

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Lehrbuch der Histologie und der mikroskopischen Anatomie

Szymonowicz, Ladislaus

Würzburg, 1901

Erster Teil. Histologie. Mikroskopische Anatomie der Zellen und der
Gewebe

ERSTER TEIL.

Histologie.

(Mikroskopische Anatomie der Zellen und der Gewebe.)

Die Histologie (Gewebelehre) nimmt unter den biologischen Wissenschaften, welche sich infolge der Entdeckung der Zelle im Jahre 1838 stark entwickelt haben, eine hervorragende Stelle ein. Bereits aus dem Ende des 17. Jahrhunderts datieren die mehr oder weniger ausdrücklich ausgesprochenen Vorgefühle und Ahnungen her, dass Zellen die Elementarbestandteile der Pflanzen bilden.

Erst im Jahre 1838 durch den Aufsatz M. Schleidens gewann die Ansicht, dass die Pflanzen aus Zellen bestehen, allgemeine Geltung. Schon im folgenden Jahre 1839 stellte Schwann, durch die Entdeckung Schleidens aufgemuntert, genaue Untersuchungen an Tieren an und fand hier ebenfalls eine Zusammensetzung aus Zellen. Diese beiden Forscher hielten die Zelle für ein kleines Bläschen, welches in einer festen Membran eine Flüssigkeit enthält. Schon diese Forscher hielten die Zellenmembran und den Kern für sehr wichtige charakteristische und wenig veränderliche Bestandteile der Zellen.

So entdeckte man, dass sowohl der tierische als auch der Pflanzenorganismus aus sehr feinen Bestandteilen zusammengesetzt ist, sodann dass alle diese mehr oder weniger komplizierten Gebilde von einer einzigen Zelle, d. i. dem befruchteten Ei, ihren Anfang nehmen. Dann überzeugte man sich, dass an der Grenze des Pflanzen- und Tierreiches sich einzellige Gebilde als Ausgangspunkt für beide Reiche befinden.

Der ursprüngliche Begriff der Zelle erlag im Laufe der nachfolgenden Jahrzehnte grossen Änderungen.

Man fing schon nach einigen Jahren, nachdem man membranlose Zellen entdeckt hatte, an, die Zellenmembran als einen unwesentlichen Bestandteil der Zelle zu betrachten. In der

Grundsubstanz mancher tierischen Zellen bemerkte man Bewegungserscheinungen, wie dies bereits von Pflanzenzellen bekannt war, studierte die Lebenserscheinungen derselben und nannte diese Grundsubstanz sowohl bei tierischen als auch bei Pflanzenzellen, Protoplasma.

A. Zelle.

Heute nennen wir Zelle (Cellula), ein Klümpchen von Protoplasma, welches in seinem Inneren einen Kern einschliesst. Die Zellen müssen wir als Elementareinheiten oder, da sie Träger der Lebensfunktionen sind, als Lebenseinheiten betrachten.

Mit Rücksicht auf die Tiere, welche teils aus einer Zelle (Protozoa), teils aus einer unzählbaren Menge derselben bestehen (Metazoa), müssen wir im vorhinein annehmen, dass die Zellen der ersteren zu gleichzeitiger Besorgung verschiedener Funktionen geeignet sind, während wir bei den letzteren stark differenzierte Zellen mit einem sehr verschiedenen Funktionsgepräge finden. Bei den am meisten ausgebildeten Geschöpfen finden wir diese Differenzierung, diese Arbeitsteilung so streng durchgeführt, dass die Zelle einer Art die Funktionen der Zellen anderer Art nicht erfüllen kann. Hier sind die Zellen einseitig ausgebildet und nur zu gewissen Funktionen geeignet, dieselben haben z. B. die Aufgabe zu decken, abzusondern, zu resorbieren, die Impulse zu leiten oder sich zusammenzuziehen. Bei einzelligen Gebilden ist im Gegenteil eine Zelle gleichsam ein Komplex von Organen, welche verschiedenen Funktionen dienen.

Die wesentlichen Bestandteile der Zelle sind:

- a) das Protoplasma und
- b) der Zellkern.

Der Kern kann manchmal in der Zelle verkümmern und zwar, wenn dieselbe ihre Lebensfähigkeit zu verlieren beginnt.

Protoplasma ist ein morphologischer Begriff und nicht ein chemisch scharf definierbarer Körper. Durch den Begriff „Protoplasma“ ist nicht eine gleichartige Substanz mit gleichen physikalisch-chemischen Eigenschaften, sondern eine Verbindung verschiedener chemischer, auf eine wirklich wunderbare Art mit einander kombinierter Körper, ein Stoffgemenge, welches verschiedene physikalische, chemische und biologische Eigenheiten aufweist, zu verstehen. (O. Hertwig.) Das Protoplasma ist zähflüssig, dehnbar, fast immer farblos, im Wasser unlöslich und

ist nicht ganz homogen, sondern weist feinste Körnchen (Mikrosomen) und Fädchen auf, welche in der homogenen Grundsubstanz verteilt sind. Nach Mass der enthaltenen Körnchen kann dieselbe mehr oder weniger körnig sein.

Wir können oft beobachten, dass die Zelle an der Peripherie ein körnchenfreies Protoplasma (Hyaloplasma), im Inneren dagegen eine körnige Protoplasmanasse (Körnerplasma) enthält.

Was die chemische Zusammensetzung des Protoplasma betrifft, so ist uns nicht mehr bekannt, als dass der wesentlichste, wichtigste Bestandteil des Protoplasma zu den Proteinstoffen (Eiweisskörpern) gehört. Dieser Bestandteil entspricht mit Rücksicht auf die physikalischen Eigenschaften der Gruppe der Plastine. Überdies enthält das Protoplasma Globuline und Albumine in geringer Menge, sehr viel Wasser, eine bestimmte Menge verschiedener Salze, schliesslich konstant verschiedene Stoffwechselprodukte als: Fette, Cholestearin, Lecithin, Glycogen, Zucker u. s. w. Das lebende Protoplasma reagiert immer alkalisch.

Was die feinere Protoplasmastruktur anbelangt, so bestehen gegenwärtig vier verschiedene Anschauungen. (Siehe Schema, Fig. 1.)

Nach einer heute nur sehr wenige Vertreter aufweisenden Anschauung besitzt das Protoplasma keinen Bau, es ist ganz homogen.

Die zweite dagegen, am meisten begründete Ansicht ist die Fadengerüstlehre, welche das Protoplasma als aus einem fadenförmigen Gerüst und einer Zwischenmasse zusammengesetzt betrachtet. Was diese stärker lichtbrechende Fädchen betrifft, so vereinigen sie sich nach der Ansicht einiger Autoren (Flemming) gar nicht miteinander, nach der Ansicht anderer dagegen, vereinigen sie sich, indem sie eine Art Netzwerk bilden, so dass ein spongiöser, schwammiger Bau entsteht. (Heitzmann, Fromman, Leydig.) Die weniger lichtbrechende und mehr flüssige Zwischensubstanz teilt die Fädchen voneinander. Die letzteren bilden die sog. Filarmasse oder das Mitom, die erstere die Interfilarmasse oder das Paramitom. Die Fädchen befinden sich in verschiedener Menge in der Zelle, sie sind von verschiedener Länge und oft gewunden. Die Zwischensubstanz enthält oft mehr oder weniger zahlreiche Körnchen.

Den dritten Platz nimmt die sog. Schaum- oder Wabentheorie (Bütschli) ein. Ein plasmatisches Gerüst bildet eine

Menge allseitig abgeschlossener Räume. Alle Räume dieses Kammerwerkes sind mit flüssigem Inhalt ausgefüllt. In den Knotenpunkten des Wabenwerkes sind feine Körnchen (Mikrosomen) enthalten.

Schliesslich besteht noch eine Granulattheorie (Altmann), nach welcher die Zelle aus feinen Granula besteht, welche innerhalb der gallertartigen Intergranularsubstanz verbreitet sind.

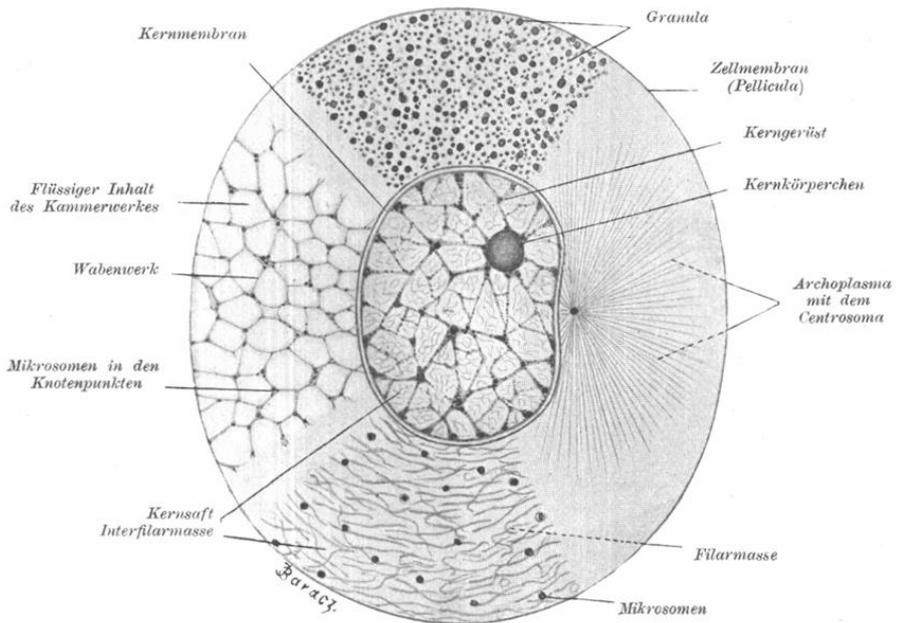


Fig. 1.

Schema einer Zelle.

Das untere Segment veranschaulicht die Fadengerüstlehre, das obere die Granulattheorie, links die Schaum- oder Wabentheorie, rechts sieht man die Protoplasmafäden an das Centrosoma inseriert. Kerngerüst besteht aus Nuclein, Linin und Lantanin.

Diese Granula hält Altmann für die letzten Elementarorganismen und nennt sie, als Träger des Lebens, Bioblasten. Nach dieser Hypothese spielen die Granula die Haupt-, die Intergranularsubstanz bloss eine Nebenrolle. Ganz entgegengesetzt lauten die oben angeführten drei Theorien bezüglich der Bedeutung dieser beiden Bestandteile der Zelle. Nach denselben sollte man die Granula den Protoplasmaeinschlüssen von mehr untergeordneter Bedeutung beizählen, die Intergranularsubstanz der Granulattheorie dagegen entspricht dem eigentlichen Protoplasma der anderen drei Theorien.

Innerhalb des Protoplasma sind wir im stande verschiedene zu demselben nicht gehörige Substanzen, welche wir unter dem Namen Protoplasma- oder Zelleinschlüsse umfassen, zu unterscheiden. Zum Unterschied vom Protoplasma nennen wir dieselben Deutoplasma. Dieselben können verschiedener Natur sein, als: Fett, Kohlenhydrate, Pigmentkörnchen u. s. w.

Diese Protoplasmaeinschlüsse (Deutoplasma) kommen in gewissen Fällen in einer so grossen Menge vor, dass das Protoplasma selbst eine untergeordnete Stelle einnimmt und nur eine Art Gerüstwerk für die angesammelten Reserve- und Sekretstoffe bildet, wie wir dies an manchen Ei- und Becherzellen bemerken.

Flüssige Protoplasmaeinschlüsse sammeln sich gewöhnlich in begrenzten Hohlräumen, Vacuolen genannt, an, welche letzteren erst dann deutlicher auftreten, wenn man diese Einschlüsse auflöst (wenn z. B. Fetttropfen im Äther aufgelöst werden).

Die Form des Protoplasmakörpers und gleichzeitig der ganzen Zelle, kann sehr verschieden sein: kugelig, cylindrisch, kegelförmig, platt, sternförmig, verästelt, spindelförmig und faserartig.

Die Grösse der Zellen unterliegt ebenfalls bedeutenden Schwankungen von $3\ \mu^*$) bis zur Grösse eines Vogeleies, z. B. eines Strausseies, welches eine einfache Zelle ist.

Den zweiten wesentlichen Teil der Zelle bildet der Kern. (Nucleus.) Derselbe ist innerhalb der Zelle während ihres Lebens oft unsichtbar, namentlich, wenn der Kern und das Protoplasma dasselbe Lichtbrechungsvermögen besitzen. Jedenfalls verhält sich der Kern verschieden von dem Protoplasma angesichts der Reagentien; so bewirkt z. B. Essigsäure eine Quellung des Protoplasma und eine Schrumpfung des Kernes.

Mit Bezug auf die Form ist der Kern gewöhnlich kugelig oder oval, manchmal hufeisenförmig, ringförmig oder verästelt.

Der Kern weist oft ein bestimmtes Verhältnis zur Grösse der Zelle auf. So sind beispielsweise die Kerne in unreifen Eizellen sehr gross.

In der Regel finden wir in jeder Zelle einen Kern, manchmal sind deren mehrere und ausnahmsweise kann ihre Anzahl über hundert betragen (z. B. in den Riesenzellen des Knochenmarks). Solche vielkernige Zellen nennt man Syncytien.

*) μ = ein Mikron = 0.001 mm.

Der Zellkern ist kein einfaches Gebilde; wir können in demselben wenigstens zwei und oft auch sechs chemisch und mikroskopisch verschiedene Proteinsubstanzen nachweisen, namentlich:

1. Nuclein — Chromatin,
2. Paranuclein — Pyrenin,
3. Linin,
4. Lantanin,
5. Kernsaft,
6. Amphipyrenin.

Die beiden ersteren scheinen für den Kern wesentlich zu sein.

1. Chromatin (Nuclein) ist der am meisten charakteristische Bestandteil des Kernes, es zeichnet sich durch eine grosse Anziehungskraft für Farbstoffe aus und unterscheidet sich von den anderen Substanzen dadurch, dass es Phosphorsäure enthält.

Das Chromatin tritt im Kerne in Form von Körnchen, feiner Fädchen oder eines Netzchens auf, indem es das sog. Chromatingerüst bildet. (Fig. 2.)

2. Das Paranuclein (Pyrenin) tritt in Form kleiner stark lichtbrechender Kügelchen auf, indem es echte Nucleolen (Kernkörperchen) bildet. Diese echten Kernkörperchen sind von chromatischen Knotenpunkten des Kerngerüsts zu unterscheiden. Das Pyrenin unterscheidet sich vom Chromatin bezüglich der physikalischen Eigenschaften dadurch, dass es im Wasser, in dünnen alkalischen Lösungen, im Kalkwasser und Kochsalzlösungen nicht aufquillt. Das Chromatin dagegen quillt in ähnlichen Lösungen und löst sich in stärkeren sogar auf; die unveränderten Kernkörperchen treten dann um so deutlicher hervor.

Das Nuclein färbt sich besser in saueren, das Paranuclein dagegen in amoniakalischen Farbstofflösungen, in Eosin und Fuchsin, so dass man diese beiden Teile mittelst der sog. Doppelfärbungen nebeneinander veranschaulichen kann.

3. Das Linin nimmt an der Bildung des Netz- oder Gerüstwerkes ebenfalls teil. Da dasselbe mittelst der gewöhnlichen Kernfärbungsmittel sich nicht färben lässt, bildet es den sog. achromatischen Bestandteil des Kernes.

4. Das Lantanin tritt manchmal innerhalb des Linins in Form feiner Körnchen auf, welche sich mittelst saurerer Anilinfarben färben lassen, im Gegensatze zum Chromatin, welches

sich mit basischen Anilin-Farbstoffen färben lässt; deshalb heisst es auch Oxychromatin, während das Chromatin Basichromatin genannt wird.

5. Der Kernsaft füllt die Lücken zwischen den aus Nuclein, Paranuclein und Linin gebildeten Strukturen aus.

6. Das Amphipyrenin ist die Substanz, welche die den Kernraum vom Protoplasma abgrenzende Kernmembran bildet. Bei grösseren Kernen weist die Kernmembran eine ausdrückliche doppelte Kontur auf. Mit Bezug auf die chemischen Eigenschaften nähert es sich am meisten dem Pyrenin.

Der Kern kann verschieden aussehen, je nachdem sein Bau einfach oder komplizierter ist. Den einfachsten Bau haben Kerne, welche aus ganz kompakten Nucleinkörpern (z. B. in Spermatozoen) bestehen. In diesen Kernen entspricht ein Teil des Kernes dem Kernkörperchen. In anderen Fällen stellt der Kern ein mehr saftiges Gebilde dar, wenn nämlich innerhalb der Lücken des Kerngerüsts Kernsaft auftritt. Ein solches Kerngerüst kann bei einfacheren Formen nur aus Chromatin gebildet sein, bei anderen ist auch Linin und Lantanin vorhanden. (Fig. 1 u. 2.) Der ruhende Kern kann sich demnach in komplizierten Fällen als ein von der Kernmembran (Amphipyrenin) abgegrenztes Bläschen vorstellen. In demselben befindet sich ein Gerüst aus Nuclein (chromatisch) und Linin (achromatisch), in welchem Körnchen von Lantanin zerstreut sind. Derselbe enthält überdies Kernkörperchen (Paranuclein) und Kernsaft.

Der dritte, jedoch nicht wesentliche Bestandteil der Zelle, die Zellhaut oder Zellmembran, kann in den Tierzellen oft fehlen, denn der Körper dieser Zellen ist zum grossen Teile nackt und besitzt keine Zellmembran, welche nach Innen gegen das Protoplasma scharf abgegrenzt wäre. Wenn die superfizielle Schicht des Protoplasma sich von dem Reste des in der Mitte liegenden Protoplasma nicht auffallend unterscheidet, und wenig konsistent ist, heisst sie Ektoplasma; eine solche Zelle besitzt also keine Zellmembran und wird als „nackt“ bezeichnet. Finden wir in der Zelle eine festere Grenzschicht, so werden wir diese nach F. E. Schulze in dem Falle, wenn ihr eine schärfere Abgrenzung nach innen fehlt (ähnlich wie bei einer Brotkruste) und sie langsam in das weichere Protoplasma übergeht, Crusta nennen; wenn sie jedoch nach innen scharf abgegrenzt ist, haben wir es mit einer eigentlichen Zellmembran zu thun.

Die Zellmembran kann die ganze Zelle rings umgeben, in

diesem Falle heisst sie Pellicula oder sie bedeckt bloss die freie Fläche der Zelle und heisst sodann Cuticula.

Der Ursprung und die Bildungsweise der Zellhaut sind nicht sicher bekannt, denn es ist zweifelhaft, ob dieselbe ein Sekret der äusseren Schicht der Zelle, oder eine geradezu veränderte, erhärtete äusserste Partie des Protoplasma ist.

Noch ein Zellbestandteil, welcher, in den letzten Jahren entdeckt, eine immer grössere Aufmerksamkeit auf sich lenkt, kann nicht mit Stillschweigen übergangen werden. Es ist dies der sog. Zentralkörper (Centrosoma).

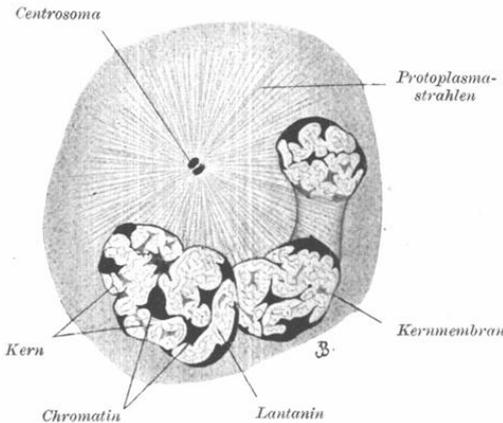


Fig. 2.

Leukocyt aus der Milz von Protens,
nach Siedlecki.

Sehr starke Vergrösserung. Die Protoplasmastrahlen an das Centrosoma inseriert. Das Centrosoma in Gestalt von zwei Körnchen. Das Kerngerüst ist gut zu sehen.

Strahlung zu bemerken, welche wir Sphäre nennen. Die Bedeutung und das Verhalten des Zentralkörpers während des Kern- und Zellteilungsprozesses werden gelegentlich besprochen werden.

Somit hätten wir alle Bestandteile der Zelle während der Ruhe aufgeführt. Jetzt wollen wir die Lebesenseigenschaften der Zelle kurz besprechen, jedoch nur insoferne, als dieselben mit Hilfe des Mikroskops direkt zu erkennen sind.

Der Leser kann sich darüber in mehr umfassenden Werken, in welchen die Zelle auch vom physiologischen Standpunkte behandelt wird, näher informieren. (O. Hertwig, Verworn, Bergh.)

Autoren betrachtet dieses Gebilde als wesentlich für die Zelle. (Fig. 1 u. 2.)

Der Zentralkörper tritt gewöhnlich als ein (oder zwei) Körnchen innerhalb des Protoplasma manchmal in der unmittelbaren Nachbarschaft des Kernes auf und kann sich sogar in einer Einbuchtung dieses letzteren befinden. Rings um den Zentralkörper ist innerhalb des Protoplasma oft eine

Die verschiedenen Fähigkeiten und Eigenschaften der Zelle können wir einteilen in

1. die der Bewegung,
2. die der Reizbarkeit,
3. die Fähigkeit der Assimilation und Absonderung (Stoffwechsel),
4. die Fähigkeit der Fortpflanzung.

1. Die erste Funktion, welche die Zelle erfüllen kann, d. i. die der Bewegung, scheint nur vom Protoplasma abhängig zu sein, denn auch die vom Kern getrennten Teile des letzteren sind im stande sich während einiger Zeit zu bewegen. Wir kennen verschiedene Arten der Bewegung:

a) die amöboide Bewegung beruht darauf, dass das Protoplasma Fortsätze (Pseudopodien) entsendet, welche auf der Unterlage anhaften und den übrigen Teil des Zellkörpers nachziehen. Auf diese Weise kriecht die Zelle. Die Pseudopodien können wieder zurückgezogen werden. Wenn wir solche Zellen oder einzellige Organismen, welche die Fähigkeit der selbstständigen Bewegung besitzen, unter dem Mikroskope betrachten, so bemerken wir, dass dieselbe beständig ihre Form ändern. Dies lässt sich am leichtesten beobachten, wenn wir in gewissen Zeitintervallen die Umrisse der Zelle skizzieren und die so erhaltenen Zeichnungen untereinander vergleichen. (Fig. 3.)

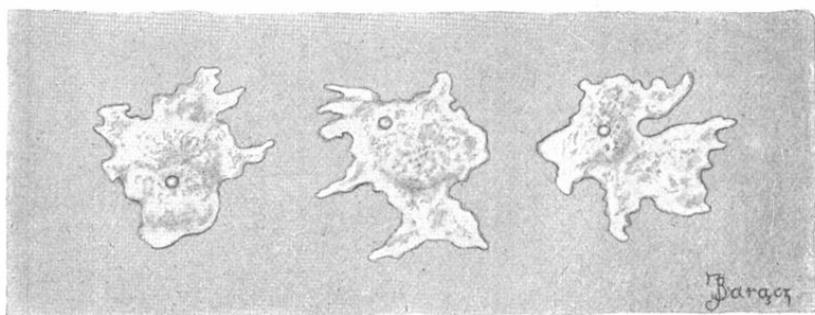


Fig. 3.

Lymphkörperchen des Frosches auf dem heizbaren Objektisch untersucht.

Die Umrisse der Zelle sind jede 2 Minuten skizziert. Eine Vacuole ist zu sehen. Ca. 1500 mal vergr.

Diese Bewegung dient zur Ortsveränderung sowie zur Aufnahme der Nahrung, denn die ausgestreckten Pseudopodien umfließen die sehr feinen fremden Körper, welchen sie unterwegs

begegnen, ziehen dieselben in das Innere ihres Körpers ein und verwenden dieselben, wenn sie verdaulich sind, zur Ernährung ihres Organismus. Zu solchen Bewegungen sind ein grosser Teil einzelliger Tiere z. B. Amoeba, und einige Zellenarten höherer Tiere z. B. weisse Blutkörperchen befähigt.

b) die zweite Art der Bewegung die sog. Flimmer- und Geisselbewegung wird mittelst kürzerer oder längerer Ausläufer der Zellsubstanz, der sog. Geisseln und Wimpern oder Flimmern ausgeführt. Es scheint, dass auch diese Bewegungen unabhängig vom Kerne sind. Diese Art der Bewegung sowie

c) die dritte Art, die sog. Muskelkontraktion, werden bei der Schilderung der Gewebe, welche zur Ausführung dieser Bewegung speziell befähigt sind, abgehandelt werden.

d) Wir unterscheiden zweierlei Bewegungen, welche durch das Protoplasma innerhalb des Zellenkörpers ausgeführt werden: die Zirkulation und die Rotation. Diese Arten der Bewegung, welche für den Stofftransport von grosser Bedeutung sind, werden infolge der Verschiebung sehr feiner Körner innerhalb des Protoplasma für das Auge sichtbar. Solche Bewegungen sehen wir vor allem in Pflanzenzellen, selten in tierischen. Wenn die Körner in einer Richtung unmittelbar an der Zellhaut den Wänden entlang in gleitender Bewegung kreisen, haben wir es mit der Rotation zu thun. Schreitet die Bewegung von der Peripherie gegen das Zentrum der Zelle fort, an anderen Stellen dagegen in gerade entgegengesetzter Richtung, so haben wir es mit der Zirkulation zu thun; dieselbe kommt vor allem in Pflanzenzellen vor, welche innerhalb des Protoplasma grosse, mit Flüssigkeit ausgefüllte Vacuolen besitzen. In diesen Fällen verbinden die Bälkchen des Protoplasma, das wandständige mit dem zentralen, den Kern umschliessenden Protoplasma und in diesen Bälkchen sehen wir oft sogar zwei in entgegengesetzter Richtung nebeneinander fliessende Körnerreihen.

Man kann die sog. passiven Bewegungen, welche innerhalb des lebendigen Protoplasma vorkommen, und welche im Gegensatze zu den oben beschriebenen aktiven Bewegungen keine Lebenserscheinungen der bewegten Elemente sind, nicht mit Stillschweigen übergehen.

Solchen passiven Bewegungen unterliegen die Körnchen im Protoplasma. Das letztere enthält während der Rotation oder Zirkulation suspendierte Körnchen, welche passiv mitgeschleppt werden, was ein Bild der Körnchenströmung giebt. Auch die

sog. Brown'schen Molekularbewegungen, welche sowohl an lebenden, als auch an abgestorbenen Zellen beobachtet werden können, gehören zu den passiven Bewegungen. Es sind dies unbedeutende oscillierende (zitternde) Bewegungen der im Protoplasma gelegenen Körnchen und das Ergebnis der kleinen Stösse, welche die in fortwährender Bewegung sich befindenden Flüssigkeitsmoleküle auf die Körnchen ausüben.

Was die Fähigkeit des Kernes, Bewegungen auszuführen, anbelangt, so scheint es, dass derselbe selbständige Bewegungen nicht ausführen kann. Das Eine ist gewiss, dass er sehr nachgiebig ist und auf äussere Einwirkungen hin seine Form verändern kann, wenn z. B. die Zelle sich streckt, oder sich durch eine kleine Öffnung durchzwängt.

2. Die Reizbarkeit ist die Fähigkeit des Reagierens auf verschiedene Reize. Die Reize können verschiedener Natur sein; wir unterscheiden namentlich mechanische, chemische, thermische, elektrische und Lichtreize. Im allgemeinen kann man behaupten, dass die Reize eine Erregung, d. i. Steigerung oder aber eine Lähmung oder Herabsetzung der Lebenserscheinungen veranlassen können, was in erster Linie von der Intensität und Dauer der Reize abhängt. Allzu starke Reizung (z. B. eine Temperatur über 40° C) zieht den Tod nach sich.

Überdies giebt sich namentlich bei einzelligen Organismen, welche mit aktiver Bewegungsfähigkeit begabt sind, die Reizbarkeit infolge verschiedener Reize, welche auf dieselben einseitig einwirken, auf die Art kund, dass sie sich in der Richtung nach der Reizquelle zu oder von der Reizquelle fortbewegen.

Tritt diese Erscheinung unter dem Einflusse von chemischen Reizen auf, so haben wir es mit der sog. Chemotaxis (Chemotropismus) zu thun, und hier ist zwischen der positiven Chemotaxis, wenn eine Annäherung an die Reizquelle, und einer negativen Chemotaxis, wenn eine Entfernung von der Reizquelle eintritt, zu unterscheiden. So treten bei einigen Bakterien, Infusorien, Samenfäden unter dem Einflusse gewisser chemischer Körper (z. B. Sauerstoff, Äpfelsäure) Erscheinungen der Chemotaxis auf.

Ähnlich besteht die Phototaxis (Heliotropismus), Hydrotaxis (-tropismus), Thermotaxis, Galvanotaxis etc. Auf Grund der letzteren lagern sich beim konstanten Strome gewisse Organismen beim Schliessen oder beim Öffnen des Stromes, an den positiven oder an den negativen Pol.

3. Der Assimilations- und Absonderungsprozess ist eigentlich Gegenstand der Physiologie. Einige Details, welche sich auf den Stoffumsatz und die damit im Zusammenhange stehende formative Thätigkeit der Zelle beziehen, findet der Leser an verschiedenen Stellen des vorliegenden Handbuches bei Besprechung gewisser spezieller Fälle.

4. Die Fortpflanzung der Zelle. Einige Zeit nach der Entdeckung der Zelle als einer, tierische und Pflanzenorganismen bildenden Einheit war man der Ansicht, dass die Zellen durch Urzeugung aus formlosem Keimstoff, dem sog. Cytoblastem entstehen, worin man eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Vorgange der Krystallisation zu finden glaubte, indem man die Zellen mit Krystallen und das Cytoblastem mit Mutterlauge verglich. Man kam jedoch, dank den treffenden Beobachtungen und Untersuchungen Mohls, Nägelis u. a. bald zu der Überzeugung, dass die Zelle bloss auf dem Wege der Teilung direkt aus einer anderen Zelle entsteht, welche Thatsache Virchow mit dem Schlagworte *Omnis cellula e cellula* ausdrückte. Später kam man auf Grund weiterer Forschungen in die Lage, diese These durch den Zusatz *Omnis nucleus e nucleo* zu ergänzen. Es geht demnach die Vermehrung der Zellen auf dem Wege der Teilung vor sich, und diese kann zweifach sein. Die Unterscheidung zweierlei Arten der Zellteilung gründet sich auf das verschiedene Verhalten des Kernes während der Teilung. Wir unterscheiden eine direkte (amitotische) und eine indirekte (mitotische) Teilung.

Direkte Teilung (Amitose).

Die direkte Teilung besteht darin, dass der Kern ohne weitere nachweisbare wichtigere Änderungen in der Struktur an einer bestimmten Stelle sich einschnürt und sodann gewöhnlich in zwei Tochterkerne zerfällt. Diese Art der Teilung ist wenig verbreitet und scheint in gewissen Fällen ein nicht normaler Prozess zu sein, denn manchmal tritt nach der Teilung des Kernes keine Teilung der Zelle ein, und es entstehen infolgedessen mehrkernige Zellen (z. B. Riesenzellen). Es giebt Gründe zur Annahme, dass die eintretende direkte Teilung ein Vorgang ist, der nicht mehr zur physiologischen Vermehrung der Zellen führt, sondern eine Entartung darstellt (Flemming). Die amitotische Kernteilung finden wir vor allem bei den niederen Tieren, vorzüglich bei Protozoen, aber sie kann auch bei höheren Tieren

gleichzeitig neben der indirekten Teilung in manchen Leukocyten, Knorpelzellen, Deciduazellen, oberflächlichen Epithelzellen der Harnblase u. s. w. vorkommen.

Die indirekte Teilung (Mitose, Karyokinese).

Diese Teilung charakterisiert sich durch eine ganze Reihe von Erscheinungen innerhalb des Kernes und Protoplasma, während deren infolge der Auflösung der Kernmembran eine engere Wechselbeziehung zwischen dem Kerne und dem Protoplasma eintritt. Das wichtigste Moment und gleichsam das Ziel der Karyokinese ist die Teilung des Chromatins der Mutterzelle in zwei ganz gleiche Teile für die Tochterzellen.

Das Chromatin teilt sich in gleiche Abschnitte, sog. Chromosomen. Ihre Gestalt kann verschieden sein, als: Schleifen, Stäbchen oder Körner; ihre Zahl unterliegt ebenfalls bedeutenden Schwankungen, dieselbe beträgt nämlich 2, 4, 8, 16 bis über 100. Die Gestalt und Anzahl der Chromosomen ist bei Zellen verschiedener Tiergattungen verschieden und charakteristisch.

Die genaue gleiche Teilung des Chromatins kommt durch die Längsspaltung der Chromosomen zu stande.

Innerhalb des Protoplasma treten ebenfalls sehr wichtige Erscheinungen auf, namentlich die Teilung des Zentralkörpers und das Auftreten der strahligen Anordnung des Protoplasma um die Zentralkörper, die Lagerung der letzteren an den Polen und das Auftreten der sog. Zentralspindel zwischen denselben,

Gewisse Änderungen der Kernbestandteile begleiten entsprechende Erscheinungen innerhalb des Protoplasma, welche wir der Reihe nach besprechen werden (Figg. 4—11.)

Der ganze Prozess der Mitose kann in fünf Stadien geteilt werden:

1. Prophase,
2. Muttersternstadium,
3. Metaphase — Metakinese,
4. Anaphase,
5. Telophase.

Die Prophase beruht auf der Vorbereitung des ruhenden Kernes zur Teilung. Innerhalb des Kernes ordnet sich das Kerngerüst zu Fäden, welche anfangs mit Höckern bedeckt sind. Sodann glätten sich diese kürzeren oder längeren Fäden auf der Oberfläche und verlaufen in Windungen, indem sie einen Knäuel (Spirem) bilden. (Figg. 4a, 4b, 5, 6.)

Der ursprünglich ziemlich dichte Knäuel wird lockerer und die Chromosomen erscheinen schon in der charakteristischen Gestalt von Schlingen, Stäbchen o. ä. (Fig. 4 c, Fig. 7.)

Das Kernkörperchen verschwindet immer während der Bildung des Knäuels. Das Zentralkörperchen teilt sich bereits beim Beginne dieser Änderungen in zwei, welche schon im Anfang mittels einer aus feinen Fädchen bestehenden Verbindungsbrücke verbunden werden, welche Brücke die Anlage der künftigen Zentralspindel bildet, die um so grösser wird, je mehr sich die Zentralkörper gegen die Pole entfernen. (Figg. 5—7.)

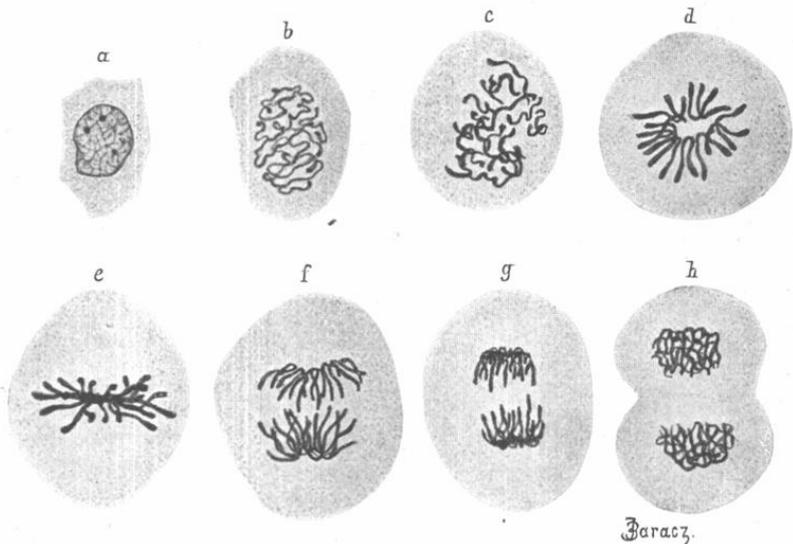


Fig. 4.

Kernteilungsbilder in den Epithelzellen der Hornhaut der Froschlarve.

Vergr. ca. 1400 mal. — Nur der chromatische Teil berücksichtigt.

- a) Epithelzelle samt Kern während der Ruhe.
- b) Dichter Knäuel.
- c) Lockerer Knäuel.
- d) Mutterstern (Monaster) von oben gesehen.
- e) Mutterstern von der Seite gesehen.
- f) Tochtersterne (Dyaster).
- g) Die Kerne in der Anaphase. (Die Tochtersterne verschieben sich gegen die Pole.)
- h) Die Tochterkerne bilden den lockeren Knäuel.

Die Kernmembran unterliegt der Auflösung und die Chromosomen lagern sich in der Äquatorialebene, indem sie den Mutterstern (Monaster) bilden. (Figg. 4d, 4e und 8.) Falls die Chromosomen Schleifen in der Gestalt des Buchstaben U darstellen, sind die Scheitel dem Zentrum und die beiden Schenkel

Fig. 5.

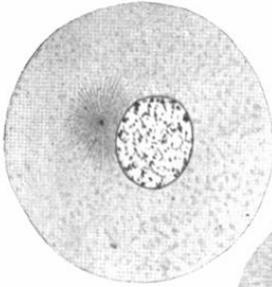


Fig. 6.

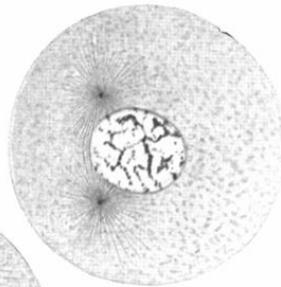


Fig. 7.

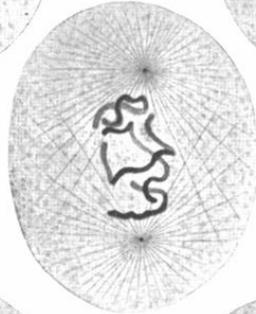


Fig. 8.

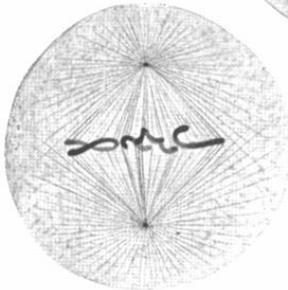


Fig. 9.

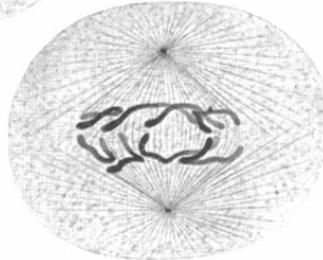


Fig. 10.

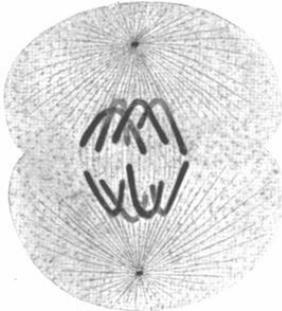
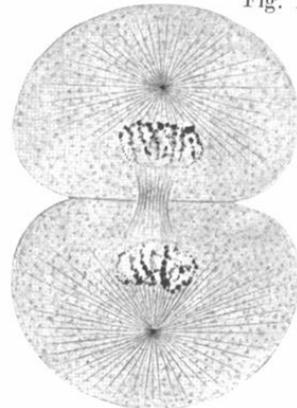


Fig. 11.



B

Figg. 5—11.

Halbschematische Darstellung des Zell- und Kernteilungsprozesses bei *Ascaris megalocephala*, nach Kostanecki.

Fig. 5. Ruhende Zelle. Fig. 6. Centrosom erlag der Teilung. Fig. 7. Prophase — die Centrosomen lagern sich an den Polen, die Strahlung sehr stark entwickelt — das Chromatin des Kerns zerfiel in vier Chromosomen. Fig. 8. Muttersternstadium. — Chromosomen im Äquator gelagert. Fig. 9. Metaphase. — Die längs gespaltenen Chromosomenschleifen entfernen sich gegen die Pole zu. Fig. 10. Anaphase. — Der Zelleib beginnt sich zu teilen. Fig. 11. Die Teilung des Zelleibes bereits beinahe abgeschlossen. Die Zentralspindel giebt den Anfang dem späteren Zwischenkörper. Die Kerne übergehen in das Stadium der Knäuel.

der Peripherie der Zelle zugekehrt. Die so gruppierten Chromosomen erscheinen, von oben gesehen, wie ein Stern. (Fig. 4d.)

Während dieses Stadiums des Muttersternes verschieben sich die Zentralkörper gegen die Pole der Zelle und die an denselben angebrachte Strahlung stellt drei Systeme dar (Figg. 8 und 9): a) die Zug- oder Mantelfasern treten in Form von Strahlbündeln auf, welche von den Zentralkörpern gegen die Chromosomen ziehen; b) die Zentralspindelfasern ziehen ununterbrochen von Pol zu Pol; c) die Polstrahlung beherrscht den ganzen Zelleib mit Ausnahme des Teils, welcher die Zugfasern und Zentralspindel einnehmen. Die Polstrahlungen überschreiten die Äquatorialebene, in welcher die Strahlen beider Zellenhälften sich kreuzen.

Jetzt tritt ein sehr wichtiger Vorgang ein, mit welchem die Metaphase beginnt. Es tritt nämlich eine Längsspaltung der Chromosomen ein, so dass ein Mutterfaden in zwei Tochterfäden zerfällt. Wenn die Chromosomen in Form von Schleifen auftreten, so beginnen die Tochterschleifen zuerst an den Winkeln der Schleifen sich voneinander zu entfernen und weichen nach entgegengesetzten Richtungen auseinander, indem sie sich den Polen nähern.

Auf diese Art entstehen aus einem Mutterstern zwei Tochtersterne (Dyaster). (Figg. 4f, 9.) Zwischen den Tochterschleifen verlaufen Verbindungsfäden, welche zur Zentralspindel gehören. In diesem Stadium des Dyaster bemerken wir, dass die Polstrahlen die Äquatorialebene nicht mehr überschreiten.

Hierauf folgt die Einschnürung des Zelleibes in der Äquatorialebene. (Fig. 10.) Während der Anaphase gehen die beiden Tochtersterne zunächst in Knäuelform (Dispirem) über; an dem Knäuel bildet sich sodann wieder die typische Struktur des ruhenden Kerns aus. (Figg. 4h u. 11.)

Die Fäden der Knäuel erhalten wieder eine zackige Oberfläche, die Fortsätze verbinden sich untereinander, es bildet sich die Kernmembran, schliesslich entsteht das Gerüstwerk des ruhenden Kernes und das Kernkörperchen tritt auf. Wir sehen also, dass die Anaphase eine Umkehrung der Prophase darstellt. Gleichzeitig bemerken wir, dass durch die fortschreitende Einschnürung der Zelleib vollständig in zwei Hälften geteilt wird.

Während der Zelleinschnürung werden die Verbindungsfasern der Zentralspindel im Äquator zusammengedrängt und gleichzeitig erscheinen in dieser Gegend innerhalb des Verlaufes

der Fasern Anschwellungen. Mit dem Fortschreiten der Zeileinschnürung tritt eine gegenseitige Annäherung dieser Anschwellungen ein und es entsteht aus denselben zwischen den Tochterzellen, welche aus der Teilung hervorgingen, der sog. Zwischenkörper. (Figg. 11 u. 13.) Die vom Zwischenkörper in den Zellenleib ausstrahlenden Fasern beginnen bald sich im Protoplasma zu verlieren, während der Zwischenkörper sich oft noch durch längere Zeit erhält.

Nach beendeter Durchschnürung des Zelleibes nimmt die Strahlung ab, schliesslich wird dieselbe bei der Rückkehr der ganzen Zelle zum Ruhezustande weniger wahrnehmbar, wiewohl sie bisweilen noch weiter besteht.

Nach Ablauf der eigentlichen Mitose kann man noch ein Schlusstadium (Telophase, M. Heidenhain) unterscheiden, in welchem Verlagerungen der Zentralkörper und Drehungen der Tochterkerne stattfinden zum Zwecke normaler Lagerung dieser Gebilde in der ruhenden Zelle.

Die epochemachenden Forschungen der letzten Jahre (Fleming, M. Heidenhain, Boveri, van Beneden, C. Rabl, v. Kostanecki etc.) werfen helles Licht auf den Mechanismus der Karyokinese. Der überwiegende Teil dieser Untersuchungen lässt den achromatischen Teil der karyokinetischen Figur (Strahlen, Zentralkörper) als einen mechanischen Apparat erscheinen, dessen aktive Bewegungen die Teilung der Chromosomen und des ganzen Zelleibes bewirken. Die Protoplasmastrahlen spielen hiebei eine thätige Rolle. Ihren Insertionsmittelpunkt bildet das Centrosoma.

Es entstehen demnach unter normalen Bedingungen während der Karyokinese aus einem Kerne zwei Kerne und aus einer Zelle zwei Zellen. Nur ausnahmsweise und hauptsächlich in pathologischen Fällen gehen aus der Teilung eines Kerns gleichzeitig mehrere Kerne hervor.

Die Vermehrung der Zellen kommt während des ganzen Lebens des Organismus vor, um andere Zellen, welche auch unter normalen Bedingungen zu Grunde gehen müssen, zu ersetzen.

Die Lebensdauer der Zelle ist sehr verschieden. Das Wachstum derselben dauert gewöhnlich, so lange ihr Leben besteht, dabei ändert sich häufig ihre ursprüngliche Gestalt, indem aus der kugeligen eine gestreckte oder sternförmige wird.

Das Absterben der Zellen macht sich zunächst am Kern bemerkbar; in demselben treten nämlich gewisse Veränderungen

auf, die man in ihrer Gesamtheit als sog. Karyolyse (Chromatolyse — Flemming) bezeichnet.

Über die endogene Zellteilung und Knospung siehe Knorpel und Knochenmark.

Befruchtungsprozess.

Der Teilung des Eies geht immer (die Parthenogenese ausgenommen) die Befruchtung voraus. Der Befruchtungsprozess beruht auf der Konjugation der männlichen (Spermatozoon) mit der weiblichen Geschlechtszelle (Ei), um der Teilung des Eies und dadurch dem Embryo den Ursprung zu geben. Diese Verbindung der Geschlechtszellen kommt so zu stande, dass das kleine und stark bewegliche Spermatozoon in das grosse und unbewegliche Ei eindringt.

Vor der Befruchtung treten immer im Ei gewisse Veränderungen ein, welche wir unter dem Namen der Eireifung zusammenfassen. Diese letztere beruht auf der sog. Chromosomenreduktion. Der Reifungsprozess des Eies kann vor sich gehen und beendet werden, bevor das Spermatozoon in das Ei eingedrungen ist oder nachher. Dies geschieht bei verschiedenen Tieren nicht gleichartig. Auch bei den Spermatozoen tritt eine ähnliche Reduktion auf die Hälfte der Chromosomen einer somatischen Körperzelle ein. Diese Chromosomenreduktion kommt während der Bildung der Spermatozoen aus den sog. Spermato gonien zu stande, wovon an der betreffenden Stelle die Rede sein wird. Hier sei nur erwähnt, dass das Spermatozoon eine Geisselzelle ist, welche auch alle den Zellen überhaupt eigentümlichen Bestandteile enthält. Der vordere Teil des Spermatozoon, der sog. Kopf, entspricht dem Kerne, das sog. Verbindungs- oder Mittelstück enthält das Centrosoma. Die Geissel der Spermatozoon entspricht dem protoplasmatischen Teile der Zelle.

Der Prozess der Reifung und der Befruchtung ist bei einer bedeutenden Anzahl von Tieren genau untersucht worden. Wir wählen ein Beispiel und werden diese Prozesse bei einem Mollusken, *Physa fontinalis*, beschreiben, bei welchem die Deutlichkeit der mikroskopischen Bilder die genaueste Beobachtung beider Prozesse in allen Einzelheiten gestattet. (Kostanecki und Wierzejski.) Hier geht der Prozess der Reifung erst nach dem Eintritte des Spermatozoon in das Ei vor sich, so dass die sog. Ausstossung der beiden Richtungskörper somit gleichzeitig mit den Anfangsstadien des eigentlichen Befruchtungs-

prozesses erfolgt. Dessenungeachtet ist der Verlauf eines jeden dieser Prozesse deutlich wahrnehmbar.

Richten wir vor allem unser Augenmerk nur auf den Prozess der Eireifung. Derselbe besteht in der zweimaligen inäqualen karyokinetischen Teilung der Eizelle. Wir bemerken, dass dieser Prozess, wie bei jeder Zellteilung, damit beginnt, dass der Eikern beim gleichzeitigen Auftreten der Zentralkörper und der Strahlung in Chromosomen zerfällt. (Fig. 12.) Bald rückt die karyokinetische Figur gegen die Eioberfläche vor, indem sie infolge Spaltung der Chromosomen (Metakinese) vom Stadium des Muttersternes in zwei Tochtersterne übergeht. Es bildet sich auf der Eioberfläche ein Hügel, in den eine Hälfte von Chromosomen und ein Centrosoma mit einer Hälfte der Zentralspindel (I. Richtungsspindel) zu liegen kommen. Unter Bildung eines Zwischenkörpers erfolgt die Abschnürung des ersten Richtungskörpers. (Fig. 13.)

Jetzt wiederholt sich derselbe Prozess zum zweitenmale auf folgende Weise. Die Vorbereitung zu dieser abermaligen Teilung sehen wir oft schon sehr zeitig darin, dass, während der erste Richtungskörper sich noch nicht gänzlich abgeschnürt hat, der Zentralkörper an dem im Ei gelegenen Pol sich bereits in zwei geteilt hat. (Fig. 13.) Diese Centrosomen lagern sich bald an den Polen der karyokinetischen Figur, welche aus den im Ei zurückgebliebenen Chromosomen gebildet wird. (Fig. 14.) Diese Chromosomen machen die zur Bildung des ruhenden Kernes führenden Stadien nicht durch; sie stellen zuerst das Muttersternstadium dar und gehen sodann in das Stadium des Dyasters über. (Fig. 15.) Währenddessen unterliegen die Chromosomen der Spaltung nicht, sondern lagern sich in zwei Reihen, deren jede die Hälfte der ursprünglichen Menge der Chromosomen enthält. Die ganze karyokinetische Figur schiebt sich unter die Eioberfläche, baucht dieselbe auf, und der protoplasmatische Hügel nimmt die eine Hälfte der karyokinetischen Figur in sich auf. (Fig. 15.) Jetzt tritt die Abschnürung des zweiten Richtungskörpers ein, ähnlich der des ersten, womit der ganze Reifungsprozess zu Ende geht.

Infolge dieser zweiten Teilung der Eizelle, welche unmittelbar nach der ersten ohne Pause eingetreten ist, besitzt das Ei die Hälfte der Chromosomen anderer (somatischer) Zellen des Tieres, von welchem das Ei herrührt. Auch während der Entwicklung der Spermatozoen geht in denselben eine Chromosomen-

Fig. 12.

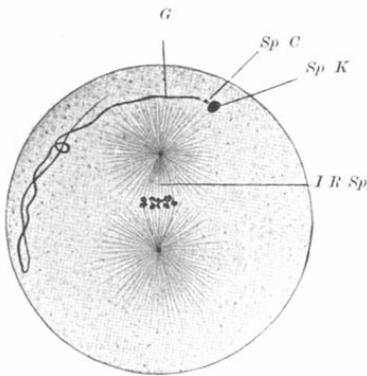


Fig. 13.

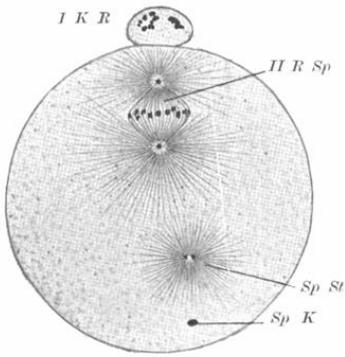
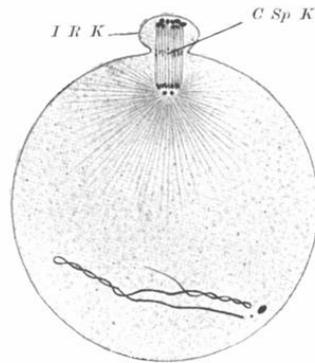


Fig. 14.

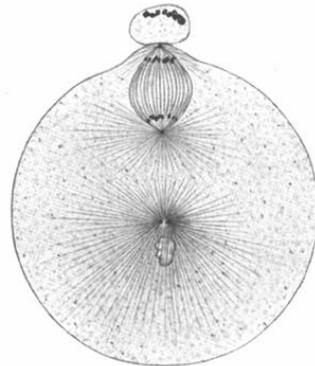


Fig. 15.

Figg. 12—15.

Acht Stadien der Befruchtung bei *Physa fontinalis*,
nach Kostanecki und Wierzejski.

- Fig. 12. Muttersternstadium in Metakinese übergehend zum Zwecke der Bildung des ersten Richtungskörpers. Der Samenfadens ist in toto ins Ei eingedrungen.
- Fig. 13. Bildung des ersten Richtungskörpers. Die Centrosomen am Eipol geteilt.
- Fig. 14. Erster Richtungskörper gebildet. Muttersternstadium zum Zwecke der Bildung des zweiten Richtungskörpers. Die Spermastrahlung entfernt sich vom Spermakern. Die Centrosomen sind durch eine minimale Zentralspindel verbunden.
- Fig. 15. Die Bildung des zweiten Richtungskörpers — Spermastrahlung mit zwei Centrosomen dem bläschenförmigen Spermakern vorangehend.

Fig. 16.

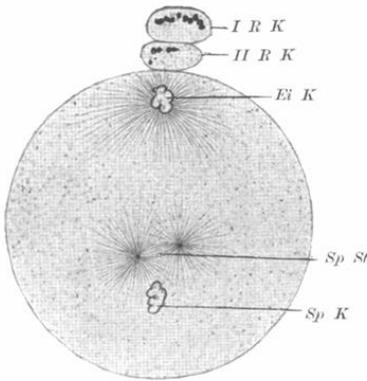


Fig. 17.

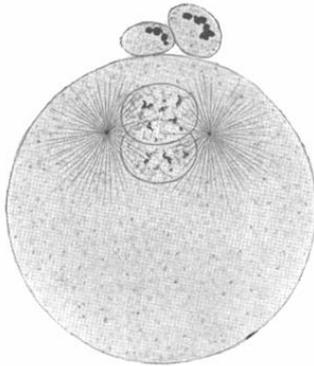
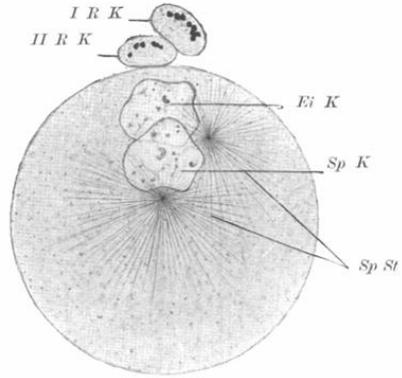


Fig. 18.

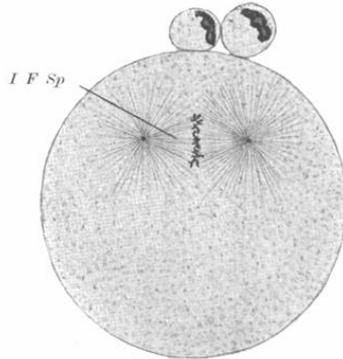


Fig. 19.

Figg. 16—19.

- Fig. 16. Oben zwei Richtungskörper, dann der bläschenförmig veränderte Eikern mit Resten der Eikernstrahlung. Die Spermastrahlung hat sich vergrößert.
 Fig. 17. Eikern und Spermakern nähern sich einander. Die Spermastrahlung und die Centrosomen entfernen sich von einander.
 Fig. 18. Eikern und Spermakern liegen dicht aneinander. Die Centrosomen haben sich zu beiden Seiten gelagert.
 Fig. 19. Die Chromosomen des Ei- und Spermakerns haben das Muttersternstadium gebildet, um den zwei ersten Furchungszellen den Ursprung zu geben.

Erläuterungen der Buchstaben:

C Sp K = Centralspindelkörper.

Ei K = Eikern.

I F Sp = erste Furchungsspindel.

G = Geißel des Spermatozoons.

I R K = erstes Richtungskörperchen.

II R K = zweites Richtungskörperchen.

I R Sp = erste Richtungsspindel.

II R Sp = zweite Richtungsspindel.

Sp C = Spermacentrosom.

Sp K = Spermakern.

Sp St = Spermastrahlung.

reduktion vor sich, so dass die reifen Geschlechtszellen (sowohl das reife Ei als auch das Spermatozoon) im Vergleiche mit somatischen Zellen nur die Hälfte der Chromosomen enthalten, ihr Kern somit eigentlich nur den Wert einer Hälfte anderer Kerne besitzt. Durch die Befruchtung, bei welcher die Vereinigung beider je eine Hälfte der Chromosomen enthaltenden Kerne eintritt, geschieht die Ergänzung zur normalen Menge der Chromosomen.

Jetzt der eigentliche Befruchtungsprozess. Bei einigen Tieren beginnt der Befruchtungsprozess, d. i. das Eintreten der Spermatozoen ins Ei, erst nach der Ausstossung des zweiten Richtungkörpers. In unserem Falle ist der Befruchtungsprozess, wenn der Reifungsprozess zu Ende geht, schon längst im Gange, denn beide Prozesse beginnen gleichzeitig. Bei der Physe gelangt das ganze Spermatozoon in der Regel in das Innere des Eies (Fig. 12.), bei anderen Tieren dringt gewöhnlich nur der Kopf und das Mittelstück in das Ei.

Da die Rolle der Geissel nach dem Eintritt des Spermatozoons in das Ei bereits beendet ist, unterliegt sie als überflüssig der Resorption. Rings um das Spermacentrosom, welches im Mittelstücke des Spermatozoons in das Ei eingetreten ist, entsteht innerhalb des Eiprotoplasmas eine neue Strahlung. (Figg. 13, 14.) Das Centrosoma, welches beim Eindringen des Spermatozoons ins Ei hinter dem Spermakopf gelegen ist, kommt infolge der Umdrehung des ganzen Spermatozoons um 180° vor den Spermakern.

Die Strahlung und das Centrosoma des Samenfadens rühren von dem im Mittelstück des Spermatozoons eingeführten Protoplasma her und wachsen gleichmässig auf Kosten des Eiprotoplasmas. Das Spermacentrosom unterliegt der Teilung, wobei sich die Centralspindel bildet. (Figg. 14—16.)

In diesem Stadium der Befruchtung ist der Reifungsprozess des Eies gewöhnlich beendet und der Eikern wächst zur Bläschenform heran (Fig. 16). Der Spermakern beginnt jetzt gleichfalls aufzuquellen, gewinnt ebenfalls ein bläschenförmiges Aussehen und beginnt sich dem Eikern zu nähern, wobei das Spermacentrosoma (resp. die Centrosomen samt der Centralspindel) dem Spermakern vorangehen. (Figg. 15, 16.) Die beiden Kerne stellen immer grössere Bläschen dar und nähern sich unmittelbar einander, während dessen die Strahlen des Eicentrosomas allmählich an Umfang und Intensität abnehmen. Die Spermastrahlung beherrscht unterdessen die ganze Eizelle immer mehr. Endlich verschwindet die Eistrahlung samt dem Eicentrosoma spurlos, weil die Auf-

gabe, sowohl der Protoplasmastrahlen, wie auch des Centrosomas der Eizelle nach der Entfernung des zweiten Richtungskörpers bereits beendet ist. (Figg. 16, 17.)

Die vom Samenfaden stammende Strahlung tritt mit dem Kerngerüst und den späteren Chromosomen des Eikerns in Verbindung.

Mit diesem Augenblicke ist der Befruchtungsprozess als solcher abgeschlossen. Beide Kerne machen jetzt das Vorbereitungsstadium und das Knäuelstadium durch und beide zusammen geben einem Mutterstern den Anfang. (Figg. 18, 19.)

Der weitere Prozess unterscheidet sich gar nicht von der gewöhnlichen Mitose. Diese karyokinetische Figur soll Furchungskerne bilden, deren jeder eine gleiche Menge weiblicher und männlicher Kernsegmente erhält. Die Menge der Chromosomen der karyokinetischen Figur im befruchteten Ei gleicht der Summe der Chromosomen des reifen Eies plus den Chromosomen des Spermatozoons, d. i. dasselbe besitzt die volle Anzahl der Chromosomen, welche anderen somatischen Zellen der betreffenden Tierart eigen ist. Die Strahlensysteme und die Centrosomen der ersten Furchungsspindel (Fig. 19) rühren, wie dies soeben bemerkt wurde, von der Spermastrahlung und dem Spermacentrosom her.

B. Gewebe.

Die niedrigsten tierischen Organismen (protozoa, Urtiere) sind einzellige Gebilde. Da hier nur eine Zelle den ganzen Organismus bildet, muss dieselbe alle Lebensfunktionen ausüben. Die den Urtieren übergeordneten Organismen sind aus vielen Zellen zusammengesetzt (Metazoa), welche alle jedoch von einer einzigen Zelle, d. i. dem befruchteten Ei durch eine fortgesetzte Folge von Teilungen abstammen. Alle diese Zellen sind in den frühesten Embryonalstadien einander ähnlich, haben eine für Embryonalzellen charakteristische, beinahe kugelige, rundlich-vieleckige Gestalt. Mit fortschreitender Entwicklung weisen jedoch die Zellen immer grössere Unterschiede untereinander auf, sie beginnen sich zu differenzieren. In einem solchen, in der Entwicklung begriffenen mehrzelligen Organismus sind die sich differenzierenden Zellen zur Erfüllung aller Lebensfunktionen nicht mehr geeignet, wie dies bei den einzelligen Tieren der Fall war; es sind vielmehr bestimmte Zellen nur zu gewissen Funktionen fähig. Wir sehen hierin den Ausdruck einer Arbeitsteilung. Diese in

einer gewissen Richtung differenzierten Zellen, welche nur zu gewissen Funktionen geeignet und nach gewissen Gesetzen gelagert sind, bilden das Gewebe. Unter einem Gewebe verstehen wir demnach einen Komplex gesetzmässig angeordneter, in einer bestimmten Richtung differenzierter und zu einer bestimmten Thätigkeit geeigneter Zellen.

Die Gewebe bestehen jedoch nicht bloss aus Zellen, sondern auch aus Produkten derselben, welche wir unter den Begriff Intercellularsubstanzen zusammenfassen, die bei jedem einzelnen Gewebe ausführliche Besprechung finden werden. Die Intercellularsubstanz ist in gewissen Fällen als Ausscheidung der Zellen, in anderen als Umwandlungs-Produkt der oberflächlichen Partien des Zellprotoplasma zu betrachten. Dieselbe fehlt in ganz frühen, jungen, embryonalen Geweben und wird erst im Laufe der Zeit durch die Zellen gebildet.

Die verschiedenen Gewebe verbinden sich unter mannigfaltigen Combinationen zu Organen, d. h. Körpern von einem bestimmten inneren Bau und einer bestimmten äusseren Gestalt, welche einem speziellen physiologischen Zwecke dienen. Nur ausnahmsweise besteht ein Organ ausschliesslich aus einem Gewebe wie z. B. die Linse; gewöhnlich beteiligen sich an seinem Aufbau mehrere, manchmal alle Gewebsarten z. B. beim Darm, der Haut.

Die Einteilung der Gewebe gehört zu den schwierigen Aufgaben der Gewebelehre. Dieselbe ist künstlich. Sie kann auf einer einheitlichen, z. B. rein morphologischen Grundlage nicht durchgeführt werden, da sie nicht nur die Form und Bau bedingenden Funktionen, sondern auch die Entwicklung und die chemischen Eigenschaften der Gewebe berücksichtigen muss. Die Versuche der Unterscheidung der Gewebe nach ihrem embryonalen Ursprung führten nicht zum Ziele, denn es können dieselben Gewebe verschiedenen Ursprungs sein. Die gegenwärtig allgemein angenommene (Leydig, Kölliker) Einteilung der Gewebe ist die nachstehende. Man unterscheidet: 1. Epithel- (und Drüsen-) gewebe, 2. Stütz- und Füllgewebe, 3. Muskelgewebe, 4. Nervengewebe.

Die charakteristischen Merkmale der einzelnen Gewebe werden wir bei der speziellen Besprechung der letzteren anführen.

Die zwei letztgenannten Gewebe werden nur in tierischen Organismen angetroffen, deshalb nennen wir sie animale Gewebe, während wir die zwei ersteren, welche auch im Pflanzenorganismus auftreten, vegetative Gewebe nennen können.

I. Das Epithelgewebe.

Das Epithelgewebe ist ausschliesslich aus dicht nebeneinander gelagerten Zellen zusammengesetzt, welche den protoplasmatischen Körper und den Kern aufweisen.

Die Intercellularsubstanz ist hier ad minimum reduziert und tritt in Form einer die Zellen mit einander verbindenden Kittsubstanz auf.

Eine eigentliche Zellmembran fehlt gewöhnlich; wir finden nur die äussere Schicht der Zelle etwas fester. Die Einteilung des Epithelgewebes stützt sich hauptsächlich auf die Aufgabe, welche dasselbe zu erfüllen hat.

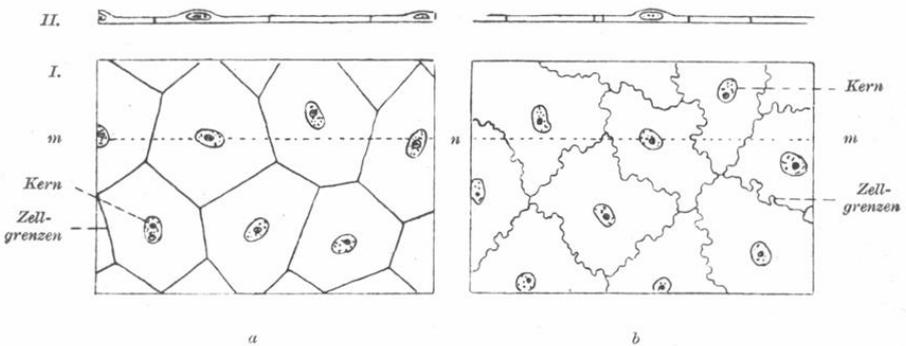


Fig. 20.

Schema eines platten Epithels.

I. Von oben gesehen.

II. Von der Seite gesehen nach Durchschnitt der Linie *m*.

a) Die Zellgrenzen stellen sich als gerade Linien dar.

b) Die Zellgrenzen stellen sich als vielfach gebrochene Linien dar.

Es deckt nämlich die äussere Oberfläche des Körpers und kleidet die Hohlräume im Innern desselben aus, indem es zusammen die sogen. Deck- oder Begrenzungshäute bildet.

Hat das Epithelgewebe ferner die Bestimmung, auszuscheiden und zu resorbieren, so heisst es Drüsenepithel (Drüsen-
gewebe), hat es schliesslich die Fähigkeit, gewisse Reize von der Aussenwelt aufzunehmen und dieselben dem Nervengewebe zu übermitteln, so bildet es das sog. Sinnesepithel.

Auf Grund der Formverhältnisse seiner Elemente kann das Epithel in plattes und cylindrisches eingeteilt werden.

Das platte Epithel besteht aus mehr oder minder regelmässig mehrseitigen Zellen, deren Höhe im Vergleiche mit den zwei übrigen Dimensionen nur sehr unbedeutend ist.

Im Flächenbilde erscheinen die Zellgrenzen als gerade oder als zackige Linien. Der kugelige oder ovale Kern liegt gewöhnlich mehr oder weniger in der Mitte der Zelle. Figur 20 stellt das platte Epithel von oben und von der Seite betrachtet dar. Wir bemerken, dass die Zelle in der Gegend des Kernes mehr Protoplasma enthält und daher dort dicker erscheint. (Figg. 20 u. 21.)

Im Cylinderepithel übertrifft im Gegenteile die Höhe die zwei anderen Dimensionen. Die Zellen des Cylinderepithels haben die Gestalt mehr oder weniger langer mehrseitiger Säulen, Prismen oder Pyramiden. Der Kern kann in der Mitte der Zelle liegen oder mehr nach oben oder unten verschoben sein. Die Centrosomen in den Cylinderepithelien liegen im Protoplasma zwischen dem Kern und der freien Epitheloberfläche und nehmen oft eine ganz oberflächliche Lage ein, indem sie gewöhnlich in Form eines einfachen oder doppelten Körnchens auftreten.

Zwischen den niedrigen Platten- und den höheren Epithelzellen finden wir Übergangsformen. Solche Übergangszellen, bei welchen alle drei Dimensionen gleich sind, nennen wir kubische Epithelzellen.

Das Cylinderepithel kann gewisse Modifikationen, Änderungen aufweisen. Trägt es an der freien Fläche während des Lebens sich bewegende Härchen (Wimpern, Flimmern), so heisst es Wimper- oder Flimmerepithel. (Fig. 22.) Zeigen die Zellen an der freien Fläche einen mehr oder minder deutlich senkrecht zur Oberfläche gestreiften hellen Saum, dann heissen sie Cylinderzellen mit Cuticularsaum. Hat sich schliesslich das Protoplasma im oberen Teile der Zelle in Schleim umgewandelt und die Zelle in diesem Teile in Form eines Bechers ausgebuchtet, dann haben wir es mit sog. Becherzellen zu thun. (Fig. 22.)

Bei den Flimmerzellen muss man sich gewisse Einzelheiten merken, welche nicht immer sichtbar sind und deren Unter-

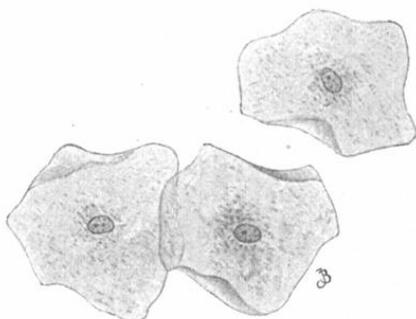


Fig. 21.
Platte Epithelzellen aus der Mundschleimhaut
des Menschen, isoliert.
Ca. 375 mal vergrössert.

suchung Schwierigkeiten darbietet. Die Flimmern müssen nämlich als haarförmige Ausläufer des Zellprotoplasma betrachtet werden, welche die Fähigkeit besitzen, sich einförmig und in einer bestimmten Richtung zu bewegen. Manchmal lassen solche Flimmern eine Zusammensetzung aus mehreren Teilen erkennen, welche einfach oder doppelt, stärker oder schwächer lichtbrechend sind.

Dieser komplizierte Bau ist an einer schematischen Zeichnung der Flimmerzellen von Anodonta zu sehen. (Fig. 23.) Hier erscheinen die Zellen von einer Cuticula bedeckt. Dicht unter ihr bemerken wir eine Reihe sog. Basalkörperchen, welche

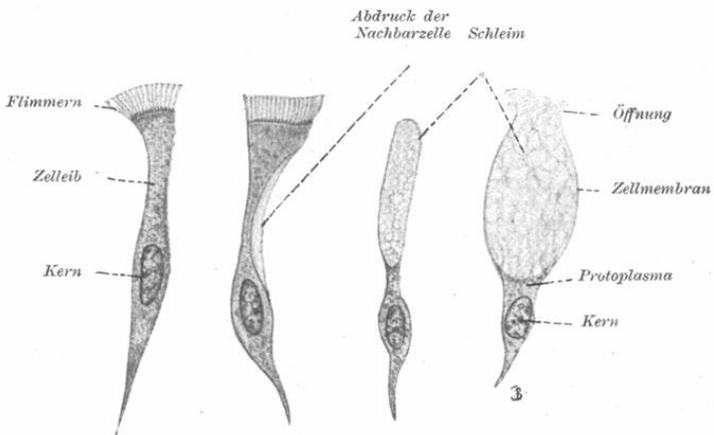


Fig. 22.

Isolierte zwei Flimmer- und zwei Becherzellen aus dem Oesophagus des Frosches.
Ca. 520 mal vergrößert.

nach den neuesten Untersuchungen (v. Lenhossék, Henneguy) höchst wahrscheinlich als Zentralkörper zu betrachten sind. Die Flimmerhaare durchsetzen die Cuticula. Innerhalb der Cuticula bestehen gewöhnlich im Verlaufe der Flimmerhaare Verdickungen in Form von Körnern (Bulbus). In der Zelle selbst finden wir oft innerhalb des Protoplasma einen Fadenapparat, welcher an den Basalkörperchen seinen Anfang nimmt, gegen den Kern zu verläuft und die faserige Struktur des Protoplasma bedingt. Diese Fasern, Basalkörperchen und Flimmerhaare sind mit einander in ein kontinuierliches Ganzes vereinigt.

Man nahm früher an, dass diese Fäden die Bestimmung haben, die vom Kern ausgehenden Impulse, gleichsam wie Nervenfasern in die Flimmerhaare

fortzuleiten. Diese Ansicht war jedoch nicht haltbar, angesichts der Thatsache, dass die abgeschnittenen Teile der Flimmerzellen, welche keinen Kern besitzen, längere Zeit hindurch noch fähig bleiben, die Flimmern in Bewegung zu erhalten. Andere Autoren betrachten diese Fäden als intracelluläre Nervenendigungen (Eimer, Apáthy). v. Lenhossék und Peter schreiben den Basalkörperchen die Bedeutung eines Motors der Flimmerbewegung zu.

Der am Darmepithel deutlich auftretende Cuticularsaum ist ein Produkt der Zellen. Die senkrechte Streifung ist nach den Untersuchungen R. Heidenhains eine Folge des Eindringens der feinen Ausläufer des Zelleibes in die homogene Saummasse und eines von dieser Masse verschiedenen Lichtbrechungsvermögens. Diese Ausläufer können von der Zelle zurückgezogen werden, in welchem Falle die Streifung verschwindet. (Siehe Darm.)

Zur Zeit der Thätigkeit zeigt das Drüsenepithel zuweilen an der Oberfläche einen Besatz von feinen Härchen und Stäbchen, einen sog. Bürstenbesatz (siehe Niere). Einen solchen Bürstenbesatz können wir ebenso wie Wimpern sowohl an cylindrischen wie an kubischen Epithelzellen vorfinden.

Innerhalb der Epithelzellen tritt manchmal am basalen Ende eine Längsstreifung auf, welche tiefer oder weniger tief in den Zelleib eindringt. Diese letzteren zwei Differenzierungen des Protoplasma, welchen wir in den Drüsen begegnen, erwähnen wir hier nur kurz — wir werden dieselben später ausführlicher besprechen. (Siehe Speicheldrüsen.)

Nach der Anzahl der Schichten kann das Epithelgewebe in a) einschichtiges und b) mehrschichtiges eingeteilt werden. Diese Einteilung, zusammen mit der sich auf die Form

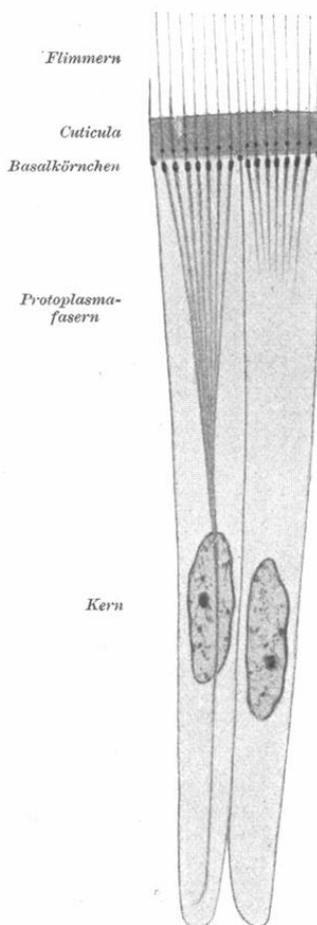


Fig. 23.

Schema des Flimmerepithels,
nach Apáthy.

der Zellen stützenden, berechtigt zu der Unterscheidung folgender Formen:

a) einschichtiges Epithel:

α) einschichtiges Plattenepithel (Epithel der Lungenalveolen, der inneren Gefäßhaut, der Peritonealhöhle, des Herzbeutels und des Brustfells, der Gelenkhöhle, der Sehnenscheiden, der Schleimbeutel etc.);

β) einschichtiges kubisches Epithel (Epithel der kleinen Bronchien, einzelner Abschnitte der Harnkanälchen, der Schilddrüse, der Ausführungsgänge vieler Drüsen etc.; flimmerndes kubisches Epithel finden wir im Ovidukt, Uterus und in feinen Bronchien);

γ) einschichtiges Cylinderepithel in vielen grösseren Drüsenausführungsgängen, im Darmkanal etc.

und b) mehrschichtiges Epithel (Fig. 24):

α) mehrschichtiges Plattenepithel. Die oberflächlichen Schichten bestehen aus Plattenzellen; Epithel der Cornea, der Scheide, der Mundhöhle, der Speiseröhre, der Haut etc;

β) mehrschichtiges Cylinderepithel. Die oberflächlichste Schicht besteht aus Cylinderepithel, die tiefste Lage aus kubischen oder polyedrischen Zellen, z. B. im Ureter, in der Harnblase etc. Dasselbe mit Flimmern an der Oberfläche: im Kehlkopf, der Trachea und den grossen Bronchien, im Vas deferens, in der Epidydimis etc.

Nicht alle Elemente eines aus cylindrischen Zellen bestehenden Epithelbelags müssen dieselben morphologischen Merkmale aufweisen; es können vielmehr neben einfachen Cylinderzellen auch Flimmerzellen, Becherzellen und mit einem Cuticularsaum versehene Zellen angetroffen werden.

Als Übergangsbildung vom einschichtigen zur mehrschichtigen Epithel kann das sog. mehrzeilige oder mehrreihige Epithel angesehen werden. (Fig. 24a.) Auch hier erreichen alle Zellen die gemeinsame obere Fläche und die an das Bindegewebe anstossende, untere Grenze. Während aber alle Zellkerne des typischen einschichtigen Epithels ungefähr in gleicher Höhe liegen, gleichsam eine Zeile bilden, sind sie im mehrzeiligen Epithel gegeneinander verschoben. Durch die Mittelpunkte gleich hoch gelegener Kerne kann man sich hier mehrere einander parallele Linien — Zeilen — gelegt denken. Solche Zellen tragen gewöhnlich Flimmern an der freien Oberfläche wie z. B. im Kehlkopf etc.

Was das mehrschichtige Epithel betrifft, so begegnen wir gewöhnlich in verschiedenen Schichten desselben Zellen verschiedener Gestalt. Wir bemerken z. B. des öfteren unten höhere Cylinderzellen, je weiter nach oben, desto niedrigere sog. Übergangsformen zu platten Zellen, welche sich an der oberen

Fläche befinden. Ein solches Epithel könnte man mehrschichtiges Plattenepithel nennen. (Fig. 24b.) So verhält sich das mehrschichtige Epithel in der Epidermis, in der Mundhöhle, in der Speiseröhre, in der Hornhaut, in der Scheide u. s. w. In der Epidermis, kennzeichnet sich dieses Epithel dadurch, dass das Protoplasma der äusseren Schichten beim gleichzeitigen Schwund des Kernes einem chemischen Prozesse, der sog. Verhornung (siehe Haut), unterliegt.

Das mehrschichtige Epithel kann sich jedoch bezüglich der Lagerung der Zellen auch umgekehrt verhalten, so dass wir oben höhere Zellen als unten vorfinden, somit an der oberen Aussenfläche cylinderförmiges Epithel mit oder ohne Flimmern, unten dagegen polyedrische Zellen, welche den Übergangsformen zwischen den platten und cylindrischen Zellen entsprechen.

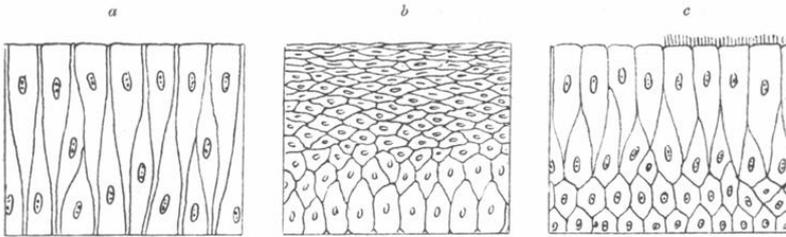


Fig. 24.

- a) Schema eines mehrzeiligen Epithels.
 b) Schema eines mehrschichtigen Plattenepithels.
 c) Schema eines mehrschichtigen Cylinderepithels resp. eines Flimmerepithels.

(Fig. 24c.) Ein solches Epithel kann man mehrschichtiges Cylinderepithel nennen; wir finden es z. B. in den Hauptausführungsgängen mancher Drüsen.

Die Verbindung der Epithelzellen untereinander geschieht, wie wir dies bereits bemerkten, mittelst der Kittsubstanz, welche sich gewöhnlich nur in geringer Menge zwischen den Zellen vorfindet. Dieselbe lässt sich immer mittelst eines spezifischen Reagens, nämlich des *argentum nitricum*, nachweisen. Wenn wir das Epithelgewebe in eine schwache (0.1 bis 1 oder $1\frac{1}{2}\%$) Lösung von *argentum nitricum* eintauchen, geht die Kittsubstanz schon nach einigen Minuten eine Verbindung mit diesem Reagens ein, die unter dem Einflusse des Sonnenlichtes in kurzer Zeit dunkelbraun, dann sogar schwarz wird. Die Flächen der Zellen, welche die Kittsubstanz verbindet, sind oft ganz glatt, sie zeigen jedoch manchmal Unebenheiten, sei es

in Form von Abdrücken der Konturen der Nachbarzellen (Fig. 22) (siehe das Epithel der Mundhöhle [Fig. 21] und der Harnblase) infolge des gegenseitigen Druckes, oder aber in Form feiner Fäden oder Stacheln.

Als das am meisten typische Beispiel dieser letzteren Verbindung mittelst Stacheln oder sogenannter Intercellularbrücken werden wir die polyedrischen Zellen des in den tieferen Schichten der Epidermis liegenden Epithels beschreiben. Die Schicht dieser Zellen heisst nach ihrer Gestalt *stratum spinosum* und ihre Elemente nennt man Stachel- oder Riffzellen. (Fig. 25.) Wir sehen, dass diese Stacheln eigentlich Verbindungsbrücken sind, welche die Kittsubstanz durchsetzen.

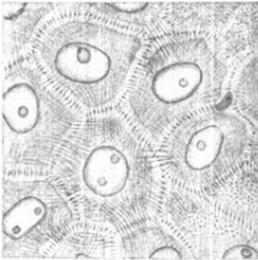


Fig. 25.

Aus einem Durchschnitte durch das geschichtete Pflasterepithel der menschlichen Epidermis.

Einige Epithelzellen des *Stratum spinosum* durch Intercellularbrücken miteinander verbunden. Ca. 700 mal vergrössert.

Diese Stacheln sind deutliche Ausläufer des Zellprotoplasmas. Solche Zellen weisen oft nach entsprechender Fixierung eine deutliche Filarmasse auf, welche in Fadenform von Zelle zu Zelle übergeht und ihre engere Verbindung bewirkt. Zwischen den Intercellularbrücken befinden sich mit einer weicheren Intercellularsubstanz ausgefüllte Räume. Diese Intercellularräume kann man von den Lymphgefässen aus injizieren und schreibt ihnen deshalb sogar die Bedeutung von Lymphräumen zu, die mangels anderer Gefässe in der Epidermis den Kreislauf der ernährenden Säfte ermöglichen sollen.

Das Epithel besitzt nämlich in der Regel weder Blut- noch Lymphgefässe. Die Gefässlosigkeit des Epithels ist allgemein anerkannt. Es sind nur wenige Stellen beschrieben worden, wo ausnahmsweise Kapillarschlingen inmitten des Epithels vorgefunden worden sind. (Gehörorgan — Retzius, Gaumenschleimhaut bei Amphibien — Maurer etc.) Dafür zeichnet sich das Epithelgewebe häufig durch Reichtum an Nerven aus.

Hier muss bemerkt werden, dass das platte Epithel der Blut- und Lymphgefässe, sowie das die serösen Häute bedeckende Epithel an einigen Stellen Lücken, sogenannte *Stomata* oder *Stigmata* aufweist. Es sind dies einfach sehr feine Öffnungen in der Kittsubstanz, welche dadurch entstanden, dass weisse Blut-

körperchen durchwanderten und sich durch die zwischen den Zellen liegende Kittsubstanz hindurchdrängten.

Im Protoplasma der Epithelzellen können sich, abgesehen von den Veränderungen, welche durch pathologische Erscheinungen, wie Degeneration und Absterben der Zellen bedingt sind, die verschiedenen chemischen Vorgänge abspielen, welche mit der Funktion und Bestimmung dieser Zellen im Zusammenhange stehen. Solche Veränderungen entstehen im Protoplasma infolge des Stoffwechsels.

Wir berühren hier nachstehende Änderungen, welche wir an den entsprechenden Stellen noch besonders besprechen werden: Verhornung (Haut, Haare, Nägel), Verkalkung (Schmelzepithel), welche beide Änderungen mechanischen Zwecken dienen, Verschleimung (Schleimdrüsen) und Verfettung (Talgdrüsen, Milchdrüsen). Die Veränderungen, welchen das respiratorische Epithel in der Lunge und das die Augenlinse bildende Epithel unterliegen, werden ebenfalls später besprochen werden.

Schliesslich müssen wir noch erwähnen, dass die Epithelzellen Einlagerungen in Form von Körnchen farbigen Pigmentes enthalten können, wie z. B. das Pigmentepithel der Netzhaut, die Haare, und die unteren Zellen der Epidermis bei farbigen Menschenrassen.

Zwischen den Zellen des mehrschichtigen Epithels können wir Nervenendigungen in Form von freidendigen Achsencylindern begegnen (darüber später). Überdies können dort auch Zellen bindegewebiger Natur, die aus den tiefer liegenden Schichten des Bindegewebes eingewandert sind, vorkommen. Diese Zellen können Farbstoffkörnchen enthalten oder nicht und erscheinen gewöhnlich als sternförmige, stark verästelte Gebilde. Endlich können wir auch weisse Blutkörperchen vorfinden, welche zwischen den Epithelzellen eingewandert sind, und manchmal sogar bis zur Mitte der Zellen vordringen.

Das Epithelgewebe geht aus allen drei Keimblättern hervor.

Ursprünglich erscheint das Epithelgewebe in Form von Häuten dar, welche nur aus einer einzigen Zellenlage bestehen. Diese kann im Laufe der Entwicklung in ihrer ursprünglichen Anlage erhalten bleiben oder durch eine Vermehrung ihrer Elemente eine Verdickung erfahren.

In diesem letzteren Falle drängen sich bei der numerischen Zunahme der Zellen entweder neue Elemente zwischen die

früheren Zellen — alle Epithelzellen, sowohl die alten, als die neuen lehnen sich jedoch an die tiefer gelegene bindegewebige Schicht an — oder es verlieren die durch die neuen Zellen vom Bindegewebe weggeschobenen alten jeden Zusammenhang mit demselben. Im ersten Falle entsteht das zwei- oder mehrreihige (-zeilige), im zweiten das zwei- oder mehrschichtige Epithel.

Mit der weiteren Entwicklung kann das Epithelgewebe oberflächlich wuchern, indem es Epidermisgebilde, wie Haare, Nägel, Krallen, Klauen, Papillae filiformes u. s. w. bildet, oder es wächst in das tiefer liegende Gewebe ein und bildet Drüsen. Nach Mass der Abnutzung der oberflächlichen Lagen des mehrschichtigen Epithels vermehren sich die unteren Schichten durch mitotische Teilung und ersetzen die verloren gegangenen obersten Schichten. Mit der Zeit werden diese jungen Zellen durch die sich unten teilenden, noch jüngeren Zellen nach oben verschoben und nach Mass der Abstossung der oberflächlichen Elemente tauchen neue aus der Tiefe auf.

An den Stellen, an welchen das Epithel mit dem Bindegewebe in Berührung kommt, sehen wir gewöhnlich einen hellen glänzenden Streifen, welcher die beiden angrenzenden Gewebe scheidet. Diese feine, strukturlose Haut heisst Basalmembran, von welcher wir nicht immer mit aller Bestimmtheit wissen, ob sie das Produkt der Epithelzellen oder des tiefer gelegenen Bindegewebes ist. In gewissen Fällen, namentlich wenn zwei Epithelschichten einander berühren und mittelst einer sehr feinen Abgrenzungslinie von einander geschieden sind, unterliegt es keinem Zweifel, dass diese letztere, welche einer Basalmembran entspricht, das Produkt des Epithels ist.

Das platte Epithel, welches aus der mittleren Keimschicht entsteht und Gelenkhöhlen, die Schleimhäute, die Schnenscheiden, die Blut- und Lymphbahnen auskleidet, wurde seit längerer Zeit in eine besondere, unechtes Epithel oder Endothel genannte Gruppe zusammengefasst. Diese Zellen wurden sogar dem Bindegewebe beigezählt, weil sie eine Ähnlichkeit mit den platten Bindegewebszellen, welche kleine Lacunen und Spalten im Bindegewebe auspolstern, aufweisen und ebenso wie das Bindegewebe von der mittleren Keimschicht abstammen. Um jedoch eine Vermengung der Begriffe zu verhüten, ist es am besten, dieselben als Epithelialzellen mesodermaler Abstammung zu betrachten, dagegen die Benennung Endothel als überflüssig anzusehen, denn es wäre nicht vorteilhaft eine Mittelgruppe zu bilden, welche sich an der Grenze zwischen dem Epithel und Bindegewebe befinden würde. Diese Zellen sind dem Epithelgewebe deshalb beizuzählen, weil sie in charakteristischer Weise nebeneinander gelagert sind und eine geringe Menge Kittsubstanz besitzen, was eben die entscheidenden Merkmale des Epithelgewebes

ausmacht, dagegen keine Eigenschaft besitzen, welche ihrer Beizählung zum Epithel im Wege stehen würde.

Es muss jedoch gleichzeitig bemerkt werden, dass zwischen den epithelartig angeordneten Bindegewebszellen und dem platten Epithel ganz genaue Grenzen sich doch manchmal kaum ziehen lassen.

Drüsenepithel und Drüsen.

Die Drüsen bestehen fast ausschliesslich aus Epithelgewebe. In jedem Falle sind die wichtigsten, die absondernden Elemente Epithelzellen; deshalb werden wir hier im Zusammenhange mit dem Epithelgewebe vorerst den Bau der Drüsenzellen besprechen, sodann die Einteilung und den Bau der Drüsen selbst in Betracht ziehen.

Das Drüsenepithel ist ein Epithel mit sekretorischer Funktion. Unter Sekretion versteht man die Produktion und Absonderung solcher Stoffe, welche als Material zum Aufbau des Organismus nicht verwendet werden. Diese vom Drüsengewebe ausgeschiedenen Produkte können noch im Organismus Verwendung finden, in diesem Falle nennen wir sie Sekrete; oder sie können, ohne im Körper Verwertung gefunden zu haben, einfach nach aussen ausgeschieden werden, dann heissen sie Exkrete. Wenn diese sich im Organismus anhäufen, so können sie ihm schädlich werden. Die eben genannten Funktionen können entweder von einer einzigen Zelle ausgeübt werden, dann haben wir es mit sogenannten einzelligen Drüsen zu thun oder es sind mehrere zu einem Ganzen verbunden, dann haben wir es mit mehrzelligen oder eigentlichen Drüsen zu thun.

Als Beispiel einzelliger Drüsen seien die sogenannten Becherzellen beschrieben, deren wir bereits als einer Modification der Cylinderepithelzellen Erwähnung thaten. Die Becherzellen bilden aus ihrem Protoplasma Schleim. (Fig. 22.) Sie bestehen aus zwei Teilen, dem unteren plasmatischen, welcher den Kern enthält, und dem oberen, bis an die Oberfläche des Epithels heranreichenden Teil, der aus Schleim besteht. Wenn dieser reichlich vorhanden ist, so erscheint der obere Teil der Zelle ausgebuchtet, so dass sie sich im ganzen mit einem Becher wohl vergleichen lässt. Die Verwandlung des Protoplasma in Schleim findet in dem ausgebuchteten Teil der Zelle statt. Der basale Teil der Zelle stellt sich dünn und oft zugespitzt dar.

Es ist wahrscheinlich, dass z. B. im Darmtractus oder in den Bronchien jede, sei es mit einem Cuticularsaum oder mit Flimmern versehene Zelle des cylindrischen Epithels die

Fähigkeit hat, durch Verwandlung ihres Protoplasma in Schleim, in eine Becherzelle überzugehen, wir es daher in diesem Falle nicht mit ursprünglich spezifischen Zellen zu thun haben. In solchen Zellen beginnt die Umwandlung in Schleim im oberen, der freien Oberfläche zugekehrten Teile der Zelle. In dieser Partie bemerken wir, dass der Schleim sich innerhalb des Protoplasma in Form feiner, heller Kügelchen anzusammeln beginnt. Die Kügelchen vergrössern sich, fliessen zusammen, schliesslich bildet bloss eine geringe Menge des unveränderten Protoplasma im oberen Teile der Zelle für den angesammelten Schleim eine Art Gerüst in Form eines Netzes. Zur Zeit der Verwandlung in eine Becherzelle bildet sich an der Oberfläche eine Zellmembran, welche bei ihrer Widerstandsfähigkeit das Austreten des Sekretes nach aussen hindert. Im Stadium der starken Anfüllung der Zelle mit Schleim finden wir im unteren Teile der Zelle sehr wenig Protoplasma. Dieses und der im unteren Teile der Zelle befindliche, mit einer, wenn auch minimalen Menge des Protoplasma umgebene Kern unterliegt oft einer bedeutenden Abplattung infolge Druckes durch den oben angesammelten Schleim.

Wenn schliesslich die Ausfüllung mit Schleim die äusserste Grenze erreicht, platzt die Zellmembran oben und durch die entstandene Öffnung ergiesst sich der schleimige Inhalt aus der Zelle nach aussen, wodurch die letztere naturgemäss eine starke Reduktion ihrer Masse erfährt und wie kollabiert erscheint. Gewöhnlich sehen wir die Becherzellen zwischen anderen Zellen des Cylinderepithels einzeln zerstreut. Sie sind wahrscheinlich im stande, diese Verwandlung mehrmals durchzumachen und sich wieder in die ursprünglichen protoplasmatischen Cylinderzellen zurückzubilden, bis sie endlich absterben und ausgeschieden werden.

Die Becherzellen sind im tierischen Organismus sehr verbreitet. Wir finden dieselben vor allem im Epithel des Respirationstraktus (Trachea, Bronchien) und im Darmtraktus (Magen, Dünn- und Dickdarm).

In gewissen Organen, z. B. in den Schleimdrüsen finden wir Zellen, welche den Becherzellen vollkommen entsprechen, es sind dies jedoch spezifische Drüsenzellen.

Wir gehen jetzt zu den mehrzelligen Drüsen über. Dieselben können aus bloss einigen oder aus unzähligen Drüsenzellen bestehen. Jedenfalls bilden sie ein gewisses Ganzes, welches in das Bindegewebe eingehftet ist.

Die Drüsenzellen sind nebeneinander gelagert und bilden die Drüsenwand, aus welcher die Sekretion in das durch sie begrenzte Drüsenlumen stattfindet. Das Drüsenlumen ist gewöhnlich von mehreren Zellen umgeben, ausnahmsweise wird dasselbe bloss von zwei Zellen begrenzt (Leber).

Oft secerniert nur der tiefer gelegene Teil der Drüse und heisst Drüsenkörper, während der, der Aussenfläche näher gelegene Teil der Drüse bei der Sekretion öfters gar keine oder eine nur sehr unbedeutende Rolle spielt, bloss den Transport des im Drüsenkörper entstandenen Sekretes vermittelt und Ausführungsgang genannt wird. In seltenen Fällen fehlt der Ausführungsgang und dann secerniert die ganze Drüse in ihrer ganzen Ausdehnung.

Die Lagerung der Drüsenelemente verleiht der Drüse eine bestimmte Form. Eben nach dieser Form und nach der Gestalt des Lumens, welches die Drüsenelemente einschliessen, findet die morphologische Einteilung der Drüsen statt. So teilen wir dieselben, je nachdem sie in Form cylindrischer Röhren (tubuli) oder kugelförmiger oder länglicher Bläschen (alveoli) gelagert sind, in tubulöse und alveoläre Drüsen. Jede dieser beiden Drüsengruppen teilen wir wieder, je nachdem dieselben aus einem oder mehreren tubuli oder alveoli bestehen, in tubulöse oder alveoläre einfache und zusammengesetzte Drüsen. (Fig. 26.)

In tubulösen Drüsen endet der einfache tubulus immer blind und kann sich winden und einen Knäuel bilden (daher Knäueldrüsen) oder er teilt sich dichotomisch und bildet dann eine einfache verästelte oder verzweigte tubulöse Drüse. Eine tubulöse zusammengesetzte Drüse besteht aus einigen tubuli, von denen jeder sich teilen und winden kann und deren Ausführungsgänge in einen Hauptausführungsgang einmünden. In den zusammengesetzten Drüsen finden wir also einen sich teilenden, in den einfachen dagegen einen sich nicht teilenden Ausführungsgang; es kann ferner in der einfachen Drüse der secernierende Drüsenkörper einer Teilung unterliegen und dadurch eine einfache verästelte oder verzweigte Drüse bilden.

Die Verzweigungen der tubulösen Drüsen können miteinander anastomosieren (z. B. der Hoden), ja die Vereinigungen können sogar so häufig sein, dass sich ein förmliches Netz bildet, daher die Benennung netzförmige oder reticuläre tubulöse Drüsen (Leber).

In die Kategorie tubulöser Drüsen gehört die Mehrzahl der Drüsen. Wir unterscheiden:

a) Unverästelte tubulöse Einzeldrüsen: die Fundusdrüsen, die Lieberkühn'schen Drüsen und die Knäueldrüsen.

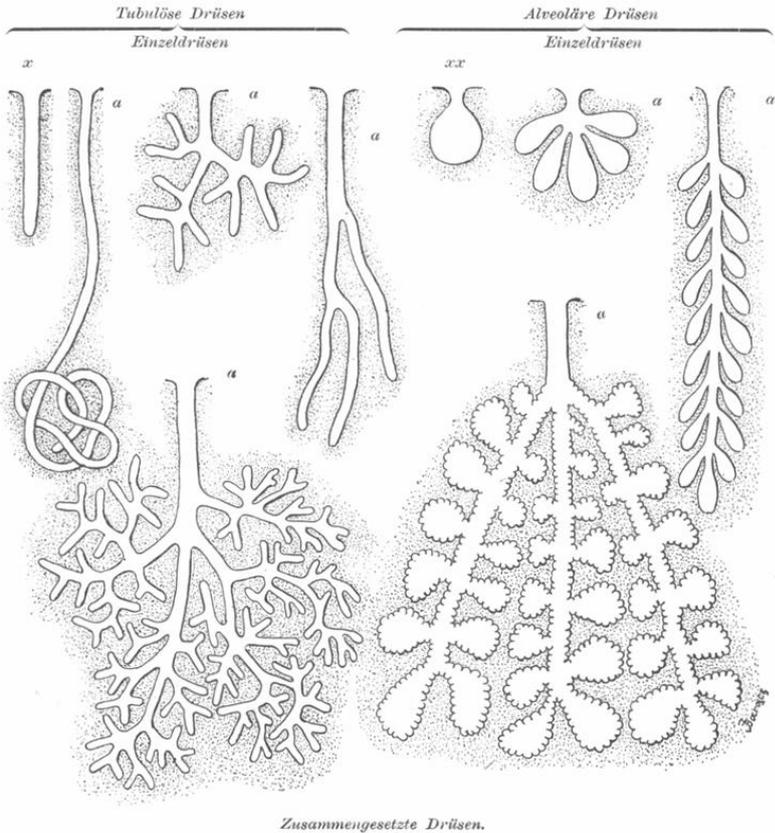


Fig. 26.

Schema der verschiedenen Drüsenformen.

- a* Ausführungsgang,
x einfache Röhre (Tubulus),
xx einfaches Säckchen (Alveolus).

b) Verästelte tubulöse Einzeldrüsen: Pylorusdrüsen, Brunner'sche Drüsen, die kleinsten Schleim- und serösen Drüsen der Mundhöhle und der Zunge und die Uterindrüsen.

c) Tubulöse zusammengesetzte Drüsen: die Speicheldrüsen, die Thränenrüsen, die Nieren, die Hoden, die Leber, die Cowper'sche und Bartholini'sche Drüsen und die Prostata-drüse.

Ebenso unterscheiden wir auch bei den alveolären Drüsen einfache und zusammengesetzte.

Die einfachen können wieder entweder verästelt oder unverästelt sein. Als verästelte bezeichnen wir sie dann, wenn mehrere Alveolen, welche zusammen ein Alveolensystem bilden, in einen Ausführungsgang einmünden. Vereinigen sich mehrere solcher Alveolensysteme in einer Drüse, so entsteht eine alveoläre zusammengesetzte Drüse. Hier münden ebenso, wie in einer tubulösen zusammengesetzten Drüse mehrere Ausführungsgänge in einen Hauptausführungsgang.

Hierher gehören nachstehende Drüsen:

a) Unverästelte alveoläre Einzeldrüsen: die kleinsten Talgdrüsen.

b) Verästelte alveoläre Einzeldrüsen: die grösseren Talgdrüsen und die Meibom'schen Drüsen.

c) Alveoläre zusammengesetzte Drüsen: die Lungen und die Milchdrüse.

Einige Autoren nehmen noch eine Mittelform, die sogenannten tubuloalveolären Drüsen an, indem sie der Ansicht sind, dass einige Drüsen, z. B. Speicheldrüsen am Ende der tubuli Erweiterungen in der Form kleiner Alveolen haben. Da diese Endausbuchtungen jedoch, wenn sie überhaupt vorkommen, im Vergleiche mit den langen und sich vielfach teilenden Röhren sehr selten und unbedeutend sind, ist es angezeigt, dieselben den tubulösen Drüsen beizuzählen.

Einige Drüsen besitzen keine Ausführungsgänge, obwohl solche embryonal angelegt waren. Im Laufe der Entwicklung haben sich dieselben geschlossen. Derartige Drüsen scheiden ihre Produkte auf zweifache Art aus, im Eierstock z. B. tritt die Eizelle als Produkt der Graaf'schen Follikel infolge Berstens derselben nach aussen, weshalb man den Eierstock eine dehiscierende Drüse nennen kann. Andere Drüsen ohne Ausführungsgang, wie Schilddrüse, Nebenniere und Hypophysis übergeben ihre Produkte dem durch diese Drüsen durchfliessenden Blute und bilden die Gruppe der sogenannten Drüsen mit innerer Sekretion. Hier muss bemerkt werden, dass einige Drüsen mit der äusseren Ausscheidung wahrscheinlich gleichzeitig gewisse Produkte bilden, welche im Wege der inneren Sekretion in den Organismus gelangen (Hoden, Leber).

Die Drüsen können auch nach den Produkten, welche sie ausscheiden, eingeteilt werden, also vor allem erstens in Drüsen, welche ganze Zellen ausscheiden (z. B. der Eierstock, Talgdrüsen), zweitens in Drüsen, welche Flüssigkeiten ausscheiden.

Die Drüsen der ersten Kategorie scheiden ganze Zellen nach aussen aus, oder die Zellen bersten und ihr Inhalt tritt aus, die Zellen gehen zu Grunde und ihre Überreste bilden einen Teil des Sekretes. Hieher gehören die Talgdrüsen, die Milchdrüse, Hoden, Ovarien, grosse Schweissdrüsen und Ohrenschmalzdrüsen. Die Drüsen der zweiten Kategorie secernieren, ohne dass ihre Zellen zu Grunde gehen, die letzteren behalten vielmehr die Fähigkeit Sekrete neuerdings zu produzieren.

Es ist schwierig, zwischen diesen beiden Arten von Drüsen eine genaue Grenze zu ziehen, da Drüsen, welche Flüssigkeiten secernieren, zeitweilig einzelne Zellen ausscheiden können.

Wir wenden uns nun der Besprechung gewisser Einzelheiten zu, welche sich auf den Bau der Drüsen im allgemeinen beziehen.

Nach aussen sind die Zellen des Drüsenepithels gewöhnlich durch eine feine Membran begrenzt (*membrana propria s. basilaris*). Dieselbe lässt oft keine Einzelheiten ihres Baues erkennen, erscheint strukturlos und es ist zweifelhaft, ob man sie als Produkt der Drüsenzellen ansehen soll oder ob dieselbe bindegewebigen Ursprungs ist.

In manchen Fällen lässt sie sich in platte, sternförmige Zellen, welche Kerne besitzen, zerlegen. Da diese Zellen den Drüsenkörper korbartig umfassen und sich mittelst der Ausläufer vereinigen, nennen wir sie Korbzellen.

Die Mehrzahl der Autoren zählt sie den Elementen des Bindegewebes bei, andere hingegen sehen in ihnen kontraktile Muskelemente, sie schreiben ihnen die Fähigkeit zu, sich zusammenzuziehen und hiedurch das Sekret nach aussen auszupressen. Knapp an diese Membran stösst das Bindegewebe. Dasselbe füllt den Platz zwischen den Verzweigungen oder Windungen der Tubuli oder zwischen den einzelnen Drüsenbläschen aus. Die zusammengesetzten Drüsen sind gewöhnlich mittelst bindegewebiger Scheidewände in Lappchen geteilt; von jedem derselben führt ein Ausführungsgang in den gemeinsamen Hauptausführungsgang hinein. Ausserhalb der *membrana propria* verlaufen innerhalb des Bindegewebes Blut- und Lymphgefässe und Nerven.

Überdies finden wir in einigen Drüsen typische glatte Muskelemente dicht nach innen von der *membrana propria*. Manchmal finden wir rings um die grösseren Drüsenausführungsgänge eine ziemlich stark entwickelte Schicht glatter Muskelemente.

Die Drüsen gehören zu den mit Gefässen am reichlichsten versehenen Geweben. Die Blutgefässe teilen sich in feine

Kapillaren, welche die Tubuli oder die Alveolen umgeben und an die basalen Enden der Drüsenzellen grenzen. Das durchfliessende Blut liefert die Materialien zur Bildung des Sekretes, welches aus den Zellen in das Drüsenlumen gelangt. Die Drüsenzellen sind zwischen die Blutgefässe und das Drüsenlumen eingeschaltet.

Die Bestandteile des Drüsensekretes können von den Drüsenzellen direkt dem Blut entnommen werden; meistens aber liefern die Drüsen Sekrete, welche infolge spezifischer Stoffwechselforgänge innerhalb der Drüsenzellen von den letzteren aus den vom Blute gelieferten Materialien gebildet werden. Auch kann das Sekret beiderlei Ursprungs sein.

In einigen Drüsen geht die Sekretion nicht nur an der dem Lumen zugekehrten Fläche der Zelle vor sich, sondern die letztere ist oft an allen Seiten von feinen Kanälchen, den sog. Sekretkapillaren umspinnen, welche das Sekret aufnehmen. (Siehe Speicheldrüsen und Magen.) Diese häufig miteinander anastomosierenden und zuweilen ein förmliches Netz bildenden Sekretkapillaren münden schliesslich in das Drüsenlumen.

Die aus dem den Drüsenzellen durch das Blut zugeführte Material gebildeten Produkte der Drüsen mit innerer Sekretion werden durch das Blut wieder aufgenommen und im Organismus verteilt.

Die Zellen der verschiedenen Drüsen sind dem Aussehen nach verschieden; das Protoplasma kann körnig, mit Vacuolen erfüllt, gestreift u. s. w. sein.

Das verschiedene Aussehen der Drüsenzellen ist grösstenteils von der Art des Sekretes abhängig, welches aus Talg, Schleim, Galle, Harn, Magensaft, Fermenten, Zucker u. s. w. bestehen kann; ferner ändert sich das Aussehen der Drüsenzellen je nach dem Funktionszustande der letzteren. Die Drüsenzellen innerhalb eines tubulus oder alveolus weisen in einem bestimmten Momente verschiedene Funktionszustände auf und erscheinen deshalb auch verschieden. Die einen sind mit dem Körper, welchen sie auszuschleiden haben, ausgefüllt, andere dagegen sind gleichsam geschrumpft, weil sie ihr Sekret eben abgegeben haben.

Das Gewebe der Chorda dorsalis soll hier nicht näher betrachtet werden, da letztere dauernd nur bei niederen Tieren bestehen bleibt, während sie bei Wirbeltieren nur im embryon-

nen Leben zu treffen ist. Dieses Gewebe entspricht in Bezug auf seine Abstammung und chemischen Gehalt dem epithelialen Gewebe, durch den Umstand aber, dass es in Knorpelzellen übergehen kann (v. Ebner), steht das Gewebe den Binde-substanzen nahe. Die Stellung dieses Gewebes ist somit nicht völlig aufgeklärt, es bildet sozusagen eine Übergangsgruppe zwischen Epithelgewebe und Binde-substanzen.

II. Das Stütz- und Füllgewebe.

(Gewebe der Binde-substanzen.)

Diese Gruppe von Geweben, welche die Aufgabe hat, eine Stütze für die Organe, ja sogar für den ganzen Körper zu bilden, die einzelnen Teile der Organe zu verbinden und die freien Zwischenräume zwischen denselben auszufüllen (daher die verschiedenen Bezeichnungen), weist einen grossen Reichtum an mannigfaltigen Formen auf, welche als Ergebnis der Adaptierung der Struktur zur Erfüllung der eben erwähnten verschiedenen Aufgaben im Organismus zu betrachten sind.

Es ist ein charakteristisches Merkmal, dass die Inter-cellular- oder Grundsubstanz in derselben gewöhnlich in bedeutender Menge vorhanden ist, so dass die zelligen Elemente sogar oft in den Hintergrund treten.

Die Binde-substanzen sind im ganzen tierischen und menschlichen Organismus zerstreut. Dieselben lassen sich in drei Hauptgruppen teilen, und diese Teilung beruht auf der mannigfaltigen Beschaffenheit der Inter-cellularsubstanz, wobei die verschiedene Härte derselben und gewisse Unterschiede in chemischer Beziehung die wichtigste Rolle spielen. Die Binde-substanzen werden in 1. Bindegewebe, 2. Knorpelgewebe, 3. Knochengewebe eingeteilt.

Die Formen dieser Gewebe unterscheiden sich manchmal bedeutend voneinander; die Zusammengehörigkeit dieser drei Gruppen findet jedoch ihre Bestätigung in Thatsachen, welche sowohl der ontogenetischen als auch der phylogenetischen Entwicklung entnommen sind: es ist vor allem die Fähigkeit dieser Gewebe, sich während der Entwicklung des Individuums ineinander umzubilden, ferner die häufig vorkommende Nachbarschaft verschiedener Formen der Binde-substanzen ohne scharfe Abgrenzung oder einfach das Übergehen dieser Formen ineinander, schliesslich die Thatsache, dass sie in der tierischen Welt öfters einander vertreten.

So sehen wir z. B., dass das Skelett in den verschiedenen Klassen des Tierreiches aus weichem Bindegewebe, aus Knorpel- oder Knochengewebe bestehen kann, oder dass die Sklera bei höheren Wirbeltieren bindegewebig, bei einigen Fischen knorpelig oder knöchern ist. Die erwähnten drei Gruppen müssen als gleichwertig angesehen werden.

Alle Arten der Bindesubstanzen sind mesodermalen Ursprungs, d. h. sie entstammen dem mittleren Keimblatte (mesoderma).

Die embryonale Entwicklung dieser drei Gruppen beginnt immer im embryonalen Zellengewebe. Dies letztere besteht aus rundlich-vieleckigen Zellen, welche einzig die Anlage der verschiedenen Formen der Bindesubstanzgruppe bilden. In diesem frühesten Stadium fehlt somit noch die Grundsubstanz. In den etwas späteren Stadien verändern die Zellen die eigentümliche embryonale Gestalt, indem sie flacher werden, sich spindelförmig verlängern, oder durch Bildung der untereinander oft anastomosierenden Ausläufer Sternform annehmen.

Zu dieser Zeit sind diese Zellen schon in einer halbflüssigen Intercellularsubstanz gelagert, welche natürlich das Produkt dieser Zellen selbst ist. Anfangs ist dieselbe homogen, mit fortschreitender Entwicklung jedoch treten innerhalb derselben fast immer geformte Elemente, namentlich Fasern auf.

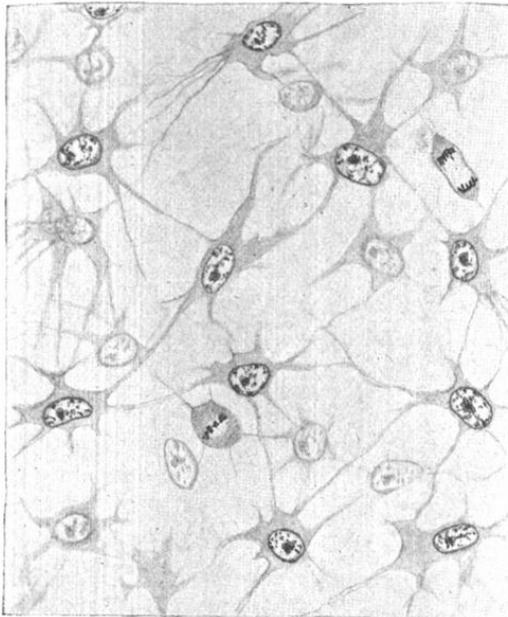
Infolge gewisser Änderungen in den Zellenelementen sowie in der Grundsubstanz, bildet sich schliesslich eine Form, welche zu einer der drei Hauptgruppen des definitiv entwickelten Gewebes der Bindesubstanzen gehört. Die Art der Entstehung der Fibrillen innerhalb der Grundsubstanz wird später, nachdem der Leser diese Elemente kennen gelernt haben wird, bei Gelegenheit der Beschreibung des fibrillären Bindegewebes besprochen werden.

Innerhalb der Lücken der Intercellularsubstanz liegen Zellen verschiedener Art. Es ist Aufgabe dieser Zellen, die Intercellularsubstanz zu nähren und dieselbe am Leben zu erhalten. Die Nährsäfte durchfliessen die Grundsubstanz von Zelle zu Zelle. Zu diesem Zwecke bestehen in den Fällen, in welchen die Grundsubstanz von härterer Konsistenz ist, besondere Wege, sog. Saftlücken. Wenn aber die Grundsubstanz weich ist, durchfliesst der Saftstrom ihre ganze Masse. Eine gute Vorstellung davon giebt der von Recklinghausen herrührende, treffende Vergleich des Saftstromes mit der Grundwasserströmung.

1. Das Bindegewebe.

Zu dieser Gruppe gehören die Gewebe, deren Intercellularsubstanz (auch Grundsubstanz genannt) nicht besonders hart ist und in welcher Mucin, Collagen oder Elastin enthalten ist. Hier können wir noch einige Arten unterscheiden:

a) Das embryonale Bindegewebe (Gallertgewebe, Schleimgewebe) besteht aus runden oder sternförmigen Zellen,



Baracz

Fig. 27.

Embryonales Bindegewebe aus der subcutanen Schicht der Haut eines $3\frac{1}{2}$ Tage alten Hühnerembryos.

Ca. 640 mal vergrössert. Man sieht zwei karyokinetische Figuren.

welche mittelst Ausläufer verbunden sind, zwischen welchen eine grosse Menge homogener schleim- (mucin-) haltiger Zwischensubstanz liegt. (Fig. 27.) Das Mucin lässt sich mittelst Essigsäure nachweisen, mit welcher es einen körnigen Niederschlag bildet.

Auf diese Art stellt sich jedoch bloss das Gewebe bei jungen Embryonen dar, wo es eine Vorstufe des fibrillären Bindegewebes eines ausgewachsenen Tieres bildet.

Bei älteren Embryonen bemerken wir dagegen innerhalb der Intercellularsubstanz Bindegewebsfibrillen. So z. B. verhält sich das Gallertgewebe im Nabelstrang, wo es Whartonsche Sulze heisst, wie auch in der embryonalen Cutis. Das Gallertgewebe ist eigentlich nicht als besondere Gewebsart zu betrachten, sondern bloss als embryonales Stadium des bald zu besprechenden fibrillären Bindegewebes.

Dem Gallertgewebe wird auch der Glaskörper des Auges beigezählt, wo die homogene Grundsubstanz eine sehr bedeutende Entwicklung erreicht und die runden Zellen zum grossen Teile zu Grunde gehen.

b) Das retikuläre Bindegewebe (adenoides Bindegewebe) besteht ausschliesslich aus sternförmigen Zellen,

welche untereinander durch Ausläufer anastomosieren. Die durch Ausläufer verbundenen Zellen bilden ein Netz; in den Knotenpunkten liegen die Kerne. (Fig. 28.) Diese Zellen können feine Fibrillen bilden. Die eigentliche Grundsubstanz fehlt hier, sie ist durch die Lymphe vertreten.

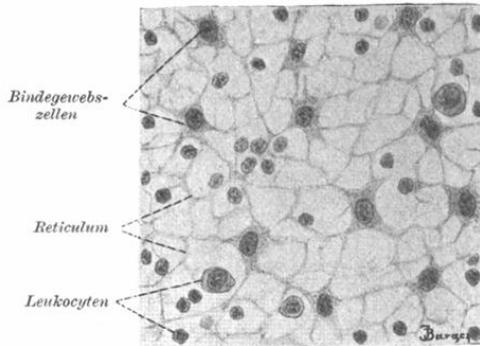


Fig. 28.

Retikuläres Bindegewebe aus einer Lymphdrüse der Katze.

Pinselpräparat. Vergrösserung ca. 430 mal.

Einige Autoren

(Ranvier, Stöhr) sprechen über den Bau dieses Gewebes eine abweichende Ansicht aus. Sie behaupten nämlich, dass das Netzwerk bei ausgewachsenen höheren Tieren nicht aus Zellen mit Ausläufern, sondern aus sich kreuzenden Bindegewebsfibrillenbündeln gebildet ist. An den Kreuzungs- oder Knotenpunkten sollen sich platte Zellen, deren Grenzen sich nach ihrer Ansicht mittelst des *Argentum nitricum* nachweisen lassen, befinden. In diesem Falle würden bei der Bildung des retikulären Bindegewebes zwei Elemente zusammenwirken: die Fibrillenbündel und die Zellen.

Bei dieser Ansicht über das retikuläre Bindegewebe könnte

man es für eine Art des fibrillären Bindegewebes halten. Gegen Agentien verhält sich retikuläres Bindegewebe ähnlich wie fibrilläres Bindegewebe (siehe weiter), es widersteht aber der Einwirkung derselben länger als das fibrilläre Bindegewebe und giebt beim Kochen keinen Leim (Mall).

Das retikuläre Bindegewebe befindet sich im Thymus, in den Lymphknoten, in der Milz, in den Mandeln, in den Solitär-follikeln, woselbst es das Gerüst für die Leukocyten bildet. Diese letzteren kann man aus den Schnitten dieser Organe durch Auspinseln oder Ausschütteln entfernen, sodann bleibt das Netz des adenoiden Gewebes zurück.

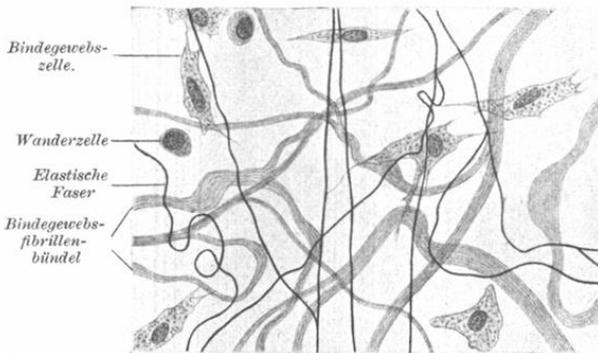


Fig. 29.

Das lockere fibrilläre Bindegewebe aus der Subcutis der Ratte.

Ca. 300 mal vergrößert.

c) Das fibrilläre Bindegewebe. Die Intercellularsubstanz weist geformte Bestandteile in Form von Fasern zweierlei Art auf: die Bindegewebsfibrillen und elastischen Fasern, überdies enthält es Zellen verschiedener Art. (Fig. 29.)

Intercellularsubstanz. a) Die Bindegewebsfibrillen bestehen aus Collagen, d. i. gekocht liefern sie Leim (Glutin). Diese Fibrillen verlaufen immer in Bündeln (Fig. 30), indem sie mittelst Kittsubstanz, welche in Kalkwasser, Barytwasser oder in einer gesättigten wässerigen Lösung von Pikrinsäure lösbar ist, verbunden sind. Die Fibrillen selbst teilen sich niemals, nur die Bündel können sich dichotomisch verzweigen. Diese Fibrillen schwellen in Essigsäure und in Kali- oder Natronlauge auf, und lösen sich beim Kochen in verdünnten

Säuren und verdünnter Kalilauge. In Pepsin sind sie leicht, in Trypsin nicht verdaulich.

β) Die elastischen Fasern befinden sich im fibrillären Bindegewebe in einer bedeutend geringeren Menge als die früher angeführten. Dieselben können dicker oder dünner sein, sie verlaufen immer einzeln, ohne Bündel zu bilden, teilen sich oft dichotomisch (Fig. 29) und anastomosieren miteinander, indem sie auf diese Art Netze bilden können. Sie zeichnen sich durch eine stärkere Lichtbrechung und Elasticität aus. Wenn wir auf fibrilläres Bindegewebe mit Essigsäure oder Alkalien einwirken,

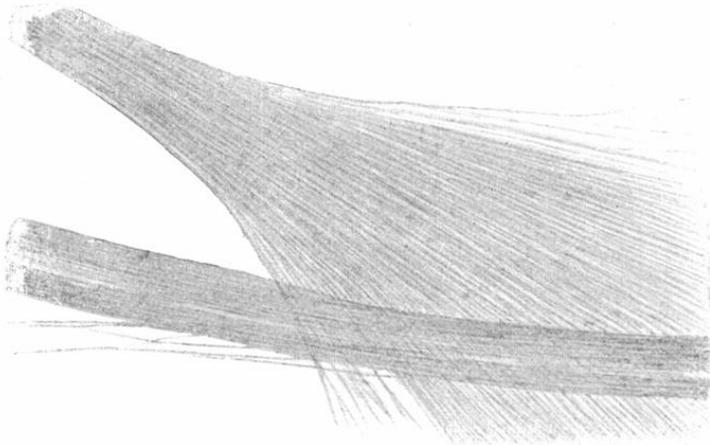


Fig. 30.

Bindegewebsfibrillen aus einer Sehne der Maus mit Pikrinsäure behandelt und mit Nadeln zerzupft.

Ca. 800 mal vergrößert.

schwellen die Bindegewebsfibrillen und auf dieser einförmigen Grundlage tritt der oft wellenförmige oder spirale Verlauf der elastischen Fasern deutlich auf, denn auf diese letzteren wirken weder Essigsäure noch Alkalien ein. Das Elastin, aus welchem die elastischen Fasern bestehen, zeichnet sich nämlich im allgemeinen durch eine Widerstandsfähigkeit gegen die Reagentien aus, in verdünnten Alkalien und Essigsäure unterliegt es nicht der Anschwellung und leistet der Verdauung in Pepsin und dem Kochen in Wasser und verdünnten Säuren oder Laugen Widerstand. Es wird jedoch in Trypsin verdaut. Wenn die elastischen Fasern im Vergleiche mit der Anzahl der Bindegewebsbündel

eine bedeutende Entwicklung erreichen, nennen wir ein solches Gewebe elastisches Gewebe (siehe weiter).

γ) Die eigentliche Grundsubstanz, innerhalb welcher die beiden genannten Faserarten verlaufen, ist ganz homogen und befindet sich im definitiv entwickelten Bindegewebe in einer sehr unbedeutenden Menge.

Zellen. In der Grundsubstanz zwischen den Fasern finden wir mehr oder weniger reichlich angesammelte Zellen. Man kann zwei Hauptarten der Bindegewebszellen unterscheiden: die eine Art, die die Fähigkeit der Ortsveränderung nicht besitzen, bilden die sog. fixen Bindegewebszellen, die zweite Art bilden die durch die Fähigkeit der Locomotion sich auszeichnenden Zellen, die sog. Wanderzellen. Da jedoch erwiesen ist, dass in der Regel sesshafte Zellen unter gewissen Bedingungen die Fähigkeit der Ortsveränderung erwerben können und vice versa, ist diese Einteilung natürlich nicht genau.

Wir werden folgende drei Arten von Bindegewebszellen unterscheiden:

α) Fixe oder eigentliche Bindegewebszellen sind immer platte, gewöhnlich polygonale Zellen, welche Ausläufer besitzen können und hiedurch das Aussehen mehr stern- oder spindelförmiger Zellen erhalten. (Fig. 29.) Diese letzteren Formen finden wir hauptsächlich im jungen Bindegewebe. Die Zellen entsenden ihre Fortsätze in die Ausläufer der Lücken, in welchen sie liegen und welche miteinander anastomosieren. Von der Seite betrachtet stellen sie lange, dünne Spindeln dar. Der Rand der Zellen ist oft so dünn, dass sie der ganzen Zelle die Form sehr dünner, durchsichtiger Schuppen giebt. Nur in der Umgebung des Kernes ist etwas mehr feinkörniges Protoplasma angesammelt, wodurch die Zellen an dieser Stelle etwas dicker sind.

Die Form und Anordnung der Zellen wird den freien Lücken, welche zwischen den Fibrillenbündeln übrig bleiben, angepasst. Wenn die Bündel eng nebeneinander liegen und für die Grundsubstanz und die innerhalb derselben liegenden Zellen sehr wenig Platz übrig bleibt, weisen die Zellen Eindrücke von den beiderseitig liegenden Nachbarbündeln auf. Diese Eindrücke treten als glänzende Kerben in Form von Rippen auf, welche die ganze Länge der Zellen durchlaufen und nichts anderes sind als eine Verdickung des Protoplasma, dadurch entstanden, dass ein Teil desselben zwischen die nebeneinander laufenden Bündel eingepresst wurde. Wenn die Bündel parallel verlaufen, wie

z. B. in der Sehne, treten auch die Eindrücke in Form von parallelen Kerben auf; verlaufen dagegen die Bündel in sich kreuzenden Schichten, so zeigen die zwischen zwei Schichten liegenden Zellen sich kreuzende Abdrücke, z. B. in der Cornea. Gewöhnlich liegen die Zellen den Bündeln dicht an, manchmal sind sie reihenweise längs derselben gelagert, wie z. B. in der Sehne. (Fig. 31.) Die Zellen können manchmal die Bündel umfassen und auf diese Art mehr oder minder komplette Scheiden für dieselben bilden. Durch die Anwesenheit solcher Zellen

erklärt sich das Eintreten von Einschnürungen der Bindegewebsbündel unter dem Einflusse der Essigsäure. Denn unter dem Einflusse dieses Reagens schwellen die Bindegewebsfibrillen bedeutend an und zerreißen sogar stellenweise die aus Bindegewebszellen gebildete Scheide. Einige stärker umspinnenden Zellen, welche eine grössere

Resistenz entgegenstellen, verhindern an einigen Stellen die Aufquellung und schnüren sich, während sonst der ganze Bündel aufquillt, in das Bündel ein.

An einigen pigmentierten Stellen des Körpers (Haut,

Auge) enthält das Protoplasma der fixen Bindegewebszellen Körner braunen, schwarzen (Melanin) oder andersfarbigen Pigmentes. In diesem Falle haben wir es mit sogenannten Pigmentzellen zu thun. (Fig. 32.)

Pigmentkörnchen sind weder im Wasser, noch auch im Alkohol oder Aether und verdünnten Säuren lösbar. Sie lösen sich in Alkalien auf und bleichen in Chlorwasser. Die Pigmentkörnchen sind ein Erzeugnis des Protoplasma, welches das Material hiezu aus dem Blute nimmt. (Mörner, Browicz.) Die Pigmentzellen befinden sich oft sehr reichlich in der Haut der niederen Wirbeltiere, sind gewöhnlich sehr gross und sternförmig und besitzen

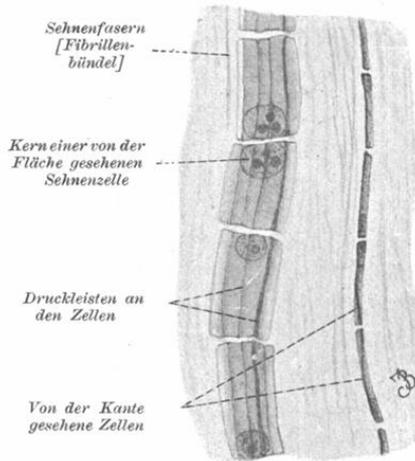


Fig. 31.

Ein Stückchen Sehne vom Schwanz einer weissen Maus.

Zwischen den Bindegewebsfibrillenbündeln sind Zellen reihenweise gelagert, von denen einige von der Fläche andere dagegen von der Kante zu sehen sind. Ca. 400 mal vergrössert.

die Fähigkeit, mit den Ausläufern Bewegungen auszuführen, so dass sie infolge derselben bald ihre Ausläufer weit ausstrecken,

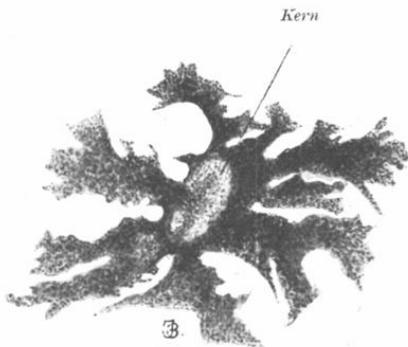


Fig. 32.

Pigmentzelle aus der Haut eines neugeborenen Salamander.

Ca. 200 mal vergrößert.

bald dieselben einziehen und sich als runde Zellen ohne Ausläufer darstellen können. Diese Bewegungen werden durch das Nervensystem geleitet, es sind denn auch viele Nervenendigungen nachgewiesen worden, welche zu diesen Zellen gelangen (Leydig, Ballowitz, Eberth und Bunge).

Auch einer anderen Umwandlung können die fixen Zellen unterliegen: sie können innerhalb des Protoplasma

grössere oder kleinere Fettkügelchen enthalten und so die sogenannten Fettzellen bilden, welche wir ziemlich oft innerhalb des fibrillären Bindegewebes zerstreut vorfinden. (Fig. 33.)

β. Grobkörnige Zellen:

1. Plasmazellen von Waldeyer,
2. Mastzellen von Ehrlich,
3. Clasmotocyten von Ranvier.

Diese drei Formen scheinen wenigstens einer und derselben Gruppe anzugehören, wenn sie nicht geradezu eine und dieselbe Gattung von Zellen bilden.

Jedenfalls sind es grosse Zellen, welche dies gemeinschaftlich haben, dass ihr Protoplasma grob granuliert ist. Sie sind am reichlichsten innerhalb des Bindegewebes gelagert und nur ausnahmsweise im Blute, in der Lymphe oder im Epithel.

Wir wollen die Charakteristik dieser drei Zellenformen kurz besprechen:

ad 1. die Plasmazellen können runde, ovale oder spindelförmige Zellen — manchmal mit Ausläufern — sein. Dieselben liegen mit Vorliebe in der Nachbarschaft kleiner Blutgefässe. Einige Autoren schreiben denselben eine grosse Aehnlichkeit zu den spezifischen Zellen des Fettgewebes oder sogar die Identität mit denselben zu.

ad 2. Die Mastzellen (Fig. 33) können alle Formen der Plasmazellen darstellen. Das Protoplasma ist mit kugeligen,

glänzenden Körnern ausgefüllt, welche eine spezielle Verwandtschaft zu den basischen Anilinfarben besitzen, indem sie mit denselben besondere Farbenreaktionen geben. Die Körner dieser Zellen färben sich stärker als der Rest des Gewebes und öfters in einer anderen Farbennuance (metachromatische Färbung) (z. B. Safranin giebt ihnen eine ziegelfarbene Nuance, während der Rest des Gewebes sich rosa-rot färbt, Dahlia-violett färbt die Mastzellen in einer charakteristischen, ins Rote ziehenden Farbennuance, während alle anderen Gewebsteile nur ganz schwach gefärbt werden); die Kerne dagegen nehmen verhältnismässig nur wenig Farbe auf, weshalb auch der den Kern ent-

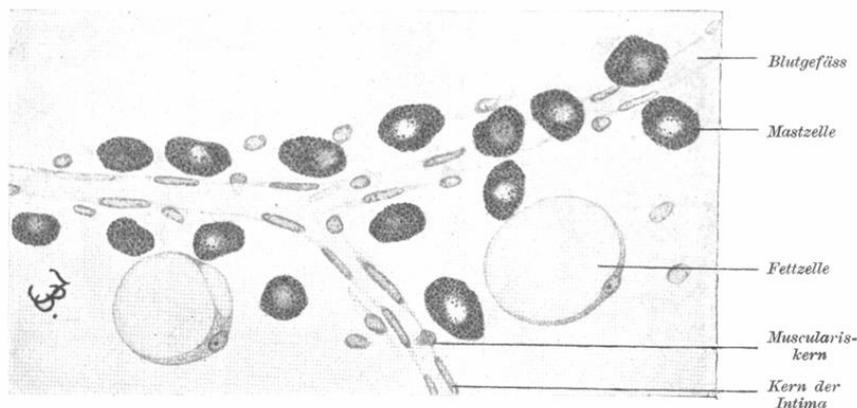


Fig. 33.

Aus dem subcutanen Bindegewebe der Ratte.

Längs dem Gefässe befinden sich Mastzellen und zwei Fettzellen. Ca. 540 mal vergrössert.

haltende Teil der Zelle durch die blasse Färbung bemerkbar wird. Der Kern kann jedoch manchmal ganz unsichtbar sein, wenn die, die dunkel gefärbten Körner enthaltende Schicht des Protoplasma ihn bedeckt. Die Benennung „Mastzellen“, welche durch Ehrlich deshalb eingeführt wurde, weil diese Zellen nach seiner Ansicht unter dem Einflusse eines besseren Ernährungszustandes auftreten sollen, scheint nicht treffend zu sein, denn diese Zellen sind oft in senilen und atrophischen Geweben anzutreffen. Dieselben scheinen mit dem allgemeinen Ernährungszustande des Tieres in keinem Zusammenhange zu stehen; darauf weist die Thatsache hin, dass sie sich bei Fledermäusen vor und nach dem Winterschlaf gleich zahlreich vorfinden (Ballowitz).

Die Mastzellen befinden sich ebenso wie die Plasmazellen gewöhnlich in der Nähe der Gefässe. Durch ihre grobe Granulierung erinnern diese Zellen an Micrococccenkolonien.

Viele Autoren halten die Plasma- und Mastzellen für identisch und den Unterschied in der spezifischen Farbenreaktion betrachten sie als abhängig von einem chemischen oder funktionellen Zustande. Einige leiten ihre Abstammung von Leukocyten her, andere behaupten, es seien dies dem Bindegewebe eigentümliche Elemente und notwendige Bestandteile des Bindegewebes, noch andere halten sie für pathologische Produkte. Ein Teil der Autoren schreibt diesen beiden Gattungen der Zellen die Fähigkeit der Ortsveränderung, wenn auch im geringen Grade, zu.

ad 3. Die Clasmatoocyten sind grosse spindel- oder sternförmige Zellen.

Als ihr charakteristisches Merkmal wird angenommen — und daher ihr Name —, dass Stückchen der Zellen und namentlich die Ausläufer sich abschnüren können, denn, da die letzteren an den dünnsten Stellen oft nicht gleichförmig dick sind, reissen sie ab und die abgetrennten Teile findet man als Haufen Körner in der Nachbarschaft der Zelle. Ranvier weist nach, dass die Clasmatoocyten von Leukocyten abstammen und dass sie gegebenen Falls, z. B. bei der Entzündung, in dieselben wieder übergehen und das Material zur Bildung des Eiters liefern können. Sie färben sich gut mittelst Methylviolett 5 B.

Jedenfalls wissen wir nicht viel und nichts Gewisses über diese ganze Gruppe von grobkörnigen Zellen; bis heute ist ihre Abstammung, ihre Aufgabe und Bedeutung mit aller Gewissheit nicht aufgeklärt, ja es ist sogar ungewiss, in welchem Verhältnisse diese drei Zellformen zu einander stehen.

γ) Die Wanderzellen (Fig. 29) sind eigentlich keine Bindegewebszellen, sondern Leukocyten, welche „per diapedesin“ aus dem Blute durch die Wände kleiner Gefässe in das umgebende Bindegewebe eingedrungen sind. Die Wanderzellen sind nicht bloss für das Bindegewebe charakteristisch. Man findet sie, wenn auch in geringerer Menge, z. B. innerhalb des Epithelgewebes vor. Es ist jedoch Thatsache, dass Wanderzellen sich im Bindegewebe am reichlichsten vorfinden. Sie besitzen die Fähigkeit amöboide Bewegungen auszuführen und wandern, indem sie sich zwischen die morphologischen Bestandteile des Bindegewebes durchdrängen.

Die Wanderzellen können innerhalb des Bindegewebes der

Teilung unterliegen und sich auf diese Art vermehren. Sie können, wie die Leukocyten überhaupt, gewisse Stoffe in sich aufnehmen, dieselben entweder assimilieren oder wenigstens für den Organismus unschädlich machen (z. B. Bakterien), d. i. sie können die Rolle der Phagocyten spielen (Metschnikow).

Man hat beobachtet, dass fixe, besonders junge Zellen, welche aus der Teilung älterer Zellen soeben hervorgegangen sind, sich durch die Erlangung der Fähigkeit amöboider Bewegungen in Wanderzellen umwandeln können, andererseits ist dargethan, dass auch umgekehrt aus Wanderzellen fixe Bindegewebszellen entstehen können.

Diese beiden Thatsachen spielen während der Entzündungsprozesse bei der Bildung des Eiters eine wichtige Rolle.

Die Wanderzellen können in ihrem Protoplasma Pigmentkörner enthalten und eine Art Pigmentzellen mit der Fähigkeit der Ortsveränderung bilden.

Das quantitative Verhältniß dieser verschiedenen Zellformen innerhalb des Bindegewebes ist sehr verschieden und von verschiedenen, nicht näher bekannten Bedingungen abhängig.

Indem wir zur Entwicklung des fibrillären Bindegewebes übergehen, müssen wir den Ursprung und die Entwicklung seiner Bestandteile besprechen und gleichzeitig aufklären, ob und welcher genetische Zusammenhang zwischen den Zellelementen und der Intercellularsubstanz besteht. Das Bindegewebe entstammt, wie bereits oben bemerkt wurde, dem Mesoderma und muss während der Entwicklung das Stadium des Schleimgewebes durchgehen. Die Veränderungen, welchen die Zellen während der Bildung des Schleimgewebes unterliegen, sind oben bereits besprochen worden.

Thatsache ist jedenfalls, dass das ganz junge Bindegewebe ausschliesslich aus Zellen besteht. Angesichts dessen sind wir zur Annahme genötigt, dass die zwischen den Zellen auftretende mucinhaltige Grundsubstanz ein Gebilde und gleichsam ein Sekret derselben ist.

Die Lösung der Frage über die Bildung beider Faserarten ist schwierig; der Beweis hiefür liegt in dem Bestehen mehrerer Hypothesen über das Entstehen sowohl der Bindegewebsfibrillen, wie auch der elastischen Fasern. Nach den einen sind die Fasern ein cellulares, nach den anderen ein intercellulares Gebilde. Ich will mich nur auf die Besprechung der wichtigsten Ansichten beschränken.

So hat bezüglich der Bindegewebsfibrillen bereits Schwann behauptet, dass dieselben ein Gebilde der Bindegewebszellen in der Art sind, dass die Zellen sich verlängern, der Zellenkörper in eine Faser sich umwandelt und der Kern verschwindet.

Einige Forscher (Lebert und Robin) modifizierten unwesentlich die Ansicht Schwann's und waren der Meinung, dass das ganze Bündel der Bindegewebsfibrillen aus dem Protoplasma durch Teilung und Zerfall in Fasern entsteht. Der Zerfall soll am Ende der Ausläufer beginnen und allmählich den Körper der ganzen Zelle einnehmen. Nach den obigen Ansichten verschwindet die Zelle als solche und verliert ihre Individualität, indem sie sich in Fibrillen umwandelt. Im Gegenteil bringt die Theorie Virchow's die Zellen in keinen Zusammenhang mit der Bildung der Fasern, mit der Behauptung, dass die Fasern innerhalb der Grundsubstanz entstehen, welche ursprünglich homogen ist und mit der Zeit fibrillär wird. Zu den Anhängern dieser Theorie gehören überdies Merkel, von Ebner u. a.

Von Ebner behauptet, dass die von den Zellen ausgeschiedene kolloidale Grundsubstanz unter dem Einflusse orientierter Zug- und Druckspannung zu bestimmt geordneten Fibrillen wird.

Schliesslich betrachten noch andere Autoren (Schulze, Lwow, Flemming, Reinke, Spuler) die Fasern nur als ein Gebilde der peripherischen Partien des Zellenprotoplasmas oder des sog. Exoplasmas. Anfänglich soll eine Auf-faserung in feine Fibrillen an den Enden der Ausläufer sichtbar sein, sodann rückt sie in das Innere des Protoplasmas vor. Die im Protoplasma der Zellen gebildeten Fibrillen werden dadurch frei, dass das Protoplasma sich von ihnen zurückzieht.

Als Beweis der Richtigkeit der Anschauung Schwann's führt man den Umstand an, dass das fibrilläre Gewebe mit dem Fortschreiten des Alters immer weniger Zellenelemente, dagegen ein fortwährend steigendes Übergewicht der Fasern aufweist. Dies sollte den Beweis liefern, dass die Anzahl der Zellen nach Mass ihrer Umwandlung in Fasern kleiner wird. Die Richtigkeit dieses Beweises ist jedoch bloss scheinbar, denn die Bindegewebszellen nehmen nicht ab, sie vermehren sich im Gegenteil durch Teilung, es wächst jedoch gleichzeitig auch die Menge der Intercellularsubstanz und schiebt die Zellen auseinander, welche bei dem gleichzeitigen Wachstum des ganzen Organismus auf

einem grösseren Raume verteilt werden. Es entfällt somit auf denselben Raum des definitiv entwickelten Bindegewebes eine geringere Anzahl Zellen als in dem jungen Bindegewebe. Auf Grund neuer Untersuchungen verliert die erstere Theorie ihre Anhänger und die zwei letzteren Anschauungen wetteifern um die allgemeine Anerkennung.

Es ist schliesslich zu bemerken, dass zwischen den zwei letzteren Anschauungen ein grundsätzlicher Unterschied nicht besteht. Die letzte Theorie schreibt den Zellen eine unmittelbare Bedeutung bei der Bildung der Bindegewebsfibrillen zu, dagegen muss nach der vorletzten Theorie den Zellen ein mittelbarer Einfluss zugeschrieben werden. Man muss im Auge behalten, dass die Intercellularsubstanz ein mehr passiver Teil im Bindegewebe ist und dass nur die Zellen die Rolle aktiver Elemente spielen; die Grundsubstanz ist vor allem ein Produkt der Zellen, und die Zellen üben in jedem Falle einen nutritiven und formativen Einfluss auf die Intercellularsubstanz aus und regeln alle Prozesse, welche innerhalb dieser letzteren vor sich gehen. Nach der letzten Anschauung bilden die Zellen unmittelbar die Fibrillen, nach der vorletzten mittelbar, nachdem sie früher die Grundsubstanz gebildet hatten, in welcher letzteren erst unter dem Einflusse derselben Zellen eine Differenzierung auftritt. Es scheint demnach, dass diese beiden letzteren Theorien nicht scharf abzugrenzen sind, dass vielmehr eine zwischen denselben die Mittelstelle einnehmende Anschauung als die richtige anzunehmen wäre. Eben diesen Standpunkt nahm Flemming ein, welcher sich diesen Prozess wie folgt vorstellt: „Es bildet sich im peripheren Teil der Zelle eine fibrillenhaltige Schicht; diese Schicht wird Interzellularsubstanz, wächst an Masse und kann immer neue Fibrillen produzieren, so lange sie eben wächst.“ Er denkt sich „die Intercellularsubstanz nicht tot oder doch inert, sondern als eine von den Zellen produzierte, wohl strukturell und chemisch abgeänderte, aber lebendige Masse, welche auf längere Zeit das Vermögen behält, Fibrillen zu bilden.“

Bezüglich der Bildung der elastischen Fasern machen sich gegenwärtig ebenfalls zwei Ansichten geltend. Einige behaupten, dass dieselben intercellular, andere dagegen, dass sie intracellular entstehen.

Die älteren Anschauungen, dass der Kern der Bindegewebszelle oder die ganze Zelle in die elastische Faser übergeht, erwies sich als unrichtig. Hauptsächlich auf Grund der Untersuchung

der Entwicklung der elastischen Fasern im elastischen Knorpel (dessen Bau wir demnächst genau angeben werden) ist ein Teil der Autoren zur Überzeugung gelangt, dass dieselben sich innerhalb der hyalinen Grundsubstanz bilden und mit den Knorpelzellen keinen genetischen Zusammenhang aufweisen. (Müller, Kölliker, Ranvier etc.)

Die elastischen Fasern sind dort in Form feiner, schimmernder Körnchen angelegt, welche die Reaktion elastischer Fasern geben. Diese Körnchen sind gewöhnlich reihenweise gelagert; nachher fließen sie zusammen und bilden die elastische Faser.

Wenn wir auch diese Anschauung als die richtige annehmen, können wir den, wenn auch mittelbaren, Einfluss der Zellen nicht ausschliessen, welchen hier, so wie überall, die Leitung der Änderungen innerhalb der Grundsubstanz zukommt.

Ein grosser Teil der Autoren erklärt sich wieder für die intracellulare Bildung der elastischen Fasern sowohl im elastischen Knorpel wie im fibrillären Bindegewebe.

So halten O. Hertwig und Bubnoff dafür, dass die elastischen Fasern ein Gebilde der oberflächlichen Schicht des Zellprotoplasma sind. Von den in den Kapseln befindlichen kleinen Öffnungen beginnt die Bildung der elastischen Fasern innerhalb der Grundsubstanz. Kuskow schreibt dagegen den dem Kerne am nächsten liegenden Partien des Protoplasma und sogar dem Kerne selbst die Aufgabe der Bildung der elastischen Fasern zu. Für die intracellulare Entstehung der elastischen Fasern erklärten sich in der letzten Zeit einige Forscher als: Spuler, welcher zulässt, dass, wenn auch die elastischen Fasern im Knorpel in einiger Entfernung von den Zellen aufzutreten beginnen, sie dennoch von den Zellen gebildet werden, welche mittelst eines noch nicht nachgewiesenen, jedoch bestehenden Netzwerkes mit der Grundsubstanz im Zusammenhange stehen. Ähnlich findet M. Gardner bei der Forschung der Entwicklung der elastischen Fasern in den Embryonalhüllen, innerhalb des Protoplasma die erste Anlage der elastischen Fasern in Form sehr feiner Körner, welche sich eng aneinander lagern und sodann in Fasern zusammenfliessen. Auf diese Art entstandene sehr feine Fasern können sich, nebeneinander verlaufend, mit einander in gröbere Fasern längs verbinden, welcher Umstand auf den fibrillären Bau der gröberen elastischen Fasern hindeuten könnte.

Das fibrilläre Bindegewebe kann nach der Anordnung der Fibrillenbündel und der Festigkeit des Gefüges in 1. lockeres

oder formloses, 2. festes oder geformtes Bindegewebe eingetheilt werden.

1. In dem ersteren bilden die Fasern ein lockeres Geflecht, innerhalb dessen Zellen verschiedener Art liegen. Dasselbe enthält oft grössere oder kleinere Gruppen von Fettzellen. Es ist im ganzen Körper verbreitet, indem es theils freie Räume zwischen den Organen oder ihren Theilen ausfüllt, theils dieselben mit einander verbindet, wie z. B. zwischen den Eingeweiden des Halses, der Brust- und Bauchhöhle, im Unterhautbindegewebe etc.

2. In dem zweiten bilden die Fibrillenbündel eine innigere und festere Verbindung und regelmässige Anordnung. Die Fibrillenbündel können sich unter verschiedenen Winkeln verflechten wie z. B. in der Lederhaut, in den Schleimhäuten, dem Periost, Perichondrium, in der Kapsel vieler Organe u. s. w., oder sie können in bestimmten Richtungen angeordnet sein und festere Stränge und Membranen bilden.

Im letzteren Falle können alle Fibrillenbündel nur nach einer Richtung verlaufen z. B. in den Sehnen, Bändern, oder sie können in Schichten angeordnet sein, deren Fasern sich gewöhnlich unter einem rechten Winkel kreuzen, wie z. B. in Fascien, in der Cornea.

In der Folge werden wir uns noch mit zwei Arten des Bindegewebes befassen, namentlich mit dem elastischen Bindegewebe und dem Fettgewebe, welche beide Gewebsarten man eigentlich als eine Abart des fibrillären Bindegewebes betrachten könnte.

d) Das elastische Bindegewebe. Das fibrilläre Bindegewebe, welches innerhalb der Intercellularsubstanz eine bedeutende Menge von elastischen Fasern aufweist, umfassen wir mit dem Namen des elastischen Bindegewebes. In einigen Fällen gewinnen die elastischen Elemente ein solches Übergewicht über die Bindegewebsbündel, dass die letzteren innerhalb des Geflechtes der elastischen Fasern kaum aufzufinden sind, so z. B. im *ligamentum nuchae* des Rindes. Dieses Gewebe kann entweder einen Teil der Organe z. B. der Blutgefässe oder sogar ganze Organe bilden z. B. *ligamenta intercruralia*, *ligamentum nuchae*. Die Dicke der elastischen Fasern kann sehr verschieden sein, sie kann den Bruchteil eines μ betragen, aber auch 10μ übersteigen. Sie kreuzen sich oft und bilden ein Netzwerk mit Maschen verschiedener Grösse. Die elastischen Fasern besitzen einen bedeutenden Grad von

Elastizität, sie sind gewöhnlich cylindrisch, manchmal jedoch bandartig abgeplattet. Wenn solche starke, abgeplattete und breite Bänder mit einander verschmelzen, geben sie den Ursprung den elastischen Membranen, welche kleine Öffnungen oder Fenster enthalten können, daher ihr Name „gefensterte Membranen“, welche wir z. B. in den Arterien vorfinden.

Die Entwicklung und die Reaktionen der elastischen Fasern sind bereits oben besprochen worden.

e) Das Fettgewebe. Wie oben bemerkt, können überall innerhalb des lockeren Bindegewebes Gruppen von Fettzellen auftreten. Es bestehen jedoch bestimmte Stellen des Körpers, in welchen das Fettgewebe zuerst zur Entwicklung gelangt und aus welchen Ausgangspunkten es sich überall dorthin weiter verbreitet, wo später typisches Fettgewebe angetroffen wird. Solche erste Anlagen des Fettgewebes finden wir an den Beugeseiten der Hüft- und Schultergelenke, in der Halsgegend, in der Umgebung der Nieren etc.

Ob zur Entwicklung des Fettgewebes eine Art spezifischer Zellen berufen ist, ist bis jetzt definitiv nicht entschieden. Die meisten Autoren schreiben den festen Bindegewebszellen die Fähigkeit zu, das Fett zu bilden und in ihrem Inneren anzusammeln, andere dagegen schreiben diese Fähigkeit den den Plasmazellen ähnlichen Zellen, oder sogar den Plasmazellen selbst zu.

Die ersten Anlagen des Fettgewebes, die sog. Primitivorgane der Fettläppchen (Kölliker) oder Fettkeimlager (Toldt) treten in Form von grau-rötlichen Läppchen auf, welche in jedem Falle aus rundlichen, membranlosen Zellen mit hellem Protoplasma bestehen. Unter günstigen Bedingungen d. i. bei geeigneter Nahrung (z. B. Milch) beginnen diese Zellen Fett zu bilden und in sich zu sammeln. Die Fettbildung beginnt damit, dass innerhalb des Protoplasma kleine, stark glänzende Fettröpfchen auftreten. Nach der Ansicht einiger Autoren geht die Bildung dieser Fettröpfchen auf die Art vor sich, dass die Altmann'schen Granula sich in dieselben umbilden.

Wir sind im Besitze einiger Reaktionen, mit welchen man auch die kleinsten Fettröpfchen mit Leichtigkeit nachweisen kann. In erster Linie ist ein solches spezielles Reagens die Überosmiumsäure, welche das Fett schwarz färbt; überdies färbt sich das Fett im alkoholischen Alcannaextrakt und Sudan III rötlich, im Cyanin dagegen blau.

Mit fortschreitender Fettbildung erscheinen diese Kügelchen in immer grösserer Menge innerhalb der Zelle, jede derselben nimmt an Grösse zu und sodann fliessen sie in grössere Kugeln zusammen. Schliesslich füllt eine grosse Fettkugel beinahe die ganze Zelle aus. Der kleine Rest des unveränderten Protoplasma wird durch die, den mittleren Teil der Zelle einnehmende Kugel zur Seite gedrängt. Der innerhalb des Protoplasma befindliche Kern unterliegt oft der Abplattung gegen die Zellmembran, welche sich mittlerweile auf der Oberfläche der Zelle gebildet hat. Die Zelle stellt in diesem Stadium, wenn wir den Kern von der Seite be-

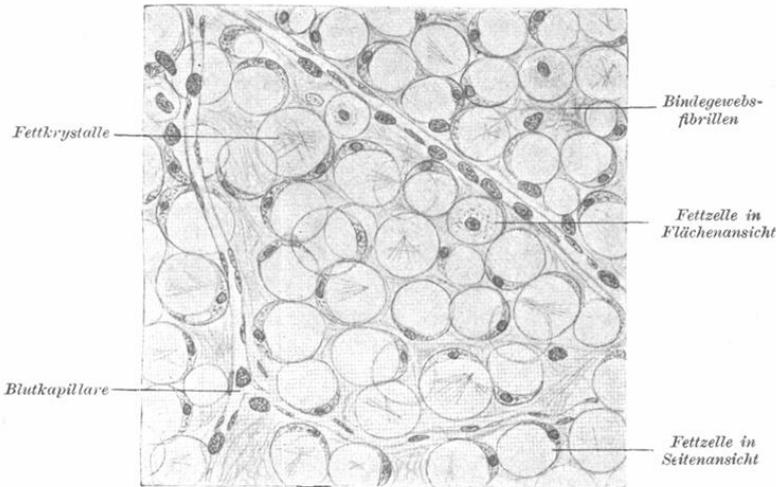


Fig. 34.

Fettgewebe aus der subcutanen Schicht der Haut einer weissen Maus.

Ca. 200 mal vergrössert.

trachten, die sog. Siegelringform vor (Figg. 33 u. 34). Die [später gebildete Zellmembran hält die ganze Fettkugel fest, grenzt jede Zelle scharf ab und hindert das Zusammenfliessen derselben. Man sieht die Zellmembran sehr deutlich, wenn das die Zelle ausfüllende Fett durch Einwirkung des Alkohols, Äthers, Chloroforms oder ätherischer Öle aufgelöst wird. Durch die Ansammlung des Fettes werden die Zellen bedeutend grösser und erreichen den Durchmesser von $130\ \mu$. Das frische Fett zeigt gewöhnlich die natürliche Gelb- oder Orangefärbung, bei verschiedenen Tieren in verschiedenen Nuancen, welche Färbung von einem gelösten Farbstoff herrührt.

Nach dem Tode treten oft innerhalb der Zellen Haufen nadelförmiger Krystalle von Palmitin- und Stearinsäure die sog. Margarinkrystalle auf. (Fig. 34.)

Das Fettgewebe erscheint konstant in charakteristische, gewöhnlich rundliche Läppchen angeordnet. Dieselben sind durch fibrilläres Bindegewebe von einander getrennt, welches eine Hülle für jedes Läppchen bildet. Innerhalb der Läppchen, zwischen den einzelnen Zellen, finden wir ebenfalls aber gewöhnlich nur spärliche Fibrillenbündel. Angesichts dessen ist das Fettgewebe eine solche Abart des fibrillären Bindegewebes, in welcher die speziell geänderten Zellenelemente überwiegen, während die Fasern eine untergeordnete Rolle spielen und welche sich überdies durch eine reichliche Vascularisation auszeichnet. Jedes Läppchen erhält nämlich ein abgeschlossenes Blutgefäßsystem. In jedes Läppchen tritt eine Arterie ein, welche in ein dichtes Capillarnetz zerfällt, welches gewöhnlich zwei Venen den Ursprung giebt. In den Maschen des Capillarnetzes sind Fettzellen eingelagert.

Das Fett des Fettgewebes rührt wie überhaupt alles im Organismus sich ansammelnde Fett aus zwei Quellen her. Es ist dies theils Fett, welches mit der Nahrung aufgenommen, resorbiert und in den Geweben (vor allem im Fettgewebe) deponiert wird, theils wird dasselbe im Organismus aus Eiweiss und Kohlenhydraten gebildet.

In erster Linie ist es Aufgabe des Fettgewebes, bei der Fülle der Nahrung einen Vorrat von Nahrungsmaterial in sich aufzuspeichern, welches später bei unzureichender Nahrung zur Ernährung des Organismus verwendet werden könnte. Vor allem kommt dies bei Tieren vor, welche dem Winterschlaf unterliegen; hier bildet das Fettgewebe oft besondere Ansammlungen, die sog. Winterschlafdrüsen. Die durch den Sommer reichlich angesammelten Reservennährstoffe werden zur Zeit der Wintermonate, in welchen das Tier keine Nahrung aufnimmt, verbraucht.

Das Fett kann innerhalb der Zelle wieder zersetzt werden. Die Produkte dieser Zersetzung können aus der Zelle austreten und in das Blut oder die Lymphe und mit diesen in den allgemeinen Kreislauf übergehen. Es scheint, dass dieser Prozess nicht nur während der Abmagerung, sondern auch bei normalen Verhältnissen immer vor sich geht, wobei die fortwährende Zersetzung und Neubildung des Fettes Platz greift.

Nach der Ansicht Poljakow's sind dies Leukocyten und feste Zellen, welche die kleinsten Kügelchen, in welche das Fett zerfällt, in sich aufnehmen und in das Blut befördern. Ausserdem sollen bei dieser Überführung des Fettes ins Blut die hiezu speziell bestimmten Zellen, die sog. *Cellulae adipophorae* thätig sein. Es sind dies feste Zellen mit langen, vielfach verästelten Fortsätzen, welche die Fettzellen umfassen und sich gleichzeitig mit den Blutcapillaren verbinden. Diese fettführenden Zellen ersetzen bis zu einem gewissen Grade die Ausführungsgänge einzelliger Drüsen an den fett-

bildenden Zellen. Es ist nicht bekannt, ob diese Zellen nur während des Hungerns oder fortwährend thätig sind, indem sie die eigentlichen Ausführungsgänge der Fettzelle bilden.

Beim Fettverbrauch verschwinden bei jungen Tieren die Fettkügelchen aus den Zellen des Fettgewebes und die Zellen erhalten das Aussehen der ursprünglichen körnigen Zellen. Bei älteren Tieren und Menschen stellt das Schwinden des Fettes mehrere Stadien vor, wovon man sich bei der Untersuchung des Fettgewebes stark abgemagerter Individuen überzeugen kann. Zuerst verkleinern sich die einzelnen Zellen infolge der Abnahme des Fettes, d. i. sie unterliegen der einfachen Atrophie. Schreitet die Atrophie weiter fort, so verschwindet das Fett immer mehr und an Stelle der früheren Fettkügelchen treten mit schleimiger Flüssigkeit ausgefüllte Räume auf, das den Kern enthaltende Protoplasma nimmt dagegen innerhalb der Zellmembran eine unregelmässig strahlige Form an. Dieses Stadium des Fettschwundes nannte man nicht besonders zutreffend seröse Atrophie. Sogar in diesem weit vorgeschrittenen Grade des Fettschwundes sind die Zellen fähig, bei Rückkehr günstiger Ernährungsverhältnisse wieder Fett zu bilden.

In manchen atrophierenden Zellen kann ein sonderbarer Prozess vor sich gehen. Der Kern unterliegt der Proliferation, während die Zelle sich nicht teilt. Rings um die neu entstandenen Kerne bilden sich manchmal neue kleine Zellen, welche innerhalb der Höhle der alten Zelle liegen. Diesen Prozess beschrieb Flemming und nannte ihn Wucheratrophie. Einige Autoren betrachten diesen Prozess als Wiederverjüngung der Zellen nach stattgehabter Atrophie.

Ausser der obenerwähnten Bedeutung als Regulator der Ernährung und des Stoffwechsels im Organismus erfüllt das Fettgewebe noch andere Nebenfunktionen. Indem dasselbe eine, den ganzen Körper bedeckende, unter der Haut als Panniculus adiposus ausgebreitete Schicht bildet, giebt es vor allem einen Schutzpolster gegen mechanische Insulte ab, schützt als schlechter Wärmeleiter den Tierkörper vor Verlust der Eigenwärme bei niedriger Temperatur und bildet schliesslich das Füllmaterial für freie Lücken.

Das Verhalten der Nerven und Lymphgefässe im Fettgewebe ist nicht genau bekannt.

Die Fähigkeit der Fettaufnahme (Fettinfiltration) besitzen überdies auch andere Zellen, z. B. Markzellen (Leukocyten) des Knochenmarkes, Knorpelzellen, Leberzellen, Darmepithelzellen.

Während die Fettinfiltration fast immer ein physiologischer Prozess ist, muss man die Fettdegeneration (Fettmetamorphose) nur ausnahmsweise als einen solchen betrachten (Talgdrüsen, Milchdrüsen). Bei der Fettmetamorphose findet die Fettbildung auf Kosten der Zellsubstanz statt; sie kommt

gewöhnlich nur unter pathologischen Verhältnissen zustande und unterscheidet sich von der Fettinfiltration dadurch, dass die Fettröpfchen sehr klein sind, und keine Tendenz zeigen zusammenzufließen.

2. Das Knorpelgewebe.

Das Knorpelgewebe unterscheidet sich dadurch von den früher besprochenen Arten der Binde-Substanzen, dass seine Grundsubstanz von härterer Konsistenz ist; der Knorpel bildet somit die Übergangsform zur dritten und härtesten Gruppe der Binde-Substanzen, d. i. zum Knochengewebe.

Überdies charakterisiert den Knorpel, dass er beim Kochen den sog. Knorpelleim oder das „Chondrin“ giebt, welches mit Glutin nicht identisch ist. Näheres über die Eigenschaften und chemische Zusammensetzung desselben findet der Leser in den Lehrbüchern der physiologischen Chemie.

Oft ist auch die Gestalt und Anordnung der Zellen charakteristisch. Die Oberfläche des Knorpels ist mit Ausnahme der Stellen, wo derselbe unmittelbar am Knochen liegt oder die Gelenkflächen bildet, mit einer Schicht fibrillären Bindegewebes, dem Perichondrium überzogen. Das letztere spielt dadurch, dass es Gefäße besitzt, eine wichtige Rolle bei der Ernährung und folgerichtig auch beim Wachstum und bei der Neubildung des Knorpels. Nach der verschiedenen Beschaffenheit der Inter-cellularsubstanz unterscheiden wir drei Arten von Knorpel:

- a) den hyalinen Knorpel,
- b) den elastischen oder Netzknorpel,
- c) den Bindegewebsknorpel (Faserknorpel).

Die Zellen dieser drei Knorpelarten verhalten sich im allgemeinen sehr ähnlich, deshalb werden wir die Zellen des hyalinen Knorpels ausführlicher beschreiben und bei den anderen Arten des Knorpels uns auf einige Worte beschränken können, welche die unterscheidenden Merkmale angeben.

a) Der hyaline Knorpel.

Wir beginnen mit der Beschreibung der Zellen; sodann werden wir den Bau der Grundsubstanz in Betracht ziehen. (Fig. 35.)

Die Zellen sind rundlich oder oval und oft in Gruppen gelagert. Da sie nahe an einander liegen, zeigen sie eine Abplattung an den einander zugekehrten Seiten, weshalb auch die Zellen eine kugelsegmentähnliche, mehr polygonale Ge-

stalt annehmen. Die Knorpelzellen zeichnen sich durch grosse Empfindlichkeit gegen äussere Einwirkungen aus. Das Protoplasma ist feinkörnig und enthält in der Mitte einen grossen, hellen, bläschenförmigen Kern mit einer deutlichen Kernmembran und einem oder mehreren Kernkörperchen. Selten befinden sich in der Zelle zwei Kerne, als Ergebnis einer nicht zu Stande gekommenen Zellteilung.

Manchmal enthält das Protoplasma Fett- und Glykogenkügelchen. Von dem Vorhandensein der ersteren überzeugt uns leicht die Überosmiumsäure, welche das Fett schwärzt, der zweiten dagegen Jod, nach dessen Zusatz eine braunrote Färbung auftritt. Pigmentkörnchen kommen in den Knorpelzellen sehr selten vor.

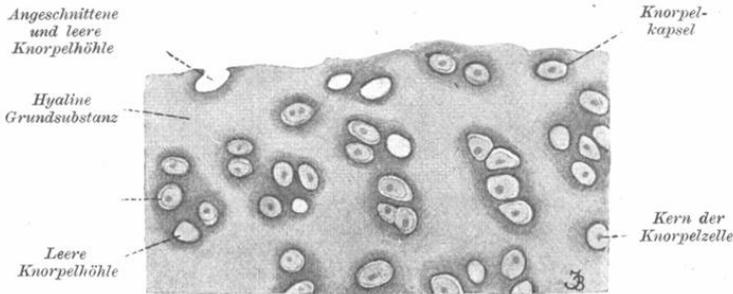


Fig. 35.

Hyaliner Knorpel.

Aus einem Schnitte durch die Cartilago thyreoidea der Katze. Ca. 190 mal vergrössert.

In den mehr oberflächlich gelegenen Schichten sind die Zellen gewöhnlich mehr abgeplattet und spindelförmig, sie sind gewöhnlich kleiner, wie die tiefer liegenden Zellen und in zur Aussenfläche parallelen Reihen geordnet. Bei einigen Tieren weist der Zellkörper der Knorpelzellen Fortsätze auf, erscheint sternförmig und den Knochenzellen ähnlich; dies kommt hauptsächlich bei niederen Tieren (Cephalopoden, Selachier) und nur in wenigen Knorpeln einiger Säugetiere, sowie in pathologischen Neubildungen (Enchondromen) vor. Die Grösse der Knorpelzelle ist sehr verschieden, 3 — 30 μ . Die Zellen vermehren sich gewöhnlich durch indirekte Teilung, es sind jedoch auch direkte Teilungen beobachtet worden.

Die Grundsubstanz bei höheren Wirbeltieren hat ein bedeutendes quantitatives Übergewicht über die Zellen. Wenn wir die feinen Schnitte des frischen hyalinen Knorpels betrachten,

überzeugen wir uns, dass die Grundsubstanz ganz homogen und strukturlos erscheint und dass sie Lücken sog. Knorpelhöhlen enthält. Diese letzteren sind unter normalen Verhältnissen durch die in ihnen liegenden Zellen so vollkommen ausgefüllt, dass der äussere Umriss der Zelle und der innere der Knorpelhöhle zusammenfliessen. Wenn jedoch längere Zeit nach dem Tode oder infolge der Einwirkung von Reagentien z. B. des Wassers, die Zellen schrumpfen, entsteht zwischen der Zelle und der Begrenzung der Knorpelhöhle ein Zwischenraum und die innere Grenze der Höhle und der Umriss der Zelle lassen sich deutlich unterscheiden. Die Gestalt der Zellen entspricht genau jener der Höhlen. Die Höhlen erscheinen manchmal an den Präparaten ganz leer, wenn die Zellen bei der Anfertigung der Schnitte aus den Höhlen herausfallen. Die Partie der Grundsubstanz, welche der Zelle unmittelbar anliegt, unterscheidet sich von der übrigen Grundsubstanz durch ein stärkeres Lichtbrechungsvermögen und eine besondere Affinität zu bestimmten Farbstoffen und bildet für die Zellen Kapseln, sog. Knorpelkapseln. Es sind dies eigentliche Zellmembranen, von welchen, wie uns die Untersuchung der Entwicklung des Knorpels lehrt, die Bildung der Grundsubstanz beginnt. Im embryonalen Knorpel nämlich finden wir noch keine Grundsubstanz, sondern bloss von Membranen umgebene Zellen, welche an einander stossen. Die letzteren werden nach und nach dicker und verschmelzen zu einer homogenen Masse, welche die erste Anlage der Grundsubstanz darstellt. Nach Mass des Zunehmens der letzteren entfernen sich die Zellen immer mehr von einander.

Die Grundsubstanz ist demnach eine Ausscheidung der Zellen, deshalb ist auch die innerste, unmittelbar an die Zelle anliegende Schicht die jüngste. Die Knorpelkapseln zeigen manchmal eine konzentrische Schichtung als Ausdruck ihrer Entstehung und ihres Wachstums.

Innerhalb einer Kapsel sehen wir manchmal zwei Zellen als Ergebnis der Teilung der Zellen innerhalb der Knorpelkapsel. Jede dieser Tochterzellen scheidet rings um sich eine neue Zellmembran aus, welche sodann mit der Kapsel der Mutterzelle zusammenfliesst, in welcher Kapsel die Teilung eben vor sich ging. In diesem Stadium besteht zwischen den Zellen eine dünne Scheidewand. Diese beiden Tochterzellen können einer weiteren Teilung unterliegen und in diesem Falle finden wir aus vier Zellen gebildete Gruppen, welche innerhalb der gemeinsamen

alten Kapsel liegen und welche sodann mittelst homogener Scheidewände von einander getrennt werden, während die Kapsel gleichzeitig in mehrere Abteilungen zerfällt. Wenn sich der Trennungsprozess in allen vier Zellen noch einmal wiederholt, entstehen aus acht Zellen gebildete Gruppen. Solche Gruppen stellen gleichsam eine Zellenfamilie dar. Bei dieser Teilung innerhalb einer Kapsel muss natürlich auch die Resorption der innersten Schichten der Kapsel vor sich gehen, damit innerhalb derselben für eine grössere Anzahl von Zellen Raum entsteht. Wenn es jedoch nach wiederholter Zellteilung zur Bildung der Scheidewände nicht kommt, so liegen Gruppen von 4, 8 etc. Zellen in einer gemeinsamen Kapsel. Solche wiederholte Teilung innerhalb einer gemeinsamen festen Hülle nennen wir endogene Zellenbildung.

Das Wachstum des Knorpels geht demnach durch Vermehrung der Zellen innerhalb der Knorpelkapsel und durch Ausscheidung neuer Grundsubstanz vor sich. Diese beiden Prozesse tragen zu dem sog. interstitiellen Wachstum bei. Überdies geht das Wachstum des Knorpels auf der Oberfläche durch das sog. appositionelle Wachstum vor sich, wobei sich aus dem Perichondrium neue Schichten des Knorpels bilden. Die erste Art scheint sich hauptsächlich auf junges Knorpelgewebe zu beschränken.

Die Kapseln färben sich, wie oben bemerkt, stärker hauptsächlich mittelst solcher Farbstoffe, welche Mucin färben, während der Rest der Grundsubstanz sich bloss schwach oder gar nicht färbt. Da die Grundsubstanz aus der Kapsel entstanden ist und sich bezüglich der Farbstoffe doch anders verhält, müssen wir zu dem Schlusse kommen, dass hier eine, mit dem Alter im Zusammenhange stehende Änderung eingetreten ist. Diese Annahme wird durch die Thatsache bestätigt, dass diese Differenz hauptsächlich in den Knorpeln älterer Individuen zu Tage tritt. Die die Kapsel bildende Substanz rings um die Zellen oder Zellengruppen zeichnet sich überdies auch durch eine andere Eigentümlichkeit aus. Sie besitzt nämlich eine grössere Widerstandsfähigkeit der Chromsäure und Salzsäure gegenüber. Die Maceration in diesen Flüssigkeiten bewirkt die Auflösung der Grundsubstanz, während die Knorpelkapseln einen ziemlich bedeutenden Widerstand leisten.

Davon, dass die Grundsubstanz nur scheinbar strukturlos ist, können wir uns überzeugen, wenn wir den Knorpel

der Einwirkung gewisser Reagentien, als Kali hypermanganicum, 10% Kochsalzlösung, Trypsinverdauung, Baryt- und Kalkwasser (Tillmanns, Baber) aussetzen. Wir sehen dann nämlich, dass sie aus Fibrillen besteht, welche den Bindegewebsfibrillen ganz ähnlich sind, so wie diese in Bündeln gewöhnlich parallel nebeneinander verlaufen und sich nur selten kreuzen.

Dass in normalen Verhältnissen von dem fibrillären Bau nichts zu sehen ist, ist demselben Lichtbrechungsvermögen der Fibrillen und der sie verbindenden Kittsubstanz zuzuschreiben. Indem die obigen Reagentien die Lichtbrechung, sei es die der Fibrillen, sei es jene der Kittsubstanz ändern, machen sie den fibrillären Bau bemerkbar. Ebenso weist die Untersuchung des Knorpels im polarisierten Licht auf den fibrillären Bau seiner Grundsubstanz hin.

Man kann im vorhinein annehmen, dass der Stoffwechsel im Knorpel sehr träge vor sich geht, weil die Grundsubstanz bei höheren Tieren nur ausnahmsweise vascularisiert ist und keine sichtbaren Saftkanälchen besitzt, in welchen die Ernährungssäfte zirkulieren könnten. Die Ernährungsflüssigkeit gelangt nur durch Imbibition aus den Gefäßen in das Innere des Knorpels. Bei niederen Tieren bestehen zwar in der Grundsubstanz leicht ohne Reagentien sichtbare Kanälchen, welche die einzelnen Knorpelhöhlen mit einander verbinden und gleichzeitig eine lebhaftere Zirkulation der Ernährungsflüssigkeit ermöglichen, doch sehen wir bei höheren Tieren, wenigstens im normalen Zustande, keine besonderen Einrichtungen zur Weiterleitung der Ernährungssäfte. Erst mit Hilfe gewisser Präparationsmethoden haben einige Autoren (Spina, Budge, Wolters u. a.) Saftbahnen in Form von Kanälchen, welche bündelweise von einer Knorpelhöhle zur anderen verlaufen, nachgewiesen. Da diese Methoden jedoch zum grossen Teile sehr grob sind, wie z. B. die Einwirkung des Wasser stark entziehenden Alkohols, Äthers, sind diese Kanälchen eher als Kunstprodukte zu betrachten. Wir haben es wahrscheinlich bei einigen Methoden mit Schrumpfererscheinungen zu thun, die das Entstehen der angeblichen Saftkanälchen bewirken; bei anderen Methoden, in welchen die Farbstoffe ein, die Knorpelhöhlen mit einander verbindendes Netz zeichnen, haben wir vielleicht die gefärbte interfibrilläre Substanz vor uns, welche leichter durchdringlich ist und natürliche Wege bildet und ebenso, wie während der Färbung den Farbstoff, so während des Lebens den Saftstrom von Zelle zu Zelle

leichter durchlässt. Die pericellulären Spalträume, welche als unumgänglich zugelassen werden müssen, damit die Ernährungsflüssigkeit in die Zelle gelange, müssen sehr eng sein, denn dieselben sind unter normalen Bedingungen sogar unsichtbar. Überhaupt ist die Frage der Saftbahnen ungeachtet zahlreicher Untersuchungen bis heute noch nicht geklärt.

Der Knorpel besitzt in der Regel keine Gefässe, nur ausnahmsweise und hauptsächlich an Stellen, an welchen das Wachstum fortschreitet oder wo die Ossifikation vor sich gehen soll. Die die Gefässe begleitenden Bindegewebe und Wanderzellen bilden das sog. Knorpelmark.

Das Perichondrium besteht aus Bindegewebsfibrillen, welche in Bündeln, die sich in verschiedenen Richtungen kreuzen, angeordnet sind. Die oberflächlichen Schichten des Knorpels gehen gewöhnlich ohne scharfe Grenze in das Perichondrium über. Dasselbe besitzt Gefässe, welche in gewissen, oben bezeichneten Fällen in den Knorpel einwachsen können. Das Bestehen des Perichondriums ist eine Bedingung der Regeneration des Knorpels bei Substanzverlusten. Während des appositionellen Wachstums verwandeln sich die Bindegewebsfibrillenbündel des Perichondriums in die Grundsubstanz des Knorpels und die Bindegewebszellen in Knorpelzellen. Die Grundsubstanz unterliegt im hohen Alter senilen Veränderungen in verschiedenen Formen, hauptsächlich der sog. Asbestveränderung, Verkalkung und Verknöcherung.

Die erste Veränderung, welche auch mit dem freien Auge erkennbar ist, weil die von derselben getroffene Stelle einen asbestartigen Glanz zeigt, beginnt gewöhnlich im Inneren des Knorpels. Dieselbe beruht darauf, dass innerhalb der Grundsubstanz eine parallele Faserbildung auftritt, welche Fasern jedoch mit dem fibrillären Bau der Grundsubstanz in keinem Zusammenhange stehen. Diese Änderung beginnt in der Grundsubstanz in einiger Entfernung von der Knorpelkapsel, geht sodann auf die unmittelbare Nachbarschaft dieser letzteren über, (welche mit der Zeit Veränderungen erleidet), breitet sich langsam über immer grössere Partien des Knorpels aus und zieht eine Erweichung und Höhlenbildung des Knorpels nach sich. Diese Fasern quellen nicht in Essigsäure auf, lösen sich aber in verdünnter Natronlauge und beim Kochen.

Im Gegenteile geht die Verkalkung von den, den Zellen nächsten Partien der Grundsubstanz oder im Gebiete der Knorpel-

kapsel aus, wo kleine Körnchen von kohlensaurem Kalk sich ansetzen. Die Kalkablagerung nimmt auch in der Grundsubstanz langsam immer mehr zu. Solche Ablagerungen erscheinen bei auffallendem Lichte weiss, beim durchfallenden dagegen dunkel. Dieselben lösen sich in der Salzsäure auf, wobei Kohensäurebläschen entstehen. Dieser Änderung unterliegen vor allem die Kehlkopfs-, Tracheal- und Rippenknorpeln, welche dadurch undurchsichtiger, härter und spröder werden.

Als die dritte Art der im Alter mit grosser Regelmässigkeit auftretenden Veränderungen ist die Verknöcherung zu betrachten. Dieselbe beginnt mit dem Hineinwuchern der Blutgefässe von der Seite des Perichondriums in das Innere des Knorpels (siehe übrigens Knochenentwicklung).

Der hyaline Knorpel befindet sich zuerst transitorisch im Embryo als knorpelige Anlage der Knochen, sodann permanent in Epiphysen und Gelenkknorpeln, bildet den überwiegenden Teil der Kehlkopfknorpeln, die Tracheal- und Bronchialknorpeln, befindet sich in der Nase, in den Rippen, unmittelbar am Knochen bei allen Symphysen und Synchondrosen, an den Endflächen der Wirbelkörper und bedeckt überdies noch manche Knochenstellen (Calcaneus, Insertion der Achillessehne, Hamulus ossis pterygoidei, Sulcus ossis cuboidei, Incisura ischiadica minor etc.).

b) Der elastische Knorpel (Netzknorpel).

Der elastische Knorpel unterscheidet sich im Bau von dem soeben besprochenen dadurch, dass die chondrogene Grundsubstanz ein gröberes oder feineres Netz elastischer Fasern enthält, welche von verschiedener Dicke sein können und einer häufigen Verästelung unterliegen. (Fig. 36.) Mittels spezifischer Färbungen der elastischen Fasern kann man den Verlauf dieses Netzes innerhalb der homogenen Grundsubstanz sehr deutlich veranschaulichen. Diese das Licht stark brechenden Fasern geben dem elastischen Knorpel ein minder durchsichtiges Aussehen und gewöhnlich leicht gelbliche Farbe, welche denselben auch mit blossem Auge vom hyalinen Knorpel unterscheiden lässt. Die elastischen Fasern gehen am Rande des Knorpels in das Perichondrium über.

Der Entwicklung der elastischen Fasern innerhalb der Grundsubstanz haben wir bei der Besprechung der Entwicklung der elastischen Fasern im Bindegewebe Erwähnung gethan. Die

Bemerkungen über die Ernährung des hyalinen Knorpels haben auch hier Geltung.

Auch der elastische Knorpel kann im hohen Alter verkalken, jedoch seltener als der hyaline Knorpel.

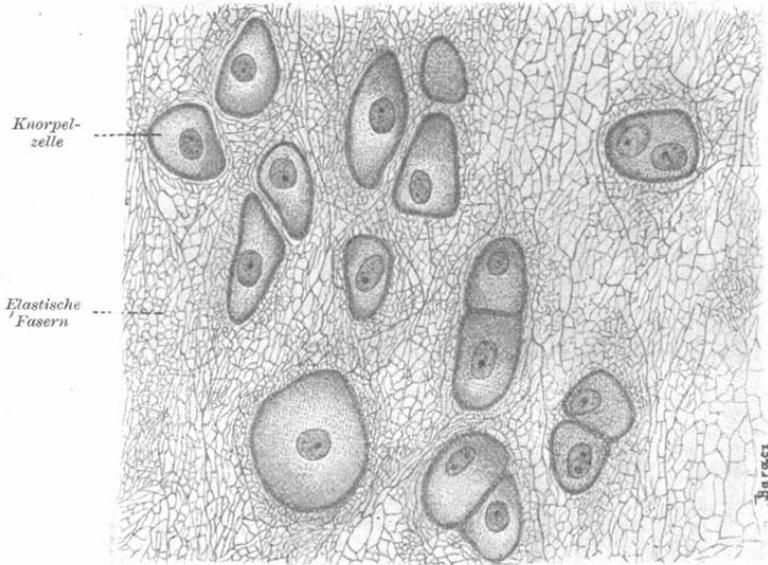


Fig. 36.

Elastischer Knorpel aus der Ohrmuschel des Menschen.

Ca. 570 mal vergrößert.

Wir finden den elastischen Knorpel in der Ohrmuschel, dem äusseren Gehörgange, in der Tuba Eustachii und den Cartt. sesamoideae. Zu dieser Knorpelart gehört überdies ein Teil der Kehlkopfsknorpeln: Epiglottis, Processus vocalis der Cartilagine arytaenoideae, Cartt. cuneiformes, Cartt. corniculatae.

c) Der Bindegewebsknorpel.

Hier finden wir innerhalb einer gleichen (wie bei den ebengenannten zwei Knorpelarten), jedoch sehr spärlichen Grundsubstanz, Bündel von collagenen Fibrillen, welche parallel nebeneinander und leicht wellig verlaufen. Die homogene Grundsubstanz ist sehr spärlich und gewöhnlich nur auf die unmittelbare

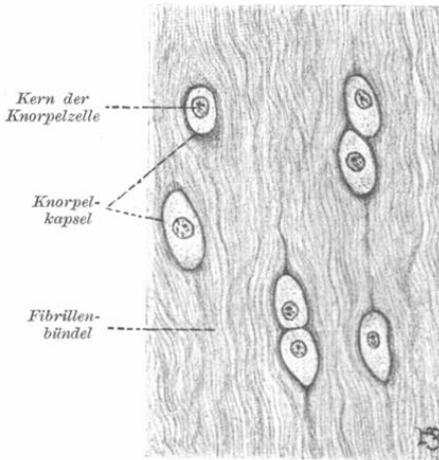


Fig. 37.

Bindegewebsknorpel aus dem Ligamentum teres femoris des Hundes.
Ca. 570 mal vergrößert.

Umgebung der Zellen reduziert, indem sie die Knorpelkapseln bildet. Die Zellen sind hier spärlicher und zeigen eine minder deutliche Lagerung in Gruppen. (Fig. 37.)

Dieser Knorpel findet sich im Kern der Wirbelbandscheiben (Nucleus gelatinosus der Ligamenta intervertebralia), in der Symphysis ossium pubis, in den Cartilagine interarticularis und an der Insertionsstelle des Ligamentum teres femoris.

3. Das Knochengewebe.

Das Knochengewebe samt Dentin stellt mit alleiniger Ausnahme des Zahnschmelzes das härteste Gewebe im Organismus vor. Kraft ihrer Festigkeit können die Knochen ihre Aufgabe, für Weichteile als Stütze oder schützende Bedeckung zu dienen, erfüllen.

Wie gewöhnlich in der Gruppe von Stützgewebe finden wir auch hier eine reichliche Intercellularsubstanz und innerhalb derselben Zellen.

Härte verleihen der Intercellularsubstanz Mineralbestandteile (Kalksalze), welche mit dem zweiten Teile der Intercellularsubstanz, d. i. dem biegsamen organischen Teile, dem sog. Knochenknorpel oder Ossein enge verbunden sind. Sie sind miteinander innig vermengt, trotzdem können wir jeden derselben abgesondert darstellen, indem wir den anderen entfernen.

So erhalten wir durch das sog. Entkalken, d. i. durch Auflösung der Kalksalze mittelst Säuren, bloss das organische Gerüst, welches die Gestalt und den Bau des Knochens genau wiedergibt. Dagegen können wir durch vorsichtiges Glühen des Knochens oder das sog. Calcinieren, welches die organischen Bestandteile vernichtet, gleichsam ein Skelett erhalten, welches

aus Salzen besteht und ein genaues Abbild selbst der feinen Einzelheiten des Knochenbaues darstellt. Infolgedessen können wir den Bau des Knochens gleich gut auf einem Schliff eines nicht entkalkten Knochens, wie auf einem Schnitt eines entkalkten Knochens studieren.

Nach dem Gefüge, welches fest oder locker sein kann, unterscheiden wir kompakte und spongiöse Knochensubstanz. Die letztere erinnert sehr an das Skelett des Schwammes, woher auch ihr Name.

Die Verteilung dieser zwei Formen des Knochengewebes innerhalb der verschiedenen Knochen im Organismus behandelt die Anatomie. So wissen wir z. B., dass in langen Knochen die sog. Diaphyse, ähnlich wie die Rinde der kurzen und glatten Knochen aus kompakter Knochensubstanz besteht, während die Enden der langen Knochen, die sog. Epiphysen, so wie die Mittelpartien der kurzen und platten Knochen aus spongiöser Substanz bestehen.

Betrachten wir den Schliff kompakter Substanz eines langen macerierten, d. i. der Weichteile entblösten Knochens, welcher Schliff parallel zur langen Achse des Knochens (Längsschliff) angelegt wurde, bei einer schwachen Vergrößerung, so fallen uns vor allem breite Kanäle, welche einen zur langen Achse mehr oder weniger parallelen Verlauf nehmen, in die Augen. (Fig. 38.) Diese Kanäle sind mittelst querer Kanäle miteinander verbunden und bilden zusammen ein vollständiges Kanalsystem. Diese sog. Havers'schen Kanäle sind im macerierten Knochen leer, weil die in denselben verlaufenden Blutgefäße durch die Maceration beseitigt wurden.

Innerhalb der Grundsubstanz bemerken wir überdies kleine Lücken, sog. Knochenhöhlen, in welchen sich vor der Maceration die Knochenzellen befanden. Dieselben sind in Reihen gelagert, welche zu den Havers'schen Kanälen mehr oder weniger parallel verlaufen. Die Havers'schen Kanäle erscheinen uns ebenso wie diese Knochenhöhlen bei durchfallendem Lichte schwarz, wenn sie mit Luft erfüllt sind, denn es tritt hier eine totale Reflexion der Lichtstrahlen ein.

Betrachten wir den Querschliff desselben Knochens (Fig. 39), so stellen die Havers'schen Kanäle fast ausschliesslich runde Querschnitte vor und die nur spärlichen Verbindungskanäle, welche zur Längsachse des Knochens quer verlaufen, werden längs getroffen. Auch hier sieht man rings um die quer durch-

schnittenen Havers'schen Kanäle kleine Knochenhöhlen, welche in konzentrischen Reihen gelagert sind. Bei Anwendung etwas stärkerer Vergrößerungen sehen wir, dass die Grundsubstanz einen gewissen Bau, namentlich eine schichtweise Zusammensetzung aus Lamellen aufweist.

In der kompakten Knochensubstanz können wir mehrere Arten von Lamellen unterscheiden und zwar namentlich:

1. *Speziallamellen* oder Havers'sche Lamellen nennen wir solche, welche sich rings um die Havers'schen Kanäle konzentrisch lagern. Alle Lamellen, welche rings um einen Havers'schen Kanal gelagert sind, bilden zusammengenommen ein Havers'sches Lamellensystem. Das letztere besteht demnach aus einer bestimmten Menge Röhren, welche ineinander stecken und dieser Bau sichert dem Knochen eine hochgradige Widerstandsfähigkeit. Eine sehr verschiedene Menge von Lamellen kann ein Havers'sches Lamellensystem zusammensetzen (von 3 bis über 20), dieselbe beträgt jedoch gewöhnlich 8—15.

2. Solche nebeneinander liegende cylindrische Havers'sche Lamellensysteme lassen zwischen sich freie Räume übrig, welche von sog. *interstitiellen* (intermediären) *Schalt-Lamellen* ausgefüllt sind. Unter den interstitiellen Lamellen kann man unterscheiden die sog. *echten*, d. i. solche, welche genetisch vom Periost stammen und in ähnlicher Richtung verlaufen wie die (bald zu erwähnenden) äusseren Grundlamellen und die sog. *unechten*, welche als Überreste des Havers'schen Lamellensystems, die nach seiner Vernichtung durch Resorption zurückblieben, zu betrachten sind (siehe Skelettsystem). Überdies finden wir noch am Röhrenknochen:

3. *Äussere Grund-(General-)Lamellen*, welche die äussere Schicht des Knochens bilden und knapp unter der, den Knochen bedeckenden Beinhaut verlaufen — endlich

4. *innere Grund-(General-)Lamellen*, welche eine Begrenzung der Markhöhle bilden und rings um dieselbe konzentrisch verlaufen. Die beiden letzteren Arten umfassen demnach von innen und aussen den ganzen Röhrenknochen, somit alle anderen Lamellensysteme.

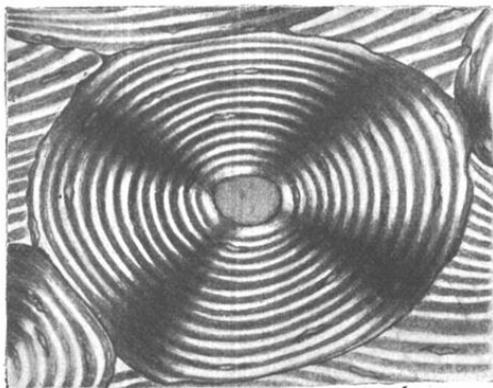
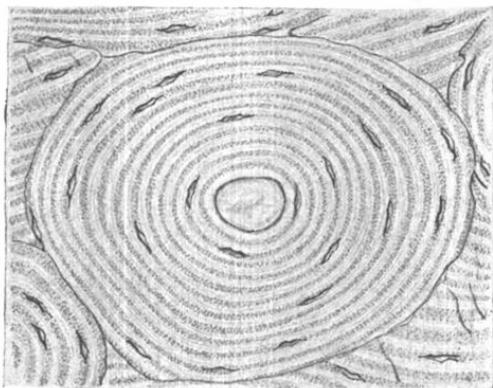
Die äusseren Grundlamellen sind stellenweise von Kanälen durchsetzt, welche Blutgefässe vom Periost führen. Diese Gefässkanäle ermangeln jedoch, im Gegensatze zu den Havers'schen Kanälen rings um das Lumen gelagerter Lamellen, wir nennen sie zur Unterscheidung *Volkmann'sche Kanäle*.

Alle oben angeführten Lamellensysteme sind, indem sie einander berühren, mittelst einer Kittsubstanz verbunden. Diese letztere, wenn sie in grösserer Menge angesammelt ist, bildet die sog. Kittlinien (v. Ebner), welche die angrenzenden Systeme trennen (Figg. 40 und 41). Um den Bau der Intercellulärsubstanz, der Knochenhöhlen und der in denselben enthaltenen Knochenzellen genau kennen zu lernen, muss man zu starken Vergrösserungen und speziellen Methoden Zuflucht nehmen.

Der Bau der Intercellulärsubstanz (Grundsubstanz) ist fibrillär. Wir haben es hier mit leimgebenden Fibrillen zu thun, welche mittelst homogener interfibrillärer Kittsubstanz zu Bündeln miteinander vereinigt sind. Die Bündel sind mittelst interfasciculärer Kittsubstanz miteinander verbunden. Was die Verteilung der Knochenerde innerhalb der Intercellulärsubstanz betrifft, stehen zwei Ansichten einander gegenüber: die eine, welche ausschliesslich bloss die Kittsubstanz (v. Ebner) und die zweite, welche überdies auch die Fasern selbst als mit Kalksalzen imprägniert betrachtet (v. Kölliker).

Die Fibrillenbündel verlaufen nebeneinander in gleicher Richtung, indem sie Schichten oder sog. oben erwähnte Lamellen bilden. Solche Lamellen liegen oft nebeneinander und sind auf die Art geschichtet, dass die Bündel der einen mehr weniger unter einem rechten Winkel die Bündel der Nachbarlamelle kreuzen. Als Beispiel führen wir einen Querschliff an, welcher aus der kompakten Knochensubstanz eines Röhrenknochens hergestellt ist (Fig. 40). Rings um die Havers'schen Kanäle sind Lamellen konzentrisch gelagert. Da eine Lamelle aus Bündeln besteht, welche längs der langen Achse verlaufen oder bloss mit ihr einen unbedeutenden Winkel bilden, dagegen die nächsten Lamellen Bündel zeigen, welche mehr weniger zirkulär rings um den Kanal verlaufen, so wird beim Querschnitt des Kanals (Fig. 40) die erste Lamelle mehr weniger quer durchschnitten, andere dagegen längs durchschnitten. Bündel aufweisen. An einem Längsschliff dagegen wären dieselben Bündel entgegengesetzt getroffen. Deshalb sieht man beim Betrachten eines Lamellensystems bei einer starken Vergrösserung die einen Lamellen fein punktiert, denn so stellen sich die quer durchschnittenen Fibrillen dar, die Nachbarlamellen zeigen dagegen eine feine Streifung, weil sie die längsgetroffenen Fibrillen enthalten. Diese zwei Lamellenarten sind miteinander abwechselnd gelagert.

Die Betrachtung desselben Präparates im polarisierten Lichte lehrt, dass die längs durchschnittenen Fibrillen



Baracz

Figg. 40 und 41.

Stück eines Querschliffes durch die Diaphyse einer menschlichen Ulna im polarisierten Licht untersucht.

Ca. 170 mal vergrößert. Man sieht ein ganzes Havers'sches Lamellensystem samt angrenzenden interstitiellen und Havers'schen Lamellen. In der Mitte ist ein Havers'scher Kanal zu sehen. Ringsum sieht man Lamellen, welche Knochenhöhlen enthalten. Zwischen den angrenzenden Systemen sind Kittlinien zu sehen; in Fig 40 rechts unten die dunklen, schräg verlaufenden Linien = Sharpey'sche Fasern.

Fig. 40 bei nicht gekreuzten, Fig. 41 bei gekreuzten Nikol'schen Prismen.

Das dunkle Kreuz in Fig. 41 ist eine die Polarisation begleitende Erscheinung.

bei Erwachsenen dagegen nur sehr spärlich, wie z. B. an den Nähten, an den Ansatzstellen der Sehnen.

das Licht einfach, die quer durchschnittenen dagegen doppelt brechen. Infolgedessen erscheint bei Kreuzung von Nikol'schen Prismen die Schicht der quer durchschnittenen

Fasern schwarz, während die Nachbarschichten, welche längs durchschnittenen Fasern enthalten, das Licht doppelt brechen und infolgedessen hell erscheinen. (Figg. 40 u. 41.)

Diese lamellenlose Intercellularsubstanz, welche man auch feinfaserige nennt, findet sich in allen Knochen der Erwachsenen.

Die grobfaserige Grundsubstanz, nach dem grobfaserigen, geflechtartigen Bau so benannt, finden wir hauptsächlich bei Embryonen,

Innerhalb der Intercellularsubstanz treffen wir Bündel von Bindegewebsfibrillen an, welche ganz unabhängig von Fibrillen der Lamellen die letzteren quer oder schräg durchsetzen, indem sie vom Periost ausgehen (Fig. 40). Sie heissen Sharpey'sche Fasern und können unverkalkt bleiben oder einer partiellen Verkalkung unterliegen. Wir finden dieselben in den äusseren Grundlamellen und in den echten interstitiellen Lamellen des feinfaserigen (lamellosen) Knochengewebes, d. i. in jenen Lamellen, welche als Ablagerungen des Periost zurückgeblieben sind. Wir finden sie sehr reichlich auch im bald zu erwähnenden grobfaserigen Knochengewebe.

Die unverkalkten Sharpey'schen Fasern werden an macerierten und calcinierten Knochenschliffen vernichtet, es bleiben nur dünne, lufthaltige Röhrchen übrig, in welchen die Sharpey'schen Fasern verliefen.

Überdies treten vom Periost zur lamellosen Knochensubstanz elastische Fasern hinzu, indem sie sich den Bündeln Sharpey'scher Fasern anschliessen oder aber selbständig verlaufen.

Innerhalb der Intercellularsubstanz befinden sich kleine, längliche Hohlräume (13—31 μ lang, 6—15 μ breit, 4—9 μ dick), welche mit ihrer Gestalt an Kürbiskerne erinnern. (Figg. 42 u. 43.)

Diese Knochenhöhlen, früher unrichtig Knochenkörperchen genannt, liegen in der Regel mit der langen Axe längs des Verlaufes der Fasern. Dieselben liegen oft an der Grenze der Nachbarlamellen. Ihre Gestalt erscheint verschieden und vom Schnitt abhängig. Diese Höhlen besitzen zahlreiche und sehr feine Ausläufer, sog. Primitivröhrchen oder Knochenkanälchen, mittelst deren nicht nur die nebeneinanderliegenden, sondern auch die entfernteren Höhlen miteinander in Verbindung stehen. Die in der nächsten Nähe der Havers'schen Kanäle, des Markraumes und der Oberfläche des Knochens liegenden Knochenhöhlen senden Ausläufer aus, welche mit dem Lumen der Kanäle oder des Markraumes in Verbindung stehen oder sich an der Oberfläche des Knochens knapp unter dem Periost öffnen. Auf diese Art anastomosieren nicht nur alle Knochenhöhlen untereinander, sondern es besteht überdies eine Verbindung zwischen den Knochenhöhlen und den eben erwähnten Höhlen sowie der Oberfläche des Knochens, welche den Kreislauf des ernährenden Saftstromes ermöglicht. Dieses ganze Kanälchensystem können wir durch Ausfüllung desselben mit Farbstoffen veranschaulichen

(Figg. 42 u. 43). Die Partie der Grundsubstanz, welche die unmittelbare Begrenzung der Knochenhöhlen bildet, ist gegen Reagentien widerstandsfähiger als der Rest der Grundsubstanz. Bei Einwirkung konzentrierter Säuren erhält man gleichsam Abgüsse der kleinen Hohlgebilde samt Kanälchen, denn die ganze Intercellularsubstanz wird aufgelöst mit Ausnahme einer sehr dünnen Schicht, welche alle Höhlen und Kanäle des Knochens

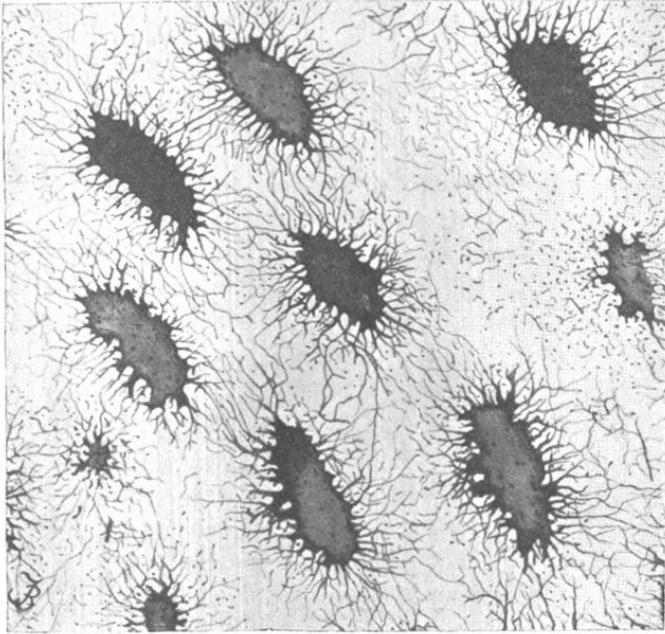


Fig. 42.

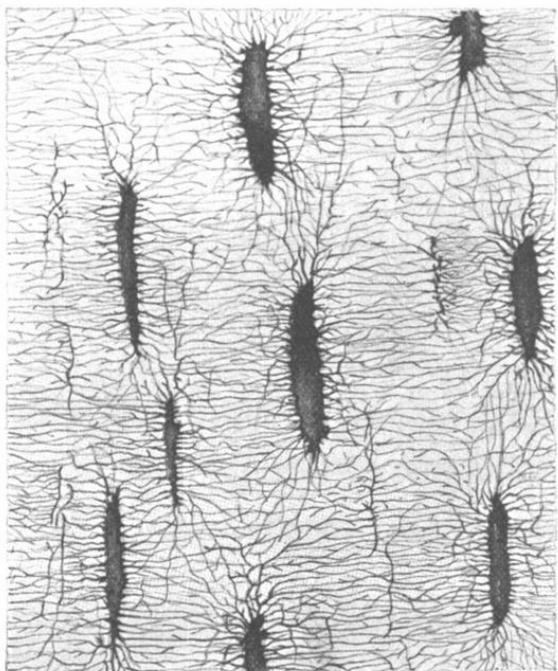
Aus einem Schliff durch einen Knochen des Rehbocks.

Die Knochenhöhlen sind von der Fläche gesehen und sind sowie die Knochenkanälchen mit Farbstoff ausgefüllt. Stellenweise sind kleine Punkte sichtbar, welche Querschnitte der Knochenkanälchen darstellen. Ca. 850 mal vergrößert.

auskleidet und ihre eigentliche Wandung bildet. Ist der Teil der Knochenhöhle am Schliff so abgeschnitten, dass wir ihre innere Wand von oben sehen, so können wir in ihr kleine Löcher bemerken, welche sich in feine, in die Tiefe heruntergehende Kanälchen verlängern. (Fig. 42.)

In den Knochenhöhlen liegen die Knochenzellen. Es sind dies membranlose Zellen, welche sich, indem sie die Knochenhöhlen vollkommen ausfüllen, in ihrer Gestalt nach diesen richten.

Indem sie zu den Knochenkanälchen Ausläufer entsenden, nehmen sie Sternform an. Da die Untersuchung der Knochenzellen an entkalkten Knochen vorgenommen wird und zur Entkalkung gewöhnlich starke Säuren verwendet werden, welche die Zellen alterieren, deshalb sind auch natürlich an solchen Präparaten die Knochenzellen geschrumpft und füllen die ganze Knochenhöhle nicht aus. Es ist erwiesen, dass die Ausläufer der Nach-



B

Fig. 43.

Aus einem Schliff durch einen Knochen des Rehbocks.

Die Knochenhöhlen sind von der Seite gesehen und sind sowie die Knochenkanälchen mit Farbstoff ausgefüllt. Ca. 850 mal vergrößert.

barzellen sich bei niederen Wirbeltieren miteinander vereinigen, es ist ebenfalls sicher, dass die Zellen auch bei höheren Wirbeltieren während der Entwicklung mittelst Kanälchen anastomosieren, es ist jedoch wahrscheinlich, dass bei höheren Tieren und bei ausgewachsenen Menschen Zellenverbindungen mittelst Ausläufer nicht bestehen.

Die spongiöse Knochensubstanz hat eine ganz ähnliche feinere Struktur, wie die eben beschriebene kompakte

Knochensubstanz. Ihre Grundsubstanz hat fibrillären Bau und enthält Knochenhöhlen samt Knochenkörperchen. Die Knochenbälkchen unterscheiden sich bloss darin, dass sie keine Haversschen Kanäle und Lamellensysteme besitzen; die grösseren derselben weisen jedoch lamellöse Schichtung auf, welche zur breiten Fläche der Bälkchen parallel liegt.

Es ist zweckdienlich die Beschreibung anderer Einheiten, welche den Bau, die Vascularisation und die Entwicklung der Knochen betreffen, dem das Knochensystem behandelnden Abschnitte vorzubehalten.

Um Wiederholungen zu vermeiden, wird das Dentin bei der Schilderung des Baues der Zähne näher betrachtet werden.

III. Das Muskelgewebe.

Dieses Gewebe zeichnet sich aus durch eine sehr bedeutende Kontraktilität des Protoplasmas auf einen äusseren Reiz hin, welche sich im Gegensatze zur Kontraktilität des Protoplasma anderer Zellen dadurch auszeichnet, dass die Kontraktionen nur in einer Richtung vor sich gehen können. Die Kontraktionen der Muskelzellen können entweder abhängig vom Willen oder auch ohne dessen Einfluss auftreten. Hienach unterscheiden wir willkürliche und unwillkürliche Muskeln.

Dies sind physiologische Merkmale und die physiologische Einteilung des Muskelgewebes. Histologisch können wir das Muskelgewebe auf nachstehende Art beschreiben: es besteht aus langgestreckten Elementen, welche einen oder mehrere Kerne besitzen. Die Elemente können von einer Zellmembran umgeben sein oder nicht und sind nur durch eine geringe Menge Kittsubstanz miteinander verbunden. Mitten im Zellprotoplasma bemerken wir gewöhnlich Fibrillen, welche als eine Erscheinung der mit der Kontraktilität dieses Gewebes im Zusammenhange stehenden Differenzierung zu betrachten sind. Diese kontraktilen Fibrillen sind bald strukturlos, bald erscheinen sie als aus abwechselnd gelagerten Abschnitten von verschiedenen chemischen und physikalischen Eigenschaften zusammengesetzt. Das letztere ist der Ausdruck einer höheren Differenzierung, welche mit der Fähigkeit der grösseren und rascheren Kontraktilität im Zusammenhange steht.

Zur ersten Gruppe gehören die sog. glatten Muskeln, deren differenzierte Fibrillen gleichartige Beschaffenheit besitzen, zu der zweiten dagegen die sog. quergestreiften Muskeln. Diese letzteren zerfallen wieder in a) die Muskelzellen des Herzens und in b) quergestreifte Muskelfasern (Skelettmuskel).

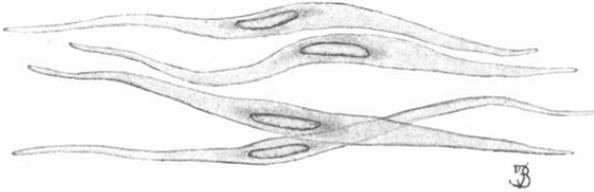


Fig. 44.

Vier glatte Muskelzellen aus dem Magen eines Frosches.

Durch 33% Kalilauge isoliert. In der Mitte jeder Zelle liegt ein ovaler Kern; an beiden Enden der Kerne ist die Ansammlung des körnigen Protoplasmas zu sehen. Ca. 400 mal vergrößert.

1. Das Gewebe der glatten Muskeln besteht aus spindelförmigen, gewöhnlich 50—200 μ langen, 4—7 μ dicken Zellen. (Fig. 44.) Eine Zellmembran im eigentlichen Sinne des Wortes besitzen diese Zellen nicht. In der Mitte, im dicksten Teile der Zelle liegt der ovale, stäbchenförmige Kern, welcher ein oder mehrere Kernkörperchen enthält. Der Kern ist hauptsächlich



Fig. 45.

Stück eines Längsschnittes der Muskelschicht eines Hundedickdarmes.

Ca. 530 mal vergrößert.

an beiden Enden mit granuliertem Protoplasma umgeben. Innerhalb des Zellkörpers sieht man im Protoplasma vor allem bei niederen Tieren längs verlaufende Fibrillen, welche sich innerhalb des undifferenzierten Sarkoplasmas befinden. Die differenzierten kontraktiven Fibrillen sind doppelbrechend.

Die glatten Muskelzellen des Uterus können während der Schwangerschaft bedeutend hypertrophieren, um sodann wieder

einer Rückbildung zu unterliegen; sie können die Länge von 500 μ erreichen.

Die glatten Muskelzellen liegen gewöhnlich nicht einzeln, sondern es liegen deren mehrere nebeneinander. (Fig. 45.) Sie bilden Schichten und Häute, indem sie in einer Richtung verlaufen oder sich in verschiedenen Richtungen durchflechten. Wenn wir den Zellenkomplex quer durchschneiden, stellen sie rundliche oder polygonale Felder dar als Folge gegenseitiger Abplattung. (Fig. 46.)

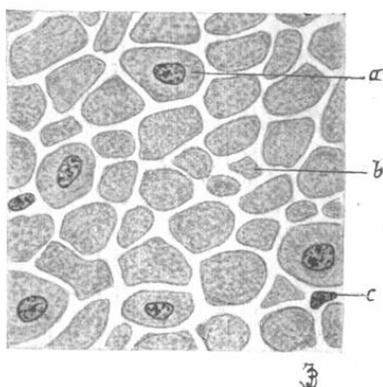


Fig. 46.

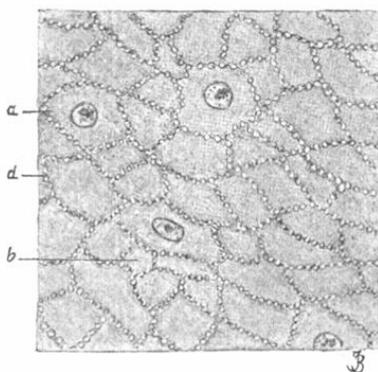


Fig. 47.

Fig. 46.

Stück eines Querschnittes der Muskelschicht eines Hundedickdarmes.
Die Intercellularbrücken sind hier nicht zu sehen. Ca. 800 mal vergrößert.

Fig. 47.

Stück eines Querschnittes der Muskelschicht eines Hundedickdarmes.
Die Intercellularbrücken sind hier bei d zu sehen. Ca. 800 mal vergrößert.

- a) Querdurchschnittene Zelle in der Höhe des Kernes.
- b) Querdurchschnittene Zelle in der Nähe des Endes.
- c) Kern der Bindegewebszelle.
- d) Intercellularbrücken.

Nicht alle diese Felder sind gleich gross, einige sind klein, weil sie dem Durchschnitt an den Enden der spindelförmigen Zellen, andere dagegen sind grösser, weil sie dem Durchschnitt in der dickeren Mittelpartie entsprechen. Einige dieser letzteren enthalten Kerne, wenn die Zelle an der entsprechenden Stelle durchschnitten wurde.

Die einzelnen Zellen sind nur mittelst einer unbedeutenden Menge Kittsubstanz mit einander verbunden, welche mit *Argentum nitricum* nachgewiesen werden kann.

Manchmal und hauptsächlich an Querschnitten können wir sehen, dass die Zellen feine Intercellularbrücken entsenden, welche sich mit den Spitzen mit einander vereinigen. (Kul-tschitzky, Barfurth, Klecki.) (Figg. 45 u. 47.)

In letzter Zeit wurde jedoch von manchen Autoren die Annahme bestritten, dass die glattē Muskelzellen durch Kittsubstanz oder Intercellularbrücken miteinander verbunden wāren. So behaupten de Bruyne, Triepel, Schaffer u. a., dass die Bindesubstanz, welche verschieden mächtig entwickelt sein kann, die Muskelzellen unter einander verbindet, und dass die Intercellularbrücken als Folge der Schrumpfung der kontraktilen Substanz der Muskelzellen zu betrachten sind.

Diese enge Verbindung kann mittelst Kali- oder Natron-

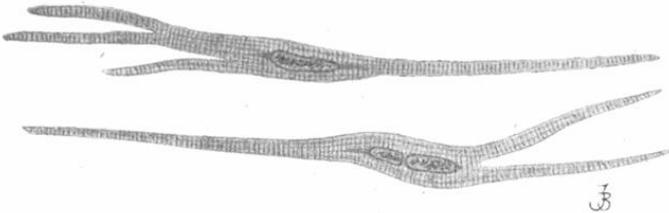


Fig. 48.

Zwei Herzmuskelzellen vom Frosche, in Kalilauge isoliert.

In der oberen Zelle ist ein, in der unteren sind zwei Kerne zu sehen; an den Enden der Kerne ist das körnige Sarkoplasma angesammelt. Ca. 700 mal vergrößert.

lauge gelöst werden. Zwischen den Gruppen von Zellen befindet sich Bindegewebe, welches Gefäße und Nerven führt.

Die Kontraktion der glatten Muskelzellen geht langsam vor sich und ist vom Willen unabhängig. Sie sind überwiegend mesenchymatischen und nur ausnahmsweise ento- oder ektodermalen Ursprungs. Die Vermehrung der Zellen geschieht auf karyokinetischem Wege.

Dieses Gewebe befindet sich in der Wand des Verdauungstrakts, in den Atmungs-, Harn- und Geschlechtsorganen, in Gefäßwänden, in manchen Drüsen, in der Haut und im Auge.

2. Wir unterscheiden zwei Arten des gestreiften Muskels:

- a) Herzmuskel,
- b) Skelettmuskel.

a) Der Herzmuskel nimmt die Mittelstelle zwischen dem glatten und quergestreiften Muskel ein. Die mit dem glatten Muskel gemeinsamen Merkmale ist der Mangel der Zellmembran,

das Vorhandensein bloss eines Kernes, bei niederen Wirbeltieren gleichfalls eine spindelförmige Gestalt, schliesslich die vom Willen unabhängige Kontraktilität. Mit dem quergestreiften Skelettmuskel hat er dagegen die Querstreifung gemein.

Die Zellen des Herzmuskels bei den Amphibien (Fig. 48) behalten im ganzen die Gestalt der Zellen des glatten Muskels mit dem einzigen Unterschiede, dass sie an einem oder an beiden Enden oft gegabelt sind und dass sie einen ausgeprägten fibrillären Bau mit Querstreifung besitzen.

Der Herzmuskel höherer Wirbeltiere (Fig. 49) weist kurz cylindrische Zellen auf. Diese Zellen verbinden sich mit den Nachbarzellen an ihren beiden Enden, wobei die Verbindungsflächen mittelst Kittsubstanz zusammengefügt sind. Die letztere lässt sich mit *Argentum nitricum* nachweisen und mittelst Laugen und Salpetersäure auflösen (ähnlich wie bei glatten Muskelzellen). Die Zellen geben gewöhnlich kurze Seitenäste unter spitzen Winkeln ab.

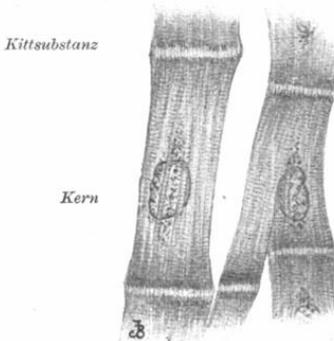


Fig. 49.

Aus einem Längsschnitte durch den menschlichen Herzmuskel.

Es sind zwei ganze Zellen zu sehen, die linke besitzt eine Abzweigung. Ca. 500 mal vergrössert.

Diese Äste der Nachbarzellen verbinden sich und hiedurch entsteht eine Art Muskelnetz, dessen Maschen enge Spalten darstellen. Die Seitenwände der cylindrischen Zellen sind miteinander mit Kittsubstanz nicht verbunden.

Die Zellen des Herzmuskels scheinen keine Zellmembran zu besitzen. In der Mitte der Zelle liegt in der Regel ein oder höchstens zwei ovale, mit einer grösseren Menge körnigen Sarkoplasmas umgebene Kerne, welche Ansammlung hauptsächlich an beiden Polen der Kerne Platz greift. Im Sarkoplasma findet man oft ein körniges braunes Pigment. (Fig. 50.)

Die Zellsubstanz weist ausgeprägte Fibrillen auf, welche durch das undifferenzierte Sarkoplasma voneinander getrennt sind.

Jede Fibrille ist quer gestreift, was in der Zusammensetzung aus dunkleren und helleren, doppelt und einfach lichtbrechenden, wechselweise gelagerten Abschnitten seinen Grund hat. In der

feineren Struktur weisen dieselben eine Übereinstimmung mit dem Bau der quergestreiften Muskelfaser auf, die demnächst eingehend besprochen werden wird. Die Anordnung der Fibrillen innerhalb des undifferenzierten Sarkoplasmas ist bei verschiedenen Tieren nicht ganz gleich.

Wir lernen diese Anordnung kennen, indem wir die Zellen am Querschnitte untersuchen. (Fig. 50.) Es stellen nämlich die querdurchschnittenen Fibrillenbündel polygonale oder bandförmige Felder dar, welche durch Blätter des Sarkoplasmas von einander geschieden sind. Diese letzteren gehen oft vom Kern radiär auseinander.

Die die Zellen des Herzmuskels verbindende Kittsubstanz besitzt eine Stäbchenstruktur (Browicz). (Fig. 49.) Bei starker Vergrößerung (Fig. 51) bemerkt man, dass die Primitivfibrillen an den Enden Verdickungen aufweisen, welche die Grenzschicht (*stratum granulosum terminale*) bilden. In dem Vereinigungspunkte zweier Nachbarzellen sind diese Verdickungen natürlich einander zugewendet und grenzen an die, die beiden Zellen verbindende Kittsubstanz. Die Endverdickungen der Primitivfibrillen der Nachbarzellen sind mittelst sehr feiner protoplasmatischer Ausläufer, welche die Kittlinie durchsetzen, untereinander verbunden. Es scheint, dass zwischen diesen Ausläufern sich leere

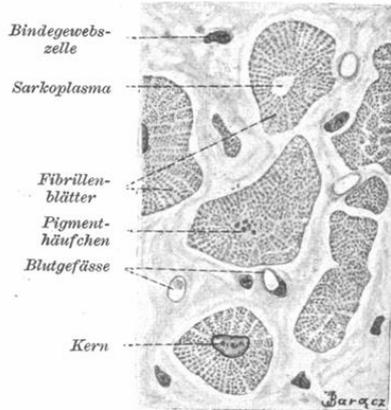


Fig. 50.

Aus einem Querschnitt durch den Herzmuskel des Menschen.

Ca. 800 mal vergrößert.

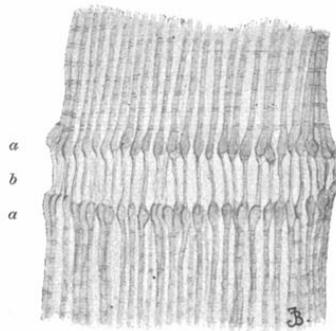


Fig. 51.

Die Verbindung zweier Herzmuskelzellen von einem oedematösen menschlichen Herzmuskel.

a) *Stratum granulosum terminale*.
b) Fadenförmige Ausläufer, welche die Primitivfibrillen zweier Nachbarzellen verbinden. Sehr starke Vergrößerung.

Räume befinden, was der Kittsubstanz die Stäbchenstruktur verleiht (Przewoski). Diese am normalen Herzmuskel sichtbare Struktur tritt an den ödematös veränderten Herzen noch ausgeprägter auf, weil die Protoplasmfortsätze sowie die Endverdickungen der Primitivfibrillen bedeutend auseinander geschoben sind. (Fig. 51.)

b) Quergestreifte Muskelfaser (Skelettmuskel).

Die quergestreifte Muskelfaser stellt die am meisten differenzierte Art des Muskelgewebes dar.

Die Muskelzelle tritt hier in Form einer langen Faser auf, welche eine doppelte Streifung, eine Quer- und Längsstreifung aufweist, eine grosse Menge Kerne enthält und gewöhnlich von einer sehr dünnen Membran, dem sog. Sarkolemma umgeben ist. (Fig. 52.)

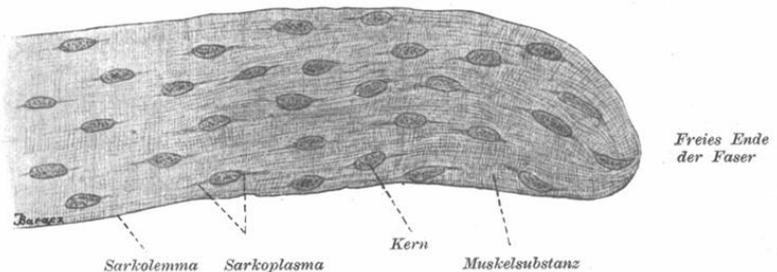


Fig. 52.

Muskelfaserstück aus einem quergestreiften Muskel des Frosches.

Ca. 300 mal vergrössert.

Diese Muskelfasern haben den Wert einer Zelle, welche sehr viele Kerne enthält, somit das sog. Syncytium darstellt. Hievon überzeugt uns die Prüfung der Entwicklung der Muskelfasern, während welcher der Zellkörper ungeachtet der mehrmaligen Teilung des Kernes selbst einer Teilung nicht unterliegt. Die Muskelfasern sind sehr grosse Zellen, denn dieselben können bei verhältnismässig minimaler Dicke eine bedeutende Länge von über 10 cm erreichen. Die Muskelfasern können ebenso lang sein wie der ganze Muskel, was hauptsächlich bei kleinen Muskeln der Fall ist. In langen Muskeln sind sie dagegen kürzer als der Gesamtmuskel, deshalb findet man oft spitze Faserenden im Inneren von Muskeln.

Die Dicke variiert gewöhnlich zwischen 30—60 μ , die Fasern können jedoch bedeutend dünner oder dicker sein. Die

Grösse der Fasern ist bei verschiedenen Tieren sehr verschieden. Bei älteren Individuen sind dieselben grösser als bei jüngeren. Die Fasern enden entweder mehr stumpf oder sie sind konisch zugespitzt. Manchmal teilen sie sich am Ende gabelförmig oder verästeln sich sogar reichlich, wie z. B. in der Zunge.

Die doppelte Streifung hängt davon ab, dass jede Muskelfaser aus sehr feinen, längs verlaufenden Fibrillen, deren jede wieder quer gestreift ist, besteht. (Fig. 55.) Man sieht dies sogar deutlich an frischen, aus dem Organismus ausgeschnittenen Fasern. Diese Fibrillen heissen Primitivfibrillen und verlaufen parallel nebeneinander von einem Sarkotem zu dem anderen.

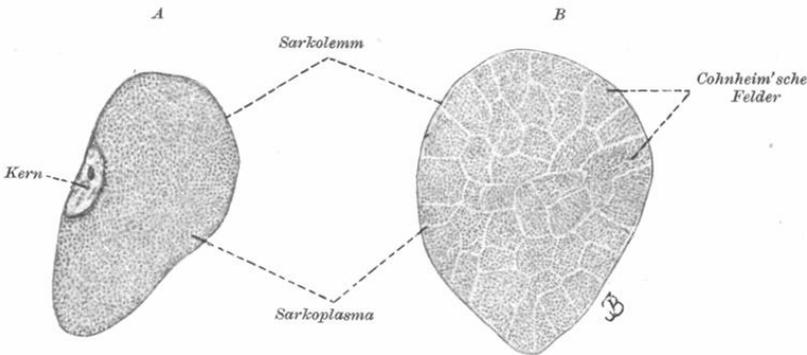


Fig. 53.

Querschnitte durch quergestreifte Muskelfasern des Kaninchens.

In *A* sind die Primitivfibrillen gleichmässig verteilt, in *B* bilden sie Cohnheim'sche Felder. Die feinen Punkte sind querdurchschnittene Primitivfibrillen. Ca. 1000 mal vergrössert.

Sie sind wesentliche Teile des Protoplasmas einer definitiv entwickelten Muskelfaser, sie sind nämlich jener veränderte, zur Kontraktibilität differenzierte Teil des Protoplasmas. Das ganze Protoplasma unterliegt jedoch dieser Differenzierung nicht, ein kleiner Teil desselben bleibt immer unverändert und zwischen den kontraktilen Primitivfibrillen eingeschaltet; letzterer bildet das sog. Sarkoplasma.

Die Anordnung der Primitivfibrillen innerhalb des undifferenzierten Sarkoplasmas kann sehr verschieden sein. Dieselben können nämlich mehr oder minder regelmässig in der ganzen Faser verteilt oder in Bündel gruppiert sein, welche sich wieder bei verschiedenen Tieren und in verschiedenen Muskeln mannigfaltig verhalten. (Fig. 53.) Sie können platte, bandförmige oder dickere Bündel darstellen, welche letztere am Querschnitt der

Muskelfaser polygonale Felder bilden, die Cohnheim'sche Felder heissen. Sie sind durch eine grössere oder geringere Menge Sarkoplasma geschieden, welches sich am Querschnitte der Faser in Form eines hellen Netzes darstellt, in dessen Maschen sich eben die Fibrillenbündel, d. i. die Cohnheim'schen Felder befinden. Die Muskeln der niederen Tiere enthalten im allgemeinen verhältnismässig viel Sarkoplasma. Von der Menge des zwischen den Fibrillen befindlichen Sarkoplasmas hängt auch die Deutlichkeit der Längsstreifung der Muskeln ab. Das Sarkoplasma befindet sich überdies unter dem Sarkolemma

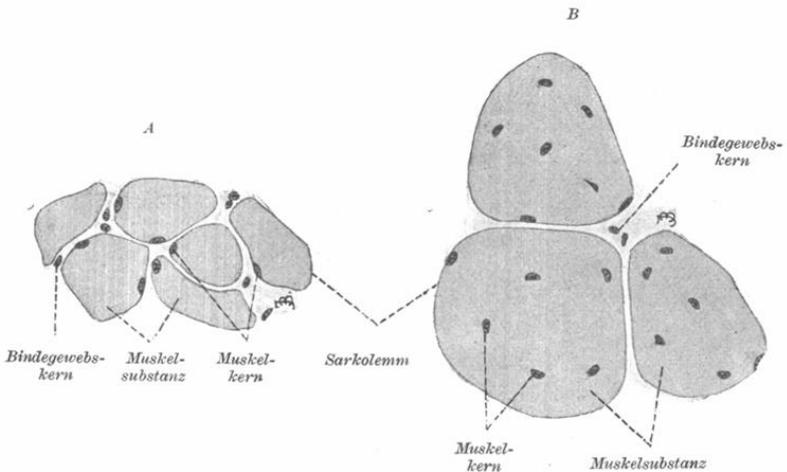


Fig. 54.

Querschnitte von quergestreiften Muskelfasern.

A Vom Menschen, B Vom Frosch. Ca. 350 mal vergrössert. Es tritt hier das Verhältnis der Muskelkerne zum Sarkolemma hervor.

und bildet eine dünne Randschicht. Einige Autoren (v. Thalhoffer, Rawitz), welche diese Schicht als den inneren Teil des Sarkolemma betrachten, nannten sie Endolemma im Gegensatze zu der äusseren Schicht des Sarkolemma, dem Epilemma.

Innerhalb des Sarkoplasmas liegen ovale Kerne, welche mit ihrer langen Achse parallel zur langen Achse der Muskelfaser gelagert sind. (Figg. 52 u. 55.) Sie liegen entweder in der Mitte der Faser zwischen den Primitivfibrillen oder peripherisch, knapp unter dem Sarkolemma. (Fig. 54.) Dieser letztere Fall tritt hauptsächlich bei Muskeln ein, in welchen die geringe Menge des Sarkoplasma zwischen den Primitivfibrillen keinen Platz für die Kerne bietet.

Dies sehen wir in den Muskeln der höheren Wirbeltiere im Gegensatze zu den Muskeln der niederen Wirbeltiere, z. B. der Amphibien, welche zwischen den Bündeln der Primitivfibrillen zerstreute Kerne besitzen. Bei einigen Tieren, z. B. beim Kaninchen, finden wir Muskeln von zweierlei Art: die einen, die sog. roten Muskeln, verhalten sich ebenso wie die Muskeln der Amphibien, sie enthalten nämlich mehr Sarkoplasma zwischen den Primitivfibrillen und weisen deshalb eine ausdrückliche Längsstreifung auf. Ihre Kerne liegen auch im Inneren der Faser, was im Zusammenhang mit dem Vorhandensein einer grösseren Menge Sarkoplasma steht. Die anderen dagegen, die sog. weissen Muskeln, enthalten wenig Sarkoplasma, weisen eine deutliche Querstreifung auf und die Kerne liegen peripherisch dicht unter dem Sarkolemma. Im Zusammenhange mit diesem Bau der Muskelfaser sollen auch ihre physiologischen Eigenschaften stehen. Die mehr Sarkoplasma enthaltenden Fasern zeichnen sich nämlich durch ihre langsamere Kontraktilität und eine später eintretende Ermüdung aus. Bei der Mehrzahl der Wirbeltiere und beim Menschen findet man fast ausschliesslich Muskeln, welche die Eigenschaften der roten Kaninchenmuskeln besitzen; einige Muskeln dagegen, die sog. gemischten Muskeln enthalten beide Arten von Fasern.

Jede voll entwickelte Muskelfaser der höheren Wirbeltiere ist mit Sarkolemma umgeben, welches sich als eine äusserst dünne, homogene, strukturlose Membran darstellt, welche dem Inhalte der Faser eng anliegt. Deshalb ist dieselbe unter normalen Verhältnissen nicht leicht zu bemerken und man muss erst zu gewissen Mitteln seine Zuflucht nehmen. Wenn z. B. auf die Muskelfaser Wasser einwirkt, durchdringt dasselbe auf Grund der Osmose das Sarkolemma, welches infolgedessen von dem Inhalte der Faser absteht und sich in Form von Bläschen erhebt. Die Anwesenheit dieser Membran ist auch an frischen Muskelfasern ersichtlich, wenn beim Isolieren derselben mittelst Nadeln der Inhalt der Faser zerquetscht wird und das unbeschädigte Sarkolemma als leerer Schlauch zurückbleibt; ebenso ist die Grenze des Sarkolemma deutlich zu sehen, wenn am Ende eines zerrissenen Sarkolemmaschlauches der Inhalt der Muskelfaser austritt.

Das Sarkolemma stellt demnach eine Zellmembran der Muskelfaser dar und umgiebt als solche ohne Unterbrechung auch beide Enden der Muskelfaser. Nur ausnahmsweise besitzen die

Muskeln einiger niederer Tiere kein Sarkolemma. Wie bemerkt, halten einige Autoren dafür, dass das Sarkolemma aus zwei Schichten zusammengesetzt ist, aus dem sog. Endolemma, welches nichts anderes ist, als die periphere Randschicht des Sarkoplasma und dem Epilemma, welches dem soeben beschriebenen, eigentlichen Sarkolemma entspricht.

Die Querstreifung der Muskelfaser ist, wie bereits oben erwähnt wurde, eine Folge der Zusammensetzung der Primitiv-

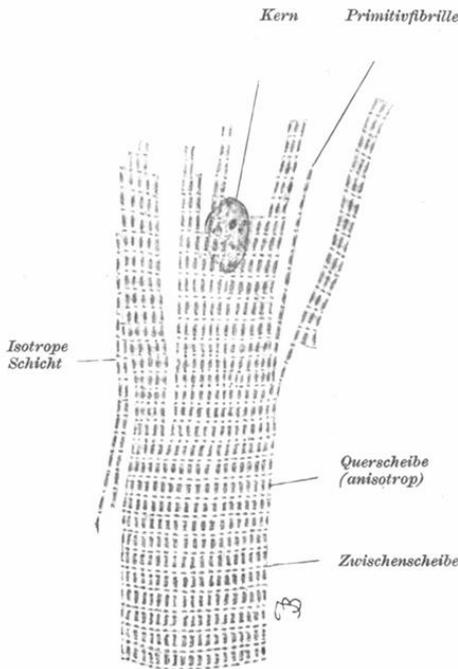


Fig. 55.

Ein in Fibrillen zerfallenes Muskelfaserstück
des Frosches.

Ca. 650 mal vergrößert.

fibrillen aus alternierend gelagerten schmalen Abschnitten von verschiedenen physikalischen Eigenschaften. Da die physikalisch gleich beschaffenen Abschnitte in allen Primitivfibrillen derselben Muskelfaser genau in derselben Höhe liegen, entsteht eine Querstreifung, welche die ganze Dicke der Muskelfaser durchdringt. (Fig. 55.)

Was die Eigenschaften dieser Abschnitte anbelangt, so sind einige derselben stärker, andere schwächer lichtbrechend. Die ersteren färben sich bei Anwendung der Färbemittel dunkler als die letzteren. Bei hoher Einstellung des Objektivs erscheinen die ersteren heller als die letzteren; bei tiefer Einstellung erscheinen im Gegenteile die stärker lichtbrechenden Teile bedeutend dunkler als die schwächer lichtbrechenden. Von nun an werden wir diese Teile so bezeichnen, wie sich dieselben bei der tiefen Einstellung des Objektivs darstellen. Bei oberflächlicher Betrachtung der Muskelfaser im Ruhezustande bei einer starken Vergrößerung bemerken wir bloss eine alternierende Lagerung zweier Substanzen, welche geldrollenartig geordnet sind. Wir bemerken ferner, dass die hellen und dunklen Scheiben beinahe die-

selbe Dicke besitzen. Die dunklen Scheiben, Querscheiben (Q) genannt, brechen das Licht doppelt, d. i. sie erscheinen im polarisierten Licht bei gekreuzten Nikol'schen Prismen hell im dunklen Felde, d. h. dieselben sind anisotrop. Die hellen Scheiben sind im Gegenteil nur einfach lichtbrechend, sind isotrop und erscheinen im polarisierten Lichte dunkel.

Bei genauer Untersuchung, vor allem der gedehnten Fasern, mit Hilfe der stärksten Vergrößerungen überzeugen wir uns, dass jede der beschriebenen Scheiben noch dünnere Schichten aufweist, welche diese Scheiben in zwei Hälften teilen. So weist die helle, d. i. isotrope Scheibe konstant eine sehr dünne und gewöhnlich sehr dunkle, doppelt lichtbrechende Schicht, die sog. Zwischenscheibe (Z) auf, welche zuerst von Amici beschrieben wurde. Im Inneren der dunklen Querscheibe begegnen wir dagegen gewöhnlich einem Streifen, welcher heller ist, d. h. das Licht schwächer bricht, als der Rest der anisotropen Substanz, d. i. der sog. Mittelscheibe oder Hensenschen Scheibe (h). Diese Mittelscheibe ist heller als die anisotrope Substanz, sie bricht das Licht einfach und ist immer dunkler als die isotrope Substanz.

In den Muskeln einiger Arthropoden begegnen wir einer noch grösseren Differenzierung. Bei denselben bemerken wir nämlich einen, innerhalb der isotropen Scheiben auftretenden dunklen Streifen, welcher dieselben in zwei Hälften teilt, d. i. die sog. Nebenscheibe (N). Diese sehr inkonstante Schicht bricht das Licht gewöhnlich schwächer als die Querscheibe und hat hiebei die Fähigkeit der Doppelbrechung.

Wenn wir ein Schema, welches alle diese Schichten in einem meist komplizierten Falle versinnlicht, genau beobachten, überzeugen wir uns, dass in ihrer Schichtung eine ausdrückliche Symmetrie und Konstanz der Aufeinanderfolge herrscht. (Fig. 56.)

Wir könnten sogar die ganze Primitivfibrille in Abschnitte teilen, in welchen sich alle Schichten in derselben Ordnung wiederholen. Da jede Fibrille mit einer Zwischenscheibe endigt, scheint es, dass eben sie die natürliche Endigung eines jeden Gliedes bildet und dass sie die einzelnen Glieder voneinander scheidet.

Jedes solche Glied (Fig. 56) würde bestehen aus der Zwischenscheibe (Z), aus der Hälfte der isotropen Scheibe (E), aus der Nebenscheibe (N), aus der zweiten Hälfte der isotropen Scheibe (J), aus einer Hälfte der Querscheibe (Q), aus der Mittel-

scheibe (h), aus der zweiten Hälfte der Querscheibe (Q), aus einer Hälfte der isotropen Scheibe (J), aus der Nebenscheibe (N) und aus der zweiten Hälfte der isotropen Scheibe (E). Sodann würde das neue Glied mit der weiteren Zwischenscheibe (Z) beginnen. Solche Einheiten scheinen jedoch nicht natürlich, sondern künstlich zu sein; denn man kann keine Einheiten erhalten, aus welchen die Primitivfibrille bestehen würde und welche mit derselben

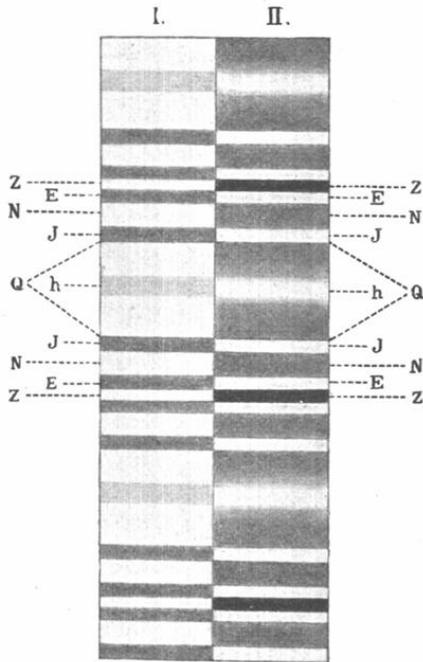


Fig. 56.

Schema der Querstreifung des Käfermuskels nach Rollet.

I bei hoher, II bei tiefer Einstellung des Objektivs; Q Querscheibe, h Mittelscheibe (Hensen'sche Scheibe), J isotrope Substanz, N Nebenscheibe, E isotrope Substanz (Endscheibe), Z Zwischenscheibe.

Betrachten wir nun, wie sich die einzelnen Schichten während der Kontraktion verhalten. Vor allem werden alle Schichten niedriger und breiter. Infolgedessen werden die hellen Schichten so dünn, dass sie beinahe verschwinden. Die Nebenscheiben nähern sich den Zwischenscheiben so sehr, dass sie endlich, mit denselben zusammenfließend, neue Gebilde, die sog. Kontraktionsstreifen bilden.

Dieser Streifen bricht das Licht gewöhnlich einfach, d. i.

selben Schicht, mit welcher sie endigen, auch anfangen würden; dies wäre bloss in dem Falle möglich, wenn man annehmen würde, die Zwischenscheibe sei eine Kittsubstanz, welche die einzelnen Glieder miteinander verbindet. Bei der Schwierigkeit, die Primitivfibrillen in noch kleinere Einheiten zu zerlegen, ist die Fibrille als letzte Bestandeinheit der quergestreiften Muskelfasern zu betrachten. Das Auftreten einer Differenzierung innerhalb der Fibrille in verschieden beschaffene Abschnitte ist dagegen bloss als ein Moment aufzufassen, welches die Erfüllung der den Muskelfasern zufallenden Funktion bedingt.

er wird isotrop, während die Querscheiben die Fähigkeit der Doppelbrechung behalten. Bei der Querscheibe schwindet gleichzeitig die Differenzierung zwischen den satter gefärbten Partien und dem hellen Hensen'schen Streifen (Mittelscheibe).

Am besten gelingt es, diese in den einzelnen Schichten während der Kontraktion eintretenden Veränderungen an solchen

Muskelfasern zu be-

obachten, deren nur

einzelne Teile in

Kontraktion (sog.

Kontraktions-

wellen) sich be-

finden, während die

angrenzenden Partien

im Ruhezustande

verharren. An solchen

Muskelfasern lassen

sich die Übergänge von

kontrahierten zu er-

schlafften Teilen

verfolgen. Noch

mehr belehrende

Bilder erhält man

an Fasern, an wel-

chen sog. seitliche

Wellen auftreten. (Fig. 57.)

Letztere treten näm-

lich an Stellen auf,

an denen Doyère's

Hügel (s. Nerven-

endigungen) auf-

sitzen und gestatten

„von den erschlaff-

ten gegen die kontrahierten

Teile hin die Veränderun-

gen, welche die Schichten

bei der Kontraktion erlei-

den, in ein und derselben

Schicht zu verfolgen“ (Rollet).

Auf Grund genauer Beob-

achtung gelangt man zu der

Überzeugung, dass die

Querscheiben während

der Kontraktion thätig

sind und dass diese Thätig-

keit in der Verkleinerung

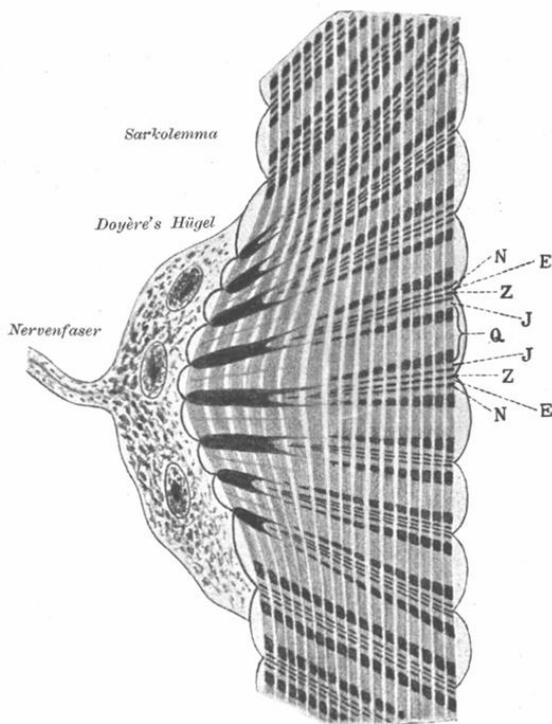


Fig. 57.

Seitliche Kontraktionswelle von *Cassida equestris* nach Rollet.

Die Bildung des Kontraktionsstreifens ist gut zu sehen. Links die dicken, schwarzen Streifen = Kontraktionsstreifen. Sehr starke Vergrößerung.

gen, welche die Schichten bei der Kontraktion erleiden, in ein und derselben Schicht zu verfolgen“ (Rollet).

Auf Grund genauer Beobachtung gelangt man zu der Überzeugung, dass die Querscheiben während der Kontraktion thätig sind und dass diese Thätigkeit in der Verkleinerung des Um-

fanges und in der Verdichtung ihrer Substanz durch Abgabe von Flüssigkeit an die unmittelbare Umgebung besteht. Während der Kontraktion gewinnen die Querscheiben, indem sie kürzer, d. h. niedriger werden, etwas an Breite. Diese Beobachtungen stimmen mit der Thatsache überein, dass der Muskel während der Kontraktion an seiner Länge verliert, dagegen entsprechend an Dicke gewinnt. Die isotrope Substanz spielt während der Kontraktion keine thätige Rolle, sondern verhält sich, da sie eine bedeutende Elastizität besitzt, passiv. Während der Kontraktion kommt somit die Kontraktilität der Querscheiben und die Elastizität der isotropen Substanz zur Geltung (Ranvier). Die Streifung selbst ist nicht als unumgängliche Bedingung der Kontraktilität zu betrachten, denn auch die glatten Muskelzellen, welche keine Querstreifung aufweisen, sind ebenfalls kontraktile. Die Querstreifung steht jedoch, wie man mit Grund annehmen kann, mit der Geschwindigkeit der Kontraktion im Zusammenhange. Diese Annahme wird auch wirklich durch die Thatsache bestätigt, dass der glatte Muskel sich bedeutend langsamer zusammenzieht als der quergestreifte; denn die Verteilung der kontraktilen Substanz in kleine Teilchen erleichtert und ermöglicht die schnellere Abgabe der Flüssigkeit von der Querscheibe in die anliegenden Partien (Ranvier).

Unter dem Einflusse der Reagentien verhalten sich die verschiedenen Schichten der Fibrille verschieden. Unter dem Einflusse einiger schwachen Säuren schwillt die Querscheibe an, während die Nebenscheibe diesem Einflusse nur unbedeutend und die Zwischenscheibe in minimalem Grade unterliegt. Infolgedessen erscheint die Fibrille rosenkranzartig und die Zwischenscheiben liegen in tiefen Einschnürungen. Bei einer stärkeren Einwirkung der Säuren teilt sich die Querscheibe und es erfolgt eine Trennung in Scheiben, welche im Inneren intakte Zwischenscheiben enthalten.

Einen anderen als den unter dem Einflusse der Säuren auftretenden Zerfall in Scheiben (Discs) bemerkte zuerst Bowman und später Rollet an den Muskeln einiger Insekten bei der Einwirkung 93^o/_o Alkohols während 24—48 Stunden. Die sog. Bowman'schen Discs enthielten intakte Querscheiben und Mittelscheibe. Rollet überzeugte sich, dass dieser Zerfall in der isotropen Substanz entweder zwischen der Neben- und Zwischenscheibe oder zwischen der Neben- und Querscheibe vor sich geht. Demgemäss stellen sich die durch den Zerfall entstehenden Scheiben ver-

schieden dar. Die Zwischenscheibe ist wohl die widerstandsfähigste und festeste Schicht und scheint mit dem Sarkoplasma, beziehungsweise durch die Vermittlung desselben mit dem Sarkolemma im engen Zusammenhange zu stehen.

Auf diese Art hätten wir den Bau und die Funktion des differenzierten Teiles der Muskelfaser kennen gelernt.

Was den Bau und die Bedeutung der Zwischensubstanz der Fibrillen, d. i. des Sarkoplasmas anbelangt, so enthält dasselbe oft feine, stark lichtbrechende interstitielle Körner. Das Sarkoplasma löst sich in Wasser, in einigen verdünnten Säuren und kaustischen Alkalien auf, was den Zerfall der Muskelfaser in Primitivfibrillen zur Folge hat; so wirkt z. B. Chromsäure, Salicylsäure etc. Das Sarkoplasma spielt eine Rolle bei der Ernährung, Vermehrung und bei dem Wachstum der Muskelfasern. Ferner ist das Sarkoplasma, in welchem die motorische Nervenfasern endigt, als Leiter des Nervenreizes zu betrachten, durch dessen Vermittlung der Reiz sich gleichmässig allen Teilen der Fibrillen mitteilen kann.

Die quergestreiften Muskeln nehmen vom Mesoderm ihren Ursprung. Die Zellen, aus denen sie sich entwickeln, heissen Myoblasten. Bei höheren Tieren geht die Entwicklung der Muskelfasern auf nachstehende Art vor sich: Die Myoblasten sind ursprünglich einkernige und spindelförmige Zellen und ihr Protoplasma weist keine Differenzierung auf. Sodann teilen sich die Kerne schnell durch Mitose, die Zelle wächst dabei zu einer langen Faser aus, unterliegt jedoch selbst nicht der Teilung. Die Kerne lagern sich in einer Längsreihe in der Achse der Faser und an der Peripherie derselben beginnt innerhalb des Protoplasmas der Prozess der Differenzierung: es treten innerhalb desselben quergestreifte Fibrillen auf. In diesem Stadium erscheint der Myoblast in Form einer Faser, deren Wand aus quergestreiften Fibrillen besteht und deren Mitte ein körniges Protoplasma, welches eine Reihe Kerne enthält, einnimmt. Die Fasern sind anfänglich von der Zellmembran nicht bedeckt, denn das Sarkolemma tritt erst mit fortschreitender Entwicklung auf. Später erhalten die Fibrillen das Übergewicht über das undifferenzierte Sarkoplasma, natürlich auf Kosten des letzteren. Auf diese Art geht jede Zelle (Myoblast) durch unvollkommene Zellteilung in ein Syncytium über.

Das Wachstum der Muskeln geschieht durch Längen- und

Dickenzunahme. Das Längenwachstum geht an den Enden vor sich, in welchen die Kerne gewöhnlich reichlicher vorkommen. Das Dickenwachstum der Muskel geschieht auf zweierlei Art, einmal durch die Dickenzunahme der im Embryo bereits gebildeten Fasern, sodann durch Bildung neuer Fasern infolge Längsspaltung der bereits vorhandenen. Die Faser, welche der Teilung unterliegen soll, ist dadurch charakterisiert, dass sie 2—4 Kernreihen enthält (Weisman'sche Kernreihenfasern). Durch die Längsspaltung einer solchen Faser entstehen neue Fasern in einer der Anzahl der Kernreihen entsprechenden Menge. Diese nun entstandenen Tochterfasern können sich in weiterer Folge teilen und unter dem Mikroskope sind sie leicht bemerkbar, denn sie bilden ein Faserbündel, welches eine Zeitlang durch Bindegewebe in Form einer stark entwickelten Perimysialscheide (siehe Muskelsystem) abgegrenzt ist.

Es entstehen auch im postembryonalen Leben, ja sogar bei erwachsenen Tieren und Menschen auf obige Art neue Muskelfasern. Die sich so vermehrenden Muskelfasern sind hier unter dem Namen von Muskelknospen bekannt und zeichnen sich durch Nervenreichtum aus, denn es treten gewöhnlich mehrere Nervenfasern an jede Knospe heran.

Gleichzeitig mit der Neubildung von Muskelfasern findet auch ihr physiologisches Zugrundegehen statt. Man fand nämlich unter normalen Verhältnissen degenerierende Fasern.

Bei geringen Substanzverlusten infolge von Verwundung geht die Regeneration des Muskelgewebes vom Sarkoplasma aus, welches sich samt den Kernen vermehrt. Erst später tritt innerhalb derselben die Differenzierung zu quergestreiften Fibrillen auf.

Der quergestreifte Muskel findet sich in der gesamten Skelettmuskulatur, in den äusseren Muskeln des Auges und allen Muskeln des Ohres, sodann im Kehlkopf, Pharynx, der Zunge, dem Oesophagus, im Mastdarmende und in einigen Muskeln der Geschlechtsorgane.

Die quergestreiften Muskeln der Wirbeltiere (die Herzmuskel ausgenommen) sind der Willkür unterworfen. Die Ausnahme bilden nur einige Muskeln, wie die Muskeln im oberen Teile des Oesophagus beim Menschen, der Cremaster externus, welche der Willkür nicht unterliegen.

IV. Das Nervengewebe.

Das Nervengewebe ist ektodermalen Ursprungs.

Anfänglich treten in der Anlage des Nervensystems Zellen mit dem Charakter von Epithelzellen auf. Es sind dies runde Zellen ohne Ausläufer (Neuroblasten), welche keine Inter-cellularsubstanz zwischen sich aufweisen.

Bald beginnt jedoch die Differenzierung, welche die Bildung zweierlei Arten von Zellen zur Folge hat. Die einen übernehmen die Funktionen, welche dem eigentlichen Nervengewebe zufallen, andere Zellen dagegen bilden bloss die Stützsubstanz des zentralen Nervensystems. Diese beiden Arten von Zellen erhalten in fortschreitender Entwicklung Fortsätze.

Mit dem Stützgewebe oder der sog. Neuroglia werden wir uns später befassen (siehe das zentrale Nervensystem), zunächst wollen wir das nervöse Element besprechen.

Das Nervengewebe besteht (abgesehen von dem Stützgewebe) eigentlich nur aus Nervenzellen, samt deren Fortsätzen. Die Nervenfasern, welche man früher für einen abgesonderten Bestandteil hielt, ist bloss ein Teil der Nervenzelle, und zwar ihr Fortsatz. Es ist nämlich ein charakteristisches Merkmal der Nervenzelle, dass von ihr wenigstens ein fadenartiger Ausläufer ausgeht, welcher einen grösseren oder kleineren Verbreitungsbezirk besitzt; am häufigsten aber besitzt die Zelle mehrere fortsatzartige Ausläufer. Einer dieser Ausläufer geht in eine Nervenfasern über und heisst Nervenfortsatz oder Deiters'scher Fortsatz. Die übrigen Fortsätze heissen Protoplasmafortsätze oder Dendriten. Selbständige Nervenfasern giebt es im tierischen Organismus nicht, sie stehen immer mit den Nervenzellen in direktem Zusammenhang. Zum Ausdruck dessen, dass jede Nervenzelle samt Nervenfortsatz und Dendriten eine in sich abgeschlossene Nerveneinheit bilden, wurde für dieselben die Bezeichnung „Neuron“ (Waldeyer) eingeführt. Das Nervensystem setzt sich nur aus solchen Neuronen zusammen. Wir werden zuerst die Nervenzelle selbst, alsdann die Verlängerung ihres Fortsatzes, d. i. die Nervenfasern näher besprechen.

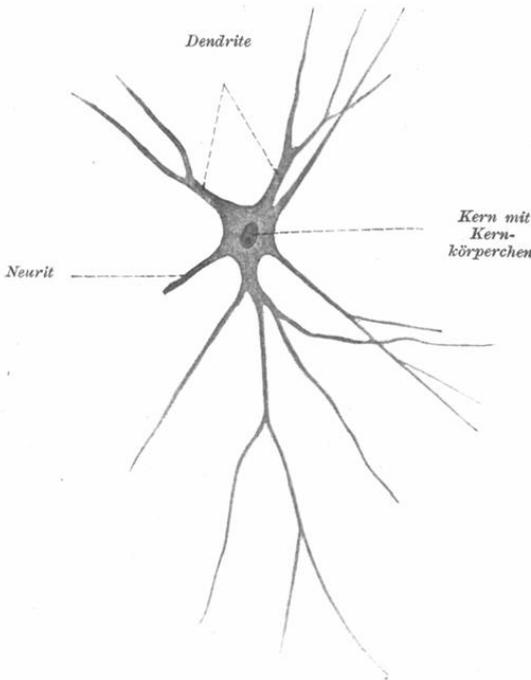
A. Nervenzelle.

Die Nervenzellen (auch Ganglienzellen genannt) sind von sehr verschiedener Grösse (4—135 μ Durchmesser bei den Säugtieren, bei den Fischen erreichen manche Nervenzellen sogar 200 μ)

und mannigfaltiger Gestalt. Die letztere kann kugelig, birnförmig, spindelförmig, vieleckig oder unregelmässig sternförmig sein. Es hängt dies von der Menge der Fortsätze ab, welche die Zelle abgibt.

Die Fortsätze der Nervenzellen können in zwei Hauptarten eingeteilt werden:

a) Den Nervenfortsatz (Achsenzylinderfortsatz,



Neuraxon, Neurit), welcher sich schneller als andere Fortsätze entwickelt und an Präparaten, welche mittelst der Golgi'schen Methode angefertigt worden sind, sich als zarte, feine, glattrandige, mit einem kleinen Ursprungskegel von der Zelle entspringende Faserdarstellt. Dieser Fortsatz erreicht oft eine bedeutende Länge (manchmal bis über 1 m), kann das Gebiet des Zentralnervensystems verlassen und als Achsenzylinder in eine periphere Nervenfasern übergehen.

Fig 58.

Multipolare Nervenzelle aus dem verlängerten Mark eines Kaninchens; Nervenfortsatz (Neurit) abgerissen.

Ca. 150 mal vergrößert.

Andererseits kann der Nervenfortsatz,

ohne in periphere Nerven überzugehen, innerhalb des Zentralnervensystems mit einer Verästelung endigen. Die langen Nervenfortsätze geben gewöhnlich seitwärts einige Ästchen, sog. Collateralen (in die graue Substanz) ab, welche sich in der Nähe von Nervenzellen verästeln und daselbst endigen.

b) Dendriten (Protoplasmafortsätze). Sie entwickeln sich später als die Nervenfortsätze. An Golgi-Präparaten erscheinen

sie gewöhnlich im Gegensatz zu den Nervenfortsätzen nicht glatt, sondern mit kleinen Zacken besetzt und plump. Ausserdem unterliegen sie bald einer reichlichen Verästelung. (Fig. 60.)

Die letzten verästelten Enden sowohl der Nervenfortsätze als auch der Protoplasmafortsätze heissen *Telodendria* (Rauber).

Die Nervenzellen kann man mit Bezug auf die Menge der Fortsätze in uni-, bi- und multipolare (Fig. 58) Zellen einteilen. Es geht von jeder Nervenzelle immer ein Nervenfortsatz ab. Die Zahl der Dendriten unterliegt dagegen bedeutenden Schwankungen.

Unipolare Zellen sind relativ selten. Wir finden solche Zellen im Nervensystem der Evertibraten, in den sympathischen Ganglien der Amphibien, in der Riechschleimhaut als Sinneszellen (Riechzellen) und in den Spinalganglien der Säuger und des Menschen.

Bezüglich der letzteren überzeugte man sich, dass ihr Achsencylinderfortsatz sich in einer gewissen Entfernung von der Zelle dichotomisch teilt, indem er zwei Nervenfasern abgibt, von denen eine peripher und die andere zentral in das Rückenmark verläuft. Die durch die Teilung der Faser entstandenen zwei Arme gehen so auseinander, wie die Arme der Buchstaben Y oder T (Type en T, Ranvier). (Fig. 61 d.)

Forschungen über die Entwicklung der Spinalganglien haben dargethan, dass die bei Erwachsenen unipolaren Zellen, bei Embryonen bipolar sind; mit fortschreitender Entwicklung nähern sich jedoch beide Fortsätze einander und verschmelzen

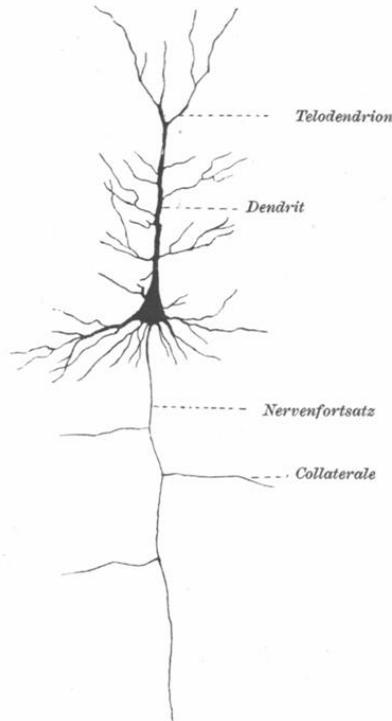


Fig. 59.

Pyramidenzelle aus der Grosshirnrinde des erwachsenen Menschen (nach einem Präparat v. Dr. A. Bochenek).

Ca. 150 mal vergrössert.

schliesslich in einen Fortsatz, wodurch die bipolare Zelle zu einer unipolaren wird.

Bipolare Zellen (Fig. 61 a, b) finden wir in den Spinalganglien der Fische und im Ganglion spirale. In solchen Zellen bestehen zwar zwei Fortsätze, von denen jeder in den Achsen-cylinder der Nervenfasern übergeht, es entspricht jedoch der peripherische Fortsatz einem Dendriten.

Multipolare Zellen (Fig. 58) besitzen je einen Nervenfortsatz und mehrere Dendriten. Ihre Einteilung kann das obenbeschriebene verschiedene Verhalten des Nervenfortsatzes zur

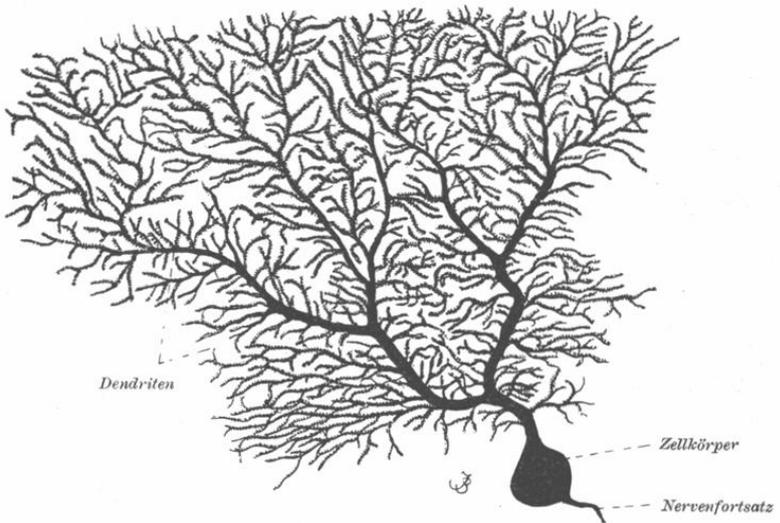


Fig. 60.

Pürkinje'sche Zelle aus der menschlichen Kleinhirnrinde.

Ca. 225 mal vergrössert.

Grundlage haben. Durchläuft ein Fortsatz grössere Räume und geht er in eine selbständige Nervenfasern über (Neuraxon, v. Kölliker), so haben wir es mit Zellen des sog. Deiterschen Typus zu thun; geht dagegen der Nervenfortsatz in eine selbständige Nervenfasern nicht über und endigt er (in der grauen Substanz) unweit der Nervenzelle (Neuropodium, v. Kölliker), so sind dies Zellen des sog. Golgi'schen Typus.

Bezüglich der Bedeutung der Fortsätze der Nervenzellen ist ein Teil der Autoren (Golgi und dessen Schule, Nansen) der Ansicht, dass nur die Nervenfortsätze die leitenden Teile der Neuronen sind, während sie die Protoplasmafortsätze als

Ernährungsorgane der Zelle betrachten. Die Mehrzahl der Autoren (Ramon y Cajal, van Gehuchten, Retzius etc.) sind dagegen der Ansicht, dass sowohl Nerven- als auch Protoplasmafortsätze die Fähigkeit und die Aufgabe haben, die Impulse zu übertragen. Nach Ansicht Ramon's y Cajal besitzen die Protoplasmafortsätze ausschliesslich die Fähigkeit, den empfangenen Reiz auf die Zelle (cellulipetal) zu übertragen, die Nervenfortsätze dagegen die Fähigkeit, die Impulse von der Zelle (cellulifugal) fortzuleiten.

Man kann sich auf diese Art leicht vorstellen, auf welche Weise sich Impulse von einer Nerveneinheit (Neuron) der anderen mitteilen. (Siehe Fig. 212.)

Nach dieser Anschauung würden alle peripheren Fasern der Sinnesnerven, welche Eindrücke von der Aussenwelt empfangen und dieselben den Ganglienzellen zuführen, den Protoplasmafortsätzen entsprechen, während z. B. die Fasern der motorischen Nerven, welche die Impulse von der Zelle zu den Muskeln leiten, den Nervenfortsätzen entsprechen würden.

Auf Grund der Ergebnisse neuerer Methoden (vor allem Golgi's) hat gegenwärtig die Ansicht beinahe allgemeine Annahme gefunden, dass die einzelnen Neurone untereinander nur in einem Kontaktverhältnisse stehen. Ebenso stehen auch die Telodendrien mit anderen Organen bloss per contiguitatem in Verbindung; eine direkte Verbindung tritt angeblich nie ein. Die Gestalt und das Verhalten der Telodendrien an der Peripherie des Körpers werden wir später bei der Besprechung der Nervenendigungen beschreiben. Die Telodendrien treten innerhalb der Nervenzentren in verschiedenen Formen auf, umspinnen in Form von Körben andere Nervenzellen oder klettern an den Dendriten einer anderen Zelle, indem sie Faserkörbe, Kletterfasern u. s. w. bilden (siehe auch Spezielles über Nervensystem). Solche Endkörbe sind in Fig. 62 veranschaulicht.

Die seit wenigen Jahren bestehende Neuronenlehre erfreute sich bis unlängst einer fast allgemeinen Anerkennung. Erst die in erster Linie durch

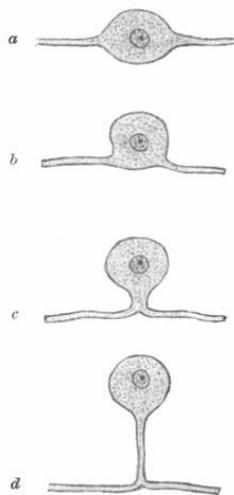


Fig. 61.

Halb-schematische Darstellung der Übergangsformen von den bipolaren zu den unipolaren Nervenzellen (type en T).

Apáthy vorgenommenen Untersuchungen haben Thatsachen zu Tage gefördert, welche mit der bisher bestehenden Lehre einigermaßen im Widerspruche stehen und der Neuronenlehre den Boden zu entziehen scheinen. Er fand nämlich, dass zwischen den Ganglienzellen direkte Verbindungen vorkommen und hält dafür, dass das Nervensystem sich in morphologische Einheiten — Neurone —, welche miteinander bloss per contiguitatem im Zusammenhange wären, nicht teilen liesse; er behauptet vielmehr, dass Primitivfibrillen verschiedener Neurone sich per continuitatem miteinander verbinden. Das ganze Gewicht legt er auf die Neurofibrillen, welche für das Nervensystem spezifisch und wesentlich sein sollen. Die Fibrillen passieren ohne Unterbrechung die Ganglienzellen, in welchen sie ein Gitterwerk bilden.

Was den Körper der Nervenzelle betrifft, so zeigt derselbe gewisse Einzelheiten im Bau, worüber uns die Forschungen der

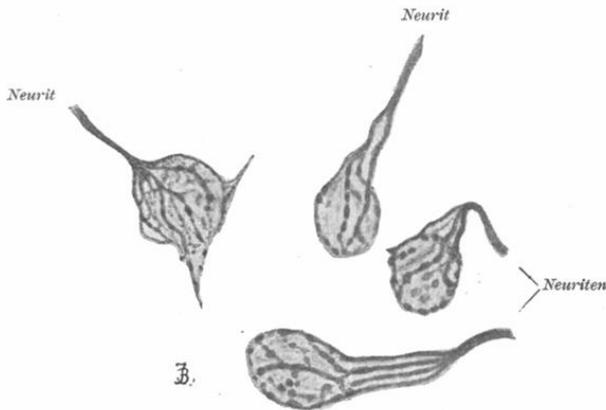


Fig. 62.

Endapparate der Neuriten aus dem Trapezkern eines Kaninchens.

Die Körbe umspinnen die Zellkörper; im linken Korbe erstrecken sich die Verlängerungen der Teiläste auf die Dendriten (nach einem Methylenblaupräparate [Methode S. Meyer]). Ca. 700 mal vergrößert.

letzten Jahre belehrten. Alle Nervenzellen besitzen einen fibrillären Bau. Sowohl der Zelleib, als auch beide Arten der Ausläufer besitzen diese fibrilläre Beschaffenheit. Die Fibrillen des Nervenfortsatzes strahlen in die Zelle ein, was sich im Zellkörper mehr oder weniger weit verfolgen lässt. Die Fibrillen verlaufen gewöhnlich konzentrisch, einander parallel, durchsetzen den ganzen Zellkörper und zeigen oft Verästelungen und Querverbindungen, so dass eine netzförmige Anordnung resultiert. Wir finden dies hauptsächlich in der mittleren Partie der Zelle, welche ein verästeltes Faserwerk einnimmt (Flemming). Das Protoplasma der Nervenzellen enthält überdies sehr feine, aber zahlreiche, stark chromatophile (färbbare) Körnchen.

Diese Einlagerungen sind gewöhnlich spindelförmiger Gestalt und heissen Körnerschollen (nach Lenhossék Tigroid-schollen). Innerhalb der Dendriten finden wir an ihrem Anfang ebenfalls Tigroideinlagerungen, während wir dieselben im Ursprungshügel des Nervenfortsatzes nicht vorfinden. (Fig. 63.) Das Verhältnis dieser Körnerschollen zu den Fibrillen des Zellkörpers ist noch nicht sicher aufgeklärt. Einige Autoren behaupten, dass dieselben mit den Fibrillen, als Anlagerungen von Körnchen an den letzteren, im Zusammenhange stehen, andere dagegen, dass sie von denselben unabhängig und in Zwischenräumen zwischen den Fibrillen verteilt seien.

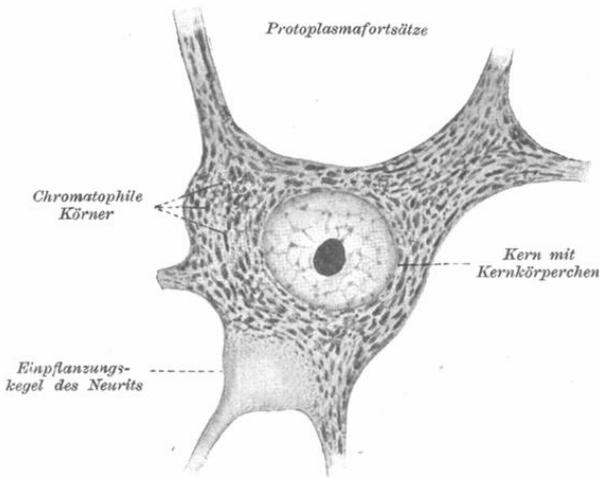


Fig. 63.

Nervenzelle aus dem Vorderhorn des Rückenmarkes eines Kalbes.

Chromatophile Körner sind mit Methylenblau (Methode von Nissl) gefärbt. Ca. 950 mal vergrössert.

Der fibrilläre Bau des Zellkörpers der Nervenzellen ist gegenwärtig bereits allgemein anerkannt. Nur wenige Autoren betrachten die Körnerschollen nicht als natürlich, sondern als künstlich hervorgerufene Produkte, welche unter dem Einflusse des Absterbens der Zelle entstanden sein sollen (Held). Dieselben haben jedoch wahrscheinlich eine wichtige trophische und regulatorische Bedeutung im Leben und in der Funktion der Nervenzellen (Marinesco); es ist möglich, dass wir es hier mit Stoffwechselprodukten zu thun haben. Dafür sprechen die Untersuchungen Lugaro's, welcher fand, dass bei

chronischer Arsenikvergiftung die Körnerschollen in der Peripherie der Nervenzellen untergehen. In jüngster Zeit ist es einigen Autoren (Apáthy, Bethe, Golgi, Verrati) gelungen, innerhalb des Körpers der Nervenzellen ein kernumgebendes Netzwerk von Fibrillen nachzuweisen, welche die Reaktion von Primitivfibrillen gaben. Die zwei erstgenannten Autoren waren sogar im stande, den Zusammenhang dieses Netzwerkes mit Primitivfibrillen der Fortsätze der Nervenzelle aufzufinden.

Die Spinalganglienzellen und sympathischen Zellen besitzen ein Centrosoma (Lenhossék); es gelang nicht, dasselbe in anderen Nervenzellen nachzuweisen.

Innerhalb des Protoplasmas finden wir manchmal, vorzüglich bei älteren Individuen, Häufchen von gelbbraunen Pigmentkörnchen.

Der Kern der Nervenzellen ist charakteristisch. Derselbe ist in der Regel in der Einzahl vorhanden, ist gross, hell, bläschenförmig, besitzt eine deutliche Kernmembran, gewöhnlich einen grossen Nucleolus und nur eine spärliche Menge Chromatin.

Eine Zellmembran im eigentlichen Sinne des Wortes besitzt die Nervenzelle nicht. Peripher liegende Nervenzellen erhalten dagegen gewöhnlich sekundäre Hüllen bindegewebigen Ursprungs (hierüber später).

Im Zusammenhange mit den hier beschriebenen Einzelheiten des verwickelten Baues des Nervenzellenkörpers sprechen verschiedene Autoren (Nissl, Mann, Pugnatz, Goldscheider und Flatau, Luxenburg, Szczawinska u. a.) ihre Ansicht bezüglich der funktionellen Veränderungen im Bau der Nervenzellen d. h. der Abhängigkeit der Struktur von dem Zustande der Thätigkeit und Ruhe der Zellen aus.

B. Die Nervenfasern.

Die Verlängerung des Nerven- oder Protoplasmafortsatzes der Nervenzelle bildet den in der Achse der Nervenfasern liegenden Achsencylinder. Derselbe ist der wesentlichste und einzige, eigentlich nervöse Teil der Nervenfasern. Andere Teile, d. i. die Hüllen, sind sekundär und können auch ganz fehlen.

Wir teilen die Nervenfasern nach der Anzahl und Art ihrer Hüllen in verschiedene Kategorien ein. Untersuchen wir zuerst den Querschnitt einer am meisten komplizierten Nervenfasern, welche mehrere Hüllen besitzt, bei stärkerer Vergrösserung, so

finden wir im Zentrum den Achsencylinder. (Fig. 64 und 69.) An diesen schliessen sich in konzentrischer Anordnung nach aussen an: die Markscheide, die Schwann'sche Scheide und die Henle'sche Scheide.

Der Achsencylinder läuft ununterbrochen nach seinem Austritt aus der Nervenzelle bis zur Nervenendigung selbst. Er zeichnet sich durch ein starkes Lichtbrechungsvermögen aus und besitzt als Verlängerung des Fortsatzes der Nervenzelle, gleich derselben, fibrilläre Struktur, enthält aber keine Körnerschollen.

Er stellt sich sowohl während des Lebens als auch gewöhnlich nach dem Tode homogen dar, weshalb einige Autoren den Achsencylinder für strukturlos hielten.

Erst bei Anwendung gewisser Methoden zeigt es sich, dass er fibrilläre Struktur besitzt, d. i. eine Zusammensetzung aus einer grösseren Anzahl von Primitivfibrillen (Neurofibrillen), zwischen welchen sich eine unbedeutende Menge sehr weichen Neuroplasmas befindet. (Fig. 70.) Der Achsencylinder ist sehr zart und gegen den Einfluss von Reagentien sehr empfindlich. Einige der letzteren bewirken eine Schrumpfung desselben, andere eine Quellung, wieder andere lösen ihn vollständig auf.

Es wird fast allgemein angenommen, dass diese Primitivfibrillen die Fähigkeit des nervösen Leitens besitzen und dass jede Neurofibrille eine besondere und ununterbrochene Leitungsbahn bildet. (M. Schultze, Apáthy u. a.)

Die Markscheide (Fig. 64), welche den Achsencylinder ringsum deckt, besteht aus Myelin, einer fettartigen, zähflüssigen, homogenen, stark lichtbrechenden und leicht gerinnenden Substanz.

Die myelinhaltigen Nervenfasern zeigen die sog. Doppelkonturierung, welche den inneren und äusseren Grenzen der im optischen Durchschnitt gesehenen Markscheide entspricht. Nach einigen

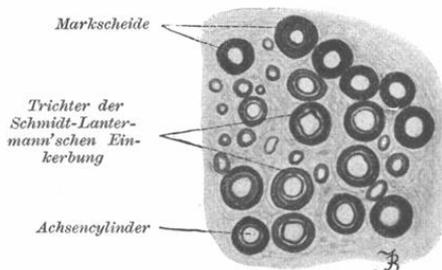


Fig. 64.

Aus einem Querschnitt durch den mit Osmiumsäure behandelten Nerven.

Ca. 350 mal vergrössert.

Autoren (Schultze, Ranvier, Friedländer u. a.) ist die Doppelkonturierung eine normale, nach anderen Henle (v. Kölliker), eine postmortale Erscheinung.

Bald nach dem Tode treten gewöhnlich Veränderungen in der Markscheide ein, sogenannte Gerinnungserscheinungen. Die Kontur der Nervenfasern wird buchtig und das Myelin nimmt namentlich dort, wo es aus den Enden der abgerissenen Fasern herausfließt, die Gestalt von Klumpen, Keulen und unregelmässigen Tropfen an. Diese Scheide umgiebt den Achsencylinder nicht kontinuierlich, sondern zeigt in ihrem Verlaufe Unterbrechungen zweierlei Art. Mit Übersmiumsäure behandelte Nervenfasern geben hiervon ein anschauliches Bild. Diese Säure färbt nämlich Myelin schwarz, ähnlich wie die Fette, während die Unterbrechungen, welche kein Myelin enthalten,



Fig. 65.

Stück einer markhaltigen Nervenfasern aus dem Nervus ischiadicus des Frosches, Ranvier'sche Einschnürung (*b*) und Schmidt-Lanterman'sche Einkerbungen (*a*) zeigend, mit Osmiumsäure behandelt.

Ca. 370 mal vergrössert.

ungefärbt bleiben. Diese Unterbrechungen unterscheiden wir als Schmidt-Lantermann'sche Einkerbungen und als Ranvier'sche Einschnürungen.

Die ersteren sind trichterförmige, in kleinen und ungleichen Zwischenräumen befindliche Einschnitte, welche bis zum Achsencylinder vordringen und das Myelin in cylindronische Segmente teilen. Die Spitze dieser trichterförmigen Einkerbungen ist, wie Fig. 65 zeigt, bald gegen die Zentralorgane, bald gegen das peripherische Ende des Nerven gerichtet. Ein Teil der Autoren betrachtet diese Einkerbungen als Kunstprodukte, welche durch Fixierungsmethoden oder das Absterben des Gewebes hervorgerufen werden; andere dagegen sehen sie als natürlich an und sind der Meinung, dass in den Unterbrechungen sich eine vom Myelin verschiedene Substanz befindet.

Die Ranvier'schen Einschnürungen (Fig. 65) sind grosse, ringförmige Unterbrechungen und in Nervenfasern von

derselben Stärke in ungefähr gleichen Abständen vorhanden. Durch dieselben wird die markhaltige Nervenfasern in die sog. interannulären oder Ranvier'schen Segmente geteilt. Die Unterbrechungen des Myelins durch diese Einschnürungen sind so bedeutend, dass der Achsencylinder mittelst Kittsubstanz mit der nächstfolgenden Scheide, d. i. dem Neurilemma, in Verbindung tritt. Diese Unterbrechungen im Myelin sind wahrscheinlich für die Ernährung des Achsencylinders von Bedeutung, denn an diesen Stellen kann beim Fehlen des Myelins die Ernährungsflüssigkeit leicht zu demselben gelangen. Die Gegend der Ranvier'schen Einschnürungen zeigt gewisse bemerkenswerte Einzelheiten im Bau. Bei der Behandlung des Nerven mit Lösungen von salpetersaurem Silber und nachfolgender Reduktion desselben tritt am Achsencylinder oft eine bräunliche Querstreifung (Fromman'sche Silberlinien) auf, welche jedoch als Kunstprodukt anzusehen ist. Diese Querstreifung ist unmittelbar an der Einschnürung am deutlichsten und verliert sich nach beiden Seiten immer mehr. Gleichzeitig weist die Höllesteinlösung in der Einschnürung selbst eine gewisse Menge von Kittsubstanz nach, die bei dieser Behandlung eine charakteristische dunkelbraune Färbung zeigt. Die Kittsubstanz tritt hier in Form eines Ringes oder einer Scheibe auf, welche in ihrer Mitte den Achsencylinder durchtreten lässt und selbstverständlich vom Achsencylinder bis zur Schwann'schen Scheide reicht. Betrachten wir diese Kittsubstanzscheibe von der Schmalseite, so erscheint sie in Form eines zum Achsencylinder quer gelagerten Streifens. Es wird somit unter Einwirkung von Höllesteinlösung ein Kreuz gebildet, dessen Querbalken die Kittsubstanz, dessen Längsbalken die längs des Achsencylinders entstandenen Niederschläge (Fromman'sche Linien) darstellen. Ranvier hat dieselben zuerst beschrieben, deshalb heißen sie auch Ranvier'sche Kreuze. (Fig. 66.)

Wenn wir markhaltige Nervenfasern in Äther oder Alkohol kochen, so löst sich das Myelin auf, und es bleibt nur ein feines Netzwerk zurück, welches in Scheidenform den Achsencylinder umgiebt. Da die Substanz dieses Netzwerkes die mit dem Keratin gemeinsame Eigenschaft besitzt, von

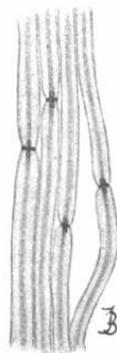


Fig. 66
Markhaltige Nervenfasern des Kaninchens mit *Argentum nitricum* behandelt und Ranvier'sche Kreuze zeigend.

Ca. 300 mal vergrößert.

Trypsin nicht angegriffen zu werden, so nannte man dasselbe Neurokeratinnetz (Ewald u. Kühne). (Fig. 67.) Einige Autoren fassen diese Scheide als Kunstprodukt auf, indem sie darin das Ergebnis einer postmortalen Gerinnung oder durch Reagentien hervorgerufener Veränderungen erblicken (v. Kölliker, Ramon y Cajal).

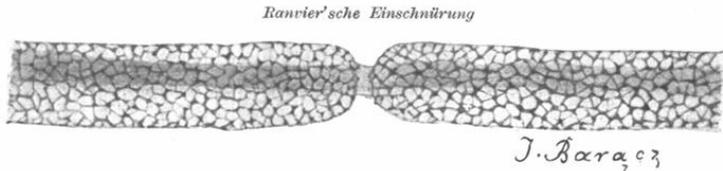


Fig. 67.

Stück einer in Alkohol absol. gekochten markhaltigen Nervenfasers des Frosches.

In der Mitte ist der Achsencylinder und rings um ihn das Neurokeratinnetz zu sehen. Ca. 650 mal vergrößert.

Die Schwann'sche Scheide oder das Neurilemma liegt der Markscheide aussen genau an und trifft in der Gegend der Ranvier'schen Einschnürung mit der Scheibe der Kittsubstanz zusammen. (Fig. 65, 66.) Das Neurilemma erscheint als ein sehr feines, homogenes und kontinuierliches, über die Ranvier'schen Einschnürungen hinwegziehendes Häutchen. Es weist in

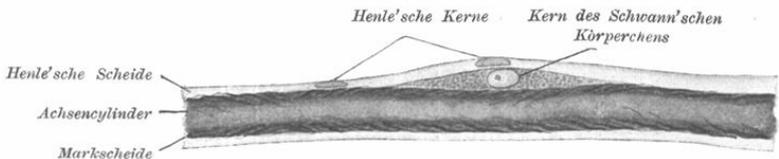


Fig. 68.

Stück einer markhaltigen Nervenfasers aus dem N. radialis des Menschen mit Osmiumsäure behandelt.

Es sind Schwann'sche und Henle'sche Kerne zu sehen. Ca. 400 mal vergrößert.

seinem Verlaufe Kerne auf, welche, das Myelin einbuchtend, gleichsam in den entsprechenden Vertiefungen des letzteren liegen. Rings um jeden Kern befindet sich eine spärliche Menge körnigen Protoplasmas, welches, ähnlich wie der Kern, eine länglich-ovale Form zeigt. (Fig. 68.) Dieses Protoplasma liegt samt dem Kern unmittelbar der Markscheide an und umfasst zur Hälfte die Nervenfasers. Die Kerne der Schwann'schen Scheide samt der

Protoplasmaansammlung kann man Schwann'sche Körperchen nennen.

Man erhält einen Begriff von der Gestalt und Lagerung dieser Kerne und der Protoplasmaansammlung, wenn man dieselben am Quer- und Längsschnitt der Nervenfasern betrachtet. (Fig. 68 u. 69.)

Am Querschnitte der markhaltigen Nervenfasern (Fig. 69) durch das Schwann'sche Körperchen erscheint das letztere halbmondförmig, die Nervenscheiden dagegen in Form konzentrischer Kreise rings um den Achsencylinder.

Bei höheren Wirbeltieren befindet sich immer nur ein Kern zwischen zwei Ranvier'schen Einschnürungen oder in einem Ranvier'schen Segmente.

Manche Autoren (Ranvier, Vignal) sind der Ansicht, dass die Schwann'sche Scheide an jeder Ranvier'schen Einschnürung unterbrochen ist. Die an der Stelle der Einschnürung vorhandene Kittsubstanz dient, ihrer Ansicht nach, zur Verbindung der einzelnen aneinanderstossenden Segmente der

Schwann'schen Scheide. Einige Autoren, welche noch weiter gehen, sehen die Schwann'sche Scheide sich an jeder Einschnürungsstelle gegen die Mitte zu unter die Markscheide abbiegen und in die unmittelbar am Achsencylinder liegende sog. Mauthner'sche Membran (oder das innere Neurilemma) übergehen. (Fig. 70.)

Indem die ersteren Autoren behaupten, dass die Schwann'sche Scheide über die Ranvier'sche Einschnürung kontinuierlich hinwegzieht, stellen sie, entgegen der Ansicht der letzteren Autoren, das Vorhandensein der Mauthner'schen Membran oder wenigstens den Übergang der Schwann'schen in die Mauthner'sche Scheide in Abrede.

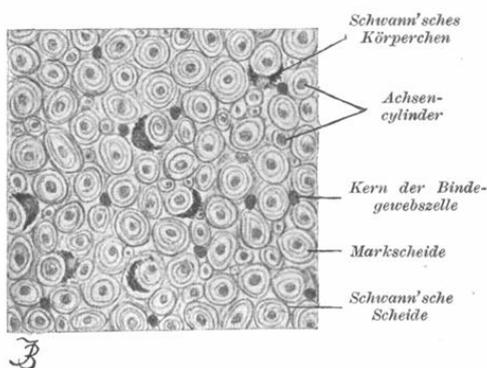


Fig. 69.

Aus einem Querschnitte durch einen mit Müller'scher Flüssigkeit und Safranin behandelten Nervus medianus des Menschen.

Es sind mehrere Schwann'sche Kerne zu sehen. Ca. 380 mal vergrößert.

Die Anschauungen über den Wert der einzelnen Teile der markhaltigen Nervenfasern sind bei der Verschiedenheit der Ansichten bezüglich der Entwicklung dieser Fasern bis heute nicht geklärt.

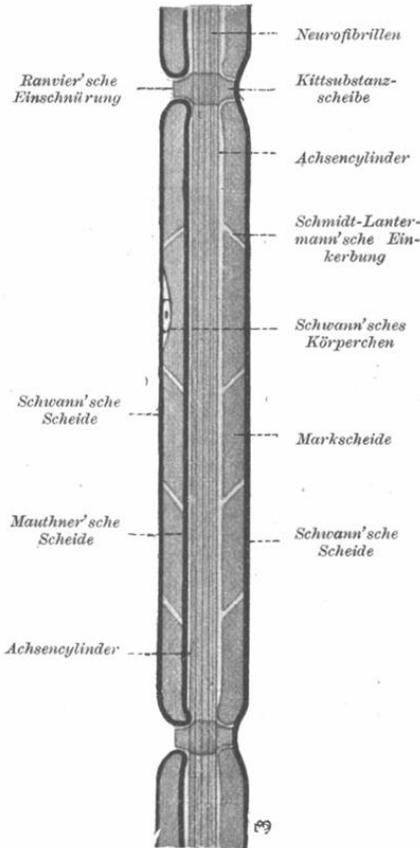


Fig. 70.

Schema des Baues der markhaltigen Nervenfasern, welches zwei verschiedene Ansichten über das Verhalten der Mauthner'schen und Schwann'schen Scheide veranschaulicht.

Vergleiche die rechte und linke Seite.

Einige Autoren (Ranvier, Vignal, Boveri, Fürst) halten dafür, das Myelin sei innerhalb des Protoplasmas der Bindegewebszellen entstanden, welche den Hüllen überhaupt den Ursprung geben sollen, wie dies ähnlich bei der Bildung

So ist nach der beinahe allgemein angenommenen Ansicht (Kuppfer, His etc.) der Achsenzylinder ein Ausläufer einer Ganglienzelle, welcher sehr bedeutend in die Länge gewachsen ist und an dem freien, wachsenden Ende eine keulenförmige Verdickung (Wachstumskeule) besitzt. Die den Achsenzylinder umgebenden Hüllen sollen einen ganz anderen Ursprung haben und aus Bindegewebszellen entstehen, welche, an den Achsenzylinder reihenweise herantretend, denselben röhrenförmig umgeben.

Die durch Hensen, Balfour, Gegenbaur u. a. vertretene Ansicht, dass die Nervenfasern aus Zellenketten entstanden, hat gegenwärtig nur sehr wenige Anhänger. Nach der Ansicht dieser Autoren soll aus einer jeden der Zellen, welche sich reihenweise lagern, ein Abschnitt des Achsenzylinders sowie auch ein Abschnitt der Mark- und Schwann'schen Scheide entstehen. Es sollen demnach sowohl der Achsenzylinder als auch die Scheiden aus einzelnen Gliedern bestehen, welche miteinander verschmelzen.

Bezüglich der Entstehung der Markscheide bestehen auch verschiedene An-

des Fettes innerhalb der Bindegewebszellen der Fall ist. Nach dieser Ansicht stellen alle Scheiden im Bereich eines interannulären Segmentes zusammengenommen den Wert einer Zelle dar. Dieselben Autoren betrachten die Schwann'sche und Mauthner'sche Scheide als Zellhaut dieser röhrenförmig veränderten Zellen, die Schwann'schen Kerne dagegen samt dem umgebenden Protoplasma als unveränderte Überreste dieser Zellen. Bei Festhaltung dieser Ansicht stösst die Erklärung der Entwicklung des Myelins in den markhaltigen Fasern des Zentralnervensystems, welche weder die Schwann'sche Scheide noch auch die Schwann'schen Körperchen enthalten, auf grosse Schwierigkeiten.

Dies gab die Veranlassung, eine andere Erklärung der Entstehung des Myelins zu suchen. So schreiben einige Autoren dem Achsencylinder eine Bedeutung bei der Bildung der Markscheide zu (Key und Retzius, Kölliker, Westphal u. a.), andere dagegen betrachten das Myelin als eine Substanz extracellulärer (exogener) Herkunft, welche direkt dem Blute entstammt und rings um den Achsencylinder deponirt wird (Boll, Wlassak).

Die Markscheide hat wahrscheinlich die Aufgabe eines Isolators für den Achsencylinder, sie übt jedenfalls einen grossen Einfluss auf die Erregbarkeit der Nerven aus. Dies beweist die Thatsache, dass die Nerven des Neugeborenen bloss eine geringe Erregbarkeit besitzen, und dass die Erregbarkeit gleichmässig mit der Entwicklung der Markscheide zunimmt (Westphal, Bechterew, Held und Ambronn u. a.).

Die myelinhaltigen Nervenfasern besitzen gewöhnlich noch eine Hülle ausserhalb der Schwann'schen Scheide, welche man vor allem an den einfach verlaufenden Fasern am leichtesten beobachten kann. (Fig. 68.) Diese Scheide ist bindegewebigen Ursprungs und zeigt manchmal fibrilläre Struktur, manchmal erscheint sie dagegen strukturlos, homogen, und ist nach innen konstant mit einer Schicht platter Epithelzellen ausgekleidet, deren Grenzen sich wegen des Vorhandenseins von Kittsubstanz mit Höllesteinlösung nachweisen lassen. Diese Hülle heisst nach Retzius Endoneuralscheide der Nervenfasern (oft auch Henle'sche Scheide genannt).

Die soeben beschriebenen Nervenfasern komplizierter Struktur, welche sogar drei Scheiden besitzen können, finden wir in den Stämmen der cerebro-spinalen Nerven. Diese Fasern sind

von verschiedener Dicke (von 1 bis über 20 μ Durchmesser). Gewöhnlich sind die längsten Fasern auch zugleich die dicksten. Die Teilung einer myelinhaltigen Nervenfaser, gewöhnlich in 2, manchmal auch in 3 und 4 Äste, tritt immer in der Ranvier'schen Einschnürung selbst ein, hierbei nimmt die Nervenfaser gewöhnlich an Dicke ab. Aber auch den obigen Fasern fehlen an gewissen Stellen die Scheiden, z. B. am letzten Abschnitt, wo sie in Nervenendigungen übergehen

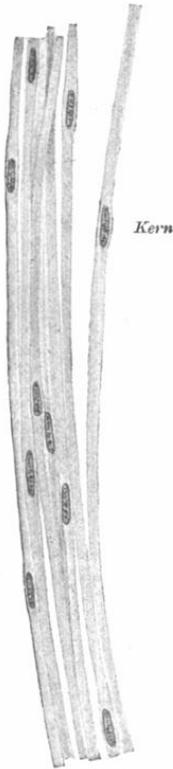


Fig. 71.

Marklose (Remak'sche) Fasern aus dem Hals-Sympathicus des Kaninchens.

Ca. 300 mal vergrössert.

Den markhaltigen Nervenfasern kann die Schwann'sche und Endoneuralscheide fehlen, wie dies im Zentralnervensystem der Fall ist, wo die Nervenfasern bloss aus dem Achsencylinder und der Markscheide bestehen.

Wir gehen zu den Nervenfasern von einfacherem Bau, zu den sog. marklosen oder sympathischen Nervenfasern über (Fig. 71), bei welchen eben der Mangel der Markscheide ein charakteristisches Merkmal bildet. Solche Fasern gehören bei ausgewachsenen Wirbeltieren nur dem sympathischen Nervensystem an. Die marklosen Fasern, auch Remak'sche Fasern genannt, sind feine, 1—2 μ dicke Fasern, welche eine direkte Fortsetzung des Nervenfortsatzes der sympathischen Ganglienzellen darstellen. Dieselben besitzen keine Markscheide, dagegen ist jede Faser von einer feinen Hülle umgeben, welche der Schwann'schen Scheide vollkommen entspricht. Dieselbe besitzt nämlich in gewissen Entfernungen längliche Kerne, welche an beiden Enden eine geringe Menge Protoplasma aufweisen. Diese Hülle scheint eine Fortsetzung der feinen Kapsel zu sein, welche die sympathische Zelle bedeckt, und ist bindegewebigen Ursprungs.

Von einem noch einfacheren Bau sind die Riechnerven. Es sind dies sehr feine (unter $\frac{1}{2}$ μ dicke) Fäserchen, welche den nackten Achsencylindern entsprechen. Hier findet man deshalb auch öfter wie in anderen Nervenfasern varicös veränderte, rosenkranzartig verdickte Achsencylinder, was auf deren Empfind-

lichkeit gegen Reagentien hinweist. Die Bündel dieser Fasern sind von einer gemeinsamen homogenen Scheide umgeben, welche Kerne besitzt. Diese Hülle entspricht der Schwann'schen Scheide nicht, weil diese letztere, wie bereits bemerkt, nur die einzelnen Fasern und nicht die Bündel umhüllt.

Auf welche Art die Nervenfasern mittels des Bindegewebes in grössere Nervenbündel verbunden sind, wird im speziellen Teil, im Abschnitte „Nervensystem“ besprochen werden.

A N H A N G.

C. Blut und Lymphe.

Am Schlusse des ersten Theiles wollen wir noch das Blut und die Lymphe besprechen, welche weder den Organen beigezählt werden können, noch auch das Gewebe im eigentlichen Sinne des Wortes darstellen.

Sie bilden nämlich eine lose Vereinigung geformter Elemente innerhalb flüssiger Intercellularsubstanz. Blut und Lymphe sind demnach Flüssigkeiten und könnten als Gewebe mit flüssiger Intercellularsubstanz betrachtet werden.

1. Das Blut.

Das Blut des Menschen und der höheren Tiere ist eine rote Flüssigkeit, welche aus Blutplasma (Intercellularsubstanz) und geformten Elementen: Blutzellen, Blutplättchen und Elementarkörnchen besteht. Wir unterscheiden zwei Arten Blutzellen: rote (farbige) und weisse (farblose).

Die ersteren (auch Erythrocyten genannt) enthalten roten Blutfarbstoff, das sog. Hämoglobin, welches ihnen und dem ganzen Blute in dünnen Schichten einen gelblichen Farbenton, oft mit einem leichten Stich ins Grünliche, in dickeren Schichten dagegen eine deutlich rote Farbe verleiht.

Die roten Blutzellen sind bei Säugetieren fast ausnahmslos platte, kreisrunde, stets kernlose Gebilde, welche an beiden Oberflächen leichte Vertiefungen, sog. Dellen, besitzen und dadurch in ihrer Form an bikonkave Linsen erinnern. Der Rand, mit welchem beide Flächen aneinander stossen, ist abgerundet.

Betrachten wir ein Blutkörperchen von der Fläche, so erscheint die Mitte derselben, als der Sitz der Delle, je nach der

Einstellung des Mikroskopes dunkler oder heller als die Randpartien. Bei Seitenbetrachtung hat das Blutkörperchen auf dem optischen Durchschnitt Biscuitform, da die auf beiden Flächen befindlichen Dellen eine Einschnürung bewirken.

Die roten Blutzellen sind bei verschiedenen Tieren verschieden gross. Der Durchmesser derselben beträgt 2.5μ (bei *Moschus javanicus*) bis 9.4μ (*Elephas indicus*). Beim Menschen misst er 7.5 ($7.2-7.8$) μ . Die dünnere Mittelpartie ist 1.9μ stark. An Grösse nähern sich den menschlichen die Blutzellen des Hundes, Meerschweinchens und Kaninchens. Ovale rote Blutkörperchen finden wir im Säugetierreiche nur beim Lama und beim Kameel. Die ovale Form macht sie den roten Blutzellen der niederen Wirbeltiere ähnlich.

So haben die roten Blutzellen der Fische, Amphibien, Reptilien und Vögel ovale Gestalt und sind bikonvex. Überdies besitzen sie im Gegensatze zu den roten Blutzellen der Säugetiere ovale Kerne, welche eine elliptische Verdickung in der Mitte bewirken, und sind bedeutend grösser: bei *Rana temporaria* 22μ lang, 15μ breit, bei *Salamandra maculosa* 37μ lang, 23μ breit, bei *Proteus sanguineus* sogar 58μ lang und 34μ breit.

Im Menschenblut finden wir neben Blutzellen in Form platter Scheiben, wenn auch nur in geringer Menge, kleine kugelige Körperchen, welche sonst dieselben Eigentümlichkeiten besitzen wie andere rote Blutzellen des Menschen (Hämoglobin, Mangel des Kernes).

Der überwiegende Teil der Autoren ist der Ansicht, dass von einer Zellmembran im eigentlichen Sinne des Wortes bei den roten Blutkörperchen keine Rede sein kann.

Ihr Zellkörper besteht aus zwei Bestandteilen, welche sich absondern lassen, einem protoplasmatischen Teile, welcher Stroma heisst, und dem innerhalb desselben verteilten Farbstoffe — dem Hämoglobin. Die roten Blutzellen färben sich vermöge ihres Gehaltes an Hämoglobin besonders gut mit sauren Anilinfarbstoffen als: Eosin, Orange etc.

Die roten Blutzellen verändern auf äussere Einwirkungen hin sehr leicht ihre Form, sie schrumpfen ein oder quellen auf. Eine Quellung tritt bei Zusatz von Wasser oder verdünnten Säuren auf, wobei die roten Blutkörperchen Kugelform annehmen und gleichzeitig infolge Austritts des Hämoglobins farblos werden. So veränderte Blutkörperchen, deren Umrisse schwer sichtbar sind, werden „Blutschatten“ genannt. Die Entfärbung der Ery-

throcyten tritt ebenfalls unter dem Einflusse der Elektrizität und des mehrmaligen Gefrierens ein. In charakteristischer Weise wirkt die Galle, indem sie zuerst ein Aufblähen und dann einen raschen Zerfall der Blutkörperchen bewirkt. Bei roten Blutkörperchen treten auch Schrumpfungerscheinungen sehr leicht ein, wenn nur eine geringe Menge Wasser aus dem Blute verdunstet, hierdurch der Kochsalzgehalt zunimmt und den Blutzellen Wasser entzogen wird. In diesem Falle treten auf der Oberfläche Unebenheiten in Form von Zacken auf, und die roten Blutzellen stellen eine charakteristische „Maulbeer-“ oder „Stechapfelform“ dar, was durch Zugabe von Kochsalzlösungen, welche mehr Kochsalz als physiologische (0·5—0·7%) Kochsalzlösung enthalten, sich sehr leicht bewirken lässt.

Die roten Blutzellen zeichnen sich überdies durch bedeutende Dehnbarkeit und Elastizität aus, wovon uns das Verhalten der roten Blutzellen im fließenden Blute am leichtesten überzeugen kann. Wenn die sich mit einer bedeutenden Geschwindigkeit in der Achse des Blutstromes bewegenden roten Blutzellen der Bifurkation der Capillaren begegnen, werden sie oft im Punkte der Teilung des Gefäßes aufgehalten und verändern die Gestalt, wenn sie infolge der starken Strömung an die Wand des Gefäßes gedrückt werden, oder sie werden stark gedehnt, wenn die eine Hälfte des Körperchens in das eine und die andere Hälfte in das zweite Zweiggefäß mit fortgerissen wird.

Charakteristisch für das aus den Gefäßen entnommene und auf dem Objektträger untersuchte Blut der Säugetiere ist die Lagerung der roten Blutzellen in Geldrollenform, die dadurch hervorgerufen wird, dass sich die Blutkörperchen mit ihren Flächen aneinander legen.

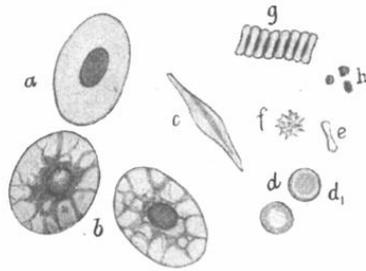


Fig. 72.

Farbige Blutzellen (a—g) und Blutplättchen (h).

Ca. 800 mal vergrößert.

- a—c Farbige Blutzelle des Frosches.
- a Von oben gesehen.
- b Durch Wasserzusatz verändert.
- c Von der Seite gesehen.
- d—g Farbige Blutzellen des Menschen.
- d Bei tiefer Einstellung.
- d₁ Bei hoher Einstellung des Objektivs.
- e Von der Seite gesehen.
- f Stechapfelförmig veränderte Blutzelle.
- g Geldrollenförmige Anordnung der Blutzellen.
- h Blutplättchen.

Die Anzahl der roten Körperchen in 1 mm^3 Blut ist bei verschiedenen Tieren sehr verschieden und beträgt von 33 000 (beim Proteus) bis 19 000 000 (bei *Capra hircus*).

Beim Menschen befinden sich in 1 mm^3 ca. 5 000 000 Erythrocyten. Diese Ziffer unterliegt jedoch auch unter normalen Verhältnissen Schwankungen. Gleich nach der Geburt erreicht die Zahl der roten Körperchen ihr Maximum, sodann nimmt sie ab. Die Verminderung des Luftdruckes, z. B. während des Aufenthaltes auf hohen Bergen, steigert bedeutend die Zahl der roten Blutzellen.

Die weissen (farblosen) Blutzellen (Leukocyten) sind membranlose, einen oder mehrere Kerne enthaltende Zellen, deren Protoplasma eine verschiedene Beschaffenheit besitzen und in ungleicher Menge auftreten kann. Von einer konstanten Gestalt dieser Zellen kann keine Rede sein, da sie die Fähigkeit amöboider Bewegung besitzen, dagegen nehmen sie in der Ruhe und nach dem Tode kugelige Form an.

Ihre Grösse ist verschieden; beim Menschen beträgt der überwiegende Teil ca. 10μ im Durchmesser. Ihre Anzahl beträgt beim Menschen in 1 mm^3 Blut gegen 10 000, es entfällt demnach ungefähr eine weisse Blutzelle auf 500 rote.

Die Anzahl der weissen Blutzellen in 1 mm^3 lässt sich jedoch nicht genau angeben, denn sie kann sogar unter physiologischen Bedingungen Änderungen unterliegen. Die Anzahl der Leukocyten ist nämlich abhängig von der Nahrungsaufnahme. Nach mehrstündigem Hungern wird ihre Menge geringer, vermehrt sich dagegen bedeutend nach Aufnahme namentlich eiweissreicher Nahrung (Verdauungs-Leukocytose). Es ergab sich gleichfalls, dass das Blut einzelner Gegenden einen verschiedenen Gehalt an Leukocyten besitzt, dass namentlich (beim Kaninchen wenigstens) die peripheren Gefässbezirke in 1 mm^3 Blut viel mehr Leukocyten enthalten als die zentralen (P. Jacob und Rieder).

Ganz gleiche Zellen finden wir auch in der Lymphe (Lymphkörperchen), überdies reichlich angesammelt im adenoiden Gewebe, Knochenmark, schliesslich zerstreut im Bindegewebe und Epithelgewebe, wohin sie bei ihrer Fähigkeit der Ortsveränderung gelangen (Wanderzellen). Die weissen Körperchen (Leukocyten) nämlich, welche sich im strömenden Blute, vor allem in dem Randstrom, d. i. in der Nähe der Gefässwand befinden, können die letztere passieren und das Gefäss verlassen. Diese Aus-

wanderung (Diapedesis) kommt so zu Stande, dass die Leukocyten zuerst einen dünnen Ausläufer durch die Kittsubstanz zwischen den Epithelzellen entsenden und dieser Ausläufer für den Rest des Zellkörpers den Weg bahnt. Man hat sogar beobachtet, dass rote Blutzellen durch die zwischen den Epithelzellen nach der Auswanderung der Leukocyten noch einige Zeit lang bestehen bleibenden Öffnungen (Stigmata oder Stomata) passiv hindurchgedrängt werden.

Es werden mehrere Arten von Leukocyten unterschieden. Man hat an ihnen schon längst bedeutende Verschiedenheit erkannt und war bestrebt, dieselben auf verschiedenen Grundlagen in mehrere Gruppen einzuteilen. (Siehe Taf. XLIV Fig. 224.)

Nach der Anzahl der Kerne können wir einkernige (mononucleäre) und mehrkernige (polynucleäre) Leukocyten unterscheiden. Die letzteren sind seltener.

Die Form der Kerne kann rund, oval, gelappt, verästelt oder ringförmig (Lochkerne) sein. Bei den gelappten Kernen finden wir Knospen, die jedoch durch Verbindungsbrücken miteinander zusammenhängen. Diese komplizierteren Formen fassen wir unter dem Namen der polymorphen Kerne zusammen. Die verästelten und gelappten Kerne hielt man eine Zeit lang für den Ausdruck eines direkten Teilungsvorganges; später überzeugte man sich jedoch von der Irrtümlichkeit dieser Auffassung. Die Teilung der Leukocyten ist gewöhnlich eine indirekte (mitotische). Leukocyten mit polymorphen Kernen zeichnen sich durch eine grössere Beweglichkeit aus und bilden den grösseren Teil der Gesamtzahl der Leukocyten.

So hat Löwit die Beschaffenheit des Zellkernes als Grundlage genommen und die Leukocyten in vier Formen geteilt: kleine und grosse mononucleäre, polymorphkernige und polynucleäre.

Auch auf Grund der Beschaffenheit des Protoplasma wurde eine Einteilung der weissen Blutzellen versucht.

So teilte van der Stricht alle weissen Blutzellen in zwei grosse Gruppen: zu der einen zählte er die Leukocyten mit hellem, zu der zweiten die mit dunklem Protoplasma.

Eine andere durch Ehrlich eingeführte und gegenwärtig fast allgemein angenommene Einteilung beruht auf dem mikrochemischen Verhalten der in den einzelnen Zellenarten vorhandenen Granula zu bestimmten Anilinfarbstoffen.

Alle Anilinfarben teilt Ehrlich in drei Gruppen ein, in saure, basische und neutrale Farbstoffe, je nachdem das

färbende Prinzip eine Säure (wie z. B. in pikrinsauren Ammon), eine Base (wie z. B. in essigsäuren Rosanilin) oder endlich die Verbindung einer Farbbase mit einer Farbsäure darstellt (wie z. B. in pikrinsauren Rosanilin).

Die Leukocyten teilt Ehrlich in mehrere Gruppen, deren jede durch die Verwandtschaft ihrer Granula zu einer gewissen Anilinfarbstoffgruppe charakterisiert ist.

Er unterscheidet fünf Gruppen von Leukocyten und benennt die für dieselben spezifischen Körnungen: α , β , γ , δ , ϵ Granulationen.

1. Die α = (acidophile, eosinophile) Granulationen sind gewöhnlich grobkörnig, stark glänzend, kommen fast stets in polymorphkernigen Zellen vor und sind dadurch charakterisiert, dass sie sich spezifisch in allen sauren Anilinfarben (vor allem im Eosin, Aurantia, Indulin, Nigrosin, Orange u. a.) färben

Im normalen Menschenblut findet sich diese Art der Granula nur in geringer Menge. Bei der Leukämie unterliegen dieselben jedoch einer bedeutenden Vermehrung.

2. β = (amphophile) Granulationen, deshalb so genannt, weil sie sich sowohl in sauren wie in basischen Anilinfarbstoffen färben; sie erscheinen in Form einer sehr feinen Körnung. Im Menschenblut werden dieselben nicht angetroffen, dagegen kommen sie im Knochenmark und Blut des Meer-schweinchens, Kaninchens, Huhnes etc. vor.

3. γ = Granulationen (Mastzellen); die Körner sind ziemlich grob und färben sich in basischen Anilinen. Dieselben kommen sehr selten im normalen Menschenblut, dagegen häufiger im leukämischen vor. Im Tierblut finden sie sich gewöhnlich vor, am reichlichsten jedoch im Bindegewebe.

Die Färbung gelingt am besten, wenn man die violetten basischen Farbstoffe: Dahlia, Gentianaviolett, Methylviolett anwendet.

4. δ = (basophile) Granulationen, in Farbbasen tingibel, weisen eine feine Körnung auf und kommen in grösseren mononucleären Leukocyten des Menschenblutes vor.

Diese Gruppe färbt sich gut mit Methylenblau.

5. ϵ = (neutrophile) Granulationen; die sehr feine, nur in neutralen Farbstoffen färbbare Körnung kommt in den polynucleären Blutzellen des Menschen vor. Diese Art der Granula färbt sich mit verschiedenen Gemischen von sauren und basischen Farbstoffen, wie Säurefuchsin = Methylgrün, Säurefuchsin = Methylenblau u. a., welche zusammen eine neutrale Lösung geben.

Die Versuche einer strengen und einheitlichen Einteilung ergaben bisher kein befriedigendes Resultat, und zwar hauptsächlich aus dem Grunde, weil wir oft wegen der bestehenden Zwischenformen nicht in der Lage sind, scharfe Grenzen zwischen den einzelnen Gruppen festzustellen.

Die Anschauungen der Autoren über die Bedeutung und Herkunft der verschiedenen Formen der Leukocyten weichen bedeutend auseinander. Einige nehmen eine Zusammengehörigkeit der verschiedenen Formen weisser Blutzellen und einen gemeinsamen Ursprung aller Leukocytenformen aus einer Grundform an, wobei eine Form die Fähigkeit haben soll, in eine andere überzugehen (Benda, Gulland); andere dagegen betrachten dieselben für völlig getrennte Zellformen und glauben an eine separate Entstehung für jede Form, namentlich in den Lymphdrüsen (Lymphocyten), im Knochenmark (Myelocyten), in der Milz (Splenocyten) (Virchow, Ribbert u. a.).

Die von Hayem und Bizzozero entdeckten und beschriebenen Blutplättchen sind sehr zarte, farblose, glänzende, rundliche oder ellipsoide Scheibchen von ungleicher Grösse, welche ungefähr $\frac{1}{4}$ des Durchmessers der roten Blutzellen besitzen und bei Säugetieren keine Kerne aufweisen. Einige Autoren sind geneigt, die Blutplättchen als selbständige morphologische Elemente des Blutes zu betrachten, andere hingegen halten sie nicht für einen normalen Blutbestandteil, sondern für Gebilde, welche durch Abschnürung von farbigen Blutzellen oder von zerfallenen Leukocyten herrühren.

Nach Ansicht des überwiegenden Theiles der Autoren spielen dieselben bei der Gerinnung des Blutes eine wichtige Rolle.

Auch bezüglich der Menge der Blutplättchen stimmen die Autoren nicht überein, einige geben ihre Anzahl auf 200 000, andere dagegen sogar auf über 635 000 in 1 mm³ normalen Menschenblutes an.

Überdies kann man im normalen Menschenblute manchmal kleine Fettpartikelchen und andere feine farblose Körnchen (Blutstäubchen, Hämokonien — H. F. Müller) finden, deren Grösse meistens 1 μ nicht erreicht, und deren Bedeutung und Ursprung nicht klargestellt ist. Die Fettpartikelchen stammen wahrscheinlich aus dem Chylus, mit dem sie in das Blut gelangen.

Bezüglich der Entwicklung der Blutzellen gehen die jetzigen Anschauungen bedeutend auseinander. Einige Autoren (P. Mayer, Ziegler, van der Stricht) halten die Blutzellen

für mesodermale, andere dagegen (Kuppfer, Hofmann) für entodermale Gebilde.

Jedenfalls geht die erste Entwicklung der Blutkörperchen im Zusammenhange mit der Entstehung der ersten Gefässe vor sich.

Ferner sind die Autoren auch darüber nicht einig, ob die weissen und roten Blutzellen eine gemeinsame Stammform haben (v. Kostanecki, Schmidt, Kuborn) oder sich aus besonderen Zellformen entwickeln (Löwit, Denys, van der Stricht).

Wir wollen vor allem die Entwicklung der roten Blutzellen der Säugetiere besprechen.

Die Zellen, aus welchen rote Blutkörperchen (Erythrocyten) entstehen sollen und welche man Erythroblasten nennt, sind kernhaltige Rundzellen, etwas grösser als die kernlosen roten Blutzellen, mit einem homogenen Protoplasma, welche nach Ansicht einiger Autoren schon von Anfang an Hämoglobin enthalten (Bizzozero), nach der Ansicht anderer dagegen ursprünglich hämoglobinfrei sind und Hämoglobin erst mit der Zeit erzeugen (Löwit, Sanfelice).

Solche Zellen unterliegen mehrmals der indirekten Teilung und gehen alsdann in die definitive Form der roten Körperchen oder der sog. Erythrocyten über. Der wichtigste Moment dieser Umwandlung bei Säugetieren ist die sog. Entkernung; denn das Blut der Säugetierembryonen enthält in den frühen Stadien ausschliesslich kernhaltige rote Blutzellen. In späteren Stadien treten immer mehr kernlose Zellen auf, so dass wir beim Neugeborenen beinahe ausschliesslich kernlose rote Blutzellen vorfinden.

Auch bezüglich der Entstehung der kernlosen Erythrocyten aus kernhaltigen Erythroblasten bestehen zwei sich geradezu widersprechende Ansichten. Einige Autoren behaupten, dass der Kern aus den reif werdenden roten Blutzellen einfach austritt und sodann zu Grunde geht (Bizzozero, van der Stricht, Saxer, von Kostanecki, Rindfleisch, Melissenos u. a.). Diese Autoren führen als Beweis an, dass sie alle Stadien des Austrittes der Kerne beobachteten und im embryonalen Blut und in den blutbildenden Organen freie Kerne vorfanden.

Andere Forscher sind im Gegenteil der Ansicht, dass der Kern innerhalb der Blutzelle verbleibt und hier einer Umwandlung unterliegt. Die Kernsubstanz löst sich ihrer Ansicht nach innerhalb des Zelleibes auf, verschwindet infolgedessen und wird unsichtbar (Eliasberg, Sanfelice, Spuler, Löwit, Israel, Pappenheim u. a.).

Die Entwicklung der roten Blutzellen während des embryonalen Lebens findet statt: in der Leber, der Wand der Nabelblase, den Lymphdrüsen (ausnahmsweise), der Milzpulpa, einem Teil des an der Milz liegenden grossen Netzes und im roten Knochenmark.

Eine wichtige, wenn auch nicht unmittelbare Rolle spielt bei der Entwicklung der Blutzellen die Leber (van der Stricht, von Kostanecki), indem sich in den blind endigenden Ausbuchtungen der nervösen Gefässkapillaren, wo der Blutstrom langsamer wird, eine sehr geeignete Stätte für ihre Vermehrung durch Teilung bietet.

Beim Erwachsenen geht die Neubildung von Erythrocyten fast ausschliesslich im roten Knochenmark vor sich.

Die farblosen Blutzellen (Leukocyten) leitet ein Teil der Autoren von einer besonderen Art von Zellen her, welche, zum Unterschiede von Erythroblasten, Leukoblasten genannt werden. Ursprünglich enthält das embryonale Blut keine Leukocyten, dieselben treten erst später auf, wenn die Lymphdrüsen zur Entwicklung kommen.

Im postembryonalen Leben vermehren sich die Leukocyten in den sog. Keimzentren (Flemming, siehe weiter), welche im adenoiden Gewebe zerstreut sind, und überdies auch innerhalb des Bindegewebes.

Das Blut erfüllt die wichtige Aufgabe, dem Gewebe die zum Leben unentbehrlichen Bestandteile zuzuführen. Dies geschieht vermittelt des Hämoglobins (innerhalb der roten Blutzellen), welches sich ausserordentlich leicht mit dem Sauerstoff verbindet. Überdies nimmt das Blut von allen Partien des Körpers den überwiegenden Teil der während der Lebensprozesse entstandenen Zersetzungsprodukte auf, um dieselben, während es die Exkretionsorgane passiert, abzugeben.

Die Aufgabe, die für den Organismus schädlichen Körper (z. B. Bakterien) aus dem Blute zu entfernen, erfüllen teilweise die weissen Blutzellen, welche sie mit den Pseudopodien umfassen und auch assimilieren können (Phagocyten). Auf diese Art spielen die weissen Blutzellen die wichtige Rolle von natürlichen Abwehrvorkehrungen des Organismus. Einige Autoren stellen sich die Erfüllung dieser, den Organismus schützenden Aufgabe anders vor; sie schreiben nämlich den weissen Blutzellen die Fähigkeit zu, näher nicht bestimmte Stoffe (Alexine) zu secernieren, welche für Bakterien keimtötende Wirkung besitzen.

Das Blut gerinnt, wenn es aus den Gefässen heraustritt, oder innerhalb der Gefässe, wenn die Gefässwand pathologisch verändert ist, sowie nach dem Tode des Tieres. Das Gerinnen des Blutes ist auf die Bildung von Faserstoff (Fibrin) zurückzuführen. Das Nähere hierüber muss in den Lehrbüchern der Physiologie nachgesehen werden. Das Fibrin stellt sich in sehr dünnen Schichten in Form äusserst feiner Fasern dar, welche sehr innig miteinander verflochten sind und in chemischer Hinsicht den Bindegewebsfibrillen nahe stehen. Wenn das Blut gerinnt, so zerfällt es in zwei Teile: in einen festen gallertartigen — den Blutkuchen (Placenta s. cruor sanguinis) — und einen flüssigen — das Blutwasser (Blutserum). Der erstere ist rot gefärbt, da er beinahe alle geformten Blutelemente innerhalb der Maschen des Faserstoffes enthält. Das Blutwasser ist farblos und enthält bloss einen geringen Teil von Leukocyten.

Der Farbstoff, welcher den farbigen Blutzellen, also auch dem ganzen Blute in dünnen Schichten eine grünlich-rote Farbe verleiht, heisst Hämoglobin. Dieser Körper krystallisiert unter besonderen Umständen und erscheint bei verschiedenen Tiergattungen in verschiedenen Formen, welche jedoch fast ausnahmslos dem rhombischen Systeme angehören.

Die Hämoglobinkrystalle finden wir in gewissen seltenen Fällen in mikroskopischen Präparaten innerhalb des Gewebes; so kann man z. B. in alten Spirituspräparaten in den Blutgefässen, innerhalb der roten Blutzellen der Knochenfische, sowie innerhalb der Leberzellen (Browicz; siehe Leber) Hämoglobinkrystalle vorfinden.

Hämoglobin ist ein Körper, welcher der Zersetzung leicht unterliegt und alsdann in Hämatin, Hämatoidin und Hämin übergehen kann. Während das Hämatin amorph ist, können die zwei anderen Zersetzungsprodukte des Hämoglobins in Krystallform auftreten.

Das Hämatoidin erscheint in Form von rhombischen Prismen von orangeroter Farbe, welche wir innerhalb des Gewebes in allen Blutextravasaten, wie z. B. im corpus luteum des Ovariums und in den apoplektischen Herden vorfinden.

Das Hämin schliesslich, welches sich durch die Leichtigkeit der Krystallbildung auszeichnet, tritt in Form von rhombischen Täfelchen auf, welche entweder einzeln liegen oder sich kreuzen und zuweilen Sterne bilden. Kleinere Krystalle sind oft wetzsteinförmig. Die Farbe der Krystalle ist mahagonibraun. Da

diese Krystalle, welche nach ihrem Entdecker unter dem Namen Teichmann'sche Krystalle bekannt sind, aus einer sehr unbedeutenden Menge Blutes, welches sogar längere Zeit hindurch eingetrocknet oder bereits verfault war, zu erhalten sind, so haben dieselben grosse forensische Bedeutung. Ihr Vorkommen weist unzweifelhaft auf das Vorhandensein von Blut hin.

Wegen ihrer Wichtigkeit bei dem gerichtlichen Nachweise von Blut wollen wir hier angeben, wie die Krystalle aus Blutspuren zu erhalten sind.

Das an der Kleidung, am Holze, am Eisen vertrocknete Blut wird auf dem Objektträger in einigen Tropfen Wasser gelöst, das Wasser abgedampft, ein bis stark nadelkopfgrosses Körnchen Kochsalz und zwei Tropfen Eisessig (acid. acetic. glaciale) hinzugegeben und mit dem Deckgläschen zugedeckt. Jetzt wird das Präparat vorsichtig erwärmt, bis der Eisessig zu kochen beginnt und beinahe verdunstet ist. Sodann ist das Präparat unter starker Vergrösserung zu untersuchen. Ein negatives Ergebnis der Untersuchung (Mangel der Krystalle) ist jedoch nicht absolut beweisend für das Fehlen von Blut im untersuchten Material.

2. Die Lymphe.

Die Lymphe ist, da rote Blutzellen fehlen, eine farblose Flüssigkeit. Sie enthält von zelligen Elementen bloss farblose Zellen, Lymphocyten genannt. Ausserdem findet man in ihr Fettpartikelchen, welche im Chylus oft (nach Fettresorption) sehr reichlich angesammelt sind und ihm das milchige Aussehen verleihen.

Der flüssige Teil der Lymphe heisst Lymphplasma.
