

und der Tiere von Grund aus umgestaltet haben, zumal der in Deutschland wirkenden oder hier ausgebildeten Forscher, ist eine so große, daß es im Rahmen unserer Darstellung nicht möglich ist, auch nur die hervorragendsten zu nennen, abgesehen davon, daß — glücklicherweise — noch so viele von ihnen am Leben sind.

Zweiter Abschnitt.

Zellen- und Gewebelehre.

Der menschliche Körper besteht, wie der der Tiere und Pflanzen, aus Organen. Die Organe oder deutsch „Werkzeuge“ bestehen wiederum aus einem oder aus mehreren „Gewebe“, die Gewebe aus einer verschieden großen Anzahl von Elementarteilen oder „Zellen“. Tiere und Pflanzen können aber auch aus nur einer Zelle bestehen: „einzellige“ Tiere oder Pflanzen. Ebenso gibt es Organe, die nur aus einer Zelle bestehen, z. B. einzellige Drüsen des Darms. Alle Lebewesen, auch die, welche aus einer unzähligen Menge von Zellen bestehen, gehen aus einer Zelle (Eizelle) hervor, die höheren Pflanzen und Tiere fast sämtlich durch Verschmelzung der Eizelle mit einer männlichen oder Samenzelle (Befruchtung).

Erstes Kapitel

Die Zelle.

Der Ausdruck Zelle stammt aus dem 17. Jahrhundert. Er verdankt seine Entstehung und jetzige Anwendung längst veralteten Anschauungen. Man hat ihn deshalb im 19. Jahrhundert durch andere Namen ersetzen wollen: Elementarorganismus (Ernst Brücke), Elementarteilchen, Elementareinheit, Plasmide (Ernst Haeckel), Energide (Sachs, von Kölliker), aber der kurze prägnante Ausdruck Zelle ist nicht auszurotten gewesen.

1665 wurde das Wort Zelle wohl zuerst von dem holländischen Botaniker Robert Hooke gebraucht; er bezeichnete damit die honigwabenhähnlichen Gewebe der Pflanzen, die, wie wir jetzt wissen, aus mehreren Zellen bestehen. Einige Jahre später beschreibt der Begründer der Mikroskopie, Marcello Malpighi, die Zelle als ein aus sehr zarten Häuten bestehendes Bläschen oder einen kleinen kammerähnlichen, mit fester Wandung versehenen und mit Flüssigkeit erfüllten Raum. 1764 versuchte Kaspar Friedrich Wolff, der Begründer der modernen Entwicklungsgeschichte, die Gefäße und Röhren der Pflanzen von der Zelle abzuleiten. 1781 wies Fontana den Kern, das Kernkörperchen und den granulierten Inhalt als besondere Bestandteile der Zelle nach. 1808 beobachtete Treviranus, daß die „Gefäße“ aus Zellen hervorgehen, was H. von Mohl

1830 bestätigte. In demselben Jahre sprach Meyer (Phytotomie) folgende Sätze aus: Die Pflanzenzellen treten entweder einzeln auf, so daß jede ein eigenes Individuum bildet (Algen und Pilze), oder sie sind in mehr oder weniger großen Massen zu einer höher organisierten Pflanze vereinigt. Auch hier bildet jede Zelle ein für sich bestehendes, abgeschlossenes Ganzes; sie ernährt sich selbst, sie bildet sich selbst und verarbeitet den aufgenommenen rohen Nahrungstoff zu sehr verschiedenartigen Stoffen und Gebilden. R. Brown wies 1830 nach, daß der von Fontana (s. o.) entdeckte, inzwischen wieder in Vergessenheit geratene Kern keinen nur gelegentlich, sondern einen in der Regel vorkommenden Bestandteil des Zellinnern darstellt. Den entscheidenden Schritt tat dann 1838 der Botaniker Matthias Schleiden in Jena, welcher den Zellkern mit der Entstehung der Zelle in nähere Beziehung brachte und auf seine große allgemeine Bedeutung für das Leben der Zelle überhaupt hinwies. Durch diesen Gedanken Schleidens wurde die Übertragung der Zelltheorie auch auf die tierischen Gewebe angebahnt, die durch Theodor Schwann 1839 erfolgte. Schwanns Verdienst ist erstens die Erkenntnis von der Bedeutung des Kerns, besonders für die Entstehung der Zelle, zweitens die Untersuchungen über die Entstehung der verschiedenen Gewebe aus den Zellen. Schwann bezeichnet mit Schleiden die Zelle als „ein kleines Bläschen“, welches in einer festen Membran einen flüssigen Inhalt einschließt.

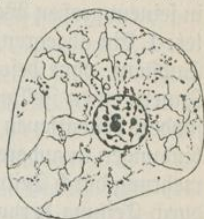


Fig. 1. Leberzelle, Frosch.
(Nach Flemming.)

Dieses Zellschema hat bis 1861 Gültigkeit gehabt. Schon Schleiden hatte in Pflanzenzellen außer dem flüssigen „Zellsaft“ eine weiche körnige, durchsichtige Substanz beobachtet, den „Pflanzenschleim“. S. von Mohl nannte ihn 1846 „Protoplasma“ und beschrieb dessen Lebenserscheinungen. 1842 wies Bischoff, 1845 Kölliker darauf hin, daß an vielen tierischen Zellen eine Membran nicht nachweisbar sei. Verschiedene Forscher beobachteten auch an tierischen Zellen Bewegungserscheinungen der Grundsubstanz, wie sie bei Pflanzenzellen schon im 18. Jahrhundert gesehen worden waren. Remak übertrug deshalb 1852 den Namen Protoplasma auf die Grundsubstanz der tierischen Zellen. Andere nannten sie bei Pflanzen und niederen Tieren „Sarkode“. Vor allem waren es Max Schultze und Ernst Brücke, die nachwiesen, daß die Zellmembran unwesentlich ist, also fehlen kann, daß das Wesentliche die Zellsubstanz (Protoplasma) und der Kern sind. Die tierische oder pflanzliche Zelle war somit nicht mehr mit einer Bienenzelle oder Mönchszelle zu vergleichen, da sie keinen

Hohlraum oder mit Flüssigkeit erfüllten Raum darstellt, sondern sie mußte als ein Teilchen oder „Klümpchen“ Protoplasma definiert werden.

Etwas 20 Jahre später mußte die Definition der Zelle abermals erweitert und verändert werden, hauptsächlich infolge der Entdeckung der bei der Zellteilung sich abspielenden Vorgänge. Die 1882 von Flemming in seinem großen Werk über die Zelle gegebene Begriffsbestimmung lautet: 1. Ein abgegrenztes (oder räumlich zentriertes) Klümpchen lebender Substanz, ohne besonders beschaffene Membran oder mit solcher; 2. im Innern einen Zellkern enthaltend, d. h. einen abgegrenzten, chemisch besonders beschaffenen Körper; 3. mit dem Vermögen, aufgenommene Verbindungen in andere umzuwandeln, d. h. also mit Stoffwechsel; 4. zur Vermehrung durch Teilung befähigt oder doch aus einem Wesen gleicher Art durch Teilung hervorgegangen („Omnis cellula a cellula“, Virchow); 5. mit besonderen Bauverhältnissen in seiner Substanz und in der des Kerns, derart, daß beide wesentlich aus Fäden und Zwischensubstanz zusammengesetzt sind.

Am Ende des vorigen Jahrhunderts mußte auch diese Definition etwas abgeändert, vor allem ein Zusatz gemacht werden, der sich auf ein damals noch kaum bekanntes, jetzt als wesentlich erkanntes Organ der Zelle, das Zentrosoma, bezieht. Die heutige Definition der Zelle lautet für den Satz 5: Der Zelleib besteht wesentlich aus miteinander meist negartig verbundenen Fäden, Körnchen und Zwischensubstanz, der Kern aus Netzstrukturen, Kernmembran und einem oder mehreren Kernkörperchen. Der Zusatz 6 lautet: Mit einem (oder zwei) im Zelleib, nahe dem Kern oder im Kern selbst befindlichen Zentrosoma oder Zentralkörperchen.

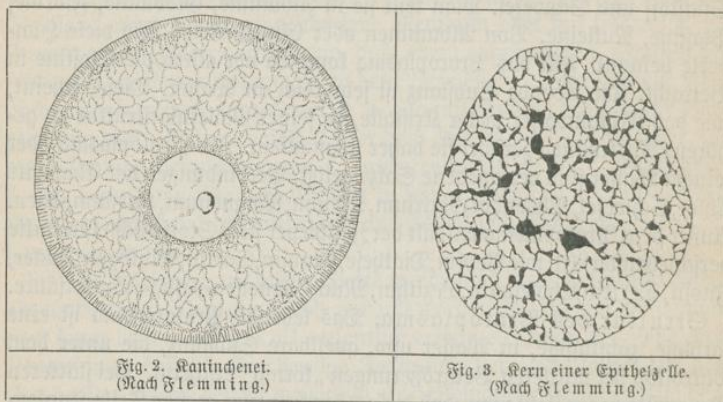
Wir müssen zunächst fragen: Was ist „Protoplasma“ oder „lebende Substanz“? Protoplasma ist ein morphologischer Begriff. Es ist eine Bezeichnung für ein, in bestimmten Strukturen auftretendes Gemenge von hochorganisierten, höchst veränderlichen Kohlenstoff-, besonders Eiweißverbindungen, mit verschiedenen physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften. Eine „Verbindung“ im Sinne der Chemie ist es nicht. Es läßt sich nicht in andere Stoffe oder Aggregatzustände überführen, ohne zerstört zu werden. Nägeli verglich es deshalb mit einer Marmorstatue, welche aufhört eine solche zu sein, wenn sie in kleine Stücke zer schlagen oder zu Kalk gebrannt ist. Noch besser erscheint der Vergleich mit einem Chronometer, den man im Mörser zerstoßt, um die Edelmetalle zu verwerten. Die künstliche Darstellung der lebenden Substanz wird also, selbst wenn es jemals gelingen sollte, Eiweißkörper aus den Elementen herzustellen, ein frommer Wunsch bleiben. D. Hertwig stellt einen solchen Versuch in eine Reihe mit den Bestrebungen, einen „Somunkulus“

auskristallisieren zu lassen: „Nach allen unseren Erfahrungen entstehen Protoplasmakörper auf keinem anderen Wege, als durch Fortpflanzung aus vorhandenem Protoplasma.“

Als wichtigste Stoffe in der lebenden Substanz sind die Proteinsubstanzen zu betrachten, deren außerordentlich komplizierte Struktur noch so ziemlich unbekannt ist. Sie enthalten Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel. Man teilt sie in Albumine, Globuline, Fibrine, Plastine, Mukleine. Von Albuminen oder Eiweiß-Arten sind viele Hunderte bekannt. Für das Protoplasma kommen vor allem die Plastine in Betracht. Die lebende Substanz ist sehr reich an Wasser. Dieses scheint, wie das Kristallwasser vieler Kristalle, zu seiner Molekularstruktur zu gehören; Austrocknen zerstört sie daher schon allein. Im Protoplasma oder seinem Wasser sind verschiedene Salze gelöst, Verbindungen der Elemente Chlor, Schwefel, Phosphor, Natrium, Kalium, Magnesium, Kalzium, Eisen. Außer dem Protoplasma enthält der Zellkörper stets Stoffwechselprodukte verschiedenster Art, wie Pepsin, Diatase, Myosin, Sarkin, Glykogen, Zucker, Inosit, Dextrin, Cholesterin, Lecithin, Milch-, Ameisen-, Essig-, Butter-säure.

Struktur des Protoplasma. Das lebende Protoplasma ist eine farblose, zähflüssige, in Wasser usw. quellbare Substanz, die unter dem Mikroskop bei mittleren Vergrößerungen „körnig“ erscheint. Bei stärkeren Vergrößerungen sieht man, daß diese Körnchen zum großen Teile Knotenpunkte von Netzen feinsten Fäden darstellen. Die Maschen der Netze haben verschiedene Formen, sind 3—6eckig oder rundlich; so bieten die Netze einmal ein siebförmiges, einmal ein gitterförmiges Aussehen dar. Werden die Fäden und ihre Knotenpunkte dicker, so entsteht ein schwammartiges Gerüst. Außer dieser von Carl Frommann (Jena) herrührenden Auffassung, der Netz- oder Gerüsttheorie, gibt es noch andere Darstellungen: 1. die Schaum- oder Wabentheorie von Bütschli; 2. die Granulatheorie von Altmann; 3. die Fadentheorie von Flemming; 4. eine Kombination der Granula- und Gerüstlehre von Reinke (1897), dem sich Waldeyer im wesentlichen angeschlossen hat. Hiernach besteht das Protoplasma aus einer homogenen Grundmasse oder Zwischen-substanz mit größeren Körnern. Man kann ihren Bau auch mit einem wabigen vergleichen. In den Wänden des wabigen Fachwerks liegen feinere Körnchen eingebettet, die sich zu Faden-netzen zusammenreihen. F. Arnold (Heidelberg) beschreibt Elemente von Stäbchenform oder dickere Fäden, auch Rungen, die durch feine Fortsätze zusammenhängen; zwischen diesen Plasmosomen liegt hyaline Substanz. Im Protoplasma kommen vielfach Baufallen (Hohlräume) vor, ferner geformte Einschlüsse verschiedener Art: Glykogen, Fett, Pigment, Eleidin, Dotterkörner und Eiweißkörnchen.

Die Zellmembran. (Fig. 2.) Abgesehen von dichteren Grenzschichten, Rindenmassen oder Häutchen, auch Krusten, kommen wirkliche Zellmembranen bei vielen Arten von Zellen vor, vor allen Dingen bei Eiern (s. Fig. 2) und Fettzellen. Die Membran ist entweder homogen oder besteht aus Körnchen oder Netzstrukturen, ähnlich wie z. B. die Leinwand. Zellverbindungen. Verbindungen von Zellen werden teils durch



Fortsätze der Zellsubstanz (Zellbrücken), teils durch einzelne Netzfäden hergestellt. Auch zwischen Zellen verschiedener Gewebe gibt es Verbindungen. Früher nahm man auch Verbindungen durch Kittsubstanz an. Nach Waldeyer (1900) ist dieser Begriff zu streichen, denn es handelt sich hier entweder um Lymphe oder um die sogenannte Grundsubstanz der Gewebe, besonders der Bindegewebe. Manche Forscher gehen so weit, daß sie angesichts der so zahlreichen Verbindungen zwischen gleichartigen und ungleichartigen Zellen den ganzen Körper als eine einheitliche Masse lebender Substanz, als ein Synchronium auffassen.

Der Zellkern. (Fig. 3.) Der Kern ist ein meist in den zentralen Abschnitten der Zelle gelegener, von deren Substanz durch eine Membran abgegrenzter, mit einem besonderen Bau versehener, häufig ein oder mehrere Kernkörperchen einschließender, meist kugelförmiger oder eiförmiger Körper, der sich physikalisch und chemisch von dem Zellkörper unterscheidet. Gelegentlich findet man Kerne mit Einkerbungen, gelappte, eiförmige, zylindrische, stabförmige und spindelförmige Kerne. Gewöhnlich besitzt die Zelle nur einen Kern, selten eine größere Anzahl (20, 30; Riesenzellen). Die Kernmembran ist nicht wasserdicht, sie besitzt Lücken, durch die Fäden durchtreten können. Manchmal erscheint sie doppelt. Das

Kerngerüst besteht aus Fäden (Netz mit Netzknoten). Durch viele Farbstoffe werden die Kerne rasch und intensiv gefärbt. Die den Farbstoff fixierende Substanz wird als Chromatin bezeichnet. Manche Farbstoffe, wie Karmin, Hämatogilin, Safranin, färben außer dem Kerngerüst auch die Grundsubstanz (Kernsaft) und das Protoplasma, andere Farbstoffe (besonders die Aniline) nur das Kerngerüst und die Kernmembran. Der Kern besteht aus Nuklein und Platin; der Kernsaft enthält Eiweißsubstanzen, aber der wichtigste Bestandteil des Kernes ist das Nuklein. Es enthält vor allem Phosphor.

Auch die Kernkörperchen enthalten Nuklein und Platin. In vielen Zellen kommt außer dem Kerne noch ein „Rebenkern“ vor.

Der Zentralkörper (Zentrosoma). Zentren, die bei der Zellteilung (s. u.) eine Rolle spielen, die nicht nur Punkte, sondern körperliche Gebilde darstellen, wurden bereits in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts in sich teilenden Zellen beobachtet, aber erst in den neunziger Jahren auch in ruhenden Zellen. Sie sind einfach oder doppelt, liegen gewöhnlich im Zellkörper dicht an der Kernmembran. Weiteres s. u.

Die Lebenserscheinungen der Zelle bestehen aus Bewegungen, Reizerscheinungen, Stoffwechsel und formativer Tätigkeit, Fortpflanzung und Befruchtung. Nur die Fortpflanzung der Zelle durch Teilung soll hier besprochen werden, das übrige gehört in die allgemeine Physiologie.

Entstehung der Zellen, Fortpflanzung, Teilung.

Nicht nur das Wachstum der Gewebe, Organe und des ganzen Körpers, sondern schon die bloße Erhaltung, der Wiederersatz absterbender Zellen beruht auf der Bildung von neuen Zellen. Diese entstehen, soviel wir wissen, ausschließlich aus schon vorhandenen Zellen durch Teilung. Die Eigenschaft, durch Teilung neue Zellen zu bilden, kurz die Fortpflanzungsfähigkeit, ist eine der wichtigsten Lebens Eigenschaften der Zelle. Sie hört beim Altern oder beim allmählichen Absterben der Zelle auf. Bis vor etwa 40 Jahren kannte man nur eine Art der Zellteilung, die sog. „direkte“ Zellteilung oder Amitose, auch Kernzer schnürung oder Fragmentierung genannt. Diese Form der Zellteilung kommt, wie wir jetzt wissen, nur bei wenigen Zellarten oder unter besonderen Umständen vor (s. Fig. 4).

Die sehr viel häufigere oder gewöhnliche Art der Zellteilung ist die „Karyokinese“ („indirekte“ oder mitotische¹⁾ Zellteilung, Mitose u.ä.). Man unterscheidet hier folgende Stadien:

I. Stadium: Der ruhende Kern. Ruhezustand (s. o., vgl. Fig. 5a).

1) *ὁ μίτος* (mitos) der Fäden.

II. Stadium: Knäuelform oder kurz: Knäuel; man unterscheidet den dichten und den lockeren Knäuel.

a) Der dichte Knäuel. (Fig. 5b.) Der Kern vergrößert sich, die chromatischen Substanzen treten mehr hervor, die feineren Fäden, Nektoten

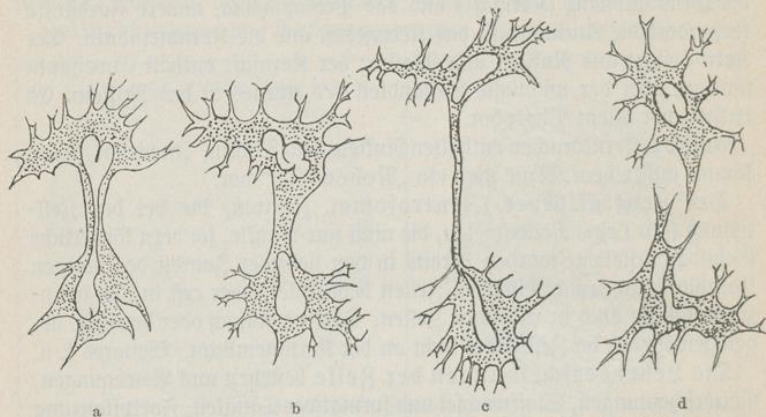


Fig. 4. Vier Stadien (a—d) der „direkten“ Zellteilung. (Nach Kopsch.)

und Kernförmchen verschwinden. Das Chromatin strömt von allen Seiten zusammen, um sich zu größeren Fäden mit scharfen Konturen zusammenzuballen, etwa wie wenn Soldaten bei dem Signal „Das Ganze sammeln!“ zu größeren Abteilungen zusammentreten. Die zunächst unregelmäßig gewundenen Fäden rücken in die Nähe der Kernoberfläche und ordnen sich regelmäßig um ein an dem einen Ende des Kerns frei werdendes Feld, das Polfeld, an, derart, daß die konvergen Umbiegungsstellen der meist Bogen oder Schleifen ähnlichen Fäden nach dorthin gerichtet sind. Die Fäden werden dann b) (lockerer Knäuel) mehr gerade, kürzer und dicker. Sie nehmen die Form von Haken, Schleifen oder Haarnadeln an oder die eines lateinischen U (Fig. 6). Die Kernmembran beginnt zu verschwinden. Die Zahl der chromatischen Fäden ist für sämtliche Zellen einer Tierart, abgesehen von den Geschlechtszellen, konstant. Bei letzteren wird sie durch 2 oder 4 geteilt. Bei tierischen Zellen kommen meist die Zahlen 2, 4, 8, 16, 32, 64 oder 3, 6, 12, 24, 48 vor.

c) Aus dem lockeren Knäuel entsteht der segmentierte Knäuel. Dies ist das wichtigste Stadium der ganzen Teilung, da jetzt die von Flemming entdeckte Längsteilung oder Längsspaltung der Fäden auftritt oder richtiger: deutlich wird. So entstehen aus jedem Faden zwei Tochterfäden. (Fig. 8.)

Die achromatische Kernspindel. (Fig. 7–10.) Die Kernspindel tritt in diesem Stadium oder auch schon früher auf. Sie besteht aus feinen Fäden, welche zwischen den beiden Polen, bei Pflanzen oft geradlinig, bei Tieren im Bogen oder Winkel verlaufen. Diese sogenannten Lininfäden (Flemming) färben sich in den meisten Kernfärbemitteln entweder gar

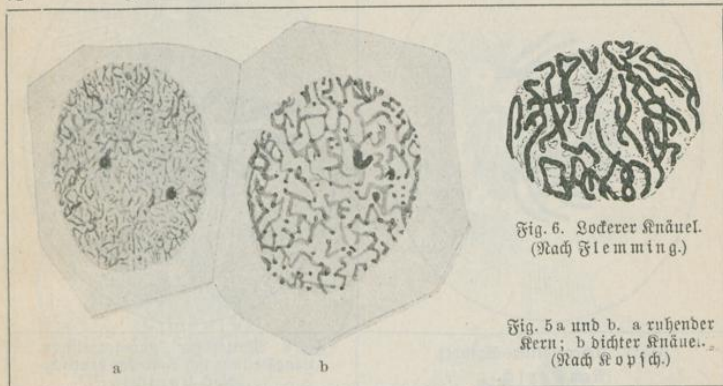


Fig. 6. Lockerer Knäuel.
(Nach Flemming.)

Fig. 5a und b. a ruhender Kern; b dichter Knäuel.
(Nach Kopsch.)

nicht oder doch viel schwächer und langsamer als die dicken chromatischen Fäden. Die Spindel entsteht im Polfeld als „Zentralspindel“ zwischen den beiden Zentrosomen. Ihre Längsachse steht anfangs quer, dann schräg zu der des Kernes, darauf senkt sie sich derart in die Kernsubstanz hinein, daß ihre Pole schließlich den Kernpolen entsprechen. Während dieser Lageveränderung vergrößert sich selbstverständlich die Spindel. Von der Lage und Größe der Spindel hängen, wie wir gleich sehen werden, die Gruppierung und die Ortsveränderung der Schleifen ab, welche an den Spindelfäden befestigt sind und ihnen wie am Leit- oder Gängelbände folgen.

Im Zellprotoplasma treten nun die Polstrahlungen, Stern- oder Sonnenfiguren auf; die Mittelpunkte der anfangs auf einen, später auf zwei Mittelpunkte gerichteten Strahlungen oder Strahlenfiguren bilden die Pole und in diesen die Zentralkörper.

III. Stadium: Mutterstern, Äquatorialstern. (Fig. 8.) Sämtliche Fadenschleifen stellen sich mit den Scheiteln der Winkel oder Umbiegungsstellen nach der Polachse, die freien Enden der Schenkel, nach der Peripherie gerichtet, in die Äquatorialebene der Spindel oder des Kernes.

IV. Stadium: Umordnung, Umlagerung, Trennung der Tochterschleifen. (Fig. 9.) Die durch Längsspaltung aus je einem Chromatinfaden hervorgegangenen beiden Tochterfäden rücken auseinander, vom Äquator aus je ein Tochterfaden nach jedem Pole hin. Ob

sie an den Spindelfäden entlang gleiten oder rutschen oder ob sie von diesen gezogen werden, kurz, welche Kräfte die Tochterfäden nach den Polen

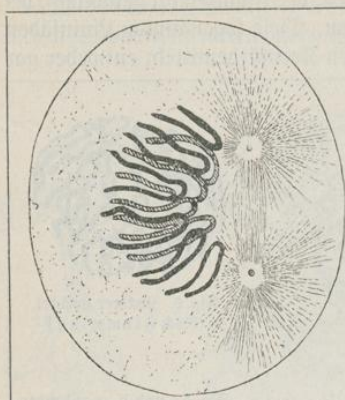


Fig. 7. Achromatische Spindel.
(Nach Kopsch.)

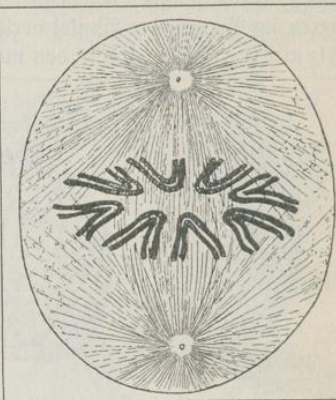


Fig. 8. Mutterkern. Äquatorialkern.
Längsteilung der Schleifen deutlich.
(Nach Kopsch.)

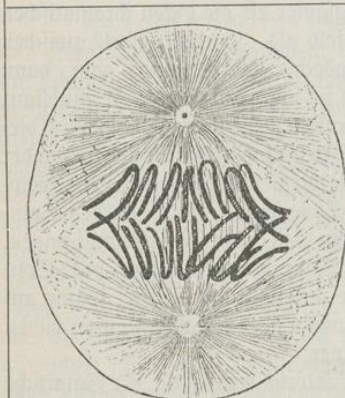


Fig. 9. Umlagerung. Trennung der
Tochterkreise. (Nach Kopsch.)

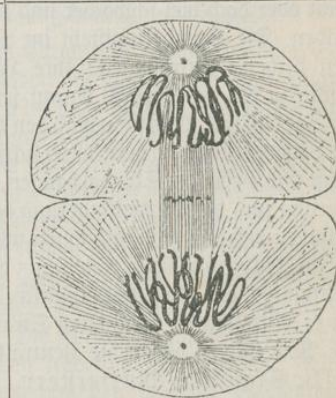
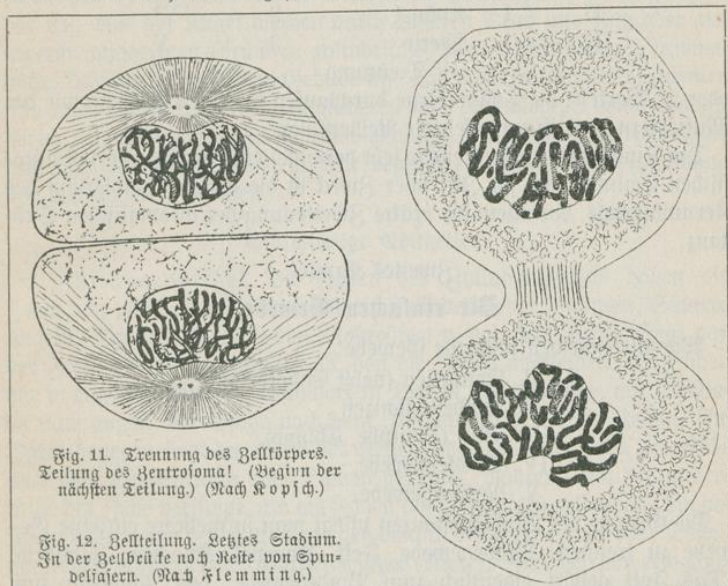


Fig. 10. Tochterkerne.
(Nach Kopsch.)

hinbringen, das ist noch unbekannt. Jedenfalls gehen die Fadenschleifen mit den konvergen Enden voran auf den Pol zu. Da es so aussieht, als ob die Spindelpole, d. h. also die Zentrosomen die Spindelfäden und die an ihnen befindlichen Chromatinfäden an sich ziehen, nannte Eduard Van

Beneden die Pole im weiteren Sinne, d. h. die Zentrosomen nebst ihrer Umgebung, Attraktionsphären (Fig. 8—11).

V. Stadium: Tochtersterne. (Fig. 10.) Die Schleifen nähern sich mit ihren Scheiteln dem betreffenden Pol und selbstverständlich auch einander. Die durch die Längsspaltung dünner gewordenen Fäden werden



wieder kürzer und dicker und stehen schließlich, ähnlich wie bei der Stellung im Mutterstern, regelmäßig um den Pol gruppiert. An den Polen befindet sich eine helle Stelle, in ihr das Zentrosoma.

VI. Stadium: Der Tochterknäuel. Die chromatischen Fäden werden noch kürzer und dicker, ihre freien Enden kommen in die Äquatorialgegend. Die Spindelfäden im Kern zerreißen, es bildet sich eine neue Kernmembran für jede Tochterzelle. Am Äquator der Zelle tritt eine Einschnürung auf, die tiefer und tiefer wird, so daß der Zellkörper schließlich in zwei Teile zerfällt. Oft beginnt das Zentrosoma durch Zweiteilung bereits die nächste Teilung (s. Fig. 11). Fig. 12 zeigt die beiden Tochterzellen kurz vor der vollständigen — manchmal auch nicht ganz vollständigen — Trennung. (S. o. Zellverbindungen.)

VII. Stadium: Die ruhenden Tochterkerne. Die neue Kernmembran wird fertig, das Zentrosom oder der Polkörper verschwindet ge-

wöhnlich. Die chromatischen Fäden werden zackig, senden feine Fortsätze aus, die sich miteinander verbinden. So entsteht wieder ein Kez.

Eine Übersicht über die verschiedenen Stadien gibt folgende Tabelle:

Stadium	Zahl	Form	Zahl	Stadium
I	1	Ruhender Kern	2	VII
II	1	Knäuel	2	VI
III	1	Stern	2	V

IV Trennung

oder in Worten: die Tochterkerne durchlaufen dieselben Formen wie der Mutterkern, nur in umgekehrter Reihenfolge.

Der Sinn dieser anscheinend so sehr verwickelten Vorgänge bei der mitotischen Teilung oder ihr Ziel oder Zweck ist die genaue Halbierung des Kernmaterials, vor allem die exakte Zweiteilung der chromatischen Substanz.

Zweites Kapitel.

Die einfachen Gewebe.

Wir unterscheiden folgende Gewebe:

- I. Epithelien (nebst Endothelien),
- II. Bindefsubstanzen,
- III. Blut (Lymphe, Chylus),
- IV. Muskelgewebe,
- V. Nervengewebe.

Die Gruppe der Bindefsubstanzen pflegt man in mehrere einzelne Gewebe zu trennen: Bindegewebe, Fett, Knorpel, Knochen, Zahnbein. (Das Fett gehört eigentlich zum Bindegewebe, das Zahnbein zum Knochen.)

I. Das Epithelgewebe oder kurz Epithel.

Epithel ist eine ein- oder mehrfache zusammenhängende Zellschicht, welche die freie Oberfläche der äußeren Bedeckung (Haut) und der Hohlräume im Innern des Körpers überzieht. Die Bezeichnung „Endothelien“ für die derösen Höhlen und die Räume des Bindegewebes auskleidenden Zellen hat man wieder aufgegeben, da es sich hier überall um echte Epithelien oder aber um Bindegewebezellen handelt.

Das Epithelgewebe ist stammesgeschichtlich und entwickelungsgeschichtlich das erste oder älteste, aus ihm sind dereinst alle anderen entstanden und entwickeln sich noch alle Tage. Das tierische Ei ist ursprünglich eine Zelle des Keimepithels des Eierstockes. Die aus der mehrfach wiederholten Teilung der Eizelle entstandenen Furchungszellen werden zu Keimblättern, welche anfangs aus einer einfachen Schicht von Epithelzellen bestehen.

(S. u., Entwicklungsgeschichte.) Die Epithelien sind fast ausnahmslos frei von Gefäßen, dagegen kennen wir Nervenendigungen in ihnen.

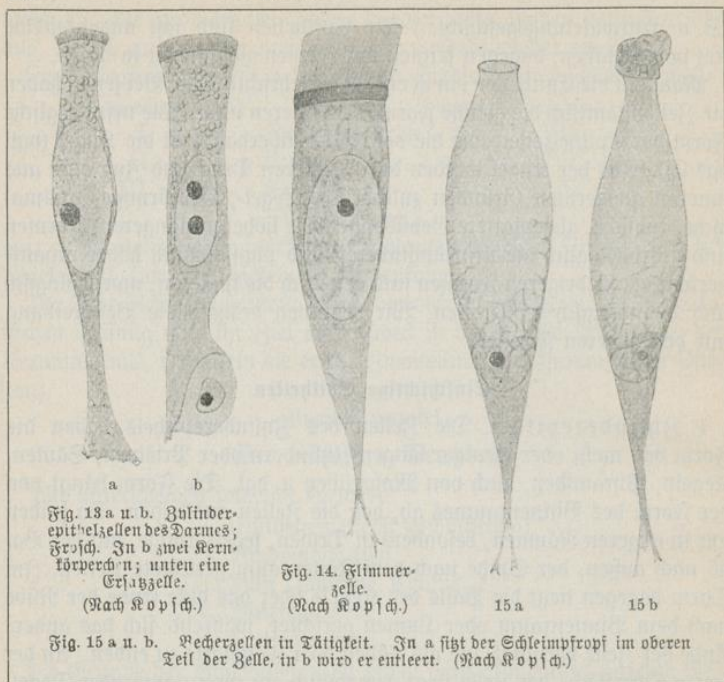
Man teilt die Epithelien ein in ein- und mehrschichtige. Bei jenen haben die Zellen sämtlich die gleiche Form, bei letzteren nicht. Die ursprüngliche Form der Epithelzellen wie die der Zellen überhaupt ist die Kugel (vgl. das Ei). Aus der Kugel werden durch äußeren Druck und Zug oder aus inneren angeerbten Gründen zylindrische, kegelförmige, birnförmige, prismatische, kubische, abgeplattete Gebilde u. s. w. Die höheren (längeren) Formen sind morphologisch die ursprünglicheren und physiologisch höher organisierten, die niedrigeren Formen sind genetisch die späteren, morphologisch und physiologisch reduzierten. Wir beginnen deshalb die Beschreibung mit den höheren Formen.

Einschichtige Epithelien.

1. Zylinderepithel. Die Zellen des Zylinderepithels haben die Form von mehr oder weniger langen Zylindern oder Prismen, Säulen, Kegeln, Pyramiden, auch von Mohrrüben u. dgl. Die Form hängt von der Form des Binnenraumes ab, den die Zellen auskleiden. So finden wir in engeren Räumen, besonders in Drüsen, kegelförmige, mit der Basis nach außen, der Spitze nach dem Innenraum gerichtete Zellen. Im Darm dagegen liegt die Basis des Kegels oder das dicke Ende der Rübe nach dem Binnenraum oder Lumen gerichtet, während sich das andere Ende der Zelle verjüngt, um als Faden oder Fußplatte zu enden. An der freien Oberfläche der Zelle liegt gewöhnlich ein Grenzsaum oder Deckel, manchmal in Form eines Bürstenbesatzes (Niere). Zwischen den erwachsenen Zellen liegen junge Ersatzzellen oder Basalzellen von vieldecker oder kugelförmiger Form. Die zylindrischen Darmzellen verändern bei der Schleimsekretion ihre Form. Sie sehen dann aus wie ein Rheinweinglas („Römer“) und heißen deshalb „Becherzellen“. Früher hielt man diese für besondere Bildungen, jetzt wissen wir, daß die verschiedenen Formen nur Sekretionsphasen sind (Fig. 15a u. b). Es handelt sich hier um sog. „einzellige Drüsen“.

Von zylindrischer Form sind ferner die Zellen der tiefsten Schicht des Pflasterepithels, ferner die meisten Flimmerzellen.

Zylinderepithel kommt beim Menschen an folgenden Stellen vor:
1. auf der Darmschleimhaut, d. h. vom Magen angefangen bis zum After;
2. in den Ausführungsgängen der in den Darm mündenden Drüsen, sowie zum Teil in diesen Drüsen selbst; 3. in etwas abgeänderter Form in vielen Drüsen (s. u.), in den männlichen Geschlechtsorganen sowie einem Teil der Harnorgane.



2. Flimmer- oder Wimperepithel. (Fig. 14.) Wir unterscheiden hohes und niedriges Flimmerepithel. Die hohen Formen überwiegen sehr bedeutend. Das hohe Flimmerepithel ist ein Zylinderepithel, das an der freien Oberfläche statt des Deckels oder auf diesem Flimmer- oder Wimperhaare (Zilien) trägt. Dies sind haar-, stift- oder stäbchenähnliche Gebilde von meist 0,0035 bis 0,005 mm, manchmal aber auch 0,03 mm Länge. An der Basis sind sie dicker, an der Spitze dünner, meist stehen sie zu 1 bis 2 Dutzend auf einer Zelle. Diese feinsten Härchen sind während des Lebens der Zelle in fortdauernder schneller Bewegung; man hat diese mit dem Wogen eines Kornfeldes verglichen. Während aber dies durch den Wind in Bewegung gesetzt wird, bewirken umgekehrt die Zilien durch ihre Hin- und Herbewegung, daß Schleim oder kleine Fremdkörper in einer bestimmten Richtung, und zwar stets nach der äußeren Oberfläche des Körpers hin befördert werden. Die Flimmerbewegung gehört zu den Proto-plasmabewegungen. Sie ist vom Nervensystem, also auch vom Willen unabhängig; sie geht auch während des Schlafes vor sich. Ganz besonders

nichtig ist sie in den Atemungs- und Geschlechtsorganen. Die Bewegung dieser Härchen hält beim Menschen einige Stunden, ja bis zu 2 Tagen nach dem Tode oder der Herausnahme aus dem Körper an, bei niederen Tieren noch viel länger (bis zu 15 Tagen). Abkühlung auf 6°C sistiert bei Warmblütern, also auch beim Menschen die Bewegung; bei 45°C tritt Wärmestarre ein. Starke Säuren und Salzlösungen hindern die Bewegungen, schwache Salzlösungen und schwache alkalische Lösungen befördern sie. Als Gift wirkt vor allem auch hier der Alkohol!

Flimmerepithel ist vorhanden in folgenden Organen: Nasenhöhle nebst Nebenhöhlen, Tränenkanal, Tränenkanal, oberer Pharynx (Schlundkopf), Ohrtrumpete, Paukenhöhle, Kehlkopf (ausgenommen Kehlkopfdeckel und wahre Stimmbänder), Luftröhre nebst Drüsen, Bronchien; im größten Teil der Gebärmutter mit Drüsen, im Eileiter mit seinen Franzen, im Nebeneierstock und Nebenhoden. In den Atemungsorganen

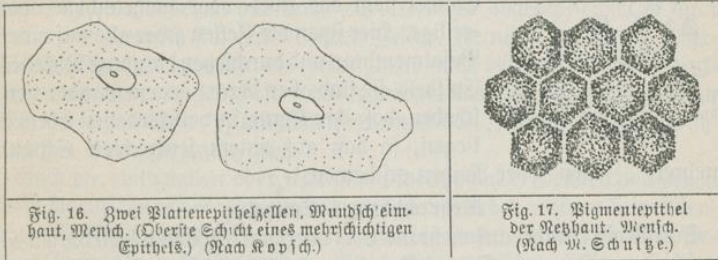


Fig. 16. Zwei Plattenepithelzellen. Mundschleimhaut, Mensch. (Oberste Schicht eines mehrschichtigen Epithels.) (Nach Skovick.)

Fig. 17. Pigmentepithel der Rezhaut. Mensch. (Nach M. Schulze.)

sind die Zellen höher als im Geschlechtsapparate. Noch niedrigeres flimmerndes Plattenepithel findet sich auf der Innenfläche des Trommelfelles und in den Hirnhöhlen. Etwas höher ist es — soweit dieser noch vorhanden — im Zentralkanal des Rückenmarks.

3. Einschichtiges, einfaches Plattenepithel. (Fig. 16 bis 18.) Das einschichtige Plattenepithel besteht aus platten oder niedrigen, zum Teil regelmäßig vieleckigen, 4–6seitigen Zellen, die einen oft die freie Oberfläche der Zelle vortreibenden, gleichfalls abgeplatteten, meist kreisrunden Kern besitzen. Wir rechnen zum Plattenepithel auch das pigmentierte oder Pigmentepithel und die früher sog. „Endothelien“ (s. o.). Es findet sich auf den „serösen“ Häuten (Brustfell, Herzbeutel, Bauchfell), auf den Gefäßgeflechten des Gehirns, an der vorderen Linsenkapfel, im inneren Ohr, in den Gallengängen der Leber, in den Magendrüsen (zum Teil), in der Niere (zum Teil), in der Lunge, in der Schilddrüse usw. Die Stellen, wo man die platten Zellen als Endothel bezeichnet, sind die Bindegewebsflächen im weitesten Sinne; nämlich die Blut- und Lymph-

gefäße, Lymphspalten, Lymphräume, Schleimbeutel, Sehnenscheiden Gelenkhöhlen. „Plattes“, aber doch ziemlich hohes, mehr prismatisches Pigmentepithel besetzt die Netzhaut des Auges in Gestalt 6ediger Zellen (Fig. 17), die in ihrem Protoplasma dunkelbraune Körnchen enthalten. Diese Zellschicht der Netzhaut erinnert an einen Fußbodenbelag aus sechs-

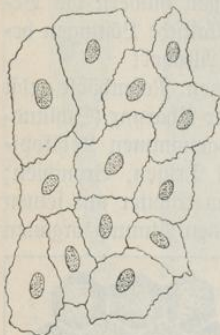


Fig. 18. Plattenepithel („Endothel“) einer serösen Haut.
(Nach Schäfer.)

edigen Mettflacher Fliesen. Die platten Zellen der serösen Häute und des Gefäßsystems sind sehr niedrig und besitzen gewöhnlich sehr stark gezackte oder gezähnelte Ränder (Fig. 18). Zwischen den Zellen findet man ab und zu Lücken. Das Plattenepithel sowie das geschichtete Epithel gestattet die Durchwanderung von weißen Blutkörperchen (Cohnheim, Stöhr).

Zwischen dem ein- und dem mehrschichtigen Epithel steht das zwei- oder mehrreihige oder -zeilige. Hier sitzen die Zellen zwar alle auf einer Basalmembran und durchsetzen die ganze Dicke des Epithels, sie sind aber derart gegeneinander verschoben, daß ihre Kerne in verschiedenen Ebenen liegen, so daß auf einem senkrechten Schnitt mehrere „Zeilen“ oder Reihen erscheinen.

Mehrschichtiges Epithel.

Sobald ein Epithel aus mehr als zwei oder drei Schichten besteht, hat es verschiedene Formen. Die Zellen der oberflächlichsten Schichten sind meist platt oder doch niedriger als die Zellen in der Tiefe, während die tief liegenden Zellen höhere Formen zeigen. Da die Neubildung der Zellen in den tieferen Schichten vor sich geht, während die oberflächlichen Zellen wenigstens auf der Haut und im Munde allmählich absterben und abgestoßen werden, so haben wir also eine Wanderung der Zellen aus der Tiefe nach der Oberfläche, die mit einer Umwandlung der Form, d. h. einer Abplattung einhergeht. Sehr bezeichnend für diese Art von Epithel ist der Ausdruck Pflasterepithel. Wie bei der Anlage einer Landstraße handelt es sich hier um eine tiefste Schicht von senkrecht stehenden Elementen (sog. Packlage), auf welche kugelige oder vieleckige (grober Kies), dann eiförmige plattere, schließlich ganz platte (feiner Kies) folgen. Wo nur drei oder vier Schichten vorhanden sind, z. B. in den Harnwegen, finden wir in der Tiefe zylindrische oder birnförmige Zellen, auf diesen kugelige oder vieleckige, dann würfelförmige oder platte Formen. Selbstverständlich ändert sich je nach dem Grad der Ausdehnung eines Organs die Höhe und Breite der einzelnen Epithelzellen. Mehrschichtiges Pflaster-

epithel kommt an folgenden Stellen vor: äußere Haut, Hornhaut, Bindehaut des Auges, Mundhöhle, Teile des Schlundes und des Kehlkopfes, Speiseröhre, Scheide. Mehrschichtiges Zylinderepithel mit Übergang zum Pflasterepithel finden wir im Nierenbecken, Harnleiter, in der Harnblase, Harnröhre, Scheide, im unteren Teile der Gebärmutter. Nach öfter wiederholten Katarren wandelt sich das Flimmerepithel in der Nähe der äußeren Ausmündungen (z. B. Nase) in Pflasterepithel um.

Von besonderem Interesse sind die Zellen der mittleren Schichten des Epithels der Haut, der sog. Oberhaut oder Epidermis. Diese Zellen sind kugelig oder vieleckig und wurden lange Zeit als Stachel- oder Risszellen bezeichnet. Sie hängen nämlich durch Interzellularbrücken oder «fortsätze», kurz Zellbrücken genannt, miteinander zusammen und zeigen bei Isolierung Stacheln wie ein Igel. Die Lücken zwischen den Brücken sind mit Lymphe gefüllt, die man früher Kittsubstanz nannte (s. o.). — Die obersten Schichten bestehen aus mehr oder weniger abgeplatteten, in ihrer Form und chemisch sich rückbildenden Zellen. Je näher der freien Oberfläche, desto platter werden die Zellen, desto mehr verschwinden die Strukturen und Lebens Eigenschaften des Protoplasma und des Kerns. Unter Bildung einer öligen Flüssigkeit verhornt das Zellprotoplasma, während der Kern zugrunde geht.

Auch die epithelialen oder richtiger epidermoidalen Gebilde verhornen meist bis auf die in der Tiefe steckenden Teile. Hierher gehören beim Menschen die Nägel und die Haare, bei Tieren die Hufe, Klauen, Krallen, Federn, Hornbelege, Kieberscheiden. Weich und durchsichtig bleiben die langen sechseckig-prismatischen Epithelzellen der Linse; bekanntlich treten aber auch hier sehr häufig Altersveränderungen auf (Star). Außerordentlich hart werden dagegen die Prismen des Zahnschmelzes (s. Teil IV dieser „Anatomie“).

Absondernde oder sezernierende Epithelzellen. Drüsenzellen.

„Echte“ oder epitheliale Drüsen.

Zwischen anderen Epithelzellen liegende Zellen können in ihrem Innern Stoffe, z. B. Schleim, bilden und entleeren. Dieser Vorgang wird als Absonderung oder „Sekretion“ bezeichnet. Entweder sind sämtliche Zellen dazu befähigt oder nur einige; letztere können dann in Einsenkungen oder tieferen Hohlräumen (Drüsen) liegen. Sind alle Zellen zur Absonderung befähigt, so pflegen sie sich in Ruhe und Tätigkeit abzuwechseln, so daß wir diese beiden Stadien nebeneinander sehen. Die tätige Zelle zeigt wiederum verschiedene Phasen; der Sekretstoff sammelt sich in kleinsten Hohlräumen des Zellprotoplasma an. Diese fließen zusammen, wachsen, das Sekret tritt an die freie Oberfläche der Zelle, während der nichtver-

änderte Rest des Zellprotoplasma nebst dem Kern am Grunde zurückbleibt. Der etwa vorhandene Saum oder Deckel der Zelle wird abgehoben oder verschwindet, das Sekret tritt aus und die Zelle kehrt zum Ruhezustand zurück, bis das Spiel von neuem beginnt. Die oben erwähnten Becherzellen des Darms wurden als Sekretionsstadien gekennzeichnet.

Man kann so, wie gesagt, eine Becherzelle eine „einzellige Drüse“ nennen. Gewöhnlich bestehen Drüsen aus einer größeren Anzahl von absondernden Epithelzellen, denen sich nichtsezernierende in den Ausführungsgängen zugesellen. Eine Drüse ist also ein absonderndes, aus einer oder aus mehreren Epithelzellen gebildetes Organ.

Der Name „Drüse“ rührt von dem Wort „Druse“ her, das eine wulstige Auftreibung bezeichnet und in diesem Sinne in der Tierheilkunde und der Mineralogie gebraucht wird. Druse oder Drüse ist ursprünglich eine geschwollene Drüse, und zwar eine unechte oder Lymphdrüse. Da wir die Lymphdrüsen nicht mehr zu den Drüsen rechnen und daher auch besser täten, sie nicht mehr als Drüsen zu bezeichnen, so hat also das Wort Drüse heute eine ganz andere Bedeutung als früher: früher eine geschwollene Lymphdrüse oder Lymphknoten, heute eine nichtgeschwollene, echte Drüse. Beim Embryo entstehen die Drüsen zum Teil sehr früh. Bereits am Ende des ersten Monats entsteht die Niere und der Uretergang, aus dem bald die bleibende Niere hervorsproßt. Am Ende der 6. Woche ist sie schon 2 mm lang. Bald darauf entstehen Leber und Lunge, denn auch diese ist ursprünglich eine Darmdrüse. Die Hautdrüsen entwickeln sich erst später, die Milchdrüsen im 3., die Talgdrüsen Ende des 4., die Schweißdrüsen im 5. Monat.

Allgemeiner Bau der Drüsen. Die Form der Drüsenzellen ist wie die der Epithelzellen überhaupt verschieden. Eigentümliche halbmondähnliche Formen kommen in Schleim- und Magendrüsen vor; meistens liegen zwischen den Epithelzellen oder um sie herum Stützzellen.

Die Epithelzellen der Drüse stehen wie an anderen Stellen meist auf einer Membran (Haut) oder bindegewebigen Grenzschicht. Die Drüsen-schläuche werden von Blutkapillarnetzen umspinnen. Eine direkte Berührung von Gefäßen und Drüsenzellen findet außer in der Leber nicht statt. Die einzelnen Teile oder Läppchen oder Schläuche der Drüse werden ebenso wie die größeren Drüsen im ganzen von einer bindegewebigen, oft sehnigen Kapsel umhüllt, die mit den Faszen und Sehnen der Muskeln zusammenhängen können. Manche Drüsen, vor allem die Schweißdrüsen, besitzen außerdem noch glatte Muskeln.

Auch zahlreiche Nerven (und sogar Nervenzellen) findet man an den Drüsen. Sie bilden ein die Drüsen-schläuche umschließendes sehr feines Netzwerk, von dem noch feinere Nervenfasern zwischen die Drüsenzellen

eintreten. Ein Eindringen der Nerven in die Zellen selbst ist bisher nicht beobachtet worden.

Die meisten Drüsen besitzen einen oder mehrere Ausführungsgänge. Bei größeren Drüsen sind diese Gänge hochorganisierte Organe mit verschiedenen Schichten ihrer Wandung, die selbst wiederum Drüsen in ihrer Schleimhaut beherbergen können.

Formen der Drüsen. Abgesehen von den niedrigsten Formen ist die einfachste Form die einer sack- oder halgartigen Einstülpung. Bei weiterer Ein-
 faltung des Epithels

in die Tiefe entstehen schlauchförmige, zylindrische bei gleichmäßiger Ausdehnung nach allen Seiten kugelförmige Bildungen. Wir unterscheiden deshalb:

1. Zylindrische, schlauch- oder röhrenförmige, „tubulöse“ Drüsen (Fig. 19),
2. kugelige, „alveoläre“ (Fig. 20), etwas verändert als trauben- oder maulbeerförmige Drüsen, früher, auch jetzt noch zum Teil azinöse Drüsen genannt.

Der zylindrische Schlauch der ersten Form kann sich in Äste teilen oder er kann, wenn er beim Wachstum in die Tiefe auf Widerstand stößt, Krümmungen oder Windungen, schließlich Knäuel bilden: Knäueldrüsen. Die verästelten Schläuche können sich netzartig miteinander verbinden.

Der kugelige Alveolus (Säckchen) kann als einfacher Hohlraum bestehen bleiben oder er entwickelt kleine kugelige Nebenhohlräume nach verschiedenen Richtungen hin, oder es kombinieren sich zylindrische Schläuche mit kugeligen Hohlräumen.

Manche Drüsen verlieren während der Entwicklung ihren Ausführungsgang, so die Schilddrüse, die Nebenniere und der vordere Teil der Hypophyse oder des Gehirnanhanges. Auch die Keimdrüse des Weibes, der Eierstock, besitzt keinen direkt mit der Drüse zusammenhängenden Ausführungsgang. Hier wird ja aber auch keine Flüssigkeit abgefordert.



Fig. 19 u. 20. Drüsenformen.

Fig. 19. Zylindrische oder tubulöse Drüse.

Fig. 20. Kugelige oder alveoläre Drüse.

(Nach Schäfer.)

II. Die Bindestsubstanzen.

Unter dem Namen der Bindestsubstanzen fassen wir zusammen: das Bindegewebe mit seinen Unterarten und Abarten, den Knorpel und den Knochen nebst dem Zahnbein. Alle Bindestsubstanzen haben gemeinsamen Ursprung. Sie können ferner örtlich und zeitlich ineinander übergehen, zum Teil nur in den frühesten Entwicklungsstadien oder unter krankhaften Verhältnissen.

Das Bindegewebe.

Die Bindegewebszelle oder das Bindegewebskörperchen ist ursprünglich eine Zelle des mittleren Keimblattes (s. Entwicklungsgeschichte). Ihre Form ist deswegen, solange sie im Zellverbände mit ihrem Nachbarn steht, würfelförmig, prismatisch oder zylindrisch; wenn sie frei wird und zu wandern beginnt, kugelig, später spindelförmig. An jedem Pole dieser Spindel treten Fortsätze auf, die sich gabeln und verästeln. Nachbarzellen können mit ihren Fortsätzen im Zusammenhang bleiben; so entstehen die sog. Sternzellen. Die Kugelform (Plasmazellen) kann durch Abplattung zu einer Platte (Endothelplättchen, Plättchenzellen) oder zu einer Kombination mehrerer Platten (Flügelzellen, Spinnzellen, Häutchenzellen usw.) werden. Auch die Form des Kerns ändert sich wie die der Zellen. Er kann kugelig, ellipsoid, stäbchenförmig, langgestreckt, wellig sein. Man hat die Bindegewebszellen auch noch nach ihrem Inhalt (Plasmazellen, Fettzellen, Pigmentzellen) oder nach dem Ort ihres Vorkommens (Hornhautzellen, Sehnenzellen, Stützstellen usw.) bezeichnet. Es handelt sich aber bei all diesen Formen um ein und dasselbe Gebilde.

Wie andere Zellen, so zeigen auch die Bindegewebszellen im Leben langsame Formveränderungen, die durch Einwirkung der Wärme, Elektrizität und chemische Reize verstärkt werden. Auch hat man schwache Ortsveränderungen in der Hornhaut (Waldeyer) beobachtet.

Formen des Bindegewebes. a) Embryonales Bindegewebe, Schleim- oder Gallertgewebe findet sich bei jüngeren Embryonen an den Stellen, wo später faseriges Bindegewebe oder Fett auftritt. Beim Erwachsenen finden wir es im Glaskörper des Auges.

b) Netzförmiges Bindegewebe kommt besonders in den Lymphknoten oder Lymphdrüsen und den Lymphfollikeln vor, in den Mandeln oder Tonsillen, den Balgdrüsen der Zunge und des Rachens, in der Thymus, Milz usw. Das netzförmige Bindegewebe besteht aus gröberen und feineren, zum Teil feinsten Bälkchen, würfelförmigen oder vielkantigen Maschen, die durch Lymphzellen oder weiße Blutkörperchen ausgefüllt werden.

c) Das faserige (fibrilläre) leimgebende Bindegewebe (Fig. 21). Das gewöhnliche leimgebende Bindegewebe besteht aus Zellen oder

Zellresten mit meist spärlichem Zellprotoplasma und dem in diesem liegenden Kern. Die Zellen sind lang ausgezogen oder zu Platten verdünnt. Die die Hauptmasse des Gewebes bildenden Fasern geben beim Kochen Leim. Wir teilen das faserige Bindegewebe wiederum ein in 1. lockeres oder formloses, früher sog. „Zellengewebe“, 2. geformtes Bindegewebe. Die Fasern bestehen aus gröberen Bündeln oder Strängen mit feinen Längstreifen, sie lassen sich mechanisch und chemisch in feinste Fäserchen (Fibrillen) von 0,0002—0,002 mm zerlegen. Diese sind im polarisierten Licht doppelbrechend. In kochendem Wasser ziehen sich die Fasern zusammen, werden dicker, die Konturen und Längstreifen verschwinden. Das Ganze wird zu einer scheinbar gleichförmigen Masse, schließlich zu Leim. Behandlung mit verdünnten Säuren, z. B. der bekanntlich im Haushalt dazu verwandten Essigsäure (Essig) führt dasselbe Ergebnis herbei.

Das Vorkommen des faserigen Bindegewebes ist weit verbreitet. Aus lockerem Bindegewebe bestehen die Schichten unter der Haut („Unterhautbindegewebe“), unter den Schleimhäuten und den serösen Häuten; ferner die zwischen den Organen und ihren einzelnen Abteilungen gelegenen, meist mit Fettzellen versehenen Ausfüllungsmassen oder Lückenbüßer, so das Gewebe und die Gefäße um die Nerven herum, die Einhüllungen der Muskeln, das Stützgewebe (Stroma) der meisten Organe, besonders der Drüsen, das Knochenmark, ferner die sogenannte Spinnwebenhaut des Gehirns. — Noch weiter verbreitet ist das geformte Bindegewebe. Es bildet in zylindrischen oder flachen Strängen die rundlichen oder flachen Sehnen und sehnigen Ausbreitungen, die Faszien oder Muskelbinden, die sehnigen Bänder und Häute (Membranen), die harte Hirnhaut, die Hüllen oder Kapseln größerer Drüsen, der Knochen, Knorpel, Nerven, die Grundlage der serösen Häute (Brust- und Bauchfell, Herzbeutel), der Gelenkkapseln, Schleimbeutel, Sehnenscheiden. In etwas anderer Form finden wir das geformte Bindegewebe in der Lederhaut (das Leder besteht aus Bindegewebe), in der sehnigen Umhüllung (Sclera) des Augapfels, sowie in deren Fortsetzung, der durchsichtigen Hornhaut (Cornea), in den Schleimhäuten und in den Gefäßwandungen (hier mit elastischen Fasern und meist mit glatten Muskeln vermischt). Eine verschieden starke Beimischung von elastischen Elementen (s. u.) bis zur vollständigen



Fig. 21. Faseriges Bindegewebe mit Zellresten.
(Nach Kollert.)

Verdrängung der Bindegewebsfasern zeigen die Bänder und Häute des Kehlkopfes, der Luftröhre und ihrer Verzweigungen, die Lunge und die Speiseröhre, sowie das Nackenband der Wirbelsäule.

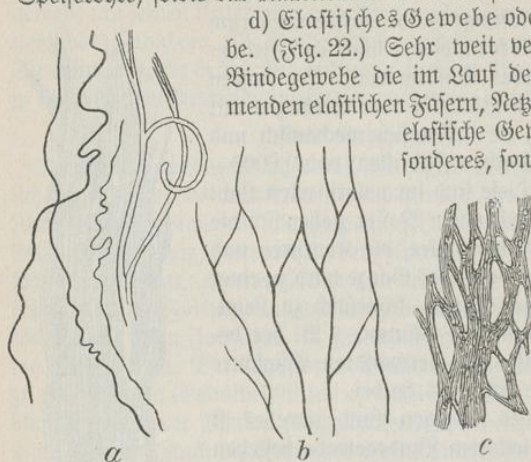


Fig. 22 a—c. Elastisches Gewebe. a elastische Fasern, isoliert b und c netzförmig. (Nach Kopsch.)



Fig. 23. Fettzellen in vier verschiedenen Stadien der Fettumwandlung. (Nach Ranvier.)

sehen oder Netze oder „gefensterte Häute“. Eigentümlich ist der spiralege Verlauf der Fasern, die Bildung von Ranken oder hirtentabähnlichen Figuren, vor allem der eigentümliche Glanz. Bei stärkerer Anhäufung tritt eine gelbliche Färbung deutlich hervor. Das elastische Gewebe wird durch konzentrierte Säuren, nach tagelanger Einwirkung, aufgequollen und aufgelöst. Dem gewöhnlichen Kochen mit Wasser widersteht es, ebenso der Einwirkung des Magensaftes, d. h. es ist unverdaulich. Diese Tatsachen sollten allen, die mit Fleisch von älteren Tieren zu tun haben, sei es, um es zu kochen, sei es, um es zu essen, bekannt sein.

e) Fettzellen, Fettgewebe (fettige Umwandlung der Bindegewebszellen). (Fig. 23.) Das Fettgewebe ist stark mit Gefäßen durchsetztes Bindegewebe mit fettgefüllten Zellen. Es besteht aus Zellen von

d) Elastisches Gewebe oder gelbes Bindegewebe. (Fig. 22.) Sehr weit verbreitet kommen im Bindegewebe die im Lauf des Wachstums zunehmenden elastischen Fasern, Netze und Häute vor. Das elastische Gewebe ist also kein besonderes, sondern nur eine Entartung oder Abart oder Altersveränderung des Bindegewebes. Elastische Fasern zeichnen sich nicht sowohl durch Elastizität (im physikalischen Sinne), als durch Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Alkalien aus. Die elastischen Fasern sind zum Teil sehr fein, zum Teil stärker als die Bindegewebsfasern, sie sind oft verästelt, oft bilden sie Ma-

meist kugelig oder eiförmiger Gestalt, die bei gegenseitigem Druck vieleckig werden kann, und von oft ansehnlicher Größe. Die Zellen enthalten in ihrem Innern einen sie fast ganz ausfüllenden Fetttropfen. Mehrere Zellen sind zu Gruppen oder Häufen, diese wieder zu Läppchen oder Träubchen vereinigt. Die Zellen und Zellgruppen werden von zahlreichen feinsten Blutgefäßen (Kapillaren) umspinnen. Die Fettzelle ist ursprünglich eine Bindegewebszelle, Plasmazelle oder Mastzelle; sie ist anfangs kugelig und klein, manchmal auch platt oder sternförmig. Im Innern der Zellen treten zuerst vereinzelt, bald zu einem größern Tropfen zusammenfließende, durch starken Glanz ausgezeichnete Fetttropfen auf. Der Fetttropfen wächst immer weiter auf Kosten des Protoplasma und zwar durch Umwandlung desselben in Fett. Das Protoplasma bleibt schließlich nur an der Peripherie der Zelle und in der Nähe des Kerns, der an den einen Zellpol wandert, übrig. — Gleichzeitig bildet sich aus dem und um den Zelleib herum eine Membran oder Hülle, die man durch mechanische oder chemische Einwirkungen sprengen oder erschaffen kann. Die Fettzelle kann bei der Abmagerung wieder zur Bindegewebszelle oder zur „Schleimzelle“ werden.

Fettgewebe kommt beim Erwachsenen vor: zunächst an den meisten Orten, wo sich anfangs beim Embryo Schleimgewebe (Bindegewebe) befindet, besonders unter der Haut, in dem sog. Fettpolster derselben. Dieses ist besonders stark entwickelt an der Brust, der Schamgegend, Gesäß, Kniekehle, Fußsohle, ferner sind größere Fettanhäufungen vorhanden in der Augenhöhle, in der Tiefe der Wangengegend, am Herzen, am Netz, Darm, Gefröße, um die Nieren herum (Fettkapsel), zwischen den Muskeln. Fett fehlt ganz oder fast ganz an den Augenlidern, den inneren weiblichen und den gesamten männlichen Geschlechts teilen sowie in der Schädelhöhle.

Der Knorpel.

Frischer Knorpel sieht weiß oder farblos aus mit Übergängen ins Milchig- oder Bläulichweiße oder ins Gelbliche und Gelbe. Man kann den Knorpel leicht ohne alle Behandlung in sehr dünne Schnitte zerlegen. Beim Trocknen wird er gelb oder bräunlich und braun. Er schrumpft ein, läßt sich aber bis zu einem gewissen Grade wieder aufweichen. Er ist meist durchscheinend, in dünneren Schichten sogar durchsichtig. Er besitzt eine sehr hohe Elastizität, eine Eigenschaft, die bei den Gelenk- und Rippenknorpeln eine sehr wichtige Rolle spielt.

Das Knorpelgewebe entsteht und besteht aus Zellen, die bald nach ihrer Entstehung eine „Grundsubstanz“ ausscheiden. Je nach der Beschaffenheit dieser letzteren teilt man den Knorpel in vier Unterarten.

1. Solange noch keine oder sehr wenig Grundsubstanz vorhanden ist, nennt man den Knorpel Zellknorpel oder Embryonalknorpel.

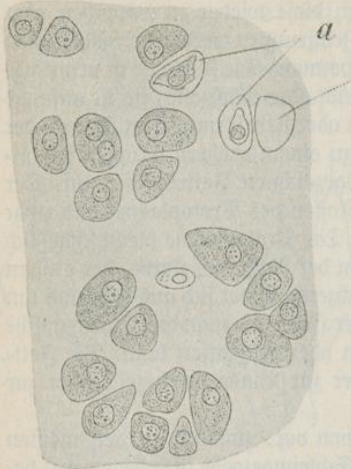


Fig. 24. Hyaliner Knorpel. a Knorpelhöhlen mit geschrumpften Zellen; b Knorpelhöhle, aus der die Zelle herausgefallen ist. (Schieferdecker und Kossel.)

2. Knorpel mit einer, auch bei stärkeren Vergrößerungen ohne besondere Behandlung „homogen“ erscheinenden Grundsubstanz nennen wir hyalinen oder eigentlichen, echten Knorpel.

3. Besteht die Grundsubstanz aus Bindegewebsfasern, oder sind Knorpelzellen in faseriges Bindegewebe eingestreut, so nennen wir das Ganze Bindegewebsknorpel oder Faserknorpel.

4. Bildet die Grundsubstanz elastische Fasern oder Netze, zwischen oder in denen die Knorpelzellen liegen, so nennen wir dies elastischen oder „Netzknorpel“.

Am meisten verbreitet ist, besonders bei Embryonen und jungen Individuen, der hyaline Knorpel. Er bildet beim Embryo eine Zeitlang fast ausschließ-

lich das Skelett. Später, im Laufe der ersten 3 oder 4 Jahrzehnte, wird das Gebiet des Knorpels mehr und mehr eingeschränkt, indem meistens Knochen an seine Stelle tritt. Das Vorkommen der anderen Knorpelarten ist ein sehr beschränktes. Sie widerstehen der Verknöcherung fast vollständig.

Die Knorpelzelle. Sie ist eiförmig oder ellipsoid, abgeplattet, keulen- oder keilsförmig; häufig findet man im wachsenden Knorpel die Formen von halben, viertel, achtel Ellipsoiden. Die Zellen liegen anfangs dicht aneinander und rücken je nach der Entwicklung der Grundsubstanz auseinander. Später liegen sie in Hohlräumen der Grundsubstanz oder Knorpelhöhlen. Um diese herum bildet die Grundsubstanz häufig Schalen oder Kapseln. Höchstwahrscheinlich hängen die Knorpelzellen miteinander durch Fortsätze zusammen.

1. Hyaliner Knorpel. (Fig. 24.) Die Zellen liegen entweder einzeln oder zu 2, 4 und mehreren in einer Kapsel. Die Grundsubstanz ist in vielen Knorpeln, besonders an den Rippen, in Fasern umgewandelt. Im höheren Alter finden sich hier Einlagerungen von Kalksalzen, die als Schalen um die Zellen herum auftreten. Man kann so die Grundsubstanz in eine

Anzahl von Zellgebieten zerlegen. Nach längerem Kochen löst sich die Grundsubstanz auf. Die so entstandene Substanz ist Knorpelleim, der aus Bindegewebeleim und Schleim besteht und ebenso wie jener bei der Abkühlung zu Gelatine gerinnt. Die nahe Verwandtschaft des Knorpels mit dem faserigen Bindegewebe wurde bereits 1874 von Tillmanns nachgewiesen, der die hyaline Grundsubstanz in Fasern und Faserbündel zerlegte. Die Fibrillen verlaufen meist parallel, durchkreuzen sich aber auch wie im Knochen unter verschiedenen Winkeln. Der Hauptunterschied des hyalinen Knorpels gegenüber dem Bindegewebe ist die in großer Menge vorhandene schleimige Substanz zwischen den Fasern, ferner das Fehlen von Blutgefäßen und anderen Ernährungsbahnen. Treten im Knorpel Gefäße auf, so bedeutet dies in den meisten Fällen die Einleitung zur Verknöcherung.

Die Knorpelhaut (Perichondrium). Der hyaline und der Neßknorpel werden von einer bindegewebig-elastischen Haut umgeben, die später, nach Ersatz des Knorpels durch Knochen, als Reinhaut oder Periost bezeichnet wird. Diese Haut besitzt Gefäße und Nerven und dient dem Knorpel zur Ernährung, zum Wachstum und zum Wiedersatz. Der Knorpel ist nämlich instande, verlorene Teile in ausgiebiger Weise wiederzusetzen. Er kann ferner verkalken und verknöchern.

Beim erwachsenen Menschen findet sich hyaliner Knorpel an folgenden Stellen: an den Gelenkenden aller Knochen sowie an den sog. Fugen; ferner am vorderen Ende der Rippen, am Schwertfortsatz des Brustbeins; in den Atmungsorganen: im Kehlkopf, in der Luftröhre und ihren Verzweigungen; im Gehörorgan an der sog. Ohrtrumpete; an den Nähten der Schädelbasis, in der Nasenscheidewand und der äußeren Nase, schließlich an einigen Sehnnenscheiden usw.

2. Der Faser- oder Bindegewebsknorpel. Der Faserknorpel kann als eine Mischung von Bindegewebe und Knorpel oder als ein Übergang zwischen beiden betrachtet werden, Übergang im örtlichen und im zeitlichen Sinne gemeint. Die Knorpelzellen liegen einzeln oder in Gruppen zwischen den Bindegewebsfasern. Gefäße sind vorhanden, aber spärlich.

Bindegewebsknorpel kommt vor in einigen Gelenken, in den Wirbeln, in Sehnnenscheiden usw.

3. Der elastische oder Neßknorpel (Fig. 25). Der Neßknorpel zeichnet sich wie gesagt durch elastische Grundsubstanz aus, die aus feineren und größeren Fasern und Netzen besteht. Die elastischen Fasern können sich in die Nachbarschaft, so z. B. in die Haut der Ohrmuschel oder in die Stimmbänder fortsetzen. Die Knorpelhaut trägt die zum Teil sehr zahlreichen Gefäße, die jedoch in die eigentliche Knorpelsubstanz nicht ein-

dringen. Der Wiederaufbau des Kehlkorpels findet von der Knorpelhaut aus statt, ebenso das Wachstum, das durch Apposition (Auflagerung) erfolgt.

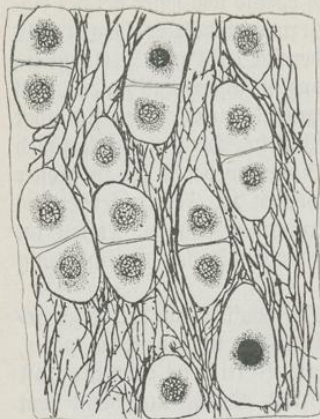


Fig. 25. Kehlkorpel, menschliches Ohr.
(Nach Schäfer-Krause.)

Aus Kehlkorpel bestehen beim Menschen 1. die Ohrmuschel, ohne das Ohr-läppchen, und der äußere knorpelige Gehörgang; 2. im Kehlkopf der Keh-ldeckel und einige kleine andere Teile; 3. ein Teil der Ohrtrompete.

Das Knorpelgewebe.

Auch das Knorpelgewebe (Fig. 26 bis 29) entsteht ursprünglich aus Zellen; auch später besteht es aus solchen und einer von diesen ausgeschiedenen Grundsubstanz.

Die Knorpelzelle ist ursprünglich kugelig, wird dann würfelförmig oder vielseitig, später unregelmäßig, mehr oder weniger langgestreckt, linien- oder spindelförmig, auch sternförmig. Von den Seitenflächen und Polen der Linse oder Spindel gehen zahlreiche (bis 50–80) Fortsätze aus, die sich teilen und verästelten und mit denen der Nachbarzellen zusammenhängen (Fig. 26).

Die Grundsubstanz des Knorpels erscheint sowohl an dünnen Schliffen als an feinen Schnitten des entkalkten Gewebes bei schwächerer Vergrößerung „homogen“. Stärkere Vergrößerung sowie Behandlung mit verschiedenen Reagenzien, ferner Glühen, Kochen usw. lehren, daß auch hier Strukturen sich vorfinden. Wenn man entkalkte Knorpelsubstanz längere Zeit kocht, so löst sie sich in gewöhnlichen Bindegewebsleim auf. Auch beim Kochen von frischem Knorpel erhält man bekanntlich Leim. Die Grundsubstanz der Knorpel besteht sonach aus leimgebenden oder Bindegewebsfasern, die nach den Untersuchungen von V. von Ebner nicht verkalft sind. Außer diesen feinsten Fasern besitzt der Knorpel noch gröbere Bindegewebsfasern, die 1856 von Sharpey beschrieben wurden und nach ihm benannt zu werden pflegen. Auch elastische Fasern kommen im Knorpel vor.

In der Knorpelgrundsubstanz gibt es ungezählte Hohlräume, die im lebenden Zustande von den Knorpelzellen vollständig oder fast vollständig ausgefüllt werden. Man nennt sie Knorpelkapseln oder -höhlen (Fig. 27). Der alte Name „Knorpelkörperchen“ ist unpassend. Von diesen Höhlen

gehen feinste Kanälchen aus, die bei schwacher Vergrößerung als Linien erscheinen. In diesen Kanälchen liegen die protoplasmatischen Fortsätze der Knochenzellen. An feinen Schliffen von getrockneten Knochen erscheinen die Höhlen und Kanäle bei durchfallendem Licht dunkel, bei auffallendem Lichte weiß, hellglänzend. An dünnen und platten Knochen oder in den feinen Bälkchen und Plättchen der schwammigen Knochen-

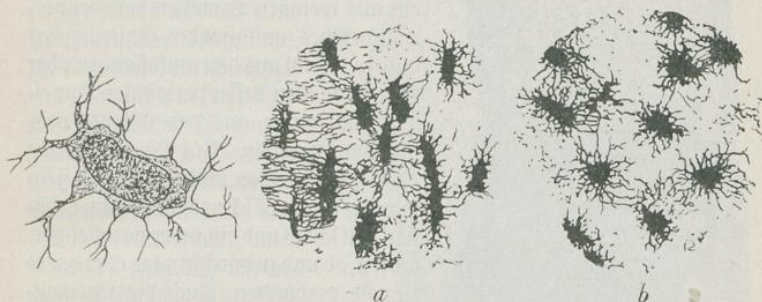


Fig. 26. Knochenzelle, isoliert. Fig. 27. Knochenhöhlen, Röhrenknochen, Mensch. a Längsschnitt, stark vergr. (Nach Joseph.) b Querschnitt. (Nach Kopsch.)

substanz (s. Skelett) sieht man weiter nichts als die Höhlen und Kanälchen. In größeren Knochen kommen hierzu noch Gefäßkanäle. Sehr auffallende und charakteristische Bilder erhalten wir, wenn wir einen Röhrenknochen auf Quer- und Längsschnitten untersuchen. Auf Querschnitten, d. h. senkrecht zur Längsachse geführten Schnitten sieht man größere kreisrunde oder ovale Lücken, um welche die Grundsubstanz in mehr oder weniger regelmäßigen konzentrischen Lamellen angeordnet ist. Die „Knochenkörper“ oder -höhlen liegen an der Grenze je zweier Lamellen, so daß auch sie um die Lücke herum gruppiert erscheinen. Die Knochenkanälchen verlaufen vorzugsweise radiär auf die Lücke los, also im allgemeinen senkrecht zu den Peripherien der Lamellen. Die „Lücken“ im Knochen sind die Querschnitte der Haversschen Kanäle, welche von Clopton Havers im Jahre 1734 zuerst beschrieben wurden. Die Lamellen, deren Zahl zwischen einigen wenigen und etwa 20 schwankt (s. u.), sind gewöhnlich weder genau zylindrisch, also auf dem Schnitte kreisförmig, noch auch überall gleich dick, so daß der Haverssche Kanal meist exzentrisch liegt und das ganze System der Haversschen oder Speziallamellen unregelmäßige elliptische Begrenzungen auf der Schnittfläche aufweist. Zwischen diesen Haversschen Systemen oder Lamellensystemen erster Ordnung müßten selbstverständlich, auch wenn sie sich gegenseitig berühren, Räume frei bleiben. Diese werden dadurch noch vergrößert, daß die beschriebenen



Fig. 28. Längsschnitt eines Fingergliedes vom 3 monatlichen menschlichen Embryo, im Beginne der Verknöcherung. Mittlere Vergrößerung.
(Nach Schäfer.)

Systeme sich vielfach nicht berühren. Zwischen den Haversschen Systemen liegen noch Reste von teilweise zerstörten Systemen, die man „Schaltlamellen“ nennt. Außerdem findet sich am äußeren wie am inneren Umfang des Knochens ein aus wenigen Lamellen bestehendes, zylindrisches umfassendes System; das äußere besteht aus den umfassenden oder Hauptlamellen, besser periostalen Lamellen, das innere aus den Grund- oder inneren Lamellen. Auf Längsschnitten oder -schliffen von Röhrenknochen sieht man die Haversschen Kanäle zum größten Teil längs und einander parallel verlaufen, ab und zu durch schräge oder quere Kanäle verbunden. Auch die Knochenkörperchen werden von Längsschnitten größtenteils in ihrer Längsachse getroffen. Außer den Haversschen Kanälen gibt es solche, die keinem Lamellensystem angehören. Sie wurden zuerst von dem berühmten Chirurgen Richard von Volkmann in entzündeten Knochen beschrieben, W. von Ebner fand sie auch in normalen Knochen. Man nennt sie jetzt Volkmannsche Kanäle. Sie sind erheblich

kleiner als die Haversschen. — Über den Knochen als Organ, seine Anhangs- und Weichgebilde wird in der allgemeinen Skelettlehre abgehandelt (s. Teil II dieser „Anatomie“).

Entstehung des Knochengewebes, Verknöcherung. Knochengewebe entsteht 1. aus oder im Knorpel, 2. aus oder im Bindegewebe. Man kann so die Knochen in knorpelig und in bindegewebig präformierte unterscheiden. Letztere werden auch als Beleg- oder Deckknochen oder als Haut- oder Zahnknochen bezeichnet. Am Anfang des zweiten Embryonalmonates besteht das Skelett des Menschen nur aus Knorpel und Bindegewebe. Knorpelig angelegt sind die Knochen des Rumpfes, nämlich die

Wirbelsäule, die Rippen und das Brustbein, ferner die Gliedmaßen und der größte Teil des Schädels, der Unterkiefer zum Teil. Bindegewebig vorgebildet sind die Knochen des Schädeldaches und ein Teil der Gesichtsknochen. Knorpel wird fast niemals direkt zu Knochen, sondern der Knorpel wird erst zerstört und an seine Stelle tritt Knochengewebe. In oder aus dem Bindegewebe kann sich direkt Knochen entwickeln. Die Bindegewebszellen werden zu Knochenzellen und scheiden Knochengrundsubstanz aus.

Die Verknöcherung eines Knorpels (Fig. 28, 29) beginnt regelmäßig in der Mitte. Die Knorpelzellen, welche an den Enden des Knorpels spindel- und keilförmig aussehen, werden gegen die Mitte des Knorpels größer und kugelig. Die Grundsubstanz wird reduziert und durch Ablagerung von Kalksalzen verändert. Diese Stelle wird als Verkalkungspunkt, später als „Knochenkerne“ bezeichnet. Hier tritt, nachdem eine Zeitlang eine

Überernährung durch eingedrungene Blutgefäße stattgefunden hat, später eine Ernährungsstörung ein; die Zellen schrumpfen und zerfallen schließlich zu farblosen Klümpchen oder einer feinkörnigen Masse. Der Knorpel wird eingeschnürt, während die beiden Enden weiterwachsen. Die Knorpelhaut teilt sich im Bereich der Verkalkungszone in zwei Schichten, eine innere dünnere Bildungsschicht oder „Cambiumschicht“ (wie bei Pflanzen), die aus Zellen besteht, und eine äußere faserige. Die Knorpelhöhlen werden sodann durch Auflösung (Resorption) der Grundsubstanz geöffnet und mit den von der inneren Schicht der Knorpelhaut stammenden Knochenbildungszellen, Osteoplasten, erfüllt. Die Zellen dringen mit den Blut-

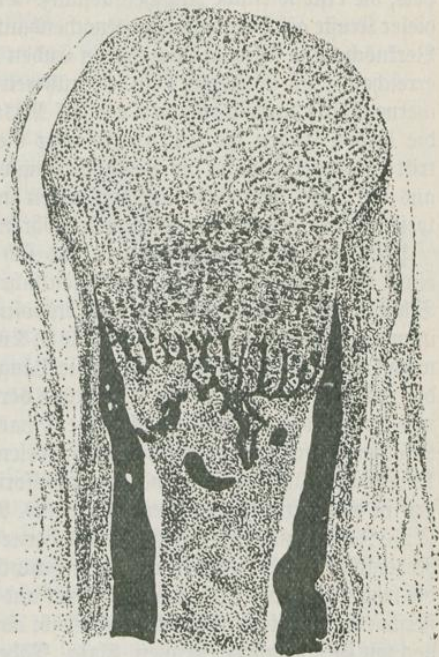


Fig. 29. Fingerglied, menschlicher Embryo. Längsschnitt durch den mittleren Teil und das eine Ende, 3 Monate später als Fig. 28 (6. Monat). Mittlere Vergrößerung. (Nach Kölliker.)

gefäßen bis zur Mitte des Knorpels vor, füllen die alten Knorpelhöhlen aus, legen sich an die Reste der Knorpelgrundsubstanz an und scheiden Knochen- substanz aus. So bildet sich eine Knochenkruste um die Mitte des Knorpels, die erste wirkliche Knochensubstanz. Die Knorpelhaut ist im Bereich dieser Kruste als Reinhaut oder Knochenhaut (Periost) zu bezeichnen. Die Verknöcherung schreitet nach beiden Enden hin fort, ohne diese jedoch zu erreichen. Den mittleren Teil des früheren Knorpels, der jetzt eine knöcherne Röhre darstellt, nennen wir das Mittelstück oder die Diaphyse, die beiden Enden die Epiphyse oder die Gelenkenden. In diesen tritt erst sehr viel später die Verknöcherung von je einem besonderen Kern aus auf. Die Verknöcherung der kurzen und platten Knochen geht im wesentlichen so vor sich wie an den Röhrenknochen.

Über das Knochenwachstum sind sich die Forscher noch nicht ganz einig. So viel steht fest, daß es im wesentlichen durch Auflagerung neuer Schichten von außen her oder sog. Apposition und durch Umwandlung immer weiterer Partien des Knorpels in Knochen vor sich geht. Zunächst wächst der Knochen sehr schnell in die Länge, weniger in die Dicke. Um die Zeit der Geburt sind die Mittelstücke der Röhrenknochen im allgemeinen vollständig verknöchert. Meist erst nach der Geburt, bei einzelnen Knochen schon vorher, treten in den Gelenkenden wie gesagt Knochenkerne auf, später vielfach noch sog. akzessorische Knochenkerne, zum Teil erst in der Mitte des zweiten Jahrzehnts. Noch später, um das 18., 20., ja 25. Jahr beginnt die endgültige knöcherne Verschmelzung der einzelnen Nebenstücke unter sich und mit dem Hauptstücke. Erst jetzt verschwinden die letzten Knorpelreste zwischen diesem und den Endstücken. Nur am äußersten Ende, an der Gelenkspalte, bleibt ein schwacher Rest von Knorpel, den wir Gelenkknorpel nennen, übrig. Nähere Angaben über das Wachstum der Knochen siehe Skelett (Teil II dieser „Anatomie“).

Das Zahnbein.

Das Zahnbein ist im wesentlichen Knochengewebe, dessen Zellen eigentümlich gelagert sind. Näheres s. Teil II dieser „Anatomie“ bei den Zähnen.

III. Die Lymph- und Blutzellen.

Die Lymphe und das Blut bestehen 1. aus einer salz- und eiweißhaltigen Flüssigkeit, Serum, 2. aus festen oder geformten Teilen. Die Flüssigkeiten werden in der Physiologie und in der physiologischen Chemie abgehandelt. Hier wollen wir uns nur mit den geformten Bestandteilen befassen. In der Lymphe, ferner im Darmmilchsaft oder Chylus sowie im Eiter finden wir die weißen oder richtiger farblosen, sehr häufig aber

schwach gefärbten Lymphkörperchen. Sie werden auch als Amöben, Eiterkörperchen, Fresszellen oder Phagozyten oder Leukozyten bezeichnet. Im Blute kommen außer diesen noch die gefärbten oder roten Blutkörperchen, ferner die sog. Blutplättchen oder Thrombozyten vor.

1. **Die weißen Blutkörperchen** (Lymphozyten und Leukozyten). Man unterscheidet zurzeit 5 oder 6 verschiedene Formen, hauptsächlich nach der Größe und nach der feineren oder gröberen Granulierung (Körnchenbildung). Das Protoplasma dieser Zellen ist einmal mehr hell und homogen, oder granuliert, farblos, oder etwas gelblich schimmernd. Eine Form zeichnet sich durch lebhafteste „amöboid“ Bewegung aus, d. h. die Zellen senden Ausläufer oder Fortsätze aus, die sich dann wiederum zurückziehen können. Der Kern hat verschiedene Formen. Er teilt sich direkt oder indirekt. Eine Teilung der Zellen braucht auf die des Kernes nicht zu folgen, es entstehen dann mehrkernige Zellen. Die große Mehrzahl unserer weißen Blutkörperchen ist fein granuliert, hat wechselnde Kernform oder mehrfache Kerne. Vor allem haben die Zellen die Eigenschaft der Ortsveränderung. Wir nennen sie deshalb Wanderzellen. Sie sind imstande, durch die Wanderungen der feinsten Gefäße (Cohnheim), ja durch mehrfache Epithelschichten sich hindurchzuzwängen (Stöhr), sowie sich zwischen den Elementen anderer Gewebe zu bewegen. Noch wichtiger ist ihre Fähigkeit, nicht nur die Teile und Reste von fremden Zellen, besonders von Bakterien, in sich aufzunehmen und fortzuführen (sog. Leichenträger), sondern auch lebende Bakterien oder Zellen zu fressen, zu töten, zu verdauen, unschädlich zu machen und zu entfernen; daher der Name Phagozyten (Metchnikoff). Sie können aber auch die Grundsubstanz lebender Gewebe, die Knorpel und Knochen zerstören und aufsaugen. So spielen die Lymphkörperchen eine außerordentlich wichtige Rolle im Körper, sowohl unter normalen Verhältnissen (Gesundheit), wie bei der Bekämpfung von Infektionen, indem sie den Körper vor Bakterien und deren Giften schützen, solange sie die Kraft dazu besitzen. Schließlich können aber auch sie zugrunde gehen, mit ihnen dann unsere

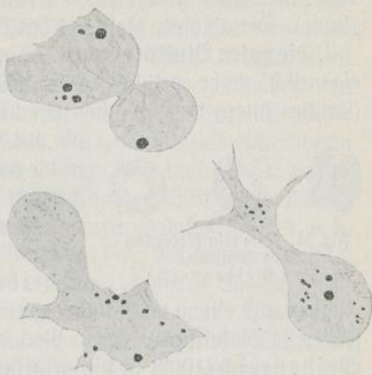


Fig. 30. Weiße Blutkörperchen. Formveränderungen. („Amöboide“ Bewegung.)
(Nach R o p s ch.)

Gewebe und Organe, schließlich der ganze Körper. Die Zahl der Lymphkörperchen verhält sich im gesunden Blut zu der der roten wie 1 zu 500 bis 1000, im Mittel etwa 1 zu 800. Ein Zuwenig ist ebenso schädlich wie ein Zuviel. Die absolute Zahl beträgt etwa 6000 in einem Kubikmillimeter.

2. Die roten Blutkörperchen. (Fig. 31.) Die sog. roten oder gefärbten, eigentlich mehr gelblich oder gelbgrünlich aussehenden Körperchen (Erythrozyten) wurden schon vor über 200 Jahren von Leeuwenhoeck als mit Wasser gefüllte Blasen beschrieben, in die man mit dem Finger eine Delle hineingedrückt hat. Diese Angabe wurde vergessen und über zwei Jahrhunderte lang wurden die roten Blutkörperchen als kreisförmige, flache Scheiben mit einer Vertiefung an beiden



Fig. 31. Rote Blutkörperchen des Menschen.
(Nach Weidenreich.)

Flächen und einem verdickten abgerundeten Rande beschrieben. Im Profil sollten sie Biskuitform zeigen. Nach den Angaben von G. Schwalbe und Weidenreich (1902) ist die ursprüngliche Form im lebenden Blute die einer Glocke oder einer Qualle. Sie sind also nicht bikonkav, sondern konvex-konver. Da sich die Form der roten Blutzellen bei Zusatz differenter Flüssigkeiten, z. B. auch Kochsalzlösungen von nur ein wenig zu schwächer oder zu starker Konzentration, sofort verändert, kann man ihre wahre Form nur bei Zusatz von Kochsalzlösung von 0,65 % oder anderen indifferenten Zusätzen oder ohne alle solche erkennen. In zu starken Lösungen, also auch in der bisher üblichen Kochsalzlösung von 0,75 oder 0,8 % werden sie zu bikonkaven Scheiben, in schwächeren Lösungen zu Kugeln.

Einen Kern besitzen die roten Blutkörperchen des erwachsenen Menschen nicht! Bei den Embryonen der Säugetiere (also auch des Menschen) und bei allen unterhalb dieser stehenden Wirbeltieren (Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel) sind sie kernhaltig. Bei den Säugetieren und dem Menschen zerfällt der Kern während der Entwicklung in kleine Teilchen, die aus den Zellkörperchen ausgestoßen werden. Die reifen roten Blutkörperchen der Säugetiere sind sonach kernlose Zellen! Mit Ausnahme von einigen Zweihufern (Kamel, Lama), die ellipsoide Blutkörper besitzen, ist die Form der Säugetierblutkörperchen mit der des Menschen übereinstimmend. Viele Tiere, so gerade die Haustiere, stimmen außerdem in der Größe der Zellen mit dem Menschen überein, so daß eine Unterscheidung nach der Größe sehr schwer, vielfach unmöglich ist. Man hat deswegen neuerdings andere Methoden finden müssen, um in zweifelhaften Fällen (Blutstiche an Kleibern, Wäsche usw.) festzustellen, ob es sich um menschliches Blut handelt oder nicht.

Dazu kommt noch, daß die Größe der menschlichen Zellen zwischen 7,2

und $7,8 \mu^1$) schwankt, meist beträgt sie ziemlich genau $7,5-7,6 \mu$. Die Zellen des Kindes messen $8,0 \mu$, die des Hundes $7,2$ (Katte $6,2$, Pferd $5,58$, Ziege $4,25 \mu$). Die Affen stehen auch hierin dem Menschen sehr nahe und haben vielfach 7μ . Noch näher dem Menschen steht aber das Kaninchen mit $7,16$ und besonders das Meerschweinchen mit $7,48 \mu$. Vogelblut ist leicht zu unterscheiden, da die Blutkörperchen ellipsoide Scheiben von meist $12-14 \mu$ Länge, $6-7 \mu$ Breite darstellen. Die größten Elemente besitzt, soweit bekannt, *Proteus anguineus*, ein geschwänztes Amphibium (Molch). Seine Blutkörperchen sind 58μ lang, 35μ breit, dafür hat er aber nur $35\,000$ Zellen in einem Kubikmillimeter Blut. Der Mensch (Mann) hat dagegen etwa fünf Millionen in einem Kubikmillimeter, d. h. also, er besitzt, da er im ganzen etwa $5-6\,l$ Blut ($\frac{1}{13}$ des Körpergewichts) hat und der Liter gleich 1000 cbmm oder 1 Million cbmm ist, $25-30$ Billionen rote Blutkörperchen. Die Zahl schwankt etwas nach Alter, Geschlecht, Individuum, physiologischen und pathologischen Zuständen. Das Weib hat etwas weniger als der Mann: $4\frac{3}{4}$ Millionen in einem Kubikmillimeter. Übrigens steht der Mensch, wie in vielen Punkten so auch hier, durchaus nicht an der Spitze der Tierwelt. Fast alle Säugetiere besitzen kleinere Körperchen und sehr viel mehr im Kubikmillimeter; die Affen, Kaninchen und Hunde haben über 6 Millionen, das Pferd $7,4$ Millionen, die Katze beinahe 10 , die Ziege beinahe 20 Millionen im Kubikmillimeter.

Die roten Blutkörperchen werden von einer starken, struktur- und farblosen elastischen Membran umhüllt, die eine gleichfalls strukturlose, kern- und kernrestlose flüssige gelbliche Masse einschließt. In dieser ist vor allem der Blutfarbstoff, das Hämoglobin, enthalten.

Die erste Entstehung der gefärbten wie der ungefärbten Blutelemente beim Embryo ist uns gut bekannt. Sie entstehen aus Elementen des mittleren Keimblattes im Bereich des embryonalen Gefäßhofes und wandern, wie die Bindegewebszellen, von denen sie sich anfangs nicht trennen lassen, in die Spalten des embryonalen Leibes ein. Ein Teil dieser Bindegewebszellen bildet die Gefäßwandungen, ein anderer deren Inhalt, die Blut- und Lymphkörper. Die embryonalen roten Blutzellen sind wie gesagt anfangs alle kernhaltig und teilen sich indirekt. Im vierten Monat ist die Zahl der kernlosen Zellen schon sehr erheblich. Im siebenten Monat sind nur noch kernlose rote Zellen zu finden. Beim wachsenden und erwachsenen Menschen (ebenso bei Tieren) enthält das Knochenmark, besonders das rote, die Jugendformen der roten Blutkörper.

1) μ = Mikromillimeter = $0,001$ mm, d. h. also ein Tausendstel Millimeter oder 1 Millionstel Meter.

3. **Die Blutplättchen** (Thrombozyten). (Fig. 32.) Als Blutplättchen bezeichnete Bizzozzero die von ihm im Jahre 1882 entdeckten, etwa $2,5 \mu$ großen, meist kernlosen Gebilde, die neben den roten und weißen Körperchen im gesunden Blute vorkommen. Neuere Untersuchungen haben gezeigt,



Fig. 32.
Blutplättchen
(Thrombozyten).
(Nach Kopsch.)

daß Bizzozzero sehr stark veränderte Formen beobachtet hatte, daß diese Elemente, die wir jetzt Thrombozyten nennen, im lebenden Zustande große, protoplasmatische, im allgemeinen kugelige oder ellipsoide kernhaltige Zellen sind, die meist gezackte Form und viele Ausläufer besitzen. Sie scheinen bei der Gerinnung des Blutes nach Verletzungen eine sehr wichtige Rolle zu spielen. Sie gerinnen sofort bei Luftzutritt und bewirken so den Verschluß von Wunden, falls nicht der Blutdruck sie fortzuschwemmt. Bekanntlich schließen

sich kleinere Verletzungen, die so oft besonders an den Fingern vorkommen, von selbst.

IV. Das Muskelgewebe.

Man unterscheidet zwei Hauptarten von Muskeln, die glatten und die quergestreiften; letztere trennt man wieder in die Herz- und Skelettmuskeln und diese wiederum in die dunkle oder „rote“ und in die helle oder „weiße“ Unterart.

1. **Die glatten** (organischen, vegetativen) **Muskeln**. Spindelzellen. (Fig. 33.) Die glatten Muskeln wurden 1847 als besonderes Gewebe von Kölliker aufgestellt, nachdem sie bis dahin zum Bindegewebe gerechnet worden waren. Sie bestehen aus spindelförmigen, sehr verschiedenen langen und verschiedenen dicken Zellen. Deren Länge schwankt zwischen einigen 20μ bis zu 500μ , d. h. also $\frac{1}{2}$ mm! Meist beträgt sie etwa 200μ , die Dicke $40-50 \mu$. Der Zellkörper zeigt oft sehr feine Längsstreifung, wahrscheinlich als Ausdruck der Bildung von Fibrillen, die in einer undifferenzierten Ausfüllungsmasse des Sarkoplasma liegen. Manchmal findet man Andeutung von Querstreifung, die vielleicht der Ausdruck von Zusammenziehung (Kontraktion) ist. In der Mitte der Zelle liegt gewöhnlich ein stabförmiger oder an den Enden abgerundeter zylindrischer Kern, manchmal zwei oder auch drei solche. Die anfangs zylindrischen oder spindelförmig sich zugspitzenden Elemente der glatten Muskeln werden durch ge-

ge-
u
er-
gt,
in-
paß
ab-
zu-
im
ide
ge-
be-
in-
gen
en.
ritt
von
ruch
ie-
m-
die
aus-
der

ge-
u
er-
gt,
in-
paß
ab-
zu-
im
ide
ge-
be-
in-
gen
en.
ritt
von
ruch
ie-
m-
die
aus-
der

en.
von
net
gen
gen
ide
ein-
ten
An-
en-
ab-
ch-
del-
ge-

gen-
seitigen Druck bei der Bildung von Bündeln oder größeren Massen mehr prismatisch oder unregelmäßig. Die Zellbrücken zwischen den Spin-



Fig. 33. Glatte Muskelzelle. Dünndarmwand. (Nach Schäfer.)

deln werden aus Bindegewebe gebildet, das die Lücken zwischen den Elementen zum Teil ausfüllt, aber Lymphbahnen übrig läßt.

Die glatten Muskeln kommen an solchen Stellen vor, wo es sich um langsame Bewegungen oder dauernde Anspannung handelt, so vor allem in den Wandungen des Darmes und der Blut- und Lymphgefäße, ferner in und unter der Haut, am Bauchfell, in den Atmungs-, Harn- und Geschlechtsorganen, in und an vielen Drüsen, ferner im Auge. Die glatten Muskeln vermehren sich durch indirekte Zellteilung. Eine außerordentlich starke Vermehrung derselben findet während der Schwangerschaft in der muskulösen Wand der Gebärmutter statt.

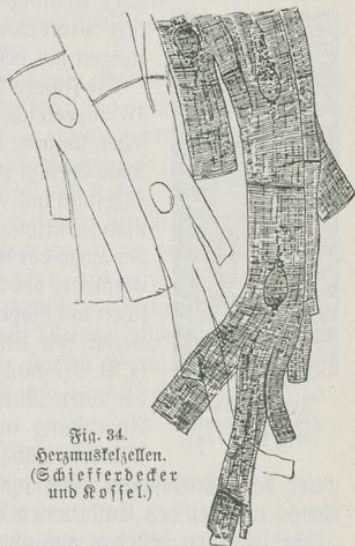


Fig. 34.
Herzmuskelzellen.
(Schiefferdecker
und Kossel.)

2. Die quergestreiften Muskeln. 1. Die Herzmuskeln. (Fig. 34.) Die Muskelzellen des Herzens sind sehr kurz. Sie bilden verzweigte Muskelbalken mit Kernreihen in der Achse der Balken und ohne eine isolierbare Membran (s. u. Sarkomer). Die Herzmuskelzellen entstehen, wie die Fasern der Skelettmuskeln, aus den „Myoblasten“, d. h. den muskelbildenden Zellen des mittleren Keimblattes. Noch beim erwachsenen Menschen bleiben die einzelnen Zellen des Herzmuskels im Zusammenhange, d. h. sie trennen sich nicht in einzelne selbständige Individuen, sondern bilden eine Zellenkolonie oder ein sog. „Synzytium“, in dem die Zellgrenzen vielfach nur undeutlich sind oder aber ganz fehlen. Die Querstreifung ist wie bei den Skelettmuskeln deutlich ausgebildet. Die Kerne liegen in der Mitte der Zellen, während sie in den Skelettmuskeln meist am Rande liegen.

2. Die quergestreifte Skelettmuskulatur. (Fig. 35.) Die Skelettmuskeln entstehen, wie die glatten, aus dem mittleren Keimblatt. In den Myoblasten oder Muskelbildungszellen entwickeln sich kontraktile

Fibrillen, d. h. der Zusammenziehung oder Verkürzung fähige Fasern, zwischen denen der Rest des Zellprotoplasma als undifferenziertes oder nicht umgewandeltes „Sarkoplasma“, d. h. Fleischplasma, bestehen bleibt. Die Muskelzellen verschmelzen zu langen Reihen. Die eigentliche Muskelsubstanz oder kontraktile Substanz ist nur in einer Richtung kontraktil oder zusammenziehungsfähig, während das gewöhnliche Protoplasma diese Eigenschaft nach allen Richtungen hin besitzt.



Fig. 85. Querschnitt einer Muskelfaser.
(Nach Schäfer.)

Die Fasern können eine große Länge, bis zu 12 oder 16 cm, erreichen. Wir würden sie also mit bloßem Auge sehen können, wenn sie nicht so sehr dünn wären; ihre Dicke beträgt nämlich nur 10–100 μ . Die Enden sind zugespitzt und es besteht eine Membran oder Hülle, die man „Sarcolemm“ oder Muskelhülle nennt. Je nach der Lage der Kerne unterscheidet man neuerdings die Elemente der roten und der weißen Muskeln, die man schon mit bloßem Auge an der Farbe sowohl bei Säugtieren, wie besonders bei Vögeln unterscheiden kann (z. B. Brustmuskeln und Beinmuskeln der Vögel). Bei den roten Muskeln liegen die Kerne noch in primitiver Anordnung inmitten der Fibrillen, bei den weißen Muskeln nahe dem Rande oder der Peripherie, dicht

unter dem Sarcolemm. Bei niederen Wirbeltieren liegen die Kerne ebenso wie bei den Embryonen höherer mehr in der Mitte der Faser.

Die Fibrillen bestehen aus abwechselnd hellen und dunklen Partien („Scheiben“), die verschiedene Lichtbrechung besitzen. Die einen sind glänzend, doppeltbrechend, anisotrop, die andern matt, einfachbrechend, isotrop. So entstehen dunkle und helle Querstreifen (Querbänder), die durch die ganze Dicke der Faser hindurchgehen, kurz: die „Querstreifung“. Die Dicke der „Scheiben“, „Bänder“, d. h. die Höhe der verschiedenen Substanzen ist verschieden, jedenfalls aber sehr klein, so daß sie nur bei stärkeren Vergrößerungen gesehen werden kann. Bei stärksten Vergrößerungen sieht man, daß jede Scheibe aus mehreren Bestandteilen aufgebaut ist. Bei höheren Wirbeltieren und beim Menschen sieht man eine hohe Scheibe doppeltbrechender Substanz, die bei hoher Einstellung des Mikroskops dunkel erscheint, die sog. Querscheibe. Diese wird von einer niedrigen, weniger lichtbrechenden, bei hoher Einstellung des Mikroskops hellen Scheibe durchsetzt. Man nennt sie die dunkle oder Hensen'sche oder Mitelscheibe. Über und unter der Querscheibe folgt wieder eine Scheibe heller Substanz, darauf die Zwischenscheibe. Bei vielen wirbellosen Tieren,

besonders bei Insekten und Käfern, findet man außer den obengenannten Scheiben noch die Nebenscheibe oder Quermembran, schließlich die Endscheibe. Bei tiefer Einstellung des Mikroskops werden die hellen Streifen dunkel und umgekehrt. Die Querscheiben lassen sich durch verschiedene Mittel, z. B. Alkohol, isolieren. Durch andere Mittel, z. B. schwache Chromsäure, kann man den Muskel in Fibrillen zerlegen. Eine Scheibe besteht dann nach Zerlegung in die Länge und in die Quere aus einer Anzahl von kleinsten Säulen oder Prismen.

Die Fibrillen liegen im Sarkoplasma einzeln oder in Gruppen, in dessen Maschen. Die Querschnitte der Fibrillengruppen werden als Coheimsche Felder bezeichnet. Sie bilden ein für die quergestreifte Muskelfaser charakteristisches Netz. Je mehr Sarkoplasma und je weniger Fibrillen vorhanden sind, desto dunkler erscheint die Faser.

Beim Übergang des Muskels in die Sehne gehen die Muskelfibrillen unter Verlust der Querstreifung kontinuierlich in die Bindegewebsfibrillen der Sehne über. (Oskar Schulze, 1911.)

Die Muskelsubstanz wird von außerordentlich zahlreichen Gefäßen versorgt, die ein dichtes Netz mit rechteckigen Maschen bilden. Näheres darüber siehe Muskellehre. Infolge seiner starken Beanspruchung ist das Muskelgewebe in fortwährendem Zerfall und steter Neubildung begriffen.

V. Das Nervengewebe.

Das Nervengewebe besteht aus Zellen, Nerven- oder „Ganglienzellen“, und Nervenfasern. Die Fasern sind, soviel wir wissen, sämtlich Fortsetzungen einer Nervenzelle. Nach der Neuronenlehre (Waldeyer) besteht die Nervenzelle im weiteren Sinne oder „das Neuron“ nicht nur aus dem eigentlichen um den Kern herum gelagerten Zelleib, sondern auch aus Fortsätzen, die außerordentlich lang, beim Menschen bis zu $1\frac{1}{2}$ m, werden können. Man teilt die Fortsätze oder Ausläufer in zwei Arten:

1. Die sog. unverästelten, die ihre Dicke vom Zentrum bis zur Peripherie beibehalten, jedoch nach neueren Untersuchungen feinste Seiten- oder Nebenäste, sog. „Kollateralen“ unter rechtem Winkel abgeben,

2. die eigentlich verästelten Fortsätze, die sich in geringen Abständen von der Zelle ähnlich den Ästen eines Baumes verzweigen.

Die ersteren, von denen jede Nervenzelle nur einen zu besorgen pflegt, nennt man den Hauptfortsatz oder Nervenfortsatz oder Achsenzylinderfortsatz oder kurz Neurit, die anderen, in der Regel zahlreich vorhandenen, nennt man Nebenfortsätze, Protoplasmafortsätze oder Dendriten.¹⁾

1) τὸ δένδρον (dendros) oder τὸ δένδρον (dendron), griech. der Baum.

Die Nerven- oder Ganglienzelle. (Fig. 36.)

Die Nervenzelle, d. h. der zentrale, kernhaltige Teil des Neuron, ist im allgemeinen größer als andere Zellen, abgesehen von der Eizelle. Manche

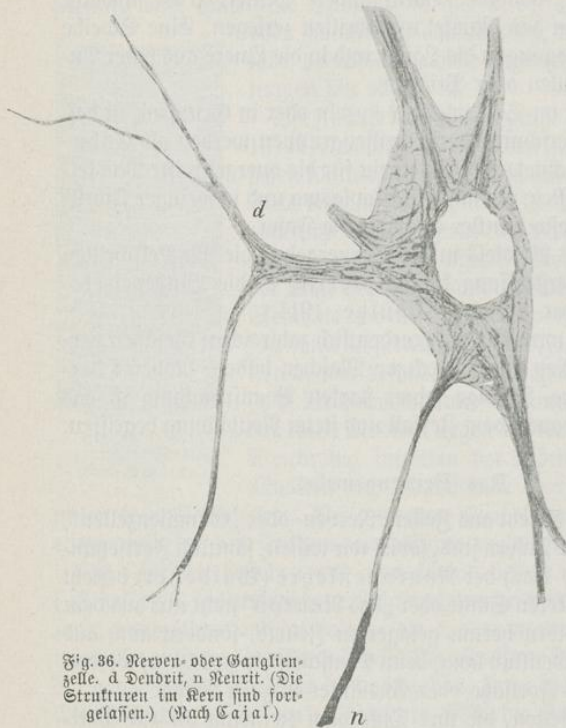


Fig. 36. Nerven- oder Ganglienzelle. d Dendrit, n Neurit. (Die Strukturen im Kern sind fortgelassen.) (Nach Cajal.)

Nervenzellen erreichen eine Größe von 100μ und mehr, bis zu 140μ ($\frac{1}{7}$ mm). Sie sind also mit bloßem Auge sichtbar. Es gibt aber auch ganz kleine Nervenzellen von nur $4-9\mu$. Der Zelleib zeigt eine deutliche fibrilläre Streifung, außerdem eigentümliche Körper, die sog. „Schollen“ oder nach ihrem Entdecker Mißlische Körperchen genannt. Ferner hat Golgi 1898 sehr feine Netze in den Zellen und um die Zellen herum entdeckt, über deren Bedeutung wir noch nichts wissen. Schon seit längerer Zeit sind Blutgefäße in den Zellen beschrieben worden; soviel

wir wissen, handelt es sich um ein Lücken- oder Kanalsystem, in dem Ernährungsflüssigkeit kursiert.

Nach dem Verhalten des Nervenfortsatzes teilt Golgi die Zellen in zwei Typen ein. In Typus I geht der Neurit in eine echte Nervenfaser über. In dem sehr viel selteneren Typus II verästelt sich auch dieser Fortsatz wie die Dendriten in feinste Ausläufer oder Neuropodien. Die Bedeutung der Dendriten ist noch nicht vollständig aufgeklärt. Golgi und seine Schüler betrachten sie als Ernährungsorgane der Zellen. Ramón y Cajal, Van Gehuchten, Gustaf Retzius halten sämtliche Fortsätze

für Nervenzellen, für echte nervöse Bildungen, d. h. entweder motorische oder sensible Teile. Je nach der Zahl der Fortsätze trennt man die Ganglienzelle in unipolare, bipolare, multipolare. Die scheinbar unipolaren Zellen sind in Wirklichkeit bipolar, d. h. der anscheinend einfache Fortsatz teilt sich sehr bald in Form eines lateinischen T in einen Dendriten und einen Neuriten. Die Neuriten enden entweder in einem Muskel (motorische Nerven) oder als sensible, empfindende Nerven im Epithel oder an anderen Stellen der Haut und der Schleimhäute, vielfach auch an anderen Ganglienzellen in Form von Ranken, Quasten usw.

Die Nervenfaser. (Fig. 37.)

Soviel wir wissen, ist die Nervenfaser ein Fortsatz, d. h. also schließlich ein Teil einer Nervenzelle. Die Nervenfasern bestehen 1. aus Fibrillen (Neurofibrillen), 2. einer zähen Flüssigkeit, dem Neuroplasma. Seit langer Zeit bezeichnet man das aus Fibrillen und Neuroplasma bestehende Zentralgebilde der Faser als Achsenzylinder oder Achsenband (Axon oder Neuraxon). Dies ist eigentlich ein Kunstprodukt.

An frischen Nervenfasern findet man weiche, fast flüssige Bildungen, so daß man das Zentralgebilde auch als Achsenraum auffassen kann, der aber von Substanz erfüllt ist. Bei den meisten Nerven wird er noch von besonderen Hüllen umgeben. Der der Bequemlichkeit halber fortgeführte Name Achsenzylinder bedeutet also den durch Einwirkung von Reagenzien und Absterben der lebenden Substanz veränderten Inhalt des Achsenraumes. Wird der Achsenzylinder noch von einer Mark- oder Myelinscheide, d. h. einer fettähnlichen Substanz umgeben, so nennen wir die Nervenfaser eine „markhaltige“. Die Scheide dient höchstwahrscheinlich zur Isolierung, wie die Seide an den Drähten der elektrischen Leitungen. Im frischen Zustande ist das Nervenmark völlig homogen. Beim Absterben zerfällt es in unregelmäßige Segmente. Bei Behandlung mit fettlösenden Mitteln: Äther, Benzin, Chloroform, Alkohol, bleibt ein Teil des Markes als feines Netzwerk übrig, die sog. Hornscheide oder das Neurokeratin. Um die Markscheide herum liegt bei peripheren Nerven noch eine zweite Scheide, die Schwannsche Scheide oder das Neurilemma.



Fig. 37. Markhaltige Nervenfasern. A Achsenzylinder, K Kern, M Markscheide, R Ranvier'sche Einschnürung, S Schwannsche Scheide. (Nach Kopisch.)

Zwischen Neurilemm und Markscheide liegen meist in verschiedener Entfernung ovale Kerne, gewöhnlich kurz Schwannsche Kerne genannt. Sie werden neuerdings von einigen Forschern als Kerne der Bildungszellen (Neuroblasten) der peripheren Nervenfasern aufgefaßt. Die Markscheide ist keine ununterbrochene. An bestimmten Stellen, je nach der Dicke der Faser in wechselnden Abständen (80—900 μ), ist sie unterbrochen. Hier wird der Achsenzylinder nur von der äußeren oder Schwannschen Scheide bedeckt, soweit eine solche vorhanden ist. Diese Unterbrechungsstellen sind von Ranvier in Paris entdeckt und heißen nach ihm die Ranvierschen Einschnürungen, da an diesen Stellen, wo das Mark fehlt, die Schwannsche Scheide nach innen eingedrückt, ringförmig eingeschnürt ist. An diesen Schnürringen verläuft eine wirkliche, ringförmige Grenze zwischen zwei „Segmenten“ oder Neuroblasten. Die Schwannsche Scheide ist hell, „strukturlos“, nach der Ansicht der meisten Forscher bindegewebig, nach anderen nervöser Natur. Nach der jetzt vorherrschenden Lehre entstehen die Nervenfasern durch Auswachsen von den Nervenzellen aus. Beim Embryo liegen die Muskelanlagen ebenso wie die Haut in der nächsten Nachbarschaft der Anlagen des Zentralnervensystems, also der Ganglienzellen. Der Weg von der Nervenzelle zum Muskel ist ebenso wie der von der Haut bis zur Nervenzelle ursprünglich ein ganz kurzer. Wir können uns ganz gut denken, daß durch allmähliche Wachstumsverschiebungen die Nervenfasern mehr und mehr verlängert werden.

Wir teilen die Nervenfasern nach dem Verhalten der beiden Scheiden ein: 1. in markhaltige und marklose, 2. in solche mit oder ohne Schwannsche Scheide.

Es kommen also folgende vier Möglichkeiten auch in Wirklichkeit vor:

a) Achsenzylinder mit Markscheide und mit Schwannscher Scheide: markhaltige, weiße periphere zerebrospinale Nervenfasern: die weitaus meisten peripheren Nervenfasern.

b) Achsenzylinder mit Markscheide, aber ohne Schwannsche Scheide: zentrale, markhaltige Nervenfasern in Gehirn und Rückenmark.

c) Achsenzylinder ohne (oder mit sehr schwach entwickelter) Markscheide, aber mit Schwannscher Scheide: sog. marklose, graue, sympathische Fasern (im Nieschnerven und im Sympathicus).

d) Achsenzylinder ohne Mark und ohne Schwannsche Scheide: zentrale Nervenfasern in der Nähe der Zellen, letzte Endigung der Nervenfasern in der Peripherie, ferner zentrale Nervenfasern des Embryo.

Die Nervenfasern haben eine sehr verschiedene Stärke, zwischen 1 bis 20 μ . Die Fibrillen legen sich zu mehreren zusammen, bilden feinere oder gröbere Stränge, die durch bindegewebige Scheiden umhüllt werden.

Man unterscheidet drei verschiedene Hüllenbildungen, auf die wir hier nicht näher eingehen wollen. Ein Gebilde, das aus einer Summe von Nervenfaser in einer gemeinsamen Bindegewebsscheide besteht, nennen wir kurz: Nerv. Die Nerven haben sehr verschiedene Stärke, von mikroskopischer Feinheit bis zu 16 mm (Hüftnerb).

Die Neuronenlehre.

Der Ausdruck Neuron ($\tau\acute{o}$ νεῦρον [neuron], der Nerv) wurde zuerst von Waldeyer 1891 gebraucht. Die kürzeste Übersetzung von Neuron ist Nerveneinheit, die beste Definition der Neuronenlehre: Lehre von der Zusammensetzung des Nervensystems aus Nerveneinheiten. Der Begriff des Neuron: „Nervenzelle, Nervenfaser und Endbäumchen“ war schon seit längerer Zeit bekannt, ebenso die Lehre, daß das gesamte Nervensystem aus Zellen und deren Fortsätzen besteht; Waldeyer hat aber das unbestrittene Verdienst, zuerst in klarer und knapper Weise ein Wort für den Gedanken geprägt zu haben. Nachdem schon seit langer Zeit die Forscher über den Zusammenhang von Nervenzellen und -fasern Kenntnis gewonnen hatten, waren es vor allem Camillo Golgi in Pavia und S. Ramón y Cajal in Madrid, die durch Verbesserung der Untersuchungsmethoden seit dem Anfang der achtziger Jahre die Neuronenlehre geschaffen haben. Außer den beiden ebengenannten, 1906 in wohlverdienter Weise durch Verleihung des Nobelpreises ausgezeichneten Forschern sind hier noch zu nennen: Wilhelm His (†) in Leipzig, August Forel in Zürich, Albert von Kölliker (†) in Würzburg, Gustaf Retzius in Stockholm, P. Ehrlich in Frankfurt, der Erfinder der vitalen Methylenblaufärbung, Hans Held in Leipzig und viele andere.

Die Entwicklung des Zentralnervensystems wurde vor allem von His (Vater) erforscht. Er stellte fest, daß alle Elemente desselben aus einer einheitlichen Anlage im äußeren Keimblatt (siehe den entwicklungsgeschichtlichen Abriss) entstehen. Ein Teil der Epithelzellen wird zu Gerüstzellen, die anderen zu Nervenzellen. Aus letzteren wachsen die Nervenfaser hervor, indem sie zuerst als kegel- oder feulenförmige Verlängerungen der Zellen erscheinen. Auch später tragen die wachsenden Nervenfaser an ihrem freien Ende eine Verdickung (Wachstumskegel, -keule, Cajal), von der seine Fortsätze ausgehen. Hieraus entwickeln sich später die Endbäumchen. 1891 faßt Waldeyer die Ergebnisse der Forschung in folgende Sätze zusammen.

1. Die Achsenzylinder sämtlicher Nervenfaser (motorische, sekretorische, sensible und sensorische; zentrifugal und zentripetal leitende) haben sich als direkt von Zellen ausgehend erwiesen. Ein Zusammenhang mit einem Faser Netzwerk oder ein Ursprung aus einem solchen findet nicht statt.

2. Alle diese Nervenfasern enden frei, mit Endbäumchen (v. Kölliker), ohne Netz- oder Anastomosenbildung.

Diese beiden Sätze lassen sich in ein allgemeines Grundgesetz zusammenfassen:

Das Nervensystem besteht aus zahlreichen Nerveneinheiten (Neuronen).

Jedes Neuron setzt sich zusammen aus drei Stücken: Nervenzelle, Nervenfasern, Endbäumchen. Der physiologische Leitungsvorgang kann sowohl in der Richtung von der Zelle zum Faserbäumchen, wie auch umgekehrt verlaufen. Die motorischen Leitungen (zum Muskel usw.) verlaufen nur in der Richtung von der Zelle zum Endbäumchen, die sensiblen einmal in der einen, einmal in der anderen Richtung.

Die Neuronentheorie ist bald nach ihrer Aufstellung vielfachen Angriffen ausgesetzt gewesen, besonders von seiten derjenigen Forscher, die Fibrillen und Netze von solchen innerhalb und außerhalb der Ganglienzellen gesehen hatten. Am eingehendsten hat sich Apathy mit der Fibrillenfrage befaßt; seine wichtigsten Ergebnisse sind: Der wesentliche spezifische Bestandteil der Nerven, das Nervöse überhaupt, sind die „Neurofibrillen“. Diese verlaufen als optisch und mechanisch isolierbare Einheiten in der betreffenden Nervenbahn ununterbrochen bis zum peripheren Ende der Bahn. Im entwickelten Organismus ist im Zentrum nirgends ein Anfang der Neurofibrillen festzustellen. Sie gehen entweder unmittelbar, nachdem sie sich in dünnste Elementarfibrillen gespalten haben, in das sog. Elementargitter über oder sie passieren vorher eine oder mehrere Ganglienzellen. (Fig. 38.) Solche Nervengitter oder -netze scheinen nicht nur im Zentrum, sondern auch in der Peripherie vorzukommen, d. h. in Muskeln, Drüsen und Sinnesorganen. Die Achsenzylinder bestehen aus einer Anzahl getrennter, ununterbrochen verlaufender Neurofibrillen, die in eine weiche Interfibrillarsubstanz eingebettet sind. Im Zellkörper der Ganglienzelle breiten sich die Elementarfibrillen in Gestalt eines Geflechtes oder Gitters aus. Ein großer Teil geht aber von einem Zellfortsatz zum anderen.

In den letzten Jahren ist die alte Lehre, daß die einzelnen Neuronen nur durch Kontakt zusammenhängen, vielfach aufgegeben worden. Ein Teil der Forscher hat sich ferner gegen die Einheit oder Einzelligkeit des Neuron erklärt. So kam Oskar Schultze 1904 zu dem Ergebnis, daß das ganze Nervensystem aus Millionen zentraler und peripherer Neuroblasten bestehe. Die Kerne der peripheren Neuroblasten werden nach ihm zu den Schwannschen Kernen.

Man ist in der letzten Zeit ziemlich allgemein wieder zu der Auffassung zurückgekehrt, daß die verschiedenen Zellen des Organismus, auch die des

Nervensystems, ihren ursprünglichen Zusammenhang niemals ganz aufgeben, daß somit primäre Verbindungen der Neuronen unter sich sowie mit den Muskeln und anderen Organen bestehen, daß also das Neuron wie andere Zellen eine Einheit darstellt, die indes von der Umgebung nicht vollständig unabhängig ist.

Nervenendigungen.

Die Nerven endigen sowohl im Zentrum wie in der Peripherie. Wir wollen uns hier nur mit den peripheren Endigungen befassen. Man teilt sie physiologisch in motorische und sensible ein, d. h. Endigungen in den Muskeln und solche in den Sinnesorganen im weitesten Sinne des Wortes. Diese beiden Arten von Endigungen unterscheiden sich auch in ihrer Form und im feineren Verhalten voneinander.

1. Die motorischen Nervenendigungen

teilen wir ein in die an den glatten und an den quergestreiften Muskelfasern.

a) In den glatten Muskeln. Hier findet die Endigung durch einfache Anlagerung der spitz auslaufenden oder am Ende ganz schwach verdickten Achsenfibrillen an die Muskelzellen statt.

b) In den quergestreiften Muskeln. Die Endigung besteht 1. aus einer körnigen (granulierten) „Sohlenplatte“, 2. aus Kernen, die in dieser Platte liegen, 3. aus einer hirschgeweihähnlichen Ausbreitung der Nervenäste. Das Ganze nennt man die motorische Endplatte. Sie ist beim Menschen etwa 40–60 μ lang, 40 μ breit und 6–10 μ dick oder hoch. Das „Hirschgeweih“ ist eine direkte Fortsetzung der nervösen Achsenfibrillen, das Plasma der „Sohlenplatte“ eine Fortsetzung des Ernährungsplasmas. Die Markscheide hört bei dem Eintritt des Achsenzylinders in die Muskelfaser auf. Die Schwannsche Scheide geht direkt in das Sarkolemm über. Kürzere Muskelfasern bekommen eine Platte, längere zwei oder mehr. Andererseits kann eine Nervenfasern auch mehr als eine Muskelfaser versorgen.

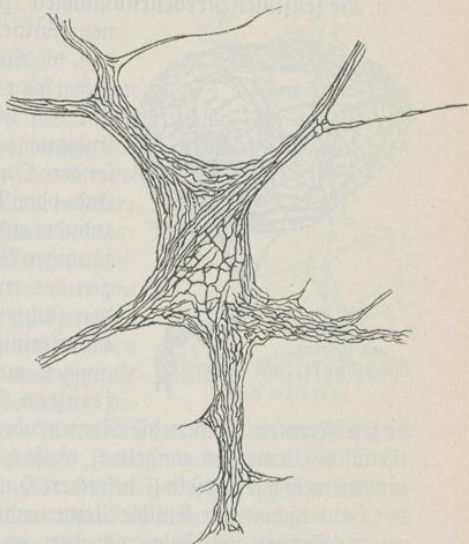


Fig. 38. Neurofibrillenetz in einer Ganglienzelle.
(Nach Cajal, 1905, aus Kopsch.)

An der Übergangsstelle des Muskelfleisches in der Sehne kommen eigentümliche Endorgane, die Muskelsehnkörper von Golgi, auch „Muskelspindeln“ genannt, vor.

2. Die sensiblen Nervenendigungen (Fig. 39) treten in sehr verschiede-



Fig. 39.
Sensibler Endkolben
mit Endnerv.
(Nach Dogiel, aus Schäfer.)

nen Formen auf. Sie sind zum Teil freie, d. h. die Achsenzylinder oder Achsenfibrillen gehen keine Verbindung oder Verschmelzung mit den Gewebeelementen ein, die ihre Endigungen umhüllen oder umgeben. Besondere Organe kommen vor in Gestalt von End- oder Terminalkörperchen. Der Achsenzylinder endet hier scheinbar mit einer knopfförmigen Verdickung. Nach den Untersuchungen des russischen Histologen Dogiel aus den Jahren 1904 und 1905 bestehen diese knopfförmigen und andere ähnliche Endigungen aus äußerst dichten Netzen von feinsten Fibrillen. (Fig. 39). In allen

diesen Formen werden die Nervenenden von zelligen, wohl meist epithelialen Elementen umgeben, vielfach auch von oft stark geschichteten bindegewebigen Kapseln (s. besonders Haut und Sinnesorgane). Außer in der Haut finden wir sensible Nervenendigungen in den Muskeln, ferner an den Sehnen und Sehnenscheiden, an den Gelenken usw. Neuerdings haben London und Pesker (1906) Befunde mitgeteilt, aus denen in Bestätigung der Dogielschen Angaben hervorgeht, daß es sich bei den sensiblen Nervenendigungen überall um Netze, Geflechte oder Netzverbände handelt, die durch Verzweigung und Wiedervereinigungen („Anastomosen“) feinsten Fibrillen entstehen. Ob überhaupt beim Erwachsenen freie Endfibrillen vorkommen, ist zurzeit nicht bestimmbar.

Stützsubstanzen der zentralen Nerven.

Wie die peripheren Nervenfasern besitzen auch die zentralen Stützsubstanzen, d. h. zum Teil epitheliale, zum Teil bindegewebige Bildungen, die die weichen Bestandteile des Nervensystems schützen und stützen, in der Lage erhalten und ihnen die Ernährungsflüssigkeit zuführen. Die epitheliale Stützsubstanz des Zentralnervensystems wurde früher als „Nervenfitt“ bezeichnet, seit Rudolf Virchow nennen wir sie Glia oder Neuroglia. Sie entstehen ebenso wie die Ganglienzellen selber aus Zellen des äußeren Keimblattes, den sog. Spongioblasten von His (s. o.). Auch die Gliazellen entsenden, ähnlich wie die Ganglienzellen, Fortsätze, die Gliafa-

fern, die eine sehr große Länge erreichen und sich vielfach verzweigen können. Die Gliafasern enden, soweit bekannt, frei. Näheres über das Nervensystem s. *MuG.* Bd. 48 u. Teil V dieser „Anatomie“.

Anhang zur Gewebelehre.

Die Gefäßwandungen.

Die Gefäße sind Organe, d. h. sie bestehen aus mehreren Geweben. Ihr feinerer Bau kann aber ebenfogut in der Gewebelehre, wie in der speziellen Anatomie abgehandelt werden. Das ganze Gefäßsystem besteht in seiner innersten Schicht, also der dem Blute oder der Lymphe zugekehrten, aus einem zusammenhängenden Zellenrohr, dessen Elemente wir oben als platte, einschichtige Epithelzellen kennen gelernt haben. Diese Zellen wurden lange Zeit und zum Teil auch noch jetzt als „Endothelzellen“ oder kurz „Endothelien“ bezeichnet, das ganze weitverzweigte, Blut und Lymphe beherbergende Rohr als „Endothelrohr“. Daß man diese „Endothelzellen“ auch als Bindegewebszellen auffassen kann, daß also die Blut- und Lymphgefäße Röhrensysteme im Bindegewebe darstellen, wurde oben bereits angedeutet.

Die feinsten Blut- und Lymphgefäße, die sog. Haargefäße oder Kapillaren, bestehen ausschließlich, die etwas größeren Lymphgefäße und Blutadern fast nur aus diesem Endothelrohr (s. Fig. 40), dessen Zellen je nach der Ausdehnung des Gefäßes verschieden lang und breit sind. In den größeren Gefäßen (Fig. 41 u. 42) wird das Epithelrohr von stärkeren bindegewebigen oder elastischen Fasern oder Häuten und von glatten, selten von quergestreiften Muskeln umgeben. Die Stärke und die Art des Gewebes der umgebenden Schichten richtet sich weniger nach dem Kaliber des Gefäßes, als nach den äußeren und inneren mechanischen Verhältnissen, d. h. dem Druck und Zug, dem die Gefäßwand von innen (Blutdruck) oder von außen (Luftdruck) und anderen mechanischen Einwirkungen unterliegt. Hier kommt es vor allem auf die oberflächliche oder tiefere Lage, das Auf- oder Absteigen eines Gefäßes, also die Wirkung der Schwere, ferner den Schutz durch umgebendes Gewebe oder Organe (Muskeln, Knochen und anderes) an. Das Epithelrohr und, wo vorhanden, die es zunächst umgebende Schicht wird auch als Innenhaut (I) bezeichnet. Diese enthält in größeren Gefäßen Bindegewebe, elastisches Gewebe und, wie Verfasser 1878 nachwies, oft glatte Muskelfasern.

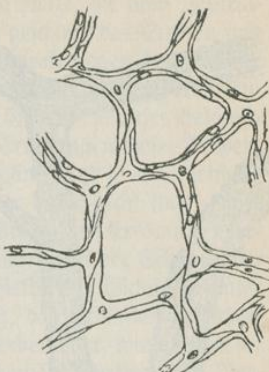


Fig. 40. Kapillargefäße (Endothelrohr). Zellgrenzen, Kerne. (Nach Schäfer.)

Die zweite große Schicht, von der ersten durch eine, oft mehrfache, innere elastische Haut (Ei) getrennt, nennen wir die mittlere Gefäß-

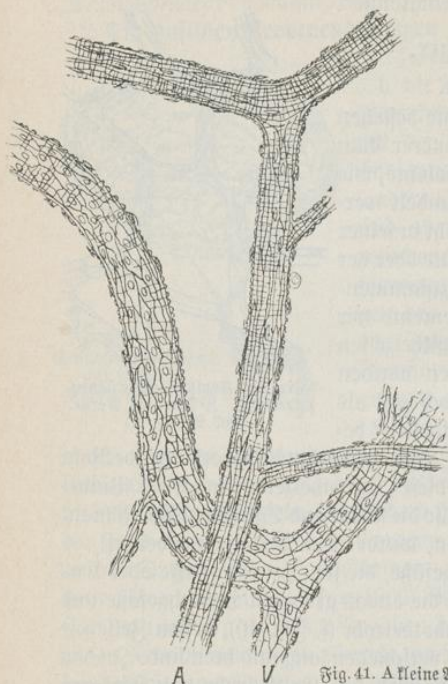


Fig. 41. A kleine Arterie; V kleine Vene. (Nach Schäfer.)

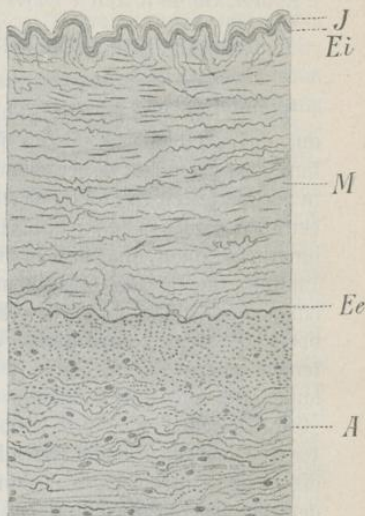


Fig. 42. Querschnitte durch die Wand der Zungenarterie. A äußere Schicht, Ei äußere elastische Haut, Ec innere elastische Haut, J Innenhaut, M mittlere oder Muskelhaut. (Nach Grünstein.)

haut, weniger passend Muskelhaut. In den meisten Gefäßen ist sie allerdings muskulös, aber stets mit bindegewebigen und vor allem elastischen Membranen ausgestattet. Die Muskeln der mittleren Haut verlaufen entweder ringförmig, also quer zu der Längsachse der Gefäße oder schräg, vielfach auch spiralgig oder längs, d. h. parallel der Achse.

Die dritte größere Haut ist die äußere Schicht oder Umhüllungshaut (Adventitia). Sie ist meist bindegewebig, besitzt aber oft Muskeln, gewöhnlich Längsmuskeln, besonders an solchen Gefäßen, an denen starke Längsschwingungen und Verschiebungen gegen die Nachbarschaft vorkommen, z. B. an der großen Körperarterie (Aorta), die vor der Wirbelsäule herunterläuft (s. Gefäßlehre).

In der Wand größerer Gefäße verlaufen wiederum kleine Ernährungsgefäße für diese Wand, ferner Lymphgefäße, schließlich Nerven. Diese

gehen an die glatten Muskelfasern und bewirken Verengerung und Erweiterung der Gefäße, die auf äußere mechanische oder thermische (Kälte, Wärme) oder chemische Reize, aber auch durch Reize, die vom Zentralnervensystem ausgehen, erfolgen. Bekanntlich geschieht das Erröten und Erblaffen ohne Mitwirkung des Willens, oft direkt gegen den Willen. Wir haben nämlich die zu den Muskeln der Gefäßwandungen verlaufenden Nerven nicht oder nur unvollständig in der Gewalt; ja unser Bewußtsein erhält oft nicht einmal Kenntnis von den Erregungen dieser Nerven. Diese im täglichen Leben sich abspielenden Vorgänge sind ja allgemein bekannt, wie das Erblaffen beim Erschrecken oder der Furcht (die „blasse Furcht“) oder dem Ärger, ebenso wie bei der Kälte, — das Erröten bei verschiedenen seelischen Erregungen, z. B. beim Lügen, bei der Scham, aber auch in der Hitze, oder nach Genuß geistiger Getränke. Wichtig ist unter anderem das Erröten bei mäßiger Bewegung, das Erblaffen bei übermäßiger Anstrengung, ferner z. B. das Bläßwerden oder, wie man zu sagen pflegt, „grünlich“ werden beim Herannahen der Seekrankheit, Vorgänge, die von anderen oft besser bemerkt zu werden pflegen, als von den Betreffenden selbst.

Es ist selbstverständlich, daß die Ringmuskeln eine Verengerung des Innenraumes oder Lumens bewirken; aber außer einer wirklichen Verengerung handelt es sich bei den unter starkem Druck stehenden Gefäßen vor allem darum, daß die Weite des Gefäßes nicht vergrößert, also kurz gesagt das Gefäß nicht, oder wenigstens nicht bleibend, ausgedehnt werden soll. Bei jedem Herzschlag wird eine neue Blutmenge in das Pulsadergefäßsystem gepreßt, diese Blutwelle bewirkt trotz der starken Muskulatur eine vorübergehende Erweiterung, die wir fühlen und messen können, den sog. Puls. Würde keine Vorrichtung in der Gefäßwand vorhanden sein, die die Erweiterung wieder rückgängig macht, so würden unsere Pulsadern im Laufe der Jahre, abgesehen von dem normalen Wachstum bei der allgemeinen Größenzunahme des Körpers und seiner Organe, immer weiter und weiter werden. Dies zu verhindern, sind die Ringmuskeln vorhanden, die der elastischen Nachdehnung deshalb nicht unterliegen, weil sie sich wieder zusammenziehen, also verkürzen können. Daß sie trotzdem nicht ganz ausreichen, geht aus der Erfahrung hervor. Aber die Natur hat Maßregeln getroffen, um den immer wiederholten Wirkungen des Blutdrucks entgegenzutreten. Wie Verfasser nachgewiesen hat, verstärken sich nämlich die Muskeln der Wand im Laufe des Lebens derart, daß sie z. B. bei der großen Halsarterie von 0,3 mm auf 0,65 mm in der Dicke anwachsen.

Eine theoretisch und praktisch wichtige Frage ist die nach der Wirkung der Längsmuskeln. Im allgemeinen kann man annehmen, daß die

Längsmuskeln den Ringmuskeln entgegenwirken, also eine Erweiterung des Querschnitts eines Gefäßes herbeiführen. Außerdem aber bewirken sie vor allen Dingen eine Spannung der Gefäßwand, sie wirken dann also auch dem Blutdruck und einer übermäßigen Erweiterung entgegen. Schließlich aber können sie sogar eine Verengerung des Gefäßes herbeiführen, da bei ihrer Zusammenziehung eine Verdickung der Fasern und der Gefäßwand eintreten muß. Eine Verdickung der Wand bedeutet aber im allgemeinen eine Verengung des Binnenraums. Wie man sieht, sind alle diese Verhältnisse sehr verwickelte, die Mechanik in der Regulierung des Blutlaufs ist außerordentlich fein ausgebildet.

Bei Gefäßen, die im Bogen verlaufen, ist die Wandung, besonders deren Muskeln, an der konvexen Seite des Bogens stärker entwickelt als an der konkaven. Merkwürdigerweise hat die Körpergröße keinen Einfluß auf die Stärke der Gefäßwandungen; dagegen spielen, wie bereits angedeutet, das Lebensalter und das Geschlecht eine sehr große Rolle. Beim weiblichen Geschlecht sind während des ganzen Lebens Umfang und Wandstärke der Pulsadern geringer als beim Manne. Mit dem Alter nehmen bei beiden Geschlechtern Umfang und Dicke der Pulsadern zu.

Sehr viel schwächer als die Wand der Pulsadern ist die der Venen oder „Blutadern“, vor allem ist sie sehr viel muskellärmer. Die Venen, d. h. die von der Peripherie des Körpers zum Zentrum, also dem Herzen zurücklaufenden Gefäße stehen ja im allgemeinen unter sehr viel schwächerem Innendruck als die Pulsadern, ja in der Nähe des Herzens, noch bis zum Halse hin bemerkbar, kann der Innendruck negativ sein, so daß dann der äußere Druck, vor allem der Luftdruck, überwiegt. Die Venenwand ist also im allgemeinen unselbständiger, nachgiebiger gegen äußere Einwirkungen, ihre Stärke und Bau, vor allem der Gehalt an Muskeln schwankt außerordentlich an ein und demselben Gefäß während seines Verlaufes. Manche Venen besitzen glatte Längsmuskeln in der inneren Gefäßhaut. Dahin gehören die Venen der unteren Gliedmaße und des Darms. Die mittlere Haut besteht bei vielen Venen nur aus Bindegewebe mit elastischen Elementen, so im Gehirn, im Auge, in der Leber, in den Knochen. Kleinere Venen haben im allgemeinen Ringmuskeln, die aber vielfach keine zusammenhängende Schicht bilden. Nur in den oberflächlichen oder Hautvenen und vor allen Dingen in den aufsteigenden Venen, also besonders in der unteren Gliedmaße, ist die Muskelhaut ebenso stark wie an den gleichgroßen Pulsadern oder sogar noch stärker. Eine schwache Muskelhaut besitzen die Venen des Kopfes und des Halses, sowie die der Eingeweide. Starke Verdickungen mit plötzlichen Verdünnungen abwechselnd finden sich an den Venenklappen (s. Gefäßsystem). Die Venenklap-

pen selbst besitzen, soweit sie nicht im Eingehen begriffen sind, gleichfalls Muskelbündel, die zum Teil in der Längsrichtung, zum Teil quer oder ringförmig verlaufen.

Besondere Eigentümlichkeiten finden wir im

Lymphgefäßsystem.

Die Lymphbahnen im weitesten Sinne des Wortes sammeln die Gewebeflüssigkeiten und führen sie zum Herzen zurück; man nennt sie deswegen auch Saugadern. Sie beginnen im Bindegewebe und anderswo als Spalten, Lymphspalten, Lymphräume. Aus diesen primitiven Lymphbahnen oder Lymphwurzeln gehen allmählich wirkliche Lymphgefäße, d. h. Röhren mit selbständigen Wandungen hervor. Diese Gefäße sind zunächst ebenso wie bei den Blutgefäßen mikroskopisch klein und heißen Lymphkapillaren. Aus diesen entstehen dann die größeren Lymphgefäße. Die Lymphspalten und andere Lymphräume besitzen oft bereits eine Begrenzung von Plattenzellen in einfacher Lage (Bindegewebszellen in epithelialer Form, Endothelzellen, s. o.). Die Lymphkapillaren besitzen stets Epithel, häufig bestehen sie nur aus dem Epithelrohr. Die Lymphgefäße im engeren Sinne zeichnen sich vor den Kapillaren durch die Anwesenheit von Bindegewebsfasern, die größeren Gefäße außerdem durch glatte Muskelfasern aus. Im allgemeinen ist die Wand der Lymphgefäße noch dünner und noch weniger muskulös als die der Venen.

Besondere Bildungen im Lymphgefäßsystem sind

die Lymphfollikel und die Lymphdrüsen. (Fig. 43. 44.)

1. Die Lymphfollikel sind Anhäufungen von weißen Blutkörperchen im netzförmigen Bindegewebe. Die Durchsetzung (Infiltration) des Bindegewebes mit Lymphzellen ist einmal mehr unregelmäßig zerstreut oder allgemeiner verbreitet — d. h. ohne nachweisbare Grenze —, oder mehr oder weniger umgrenzt oder „umschrieben“. Eine eigentliche äußere Membran oder Kapsel fehlt aber auch im letzteren Falle: die feinsten Fasern und Bälkchen des lymphoiden Bindegewebsnetzes gehen in das benachbarte lockere Bindegewebe direkt über und durchsetzen hierbei häufig einen um den Follikel herumgelegenen Raum (Lymphraum). (Fig. 43.)

Sehr wichtig ist die Entdeckung Stöhrs (vgl. oben, Blut und Lymphe), daß die Lymphzellen aus den Follikeln durch das Epithel der Schleimhaut durchwandern und so an die freie Oberfläche dieser gelangen.

In den verschiedenen Schleimhäuten kommen folgende, zum größten Teile praktisch sehr wichtige Lymphfollikel vor:

a) Einzelne Follikel in der gesamten Darmschleimhaut, besonders im Dickdarm.

b) Follikelhaufen im unteren Teile des Dünndarms und im Wurmfortsatz (besonders wichtig für Typhus, Cholera, Blinddarmentzündung).

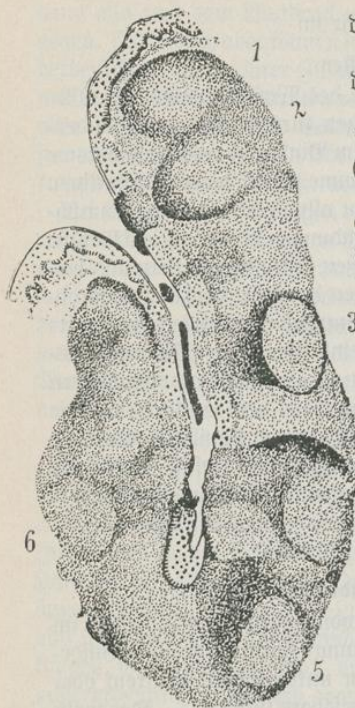
c) „Balgdrüsen“ an der Zungenwurzel und der hinteren Wand des Schlundkopfes.

d) Die „Mandeln“ oder Tonsillen, und zwar die Gaumenmandel und die Rachenmandel.

2. Die Lymphdrüsen oder Lymphknoten (wegen des Ausdrucks Drüse s. v.) (Fig. 44).

Die Lymphdrüsen liegen außerhalb der Schleimhaut, manchmal aber in ihrer Nähe, zum Teil ganz peripher im Körper zerstreut, mit Ausnahme bestimmter Endregionen, wie Schädeldach, Hand und Fuß. Auch am Unterarm und am Unterschenkel findet man sie nur vereinzelt. Eine Lymphdrüse besteht aus einer Anzahl von Follikeln, die durch eine gemeinsame Kapsel gegen die Außenwelt abgeschlossen sind und in die von der einen Seite Lymphgefäße (z. g.) eintreten, um auf der anderen Seite wieder auszutreten. Die Lymphdrüsen sind meist oval, plattgedrückt, linsen- oder bohnenförmig. Ihre Größe schwankt zwischen einigen Millimetern und einigen Zentimetern. Von der festen bindegewebigen Hülle oder Kapsel setzen sich Scheidewände in das Innere fort. Diese Wände zerlegen die Rindenschicht der Drüse in eine Anzahl von Fächern und setzen sich dann als Stränge in das Innere fort,

Fig. 43. Lymphfollikel der Gaumenmandel mit durch das Epithel durchwandernden Lymphzellen. S. besonders bei 3, 4, 5 u. 6. (Nach Stöhr.)



wo sie ein Netz bilden. Aus diesem Netz geht das austretende Lymphgefäß (a. g.) hervor, während die eintretenden Lymphgefäße gewöhnlich diesem gegenüberliegen. Die Zahl der eintretenden Lymphgefäße beträgt im allgemeinen etwa das Doppelte von der Zahl der austretenden Gefäße.

Man unterscheidet an den Lymphdrüsen eine Rindenschicht und eine Markschicht oder Marksubstanz. Beide bestehen 1. aus gewöhnlichem oder faserigem Bindegewebe, 2. aus dem spezifischen Lymphgewebe, 3. aus Lymphzellen oder weißen Blutkörperchen, 4. aus Blutgefäßen. Die zu Tausenden und aber Tausenden angehäuften Lymphzellen bilden die sog.

Markstränge. Ihre Gesamtheit stellt ebenso wie das Bindegewebe ein Netz dar. Beide Netze, das Bindegewebsnetz und das Markstrangnetz, durchdringen und umfassen sich gegenseitig, so daß also jeder Haufen von Lymphzellen von Bindegewebsbälkchen und jedes dieser Bälkchen von Lymphzellen umgeben wird. Die in die

Drüse eintretenden Lymphgefäße gehen zunächst in die Rindenschicht, verzweigen sich hier und lösen sich in den Lymphscheiden auf, die die Follikeln der Rindensubstanz umgeben. So ergießt sich also die von der Peripherie des Körpers kommende Lymphe in die Lymphräume der Drüse, umspült die Follikeln, gelangt in die Marksubstanz, umspült hier die

Markstränge und verteilt sich dann in dem Netzwerk der Markscheiden. Aus diesen entsteht das austretende Lymphgefäß. Die in den Follikeln liegenden Lymphzellen vermehren sich hier außerordentlich stark durch Teilung. Wir haben also hier in den Lymphdrüsen eine Bildungsstätte der Lymphzellen oder weißen Blutkörperchen vor uns, die von hier aus zunächst in den Lymphstrom, dann in die Blutbahn gelangen. Auf die hohe Bedeutung dieser Einrichtung für den ganzen Körper, besonders den Bakterien gegenüber, wurde oben hingewiesen.

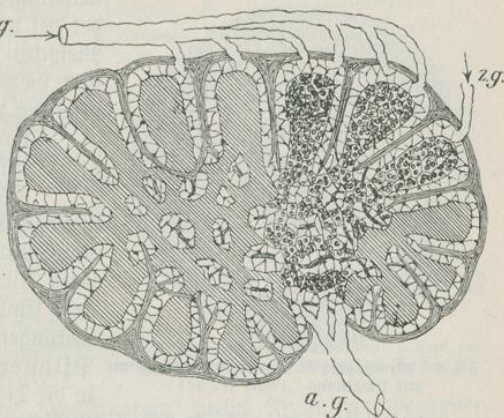


Fig. 44. Schematischer Schnitt durch eine Lymphdrüse. a. g. abführendes Lymphgefäß, z. g. zuführendes Lymphgefäß. (Nach Sharpen.)

Dritter Abschnitt.

Kurzer Abriss der Entwicklungsgeschichte.

Der Körper der Tiere (und Pflanzen) entsteht aus einer Zelle, dem Ei, lateinisch Ovum oder Ovulum. Ein alter Satz heißt: „Omne vivum ex ovo“, „Alles Lebende entsteht aus dem Ei“. Bei den meisten Pflanzen und Tieren ist eine Befruchtung des Eies oder der weiblichen Keimzelle durch eine männliche Zelle, die Samenzelle oder Samenfaden (Spermie