch zu besprechen haben, ist endlich das Sinnesepithel. Seinen besonderen Charakter

erhält dasselbe durch die Verbindung, welche einige seiner Zellen, die Sinneszellen, mit den feinsten Endästen verzweigter, vom Centralnervensystem kommender Nerven eingehen. Diese Verbindung kann in zweierlei Weise bewerkstelligt werden. Im ersten Falle verlängern sich die Sinneszellen (primäre S.) direkt in feine Nervenfasern; sie sind fadenförmige Zellen, in denen durch die Einlagerung des Kerns eine Verdickung herbeigeführt wird (Fig. 36). Der nach außen vom Kern gelegene periphere Teil der Zelle vermittelt die Aufnahme der Sinnesempfindung, während der zentrale Teil sich kontinuierlich in die Nervenästchen fortsetzt und sich demgemäß in zwei oder mehr feinste, den Charakter von Nervenfasern annehmende Ausläufer verzweigt. Im zweiten Falle endet der Sinnesnerv in einer unter dem Epithel gelegenen Ganglienzelle, welche in das Epithel Ausläufer entsendet. Diese enden frei zwischen den Epithelzellen oder legen sich an besondere Sinneszellen, mit denen sie nur im Kontakt stehen, an (sekundäre S.). Beiderlei Sinneszellen können an ihrem peripheren Ende besondere, zur Sinnesempfindung in Beziehung stehende Anhänge tragen: Hörhaare, Tasthaare, stiftchenartige Aufsätze bei Geruchs- und Geschmacksorganen, ansehnliche Stäbchen bei den Sehzellen. Fast ausnahmslos gilt der Satz, daß die Sinnesepithelien Teile der Haut (Ectoderm) sind oder wenigstens entwicklungsgeschichtlich von ihr abstammen. Selbst für Sinnesorgane, die von der Haut abgelöst und durch reichliches Zwischengewebe von ihr getrennt sind, wie Auge und Gehörorgan der Wirbeltiere, läßt sich die ectodermale Abstammung ihrer Sinnesepithelien (Retina, Crista acustica) beweisen.

Im Bereich des Sinnesepithels und zwischen den Sinneszellen finden sich noch anderweitige Epithelzellen, welche nicht mit Nerven in Verbindung stehen und mannigfache Nebenfunctionen zu leisten haben; sie dienen zur Stütze der Sinneszellen, können beim Auge Pigment enthalten, beim Gehörorgan die „Hörsteine“ tragen usw. Man kann sie mit dem allgemeinen Namen „Stützzellen“ belegen.

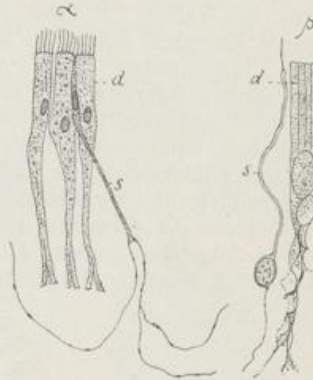


Fig. 36. Sinnesepithel, *a* einer Actinie, *b* aus der Geruchsschleimhaut des Menschen, *d* Stützzellen, *s* Sinneszellen.

2. Binde-substanzen.

Histologisch genommen, gibt es keinen größeren Unterschied als zwischen Epithelien einerseits und Binde-substanzen andererseits; gehören jene der Oberfläche an, so finden sich diese im Innern des Körpers; spielen bei jenen die Zellen die Hauptrolle, so sind sie umgekehrt bei diesen von untergeordneter Bedeutung gegenüber den Plasmakprodukten, den „Intercellularsubstanzen“, welche den Charakter der verschiedenen Binde-substanzarten vornehmlich bedingen.

Trotz dieses Gegensatzes hängen die Binde-substanzen mit dem Epithel genetisch zusammen. Bei Tieren, deren Körper anfänglich nur aus Epithelien besteht, kann man durch direkte Beobachtung den Zusammenhang erweisen. Die Epithelien scheiden auf ihrer inneren Seite

eine gallertige Masse ab, in welche einzelne ihrer Zellen eindringen. So entsteht der Binde-substanzkeim oder das Mesenchym (Fig. 106).

Primäre Aufgabe der Binde-substanzen ist es, die Zwischenräume, welche sich im Innern des Körpers zwischen den einzelnen Organen ergeben, auszufüllen und dabei die Einzelteile des Organs sowie auch die verschiedenen Organe untereinander zu verbinden. Die Binde-substanzen tragen infolgedessen auch zur Festigkeit des Körpergefüges bei und werden häufig zum Aufbau des Skeletts verwandt. Um das zu erreichen, bilden die Zellen auf ihrer Oberfläche Substanzen, welche meist eine größere Festigkeit haben als das Protoplasma und, da sie zwischen die Zellen eingeschlossen sind, Inter-cellularsubstanzen heißen. Je mehr die Inter-cellularsubstanzen an Masse zunehmen, um so mehr verbrauchen sich die Zellen und werden zu unscheinbaren Körperchen, den Binde-substanzkörperchen, oder verschwinden sogar, was jedoch selten ist, gänzlich. Da die Inter-cellularsubstanzen das Wichtigste in der Binde-substanz sind, ist es begreiflich, daß vornehmlich auf ihrer verschiedenen Beschaffenheit die Unterschiede der einzelnen Arten der Binde-substanz beruhen. Man unterscheidet folgende Formen: 1. zellige Binde-substanz, 2. homogene Binde-substanz, 3. faserige Binde-substanz, 4. Knorpel, 5. Knochen.

Fig. 37.

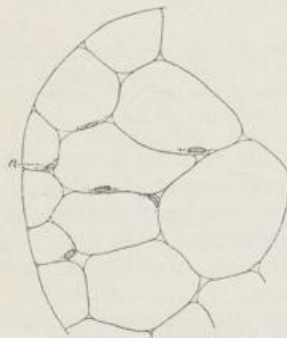


Fig. 38.

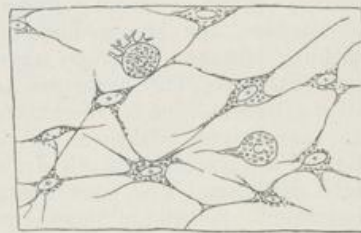


Fig. 37. Zellige Binde-substanz. Querschnitt durch die Chorda einer eben ausgeschlüpften Forelle. n Kerne der Chordazellen.

Fig. 38. Homogene Binde-substanz von *Sycandra raphanus* (nach F. E. Schulze).

Zellige
Binde-
substanz.

Die zellige Binde-substanz, welche, streng genommen, nicht hierher gehört, da sie nicht vom Mesenchym stammt, sondern direkt aus umgewandeltem Epithel entsteht, zeigt die Merkmale der Gruppe am wenigsten ausgeprägt: sie hat ihren Namen daher, daß die Zellen die Hauptmasse ausmachen, während die Zellprodukte nur in den ersten Anfängen vorhanden sind. Die Zellen sind große, blasige Körper, welche nach Analogie pflanzlicher Zellen fest gegeneinander gepreßt sind und sich polygonal abgeplattet haben; sie haben zwischen sich eine feste, wenn auch dünne Schicht von Inter-cellularsubstanz ausgeschieden (Fig. 37).

Homogene
Binde-
substanz.

Bei der homogenen Binde-substanz ist die Inter-cellularsubstanz meist reichlich vorhanden als eine glasartig durchsichtige und daher unter dem Mikroskop fast gar nicht wahrnehmbare, bald gallertartig weiche, bald derbere Masse (Fig. 38). Die in ihr liegenden Zellen sind entweder kugelig oder senden verästelte Fortsätze in die Grundsubstanz hinein. Solche Verästelungen können zu einem Netzwerk verschmelzen, welches wie ein Pseudopodiennetz Zelle mit Zelle verbindet. Nicht selten wird außerdem die homogene Binde-substanz von isolierten festen Fäden oder

Strängen durchsetzt, welche vermöge ihrer physikalischen Eigenschaften elastische Fasern heißen und aus einer gegen die meisten Reagentien äußerst widerstandsfähigen Substanz, dem Elastin, bestehen. Endlich können sich in der Grundsubstanz die feineren Binde substanzfibrillen entwickeln, welche das charakteristische Element der nächsten Gruppe bilden und zu dieser überleiten, je mehr sie durch Zunahme an Zahl in den Vordergrund treten und den Charakter des Gewebes bestimmen.

Die faserige Binde substanz ist ausgezeichnet durch die reichliche Anwesenheit der Binde gewebefibrillen; dieselben sind Fädchen von außerordentlicher Feinheit und liegen in einer homogenen Grundsubstanz, die sie um so mehr verdecken, je reichlicher sie sind. In ihrem Verlaufe sind sie entweder wirr angeordnet und nach allen Richtungen gekreuzt, oder sie verlaufen im wesentlichen parallel und in bestimmten Richtungen. Zwischen ihnen finden sich die rundlichen, spindelförmigen oder verästelten Binde substanzkörperchen (Fig. 39). Für die *Wirbeltiere* ist es charakteristisch, daß die Fibrillen zu Bündeln gruppiert sind. Jedes Bündel wird gewöhnlich von den zu platten Zellen gewordenen Binde geweb-

Faserige
Binde-
substanz.



Fig. 39. Faserige Binde substanz einer *Actinie*



Fig. 40. Lockeres faseriges Bindegewebe (nach Gegenbaur).

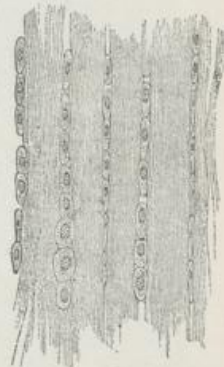


Fig. 41. Sehngewebe (nach Gegenbaur).

körperchen umscheidet. Die Bündel verlaufen locker gekreuzt nach allen Richtungen (lockeres Bindegewebe, Zellgewebe der früheren Autoren) (Fig. 40), oder sie sind ihrerseits genau parallel gestellt und zu einer straffen Fasermasse zusammengefügt (straffes Bindegewebe der Bänder, Sehngewebe) (Fig. 41). Da nun die Fibrillen der faserigen Binde substanz der Wirbeltiere noch eine weitere, sonst nicht vorkommende Eigentümlichkeit besitzen, daß sie aus Glutin bestehen und beim Kochen Leim liefern, ist es zweckmäßig, für diese Gewebsform den besonderen Namen „Bindegewebe“ zu reservieren.

In allen faserigen Binde substancen können als weitere Formelemente die elastischen Fasern auftreten; sie können sogar die gewöhnlichen Binde gewebefibrillen verdrängen und zum dominierenden Bestandteil der Binde substanz werden, weshalb man dann von elastischem Gewebe spricht.

Knorpel und Knochen sind gleichfalls Gewebe, welche ihre charakteristische Ausbildung nur bei Wirbeltieren finden. Der Knorpel hat in seinem Aussehen viel Ähnlichkeit mit der homogenen Binde substanz mancher wirbelloser Tiere: seine Grundsubstanz ist homogen

Knorpel.

und auf den ersten Blick ganz structurlos (Fig. 42), nimmt aber unter dem Einfluß gewisser Reagentien eine faserige Beschaffenheit an. Letzteres Verhalten, sowie der Umstand, daß der Knorpel durch Umwandlung des Perichondrium, einer dünnen, faserigen, seine Oberfläche überziehenden Haut, wächst, läßt es sicher erscheinen, daß er ein homogenisiertes, faseriges Bindegewebe ist und sich somit wesentlich von der homogenen Binde substanz unterscheidet, da er nicht wie diese eine niedere, sondern eine höhere Stufe der Gewebsbildung bezeichnet. — Beachtenswert in dieser Hinsicht ist ferner, daß auch die Knorpelgrundsubstanz (Chondrin) beim Kochen Leim liefert, Chondrinleim, der sich aber vom Glutinkleim des Bindegewebes dadurch unterscheidet, daß er von Essigsäure ausgefällt wird. In der Grundsubstanz liegen die Knorpelzellen zu Gruppen und Nestern vereinigt, eine Gruppierungsweise, die auf ihre Entstehung hinweist, da jede Zellengruppe durch successive Teilung aus einer einzigen

Mutterzelle entstanden ist. — Auch im Knorpel können elastische Fasern auftreten; eine große Zahl derselben wandelt den bläulich schimmernden, hyalinen Knorpel in den gelblich gefärbten, elastischen Knorpel um. — Vom Wirbeltierknorpel unterscheidet sich der „Kopfkorpel“ der *Cephalopoden* dadurch, daß die Knorpelkörperchen reichliche Ausläufer besitzen.

Fig. 43.

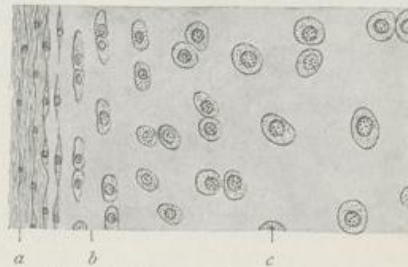
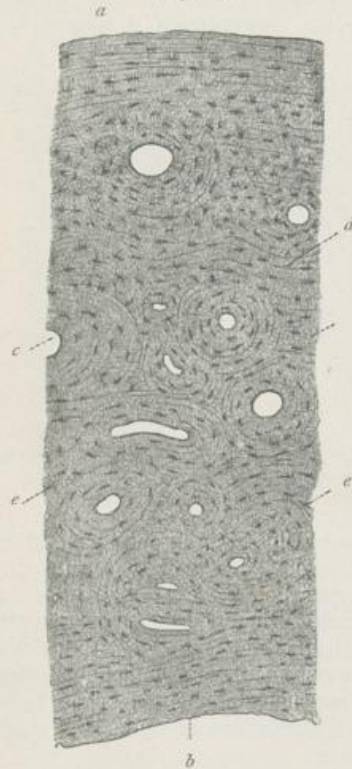


Fig. 42. Knorpel (nach Gegenbaur). *a* Perichondrium, *b* Übergang zum typischen Knorpel *c*.

Fig. 43. Querschnitt durch einen Mittelhåndknochen des Menschen. *a* Fläche des Periosts mit angrenzenden periostalen Grundlamellen, *b* Fläche des Markraumes mit angrenzenden Markraumgrundlamellen, *c* Querschnitte der Haversischen Kanäle und ihrer Lamellensysteme, *d* Schalllamellen, *e* Knochenkörperchen resp. deren Hohlräume (nach Frey).

Knochen.

Der Knochen ist die komplizierteste Bildung in der Binde substanzreihe. Er besteht aus einer dem Glutin sehr nahestehenden Grundsubstanz, dem Ossein, welche mit anorganischen Bestandteilen so innig verbunden ist, daß man unter dem Mikroskop nur eine homogene Masse sieht. Das Verhältnis von anorganischer und organischer Substanz wechselt nach Alter und Art des Tieres; beim Menschen z. B. kommen 65% anorganische Substanz auf 35% organische, bei der Schildkröte

63% auf 37%. Unter den anorganischen Bestandteilen ist am wichtigsten der phosphorsaure Kalk, 84% der Gesamtmasse der anorganischen Verbindungen, daneben finden sich noch in geringeren Quantitäten Verbindungen von Fluor, Chlor, Kohlensäure und Magnesia. Bei kompakten Knochen ist die Grundsubstanz zusammengesetzt aus den Knochenlamellen (Fig. 43), deren Anordnung von den in und an dem Knochen vorhandenen Oberflächen bestimmt wird. In einem Röhrenknochen (wie dem Oberarmbein oder einem Mittelhandknochen) ist eine Oberfläche durch die Begrenzung nach außen gegeben, wo eine faserige Haut, die Beinhaut oder das Periost, ihr dicht auflagert. Eine zweite Oberfläche ist nach dem Innern nötig geworden durch die Anwesenheit der Markhöhle. Endlich ist das Massiv des Knochens noch durchsetzt von den Haversischen Kanälen, welche, vorwiegend in der Längsrichtung angeordnet, durch quere oder schräge Kanäle aber zu einem Netz untereinander verbunden sind und dem Verlauf von Blutgefäßen dienen. Indem nun die Knochenlamellen sich parallel den besprochenen Oberflächen anordnen, lassen sich auf dem Querschnitt zwei Systeme unterscheiden, die Grundlamellen und die Haversischen Lamellen. Jene sind den Oberflächen des Periosts und des Markraums parallel gestellt und bilden einen Mantel von konzentrischen Schichten um die Markhöhle herum. In diesen Grundstock des Knochens sind nun die Haversischen Kanäle mit ihren Lamellen eingefügt, indem sie die ihnen in den Weg tretenden Grundlamellen bis auf Reste, die Schaltlamellen, zerstört und ersetzt haben. Die Haversischen Lamellen sind um das Lumen der Haversischen Kanäle ebenso konzentrisch geschichtet wie die Grundlamellen um den Markraum.

Die Schichtung des Knochens ist durch die Entstehungsweise begründet. Wo die Knochengrundsubstanz an die Haversischen Kanäle, den Markraum oder das Periost angrenzt, findet sich vorübergehend oder dauernd eine epithelartige Lage von Zellen, den „Osteoblasten“, welche die Knochengrundsubstanz ausscheiden, was, wie in allen derartigen Fällen, der ausgeschiedenen Substanz eine geschichtete Structur verleiht. Bei dieser Ausscheidung geraten einige Zellen mit in die Grundsubstanz hinein und geben hier die Knochenkörperchen ab, welche sich von den Knorpelzellen durch die reichlichen die Grundsubstanz durchsetzenden Ausläufer unterscheiden. Die von einem Knochenkörperchen entspringenden Ausläufer verästeln sich und verschmelzen mit den ihnen entgegenkommenden Verzweigungen benachbarter Zellen; ihre Anordnung ist am schönsten am getrockneten Knochen zu erkennen, weil hier die Hohlräume und Kanäle der Grundsubstanz mit Luft gefüllt sind. — Bei spongiösen Knochen vereinfacht sich der Bau, indem hier die Haversischen Kanäle mit ihren Lamellensystemen, oft auch die Schichtung in Grundlamellen fehlen. — Als besondere Modifikationen des Knochengewebes sind noch zu nennen das Gewebe der Fischechuppen und das Zahnbein, auch Elfenbein oder Substantia eburnea genannt.

Blut und Lymphe, welche wir hier im Anschluß an die Binde-
substanzen abhandeln, sind, streng genommen, gar keine Gewebe, sondern
nur ernährende Flüssigkeiten. Zweierlei ernährende Flüssigkeiten finden
sich bei den *Wirbeltieren* vor, das rot gefärbte Blut und die farblose
oder schwach opalisierende oder weißlich getrübbte Lymphe. Am Blut
des Menschen und der Wirbeltiere haben wir zunächst die flüssigen und
die geformten Bestandteile auseinanderzuhalten. Die Blutflüssigkeit
oder das Blutplasma ist, abgesehen von anorganischen Bestandteilen,

Blut und
Lymphe.

besonders reich an Eiweißsubstanzen, von denen sich jedoch nach der Entleerung des Blutes aus den Gefäßen ein Teil durch Gerinnung ausscheidet und den aus Fibrin bestehenden Blutkuchen liefert, während eine an Eiweiß ärmere Flüssigkeit, das Blutserum, übrig bleibt. Die geformten Elemente, die Blutzellen, werden als rote und weiße Blutkörperchen unterschieden. Letztere (die Leucocyten) sind in geringerer Zahl vorhanden und haben große Ähnlichkeit mit den im Wasser vorkommenden *Amöben*; sie sind Protoplasmaklumpchen, welche einen Kern enthalten, Fremdkörper, wie z. B. in das Blut gespritzte Karminkörnchen, fressen und sich „amöboid“, d. h. durch Aussenden von Pseudopodien fortbewegen (Fig. 44 a).

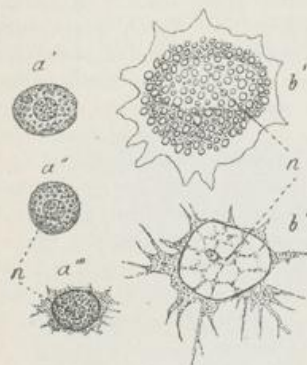


Fig. 44. Weiße Blutkörperchen, *a'*–*f'* vom Menschen, *b* vom Krebs (*n* der Kern).

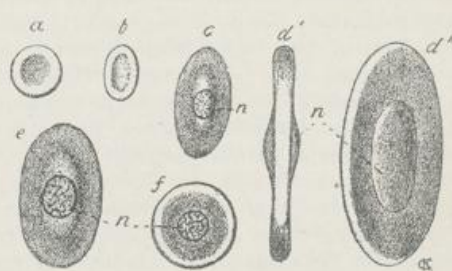


Fig. 45. Rote Blutkörperchen, *a* vom Menschen, *b* vom Kamel, *c* von der Natter, *d'* von Proteus (Kantenansicht), *d''* Flächenansicht, *e* eines Rochen, *f* von Petromyzon, *n* Kern. (Alle Blutkörperchen 700 mal vergrößert, mit Ausnahme von *d*, welche 350 mal vergrößert sind).

Die roten Blutkörperchen der *Wirbeltiere* (Fig. 45) sind im ausgebildeten Zustand kreisrunde oder ovale Scheiben, welche durch Einwirkungen von außen, durch Druck und Zug, vorübergehend gebogen, eingeschnürt oder anderweitig in ihrer Form modifiziert werden, aktiv aber ihre Gestalt nicht verändern können, weil sie nicht mehr aus Protoplasma bestehen. Entwicklungsgeschichtlich entstehen sie zwar aus echten, kernhaltigen protoplasmatischen Zellen „Erythroblasten“; allmählich jedoch wird der protoplasmatische Zellenleib ganz in ein Plasmaproduct, das Stroma des Blutkörperchens, verwandelt. Wenn sich bei dieser Metamorphose der Kern erhält, so bildet er im Centrum der Scheibe beiderseits eine schwache Hervorwölbung; wird der Kern ebenfalls rückgebildet, dann bilden sich an Stelle der beiderseitigen Hervorwölbung flache Dellen. Im letzteren Fall hat man, streng genommen, kein Recht mehr, von Blutzellen zu reden, da alle charakteristischen Bestandteile der Zelle, Kern und Protoplasma, geschwunden sind. — Systematisch sind die roten Blutkörperchen insofern von Interesse, als kernlose Formen nur bei den *Säugetieren* (Fig. 45 *a*, *b*), kernhaltige bei allen übrigen *Wirbeltieren* (*c*–*d*) gefunden werden. Auch besitzen die *Säugetiere* kreisrunde, die übrigen *Wirbeltiere* ovale Scheiben. In letzterer Hinsicht kommen jedoch Ausnahmen vor, indem unter den Säugetieren die *Tylopoden* (*Kamel*, *Lama*) ovale, unter den Fischen die *Cyclostomen* kreisförmige Blutkörperchen haben.

Die roten Blutkörperchen sind sowohl Ursache der Farbe des Blutes, als auch Träger einer seiner wichtigsten Functionen, der Vermittlung

des Gasaustausches; beides hängt damit zusammen, daß das Stroma den Blutfarbstoff oder das Hämoglobin enthält. Das Hämoglobin gehört zu den wenigen krystallisierbaren Eiweißkörpern und ist ausgezeichnet durch einen geringen Gehalt an Eisen und durch seine Wahlverwandtschaft zu Sauerstoff. Sauerstoffhaltiges Hämoglobin oder Oxyhämoglobin bedingt die karminartige Farbe des sogenannten arteriellen Blutes, welches von den Atmungsorganen abströmt und an die functionierenden, Kohlensäure produzierenden Gewebe den Sauerstoff abgibt; sauerstoffreies, „reduziertes“ Hämoglobin bedingt die dunkelrote, ins Bläuliche schimmernde Farbe des venösen Blutes, welches die bei der Function entstandene Kohlensäure von den Geweben aufnimmt.

Vom Blut unterscheidet sich die Lymphe durch den gänzlichen Mangel der roten Blutkörperchen und die geringere Gerinnungsfähigkeit ihres Plasmas. Lymphe ist somit eine eiweißhaltige Flüssigkeit mit weißen Blutzellen, welche deshalb auch die Lymphkörperchen heißen.

Bei den meisten wirbellosen Tieren ist nur eine Art von ernährender Flüssigkeit vorhanden und auch diese nicht einmal bei allen Klassen; die Flüssigkeit wird Blut genannt, obwohl sie gewöhnlich farblos ist. Wo Färbung vorkommt, ist dieselbe am häufigsten eine gelblich rote oder intensiv rote: sie kann sogar, ähnlich wie bei den *Wirbeltieren*, durch Hämoglobin bedingt sein (unter den *Mollusken* bei *Planorben*, *Arca tetragona*, *A. noac*, *Solen legumen*, *Tellina planata*, *Pectunculus glycymeris* und anderen, unter *Anneliden* bei *Capitelliden*, *Glycera*, *Polycirrus*, *Leprea*, *Blutegeln*, *Regenwürmern*, unter *Insecten* bei *Chironomus*). Anstatt des Hämoglobins finden sich vielfach andere Farbstoffe: bei *Tintenfischen*, manchen *Schnecken* und *Muscheln*, beim *Hummer* und manchen *Krabben* das bei Sauerstoffzutritt sich bläuende schwach kupferhaltige Hämocyanin, bei *Sipunculiden* Hämerythrin etc. Sitz der Färbung ist in der Regel das Blutplasma (*Chironomus*, *Hirudineen*, *Regenwürmer* und die meisten *Anneliden*); nur ausnahmsweise kommen gefärbte Blutkörperchen vor, wie bei *Arca*, *Solen* und den übrigen oben genannten *Muscheln*, ferner bei der Gattung *Phoronis*. Gefärbte, mit Blutkörperchen identische, Hämoglobin enthaltende Elemente finden sich außerdem in der Leibeshöhlenflüssigkeit mancher *Anneliden* (*Capitelliden*, *Glycera*, *Leprea*, *Polycirrus*) und in den Ambulacralgefäßen von *Echinodermen* (*Ophiactis virens*, einigen *Holothuriern*) vor. — Am verbreitetsten sind bei wirbellosen Tieren die Leucocyten, welche sich durch lebhaft amöboide Beweglichkeit auszeichnen; indessen können sie ebenfalls fehlen, so daß dann das Blut eine Flüssigkeit ohne geformte Körperchen ist.

3. Muskelgewebe.

Functionell am schärfsten charakterisiert ist das Muskelgewebe, insofern es Träger der aktiven Bewegungen im tierischen Körper ist. Da nun auch dem Protoplasma aktive Beweglichkeit zukommt, ist es wichtig, die Unterschiede zwischen beiden Bewegungsweisen zu erörtern. Die Unterschiede sind gegeben in der Richtung und in der Intensität der Bewegung. Ein Protoplasmaeklumpchen hat die Fähigkeit, nach allen Richtungen hin zu wandern, weil in seinem Innern eine hochgradige Verschiebbarkeit der kleinsten Teilchen gegeneinander besteht. Alle Muskeln und dementsprechend auch ihre einzelnen Elemente, die Muskelfasern und Muskelfibrillen, besitzen dagegen nur die Fähigkeit der Verkürzung unter gleichzeitiger Zunahme des Querschnitts (Fig. 46); sie können daher

auch nur Bewegungen in einer bestimmten Richtung, in der Richtung der Muskelachse, vollziehen. Ist die Muskelsubstanz somit in ihrer Bewegung beschränkter als das Protoplasma, so bietet sie auf der anderen Seite die Vorteile größerer Energie und größerer Schnelligkeit. Ein mit der Natur der verschiedenen Bewegungsarten vertrauter Beobachter wird schon aus der Intensität und Schnelligkeit mit ziemlicher Sicherheit entscheiden können, ob in einem gegebenen Fall eine Bewegung durch Protoplasma oder durch contractile Substanz im engeren Sinne (Muskelsubstanz) ausgeführt wird.

Diese physiologischen Betrachtungen weisen schon darauf hin, daß Protoplasma und contractile Substanz auch morphologisch verschiedenerlei Dinge sind, und daß man daher im Muskelgewebe scharf zwischen Bildungszelle oder Muskelkörperchen und Bildungsprodukt oder contractiler Substanz unterscheiden muß, wie im Bindegewebe zwischen Bindegewebskörperchen und Bindegewebsfibrillen. Tatsächlich ist auch dieser Unterschied vorhanden, nur ist er optisch nicht immer gleich gut wahrnehmbar. Man kennt in der tierischen Histologie zwei Arten oder, man kann



Fig. 46. Vier quergestreifte Muskelfibrillen *a* im ruhenden, *b* im contrahierten Zustand (nach Rollet).

auch sagen, zwei Ausbildungsstufen der Muskelsubstanz, die homogene oder glatte und die quergestreifte. Da erstere dem körnchenfreien Protoplasma sehr ähnlich sieht, ist ihre Abgrenzung gegen das Muskelkörperchen schwieriger zu erkennen als bei der quergestreiften Muskelsubstanz, welcher durch ihre feinere Structur ein ganz anderes Aussehen als dem Protoplasma gegeben wird. Bei der quergestreiften Muskulatur besteht die contractile Substanz aus zwei in der Contractionsrichtung des Muskels regelmäßig, oft in sehr komplizierter Weise miteinander alternierenden und bei der Contraction ihre Anordnung verändernden Substanzen, von denen die eine doppelt, die andere einfach lichtbrechend ist (Fig. 24, 46, 49).

Die glatte Muskelsubstanz stellt eine niederere Entwicklungsstufe als die quergestreifte dar, indem sie vorwiegend bei minder hoch organisierten und trägeren Tierformen vorkommt. Interessant ist in dieser Hinsicht die Erscheinung, daß von zwei Entwicklungszuständen einer und derselben Art der einfach gebaute und träge *Polyf* glatte, die in jeder Hinsicht vollkommenere und beweglichere *Meduse* quergestreifte Muskeln hat. Der Unterschied in der Leistungsfähigkeit hat bei den Wirbeltieren zu der eigentümlichen Verteilung der Muskelsubstanz geführt, daß die glatte Muskulatur vorwiegend den Eingeweiden, deren Bewegung nicht dem Willen unterworfen ist, angehört (organische, unwillkürliche Muskulatur), während die dem Willen unterworfenen und daher zu schnellerer Handlung berufene Körpermuskulatur (willkürliche Muskulatur) quergestreift ist. Man muß sich hüten, daraus den Schluß zu ziehen, als ob der Unterschied von glatter und quergestreifter Muskulatur sich mit dem Unterschied von Eingeweide- und Körpermuskulatur decke. Das Irrtümliche einer derartigen Auffassung erhellt schon daraus, daß fast die gesamte Körpermuskulatur der *Mollusken* glatt, dagegen die Eingeweidemuskulatur vieler *Insecten* und *Krebse* und die Herzmuskulatur der *Wirbeltiere* wie ihre Körpermuskulatur quergestreift ist.

Epithel- und Bindesubstanzmuskeln.

Im ersten und zweiten Abschnitt der Gewebelehre haben wir im Epithel und in der Bindesubstanz zwei grundsätzlich verschiedene Gewebs-

formen kennen gelernt. Dieser Gegensatz hat auch für die Besprechung der Muskulatur seine Bedeutung; denn es zeigt sich, daß sowohl Epithelzellen wie Binde-substanzzellen die Fähigkeit haben, contractile Substanz zu bilden, und daß sich genetisch daher zwei Muskelarten ergeben, die Epithelmuskeln und die Binde-substanzmuskeln, für welche letztere wir den seitlangem gebräuchlichen Namen „contractile Faserzelle“ beibehalten wollen. Beide Arten Muskelzellen können a priori sowohl glatte wie quergestreifte Muskelsubstanz bilden; nur hat die Anhäufung der Binde-substanz um innere Organe es begünstigt, daß die contractilen Faserzellen meist glatt sind.

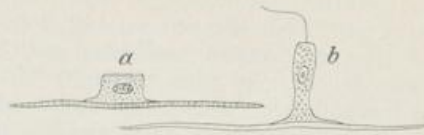


Fig. 47. Epithelmuskelzellen, *a* einer Meduse, *b* einer Actinie.

Fig. 48.

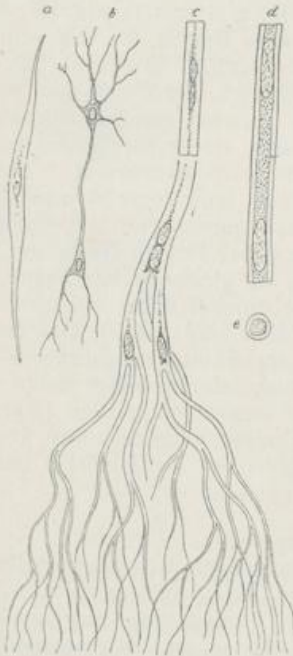


Fig. 48. Contractile Faserzellen, *a* vom Menschen, *b-e* *Beroe* (*Ctenophore*), *b* junge Faser, *c* verästelt Ende, *d* Mittelteil, *e* Querschnitt einer ausgebildeten Faser.

Fig. 49.

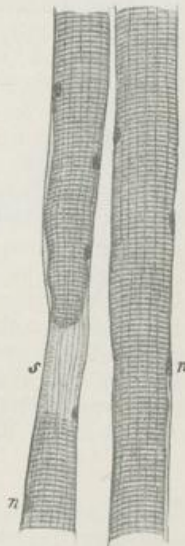


Fig. 49. Quergestreiftes Primitivbündel, *n* Kerne, *s* Stelle, an der durch Zerreißen der Fibrillen das Sarcolemm deutlich geworden ist (nach Gegenbaur).

Epithelmuskelzellen sind Zellen, welche mit dem einen Ende an die Körperoberfläche oder die Begrenzung eines Innenraumes (Leibeshöhle, Darmlumen) heranreichen und hier sogar eine Cuticula, Geißeln und Flimmern besitzen können, während sie am anderen Ende contractile Substanz in Form von Muskelfibrillen ausgeschieden haben (Fig. 47; auf einem senkrecht zum Fibrillenverlauf angefertigten Querschnitt sind die

Fibrillen in Fig. 25 a als kleine Körner zu sehen); sie vereinigen in sich die Doppelfunction der Epithelzelle und der Muskelzelle. Contractile Faserzellen sind dagegen Bindesubstanzzellen, welche sich meist allseitig mit einem Mantel contractiler Substanz umhüllt haben; ihrer Entstehung entsprechend, haben sie die Form von Bindesubstanzzellen und sind spindelförmig oder verästelt. Wo Verästelungen vorkommen, sind sie namentlich an den Enden angebracht (Fig. 48). Die Gleichartigkeit der Gestalt erschwert die Unterscheidung der gewöhnlichen Bindesubstanzzellen und Faserzellen; ist die contractile Schicht auf der Oberfläche schwach entwickelt, so kann die Unterscheidung sogar zur Unmöglichkeit werden. In anderen Fällen dagegen ist die ein- oder vielkernige Protoplasmamasse, die „Achsensubstanz“, von der Muskelmasse, der „Rindenschicht“, durch eine scharfe Linie abgegrenzt (Fig. 48 c, d, e). Die regelmäßige Nebeneinanderlagerung der Epithelzellen bringt es mit sich, daß die von ihnen gebildeten Muskelfibrillen regelmäßig und parallel nebeneinander lagern und so eine Schicht bilden, welche sich in Falten legt, wenn auf einem gegebenen beschränkten Raum mehr Muskelsubstanz erzeugt werden soll (vergl. Fig. 188, 205, 206 und ihre Erklärung).

Bei *Wirbeltieren* und *Arthropoden* besteht die Körpermuskulatur aus quergestreiften Muskelfasern, den Primitivbündeln (Fig. 49). Ein Primitivbündel ist ein cylindrischer Schlauch, der durch eine structurlose Haut, das Sarcolemma, nach außen begrenzt und umhüllt wird. Sein Inhalt besteht aus feinen Fibrillen, welche streng parallel zueinander und dicht zusammengefügt von einem Ende des Schlauches zum anderen verlaufen. Jede Fibrille wird von einfach- und doppeltbrechenden Teilen gebildet, welche in mehr oder minder komplizierter Anordnung miteinander alternieren. Da nun die doppeltbrechenden Teile der Fibrillen innerhalb eines Bündels immer genau auf gleicher Höhe liegen, so fügen sie sich zu einer queren, das ganze Bündel durchsetzenden Streifung zusammen. Zwischen die Muskelfibrillen sind endlich hier und da eingesprengt die Muskelkörperchen, spindelige Protoplasmakörper mit Kernen, die Reste der Zellen, welche die Muskulatur gebildet haben. Obwohl diese Primitivbündel in ihrer Structur keinen epithelialen Charakter verraten, so läßt sich gleichwohl entwicklungsgeschichtlich ihre Abstammung vom Epithel der primitiven Leibeshöhle (dem als Urwirbel bezeichneten abgesonderten Abschnitt derselben) erweisen.

4. Nervengewebe.

Wie das Muskelgewebe die Bewegungen vermittelt, so dient das Nervengewebe der Übertragung von Erregungszuständen; es pflanzt die in der Peripherie in den Sinnesorganen entstehenden Erregungen nach dem Centralnervensystem fort und vermittelt hier ihre Wahrnehmung (centripetale Nervenbahnen); es überträgt ferner die Willensimpulse und reflektorischen Erregungen vom Centralorgan nach der Peripherie, vor allem auf Muskulatur und Drüsengewebe (centrifugale N.). Im Nervengewebe des Centralorgans werden endlich die an verschiedenen Orten entstehenden Erregungszustände kombiniert und so die Elemente geliefert zu dem, was wir selbständige seelische Tätigkeit nennen. Der Träger der Reizleitung ist unzweifelhaft eine spezifische, vom Protoplasma verschiedene Substanz, die Nervensubstanz. Wir sprechen daher analog den Muskelfibrillen von Nervenfibrillen, welche das Bildungsprodukt besonderer Nervenzellen sind. Doch sind die einschlägigen Verhältnisse noch viel umstritten.

Man teilt die Elemente des Nervensystems in „Ganglienzellen“ und „Nervenfasern“ ein, wobei jedoch zu beachten ist, daß beiderlei Elemente nicht unabhängig nebeneinander bestehen, daß vielmehr die Nervenfasern die weithin verlängerten Ausläufer der Ganglienzellen sind. Im Wirbeltierkörper sind die Ganglienzellen von sehr verschiedener Größe und Form. Neben kleinen Elementen gibt es ansehnliche Kugeln, welche nur noch von den Eiern an Größe übertroffen werden und dementsprechend auch einen wie ein Keimbläschen aussehenden Kern besitzen. Nach der Form unterscheidet man unipolare, bipolare und multipolare Ganglienzellen, je nach der Zahl von Nervenfasern oder Fortsätzen, die von der Zelle ausgehen. Deren Zahl ist bei den multipolaren Ganglienzellen (Fig. 50) eine außerordentlich große. Sie sind von zweierlei

Fig. 50.

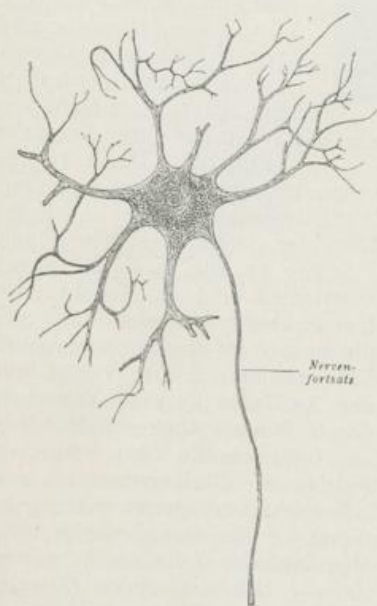


Fig. 51.

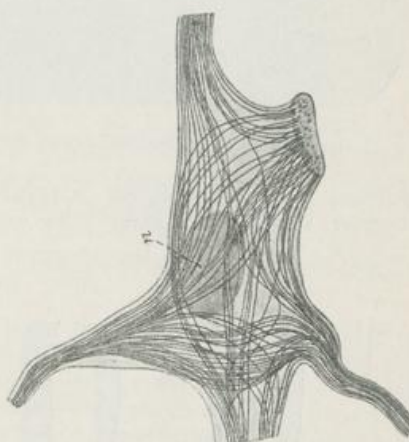


Fig. 50. Multipolare Ganglienzelle des Menschen (nach Gegenbaur).

Fig. 51. Motorische Ganglienzelle vom Brust-Rückenmark des Hundes; n Kern (nach Bethe).

Art: Dendriten (Protoplasmafortsätze) und Neuriten (Nerven- oder Achsenfortsätze). Die Dendriten verdanken ihren Namen dem Umstand, daß sie sich nicht weit von ihrem Ursprung aus der Zelle reichlich zu verästeln beginnen, in immer feinere Ausläufer sich verteilend. Die Neuriten dagegen, von denen in der Regel nur einer auf eine Ganglienzelle kommt, lassen sich weithin verfolgen, ohne daß sie sich verästeln, nur daß sie hie und da seitliche Fäden (Collateralen) unter rechtem Winkel abgeben; sie gehen häufig in einen peripheren Nerven über. An ihren Enden sind sie sicherlich auch verästelt, so daß ihre Besonderheit im Vergleich zu den Dendriten nur in dem weiten Abstand ihres Verästelungsgebietes von der Ganglienzelle zu suchen ist. — Bei den bipolaren Ganglienzellen zeigen beide an gegenständigen Enden der Zelle entspringenden Ausläufer die Beschaffenheit von Neuriten; will man gleichwohl einen derselben als einen Dendriten mit weit entferntem Verästelungsgebiet deuten, so muß man zur morphologischen Charakteristik des Neuriten

noch die physiologische hinzufügen, daß er bestimmt ist, die Erregungszustände von der Ganglienzelle abzuleiten, während die Dendriten zu-

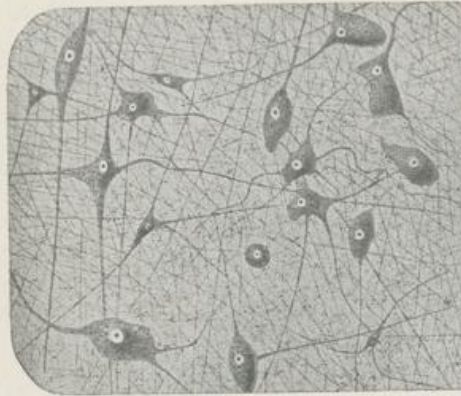


Fig. 52. Ganglienzellen und Nervenfibrillen einer Actinie.

bestehen beide aus feinsten Nervenfibrillen und einer dieselben untereinander verkittenden Inter- und Perifibrillärschubstanz. Jeder Ausläufer

Fig. 53.

Fig. 54.

Fig. 55.

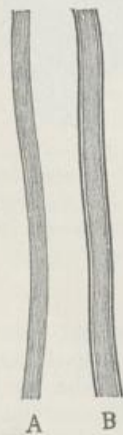


Fig. 53. Nervenfibrillen (aus Hatschek).

Fig. 54 und 55. Einfach konturierte (A) und doppelt konturierte (B) Nervenfasern, in Fig. 54 ohne, in Fig. 55 mit Schwannscher Scheide und Kernen (aus Hatschek).

den Bindegewebsfibrillen unterscheiden (Fig. 53). Viele Fibrillen, zu einem Bündel vereint, bilden eine Nervenfasern (Fig. 54 A), die man die graue Nervenfasern nennt, im Gegensatz zur weißen oder markhaltigen. Bei letzterer (Fig. 54 B) ist die Fasern, der „Achsenzylinder“, noch von

leitende Bahnen sind. — Die unipolaren Ganglienzellen der Wirbeltiere sind als bipolare Zellen zu deuten, bei denen die Ausläufer an eine gemeinsame Ursprungsstelle zusammengeführt sind und eine Strecke weit vereinigt verlaufen, ehe sie nach entgegengesetzten Richtungen auseinandergehen, wodurch die Figur eines T entsteht.

Diese Auffassung wird verständlich durch die neueren Untersuchungen über die Struktur der Ganglienzellen und ihrer Ausläufer (Fig. 51). Ihnen zufolge führt der Ganglienzelle ein Bündel Fibrillen zu, die in ihren Körper ausstrahlen und in andere Ausläufer übertreten oder auch mit diesen sich zu einem gemeinsamen Netz verbinden. Die Verästelung der Ausläufer ist eine Verteilung der in ihnen enthaltenen Fibrillen, die Ganglienzelle eine Stätte, in welcher ein Fibrillenaustausch zwischen den Ausläufern vor sich geht. Somit ist die Ganglienzelle nicht eine einfache Zelle, sondern eine Zelle + Plasmaproduct (Nerven-fibrillen).

Die gleiche fibrilläre Struktur ist für die Nervenfasern schon seit längerem bekannt. Im Centralnervensystem der Wirbeltiere findet man als feinste Elemente die Nervenfibrillen, die sich durch den Mangel der Querstreifung von den Muskelfibrillen, durch ihre leichte Verletzlichkeit — daß sie bei Konservierung gern verquellen und Varicositäten bilden — von

einer dünnen Scheide von Nervenmark oder Myelin umhüllt, einer fettähnlichen Substanz, die stark lichtbrechend ist, in Osmiumsäure sich schwärzt und leicht zu mannigfach gestalteten Tropfen, „Myelintropfen“, auseinanderfließt. Die „Markscheide“ scheint wie ein Isolator zu wirken. Marklose (graue) und markhaltige (weiße) Nervenfasern können noch von der Schwannschen Scheide (Fig. 55 A, B) umhüllt sein. Dieselbe ist eine Besonderheit der das periphere Nervensystem zusammensetzenden Fasern, fehlt somit im Hirn- und Rückenmark; sie ist eine zarte Hülle, in die von Strecke zu Strecke Kerne eingelagert sind. Zeitweilig bildet sie Einschnürungen, welche die Markscheide durchsetzen und bis zum Achsencylinder vordringen (Ranviersche Schnürringe).

Bei den wirbellosen Tieren kommen ebenfalls multi- und bipolare Ganglienzellen vor, am verbreitetsten bei *Cölateraten* (Fig. 52), seltener bei *Würmern* (z. B. bei *Lumbricus*), *Arthropoden* und *Mollusken* und dann vornehmlich im Bereich des peripheren Nervensystems. In den Ganglienknoten, den Centralorganen der letztgenannten drei Tierstämme, entsenden die Ganglienzellen meist nur einen starken Fortsatz, der aber reichlich mit verästelten Seitenzweigen (Dendriten) besetzt ist (Fig. 73). — Was die Nervenfasern anlangt, so fehlt in der Regel die Markscheide und Schwannsche Scheide auch bei den peripheren Nerven. Nur selten wurde bei *Arthropoden* und *Anneliden* eine dünne Myelinlage beobachtet. Dagegen ist es geglückt, auch bei den wirbellosen Tieren in den Nervenfasern als die eigentlichen Elemente Fibrillen nachzuweisen und bis in die Ganglienzellen zu verfolgen, in denen die zu- und ableitenden Fibrillen durch ein Gitterwerk verbunden sein sollen.

Die Darstellung, daß Nervenfasern und Nervenfibrillen Ausläufer von Ganglienzellen sind, wird von vielen Forschern in dem Sinn gegeben, daß sie auch genetisch zu ihnen gehören, indem sie aus ihnen hervowachsen. Eine Ganglienzelle mit allen ihren Ausläufern würde demnach ein einziges histologisches Element, ein „Neuron“ sein; dasselbe soll mit anderen gleichartigen nervösen Elementen niemals in kontinuierlichem Zusammenhang stehen, sondern nur in Kontakt. Dieser Neuronenlehre gegenüber gewinnt die Auffassung an Boden, daß die Nervenfasern von besonderen Zellen, den „Neuroblasten“, erzeugt werden, daß sie zwar als von den Ganglienzellen ausgehende Fortsätze beginnen, daß ihre periphere Verlängerung aber von Neuroblasten besorgt wird. Bei vielen wirbellosen Tieren (*Hirudineen*) findet man daher dauernd im Verlauf der peripheren Nerven derartige Nervenbildungszellen, oder es ist das periphere Nervensystem (*Medusen*, *Sagitta*) nichts anderes als ein Netzwerk von Neuroblasten (ein „gangliöser Plexus“). Wenn wir schließlich berücksichtigen, daß bei primitiven *Cölateraten* (*Hydroidpolyphen*) Centralorgane fehlen und das gesamte Nervensystem nur ein Plexus von gleichartigen Nervenzellen ist, so kommen wir zu der Auffassung, daß aus diesen primitiven Zuständen die höheren Entwicklungsformen des Nervensystems durch eine Arbeitsteilung der Nervenzellen entstanden sind, indem an begünstigten Stellen, den Centralorganen, gewisse Zellen zu Ganglienzellen wurden, während die übrigen Zellen des Plexus zu leitenden Bahnen umgewandelt wurden.

Zusammenfassung der wichtigsten Punkte aus der Gewebelehre.

- a) Zelle.
1. Das wichtigste Formelement aller Gewebe ist die Zelle.
 2. Die Zelle ist ein Klümpchen Protoplasma, das einen oder mehrere Kerne enthält (einkernige, vielkernige Zellen).
 3. Der Kern bestimmt wahrscheinlich den spezifischen Charakter der Zelle, indem er die Functionen derselben beeinflusst; demgemäß ist er auch Träger der Vererbung.
 4. Zellen und Kerne vermehren sich ausschließlich durch Teilung oder Knospung, die Kerne vielzelliger Tiere fast ausnahmslos mitotisch, die Kerne der Protozoen häufig mittelst direkter Durchschnürung.
- b) Gewebe.
5. Gewebe sind Komplexe zahlreicher, histologisch gleichartig differenzierter Zellen.
 6. Die histologische Differenzierung beruht zum Teil darauf, daß die Zellen eine bestimmte Form und Anordnung annehmen, zum Teil auf der Bildung von Plasmaproducten, welche den Charakter des Gewebes ausmachen (Muskel-, Nerven-, Bindegewebsfibrillen).
- c) Einteilung der Gewebe.
7. Nach der Function und der Structur unterscheidet man 1. Epithelien, 2. Bidesubstanzen, 3. Muskelgewebe, 4. Nervengewebe.
 8. Der functionelle Charakter der Epithelien ist darin gegeben, daß sie die Oberfläche des Körpers überziehen, ihr morphologischer Charakter darin, daß sie aus dicht gedrängten, nur durch Kittsubstanz verbundenen Zellen bestehen.
 9. Nach ihrem weiteren functionellen Charakter teilt man die Epithelien in Drüsenepithelien (einzellige, vielzellige Drüsen), Sinnesepithelien, Keimepithelien, Deckepithelien ein.
 10. Nach der Structur unterscheidet man einschichtige (kubische, cylindrische, Plattenepithelien) und vielschichtige Epithelien, Geißel- und Flimmerepithelien, Epithelien mit und ohne Cuticula.
 11. Der physiologische Charakter der Bidesubstanzen beruht darauf, daß sie im Innern des Körpers die Zwischenräume zwischen anderen Geweben ausfüllen.
 12. Der morphologische Charakter der Bidesubstanzen ist in der Anwesenheit der Intercellularsubstanz gegeben.
 13. Nach der Masse und der Structur der Intercellularsubstanz teilt man die Bidesubstanzen ein: 1. in zellige (spärliche Intercellularsubstanz), 2. homogene, 3. faserige Bidesubstanz, 4. Knorpel, 5. Knochen.
 14. Der physiologische Charakter des Muskelgewebes ist in der gesteigerten Contractionsfähigkeit gegeben.
 15. Der morphologische Charakter beruht darauf, daß die Zellen Muskelsubstanz ausgeschieden haben.
 16. Nach der Beschaffenheit der Muskelsubstanz unterscheidet man glatte und quergestreifte Muskelfasern.
 17. Nach dem Charakter und der Abstammung der Zellen (Muskelkörperchen) teilt man die Muskulatur in epitheliale (Epithelmuskelzellen, Primitivbündel) und bindegewebige (contractile Faserzellen).
 18. Der physiologische Charakter des Nervengewebes beruht auf der Fortleitung der sinnlichen Reize und Willensimpulse und auf der Kombination derselben zu einheitlicher seelischer Tätigkeit.

19. Die Leitung wird vermittelt durch Nervenfasern (marklose und markhaltige Fibrillenbündel und Fibrillen), die Kombination der Reize durch Ganglienzellen (unipolare, bi- und multipolare Ganglienzellen).

20. Blut und Lymphe sind eiweißhaltige Flüssigkeiten; selten zellenlos, enthalten sie entweder nur farblose amöboide Zellen (weiße Blutkörperchen, Leucocyten) oder neben diesen noch gefärbte (rote) Blutkörperchen.

21. Gefärbte Blutkörperchen finden sich vorwiegend bei Wirbeltieren und sind hier Ursache der Blutfarbe; sie fehlen den meisten wirbellosen Tieren.

22. Wenn wirbellose Tiere gefärbtes (rotes, gelbes, grünliches) Blut haben, so ist die Ursache dazu meist im Blutplasma zu suchen.

23. Die roten Blutkörperchen sind kernlos bei Säugetieren, kernhaltig bei allen übrigen Wirbeltieren.

3. Umbildung der Gewebe zu Organen.

Aus den Geweben bauen sich die Organe auf. Ein Organ kann man einen Gewebskomplex nennen, welcher gegen die übrigen Gewebe abgegrenzt ist und eine in sich abgeschlossene Gestalt angenommen hat, um eine einheitliche Function zu vollziehen. So ist der einzelne Muskel ein Organ, welches aus einer gewissen Menge von Muskelgewebe besteht, mit Scalpell und Schere aus seiner Umgebung als ein zusammenhängendes Ganze herausgeschält werden kann und eine bestimmte Bewegung ausführt.

In jedem Organ ist ein Gewebe, welches die Function des Organs vermittelt und daher den physiologischen Charakter desselben ausschließlich bestimmt; wir wollen es das Hauptgewebe nennen. Neben ihm können noch weitere Gewebe vorhanden sein, welche nur den Zweck haben, die Function des Hauptgewebes zu unterstützen oder zu ermöglichen, die Nebengewebe. So findet man im Muskel der Wirbeltiere außer den Muskelfasern noch Bindesubstanz, welche als eine Art Cement die Muskelbündel untereinander verkittet, ferner Blutgefäße, welche zur Ernährung dienen, endlich Nerven, durch welche die Muskeln erregt werden. In der Leber des Menschen sind ebenfalls außer den functionell wichtigsten Teilen, den Leberzellen, noch Blutgefäße, Nerven- und Bindesubstanz vorhanden. Derartige Nebengewebe pflegen im allgemeinen nur bei einer hohen Entwicklungsstufe des Organs vorhanden zu sein; bei niederen Tieren können sie fehlen. So besitzt der Darm der *Cölenteraten* nur eine epitheliale Auskleidung; ihr Nervensystem besteht nur aus einem Plexus von Nervenfasern und Ganglienzellen.

Für den dauernden Bestand eines Organs ist es von der größten Bedeutung, daß seine Gewebe in Function erhalten werden. Die lebende Substanz unterscheidet sich von der unbelebten darin, daß sie, obwohl sie durch den Gebrauch ebenfalls verzehrt wird, einen Ersatz erfährt, welcher oft mehr als hinreichend ist, um die Verluste zu decken. Functionierende Gewebe und Organe nehmen unter günstigen Bedingungen infolge erhöhter Ernährung an Masse zu; functionslos gewordene Teile erfahren dagegen einen allmählichen Schwund, welcher schließlich zu ihrem Untergang führt. Insofern functionierende Gewebe auf Kosten nicht func-

tionierender wachsen, spricht man von einem „Kampf der Teile im Organismus“ (Roux). Dieser „Kampf der Teile“ gilt auch für die Structurelemente innerhalb eines und desselben Gewebes, wie man es am schönsten für den Bau stark in Anspruch genommener Knochen, z. B. Femur, Tibia, nachweisen kann. Vom Knochengewebe erhalten sich hier nur die beim Tragen des Körpers in Anspruch genommenen Teile, die äußere Röhre und am oberen und unteren Ende diejenigen Bälkchen des schwammigen Gerüsts, welche den mathematisch berechenbaren Druck- und Zugkurven entsprechen, während alles übrige resorbiert und von Knochenmark eingenommen wird. Ändern sich die Druckbedingungen, wie z. B. bei gebrochenen und in falscher Stellung geheilten Knochen, so ändert sich in entsprechender Weise auch die Anordnung der Knochenbälkchen.

Functions-
wechsel der
Organe.

Die zwei erörterten Momente, daß der Fortbestand der Gewebe anhaltende Übung voraussetzt, und daß meist mehrere Gewebe in den Bau eines Organs eintreten, sind wichtig zum Verständnis des Prinzips des Functionswechsels, welches bei der Umbildung der Tierformen eine hervorragende Rolle spielt. Es kann vorkommen, daß ein Organ unter veränderte Bedingungen gebracht wird und nicht mehr Gelegenheit hat, in der bisherigen Weise zu functionieren. Dann geht zwar allmählich das functionierende Gewebe aus Mangel an Gebrauch zugrunde, das Organ kann aber noch vermöge seiner Nebengewebe weiter existieren, wenn die neuen Bedingungen es ermöglichen, daß eines der Nebengewebe zur Function gelangt und dem Organ einen neuen physiologischen Charakter verleiht. Ein Muskel z. B. kann durch Veränderungen in benachbarten Geweben an seiner Function verhindert werden. Wenn dann das Muskelgewebe schwindet, so bleibt zunächst noch die Summe der Hilfgewebe, vor allem das von Blutgefäßen durchsetzte Bindegewebe übrig; es kann erhalten bleiben und ein schützendes Band, eine Sehne oder Fascie liefern. Wir haben dann morphologisch dasselbe Organ, nur daß es seinen physiologischen Charakter geändert hat; der Muskel hat einen Functionswechsel erfahren und ist ein ligamentöser Strang geworden. Ein anderes Beispiel sind die Visceralbögen der *Fische*; dieselben sind ihrer ersten Bedeutung nach Träger der Kiemen; wenn nun die Kiemen beim Übergang zum Landleben verloren gehen, so werden die Visceralbögen functionslos und bilden sich dementsprechend auch teilweise zurück; ein Teil aber erhält sich, weil er neue Functionen gewonnen hat, und liefert die Kiefer, das Zungenbein und die Gehörknöchelchen, welche trotz ihrer ganz anderen Functionen dieselben morphologischen Gebilde sind wie die Kiemenbögen.

In der Geschichte der Zoologie (S. 11) haben wir gesehen, wie die vergleichende Anatomie dazu geführt wurde, homologe oder morphologisch gleichwertige und analoge oder physiologisch gleichwertige Organe zu unterscheiden, d. h. Organe, welche in gleichen Lagebeziehungen und Verbindungsweise auftreten, und Organe, welche dieselbe Function besitzen. Was wir hier über den Bau der Organe kennen gelernt haben, macht es verständlich, warum morphologischer und physiologischer Charakter sich nicht notwendig decken, warum morphologisch gleichartige Organe (Lunge der Säugetiere, Schwimmblase der Fische) verschiedene Functionen, morphologisch differente Organe (Lunge der Säugetiere, Kiemen der Fische) dieselben Functionen haben können.

Organ-
systeme.

Organe, welche vollkommen gleichartig oder doch wenigstens im gleichen Sinne functionieren, können nun in demselben Körper in größerer

Menge vorkommen. Ein Mensch hat viele Muskeln, vielerlei Organe, welche die Verdauung unterhalten. Man faßt daher alle Organe, die im Körper gleichartig oder ähnlich functionieren, zu einer ideellen, höheren Einheit zusammen und spricht von Organsystemen. Man kennt im ganzen 10 solcher Systeme: 1. Skelettsystem, 2. Integument oder Haut, 3. Verdauungssystem, 4. Respirationssystem, 5. Blutgefäßsystem, 6. Excretorisches System, 7. Genitalsystem, 8. Muskelsystem, 9. Nervensystem, 10. System der Sinnesorgane. Sie müssen nicht alle vorhanden sein; das Skelett z. B. fehlt vielen Tieren. Verschiedenerlei Functionen, welche beim Menschen auf mehrere komplizierte und spezialisierte Organsysteme verteilt sind, können bei niederen Tieren durch einen und denselben Apparat vermittelt werden. Überall aber kann man nach den Grundfunctionen des Lebens folgende Organgruppen aufstellen: I. Organe der Ernährung (3—6), II. Organe der Fortpflanzung (7), III. Organe der Bewegung (8), IV. Organe der Empfindung (9 und 10).

Die Organe der Ernährung und Fortpflanzung (I und II) faßt man als vegetative Organe, die übrigen als animale (III und IV) Organe zusammen. Die älteren Zoologen wollten damit sagen, daß Ernährung und Fortpflanzung Functionen seien, welche in gleicher Weise Tieren und Pflanzen zukommen, daß dagegen Empfindung und Bewegung den Pflanzen fehlen und sich nur bei Tieren finden. Die in der Grundidee auf etwas Richtiges hinielende Lehre bedarf nach unserem jetzigen Wissen einer wesentlich veränderten Fassung. Wir haben gesehen, daß das Protoplasma bei Pflanzen und Tieren nicht nur die Fähigkeit sich zu ernähren und fortzupflanzen, sondern auch Bewegungsfähigkeit und Reizbarkeit besitzt. Letztere Eigenschaften können somit auch der gesamten Pflanze nicht vollkommen abgehen, wenn sie dem wichtigsten Bestandteil derselben zukommen. In der Tat zeigen ja auch manche Pflanzen, wie Mimosen, die Kompaßpflanze, die insectenfressenden Pflanzen, große Reizbarkeit, und viele niedere Pflanzen, die Fortpflanzungszustände der Algen, bewegen sich ebenso lebhaft oder noch lebhafter als manche niedere Tiere. Umgekehrt gibt es zahlreiche Tiere, welche wie Pflanzen festgewachsen sind. Viele *Protozoen* und *Würmer*, die meisten *Pflanzen-tiere*, einige *Stachelhäuter*, wie die *Seeilien*, ja sogar manche *Krebse*, die *Cirripeden*, zeigen nur während der frühesten Entwicklungsstadien Ortsbewegung und sind später auf die Bewegung einzelner Körperteile, der Arme, Tentakeln, Scheinfüßchen etc. beschränkt. Bei den meisten *Schwämmen* sind sogar die auf bestimmte Körperstellen lokalisierten Bewegungen so unbedeutend, dass sie mit unbewaffnetem Auge gar nicht und selbst mit Hilfe des Mikroskops nur schwierig nachgewiesen werden können. Gleichwohl müssen die beiden Bezeichnungen: animal und vegetativ beibehalten werden. Denn wenn auch Bewegung und Empfindung den Pflanzen nicht fremd sind, so sind sie doch im Pflanzenreich zu keiner hohen Ausbildung gelangt. Man kann sogar sagen, daß sie mehr und mehr in den Hintergrund gedrängt werden, je höher sich die Pflanze entwickelt. Umgekehrt entfalten sie sich im Tierreich zu außerordentlicher Vervollkommnung und bedingen die charakteristische Erscheinungsweise desselben.

Haut und Skelett.

Mit seltenen Ausnahmen, die noch nicht vollkommen aufgeklärt sind (*Cestoden*, *Trematoden*, *Nematoden*) finden wir die Oberfläche

des Körpers von einem typischen Epithel überzogen, welches gewöhnlich Epidermis, seiner Entstehung nach oft auch Ectoderm genannt wird. Bei Wirbellosen und *Amphioxus* stets einschichtig, ist es bei den übrigen *Wirbeltieren* dagegen vielschichtig. Diesem wichtigsten Teil der Haut kann sich vom Innern des Körpers aus Bindegewebe hinzugesellen, welches dann den mesodermalen Teil der Haut, die besonders bei Wirbeltieren stark entwickelte Lederhaut (Cutis oder Corium) erzeugt. Die Haut wird häufig zur Skelettbildung verwandt, sei es, daß die Epidermis auf ihrer Oberfläche starke als Panzer wirkende, oft verkalkende, cuticulare Ausscheidungen liefert (*Cölenteraten*, *Mollusken*, *Arthropoden*), sei es, daß in der Lederhaut Verkalkung (*Echinodermen*) oder Verknöcherung (Schuppen der *Fische*, Knochenplatten vieler *Reptilien* und *Säugetiere*) eintritt. Diesem Haut- oder Integumentalskelett stellt man das vornehmlich den Wirbeltieren zukommende Achsenskelett gegenüber, Verknorpelungen und Verknöcherungen im Innern des Körpers, welche diesem eine feste Stütze verleihen.

Vegetative Organe.

A. Organe der Ernährung.

Wenn wir den Begriff der Ernährung im weitesten Sinne fassen, so haben wir in diesem Abschnitte alle Einrichtungen zu besprechen, welche getroffen sind, um zur Zeit der aufsteigenden Entwicklung das Wachstum zu ermöglichen und auch später nach beendigem Wachstum den mit jeder Arbeitsleistung verbundenen Verlust an Spannkraft auszugleichen und dem Körper seine Leistungsfähigkeit zu bewahren. Bei jeder Arbeitsleistung werden organische Verbindungen oxydiert oder, wie man sich bildlich ausdrückt, verbrannt. Verbindungen, welche besonders reich an Kohlenstoff und verhältnismäßig arm an Sauerstoff sind, welche außer dem Wasserstoff meist auch Stickstoff und Schwefel enthalten, werden durch Zutritt von Sauerstoff zerlegt in Kohlensäure, Wasser und verschiedenerlei stickstoffhaltige Oxydationsprodukte, wie Harnstoff, Harnsäure usw. Ein Gleichgewicht im Stoffwechsel wird herbeigeführt werden, wenn nicht nur das unbrauchbar Gewordene entfernt, sondern auch den Geweben Ersatz für das verbrauchte Material von Sauerstoff und von kohlenstoffreichen Verbindungen geliefert wird. Eine scheinbare Ausnahme machen die sogenannten „anaëroben“ Organismen, welche an sauerstoffarmen oder sauerstofffreien Orten leben und, wie auch das Experiment gelehrt hat, ohne Sauerstoff leben und sich bewegen, also Arbeit leisten können. Abgesehen von einigen hier nicht in Betracht kommenden Bakterien sind es Entoparasiten (cfr. S. 146); dieselben nehmen von ihren Wirten sauerstoffreiche Verbindungen auf, bauen aus ihnen Kohlenhydrate (z. B. Glykogen) auf und zersetzen sie durch einen der Gärung analogen Vorgang in Kohlensäure und sauerstoffarme Verbindungen.

Niedrig organisierte Tiere erledigen alle den Stoffwechselaustausch vermittelnden Prozesse mit Hilfe eines und desselben Organs, des Darmes; bei höheren Tieren ist dagegen eine Spezialisierung eingetreten, und sind für die vielerlei Einzelvorgänge, die in ihrer Gesamtheit das Bild der normalen Ernährung ausmachen, besondere Einrichtungen getroffen.

Zwischen niederen und höheren Tieren gibt es selbstverständlich Übergänge, bei denen die Spezialisierung früher oder später Halt gemacht hat.

Jeder Stoffwechsel beginnt mit der Zufuhr der geeigneten Nahrung; es müssen die festen und flüssigen Bestandteile dem Körper einverleibt und verdaut, d. h. in einen Zustand übergeführt werden, in welchem sie resorbiert und den Geweben zugeleitet werden können. Das alles geschieht durch den oft mit Anhangsorganen, den Verdauungssäfte liefernden Drüsen versehenen Darm (Tractus intestinalis), welcher zugleich auch alle unverdaut gebliebenen Massen (die Fäkalien) entfernt. Das zum Lebensunterhalt nötige Gas, der Sauerstoff, wird dagegen gewöhnlich durch besondere Körperteile, die Respirationsorgane, durch Kiemen oder Lungen aufgenommen. Der Sauerstoff und die verdauten und dadurch in gelösten Zustand übergeführten organischen und anorganischen Verbindungen müssen weiter im Körper verteilt und nach Bedarf den funktionierenden Organen und Geweben zugeleitet werden. Dazu sind zumeist die Blutgefäße oder die Circulationsorgane da, welche den Körper nach allen Richtungen hin durchsetzen. Die Gewebe bedürfen nun aber nicht allein der Zufuhr neuen Materials, sondern auch der Entfernung der unbrauchbar gewordenen Stoffe. Die bei den Arbeitsleistungen entstehenden Oxydationsprodukte, die Stoffe der „regressiven Metamorphose“, sind dem Organismus, wenn sie in ihm angehäuft werden, schädlich und zum Teil geradezu giftig. Damit sie entfernt werden können, werden sie ebenfalls vom Blutgefäßapparat oder ähnlich funktionierenden Einrichtungen gewöhnlich in gelöstem Zustande aufgenommen und an die zur Ausscheidung oder Excretion bestimmten Stellen gebracht; solche excretorische Stellen sind für die Flüssigkeiten die Nieren der *Wirbeltiere*, die Malpighischen Gefäße der *Insecten*, die Wassergefäße der *Würmer*, Einrichtungen, welche man samt ihren Hilfsapparaten unter dem gemeinsamen Namen „Excretionsorgane“ zusammenfaßt. Excrete sind sehr wohl von Fäkalien zu unterscheiden; sie sind Stoffe, welche die Gewebe des Körpers passiert haben und durch Oxydation unbrauchbar geworden sind, während die von Anfang an unbrauchbaren Teile, welche die Fäkalien bilden, streng genommen, niemals dem Körper angehört haben, sondern von den Geweben stets durch die Grenzschicht des Darmepithels getrennt geblieben sind. Das gasförmige Oxydationsprodukt des tierischen Körpers, die Kohlensäure, wird durch die Respirationsorgane entfernt. Indem in den Respirationsorganen ein Austausch der unbrauchbaren Kohlensäure gegen den zum Leben nötigen Sauerstoff stattfindet, haben dieselben eine Doppelstellung und sind Excretionsorgane und Organe der Nahrungsaufnahme zugleich.

Ver-
schiedene
Organe der
Ernährung.

Nach diesem allgemeinen Überblick müssen wir noch auf die einzelnen Organsysteme etwas genauer eingehen.

I. Darmsystem. Da die Nahrungsaufnahme und Assimilation die für die Erhaltung des Tieres wichtigsten Functionen sind, ist es begreiflich, daß der Darm zuerst von allen Organen in der Tierreihe auftritt und auch entwicklungsgeschichtlich sich fast überall am frühesten anlegt. An diesem Satz wird dadurch nichts geändert, daß manche Würmer (*Cestoden*) und Krebse (*Rhizocephalen*) keinen Darm besitzen: denn wir können mit Bestimmtheit sagen, daß diese Tiere durch Anpassung an eine besondere Lebensweise, den Parasitismus, den Darm verloren haben. Die niedrigst organisierten, vielzelligen, frei lebenden Tiere sind einfache oder verzweigte Darmschläuche, welche nur eine einzige als Mund und After funktionierende Öffnung besitzen (Fig. 56). Ein derartiges Tier

Archenteron
oder
Urdarm.

muß mindestens zwei epitheliale Schichten haben, von denen die eine den Darm auskleidet, die andere die Körperoberfläche bedeckt. Diese beiden fundamentalen Zellschichten nennen wir Entoderm und Ectoderm. Sie sind bei vielen Cölenteraten die einzigen Körperschichten. Bei den meisten Tieren werden sie durch dazwischen gelagerte Gewebe, die man unter dem Namen Mesoderm zusammenfaßt, voneinander getrennt. Je höher organisiert ein Tier ist, um so mannigfaltiger ist diese mesodermale

Fig. 56.

Fig. 57.

Fig. 58.

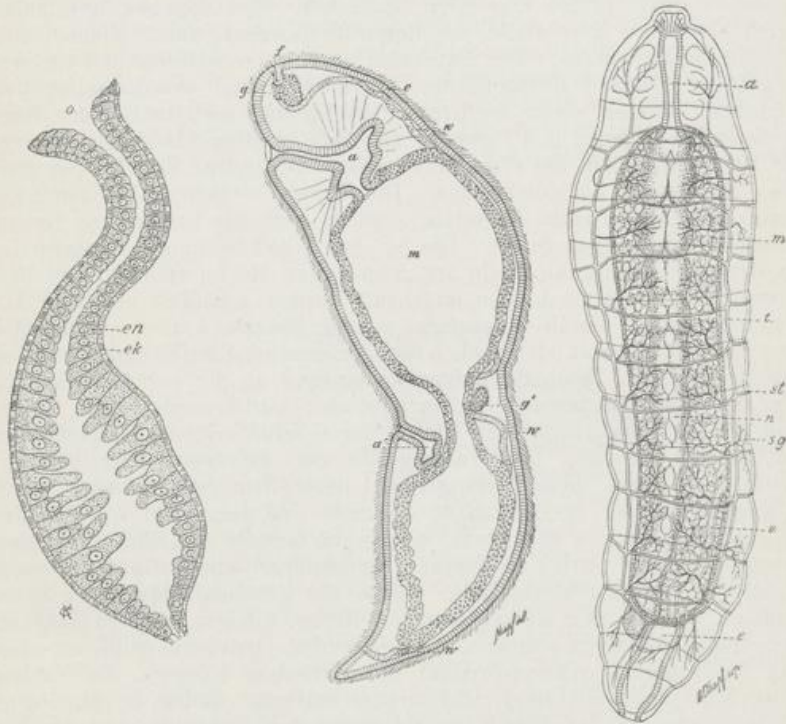


Fig. 56. Längsschnitt durch den Freßpolypen einer Siphonophore. *o* Mundöffnung, *en* Entoderm, *ek* Ectoderm (nach Haeckel).

Fig. 57. *Stenostoma leucops* in Teilung. *a* ectodermaler Anfangsdarm, bei *a'* für das hintere Tier neu gebildet, *m* blind geschlossener, ectodermaler Mitteldarm, *e* ectodermales Flimmerepithel, *g* Ganglion mit Flimmergrube *f*, *w* Wassergefäßkanal, *g'* Ganglion des hinteren Tieres.

Fig. 58. Bienenlarve kurz nach dem Ausschlüpfen von der Bauchseite gesehen; Darm aus 3 Abschnitten, *a* Anfangsdarm, *m* Mitteldarm, *e* Enddarm (mit dem Mitteldarm noch nicht verbunden), *sg* Segmentgrenzen, *st* Stigmen, *t* Tracheen, *n* Bauchmark, *v* Vasa Malpighi (nach Bütschli).

Körperschicht. Der von Entoderm ausgekleidete primitive Darm heißt der Urdarm oder das Archenteron; er bildet bei *Medusen* und *Polypen* den gesamten Darm; bei den meisten Tieren jedoch erfährt er eine Vergrößerung, indem Teile der Körperoberfläche, des Ectoderms, sich einstülpen.

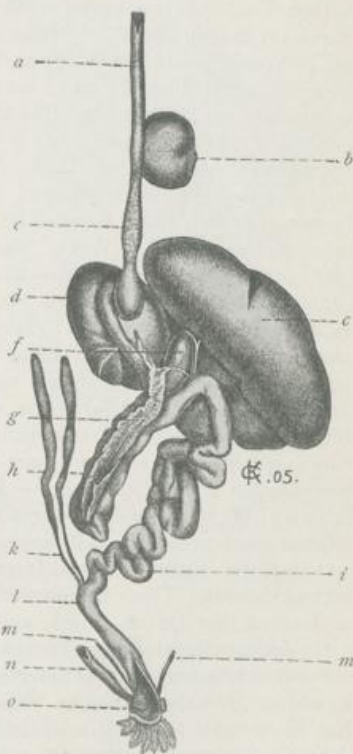
Stomodaeum
und Procto-
daeum.

Schon bei vielen Cölenteraten und niederen Würmern entsteht eine Einstülpung am vorderen Ende des Darmrohres und liefert den ecto-

dermalen Vorderarm oder das Stomodaeum (Fig. 57). Von den höheren Würmern an gesellt sich dazu eine zweite Einstülpung am hinteren Ende, der ebenfalls ectodermale Enddarm oder das Proctodaeum (Fig. 58); dieses legt sich entwicklungsgeschichtlich als ein Blindsack an, dessen geschlossenes Ende an den ebenfalls geschlossenen Grund des Archenteron, nunmehr auch Mesenteron oder Mitteldarm genannt, angrenzt, bis die Scheidewand schwindet, so daß nunmehr der Darm zu einem den ganzen Körper durchziehenden Kanal wird.

Der Anteil, welchen das Archenteron im Vergleich zu dem ectodermalen Proctodaeum und Stomodaeum am Aufbau des Gesamtdarms nimmt, ist nach den einzelnen Tierstämmen sehr verschieden. Den größten Kontrast bilden die *Insecten* einerseits, die *Wirbeltiere* andererseits. Die *Insecten* haben einen sehr kurzen Mitteldarm, dagegen lange, ectodermale Darmstrecken. Bei den *Wirbeltieren* sind umgekehrt der ectodermale Vorder- und Hinterdarm äußerst kurz.

Die Weite des Lumens wechselt im Verlaufe des Darmkanals und ermöglicht die Unterscheidung verschiedener Abteilungen, welche man soweit als möglich in der Tierreihe mit einer einheitlichen Nomenklatur versehen hat. Die vom *Haushuhn* entnommene Abbildung der Fig. 59 möge zur Erläuterung der üblichen Bezeichnungen dienen. An die Mundöffnung schließt sich ein weiter Raum an, den man häufig in einen vorderen Abschnitt, die Mundhöhle, und einen hinteren, den Pharynx, abteilen kann. Eine nun folgende engere Röhre ist die Speiseröhre oder der Ösophagus (*a*); sie kann stellenweise erweitert sein oder eine beutelartige Ausstülpung zur provisorischen Aufnahme der Nahrung tragen, den Kropf oder Ingluvies (*b*). Vom Ösophagus tritt die Nahrung in eine ansehnliche Erweiterung, den Magen. Die Vögel, wie viele andere Tiere, haben einen doppelten Magen, eine mit Drüsen ausgerüstete, dünnwandige Abteilung und eine zweite Abteilung, deren Wände durch dicke Muskelmassen ausgezeichnet sind; erstere ist der Drüsenmagen (*c*), letztere der zur Zerkleinerung der Nahrung dienende Kaugmagen (*d*). Nach dem Magen verengt sich das Darmrohr zum Dünndarm (*h*), zu welchem als letzter Abschnitt der wiederum verbreiterte Dickdarm (*l*) kommt. An der Grenze von Dünn- und Dickdarm finden sich 2 Blinddärme, die Coeca (*k*). Verbinden sich mit dem Afterdarm noch die Ausführungsgänge der Niere (*m*) und des Geschlechtsapparats (*n*), so nennt



Teile und
Anhangs des
Darms.

Fig. 59. Darm des Haushuhns.
a Ösophagus, *b* Kropf, *c* Drüsenmagen,
d Kaugmagen, *e* Leber, *f* Gallenblase,
g Pankreas, *h* und *i* Dünndarm, *k*
Blindsäcke, *l* Dickdarm, *m* Ureteren,
n Eileiter, *o* Kloake.

man den kurzen, sowohl zur Abfuhr von Harn und Fäkalien, wie zur Ausleitung der Geschlechtsprodukte dienenden Endabschnitt Kloake (*o*). Zu dem Darmkanal gesellen sich bei höher organisierten Tieren noch Anhangsorgane. So münden in die Mundhöhle der meisten Wirbeltiere Speicheldrüsen (*Glandulae salivales*), in den an den Magen grenzenden Teil des Dünndarms die meist mit einer Gallenblase (*g*) versehene Leber (*e*) und das Pancreas (*h*) oder die Bauchspeicheldrüse. Am Enddarm finden sich ab und zu Analdrüsen, die ein stinkiges Secret bereiten.

Was nun die **Function** anlangt, so besitzt das Darmsystem (abgesehen von der etwa nötig werdenden Zerkleinerung der Speise) die Aufgabe: 1. die Nahrung zu verdauen, d. h. in einen gelösten Zustand zu versetzen, 2. das Verdaute zu resorbieren, d. h. in die Gewebe resp. Blut- und Lymphgefäße überzuleiten. Die Verdauung erfolgt durch flüssige Fermente (Enzyme), Substanzen, welche die Fähigkeit haben, ohne wie es scheint selbst Umänderungen zu erfahren, in bestimmten anderen chemischen Substanzen Umsetzungen herbeizuführen. So verwandelt das Pepsin der Labdrüsen im Magen der Wirbeltiere bei Anwesenheit von Salzsäure das Eiweiß der Nahrung in lösliches Pepton, das Trypsin des Pancreas verdaut Eiweiß in alkalischer Lösung, das Steapsin der Galle verseift die Fette und macht sie resorbierbar, das Ptyalin der Speicheldrüsen verwandelt Stärke in Zucker. Die resorbierten Substanzen werden dann an die Gewebe verteilt und hier assimiliert, d. h. so umgewandelt und eingefügt, daß sie einen Teil der lebenden und functionierenden Structuren, der Muskeln, Nerven, Zellen etc. ausmachen. Bei den Wirbeltieren ist nun eine Arbeitsteilung in der Weise eingetreten, daß die Drüsen ausschließlich Verdauungssecrete liefern, die Darmschleimhaut vorwiegend der Resorption dient. Bei den Wirbellosen ist diese Arbeitsteilung nicht in gleichem Maße fortgeschritten. Die Verwendung der aus der Wirbeltieranatomie stammenden Namen kann daher leicht über die Function der betreffenden Organe irre führen. Wenn wir von Leber und Leberschläuchen bei *Crustaceen*, *Spinnen* und *Mollusken* sprechen, so ist zu beachten, daß die betreffenden Organe nicht nur außer Fetten auch Eiweiß und Cellulose verdauen (Hepatopancreas), sondern auch an der Resorption der Nahrung einen bedeutenden Anteil nehmen. — Bei *Protozoen* finden wir cellulare Verdauung, bei welcher die Nahrungsbestandteile in das Protoplasma der Zelle aufgenommen werden. Ähnliches kommt auch bei manchen *Cölenteraten* vor: daß die einzelnen Entodermzellen die Nahrung zum Zweck der Verdauung fressen. Doch findet sich bei *Cölenteraten* auch schon Verdauung im Lumen des Darms durch ausgeschiedene Verdauungssäfte.

Jeder nur einigermaßen reicher gegliederte Darm besteht nicht nur aus ectodermalem und entodermalem Epithel, sondern auch aus mesodermalem Gewebe, welches sich der Epithelauskleidung anschmiegt. In ihm kann man außer Bindesubstanz vor allem noch Muskelgewebe (meist glatte, seltener quergestreifte contractile Faserzellen) unterscheiden. Diese dem Darmepithel angeschlossene Mesodermischiicht heißt Darmfaserblatt (*Splanchnopleura*); sie verleiht dem Darm eine für die Fortbewegung seines Inhalts wichtige, von den allgemeinen Körperbewegungen unabhängige Beweglichkeit (Peristaltik). Ist sie nicht vorhanden, so muß ihre Wirksamkeit durch die auch den Darm beeinflussenden Contractionen der Körpermuskulatur ersetzt werden, oder das Darmepithel trägt einen die Fortbewegung vermittelnden Wimperüberzug. — Die Länge des Darmrohrs wird vornehmlich von der Art der Nahrung beeinflusst. Bei Säuget-

tieren findet man einen Unterschied zwischen Pflanzen- und Fleischfressern, indem erstere einen viel längeren und infolgedessen in viele Windungen gelegten Kanal haben. Der Darm eines Raubtieres mißt etwa das 4—5fache der Länge des Körpers, der Darm eines pflanzenfressenden Wiederkäuers das 20—28fache. Ähnlich, wenn auch nicht so groß, sind die Unterschiede zwischen Raubkäfern und pflanzenfressenden Käfern.

II. Respirationsorgane. Der Sauerstoff, welchen jedes Tier aufnehmen muß, um ihn gegen die in den Geweben entstandene Kohlensäure einzutauschen, stammt entweder aus der Luft oder aus dem Wasser, je

Fig. 60.

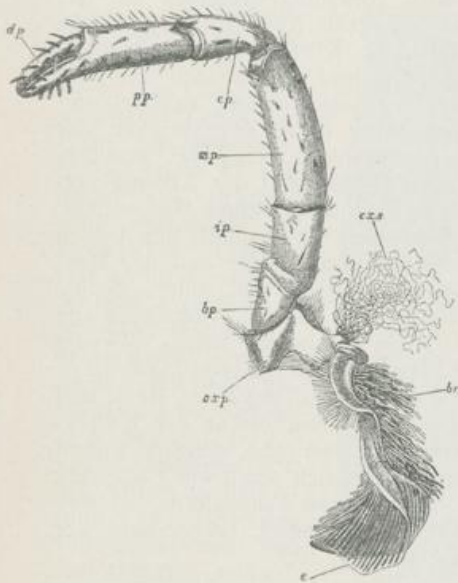


Fig. 61.

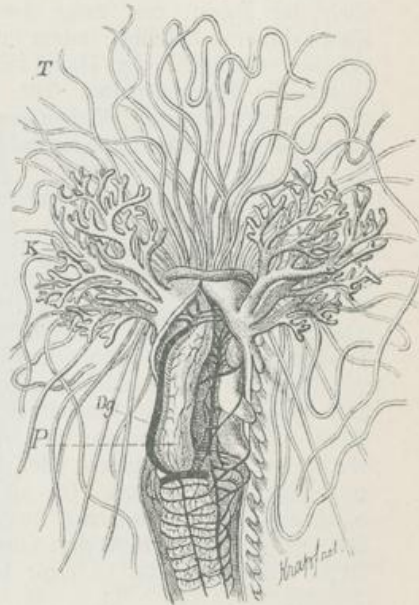


Fig. 60. Zweiter linker Fuß eines Flußkrebse mit anhängender Kieme *br* (nach Huxley). *cxs* Coxopodit, *bp* Basipodit, *ip* Ischiopodit, *mp* Meropodit, *cp* Carpopodit, *pp* Propodit, *dpp* Dactylopropodit, *cxs* Coxopodithorsten, *e* Lamina der Kieme.

Fig. 61. Vorderes Ende von *Terebella nebulosa* (nach Milne Edwards). *P* Pharynx, *Dg* dorsales Blutgefäß, *K* Kiemen, *T* Tentakeln.

nachdem das Tier ein Land- oder Wasserbewohner ist. Seltener geschieht es, daß Wasserbewohner Luft atmen und dadurch gezwungen werden, zeitweilig an die Oberfläche des Wassers aufzusteigen, um Luft zu schöpfen; das gilt für die im Meere lebenden großen *Säugetiere* und für viele im Süßwasser verbreitete *Insecten*, *Spinnen* und *Schnecken*. Luft- und Wasseratmung wird ausschließlich durch die Haut besorgt, solange diese zart und leicht durchgängig ist und solange keine höhere Entfaltung der Organisation einen lebhafteren Stoffwechsel verursacht. Ist das Sauerstoffbedürfnis dagegen ein größeres, so finden sich noch besondere Atmungsorgane, die Kiemen für die Wasseratmung, die Lungen und Tracheen für die Luftatmung, neben denen dann die Haut noch immer als ein Hilfsorgan von größerer oder geringerer Bedeutung tätig ist.

Kiemen.

Die Kiemen sind meist dünnwandige, häufig mit Wimperepithel überzogene Partien der Haut, welche von Blutgefäßen besonders reich versorgt werden und zu vielfach verästelten, buschartigen Anhängen oder breiten Blättern emporgewachsen sind, um für den Gasaustausch eine möglichst große Oberfläche zu bieten; sie liegen an solchen Stellen, welche mit frischem Wasser am meisten in Berührung kommen: bei den *Krebsen* z. B. an den in beständiger Bewegung begriffenen und neues Wasser herbeistrudelnden Beinen (Fig. 60), bei schwimmenden *Würmern* am Rücken, bei röhrenbewohnenden *Würmern* (Fig. 61) am vorderen, aus der Röhre herausragenden Körperende. Bei den durch Kiemen atmenden *Wirbeltieren* sowie den *Tunicaten* und *Enteropneusten* ist auch der Darm, und zwar der vordere Abschnitt desselben bei der Kiemenbildung beteiligt, indem er links und rechts Ausstülpungen, welche auf der Oberfläche der Haut sich öffnen, die Kiemenspalten erzeugt. Durch die Kiemenspalten tritt sauerstoffhaltiges Wasser aus und ein und bespült bei den *Wirbeltieren* die hier angebrachten, reichlich mit Blutgefäßen versorgten Kiemenblättchen (über deren Zugehörigkeit zur Haut vergl. die Wirbeltiere). Auch der Enddarm kann bei manchen *Fischen*, *Insecten* und *Würmern* als ein Hilfsapparat der Atmung verwandt werden, indem er sich von Zeit zu Zeit mit frischem Wasser füllt.

Bei den Luft atmenden Tieren begegnen wir ebenfalls den beiden Möglichkeiten, daß die Atmungsapparate vom Darm oder von der Haut ausgehen. Bei den *Wirbeltieren* ist das erstere der Fall, indem die die Atemluft enthaltenden Lungen hier direkt oder durch Vermittelung von Trachea und Bronchien mit dem Darmrohr in Verbindung stehen. Wendet man dagegen den Ausdruck „Lunge“ bei wirbellosen Tieren (*Schnecken* und *Spinnen*) an, so handelt es sich stets um Luftsäcke der Haut, und ebenso sind die Tracheen der *Insecten* Luftröhren, die an der Körperoberfläche mit Öffnungen oder Stigmen beginnen und sich im Innern verzweigen (Fig. 58 st). Im allgemeinen läßt sich somit ein Gegensatz zwischen den *Wirbeltieren* und den *Wirbellosen* konstatieren, insofern bei letzteren die Haut die Atmungswerkzeuge liefert, bei ersteren der Darm zum mindesten an ihrer Bildung beteiligt ist.

Von der Atmung im engeren Sinn muß die Gewebsatmung unterschieden werden, die den entgegengesetzten Prozeß vermittelt, Abgabe des Sauerstoffs an die functionierenden Gewebe, Aufnahme der Kohlensäure, welche bei den Oxydationsprozessen entsteht, welche die Arbeitsleistung der Gewebe und die Wärmeentwicklung ermöglichen.

Gastral-
taschen.
Gastro-
vascular-
system.

III. Circulationsapparat. Damit der durch die Atmungsorgane aufgenommene Sauerstoff und die im Darm verdauten Nahrungsbestandteile ihr Endziel, die Gewebe, erreichen, bedarf es keiner besonderen Organe, solange als der Körper nur aus zwei dünnen Epithellagen, dem Ectoderm und Entoderm, besteht. Wenn sich dagegen zwischen dieselben das Mesoderm einschiebt und der Körper voluminöser wird, so werden meist Einrichtungen für die Nahrungsverteilung getroffen. Am unmittelbarsten wird letztere erreicht, wenn der Darm die Beschaffenheit eines einfachen Rohres aufgibt und entweder einige wenige weite Ausstülpungen, Gastraltaschen, treibt oder sich verästelt, um mit seinen Verzweigungen die einzelnen Körperprovinzen aufzusuchen. Im letzteren Falle spricht man von einem Gastrovascularsystem, weil der Darm die den Gefäßen, den „Vascula“, eigentümliche Function und verzweigte Anordnung gewinnt (Fig. 62).

Auf zwei vom Darm vollkommen abgeschnürte Gastraltaschen, eine Leibes-^{Leibeshöhle} linke und rechte, ist wahrscheinlich die echte Leibeshöhle oder das Cölom, nach ihrer Entstehung vom Darm auch Enterocöl genannt, zurückzuführen (vergl. auch S. 196). Das Cölom ist ein zwischen Darm und Körperwand eingeschobener linker und rechter Hohlraum, der von einer besonderen epithelbedeckten Membran, dem Bauchfell oder Peritoneum, ausgekleidet ist und die meisten vegetativen Organe beherbergt. Die beiden Hälften der Leibeshöhle, der linke und rechte „Cölomsack“, können dorsal und ventral vom Darm zusammenfließen, oder sie bleiben dorsal, selten auch ventral durch eine Scheidewand getrennt, welche nach ihrer Function das Aufhängeband des Darms („Mesenterium“) heißt (Fig. 206). Für die Nahrungsverteilung spielt das Cölom bei wirbellosen Tieren eine ganz hervorragende Rolle, indem es von einer Art Lymphe, einer zellhaltigen eiweißreichen Flüssigkeit, erfüllt wird; auch für die Excretion ist es von Wichtigkeit, da es durch Wimpertrichter mit den Nephridien oder Nierenkanälchen (vgl. S. 97) häufig kommuniziert. Es verliert an Bedeutung, je mehr das Blutgefäßsystem zur Ausbildung gelangt, und ist bei Wirbeltieren bezüglich der Nahrungsverteilung nur noch ein rudimentäres Organ.

Die vollkommenste Art der Nahrungsverteilung wird endlich durch die Blutgefäße vermittelt, welche daher auch den höheren Tierstämmen allgemein zukommen, gleichgültig, ob daneben noch eine Leibeshöhle vorhanden ist oder nicht (Fig. 63). Blutgefäße sind Röhren mit flüssigem Inhalt, welche von den Atmungsorganen aus den Sauerstoff, vom Darm aus die verdaute Nahrung aufnehmen und sie an die Gewebe wieder abgeben. Da ein solcher Stoffaustausch voraussetzt, daß die Blutflüssigkeit in den Gefäßen circulierte, so sind bestimmte Teile der Blutbahn contractil; sie sind mit Muskeln bedeckt, welche durch ihre Contraktionen die Röhren verengern und die Flüssigkeit vorwärts treiben. Bei niederen Formen sind weite Strecken der Blutbahn contractil; bei höheren wird größere Regelmäßigkeit der Circulation erreicht, indem nur ein be-

Fig. 62.

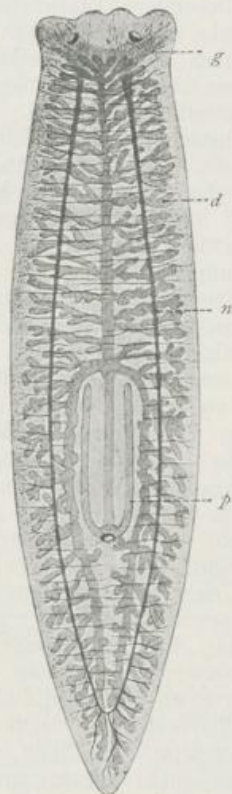


Fig. 63.

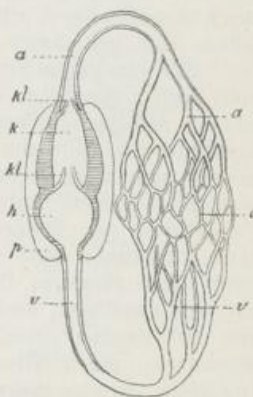


Fig. 63. Schema der Blut-circulation. *a* Arterie, *c* Capillaren, *k* Vorkammer, *k* Kammer, *kl* Klappen, *p* Pericard, *v* Venen.

Fig. 62. Anatomie von *Dendrocoelum lacteum* (nach Ijima). *g* oberes Schlundganglion mit Augen, *n* seitliche Nervenstränge mit peripheren Nerven, *d* verästelte Darmblindsäcke, *p* Pharynx mit Scheide und Mundöffnung.

Blutgefäßsystem.

stimmter, besonders muskulöser Teil der Blutbahn, das Herz, die Fortbewegung der Blutmasse übernimmt. Eine freie Bewegung des Herzens ist nur dann möglich, wenn dasselbe von den angrenzenden Geweben losgelöst ist und in einem besonderen Hohlraum liegt (Fig. 63). Daher sehen wir, daß das Herz entweder frei in der Leibeshöhle lagert oder in einen eigenen Beutel, in das Pericard oder den Herzbeutel (wohl überall einen selbständig gewordenen Teil der allgemeinen Leibeshöhle), eingebettet ist (p). Minder wichtig als das Auftreten des Pericards ist für die Tätigkeit des Herzens die Sonderung desselben in einen das Blut aufnehmenden Teil, den Vorhof (h), und einen das Blut austreibenden Teil, die Kammer (k); daher denn keineswegs diese Sonderung überall durchgeführt ist. Besondere Einrichtungen des Herzens sind noch die Klappen (kl), welche an den Grenzen der Herzabschnitte angebracht sind und durch ihren Verschuß verhindern, daß das Blut in die Kammer oder Vorkammer zurückströmt, wenn die Wandungen derselben nach beendigter Contraction erschlaffen.

Für ein gutes Functionieren der Blutgefäße ist außer der Circulation noch notwendig, daß die ernährenden Stoffe leicht aufgenommen und an die Gewebe wieder abgegeben werden können. Der betreffende Abschnitt der Blutbahn muß leicht durchgängige Wandungen haben, im Körper sich weit verbreiten und eine für sein Lumen große Oberfläche besitzen. Diesen Anforderungea genügen die Haargefäße oder die Capillaren (c), äußerst feine Gefäße, welche in enormer Zahl alle Organe umspinnen und durchsetzen, deren Wand nur von einer zarten, leicht durchgängigen Epithellage gebildet wird. Zwischen dem Herzen und den Capillaren besteht somit entsprechend ihrer verschiedenen Function der denkbar größte Unterschied im Bau; sie müssen daher durch besondere, einen Übergang vermittelnde Gefäße verbunden werden, 1. Gefäße, welche dickwandig und groß am Herzen beginnen und durch Verästelung und Verdünnung ihrer Wand allmählich in die Capillaren übergehen, Arterien (a); 2. Gefäße, die aus dem Capillarbezirk nach dem Herzen zurückleiten und sich dabei immer mehr zu stärkeren und dickwandigeren Röhren vereinen, die Venen (v).

Correlation
von At-
mungsorga-
nen und
Blutgefäßen.

Für alle Tiere gilt der Satz, daß das Blutgefäßsystem in Anordnung und Bau mehr von der Respiration beeinflusst wird, als von der Nahrungsaufnahme im engeren Sinne. Es besteht eine Correlation zwischen Respirations- und Circulationsorganen. Diese Correlation drückt sich zunächst darin aus, daß man einen doppelten Capillarbezirk unterscheiden muß, außer dem Körpercapillarbezirk, in welchem Sauerstoff an die Gewebe abgegeben und Kohlensäure von ihnen aufgenommen wird, noch den respiratorischen Capillarbezirk, dessen ausschließliche Aufgabe es ist, die Kohlensäure aus dem Blut zu entfernen und den Sauerstoff ihm zuzuführen (Kiemen- und Lungencapillaren). Zweierlei Capillarbezirke machen auch zweierlei Arterien und Venen nötig, Körperarterien und Körpervenen, respiratorische Arterien und respiratorische Venen. Dies erläutert beistehendes Schema vom Blutkreislauf der *Fische* (Fig. 64). Aus dem Capillarbezirk der functionierenden Gewebe des Körpers führen Venen nach dem Vorhof des Herzens. Die Contraction oder Systole des Vorhofs treibt das Blut in die Herzkammer. Während die Vorkammer erschlafft (Diastole) und von den Venen aus sich neu mit Blut füllt, befördert die Systole der Kammer das Blut durch die Kiemenarterien in die Kiemencapillaren. Indem Diastole und Systole eines Herzabschnitts miteinander wechseln, wirkt das Herz wie eine Saug- und Druckpumpe;

zugleich müssen auch Systole von Vorkammern und Systole der Kammer zeitlich alternieren. Aus den Kiemenkapillaren wird das Blut durch die Kiemenvenen abgeleitet, die sich zu einem starken Stamm vereinigen, welcher seinerseits sich wiederum verästelt, um in den Capillarbezirk des Körpers überzuführen. Da die Verästelungen des durch die Kiemenvenen gebildeten Hauptstammes wieder in einen Capillarbezirk einleiten, muß man sie, wie den Hauptstamm selbst, Arterien nennen.

Fig. 64.

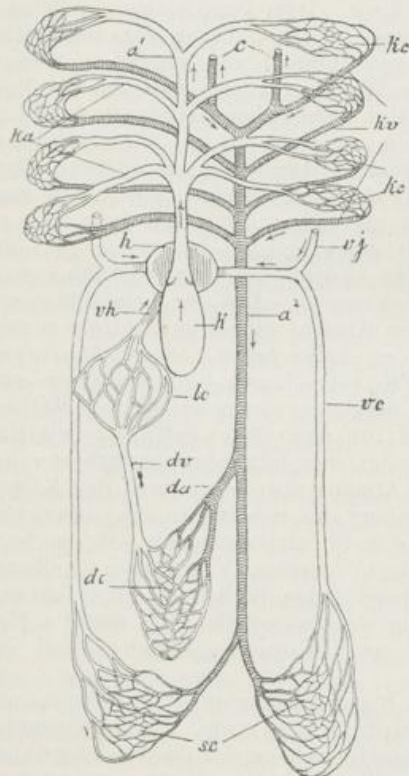


Fig. 65.

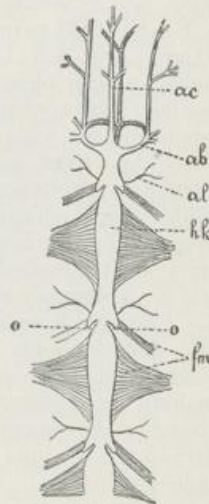


Fig. 65. Vorderes Ende des Herzens von *Scolopendra* (aus Lang nach Newport). *hk* Herzkammer mit Flügelmuskeln (*fm*) und seitlichen Spaltöffnungen (*o*); *ab*, *ac*, *al* vom Herzen ausgehende Arterien, die das Blut in die Leibeshöhle ergießen.

Fig. 64. Schema für den Blutkreislauf der Fische, *a'* aufsteigender Arterienstamm mit den Kiemenarterien (*ka*). *a''* die aus den Kiemenvenen (*kv*) sich sammelnde absteigende Aorta, *c* Carotiden, *ke* Kiemenkapillaren, *h* Herzvorkammer, *k* Herzkammer, *vj* Vena jugularis, *vc* Vena cardinalis, *vh* Vena hepatica (cava inferior), *da* Darmarterien, *dv* Darmvenen, *dc* Darmcapillaren, *sc* Körpercapillaren, *lc* Lebercapillaren.

tiden, *ke* Kiemenkapillaren, *h* Herzvorkammer, *k* Herzkammer, *vj* Vena jugularis, *vc* Vena cardinalis, *vh* Vena hepatica (cava inferior), *da* Darmarterien, *dv* Darmvenen, *dc* Darmcapillaren, *sc* Körpercapillaren, *lc* Lebercapillaren.

Während das Blut seinen Kreislauf durch den Körper beschreibt, ändert es zweimal seine chemische Beschaffenheit und demgemäß auch seine Farbe. Das Blut, welches aus dem Körpercapillarbezirk abfließt, hat einen großen Teil seines Sauerstoffs an die Gewebe abgegeben, Kohlensäure dafür eingetauscht und eine dunkelrote Farbe angenommen. Diesen Charakter behält es bis in die Kiemenkapillaren bei, wo es wieder unter Abgabe der Kohlensäure sauerstoffhaltig wird und sich hellrot färbt. Die verschiedene Beschaffenheit des Blutes kannte man zuerst von den Arterien und Venen des Körperkreislaufs und nannte das dunklere, kohlensäurereiche Blut venöses, das hellrote, sauerstoffreiche dagegen arteriell, da ersteres in den Venen, letzteres in den Arterien fließt.

Arteriell
und venöses
Blut.

Beide Ausdrücke sind, wie aus dem oben gegebenen Schema erschen werden kann, durchaus ungeeignet, weil sie zu der falschen Auffassung führen können, als ob Venen immer kohlensäurereiches Blut und Arterien immer sauerstoffreiches Blut führen müßten. Demgegenüber lehrt das Schema, daß im respiratorischen Kreislauf (kleinen Kreislauf) die Verhältnisse umgekehrt sein müssen wie im Körperkreislauf, indem die Arterien hier „venöses“, die Venen dagegen „arterielles“ Blut enthalten.

Geschlossenes und
offenes Blut-
gefäßsystem.

Ein Blutgefäßsystem, wie wir es bisher besprochen haben, nennen wir ein geschlossenes, weil das Blut stets in besonderen, mit eigenen Wandungen ausgerüsteten Röhren fließt. Dem geschlossenen steht das offene Blutgefäßsystem gegenüber; hier verlieren die Blutgefäße nach einiger Zeit den Charakter von Röhren, und werden zu weiten Hohlräumen, welche ohne besondere Wandungen sich zwischen die Eingeweide und Organe einschieben. Das beste Beispiel eines offenen Blutgefäßsystems liefern viele *Crustaceen*, die *Insecten* und *Tausendfüßler*, welche nur das Herz und ganz kurze Arterienstämme besitzen. Aus den Enden der Arterienstümpfe tritt das Blut in einen Raum, den man Leibeshöhle nennt, obwohl man es als sicher betrachten kann, daß er durch Ausweitung der Blutbahn entstanden und mit dem echten „Cölo“ (Enterocöl) nicht identisch ist. Man spricht, um dies Verhältnis zum Ausdruck zu bringen, von einem Schizocöl. Aus der Leibeshöhle gelangt das Blut durch seitliche Spalten (Ostien) wieder in das Herz zurück (Fig. 65). Innerhalb des Stammes der *Arthropoden* und der *Mollusken* sind zwischen einem so extremen Fall von offenem Blutgefäßsystem und einem nahezu geschlossenen alle Übergänge vorhanden. Hier offenbart sich aufs neue die engste Correlation der Circulations- und Respirationsorgane, und zwar kommt den letzteren abermals der bestimmende Einfluß zu. Wenn die Atmung über oder durch den Körper diffus verbreitet ist und die Verteilung des Sauerstoffs ohne besondere Gefäße von selbst sich regelt, ist der Circulationsapparat sehr einfach; er wird dagegen differenziert in Herz, Arterien, Venen und Capillaren, wenn die Atmung an bestimmte, beschränkte Stellen geknüpft ist und dadurch eine regelmäßige Verteilung des Sauerstoffs nötig macht. Man vergleiche hierüber das Genauere bei *Crustaceen*, *Spinnen* und *Insecten*.

Lymph-
gefäße.

Ein besonderer Abschnitt des Blutgefäßapparats ist endlich das nur bei *Wirbeltieren* vorkommende Lymphgefäßsystem. Im Capillarbezirk des Körpers können gelöste Eiweißstoffe wohl in die Gewebe übertreten, ein etwaiger Überschuß kann aber wegen des in den Capillaren herrschenden höheren Druckes nicht auf dem gleichen Wege wieder in die Blutgefäße zurückgelangen. Dieser Überschuß wird durch die Lymphgefäße in die Venen zurückgeführt. Die Lymphgefäße beginnen mit den Geweblücken, aus denen sie sich erst allmählich zu Gefäßen mit deutlichen Wandungen herausbilden. Besonders wichtig werden die Lymphgefäße des Darms, indem sie während der Verdauung sich mit den Eiweiß- und Fettbestandteilen der verdauten Nahrung beladen; man nennt sie Chylusgefäße, weil dann ihr Inhalt, der Chylus, sich durch seine milchige Färbung von gewöhnlicher Lymphe unterscheidet.

Kalt- und
Warmblüter.

Im Anschluß an das Blutgefäßsystem mögen noch zwei Ausdrücke Erläuterung finden, welche auch in Laienkreisen viel angewandt, meist aber nicht richtig verstanden werden; *Kaltblüter* und *Warmblüter* oder, wie es richtiger heißen sollte, *wechseltarme* und *eigenwarme* Tiere. Unter wechselwarmen (poikilothermen) oder kaltblütigen Tieren ver-

stehen wir Formen, deren Temperatur vollkommen von der Temperatur der Umgebung abhängig ist und mit derselben steigt und fällt, stets aber wenige Grade mehr als dieselbe beträgt. In unserem Klima, wo die Temperatur wesentlich niedriger ist als unsere eigene Blutwärme, werden solche Tiere, wie z. B. die *Frösche*, auf unser Gefühl einen erkältenden Eindruck machen, da sie namentlich in der kühlen Jahreszeit eine viel geringere Körpertemperatur besitzen als wir.

Als Warmblüter oder eigenwarme (idiotherme, homoiotherme) Tiere bezeichnet man dagegen Tiere, welche unter allen Verhältnissen immer nahezu dieselbe Temperatur beibehalten. Der *Mensch* hat im Sommer und Winter, unter dem Äquator und am Nordpol stets annähernd eine Temperatur von 36–37 °C und zeigt nur im Fieber höhere Temperaturen. Um eine konstante Temperatur gegenüber wechselnden äußeren Wärmeverhältnissen aufrecht zu erhalten, muß ein Tier die Wärmesteuerung besitzen; es muß die Fähigkeit haben, die Wärme seines Körpers zu regulieren, einerseits durch Regulieren der Wärmeproduktion, andererseits durch Regulieren der Wärmeabgabe. Ist die Umgebung höher erwärmt, als die Körpertemperatur normalerweise betragen soll, so muß zunächst die Wärmeproduktion auf das mit den Lebensprozessen vereinbare geringste Maß beschränkt werden; da dies aber nicht genügt, so muß außerdem durch Verdunstung auf der Körperoberfläche, wie sie namentlich durch starkes Schwitzen herbeigeführt wird, die Wärmeabgabe gesteigert werden. Ist die Umgebung dagegen kühl, so muß umgekehrt jede unnötige Wärmeabgabe vermieden, die Wärmeproduktion dagegen gesteigert werden. Es ist begreiflich, daß die Idiothermie, da sie komplizierte Einrichtungen voraussetzt, nur bei höheren Tieren vorkommt.

IV. Excretionsorgane. Die Excretionsorgane sind Röhren oder Drüsenkanäle, welche direkt oder durch Vermittelung des Enddarms (Kloake) auf der Körperoberfläche münden und unbrauchbar gewordene Stoffe nach außen befördern. Für ihren Bau ist es von Wichtigkeit, ob ein Blutgefäßsystem oder eine Leibeshöhle oder beide gleichzeitig vorhanden sind, oder ob dieselben fehlen. Wenn Leibeshöhle und Blutgefäße noch nicht entwickelt sind, so müssen die Excretionsröhren, um die Excrete aus den Geweben ableiten zu können, sich verästeln und den Körper nach allen Richtungen (nach Art einer Drainage) durchsetzen, wobei sie häufig sich zu einem an Blutcapillaren erinnernden Netzwerk verbinden (Protonephridien oder Wassergefäßsysteme der parenchymatösen Würmer, Fig. 66). Die Anfänge des Kanalsystems sind blindgeschlossene Röhrchen, deren Grund eine Zelle mit lebhaft schlagendem Wimperbüschel, dem Flimmerläppchen, einnimmt (Fig. 67). Die Zelle wird in manchen Protonephridien durch Solenocyten ersetzt, Zellen mit einer Geißel, welche in eine Röhre eingeschlossen ist (Fig. 67a). Aus dem Kanalsystem führen ein oder mehrere Hauptstämme nach außen. Kurz vor der Ausmündung (Porus excretorius) findet sich meist eine contractile Ausweitung, die Harnblase.

Mit der Entwicklung der Leibeshöhle wird eine Centralstätte, wie für die Ernährung, so auch für die Aufsammlung der Excretstoffe geschaffen. Aus ihr leiten die Nephridien, Schleifen- oder Segmentalkanäle, nach außen, meist einfache, selten verästelte, an beiden Enden geöffnete Röhren. Die eine Öffnung (Fig. 68) führt nach außen, die andere kommuniziert nach der Leibeshöhle mittelst eines Flimmertrichters oder Nephrostoms, einer weiten Mündung, deren lebhafte Flimmerung in den Kanal einleitet und die Excretstoffe (bei Anneliden mit Guanin beladene Peri-

Proto-nephridien.

Nephridien.

tonealzellen, die zerfallenen „Chloragogenzellen“) nach außen befördert. Beobachtungen an *Anneliden* machen es wahrscheinlich, daß die Nephridien Protonephridien sind, welche durch Neubildung des Wimpertrichters mit der Leibeshöhle in Verbindung getreten sind.

Auf derartige Nephridien ist auch die Niere der Wirbeltiere zurückzuführen. Der Umstand, daß bei Embryonen die Nierenkanälchen vielfach noch mit Nephrostomen in die Leibeshöhle münden, macht wahrscheinlich, daß auch bei Wirbeltieren die Leibeshöhle früher einmal für die Excretion von Wichtigkeit gewesen ist. Die zunehmende Bedeutung der Blutgefäße, welche die Nierenkanälchen umspinnen und ihnen die aus den Geweben aufgenommenen Excretstoffe zuführen, ist wohl Ursache geworden, daß die Niere unter Rückbildung der Nephrostomen ihre Verbindung mit der Leibeshöhle verloren hat. Besonders

innig werden die Beziehungen der Blutgefäße zu der Niere durch die Glomeruli (Malpighischen Körperchen der Niere), Gefäßverästelungen, welche die Wand der Nierenkanälchen vorbuchten und so in das Lumen derselben hineinragen. Indem die Nephridialkanäle der Wirbeltiere in einen gemeinsamen nach außen leitenden Kanal (Harnleiter) münden, treten sie meist enger zu einem kompakten Körper, der Niere, zusammen.

Fig. 66.



Fig. 67.



Fig. 67 a.

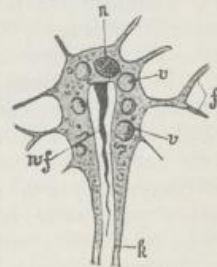


Fig. 66. *Distomum hepaticum* mit Wassergefäßsystem. *p* Porus excretorius, *o* Mundöffnung (aus Hatschek).

Fig. 67. Blindes Ende eines *Anneliden*-Protonephridiums mit zwei aufsitzenden, verbundenen Solenocyten, die mit ihren Geißelröhren in den Nierenkanal münden (nach Goodrich).

Fig. 67 a. Blindes Ende eines feinsten Wassergefäßkanals (*k*) einer *Turbellarie*, *n* Kern, *f* Fortsätze der Endzelle, *wf* Flimmerläppchen der Endzelle, *v* Vacuolen.

B. Geschlechtsorgane.

Am Geschlechtsapparat der Tiere muß man die keimbereitenden Stätten oder die Geschlechtsdrüsen und die Ausführwege unterscheiden. Jene sind bei allen vielzelligen Tieren vorübergehend oder dauernd vorhanden, diese können dagegen gänzlich fehlen. Wenn die Geschlechtsprodukte, wie es bei *Cölenteraten* der Fall ist, in der Haut oder im Darm entstehen, sind die Ausführwege überflüssig, da die gereiften Elemente durch Platzen des umhüllenden Gewebes direkt nach außen oder in den Darm hinein entleert werden.

Keimepithel
und Keim-
drüsen.

Männliche und weibliche Geschlechtszellen nehmen, wie wir gesehen haben, aus einer indifferenten Anlage ihre Entstehung, welche

man das Keimepithel nennt. Mit Vorliebe bildet dasselbe einen Teil der epithelialen Auskleidung der Leibeshöhle, bei vielen Tieren dauernd, bei anderen nur vorübergehend; im letzteren Falle trennt es sich von ihr durch Abschnürung und bildet drüsenartige Körper, die Geschlechtsdrüsen.

Fig. 68.

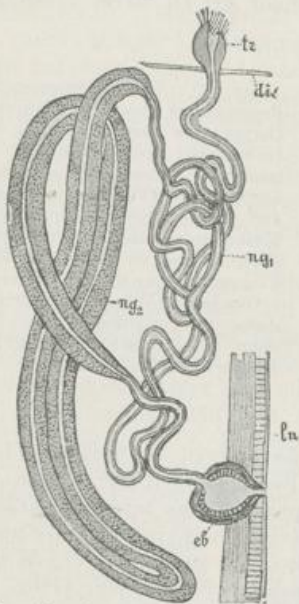


Fig. 69.

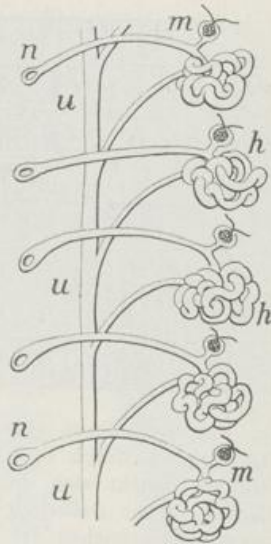


Fig. 68. Segmentalorgan eines *Oligochaeten*, Schema (aus Lang). *tz* Flimmertrichter, *dis* Dissepiment, *ng*¹ nicht drüsiger, *ng*² drüsiger Teil des Kanals, *eb* Endblase, *ln* Leibeswand.

Fig. 69. Schema der linksseitigen Urniere eines Wirbeltieres; *h* Harnkanälchen, *m* Malpighische Knäuel mit zu- und abführenden Blutgefäßen, *n* Nephrostome, *u* Urnierengang.

Bei den meisten Tieren erzeugt das Keimepithel entweder nur weib-^{Hermaphroditismus und Gonochorismus.}liche oder nur männliche Geschlechtszellen; solche Tiere nennt man getrenntgeschlechtlich oder gonochoristisch im Gegensatz zu den hermaphroditen oder zwitterigen Formen, bei denen in einem und demselben Individuum beiderlei Geschlechtsorgane enthalten sind. Man kann verschiedene Grade des Hermaphroditismus unterscheiden. Gewöhnlich sind Hoden und Ovar zwar in demselben Tier vereinigt, innerhalb des Körpers jedoch räumlich getrennt, wie z. B. bei unserem *Regenwurm*, bei welchem zwei Segmente nur männliche, ein drittes Segment nur weibliche Drüsen enthält (Fig. 70). Seltener ist die Vereinigung von Hoden und Eierstöcken zu einem einzigen Drüsenkörper, einer Zwitterdrüse, welche in denselben Follikeln Samen und Eier produziert, wie bei den *Lungenschnecken*.

Hermaphroditismus ist bei niedriger organisierten Tieren im allgemeinen häufiger als bei den höher organisierten. *Insecten* und *Wirbeltiere* sind fast ausnahmslos getrenntgeschlechtlich; nur bei den *Knochenfischen* gehört Hermaphroditismus nicht zu den Seltenheiten:

mehrere *Serranus*arten sind stets hermaphrodit, ebenso *Chrysophrys aurata*, sehr häufig hermaphrodit sind *Pagellus mormyrus* und einige andere. Auch die *Myxinen* sind hermaphrodit. Häufiger wird Hermaphroditismus als Abnormität beobachtet. Eine auffällige Form desselben ist der Hermaphroditismus lateralis, bei welchem die eine Hälfte des Tieres nur männliche, die andere nur weibliche Geschlechtsdrüsen erzeugt. Sind Männchen und Weibchen einer Art an ihrem verschiedenen

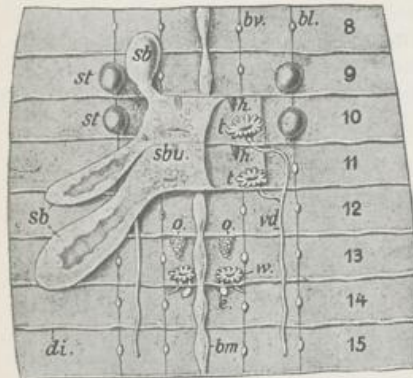


Fig. 70. Geschlechtssegmente des Regenwurms nach Entfernung des Darms. *bm* Bauchmark, *bl* laterale, *bv* ventrale Borstenreihen, *st* Samentaschen (Receptacula seminis), *sb* Samenblasen (Vesiculae seminales) auf der rechten Seite abpräpariert, *sbu* Samenkapself, auf der rechten Seite geöffnet, um zu zeigen: *h* Hoden, *t* Flimmertrichter des Vas deferens, *vd*; *o* Ovarien, *w* Wimpertrichter der Oviducte mit *e* Eikapsel, *di* Dissepiment. 8–15 achtes bis fünfzehntes Körpersegment.

Aussehen, den sekundären Geschlechtscharakteren zu unterscheiden, wie z. B. viele Insecten durch verschiedene Beschaffenheit der Fühler, Flügel, Augen etc., so drückt sich der Hermaphroditismus lateralis (*Schmetterlinge*, *Bienen*) schon äußerlich in der Gestalt aus, indem die eine Hälfte des Tieres die Kennzeichen des Männchens, die andere die des Weibchens besitzt (Fig. 71). Doch ist hier zu beachten, daß in sehr vielen Fällen, in denen der äußeren Erscheinung nach Hermaphroditismus vorzuliegen schien, die anatomische Untersuchung entweder nur männliche oder nur



Fig. 71. Hermaphroditismus lateralis eines Schmetterlings (*Ocnieria dispar*). Links weiblich, rechts männlich (nach Taschenberg).

weibliche Geschlechtsdrüsen in rudimentärer Beschaffenheit nachweisen konnte (Pseudohermaphroditismus, besser Gynandromorphie). Auch der sog. Hermaphroditismus bei Säugetieren und Menschen ist meist Pseudohermaphroditismus; selten wurden hier zweierlei Sexualdrüsen in demselben Individuum angetroffen und auch dann nicht in functionfähigem Zustand.

Die weite Verbreitung des Hermaphroditismus bei niederen Metazoen hat zu der unberechtigten Auffassung geführt, daß er der ursprüngliche Zustand des Geschlechtsapparates sei, aus dem der Gonochorismus sich sekundär entwickelt habe.

Erfahrungen an *Nematoden*, *Crustaceen*, vielleicht auch *Mollusken* weisen darauf hin, daß im Gegenteil hier der Hermaphroditismus aus dem Gonochorismus hervorgegangen ist, indem bei gleichzeitigem Schwund der Männchen weibliche Tiere männliche Sexualprodukte entwickelten, ehe sich

die Ovarien ausbildeten. Diesem Zustand der „Protandrie“ gegenüber ist „Protogynacie“ eine Seltenheit.

Die Ausführwege der Geschlechtsprodukte sind im Tierreich sehr häufig den excretorischen Apparaten entnommen. Bei den *Anncliden* dienen manche Segmentalorgane, bei den *Wirbeltieren* Teile des Nierensystems ausschließlich oder neben ihrer excretorischen Function der Geschlechtstätigkeit. Man spricht daher von einem Urogenitalsystem. Diese merkwürdige Vereinigung von Genitalorganen und Excretionsorganen hat eine doppelte Ursache, eine physiologische und eine anatomische. Physiologisch ist wichtig, daß sich Eier und Spermatozoen wie Excrete verhalten; sie sind Stoffe, die nicht mehr für den Nutzen des Individuums bestimmt sind, sondern nach außen gelangen müssen, um in Wirksamkeit zu treten. Die morphologische Ursache ist im Verhalten zu der Leibeshöhle gegeben. Ein Urogenitalsystem entwickelt sich nur bei Tieren, bei denen das Keimepithel von dem Epithel der Leibeshöhle abstammt, und bei denen die Niere dauernd oder ihrer Anlage nach mit der Leibeshöhle in Verbindung steht und so die natürliche Ableitung für die Produkte derselben bildet. — Unabhängig davon, ob die Geschlechtswege Teile der Excretionsorgane oder selbstständige Bildungen sind, gewinnen sie in der Tierreihe eine bestimmte, durch ihre Function bedingte Einrichtung (Fig. 70 u. 72). Von der Geschlechtsdrüse leiten Kanäle nach außen, die Eileiter, Oviducte, des Weibchens, die Samenleiter, Vasa deferentia, des Männchens (bei der Zwitterdrüse der Zwittergang). Der Endabschnitt des Samenleiters ist häufig sehr muskulös und heißt Ductus ejaculatorius; er kann als Penis oder Cirrus herausgestülpt werden oder ragt dauernd über die Körperoberfläche hervor. Der Endabschnitt des Eileiters ist oft erweitert und läßt 2 Abschnitte erkennen, den Uterus, welcher die Eier während ihrer Entwicklung beherbergt, und die zur Begattung dienende Scheide, Vagina. Dazu können dann in beiden Geschlechtern noch accessorische Drüsen der verschiedensten Art hinzutreten. Weibliche und männliche Geschlechtswege können mit Ausstülpungen oder Erweiterungen versehen sein, welche zur Aufnahme von Samen dienen. Man nennt sie beim Weibchen Receptacula seminis, beim Männchen Vesiculae seminales; erstere beherbergen Samen, welcher durch die Begattung in die weiblichen Geschlechtswege gelangte, letztere Samen, welcher im Hoden des gleichen Tieres entstanden ist.

Eine sehr merkwürdige Erscheinung findet sich nicht selten im Tierreich, daß ein Teil der produzierten Eier zugrunde geht, um andere Eier besser zu ernähren. Diese Degenerationsvorgänge können sich an

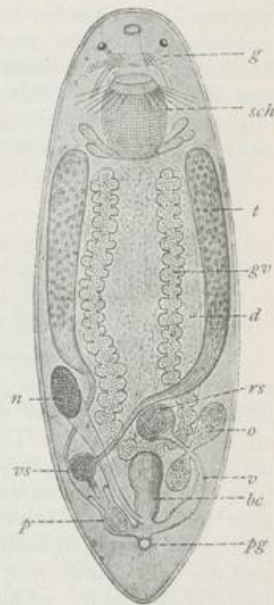


Fig. 72. Anatomie von *Vortex viridis* (nach M. Schultze und L. v. Graff). g obere Schlundganglien mit Augen, sch Schlundkopf, t Hoden mit Vasa deferentia, gv Dotterstock, d Darm, rs Receptaculum seminis, o Ovarien mit Oviducten, v Vagina, bc Bursa copulatrix, pg Porus genitalis, u Uterus, vs Vesicula seminalis, p Penis.

Ausführ-
wege.

Eiern vollziehen, die schon in den Uterus (*Salamandra*) oder den Ei-cocon (*Anneliden*) übergetreten sind, oder sie spielen sich im Ovar ab (viele *Arthropoden*). Es kann ein bestimmter Teil des Ovars nur solche „Dotterzellen“ produzieren, woraus es sich erklärt, daß bei manchen Tieren (*Plathelminthen*) getrennt vom Ovar (Keimstock) Drüsen auftreten, welche die Dotterzellen bereiten (Dotterstöcke) (Fig. 72). Zu den Geschlechtsunterschieden, wie sie durch die verschiedene Beschaffenheit der Geschlechtsdrüsen und eventuell auch ihrer Ausführungsgänge bedingt sind, können sich weitere Unterschiede gesellen, welche in anderweitigen Organen zum Ausdruck kommen (verschiedene Befiederung, resp. Behaarung bei Vögeln und Säugetieren, verschiedene Beschaffenheit des Kehlkopfs und der Stimme etc.). Man nennt sie, wenn sie sich unter dem Einfluß des Geschlechtsapparats entwickeln und bei Castration ganz oder zum Teil ausbleiben, „secundäre Geschlechtscharaktere“. Sie führen nicht selten zu einem hochgradigen Dimorphismus der Geschlechter.

Animale Organe.

I. Fortbewegungsorgane. Die Fähigkeit, den Ort nach freier Wahl zu verändern, ist eine so sehr in den Vordergrund tretende Eigentümlichkeit der Tiere, daß der Laie geneigt ist, hiernach zu entscheiden, ob ein Organismus dem Tier- oder Pflanzenreich zugehört. Deshalb ist es nötig hervorzuheben, daß zahlreiche Tiere die im Larvenzustand vorhandene freie Ortsbewegung aufgeben, indem sie sich auf dem Boden, auf Pflanzen oder auf anderen Tieren fest ansiedeln und nur die Bewegungsfähigkeit einzelner Teile beibehalten, wie z. B. die *Corallen* ihre Tentakelkronen und die *Cirripeden* ihre federbuschartigen Füße einschlagen, die *Muscheln* ihre Schalen aktiv schließen können.

Zur Bewegung dienen bei den niederen Formen, den *Protozoen*, fast ausschließlich Zellfortsätze, seien es *Cilien*, *Geißeln* oder *Pseudopodien*. Bei den vielzelligen Tieren ist dies äußerst selten der Fall. Amöboide Beweglichkeit der Epithelzellen kommt zwar noch bei *Cöleleraten* und auch bei manchen *Würmern* vor, genügt aber nicht zur Ortsbewegung des ganzen Tieres. Wirksamer ist das Geißel- oder Wimperepithel, welches bei *Ctenophoren*, *Turbellarien* und *Rotatorien* die Schwimmbewegung vermittelt; außerdem findet sich dasselbe noch bei vielen Larven von Tieren, welche, ausgebildet, entweder gar nicht oder nur mit Hilfe von Muskeln ihren Ort verändern können. In der Form von Planulae, d. h. als bewegliche, mittelst Flimmern schwimmende Larven, verlassen fast alle *Cöleleraten* und *Echinodermen*, die Mehrzahl der *Würmer* und *Mollusken* die Eihüllen.

Muskulatur.

Zu energischerer Tätigkeit ist nur die Muskulatur befähigt. Die Anordnung derselben wechselt und hängt von der Beschaffenheit des Skeletts ab. Skelettlose Formen haben gewöhnlich den „Hautmuskelschlauch“, einen Sack von circulären und longitudinalen Fasern, welcher mit der Haut fest vereinigt ist. Bildet sich von der Haut aus ein Skelett, indem das Epithel der Körperoberfläche, wie bei den *Arthropoden*, eine feste dicke Cuticula (Cuticularskelett) ausscheidet, so löst sich der Schlauch in Muskelgruppen auf, die am Hautskelett ihre Angriffspunkte

finden; bildet sich dagegen, wie bei den *Wirbeltieren*, ein aus Knorpel oder Knochen bestehendes Achsenskelett ans, so ist an diesem das Punctum fixum der Muskelwirkung gegeben, so daß die Muskulatur einen ganz neuen Charakter gewinnt und namentlich tiefer zu liegen kommt. Ein Lokomotionsapparat ganz eigener Art ist das Ambulacralsystem der *Echinodermen*, ein System von feinen, zum Teil als Füßchen ausstülpbaren Schläuchen, über deren Verwendung das Nähere bei den *Echinodermen* nachzulesen ist.

Bei nicht wenigen Fischen werden an bestimmten Stellen des Körpers die Muskeln in **elektrische Organe** umgewandelt, welche bei *Torpedo*, *Malapterurus*, *Gymnotus* sehr energische Schläge, bei *Raja* und *Mormyrus* (pseudelektrische Organe) schwache, dem Menschen nicht fühlbare Ströme zu erzeugen vermögen. Jedes Organ baut sich aus vielen Säulchen auf, die aus vielen übereinander geschichteten, durch Bindegewebe getrennten elektrischen Platten bestehen. Jede Platte ist eine umgewandelte Muskelfaser, welcher die Nervenendigung angefügt ist, den negativen Pol der Platte bezeichnend.

Elektrische Organe.

II. Nervensystem. Kaum ein Organsystem zeigt in der Tierreihe eine so gesetzmäßige Fortbildung wie das Nervensystem. Die verschiedenen Stufen, welche man dabei aufstellen kann, wollen wir als die diffuse Form, die strangförmige Form und die Röhrenform bezeichnen.

Nervensystem.

1. Die diffuse Form des Nervensystems ist jedenfalls die ursprünglichste: sie zeigt die Elemente, Nervenzellen mit verästelten Ausläufern, gleichmäßig durch den ganzen Körper oder wenigstens durch gewisse Schichten des Körpers verbreitet. Als eine von den ersten Anfängen an bevorzugte Schicht ist die Haut des Körpers, das Ectoderm, anzusehen, da dieses den Verkehr mit der Außenwelt vermittelt und daher die für die Ausbildung des Nervengewebes wichtigen Sinneseindrücke erhält. Die *Corallen* und *Hydroidpolypen* können uns hierfür als Beispiele dienen, da bei ihnen das Ectoderm nach allen Richtungen hin von einem subepithelialen zarten, spinnewebeartigen Netz von Nervenzellen, welches auch auf das Entoderm übergreift, durchsetzt wird (Fig. 52).

Diffuses Nervensystem.

2. Aus der diffusen Form lassen sich die übrigen Hauptformen durch Lokalisation ableiten, welche wohl hauptsächlich dadurch bedingt ist, daß manche Stellen zur Aufnahme von Sinneseindrücken und daher auch zur Entwicklung nervöser Teile geeigneter gelagert sind, als ihre Nachbarschaft. Bei den *Medusen* ist der Rand der Glocke eine solche Stelle, weshalb hier ein kräftiger, an Ganglienzellen auffallend reicher Nervenstrang verläuft. Man kann denselben, ebenso wie den Ringnerven und die 5 Ambulacrarnerven der *Echinodermen* ein strangförmiges Centralorgan nennen und davon den Rest des Nervennetzes als peripheres Nervensystem unterscheiden.

Strangförmiges Nervensystem.

3. Vielerlei Übergangsformen leiten uns zu dem gangliösen Centralnervensystem der *Würmer*, *Mollusken* und *Arthropoden* (Fig. 73). Das Centralnervensystem besteht hier aus zwei oder mehreren Ganglien; jedes Ganglion ist ein rundes Knötchen gesetzmäßig angeordneter Nervenfasern und Ganglienzellen. Jene bilden den Kern des Knötchens und verursachen, indem sie sich nach allen Richtungen durchkreuzen und reich verästelte Dendriten abgeben, das Bild einer feinen Körnelung, was den ungeeigneten, weil leicht irreführenden Namen „Leydigsche Punktsubstanz“ veranlaßt hat. Die Ganglienzellen dagegen häufen sich zu einer dicken Rindenschicht um die Leydigsche Punktsubstanz an. Aus der centralen

Ganglienknoten.

Nervenmasse hervor treten die peripheren Nerven, desgleichen die Commissuren, wie man die zu anderen ähnlichen Ganglienknoten verlaufenden Verbindungsstränge nennt.

Da nun die meisten Tiere symmetrisch gebaut sind, findet man die Ganglien paarig gruppiert. Ein linkes und ein rechtes Ganglion entsprechen einander und sind durch einen Strang von Nervenfasern, die Quercommissur, einheitlich verbunden. Am konstantesten sind zwei Ganglien, welche dorsal über dem Anfangsdarm liegen und daher die oberen Schlundganglien oder auch Hirnganglien heißen. Wenn noch weitere Ganglien vorkommen, so liegen dieselben ventral und unter dem Darm (Bauchmark).

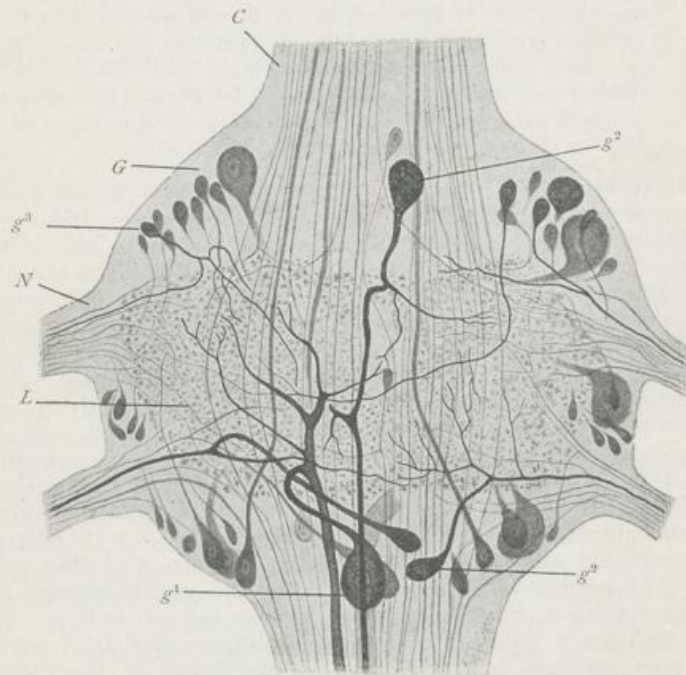


Fig. 73. Drittes abdominales Bauchganglion des Flußkrebse (nach Retzius). C Connective oder Längscommissuren, G Ganglienzellenschicht, g^1 Ganglienzellen, deren Neuriten in die Längscommissuren treten, g^2 Ganglienzellen, deren Neuriten in die peripheren Nerven eintreten, L Leydigsche Punktsubstanz, N periphere Nerven.

Strickleiter-
nerven-
system.

Eine weit verbreitete Einrichtung ist die als Strickleiternnervensystem (Fig. 74) bezeichnete Form (*Anneliden* und *Arthropoden*). Zahlreiche Ganglienpaare (im vorliegenden Beispiel neun) liegen auf der Bauchseite des Tieres hintereinander und sind durch Längscommissuren (Connective) verbunden, und zwar entsprechen den linken und rechten Ganglien auch linke und rechte Commissuren. Das erste Paar der Reihe wird von den unteren Schlundganglien gebildet, welche nach vorn zwei links und rechts den Darm umgreifende Commissuren zu den oberen Schlundganglien entsenden. Obere und untere Schlundganglien nebst den Schlundcommissuren bilden den Schlundring, einen Nervenring, welcher den Anfangsteil des Darms umfaßt.

4. Die röhrlige Form des Nervensystems findet sich nur bei den *Wirbeltieren* (Fig. 75) und den den *Wirbeltieren* sehr nahe stehenden Larven der *Tunicaten*. Hirn und Rückenmark der *Wirbeltiere* kann man als die in verschiedener Weise entwickelten Abschnitte einer Röhre mit stark verdickten Wandungen auffassen. Im Centrum liegt der äußerst enge Spinalkanal, welcher sich nach vorn in die einzelnen Hirnventrikel erweitert. Auf einem Querschnitt sieht man um den Spinalkanal herum die Nervelemente genau im entgegengesetzten Sinne gruppiert wie bei den Ganglienknoten. Zu äußerst liegt eine Schicht Nervenfasern (die weiße Substanz der menschlichen Anatomie); nach innen davon folgt ein aus Ganglienzellen und Nervenfasern gebildeter Kern (die graue Substanz), welcher durch ein besonderes Epithel (Ependym) gegen den Centralkanal abgegrenzt wird. Umgewandelte Stützzellen liefern den nervösen Teilen das unter dem Namen Glia (Neuroglia) bekannte Gerüst.

Fig. 74.

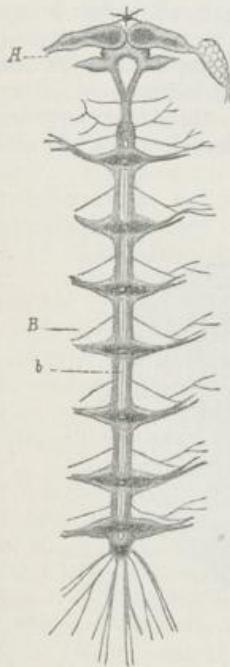


Fig. 75.

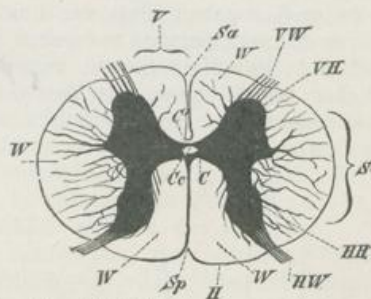


Fig. 74. Strickleiternnervensystem von *Porcellio scaber* (Assel). A Hirn, B Bauchmark, durch die Schlundcommissuren mit dem Hirn verbunden, b ein früher als Sympathicus gedeuteter Strang (nach Leydig).

Fig. 75. Querschnitt durch das Rückenmark des Menschen (aus Wiedersheim), schwarz die graue, weiß die weiße Substanz; Cc Centralkanal, umgeben von der vorderen und hinteren Commissur (CC), Sa, Sp Sulcus anterior und posterior, letzterer übergehend in die Fissura posterior, VH, HW vordere und hintere Nervenwurzel, HH Vorder- und Hinterhorn der grauen Substanz, V, S, H Vorder-, Seiten- und Hinterstränge der weißen Substanz (W).

Fast für alle Tierabteilungen hat sich nachweisen lassen, daß das Centralnervensystem aus dem Ectoderm entsteht. Bei vielen Tieren liegen daher die Nervenstränge und Ganglienknoten dauernd in der Haut, bei anderen nur während der Entwicklung, um später durch Abspaltung oder Einfaltung losgelöst und in tiefere Körperschichten verlagert zu werden (Fig. 9, S. 30). Bei *Wirbeltieren* und anderen höheren Tiergruppen kennt man außer dem Körpervernersystem ein besonderes Nervensystem für die der Beeinflussung durch den Willen entzogenen vegetativen Organe, den Sympathicus.

III. Sinnesorgane. Was wir vom Wesen der Außenwelt wissen, gründet sich auf die Erfahrungen, welche wir durch unsere Sinnesorgane

gemacht haben. Wir kennen daher die Außenwelt nur insoweit, als sie den von Urteilskraft genau kontrollierten und geschärften Sinnen zugänglich ist. So kommt es, daß die aus der menschlichen Physiologie stammende Unterscheidung von 5 Sinnen, Tast- oder Hautsinn, Geruchs-, Geschmacks-, Gehörs- und Gesichtssinn, auf das ganze Tierreich übertragen wurde. A priori kann allerdings die Möglichkeit nicht bestritten werden, daß bei den Tieren, namentlich solchen, die wie die Wasserbewohner unter ganz anderen Lebensbedingungen existieren, Sinnesempfindungen vorkommen, welche uns gänzlich fehlen. Im Verfolgen dieses Gedankenganges ist man sogar zur Aufstellung eines „sechsten Sinnes“ gelangt, eine Bezeichnung, die heutzutage schon deshalb nicht mehr berechtigt ist, als wir auch beim Menschen mit der Annahme von 5 Sinnen nicht auskommen. Unter dem Namen Hautsinn ist Tastgefühl, Temperatursinn, Schmerzgefühl inbegriffen. Dazu kommen als weitere Sinne das Muskel- und Balancegefühl.

Ein weiterer, noch wichtigerer Grund für die Erscheinung, daß unsere Kenntnisse vom Sinnesleben der Tiere sehr fragmentarischer Natur sind, ist dadurch gegeben, daß wir uns zurzeit bei der physiologischen Deutung von Sinnesapparaten nur selten auf Experimente stützen können und somit auf Schlußfolgerungen aus dem Bau angewiesen sind. Der Bau mancher Sinnesorgane, wie der Geruchs- und Geschmacksorgane, ist aber keineswegs so charakteristisch, daß er allein schon zur physiologischen Deutung berechtigte.

Fig. 76.

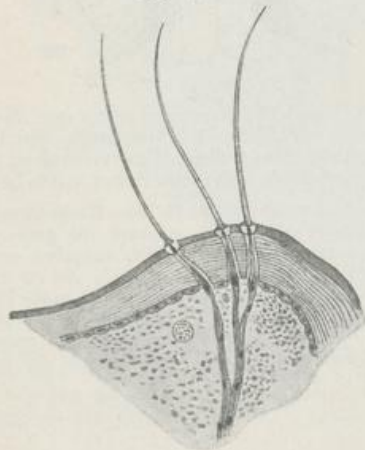
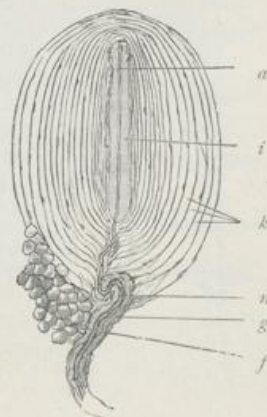


Fig. 77.

Fig. 76. Tasthaare einer Krabbe (*Cyrtomaja Suhmi*) nach Doflein.Fig. 77. Vater-Pacinisches Körperchen aus dem Mesenterium der Katze; *a* Achsencylinder, *i* Innenkolben, *k* Kapseln mit Kernen, *n* markhaltige Nervenfasern, *g* Blutgefäß, *f* Fettgewebe (aus Stöhr).

Tastorgane.

Als **Tastorgan** funktioniert die Haut der Tiere meist wohl in ganzer Ausdehnung, wenn auch nicht überall mit gleicher Intensität. Hervorragende Partien, wie die Tentakelkronen der *Polypen* und vieler *Würmer*, die Fühler der *Arthropoden* und *Schnecken*, werden auf die Benennung immerhin besonderen Anspruch machen können. Zum Tasten dienen Epithelzellen, welche mit starren, über die Oberfläche ragenden

Haaren, den Tastborsten oder Tasthaaren versehen sind (Fig. 76). Nur bei den *Wirbeltieren* finden die Tastnerven meist unter dem Epithel in besonders modifizierten Endorganen, den Meißnerschen oder Tastkörperchen etc., ihr Ende. Hierher gehören auch die merkwürdigen Pacinischen Körperchen (Fig. 77).

Geruchs- und Geschmacksorgane sind nur bei den *Wirbeltieren* mit Sicherheit bekannt. Das Geruchsorgan der *Fische* besteht aus zwei Grübchen der Haut dorsalwärts von der Mundspalte. Bei den luftatmenden *Wirbeltieren* werden die bei ihrer Anlage ebenfalls der Haut angehörenden Geruchsgrübchen in die dorsale Wand der Nasengangengänge aufgenommen, zweier zur Atmung dienender, von der Körperoberfläche zur Mundhöhle führender Kanäle. Da nun die im Epithel der Grübchen verteilten Riechzellen häufig durch Büschel von Riechhaaren ausgezeichnet sind, da ferner auch das Epithel der Umgebung öfters bewimpert ist, so ist man geneigt, bei wirbellosen Tieren (z. B. *Medusen*, *Cephalopoden*) flimmernde, von Nerven versorgte Hautgruben oder Sinnesapparate in der Nachbarschaft von Atmungsorganen (Osphradium der *Mollusken*) für Riechorgane zu erklären. Indessen gibt es Ausnahmen. Bei den *Arthropoden* hat das Experiment es wahrscheinlich gemacht, daß die Antennen zum Riechen dienen. Hier kann die Sinnesempfindung nur an gewisse modifizierte Haare, die Riechröhrchen der *Crustaceen* und die Rieckegel der *Insecten*, geknüpft sein. — Was nun die Geschmacksorgane anlangt, so wird man Nervenendigungen im Bereiche der Mundhöhle als solche deuten, da die Geschmacksorgane der *Wirbeltiere*, die sogenannten Geschmacksknospen, in der Mundhöhle, besonders reichlich auf der Zunge, liegen.

Geruchs-
organe, Ge-
schmacks-
organe.

Gehörorgan und Auge nennt man die höheren Sinnesorgane, weil sie für unser gesamtes Erkennen von viel größerer Bedeutung sind als die übrigen Sinnesorgane, indem sie Empfindungen vermitteln, welche qualitativ und quantitativ eine viel genauere Bestimmung zulassen. Gehör und Auge haben daher einen komplizierten und charakteristischeren Bau, welcher ein leichtes Wiedererkennen ermöglicht, zumal da zu den Sinneszellen selbst fast stets leicht kenntliche Hilfsapparate hinzutreten.

Gehör.

Die **Gehörorgane** der *Wirbeltiere* und der meisten übrigen Tierstämme lassen sich auf eine einfache Grundform, das Hörbläschen, zurückführen (Fig. 78). Dasselbe besitzt eine epitheliale Wandung, einen flüssigen Inhalt, das Hörwasser oder die Endolymphe, und einen einzigen oder zahlreiche zu einem Haufen zusammengeballte „Hörsteine“ oder „Otolithen“. In einem bestimmten Bereich der epithelialen Wandung sind die Zellen zur Crista acustica, der Hörleiste, entwickelt; sie stehen mit dem Hörnerven (Nervus acusticus) in Verbindung und tragen die in die Endolymphe hineinragenden Hörhaare. Die Otolithen selbst sind Concretionen von kohlensaurem oder phos-

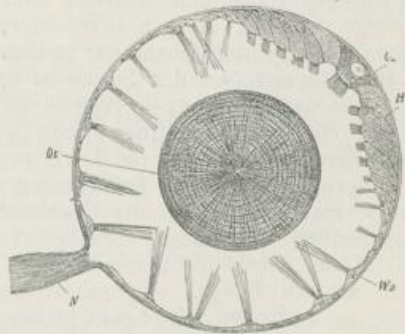


Fig. 78. Hörbläschen (Statocyste) eines Mollusks (*Pterotrachea*). N Hörnerv, Hh Hörzellen mit der Centralzelle, Cz, Wz Wimperzellen, Ot Otolith (nach Claus).

phorsaurem Kalk (ausnahmsweise bei *Mysis* von Fluorcalcium); sie schweben meist frei im Centrum des Bläschens und werden häufig von Flimmerbüscheln, die von den nicht sensibeln Epithelzellen der Wand ausgehen, oder in mannigfach anderer Weise in ihrer Lage gehalten.

Jedes Hörbläschen entwickelt sich durch eine grubenförmige Einstülpung der Haut und ist somit vorübergehend ein Hörgrübchen. Daher darf es uns nicht wundern, daß das Organ bei vielen Tieren dauernd auf dieser niederen Entwicklungsstufe stehen bleibt, wie z. B. die *Flußkrebse* ein offenes Hörorgan oder Hörgrübchen besitzen. Andererseits kann das Hörbläschen zu einem äußerst verwickelten Hohlraumssystem auswachsen, so namentlich bei den *Säugetieren* (Fig. 79),

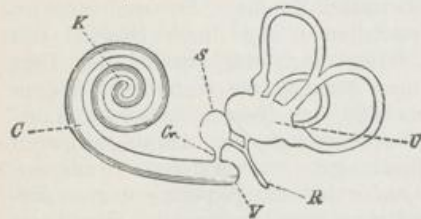


Fig. 79. Schema des menschlichen Labyrinths. *U* Utriculus mit den halbkreisförmigen Kanälen, *S* Sacculus, durch den Canalis reuniens (*Cr*) mit der Schnecke (*C*) verbunden, *R* Recessus labyrinthi, *V* Schneckenblindsack, *K* Kuppelblindsack (aus O. Hertwig).

wo es durch eine Einschnürung in den Sacculus und den Utriculus zerlegt wird. Der Sacculus ist mit einem spiral gewundenen Blindsack, der Schnecke, der Utriculus mit den drei Bogengängen versehen. Zum Hörbläschen, welches man wegen seines verwickelten Baues „Labyrinth“ nennt, treten bei den *Säugetieren*, wie den meisten *Wirbeltieren* die schalleitenden Apparate hinzu und verleihen dem Gehörorgan einen außergewöhnlich komplizierten Bau.

Da es nun Tiere gibt, welche, ohne Hörblasen zu besitzen, gut hören, wie *Spinnen* und *Insecten*, müssen wir annehmen, daß die Gehörorgane derselben nach einem anderen Typus gebaut sind. Sichereres weiß man jedoch nur über die tympanalen Hörorgane der *Heuschrecken*.

Experimente an Repräsentanten der verschiedensten *Wirbeltier*-Klassen haben zu dem Resultat geführt, daß die drei senkrecht aufeinander stehenden Bogengänge das Gefühl für die Gleichgewichtslage des Körpers vermitteln, während zum Hören bei den *Säugetieren* die Schnecke, bei den übrigen *Wirbeltieren* die der Schnecke vergleichbare Lagena dient. Entsprechend der rudimentären Beschaffenheit ihrer Lagena ist das Hörvermögen der Fische so unvollkommen entwickelt, daß man lange Zeit dasselbe ganz in Abrede stellte und das Labyrinth der Fische nur als ein Balancesinnesorgan gelten lassen wollte. Denn nach seiner Zerstörung fangen die Tiere an zu taumeln und das Gleichgewicht zu verlieren. Von diesen Erfahrungen ausgehend, haben neuere Forscher den Beweis geführt, daß die Hörbläschen der meisten wirbellosen Tiere ausschließlich oder doch vorwiegend Organe des Gleichgewichtssinnes sind. Dann würde die Bedeutung des Otolithen verständlich sein. Derselbe, als ein Körper von relativ ansehnlichem spezifischem Gewicht, würde je nach der Gleichgewichtslage des Körpers die Crista acustica in verschiedener Weise beschweren und in Erregung versetzen. Er würde daher besser Statolith, das „Hörbläschen“ Statocyste genannt werden.

Schorgane.

Erregbarkeit durch Licht ist eine bei Tieren und Pflanzen weit verbreitete Erscheinung; in ihren einfachsten Formen äußert sie sich darin, daß Organismen beleuchtete Stellen aufsuchen oder vermeiden (positive und negative Phototaxis). Phototaxis findet sich auch da,

wo keine lichtempfindenden Elemente vorhanden sind (*Infusorien*, *Hydra*, viele *Würmer*); sie erfährt eine Steigerung, wenn besondere Sehzellen, d. h. lichtempfindliche mit Nerven verbundene Zellen, dem Epithel der Körperoberfläche oder auch tiefer liegenden, dem Licht noch zugänglichen

Fig. 84.

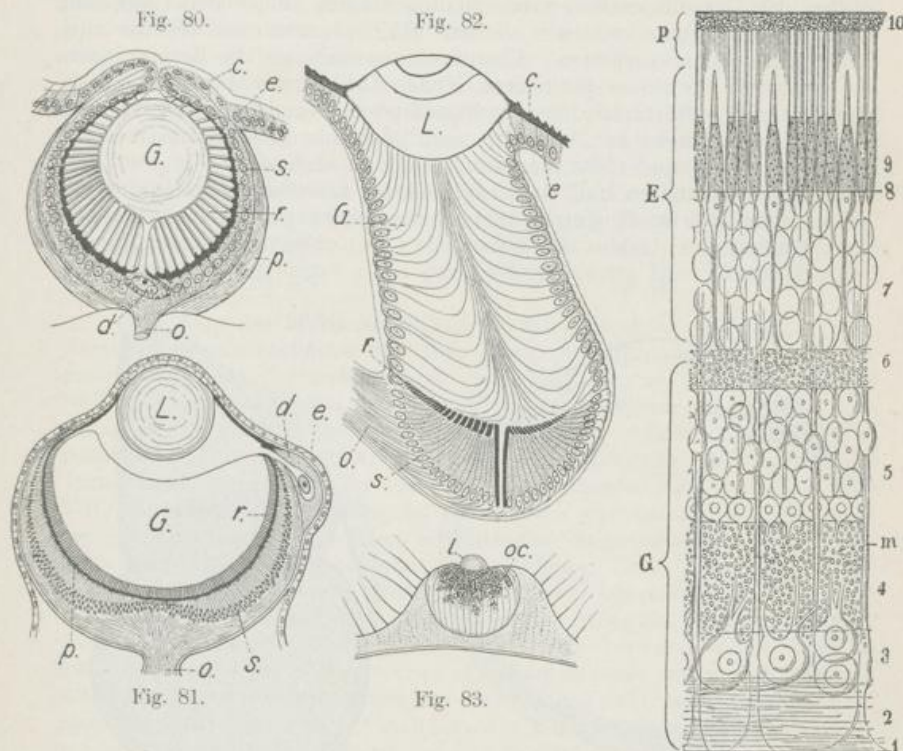


Fig. 80—81. Augen von Anneliden. Fig. 80. *Phyllodoce laminosa* nach Hesse. Fig. 81. *Nauphanta colex* nach Greeff und Hesse. Fig. 82. Larve von *Acilius sulcatus* nach Grenacher. Fig. 83. *Lizzia köllikeri*. c Cuticula, e Epidermis, G Glaskörper, L Linse, r Rabdome der Retina, d Drüsenzelle, die den Glaskörper ausscheidet, s Sehzellen, Sehnerv, p Pigment (Führungslinie in Fig. 80 nicht weit genug ausgezogen), oc Ocellus.

Fig. 84. Retina des Menschen (nach Gegenbaur). P Pigmentschicht, E Schicht der Sehzellen, G Ganglion opticum. 1 Limitans interna, 2 Nervenfaserschicht, 3 Ganglienzellen, 4 innere reticuläre Schicht, 5 innere Körnerschicht, 6 äußere reticuläre Schicht, 7 äußere Körnerschicht, 8 Limitans externa, 9 Stäbchen und Zapfenschicht, 10 Tapetum nigrum, m Müllersche Fasern.

Gewebe eingelagert sind (*Regenwurm*, *Amphioxus*). Wenn zahlreiche Sehzellen zu einer zusammenhängenden Schicht sich zusammenfügen, nennt man dieselbe Retina oder Netzhaut. Schon auf den niedersten Entwicklungszuständen bekunden die Sehzellen nahe Beziehungen zu Pigmentanhäufungen, welche in den Zellen selbst oder ihrer Umgebung zustandekommen; dieselben sind für die Lichtperception nicht nötig, wie die Sehfähigkeit albinotischer, pigmentfreier Augen zeigt; sie müssen aber offenbar die Lichtempfindlichkeit in hohem Maße steigern; denn die Pig-

mentierung ist eine so weit verbreitete Eigentümlichkeit, daß man die einfachsten Augen als scharf umgrenzte Pigmentflecke definieren kann, denen nicht selten eine das Licht konzentrierende biconvexe Linse vorgelagert ist (Fig. 83).

Von derartigen Anfängen, welche offenbar nur zur Unterscheidung von Hell und Dunkel geeignet sind, findet man in der Tierreihe alle Stufen der Vervollkommenung bis zu den scharfe Bilder der Umgebung entwerfenden Augen, wie wir sie bei *Wirbeltieren* und offenbar auch bei *Cephalopoden* vorfinden. Es vervollkommt sich die Retina, indem die Sehzellen an ihrem peripheren Ende Rhabdome entwickeln, stäbchenförmige Aufsätze, die die Lichtperception vermitteln und bei den Wirbeltieren zumeist in „Stäbchen“ und „Zapfen“ differenziert sind, von denen ein jedes wieder aus Innen- und Außenglied besteht (Fig. 84, 7, 9).

Bei Wirbeltieren und vielen Wirbellosen findet man die Retina von einem roten Farbstoff durchtränkt, dem Sehpurpur, der sich unter dem Einfluß des Lichtes rasch zersetzt, aber ebenso rasch sich wieder

Fig. 85.

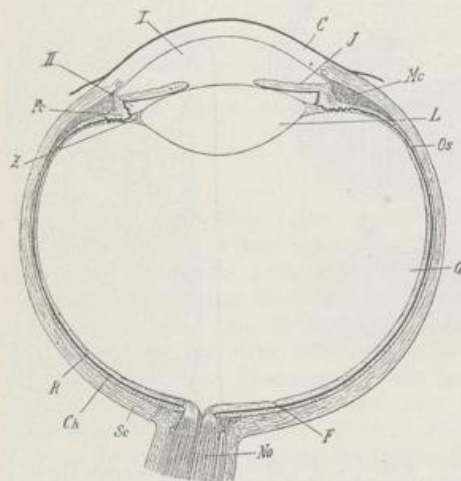


Fig. 86.

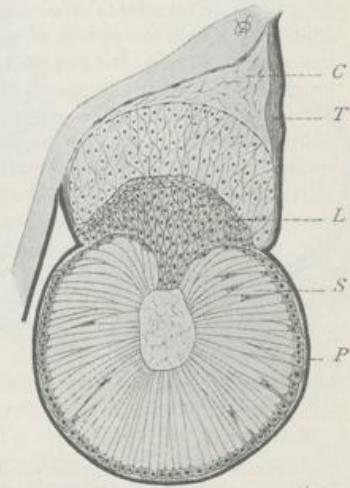


Fig. 85. Horizontalschnitt durch das menschliche Auge (nach Toldt und Grobben). C Cornea, I vordere, II hintere Augenkammer, L Linse, G Glaskörper, J Iris, Mc Musculus ciliaris, Pc Processus ciliaris, Z Zonula Zinnii, Ch Chorioidea, Os Ora serrata, Fv Fovea centralis (Stelle des schärfsten Sehens), R Retina, No Nervus opticus, Sc Sclera.

Fig. 86. Leuchtorgan von *Chaetodon* (nach Brauer). C Cutis, T reflectierendes Tapetum, L Linse aus dunkleren und helleren Zellenlagen bestehend, S leuchtende Secrezellen, P Pigmentschicht.

regeneriert und offenbar eine für den Sehakt wichtige Rolle spielt. In den Verlauf des Sehnerven schalten sich zahlreiche Ganglienzellen ein und bilden das Ganglion opticum (Fig. 84 u. 346), bei Wirbellosen einen außerhalb des Auges liegenden kompakten Körper, bei Wirbeltieren eine Anzahl der Retina zugezählter Schichten (Nervenfaserschicht, Schicht der Ganglienzellen), reticulirte innere Schicht, innere Körnerschicht (Kerne von bipolaren Ganglienzellen), reticulirte äußere Schicht, welche sich der Retina im engeren Sinne (L), der Schicht der Sehzellen (äußere Körner mit Stäbchen und Zapfenfasern und ihren Rhabdomen) anfügen.

Soll auf der Retina ein scharfes Bild entworfen werden, so müssen die von einem Punkt ausgehenden Lichtstrahlen durch besondere lichtbrechende Körper (Linse, Cornea) auf ihr wieder vereinigt werden; dazu bedarf es eines Zwischenraumes zwischen dem dioptrischen Apparat und der Retina. Die Retina wird daher zu einer Art Camera obscura eingefaltet, der so entstandene Zwischenraum mit durchsichtigem Material, dem Glaskörper (durchsichtige Zellen oder Gallerte), ausgefüllt (Fig. 80 bis 82). Zur Regulierung des Lichteinfalls entsteht die Iris, eine Pigmentmembran mit centraler Öffnung, der Pupille, deren Weite durch die verschiedenen Contractionszustände der Iris der Lichtstärke entsprechend reguliert werden kann. Zur besseren Ernährung entwickelt sich die blutgefäßreiche Chorioidea, zum Schutz eine feste, Sclera benannte Hülle. In der Art, wie sich diese verschiedenen Vervollkommnungen entwickeln und kombinieren, herrscht in den einzelnen Tierklassen eine wunderbare Mannigfaltigkeit. Selbst Augen, die im Bau einander sehr ähnlich sind, wie die der *Wirbeltiere* und *Cephalopoden*, zeigen ontogenetisch und phylogenetisch betrachtet einen ganz verschiedenen Entwicklungsgang.

Das Auge der *Wirbeltiere* (Fig. 85) ist vielfach ein nahezu kugelliger Körper, dessen Oberfläche von einer festen Membran gebildet wird. Im größten Teil der Circumferenz ist diese Membran undurchsichtig, fibrös oder knorpelig, und heißt Sclera oder Sclerotica; nur im vorderen Abschnitt ist sie glashell durchsichtig und bildet hier vermöge ihrer stärkeren Krümmung einen uhrglasförmigen Aufsatz, die Cornea. Nach innen von der Sclera liegt die Chorioidea, eine bindegewebige, pigment- und blutgefäßreiche Hülle, welche an der Grenze von Sclera und Cornea in die Iris übergeht. Die Iris, der Sitz der Augenfärbung, ist in ihrer Mitte von der Pupille durchbohrt, einer Öffnung, deren wechselnde Größe den Lichteinfall reguliert. Nach innen von der Chorioidea folgt zunächst eine Lage schwarzer Zellen, das Tapetum nigrum, und endlich die Netzhaut oder Retina selbst, die Ausbreitung des am hinteren Ende in das Auge eintretenden Sehnerven. Tapetum nigrum und Retina gehören entwicklungsgeschichtlich zusammen und endigen daher auch beide gemeinsam am Rand der Pupille, nachdem die Retina schon vorher in einiger Entfernung vom äußeren Rand der Iris an der Ora serrata ihren nervösen Charakter verloren hat.

Der Binnenraum des Auges wird von krystallklaren Massen, dem Corpus vitreum, dem Humor aqueus und der Linse, vollkommen ausgefüllt. Unter ihnen ist die Linse für den Sehakt am wichtigsten, da sie nächst der Cornea den Gang der Lichtstrahlen am meisten beeinflusst. Sie liegt hinter der Iris befestigt an dem vorderen Rand der Chorioidea, welche hier zu dem Corpus ciliare umgewandelt ist. Vor ihr befindet sich die seröse Flüssigkeit des Humor aqueus in der sogenannten hinteren Augenkammer, zwischen Linse und Iris, und in der vorderen Augenkammer, zwischen Iris und Cornea. Den viel ansehnlicheren einheitlichen Raum hinter der Linse füllt ein gallertartiger Gewebskörper, der Glaskörper oder das Corpus vitreum, aus. Durch den optischen Effekt von Cornea, Linse und Glaskörper wird im Augenhintergrund auf der Retina ein umgekehrtes Bild der Umgebung entworfen. — Bei vielen Wirbeltieren findet sich innerhalb der Chorioidea das Tapetum lucidum, welches das sogenannte Leuchten der Augen veranlaßt (Katzen); es ist eine bald zellige, bald aus Faserzügen aufgebaute Schicht, welche das Licht so stark reflectiert, daß wenige von außen eindringende Licht-

Bau des
Wirbeltier-
auges.

Leuchten
der Augen.

strahlen schon genügen, um den Augengrund zum Leuchten zu bringen. Dieser produziert das Licht somit nicht selbst. Damit das reflectierte Licht zur Geltung gelangen kann, muß das davor gelegene Tapetum nigrum pigmentfrei sein. Auch das Augenleuchten vieler Insecten und Spinnen wird durch reflectierende Strukturen im Augenhintergrunde verursacht.

Leucht-
organe.

Als augenähnliche Bildungen wurden lange Zeit eigentümliche Organe gedeutet, die besonders bei Organismen der Tiefsee (*Fischen, Crustaceen, Cephalopoden*) eine weite Verbreitung besitzen. Manche derselben haben sich als unzweifelhafte **Leuchtorgane** herausgestellt, für die übrigen ist die gleiche Deutung in hohem Grade wahrscheinlich. Es sind kugelige, in der Haut in regelmäßiger Zeichnung angeordnete, oft auch dem Auge angefügte Körper von sehr mannigfachem Bau. Viele haben histologisch eine große Ähnlichkeit mit Drüsen (Fig. 86). Die Zellen der Drüsensäckchen haben offenbar die Aufgabe, eine leuchtende Substanz abzuscheiden, deren Glanz wirksamer gemacht wird einerseits durch vorgelagerte, aus durchsichtigen Zellen bestehende, linsenförmige Körper (daher die frühere Deutung als Augen), andererseits durch Reflectoren, die aus stark irisierenden Zellen bestehen, aber nicht immer vorhanden sind. Das Ganze ist von einer nach außen geöffneten Pigmentschicht umschichtet. Wir haben es hier mit besonders gesteigerten Einrichtungen zu tun, wie sie bei außerordentlich zahlreichen marinen Organismen der verschiedensten Abteilungen vorkommen und dem Phänomen des Meerleuchtens zu grunde liegen, nur daß gewöhnlich die phosphoreszierenden Substanzen bei meerleuchtenden Tieren (*Noctiluca miliaris, Pyrosomen, Quallen, Corallen etc.*) im Körper weit verbreitet sind. Vielleicht dient die Konzentration des Leuchtstoffs in bestimmten Organen zur Erhellung der Umgebung behufs Erlangung der Nahrung, vielleicht auch nur als Erkennungszeichen zum Auffinden der Geschlechter. Im letzteren Falle würden sich Analogien mit den bei Insecten vorkommenden Leuchtorganen ergeben, die allerdings einen ganz anderen Bau besitzen.

Zusammenfassung der wichtigsten Punkte der Organologie.

1. Organe sind Gewebekomplexe, welche gegen ihre Umgebung zur Bildung eines Körpers von bestimmter Gestalt abgegrenzt sind und eine einheitliche Function verrichten; jedes Organ kann somit morphologisch (nach seinem Bau und seinen Lagebeziehungen) und physiologisch (nach seiner Function) charakterisiert werden.

2. Organe verschiedener Tierarten können physiologisch gleichwertig sein: analoge (gleichartig functionierende) Organe.

3. Organe verschiedener Tierarten können morphologisch gleichwertig sein: homologe (in gleichen Lagebeziehungen und gleicher Verbindungsweise auftretende) Organe.

4. Bei der Vergleichung der Organe zweier Tiere ergeben sich drei Möglichkeiten:

- a) sie sind homolog und analog zugleich.
 - b) sie sind homolog, aber nicht analog (Schwimblase der Fische, Lunge der Säugetiere).
 - c) sie sind analog, aber nicht homolog (Kiemen der Fische, Lungen der Säugetiere).
5. Die Organe teilt man ein in animale und vegetative.
6. **Animale** Functionen sind Functionen, welche zwar dem Pflanzenreich nicht vollkommen fremd, aber in ihm rudimentär entwickelt sind, welche dagegen im Tierreich ihre Fortbildung erfahren und das Charakteristische des Tieres ausmachen.
7. **Vegetative** Functionen sind in gleicher Vollkommenheit, wenn auch in verschiedener Weise, bei Pflanze und Tier ausgebildet.
8. Zu den animalen Organen gehören die Organe der Bewegung und Empfindung, d. s. die Muskeln, die Sinnesorgane, das Nervensystem.
9. Zu den vegetativen Organen gehören die Organe der Ernährung und der Fortpflanzung.
10. Unter Ernährung im weitesten Sinne verstehen wir nicht nur die Aufnahme und Verdauung von Speise und Trank, sondern auch die Aufnahme von Sauerstoff (Atmung), die Verteilung der Nahrung an die Körperprovinzen, die Entfernung des unbrauchbar Gewordenen.
11. Zu den Organen der Ernährung gehören daher nicht nur der Darm und seine Anhangsdrüsen, sondern auch die Atmungsorgane, das Blutgefäßsystem und die Excretionsorgane (Niere).
12. Zur Fortpflanzung dienen die männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane.
13. Beiderlei Geschlechtsorgane können auf 2 Tiere verteilt (Gonochorismus) oder in einem und demselben vereinigt sein (Hermaphroditismus).
14. Der höchste Grad von Hermaphroditismus wird erreicht, wenn ein und dieselbe Drüse (Zwitterdrüse) sowohl Eier wie Samenfäden erzeugt.
15. Häufig sind Geschlechtsorgane und Harnwege innig vereinigt; dann spricht man von einem Urogenitalsystem.

4. Promorphologie oder Grundformenlehre der Tiere.

Auf gesetzmäßiger Vereinigung verschieden functionierender Organe beruht der Bau der Einzeltiere. Die Organe nehmen dabei ein Lageverhältnis zueinander ein, welches für jeden einzelnen Tierstamm ein bestimmtes ist oder doch nur in untergeordneter Weise variiert. Vergleicht man die einzelnen Tierstämme mit Rücksicht auf das Anordnungsprinzip der Teile, so kommt man zur Aufstellung einiger weniger Grundformen, welche für den Morphologen eine ähnliche Rolle spielen wie die Grundformen der Krystalle für den Mineralogen. Nur darf man in Verfolgung dieses Vergleiches die Lehre von den Grundformen oder die Promorphologie der Tiere nicht als eine ebenbürtige Wissenschaft der Krystallographie zur Seite stellen wollen. Ein Krystall ist eine aus gleichartigen Teilen bestehende Masse; seine Form ist die notwendige und unmittelbare Folge der chemisch-physikalischen Beschaffenheit seiner Moleküle. Ein derartiger direkter Zusammenhang zwischen Molekularstruktur und Grundform ist bei den Organismen nicht vorhanden und kann nicht vorhanden sein, da schon jedes Organ sich aus vielerlei chemischen Verbindungen

zusammensetzt. Daher fehlt auch bei den Organismen die den Krystallen zukommende mathematische Regelmäßigkeit. Selbst bei Tieren, welche die größte Regelmäßigkeit in der Anordnung der Teile besitzen, fügen sich dieselben nicht sämtlich den Anforderungen der Grundform, so daß wir genötigt sind, größere oder kleinere Abweichungen unberücksichtigt zu lassen. Wenn wir z. B. den Menschen bilateral symmetrisch nennen, so müssen wir selbst erhebliche Asymmetrien unberücksichtigt lassen: daß die Leber auf die rechte, das Herz auf die linke Seite verschoben ist, daß der Darm in vollkommen asymmetrischer Weise verläuft usw.

Man kann nun durch den Körper eines Tieres nach den drei Dimensionen des Raumes drei aufeinander senkrechte, in einem Punkte sich schneidende Richtungslinien gezogen denken und nach deren Beschaffenheit den Körper charakterisieren; man nennt dieselben Körperachsen, obwohl sie keine Achsen im Sinne der Mathematik sind. Ferner kann man den Körper auch charakterisieren nach den Ebenen, in denen man ihn symmetrisch halbieren kann, den Symmetrieebenen. So kommt man zur Aufstellung folgender Grundformen:

1. asymmetrische, anaxone, irreguläre oder amorphe Grundform (Fig. 87),
2. allseitig symmetrische, homaxone, sphärische Grundform (Fig. 88),
3. radial symmetrische, monaxone Grundform (Fig. 89),
4. zweistrahlig symmetrische, einfach heteraxone Grundform (Fig. 90 und 91),
5. bilateral symmetrische, doppelt heteraxone Grundform (Fig. 92).

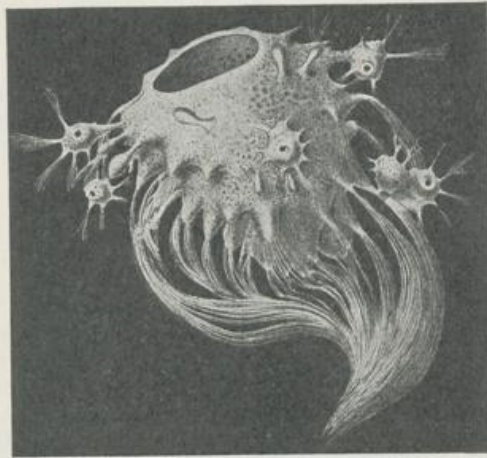


Fig. 87. *Lophocalyx (Polylophus) philippinensis* mit Knospen (nach F. E. Schulze).

stehen (viele Schwämme und viele Protozoen) Fig. 87.

2. Sphärische oder homaxone Tiere haben die Grundform der Kugel; die Teile des Körpers sind konzentrisch um einen feststehenden Mittelpunkt angeordnet. Alle Ebenen, die man durch den Mittelpunkt legt, sind Symmetrieebenen; alle durch den Mittelpunkt verlaufenden geraden Linien sind gleichwertig und gleich groß und können als Achsen benutzt werden (wenige kugelige Protozoen, namentlich Radiolarien).

1. Asymmetrisch oder anaxon nennen wir Tiere, bei denen die Anordnung der Teile in keiner Richtung des Raumes gesetzmäßig bestimmt ist, welche daher in jeder Richtung unregelmäßig weiter wachsen können. Bei ihnen ist kein in bestimmten Beziehungen zur Organisation stehender Mittelpunkt gegeben; es ist ferner unmöglich, den Körper in symmetrische Stücke zu teilen oder Achsen durch den Körper zu legen, welche in einem konstanten Verhältnis zu den Organen

3. Monaxonie oder Radialsymmetrie wird herbeigeführt, wenn in einer bestimmten Richtung das Wachstum und demgemäß auch die Bildung der Organe in anderer Weise sich vollzieht, als in den senkrecht dazu gestellten Richtungen. Wir nennen die Linie, welche diese Richtung bezeichnet, Hauptachse im Gegensatz zu den noch untereinander gleichen Nebenachsen oder Radien. Die Hauptachse kann als solche bestimmbar sein, weil sie länger oder kürzer ist als die Nebenachsen; sie kann aber auch gleich lang wie diese und dennoch genau bestimmt sein, indem in ihr gewisse Organe (z. B. die Mundöffnung) liegen, welche in den anderen Richtungen fehlen. Bei radial-symmetrischen Tieren sind die meisten Organe in größerer Anzahl vorhanden und gleichmäßig um die Hauptachse in der Richtung der Radien verteilt. Durch ein solches Tier kann man eine größere Anzahl Schnitte führen, welche durch die Längsachse gehen und den Körper symmetrisch halbieren. Gewisse Tierstämme, wie die meisten *Echinodermen* und *Cölenteraten*, sind mehr oder minder vollkommen radial-symmetrisch.

4. und 5. Die nächsten zwei Grundformen haben das Gemeinsame, daß drei ungleichwertige, aufeinander senkrecht stehende Achsen unterscheidbar sind, die man als Hauptachse, Quer- oder Transversalachse und Pfeil- oder Sagittalachse bezeichnet. Dies ist der Fall, wenn, abgesehen von der Hauptachse, auch in der Sagittalrichtung eine andere Organverteilung herrscht als in der Transversalrichtung, wenn in der ersteren Organe liegen, die in der letzteren fehlen, und umgekehrt. Dann sind zunächst, solange es sich nur um Ungleichwertigkeit der Achsen handelt, zwei Symmetrieebenen möglich; man kann das Tier symmetrisch teilen, 1. wenn man den Schnitt durch Haupt- und Transversalachse, 2. wenn man ihn durch Haupt- und Sagittalachse legt. Derartige zweistrahlig symmetrische Tiere sind die *Ctenophoren*, *Actinien* (Fig. 91) und *Corallen*.

Nehmen wir nun weiter an, daß die Enden der Sagittalachse ungleichwertig werden, daß nach dem einen Ende zu ganz andere Organe als nach dem entgegengesetzten liegen, dann erhalten wir die weitest verbreitete Grundform, die bilaterale Symmetrie. Die ungleichwertigen Enden der Sagittalachse nennt man „dorsal“ und „ventral“, womit dann ferner die Bezeichnungen „rechts“ und „links“ für die Enden der Transversalachse gegeben sind. Ein bilateral symmetrisches Tier kann man nur in eine linke und rechte Hälfte symmetrisch teilen durch einen in der Richtung von Längs- und Sagittalachse geführten Schnitt, den Median- oder Sagittalschnitt; ein Frontalschnitt (Schnitt durch Längs- und Querachse) ergibt stets ungleichwertige Teile, Rücken- und Bauchseite (Fig. 92).

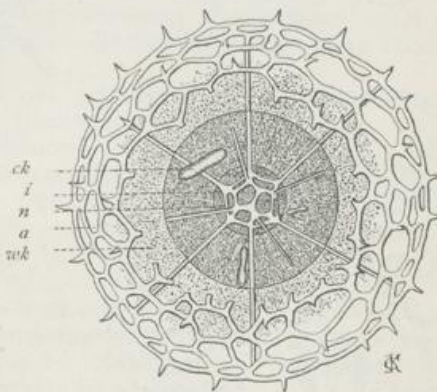


Fig. 88. *Haliomma erinaceus*. *a* äußere, *i* innere Gitterkugel, *ck* Centralkapsel, *wk* extrakapsulärer Weichkörper, *n* Binnenbläschen (Kern).

Antimeren und Metameren. Die symmetrischen Stücke eines Tieres nennt man Antimeren; jedes Antimer besitzt Organe, welche in seinem Nebenantimer ebenfalls vorkommen. Dem rechten Arm des Menschen entspricht der linke, dem

Fig. 89.

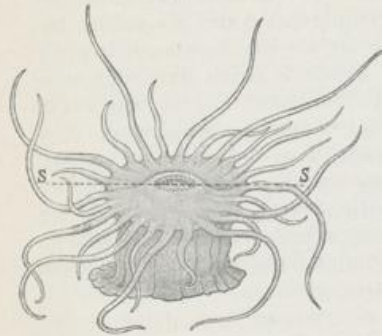


Fig. 91.

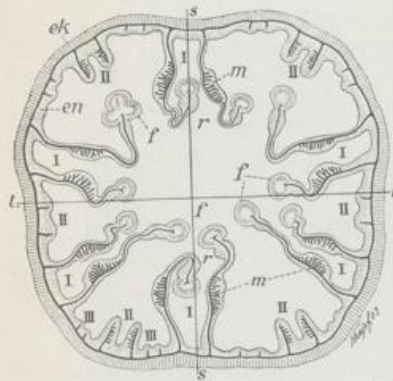


Fig. 89. *Anthemorphe elegans*, ss Sagittalachse.

Fig. 90. Junge *Chrysaora hysoscella* (nach Claus). I—I Perradien, II—II Interadien, gf Gastralfilamente.

Fig. 91. Querschnitt durch eine junge Actinie nach Boveri, ss Sagittalachse, tt Transversalachse; I, II, III Septen erster, zweiter und dritter Ordnung, f Mesenterialfilamente, r Richtungssepten, m Muskelfahnen.

Fig. 92. Querschnitt durch einen Fisch in der Höhe der vorderen Extremität. D V Sagittalachse, RL Transversalachse; a Aorta descendens, c Leibeshöhle, d Darm, Ch Chorda, g Schultergürtel, h Herz, m Muskeln, n vorderes Ende der Niere, p Pericard, ob obere Bogen, ub untere Bogen, r Rückenmark.

Fig. 90.

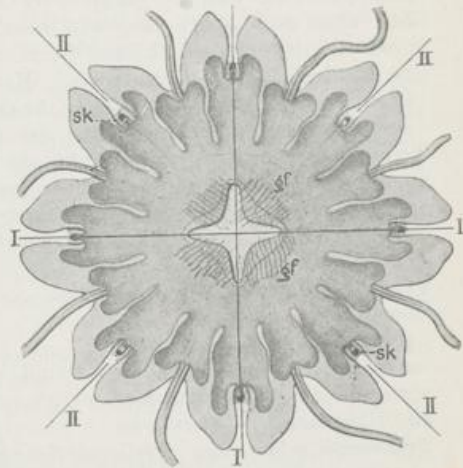
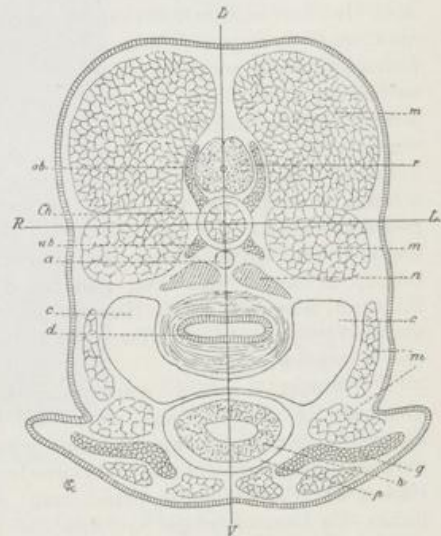


Fig. 92.



rechten Auge das linke etc. Dieselben Organe wiederholen sich somit in der Richtung der Querachse. Nun kommt es aber im Tierreich sehr häufig vor, daß eine Wiederholung der Organe auch in der Richtung

der Längsachse stattfindet, daß der Körper nicht nur aus symmetrischen Stücken, den Antimeren, sondern auch aus gleichartig aufeinanderfolgenden Teilen, den Metameren, zusammengesetzt ist. Dies führt uns auf den Begriff der Gliederung oder Segmentierung.

Von Gliederung oder Segmentierung spricht man, wenn der Körper eines Tieres aus zahlreichen Segmenten oder Metameren besteht (Fig. 58). Vielfach ist das äußerlich schon zu erkennen, wenn nämlich die Segmentgrenzen auf der Oberfläche durch Einkerbungen markiert sind (*Arthropoden* und *Anneliden*). Die „äußere Gliederung“ kann aber gänzlich fehlen und die Gliederung nur innerlich in der reihenweisen Aufeinanderfolge, in der metameren oder segmentalen Anordnung der Organe, zum Ausdruck kommen. Der *Mensch* ist z. B. innerlich gegliedert, weil unter anderem sein Skelett aus zahlreichen gleichwertigen Stücken, den Wirbeln, besteht, die in der Längsachse aufeinanderfolgen. Beim *Fisch* besteht auch die Muskulatur, wovon man sich an jedem gekochten Fisch leicht überzeugen kann, aus zahlreichen Muskelsegmenten. Bei dem auch äußerlich gegliederten *Regenwurm* kehren in jedem Segment die Ganglienknoten, die Gefäßschlingen, die Nierenkanälchen oder Segmentalorgane, die Borstenbüschel und die Scheidewände der Leibeshöhle wieder.

Die genannten Beispiele sind zugleich geeignet, um das Wesen der verschiedenen Formen der Gliederung, der homonomen und heteronomen Gliederung, zu erläutern. Der *Regenwurm* ist homonom gegliedert, weil die einzelnen Segmente im Bau einander außerordentlich gleichen und nur geringfügige Unterschiede zwischen dem Kopf, dem Hinterende und den Genitalsegmenten vorhanden sind. Die Menschen und alle Wirbeltiere sind dagegen heteronom gegliedert, weil die aufeinanderfolgenden Segmente trotz mancher Übereinstimmung einander sehr unähnlich geworden sind. Die Segmente des Kopfes haben eine ganz andere Bedeutung für den Gesamtorganismus wie die des Halses, der Brust oder gar der Schwanzregion. Zwischen den Segmenten eines heteronomen Tieres ist Arbeitsteilung eingetreten.

Die Unterschiede zwischen Heteronomie und Homonomie sind von hervorragendem physiologischem Interesse. Je verschiedenartiger die Segmente eines Tieres geworden sind, um so mehr sind sie, um normal funktionieren zu können, aufeinander angewiesen, um so einheitlicher zusammengefügt ist das Ganze, so daß die einzelnen Teile nur im Zusammenhang zu leben vermögen. Umgekehrt ist der Zusammenhalt der Teile um so lockerer, je gleichartiger sie sind, je mehr sie im Falle der Trennung für einander vicariieren können. Dies äußert sich am schönsten bei Verstümmelungen. Manche *Lumbriciden* kann man durchschneiden und beobachten, daß nicht nur jedes Stück für sich weiter lebt, sondern daß es sogar das Fehlende ergänzt (Regeneration). Wenn dagegen ähnliche Eingriffe heteronom gegliederte Tiere betreffen, tritt entweder sofort der Tod ein, wie bei den höheren *Wirbeltieren*, oder die Stücke leben nur noch kurze Zeit eine hoffnungslose Existenz weiter, wie die *Frösche*, *Schlangen*, *Insecten* etc. erkennen lassen. Immerhin besteht auch hier ein gewisses Maß von Regenerationsvermögen, welches aber bei zunehmender Vervollkommnung der Organisation eine Einschränkung erfährt. Während *Crustaceen*, *Amphibien* und *Reptilien* noch die Fähigkeit haben, z. B. verloren gegangene Extremitäten zu regenerieren, reicht das Regenerationsvermögen der Säugetiere nur noch zur Wundheilung. Bei der Gliederung wieder-

holt sich somit eine Erscheinung, welche im Tierreich eine weite Verbreitung besitzt und zu der höheren Entwicklung desselben beiträgt, zunächst tritt eine Vervielfältigung der Teile (hier der Segmente) ein, dann wieder eine Arbeitsteilung, so daß das Endresultat ein vielgestaltiges, trotzdem aber wieder einheitlich organisiertes Ganze ist.

II. Allgemeine Entwicklungsgeschichte.

Da jede Entwicklung mit einem Akt der Zeugung beginnt, so haben wir zunächst in diesem Kapitel zu erörtern, in welcher Weise Organismen neu entstehen können. Wenn wir hierbei allein das Gebiet des Beobachteten berücksichtigen wollten, so müßten wir uns an den alten Satz des berühmten Engländers Harvey halten: *Omne vivum ex ovo*, und, denselben modifizierend, sagen: *Omne vivum ex vivo*, daß jeder lebende Organismus von einem anderen lebenden Organismus abstammt. Wir müßten uns auf die Entstehungsweisen beschränken, welche man als *Tocogonie* oder *Elternzeugung* bezeichnet hat. Die große Bedeutung, welche jedoch die Lehre von der elternlosen Zeugung oder der *Urzeugung* in der Neuzeit durch die *Descendenztheorie* gewonnen hat, macht ein Eingehen auf dieselbe an dieser Stelle nötig.

1. *Generatio spontanea*. Archigonie.

Die alten Zoologen, selbst Aristoteles, gaben an, daß zahlreiche Tiere, darunter auch höher organisierte Formen, wie die *Frösche* und die meisten *Insecten*, aus dem Schlamm durch Urzeugung entstehen. Erst im 17. und 18. Jahrhundert fand diese Lehre ihre energischen Gegner in Spallanzani, Francesco Redi, Rüssel v. Rosenhof, Swammerdam u. a., welche den experimentellen Beweis beizubringen suchten, daß alle Tiere Eier legen, welche durch Samen befruchtet werden müssen, um sich weiter zu entwickeln. Gegenüber diesen überzeugenden Untersuchungen flüchtete sich die Lehre von der Urzeugung auf das Gebiet der Naturgeschichte der niederen Tiere. Sie fand hier neue Stützpunkte in dem Auftreten der Parasiten im Innern anderer Tiere, welche bei Beginn ihres Lebens zweifellos frei von Inwohnern gewesen sein mußten. Die Parasitologen nahmen an, daß die Parasiten aus dem überschüssigen plastischen Material ihrer Wirte vollkommen neu entstanden, bis durch eine Reihe epochemachender Arbeiten die Wege festgestellt wurden, auf denen die sich aus Eiern entwickelnden Jugendformen der Parasiten in den Körper ihres Wirtes hinein gelangen. — Als Beweis für die Lehre von der Urzeugung galt endlich bis in die Neuzeit die Tatsache, daß sich in gänzlich unbelebten Gläsern mit Wasser nach einiger Zeit tierisches und pflanzliches Leben bemerkbar macht, daß namentlich einzellige Organismen, *Infusionstierchen* etc., in solchen Gläsern auftreten, daß ferner organische Flüssigkeiten infolge der Entwicklung niederster Pflanzen, der *Bakterien*, in Fäulnis übergehen. Jetzt wissen wir, daß in allen diesen Fällen Keime von Organismen, welche durch die Luft verschleppt worden waren, Veranlassung zu der Neuent-