

# ZELLEN UND GEWEBE DES TIERKÖRPERS.

VON  
HEINRICH POLL.

Die lebendigen Körper aller Tiere mit allen den unendlich mannigfachen Einrichtungen, deren sie für ihre Lebenstätigkeit bedürfen, entstehen, wenn man ihren Werdegang schrittweise rückwärts verfolgt, aus sehr viel kleineren und bei weitem einfacheren Gebilden. Diese in der Regel nur mit Hilfe des Mikroskops sichtbaren Bauteilchen sind einander, mögen sie auch aus noch so verschiedenen Teilen des Körpers, von noch so verschiedenen Tieren oder sogar von Pflanzen stammen, mögen sie im Leben welchen Verrichtungen auch immer obliegen, in bemerkenswertem Grade ähnlich. Man nennt diese Grundbestandteile aller lebenden Wesen die Zellen. Solche Zellen kommen in der Natur in großer Zahl auch als freie, selbständige Lebenseinheiten vor; das gesamte Reich der Einzeller, der Protisten, umfaßt ausschließlich derartige Lebensformen, sei es pflanzlicher, sei es tierischer Art. Zellen.

Da nun einerseits alle Bestandteile der Lebewesen, die an sich keine Zellen sind, aus Zellen sich bilden, da es andererseits noch nicht gelungen ist, selbständig lebensfähige Gebilde zu entdecken, die keine Zellen sind oder sich nicht auf solche zurückführen lassen, so bezeichnet man die Zelle als den Grundbestandteil alles Lebendigen, als das stets wiederkehrende Element der organischen Welt oder als den Elementarorganismus. Auch er entsteht seinerseits wieder aus noch kleineren, aus noch einfacheren Einheiten, über deren Wesen man sich indessen bisher noch nicht klar und einig ist.

Die Kenntnis vom Bau, von den Verrichtungen der Zellen, von ihren Schicksalen, Umwandlungen und Produkten vermittelt die allgemeine Zellenlehre oder Cytologie. Die Besonderheiten der tierischen Elementarteile werden in der tierischen Cytologie erörtert. Cytologie.

Die Elemente vergesellschaften sich im Körper der höheren Lebewesen, im Gegensatz zu den Protisten, in großer Zahl zu einheitlichen Verbänden mit gesetzmäßig geordnetem Aufbau und gemeinsamer, ähnlicher Verrichtung: derartige Zellengemeinschaften, die sich von ihresgleichen durch eigenartige Ausgestaltung von Struktur und von Funktion unterscheiden, heißen Gewebe. Ihre Gestaltung und Leistung schildert die Gewebelehre oder die Histologie (ιστιον Gewebe). Histologie. Im einfachsten denkbaren Falle treten zwei oder mehrere Gewebe dieser Art zusammen, um einen Tierkörper aufzubauen. Zumeist aber ordnen sie sich zu bestimmt gestalteten Gewebekomplexen mit eigenartigen Verrichtungen, zu den Organen: und diese bilden ihrerseits die mannigfachen

Organologie. Werkzeuge und Apparate des Tierorganismus. Die Organologie lehrt deren Struktur und Verrichtungen kennen, mit ihren Unterabteilungen der groben und feinen Anatomie, der chemischen und physikalischen Physiologie.

### I. Cytologie.

Größe der Zellen. Die Größe tierischer Bauteilchen schwankt in weiten Grenzen. Sie entziehen sich im allgemeinen der Wahrnehmung des unbewaffneten Auges, sind hingegen bei einer ungefähr durchschnittlichen Größe von  $\frac{1}{50}$  mm mit mittelstarken Linsen von etwa 200—300facher Vergrößerung im Mikroskop allesamt gut sichtbar.

Die kleinsten, bekannten tierischen Elementarteile messen etwa  $\frac{1}{1000}$  bis  $\frac{1}{3000}$  mm. Es sind dies die Blutplättchen (Fig. 36, *t*), die auch beim Menschen in der Körperflüssigkeit eine wichtige Rolle spielen. Die größten Zellen erreichen demgegenüber ganz ungeheuerliche Abmessungen: bis zu 12—15 cm. Das ist der Durchmesser des Straußeneies; und die erst seit wenigen Jahrhunderten ausgestorbenen Riesenvögel auf Madagaskar legten Eier von 8 Litern Inhalt. Ein solches Ei ist allerdings eine einzige Zelle: sie verdankt ihre gewaltige Größe aber zum einen Teile Hüllengebilden, wie Eiweiß und Schale, die mit der Zelle als solcher nichts zu tun haben, zum andern Teile den Nährstoffen, die die eigentliche Zelle, das Gelbe im Ei oder der Eidotter, in sich aufgespeichert hat, um dem jungen Keimling bei seiner Entwicklung die nötigen Baustoffe liefern zu können. Die Länge von mehreren Metern erreichen die Nervenzellen, wenn sie mit ihren Ausläufern vom Rückenmark bis zu den äußersten Enden der Glieder den Tierleib, etwa einer Giraffe, durchziehen.

Körpergröße und Zellengröße stehen zueinander in gar keinerlei grundsätzlichen Beziehungen. Die Körpermasse der größten Tier- oder Baumriesen setzt sich aus einer entsprechend größeren Zahl von Elementarteilen zusammen, als der Leib z. B. eines der winzigen, mikroskopisch kleinen Rädertierchen, die zum Geschlechte der Würmer gerechnet werden; und doch werden diese in ihrer Gesamtgröße nicht unerheblich von der Abmessung großer einzelliger Tiere übertroffen. Hingegen ist, ungeachtet der überaus wechselnden Masse der Zellen in den verschiedenen Organen eines und desselben Tieres, für jede einzelne Zellensorte jeder einzigen Tierart eine bestimmte Größe und Anzahl in überaus engen Grenzen festgelegt. Den Blutzellen, den Samenzellen, den Eizellen einer und derselben Tierspecies kommt, so viele Einzeltiere man auch durchmessen mag, unter ganz geringen Schwankungen stets eine gewisse, gleiche, für diese Tierart typische Zellengröße zu. Und dort, wo man sich der mühseligen Arbeit der Auszählung der Zellen eines bestimmten Organes unterzogen hat, ist man ebenfalls auf eine überraschende Beständigkeit dieser Zahlen gestoßen, z. B. bei den Elementen der Kristalllinse des Auges, der Nervenknotten beim Blutegel, der Rückensaite bei den Larven der Seescheiden, einer Gruppe der Manteltiere oder Tunikaten. Das hängt letzten Endes mit der Tatsache zusammen, daß das Verhältnis von Masse zur Oberfläche der Zelle niemals eine bestimmte Grenze überschreitet.

Zahl der Zellen.

Ganz ähnliche Verhältnisse und Beziehungen gelten auch für die Formen der Zellen. Auch sie sind untereinander in denkbar höchstem Grade verschieden (Fig. 1).

Ein und dasselbe Element kann seine Gestalt häufig in wenigen Minuten auf das erstaunlichste verändern: das sind Zellen ohne feste Eigengestalt (Fig. 7 und 13). Die Zellen mit bestimmter, ein für allemal festgelegter Eigenform aber weisen im Tierkörper alle nur erdenkbaren Figuren auf: dabei sind das Alter des Elements, seine Lage zwischen den Nachbartheilen und schließlich in hohem Grade seine besondere Lebensleistung von gewichtigem Einfluß. Kugel-,

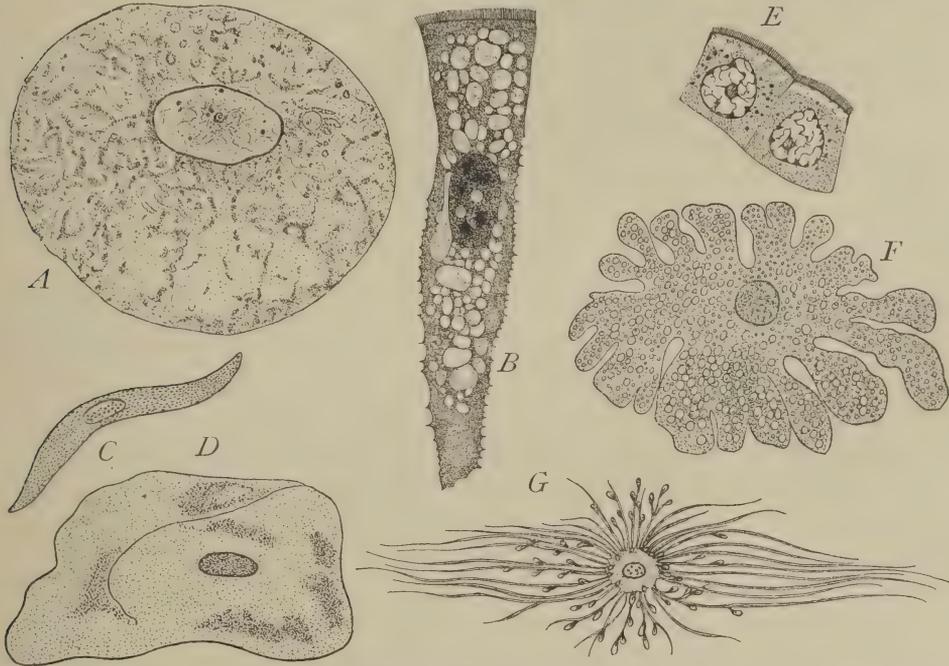


Fig. 1. Verschiedene Zellenformen. A. Kuglige Zelle: Ei vom Menschen (nach VAN DER STRICHT aus HEIDENHAIN). B. Walzenförmige Zelle (Zylinderzelle): aus der Darmschleimhaut eines Salamanders (nach HEIDENHAIN). C. Spindelförmige Zelle: Bindegewebe aus der Regenbogenhaut (nach R. KRAUSE). D. Platte Zelle: aus der Schleimhaut der Mundhöhle des Menschen (nach STÖHR). E. Würfelförmige Zelle: aus der Niere vom Frosch (nach R. KRAUSE). F. Unregelmäßig gestaltete Zelle: Ei des Süßwasserpolyphen (nach KORSCHFLT und HEIDER). G. Unregelmäßig gestaltete Zelle: Freßzelle aus der Bauchhöhle eines Fadenwurmes (nach NASSONOW aus GURWITSCH).

Napf- und Eiformen, Walzen und Kegel, Prismen, Würfel und Polyeder, dünnere und dickere Scheiben von verschieden gestaltigem Umriss, Fäden von sehr abweichender Länge und Dicke sind die noch einigermaßen regelmäßigen unter den häufig vorkommenden Zellengestalten (Fig. 1). Neben ihnen findet sich aber eine Unzahl aller möglichen höchst unregelmäßigen Formen: baumförmig verzweigte Elemente, flaschen- und retortenförmige Gebilde, Körper von verschiedener Form mit langen fadenartigen Fortsätzen und Anhängen, mit Stacheln und Flügelplatten.

Wieder aber ist für dieselbe Sorte von Elementarteilchen bei derselben Tierart eine ganz bestimmte, nur wenig abweichende Zellenform typisch. Den Geübten fällt es nicht schwer, zumal bei der Auswahl einigermaßen charakteri-

stischer Zellensorten, z. B. der Keimzellen, auf den ersten Blick für ein Zellelement anzugeben, welchem Tiere es entstammt. Bei anderen, weniger charakteristischen Zellengestalten sind allerdings genauere Beobachtungen, auch anderer Eigentümlichkeiten, Messungen usw. notwendig, und unter Umständen, besonders bei noch unzulänglichen Kenntnissen, ist die Erkennung der Herkunft schwierig, wenn nicht gar unmöglich. Es entziehen sich die artcharakteristischen Eigenschaften der Elemente der Wahrnehmung: sie sind aber trotzdem durch andersartige Untersuchungsmethoden stets nachweisbar.

Artzellen.

Optische Eigenschaften der Zellen.

Die meisten tierischen Elementarteile sind nahezu farblos, hell und durchscheinend. Einige verdanken farbigen Inhaltskörpern oder -säften bestimmte Eigenfarben, oder der Beschaffenheit ihrer Oberfläche Glanz und Strukturfarbe. Zu diesen zählen die Schuppen vieler Schmetterlinge, zu jenen gehören z. B. die wichtigen Blutzellen der Wirbeltiere, die einen gelbgrünen Farbstoff gelöst enthalten, die Fettzellen mancher Lurche und Kriechtiere, die farbige gelbe oder rote Ölkugeln einschließen; vor allem aber die große Schar der Farbstoff- oder Pigmentzellen, die braune, schwarze, blaue und rote, grüne, gelbe Farbkörnchen in sich bergen.

Die Zellengebilde brechen das Licht im allgemeinen etwas stärker als das Wasser, daher die Beobachtung in wässrigen Flüssigkeiten viele, auch feinere Einzelheiten in den Zellen erkennen läßt. In dicken Schichten erscheint die Substanz der Zellen hellgrau, undurchsichtig.

Mechanische Eigenschaften der Zellen.

Die Festigkeit der tierischen Elementarteile ist im allgemeinen gering: man kann ihre Konsistenz als zäh flüssig beschreiben. Die Zellen sind mithin weiche, zarte und verletzliche Gebilde. Sie schützen sich indes, wenn sie starken mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sind, durch Verwandlung in recht widerstandsfähige Materien. So ist das feste Horn z. B. der Krallen, Nägel und Hufe, der steinharte Schmelz der Zähne veränderte Zellensubstanz. Im allgemeinen werden indes im Tierkörper für derartige mechanische Einrichtungen nicht die Zellen selbst, auch nicht wie im Pflanzenkörper, z. B. im Holz, Zellenleichen, benutzt, sondern die verschiedenartigen Bauprodukte des Zellorganismus.

Mit der Zartheit der tierischen Elementarteile hängt es zusammen, daß sie, mit verschwindend wenigen Ausnahmen, auf ein Leben in Flüssigkeit angewiesen sind. Allerdings vertragen vereinzelte Tiere ein Eintrocknen und Aufweichen überaus gut, z. B. die Bärttierchen, mikroskopisch kleine Rädertierchen, die man völlig zusammengeschrumpft lange Zeit aufbewahren und durch einen Tropfen Wasser wieder zum Leben erwecken kann. Indes ist dies eine seltene Anpassung an absonderliche Lebenslagen. Nichts schädigt die tierische Zelle im großen ganzen schwerer als Flüssigkeitsverlust. Auch gegen Veränderungen in der Zusammensetzung des flüssigen Mittels, das sie umspült und durchtränkt, ist die tierische Zelle recht empfindlich.

Tierische Zellen entbehren im allgemeinen einer besonderen Hülle. Sie sind nackt. Trotzdem aber mischt sich die Substanz der Zelle nicht mit dem Wasser oder der umströmenden Körperflüssigkeit: sie grenzt sich von ihr durch Abscheidung eines feinsten Oberflächenhäutchens ab. Nicht immer sind diese

Grenzhäutchen der Elementarteile so fein und etwa mit dem Oberflächenhäutchen der physikalischen Körper vergleichbar. Oft verdichtet sich die Außenzone der Zelle zu einem mehr oder minder festen Gefüge (Ektoplasma, Crusta) und setzt sich unter Umständen auch ganz scharf vom Zellenleibe ab, so daß sie eine vom Zellenkörper trennbare Hülle (Pellicula) bildet. Solche echte Zellenmembranen sind bei tierischen Elementen überaus selten, weit verbreitet indessen, aber auch nicht überall vorhanden als Zellulosemembranen im Pflanzenreiche. Auch diese Zellenhüllen sind aber durchaus durchdringlich für Flüssigkeit und gelöste Stoffe vielerlei Art, so daß der Zelle ein steter osmotischer Stoffaustausch mit der Umwelt ermöglicht ist. Ändert man die Salzmenge der Flüssigkeit, in denen die Zellen des Körpers zu leben gewohnt sind, nach Zusammensetzung und Stärke ihrer Bestandteile ab, so dringen Wasser und gelöste Substanz aus der Zelle heraus oder in ihr Inneres hinein, und bei gar nicht einmal so hochgradigen Eingriffen wird die Zelle unter der Erscheinung der Quellung oder Schrumpfung vernichtet. So ist das destillierte Wasser eines der unbedingt tödlichen Zellengifte, das wir kennen, weil es osmotisch aus dem Zellenleibe die lebensnotwendigen Stoffe herauszieht.

Osmotischer Stoffaustausch.

Die Zellensubstanz ist ein wenig schwerer als Wasser; ihr kommt, nach einer Bestimmung allerdings an einzelligen Wesen, etwa ein spezifisches Gewicht von 1,25 zu. Daher sinken die Zellen im Wasser zu Boden, wenn sie nicht durch besonderen Gehalt an Öl oder Gas oder anderen spezifisch leichteren Körpern schwebend erhalten werden.

Spezifisches Gewicht der Zellen.

Die physikalischen Eigenschaften werden, wie die chemischen, dadurch so überaus undurchsichtig, daß die Zelle als solche bereits ein überaus verwickelter Organismus von besonderer Struktur ist. Um die Chemie der Zelle zu studieren, muß man sie geradezu vernichten: die lebende Zelle bleibt der chemischen Analyse verschlossen, nur die „Zellenleichen“ lassen sich ihr unterwerfen.

Struktur der Zellen.

Die wichtigsten chemischen Bestandteile der Zelle sind die Eiweißkörper: bis jetzt hat man noch keine Zelle, überhaupt kein Lebewesen gefunden, dem diese höchst komplizierten Verbindungen gefehlt hätten. An die Existenz der Eiweißkörper erscheint geradezu die Lebensfähigkeit der Zellelemente gebunden, die die heute lebenden Wesen — Tiere und Pflanzen — aufbauen.

Chemische Eigenschaften der Zellen.

In den einzelnen Zellensorten begegnet man einer geradezu erstaunlichen Vielfältigkeit dieser Eiweißverbindungen: diese Mannigfaltigkeit der Zusammensetzung hängt mit dem überaus verwickelten chemischen Aufbau dieser Stoffe zusammen, in deren Wesen die Chemie erst eben hinein zu leuchten beginnt, wiewohl sie nur in unendlich wechselnder Bindung Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel enthalten. An dem Aufbau der Zelle beteiligen sich außer den Eiweißstoffen, aber als nicht unumgänglich notwendige Bestandteile, die Fette und die Kohlehydrate, die als Produkte der Lebenstätigkeit der Zelle auftreten. Fernerhin gehören zum Bestande des tierischen Zellenleibes anorganische Salze, unter denen die der Leichtmetalle, und zumal die Chloride, vor allem das Kochsalz oder Chlornatrium, eine besondere Rolle spielen, ferner Eisen- und Phosphorverbindungen. Seltener kommen in

Eiweißverbindungen.

Fette und Kohlehydrate.

Salze.

den Zellen noch Silizium, Fluor und einige andere Elemente vor. Keines von diesen ist mithin für die Chemie der Zelle charakteristisch; über ein besonderes Element des Lebens verfügt die Zelle nicht.

Die chemische Natur der Zelle, zumal ihrer Eiweißkörper, ist — ungeachtet der unübersehbar großen Mannigfaltigkeit der Eiweißstoffe und ihrer Verbindungen in den einzelnen Elementen des gleichen Tierleibes — doch wieder für jede bestimmte Tierart typisch und charakteristisch: ebenso wie dies für Zellenform, Zellengröße und Zellenzahl eines Organes gilt. In der chemischen Verrichtung der Zelle liegt auch der einzige heute bekannte einigermaßen durchgreifende Unterschied zwischen den Elementen des Tier- und Pflanzenkörpers. Die pflanzlichen Elementarteile sind im Gegensatze zu dem tierischen befähigt, mit Hilfe des Blattgrüns oder des Chlorophylls aus einfachen chemischen Verbindungen, wie Kohlensäure, Wasser und Salzen, jene hochkomplizierten Baustoffe der organischen Welt, die Eiweißkörper, zu erzeugen. Ganz scharf und undurchbrochen ist indes auch diese Gegensätzlichkeit nicht. Denn eine große Reihe pflanzlicher Organismen, z. B. die Pilze, ermangeln jenes Pflanzenfarbstoffes und mithin der Möglichkeit, anorganische Nährstoffe in organische Verbindungen überzuführen.

Zellenwechsel  
im Organismus.

Bei der chemischen und physikalischen Betätigung der Elementarteilchen findet eine gewisse Abnutzung, ein Verbrauch an Zellsubstanz statt. Die Einzelzelle, die ihre Verrichtungen nicht mehr zu erfüllen vermag, wird ausgeschaltet und stirbt. Sie ist also als solche im allgemeinen kein Dauerbestandteil des tierischen Organismus. Man hat sich vielmehr den Bestand des Tierleibes in anderer Weise als Dauerwesen vorzustellen: wie etwa ein Volk oder eine Schule oder ein Truppenteil dauernd existiert, trotzdem Einzelpersonen fortwährend oder sogar zu gleicher Zeit in großer Anzahl ausscheiden, indem sie ständig durch Nachwuchs gleichartiger, gleichgestalteter, gleichtätiger Einzelwesen ersetzt werden. Dabei ist die Lebensdauer der einzelnen Zellen eines Organismus äußerst verschieden: kurzlebige und langlebige Elemente, unter Umständen auch solche, die, wie die Nervenzellen, wahrscheinlich das ganze Leben hindurch bestehen bleiben, sind in dem Ganzen des Organismus vereint. Stocken die Ersatzvorgänge oder trifft die Vernichtung zu viele, oder schädigt sie zu heftig und nicht so schnell oder gar nicht ersetzbare Elementarbestandteile: so ist die Vernichtung des Körpers, der Tod, die unausbleibliche Folge.

Die physikalischen und chemischen Erscheinungen der lebendigen Substanz erhalten gegenüber den gleichartigen Prozessen in der unbelebten Natur dadurch ihr besonderes Gepräge, daß diese Ereignisse sich an Objekten von äußerst verwickelter Struktur vollziehen.

Diesen inneren Aufbau der Organismen kennen wir heute erst in seinen größten und äußerlichsten Einzelheiten. Die feinere Struktur der lebendigen Masse ist auch unseren verschärften Sinnen, unseren verfeinerten Untersuchungsmethoden noch unzugänglich. Immerhin haben sich die Kenntnisse auf diesem Gebiete, zumal infolge der Anwendung besserer mikroskopischer Beobachtungsarten, in der kurzen Zeitspanne seit der Entdeckung der elemen-

taren Entstehung und Architektur aller Lebewesen unendlich erweitert und vertieft.

Es ist zunächst gelungen, in die allgemeinen Grundsätze einen Einblick zu gewinnen, nach denen sich die Zelle — mag sie aussehen, mag sie arbeiten, wie immer es sei — aufbaut und betätigt.

Alle Tierzellen besitzen gleichermaßen drei Hauptbestandteile: den Zellenleib, den Zellkern und das Zellzentrum. Außer ihnen beteiligen sich am Aufbau der Elementarteilchen eine große Anzahl sehr verschiedenartiger Nebenbestandteile.

Bestandteile  
der Zellen.

Körper, Kern und Zentrum heißen Grundbestandteile des Elementarorganismus, weil sie ohne Ausnahme jeder tierischen Zelle zukommen, weil ohne ihre Tätigkeit und Mitwirkung in der Regel tierisches Leben unmöglich ist.

### Der Zellenkörper.

Der Körper der Zellelemente besteht seiner Grundmasse nach aus dem Protoplasma. Diesen Namen hat zuerst der Botaniker v. Mohl auf den Zelleninhalt angewandt; heute wird er oft auch für die Grundmassen anderer organischer Bauteile angewandt, so daß man, um Irrtümern vorzubeugen, am besten die protoplasmatische Grundlage des Zellenleibes als Cytoplasma bezeichnet. Diese Zellengrundsubstanz ist selbst weder eine chemisch, noch physikalisch, noch strukturell einheitliche Masse; sie ist chemisch, physikalisch und ihrem Aufbau nach eine höchst komplizierte Substanz. So entspricht sie in keiner Weise etwa einem einfachen chemischen Körper, etwa einem der vielen Eiweißstoffe, sondern sie vereint in sich viele verschiedene chemische Verbindungen teils in flüssiger, teils in kolloidaler, teils auch in fester Form. Protoplasma — sagt O. Hertwig — ist ein biologischer Begriff, kein chemischer, kein morphologischer Körper.

Protoplasma.

Bei der Anwendung starker Vergrößerungen läßt sich im Protoplasma ein bestimmtes Gefüge erkennen. Strittig ist noch jetzt die Frage, welcher Art diese Struktur sei. Im allgemeinen schließt man sich heute der Vorstellung an, daß es sich um ein äußerst feines Schaum- oder Wabenwerk (Fig. 2) handle, dessen Lamellen sehr kleine Hohlräumchen umschließen (Bütschli). An den Stellen, an denen mehrere dieser Plasmalamellen zusammenstoßen, betten sich allerfeinste Körnchen, die Mikrosomen, ein. Nähere Kenntnisse des „kolloidalen“ Lösungszustandes, wie sie die physikalische Chemie in der jüngsten Zeit ermittelt hat, liefern in der Tat Hinweise, daß Eiweißstoffe Bilder von Wabenstruktur wohl zu erzeugen vermögen: mit Hohlräumchen, die eine Lösung des Eiweißes in Flüssigkeit erfüllt (Sol-Zustand), umschlossen von Wabenlamellen aus festerer Substanz, vergleichbar etwa der Konsistenz gequollener Gelatine, die eine Lösung von Flüssigkeit im Eiweißstoff darstellen (Gel-Zustand). Häufig

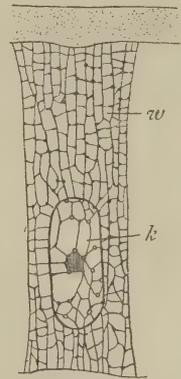


Fig. 2. Gefüge des Protoplasmas.

Wabenstruktur einer Oberhautzelle eines Regenwurmes. *k* = Kern, *w* = Plasmawaben, getrennt durch Plasmamembrande. (Nach BÜTSCHLI aus VERWORN.)

Wabenbau des Protoplasmas.

gelingt es auch der stärksten, für uns heute verfügbaren Vergrößerung nicht, im Protoplasma Strukturbilder irgendwelcher Art zu entdecken: so sieht in der Randschicht vieler Zellen die Grundsubstanz homogen aus, und unter Umständen erscheinen auch umfänglichere Teile des Zellenleibes gänzlich glasig durchsichtig (Hyaloplasma), wie z. B. die Kriechfortsätze, die bewegliche Zellen aus ihrem Körper vorstrecken. Gleiche Lichtbrechung von Wabenwand und Wabeninhalt, außergewöhnliche Feinheit des Schaumwerkes werden zur Erklärung solcher Bilder herangezogen. Unwahrscheinlich ist es, daß ganz strukturlose Protoplasmagebilde am Aufbau der heute lebenden Tierzelle einen Teil haben.

Andere, heute nicht mehr allgemein verteidigte Auffassungen wollten in dem Gefüge des Plasmas ein fein verfilztes Netzwerk (Netztheorie), andere ein Gerüste von unverbundenen Fäden (Fadengerüsttheorie), noch andere endlich eine Anhäufung von Körnern in einer flüssigen Grundmasse (Körnertheorie) erkennen.

In der Tat gewahrt man bei der mikroskopischen Untersuchung im Protoplasma der weitaus größten Mehrzahl der Zellen fädige und körnige Gebilde (Fig. 8, 9) der verschiedensten Art. Man zählt sie indes heute nicht der Plasma Grundsubstanz zu, sondern betrachtet sie als Einschlüsse des Zellenkörpers, bei deren Besprechung sie ihre Deutung finden werden.

Zellenkern.

### Der Zellenkern.

Man neigte in früherer Zeit sehr dazu, im Protoplasma des Zellenleibes den wesentlichsten Bestandteil des Elementarorganismus zu erblicken. Diese Vorstellung besteht zu Recht insofern, als eine große Menge von Lebensleistungen sich im Protoplasma vollzieht. In der jüngsten Zeit hat sich indessen das Interesse der Forschung in hervorragendem Grade dem zweiten Hauptbestandteile aller Zellen zugewandt, dem Kern oder Nucleus: und in der Tat spielt dieser auch bei den wichtigsten Geschehnissen des Zellenlebens eine sehr wesentliche Rolle.

Kern heißt diese besondere Zellensubstanz aus dem Grunde, weil sie als ein abgeschlossenes, besonderes Körperchen mit eigenartiger Beschaffenheit vom Zellenleibe rings umhüllt wird. Dabei liegt er zumeist in der Nähe des Zellenmittelpunktes, doch fast niemals genau im Zentrum, sondern meist etwas exzentrisch und kann durch mechanische Mittel aus seiner Lage als Ganzes fortgerückt, sogar aus der Zelle mit Nadeln isoliert werden.

Zahl der  
Zellenkerne.

Die große Mehrzahl aller Zellen besitzt nur einen einzigen Kern. Diese Einzahl ist indessen nicht für alle Elemente typisch. Viele Zellensorten besitzen zwei Nuclei, teils dauernd, teils nur zeitweise, andere gar viele, bis zu zehn und zwanzig Kernen, und zuweilen beobachtet man sie in noch größerer Anzahl. Beispiele vielkerniger Elemente sind die Riesenzellen (Fig. 6), deren Körper die durchschnittlichen Abmessungen der Zelle ebenfalls weit zu überschreiten pflegt. Kernlose Zellen sind nicht bekannt: wenn solche vorkommen, läßt sich erweisen, daß ehemals kernhaltige Elemente ihre Kerne verloren haben, wie die roten Blutkörperchen der Säugetiere, oder aber — was bei Einzellern vorkommt — die Kernsubstanz findet sich nicht in einem geschlossenen Bläschen

enthalten, sondern gleichmäßig im Zellenleibe feinkörnig verteilt. Zellen ohne Kernsubstanz aber sind in der heute lebenden Tierwelt niemals gefunden worden.

Die Größe der Kerne steht zu der Größe des Zellenleibes nicht in einem bestimmten Verhältnis: es gibt sehr große Zellen mit kleinen, sehr kleine mit recht großen Kernen. Sehr große tierische Kerne finden sich in den Eizellen vieler Tiere: sie sind schon mit bloßem Auge als kleine Pünktchen sichtbar. Die kleinsten messen dagegen nur Bruchteile eines  $\frac{1}{1000}$  mm.

Größe der  
Zellenkerne.

Im großen ganzen dürfte die mittlere Größe der Kerne etwa 5—10 tausendstel Millimeter betragen. Für die gleiche Zellensorte erscheint ein bestimmtes Massenverhältnis von Zellensubstanz und Kernsubstanz typisch und konstant zu sein (Kernplasmarelation von R. Hertwig). Im allgemeinen macht die Kernmasse nur einen geringen Bruchteil, vielleicht ein Fünfzigstel des Zellenvolumens aus.

Die Formen der Zellenkerne sind von der Gestalt der Zelle gänzlich unabhängig. Die häufigste Erscheinungsweise ist die einer Kugel, einer Linse oder eines Ellipsoides, doch treten in einzelnen Zellarten auch sehr abweichende Kerngestalten zutage, walzen-, wurst- und ringförmige Figuren, rosenkranzähnliche Gestalten, wie Hirschgeweihe verzweigte Anordnungen werden beobachtet. Außerdem sind, wie einzelne Zellen, so auch manche Kerne mit dem Vermögen der Formveränderlichkeit begabt. Im allgemeinen kann man Kerne mit geringer und mit beträchtlicher Oberflächenentwicklung unterscheiden: eine recht große Oberfläche des Kernes, wie sie bei vielen sehr unregelmäßigen Kerngestalten verwirklicht ist, scheint bei sehr stark tätigen Zellen, bei intensiver Leistung von Vorteil zu sein.

Formen der  
Zellenkerne.

Zellkerne sind Gebilde von höchst verwickelten innerem Aufbau. Zunächst sind sie von einer sehr geschmeidigen, nur selten unsichtbaren, mehr oder minder derben Hülle umschlossen, von der Kernmembran, die den Kerninhalt vor einer völligen Durchmischung mit dem Plasma des Zellenleibes bewahrt, andererseits aber für alle möglichen Stoffe durchgängig ist, so daß beide Zellbestandteile in regem chemischen Verkehr miteinander stehen. Der Inhalt des Nucleus besteht aus einer Flüssigkeit, dem Kernsaft, dessen Menge so beträchtlich sein kann, daß der ganze Kern den Anschein eines Bläschens gewinnt. In anderen Fällen ist nur wenig Kernsaft vorhanden und die festeren Bestandteile überwiegen: dann sehen die Kerne dicht klumpig aus. Den Kernsaft durchspinnen feinste Fädchen, die sich auch innen der Kernmembran dicht anschmiegen und hier oft eine dichtere Häufung zeigen: dieses Kerngerüst ist nur äußerst schwer wahrnehmbar und von großer Zartheit. Am Kerngerüstwerk, vielleicht auch in seinen Fäserchen, kleben feine, stark lichtbrechende Körnchen und Kügelchen, die einen sehr wichtigen, vielleicht den wichtigsten Bestandteil des Nucleus ausmachen und fast ausnahmslos in reichlicher Menge, selten sehr spärlich (Nervenzellen) anzutreffen sind. Diese Körnchen haben die merkwürdige Eigenschaft, mancherlei Farbstoffe, wie sie auch in der technischen Färberei benutzt werden, stark anzuziehen und sich mit ihnen zu färben. Man nennt sie daher „Chromatinkörnchen“ (Chromiolen) und ihre Substanz das

Bau der  
Zellenkerne.

Kernsaft.

Kerngerüst.

Chromatin.

„Chromatin“. Diese Eigenschaft der Färbbarkeit hat sich die mikroskopische Untersuchungstechnik in großem Maßstabe zunutze gemacht; sie ist sogar zum Ausgangspunkt der gesamten Färbetechnik der Mikroskopie geworden. Außer den Chromatinkörnchen schwimmt im Kerninhalte noch ein typisches Körperchen herum, das auch in der Vielzahl — bis zu Tausenden — vorhanden sein, aber ebensogut einmal fehlen kann: das Kernkörperchen oder der Nucleolus. Die Substanz des Kernkörperchens ist im allgemeinen homogen, doch hat man auch in ihm zuweilen noch feinere Strukturen gesehen, die Nucleolini. Zuweilen findet man das Kernkörperchen zweifach, aus verschiedenen Substanzen zusammengesetzt (Fig. 3).

Kernkörperchen.

Chemie des  
Kernes.

Man hat, bisher ohne großen Erfolg, versucht, in die chemische Natur dieser Kernbestandteile mit Hilfe ihres Verhaltens gegen Wasser, Alkalien, Säuren, Verdauungslösungen und Farbstoffe genauer einzudringen. Alle diese Strukturen haben auch den chemischen nachgebildeten Namen erhalten (Linin für das Kerngerüst, Amphipyrenin für die Kernmembran, Plastin oder Paranuclein für das Kernkörperchen). Indessen besagen diese Bezeichnungen durchaus nicht, daß es sich hier um bestimmte chemische Substanzen handelt, ebensowenig wie der Name Chromatin, der nur das färberische Verhalten, insbesondere gegenüber dem unfärbaren Kerngerüste oder „Achromatin“ charakterisiert. Mit Sicherheit ist nur bekannt, daß im Kerne vorzugsweise Phosphor- und eisenhaltige Eiweißstoffe vertreten sind (Nucleoproteide), die eine chemisch darstellbare Säure, die Nucleinsäure, enthalten.

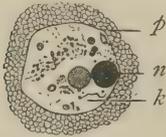


Fig. 3. Zelle mit zweifachem Kernkörperchen oder Nucleolus. Nur der den Kern unmittelbar umgebende Teil der Zelle ist gezeichnet. (Nach OBST aus HEIDENHAIN.)

Wie der Zellenleib, so kann auch der Kern noch Nebenbestandteile — allerdings in verschwindend geringer Menge und Anzahl — beherbergen: einzelne Kerne schließen Öltröpfchen, Kriställchen, Farbstoff- oder Pigmentkörnchen ein.

Zellenzentrum.

### Das Zellenzentrum.

Das Zellenzentrum (Cytzentrum, Mikrozentrum, Zentriol) stellt den allerkleinsten und auch erst in jüngster Zeit entdeckten Zellenbestandteil dar. Den Namen Zellenzentrum verdient es einmal wegen seiner oft mathematisch genauen Lage im Mittelpunkte der Zelle, hauptsächlich aber, weil häufig im Zellenleibe strahlige Figuren auftreten, die speichenförmig auf das Zellenzentrum, auch bei exzentrischer Lage, zustreben. In deren Mitte liegt es, oft von einem hellen Hof umgeben, sehr häufig aber umhüllt von besonderen Schalen aus Protoplasma, das sich in seiner unmittelbaren Umgebung, zuweilen in mehreren konzentrischen Lagen, verdichtet. (Zentralkörperchen, Zentrosoma, Fig. 4.)

Größe und Zahl  
der Zellenzentren.

Das Zellenzentrum ist ein Kügelchen von etwa 2 Zehntausendstel Millimeter Größe, es steht etwa an der Grenze der Sichtbarkeit, läßt sich aber klar und deutlich in günstigen Fällen in der lebenden Zelle nachweisen und mit bestimmten Farbstoffen gut und kräftig färben. Sehr häufig ist es ein Doppelkügelchen (Diplosom Fig. 5), dessen beide Einheiten sich unter Umständen

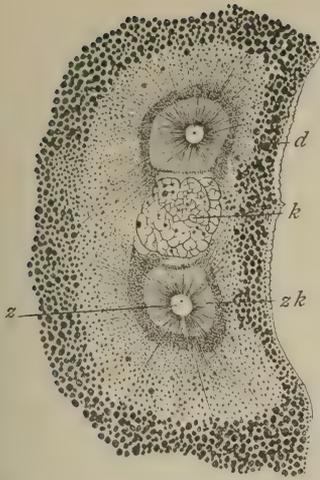


Fig. 4. Zellenzentren (z) von Zentralkörperchen (zk) umgeben, aus einem Vorbereitungsstadium zur Zellteilung des Eies eines Wurmes (Rynchelmis). Auch sieht man die Dotterkugeln (d), zu beiden Seiten des Kernes (k) die Zentren mit den Hüllgebilden. (Nach VEPDOVSKY u. MRAZEK aus GURWIJSCH.)

auch durch einen Verbindungsstrang, die Zentralbrücke, verknüpft zeigen. Seltener tritt es in Drei- und Mehrzahl auf, aber große Elemente, wie die Riesenzellen, können sehr viele, bis zu 100, enthalten (Fig. 6). Bei solcher Menge reihen sie sich auch zuweilen zu ganzen Linienfiguren auf. Seltener sind die Zellcentra stabförmig, können indes auch in V- oder X-Gestalt auftreten.

Gestalt des Zellenzentrums.

Das Zentrum ist dem Zellenleib und Zellkern als Grundbestandteil des Elementarorganismus nicht ganz gleichwertig. Zwar scheint es nur wenigen tierischen Elementen zu fehlen, während die höheren Pflanzenzellen seiner ganz entbehren; indessen verbringt es bedeutende Perioden auch des Tierzellenlebens ohne jede Beteiligung. Nur bei einem, allerdings einem der wichtigsten Geschehnisse des Lebenslaufes, bei der Fortpflanzung der Zelle, spielt es eine wichtige Rolle, die uns noch später näher beschäftigen soll. Es scheint — die neueren Forschungen auf dem Gebiete der Einzelligen-Lehre bestätigen diese schon früher ausgesprochene Vermutung — ein Kernbestandteil zu sein, der in den Zellenleib übergetreten ist, vielleicht aber auch im Plasma sich bilden und entstehen kann. Besondere Beziehungen gewinnt es oft zu den motorischen Einrichtungen der Elementarteilchen, den Flimmern, Geißeln, Wimperapparaten, die bei der Zellenbewegung zu betrachten sind. Zuweilen wird es daher auch als Bewegungszentrum oder Kinozentrum der Zelle beschrieben.

Schon das Vorkommen vielkerniger Zellen weist darauf hin, daß die Absonderung eines bestimmten, genau begrenzten Protoplasma-klümpchens um einen Kern herum zwar Regel, aber kein Gesetz, zwar das im allgemeinen verwandte Bauelement, aber nur eine von den Möglichkeiten aus-

Nichtzellige Organisationsform der lebendigen Substanz.

Nichtzellige Organisationsform.

Die weitaus größte Mehrzahl aller tierischen Lebewesen bedient sich als architektonischer Einheit in der Tat derartiger Elementarteilchen, wie sie als „Zellen“ in ihren Grundbestandteilen geschildert wurden. Indessen ist die Zelle als solche, d. h. als abgegrenzte kleinste Einheit, durchaus keine unumgänglich notwendige Voraussetzung für den Aufbau eines lebenden Körpers. Schon das Vorkommen vielkerniger Zellen weist darauf hin, daß die Absonderung eines bestimmten, genau begrenzten Protoplasma-klümpchens um einen Kern herum zwar Regel, aber kein Gesetz, zwar das im allgemeinen verwandte Bauelement, aber nur eine von den Möglichkeiten aus-

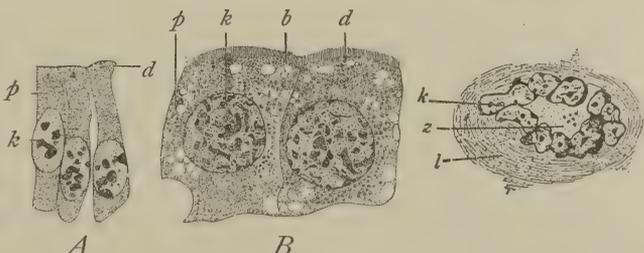


Fig. 5A u. 5B. Zellenzentren in Form von Doppelkörnern (d = Diplosoma) unmittelbar unter der Oberfläche der Zellen gelegen. k = Kern, p = Protoplasma, b Bürstensaum der Zelle. (Nach HEIDENHAIN.)

Fig. 6. Riesenzelle aus dem Knochenmark eines Kaninchens. k = Kerne, l = Zellenleib, z = der Haufen von Zellenzentren. (Nach R. KRAUSE.)

macht, um lebende Bauten zu errichten. Wenn auch die größte Mehrzahl der Gebäude einer Stadt aus einzelnen Ziegelsteinen aufgebaut worden sind, so können doch auch Behausungen genau die gleichen Dienste leisten, deren Mauern aus einheitlichen Betonmassen hergestellt sind. In der Tat existieren im Körper große und ausgedehnte Teile, die jede Abgrenzung von Plasmabezirken um Kerne herum vermissen lassen. Man bezeichnet sie als Synzytien, Symplassen oder Plasmodien. So ist man nach neuen Untersuchungen zu der Auffassung gelangt, daß das ganze Herz der Säugetiere ein großes Synzytium darstelle. So kennen wir in dem Mutterkuchen der Säugetiere auf den einzelnen reichverzweigten zottenartigen Bestandteilen, die die Verbindung von Frucht und Mutter vermitteln, mächtige Protoplasmabeläge, zwischen deren zahllosen Kernen jede Andeutung einer zelligen Abgrenzung fehlt. Man ist daher mit Recht schon seit längerer Zeit von der Anschauung abgekommen, als ob in der Form der Zelle das entscheidende Kennzeichen für die Elementarstruktur der Tiere begründet sei. Sachs hat den Begriff der „Zelle“ durch den Begriff einer Funktions- oder Leistungseinheit, die anatomische Vorstellung vom Elementarorganismus durch eine physiologische Anschauung ersetzt, und für diese kleinen physiologischen oder biologischen Einheiten den Namen der „Energiden“ gewählt. Der weitere Fortschritt der Wissenschaft wird — schon sind die ersten Ansätze deutlich zu erkennen — genau wie mit dem Zellenbegriff, der am äußerlichen Merkmal der Abgrenzung eines Elementarteiles haftet, auch mit dem Begriff eines notwendig abgrenzbar vorhandenen Kernes aufräumen. Auch der Kern kann unbeschadet seiner besonderen Leistungen eine Begrenzung gegen die Umgebung, gegen den Zellenleib, wohl einbüßen, ohne doch als wesentlicher Zellenbestandteil zu verschwinden.

Der Aufbau der Lebewesen aus Energiden würde im äußersten Falle derart zu verstehen sein, daß kernsubstanz- und zentrosomhaltige Plasmamassen das wahre Bauelement, das eigentliche Leistungselement des Tierkörpers seien.

#### Allgemeine Lebensverrichtungen der Elementarteile.

Mit Hilfe ihrer Grundbestandteile verrichten die Elementarteile ihre Lebensaufgabe, die im wesentlichen auf vier Haupt-Lebensäußerungen beruht:

1. auf der Fähigkeit, Stoffe aufzunehmen, umzuwandeln und auszuscheiden oder dem Stoffwechsel,
2. auf der Fähigkeit, Reize aufzunehmen, weiterzuleiten und auf andere Elemente zu übertragen oder der Reizbarkeit,
3. auf der Fähigkeit, sich zu bewegen, oder der Beweglichkeit,
4. auf der Fähigkeit, sich zu vermehren, oder der Fortpflanzung.

Obleich nun der Elementarorganismus, sei er zellig oder nichtzellig gegliedert, bereits an und für sich zu diesen vier Grundleistungen befähigt erscheint, so treten doch bei ihrer Ausführung im allgemeinen in großer Zahl neuartige Erscheinungen zutage. Jede lebendige Zelle vermag Stoffe aufzunehmen und auszuscheiden; eine Zelle aber, z. B. eine Drüsenzelle, die sich als Hauptaufgabe mit der Bereitung und Ausscheidung von Stoffen beschäftigt,

Synzytien.

Energide.

Lebenserscheinungen der Zellen.

gewinnt besondere Einrichtungen, die sie für ihre Aufgabe in bestimmter Weise besonders tüchtig machen, sie bildet z. B. besondere Abscheidungs-röhrchen für ihre Produkte aus. Jede lebende Zelle vermag Reize aufzunehmen und in ihrem Plasma fortzuleiten; nur wenige sind aber, wie z. B. die Nervenzellen, durch Ausrüstung mit besonderen Apparaten, etwa den Nerven-fibrillen tauglich geworden, diese Reizleitung als Eigenaufgabe zu versehen. Dieses Unterschiedenwerden der Elementarteile nach Leistung und Gestaltung bezeichnet man als „Differenzierung“. Sie wird verglichen mit der Arbeitsteilung in menschlichen Gemeinschaften, bei denen jedes Mitglied neben seinen allgemeinen Fähigkeiten als Mensch, als Staatsbürger, noch besondere Aufgaben übernommen hat und für diese in höherem Grade ausgebildet ist. Während im jungen Keimling die Zellen zum größten Teile gleichartig aussehen, „differenzieren“ sie sich mit dem Fortschritt der Entwicklung und dem Vorrücken des Alters zu besonderen Zellenarten.

### Die Stoffwechsellätigkeit der Zelle.

Die lebenden Elemente sind im fortwährenden Wechsel ihrer Bestandteile begriffen. Sie nehmen während der ganzen Dauer ihres Lebens Stoffe aus der Umgebung auf, verarbeiten sie in ihrem Körperinnern, verwandeln sie dabei in andere Substanzen und geben endlich Stoffe aus ihrem Leibe wieder ab.

Gasförmige, gelöste und feste Substanzen kann die Zelle sich einverleiben.

Die Zufuhr von Gasen, insbesondere von Sauerstoff, ist eine der elementarsten Bedingungen des Zellenlebens überhaupt. Das Werkzeug dieser Aufnahme ist die äußere Zellenoberfläche, die für dieses allerwichtigste Gas durchlässig ist.

Ebenso wird auch die Zellenoberfläche ganz oder zum Teil von Stofflösungen gespült, aus denen ihre Elementarteile Substanzen aufzunehmen, zu „resorbieren“, in der Lage sind. Der Mechanismus dieser Resorption ist noch nicht hinreichend geklärt.

Die Aufnahme von festen Stoffen durch die Zellen ist im Tierleben nicht sehr weit verbreitet. Bekannt ist sie von den Darmzellen einiger Würmer, vor allem aber von den Freßzellen oder Phagozyten, die das Blut und die Gewebe der Tiere, auch des Menschen, in großer Zahl meist als frei bewegliche, teils aber auch als festsitzende Zellen-Individuen beherbergen. Eine solche Freßzelle kriecht auf ihre Beute, etwa einen Bazillus, ein Blutkörperchen zu, umfließt diese mit ihrem Protoplasma und nimmt es ganz und gar in sein Zelleninneres auf. (Fig. 7, s. auch Fig. 1, G.)

Bei allen diesen Vorgängen überrascht eine Tatsache in besonders hohem Grade: von dem Gemisch von Gasen, aus dem Vielerlei der gelösten Substanzen, unter den zahlreichen körperlichen Stoffteilchen wählt jede Zellenart nur gerade die Bestandteile zur Annahme aus, die ihr zusagen. Sie resorbiert den Sauerstoff, nicht aber die Kohlensäure; die Magenzelle entnimmt dem Blute andere Lösungen als die Nierenzelle, die Freßzelle stürzt sich hastig auf be-

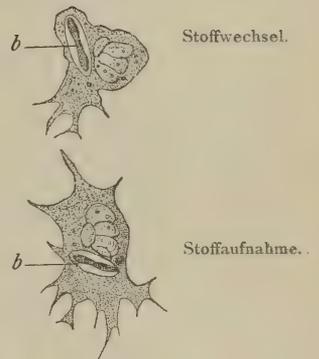


Fig. 7. Zwei in kurzem Zwischenraum gezeichnete Ansichten einer farblosen Blutzelle vom Frosch in ihrer Tätigkeit als „Freßzelle“: sie hat ein Bakterium (b) in ihren Körper aufgenommen. (Nach METSCHNIKOFF aus O. HERTWIG.)

Freßzellen.

Wahlfähigkeit der Zellen.

stimmte Bazillenarten, geht aber anderen mit Sorgfalt aus dem Wege. Der Mechanismus dieses Auswahlvermögens ist noch ganz unbekannt.

Stoffumsatz.

Die derart aufgenommenen Substanzen werden nunmehr im Innern der Zellen verarbeitet. Das wichtigste Umsatzprodukt der lebendigen Zelle ist das Protoplasma selbst, das durch den Stoffwechsel der Elementarteilchen neu erzeugt werden kann. Der Zelle eignet — natürlich nur bis zu einem gewissen Zellenalter — die Fähigkeit zu wachsen. Im späteren Leben beschränkt sich die Protoplasmaproduktion nur auf den Ersatz der beim Lebensprozesse verbrauchten Bestandteile. Das Ende der Protoplasmaerneuerung aber bedeutet den Tod der Zelle. Man nennt die Fähigkeit der Zelle, aus andersartigen Stoffen

eigenes Protoplasma aufzubauen, den Vorgang der Assimilation.

Werkzeug der Assimilation ist nach den Erfahrungen der Zellenforschung immer nur die chemisch-physikalische Fähigkeit bereits vorhandener Zellen.

Über dieser wichtigsten und allgemeinsten Aufgabe

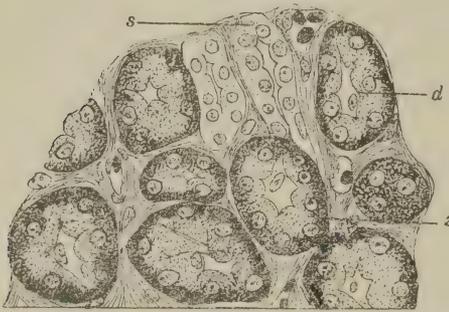


Fig. 8. Teil eines Durchchnittes durch die Drüsenbläschen (*d*) der menschlichen Bauchspeicheldrüse. Die Zellen sind gefüllt mit feinen Körnchen, den Zymogenkörnchen (*z*). Bei *s* ist ein Schalttröhrchen zu sehen, das die Verbindung zwischen Drüsenausführgängen und abscheidenden Bläschen vermittelt. (Nach R. KRAUSE.)

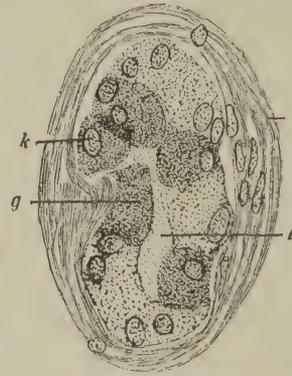


Fig. 9. Granula (*g*) in den Zellen einer Drüse aus dem Katzenmagen. *k* = Zellkerne, *l* = Lichtung der Drüse, *b* = bindegewebige Umhüllung des Drüsenschlauches. (Nach ARNOLD.)

der Protoplasmaabildung hinaus fällt den verschiedenen Zellenarten indes noch die Verrichtung zu, besondere Substanzen herzustellen, deren der Körper zu seinem Lebensprozesse bedarf. Das chemische Werkzeug dieser Wandlungsvorgänge scheinen im größten Maßstabe besondere Substanzen von eigenartiger Beschaffenheit zu sein, die sogenannten Fermente oder Enzyme, die man auch aus den Zellen befreien und für sich — allerdings noch nicht als chemische Körper — darstellen kann. Ihre Besonderheit besteht darin, daß ihre Gegenwart die Entstehung oder die Zerstörung chemischer Verbindungen in großem Maßstabe zu bewirken vermag, ohne daß sie sich selbst darin verbrauchen oder auch in die Verbindungen eintreten. Jede Zellensorte scheint dabei, je nach ihrer Aufgabe, besondere spezifische Enzyme zu bilden oder zu enthalten.

Fermente oder Enzyme.

In manchen Zellen findet man die Enzyme oder Vorstufen zu ihrer Bildung in der Form kleinerer Körnchen: und solche Körnchen oder „Granula“ sind es besonders häufig, an denen oder in denen sich die zellenchemischen Vorgänge abspielen, und die man dann geradezu als Organe des Stoffwechsels, als Stoffwechselorganelle bezeichnet (Fig. 8).

Granula.

Die mikrochemische Zellenuntersuchung wählt aus diesem Grunde die Zellenkörnchen mit großer Vorliebe zu chemischen Studienobjekten und es

gelingt in der Tat oft mit Hilfe einfacher Reaktionen, über die chemische Natur, über Vergehen und Entstehen der Zellenkörnchen ins klare zu kommen.

Als Produkte des Stoffwechsels treten in den Zellen des Darmes Fettkügelchen auf, die sich durch Schwärzung mit Osiumtetroxyd sehr deutlich nachweisen lassen. In den Zellen der Leber, in den Zellen der verschiedensten anderen Organe, zumeist im jungen, wachsenden Tiergewebe, finden sich Körnchen eines sonderartigen Kohlehydrates, des Glycogens (Fig. 9). Andere Zellen scheiden in ihrem Innern Schleimkügelchen oder -fädchen aus, die sich zu großen Massen anhäufen können. Eine große Schar von anderen Zellenelementen beherbergt Körnchen von unbekannter Zusammensetzung: z. B. die farblosen Blutzellen, und neuere Untersuchungen machen es sogar wahrscheinlich, daß sehr viele, vielleicht alle Zellenarten in ihrem Protoplasma Körnelungen führen.

Produkte des Stoffwechsels.

Die Zellen junger Embryonen ererben bereits von den Keimzellen eine Mitgift von Zelleneinschlüssen, die in der letzten Zeit besondere Bedeutung erlangt haben: die Fadenkörnchen oder Mitochondrien (Fig. 10). Aus ihnen sollen durch die Stoffwechseltätigkeit der Elemente eine große Anzahl von Zellenprodukten hervorgehen, indem sie gestaltlich verändert und chemisch umgewandelt werden.

Mitochondrien.



Fig. 10 A—D. Mitochondrien (m) im Zellenleibe des Keimlings vom Huhn, bei D der Kern der Zelle in mitotischer Teilung begriffen. (Nach MEVES aus HEIDENHAIN.)

Insbesondere werden sie für die Anlagen der fibrillären Differenzierungen des Protoplasmas erklärt, für die Ausgangsprodukte der Bildung von bestimmten Stützeinrichtungen, der Fibrillen der gewöhnlichen Stützsubstanz, der besonderen Stützsubstanz in nervösen Organen, der Ausgestaltung von Bewegungsorganen, der Muskelfibrillen, von Reizleitungsapparaten der Nervenfibrillen.

Solcherlei Formbestandteile, wie sie die chemische Umsatzarbeit herstellt, befreien sich auch aus dem engen Leibe der Zelle, sie werden, wie man dies gewöhnlich ausdrückt, von den Elementen „abgeschieden“. In dieser Art vermögen die Zellen vielerlei Produkte auszuarbeiten, die sich selbst nur noch in geringerem Grade oder auch gar nicht am Lebensvorgange beteiligen. Die formbildende Tätigkeit der äußeren Körperzellen — aber auch solche innere Oberflächen bekleidender Elemente — scheidet an der Außenfläche derbere festere Häutchen ab: die Cuticulargebilde. In dieser Art entstehen die als Chitin bezeichneten Hautdecken der Gliederfüßler, die Schalen der Muscheln und Schnecken, die derben lederartigen Oberflächenhäute mancher Würmer, z. B. der Rundwürmer.

Formbildende Tätigkeit der Zellen.

Cuticulargebilde.

Andere Produkte der chemischen Zellenarbeit sind die Haargebilde, viele Skelettsubstanzen, die Kieselnadeln, die an den „Silikoblasten“ genannten

Elementen der Kieselschwämme aufgebaut werden, die Kalkbildungszellen der Stachelhäuter, die komplizierte Kalkgerüste entwickeln. (Fig. 11.)

Diesen mehr oder minder festen Plasmaprodukten stehen zur Seite die flüssigen und gasförmigen Abscheidungen der Elemente. Als flüssige Stoffwechselerzeugnisse sind die mannigfachen Sekrete und Exkrete des Tierkörpers zu bezeichnen. Für die Abfuhr derartiger flüssiger Fabrikate bilden die Zellen,

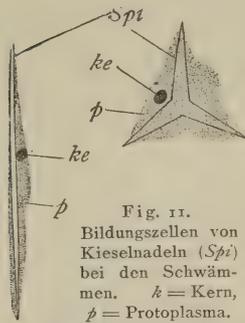


Fig. 11.  
Bildungszellen von  
Kieselnadeln (*Spi*)  
bei den Schwämmen.  
*k* = Kern,  
*p* = Protoplasma.  
(Nach K. C. SCHNEIDER.)

die sich mit der Seite der Lebenstätigkeit besonders beschäftigen, die Drüsenzellen, besondere Abfuhrkanälchen aus, die man Zellenhaarröhrchen oder Sekretkapillaren nennt (Fig. 12). Im Innenraume des Zellenraumes erscheinen feine wandungslose Röhrchen, die aus der Zelle herausführen, und sich außerhalb des Elementes als gröbere Kanälchen fortsetzen. Für die gasigen Plasmaproducte, insbesondere das allgemeinste tierische Gasfabrikat im Stoffwechsel, sind besondere Abfuhrwege nicht vorgesehen: die Ableitung erfolgt auf dem Wege der Osmose. Hingegen sammeln sich in manchen gasbereitenden Elementen, wie sie in der Schwimmblase der Fische gefunden werden, die Gasbläschen als feine Schaumvakuolen an, um dann entleert zu werden.

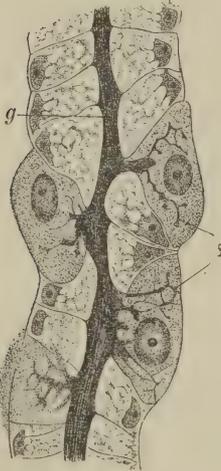


Fig. 12. Haarröhrchen  
im Innern der Zellen (*s*)  
und nach außen in den  
Gang (*g*) einer Magen-  
drüse hineinleitend.  
(Nach K. C. SCHNEIDER.)

Mit den Erscheinungen der Stoffwechsellätigkeit untrennbar verbunden, dem Auge indessen, auch dem am schärfsten bewaffneten meist unzugänglich, sind die Aufnahmen, Verwandlungen und Abgaben von Energiebeträgen, die bei jeder Arbeit entstehen und vergehen. Sie werden meist nur als Massenleistung merklich: die tierische Wärme, die Produktion von Elektrizität, von chemischer Energie findet im Aussehen der Elementarteile keinen Ausdruck. Nur für eine Art der Energieproduktion, für die Abgabe von Lichtkraft, besteht in gewissem Sinne eine Ausnahme. Der Mechanismus des Leuchtens der verschiedenen Tierarten ist ersichtlich ein verschiedener: man führt sie im allgemeinen aber auf den Vorgang der „Chemolumineszenz“ zurück. Bei einzelnen Fröschen, beim Glühwürmchen hat man nun nachzuweisen vermocht, daß die leuchtende Substanz nach Art eines Sekretes von bestimmten Leuchtorganen, in diesen in den Leuchtdrüsenzellen produziert wird.

Energiewechsel  
der Zellen.

Beweglichkeit  
der Zellen.

Die zweite Grundlebenstätigkeit der lebenden Tierelemente ist die Beweglichkeit. Die „Differenzierung“ der Zellen beschränkt indes bei der weitaus größten Mehrzahl aller Protoplasmen die Eigenbeweglichkeit in so hohem Maße, daß sie kaum oder gar nicht nachzuweisen ist. Dafür aber bilden andere Zellarten diese Fähigkeit bis zu einem überraschenden Grade aus. Bemerkenswert ist, daß die Keimzellen und ihre Bildungsstufen in einem hohen Grade Wanderfähigkeit besitzen, und von ihr in bestimmten Lebensstadien in weitgehendem Maße Gebrauch machen. Man vermißt im Körper der höchsten wie der

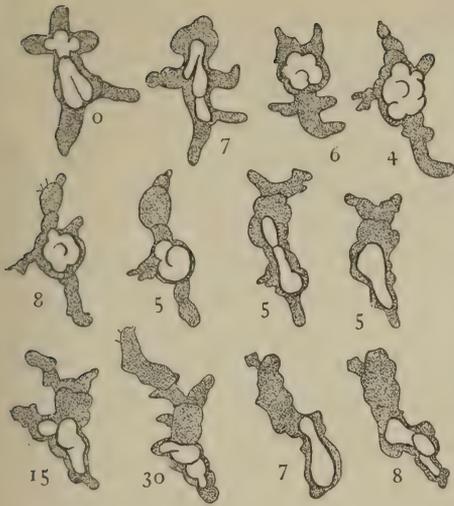


Fig. 13. Wanderzelle aus dem Schwanz einer Molchlarve, in Bewegung begriffen (nach HEIDENHAIN): die Zelle wurde in Abständen von so vielen Minuten gezeichnet, als die Ziffern angeben. Zelleib grau, Zellkern hell.

Wanderzellen.

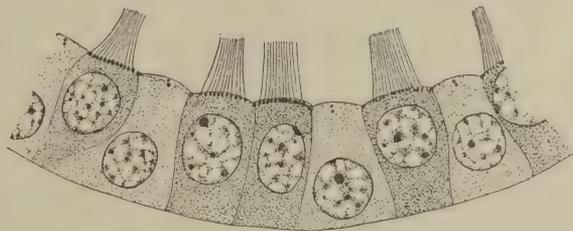
niedersten Tiere kaum jemals die „Wanderzellen“ oder wie sie nach ihren überaus ähnlichen Vertretern unter den Urtierchen genannt werden: die „Amöbozyten“. Sie bewegen sich ohne besondere Bewegungsorgane durch Strömungsvorgänge im Zellenleibe. Man sieht aus dem Körper bald hier, bald dort einen Fortsatz sich vorwölben, die übrige Plasmamasse nachfließen, und so wird unter ständigem Gestaltswechsel die Lage des Elementes zu seiner Umgebung verschoben. (Fig. 13.)

Auch die zweite Art der Bewegungsorgane hat ihr Vorbild im Reiche der Einzelligen, in der Einrichtung beweglicher Fortsätze des Zellenleibes, der Wimpern und Geißeln. Wie mit einem dichten Pelz von allerfeinsten Härchen erscheinen einzelne Zellenarten an ihrer Oberfläche über-

Wimper- und Geißelzellen.

zogen; sie heißt man „Flimmerzellen“, weil ihre Außenflächen im ganzen Zusammenhange betrachtet dem Bilde einer unruhig wogenden Oberfläche gleichen, als ob man starre Konturen, die Linien eines Hauses, durch den Dunst eines Kohlenbeckens hindurch betrachte. Bei stärkerer Vergrößerung gewahrt man als Ursache dieses unruhigen Wogens das taktmäßig blitzschnell und in regelmäßiger Folge wiederholte Nicken oder Wippen der Wimperhärchen auf einer solchen Zellenoberfläche. Die Wimpern sind im Zellenleibe, ebenso wie die Geißeln, gewissermaßen befestigt oder verankert, und das Zentrum für die Bewegung scheinen feinste Körnchen — Basalkörnchen — zu sein, die, an der Basis der Wimperhärchen gelegen, den Zentriolen ähneln und von ihnen auch abgeleitet werden. (Fig. 14.)

Für Einzelhärchen der Elementarteile oder Geißeln, die in der Einzahl oder zu nur wenigen vereinigt vom Zellenleibe ausgehen, dienen als die besten Beispiele die Samenzellen vieler Tiere, die mit ihrem Flagellenschlag schnell, immer gegen den Strom, zu schwimmen imstande sind. (Fig. 15 S. 56.) Von dem Köpfchen dieser geißelförmigen „Spermien“ geht durch ein ähnliches Basalkörnchen oder dessen Analogon, das auch mit dem Zellenzentrum in inniger verwandtschaftlicher Beziehung steht, ein Geißelfaden ab, der zuweilen noch mit einer wellenförmig beweglichen Membran ausgerüstet ist.

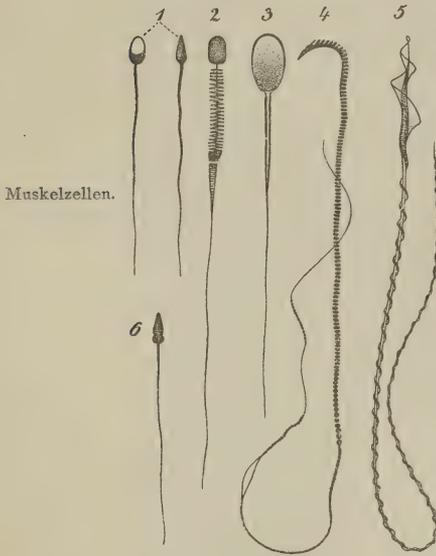


Spermien.

Fig. 14. Flimmerzellen, neben flimmerlosen Zellen, aus dem Nebenhoden vom Kaninchen. Die Flimmern wurzeln an den Basalkörnchen dicht unter der Zellenoberfläche. In den flimmerlosen Zellen ist das Zellenzentrum als Doppelkörnchen gut sichtbar. (Nach von LENHOSSÉK aus HEIDENHAIN.)

Fibrillen-  
bildungen der  
Zelle.

Die Differenzierung besonderer Bewegungselemente bedient sich der Produktion spezieller Fädchen, die sich zusammenziehen und wieder auszudehnen vermögen, der sogenannten kontraktile Fibrillen oder Myofibrillen. Diese zeichnen sich durch die merkwürdige Eigenschaft aus, das Licht doppelt zu brechen, wie der Kalkspatkristall in einem Polarisationsapparat. Solcherlei Fäserchen werden in vielerlei Zellenarten abgeschieden, die damit die Fähigkeit der Bewegung, der Kontraktilität, gewinnen. Sie kommen in der Tierwelt in zweierlei Ausgestaltungen vor: als einheitliche, homogene, glatte oder als zusammengesetzte Fibrillen, die oft die Neigung haben, sich zu Bündelchen, den Säulchen, oder Leisten von verschiedener Form zusammenzuscharen.



Muskelzellen.

Fig. 15 Samenfäden verschiedener Tiere: 1. vom Menschen, von der Fläche und von der Kante gesehen; 2. von einer Fledermaus; 3. vom Schwein; 4. von der Ratte; 5. vom Buchfinken; 6. vom Seeigel.  
(Nach BALLOWITZ, KÖLLKER und VOM RATH aus WEISMANN.)

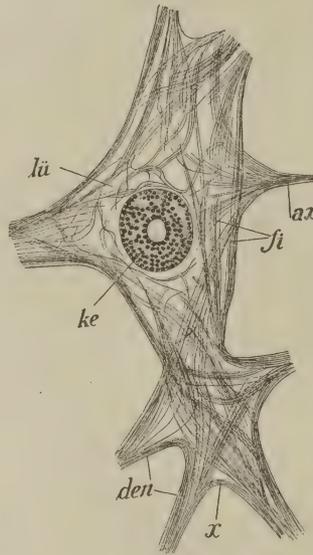


Fig. 16. Nervenzelle des Menschen mit Neurofibrillen (*fi*). *ax* = Abgangsstelle des Achsenzylinders mit seinen Fibrillen. *den* = Dendriten oder Protoplasmafortsätze mit ihren Fibrillen. *x* = Übergangsstelle der Fibrillen von einem Dendriten zum anderen. *lü* = Lücken an der Stelle der Nissl'schen Körner. *ke* = Kern (vgl. auch S. 48).  
(Nach BETHE aus SCHNEIDER.)

Die Fibrillen laufen entweder der Längsachse der Muskelzelle parallel oder in spiraligen Windungen; aus dieser Anordnung entsteht dann das Bild der schräggestreiften oder doppelt schräggestreiften Muskulatur. Diese Erscheinung hat aber gar nichts zu tun mit der sogenannten „Querstreifung“: hier sind es die einzelnen zusammengesetzten Fibrillen, die sich von den glatten durch ihren Aufbau aus einzelnen Querscheibchen unterscheiden. In regelmäßiger Folge aneinandergereiht wechseln solche Querscheiben, denen

die Eigenschaft der Doppelbrechung zukommt, mit einfachbrechenden gewöhnlichen Scheibchen ab, die jene voneinander trennen. Man bezeichnet sie daher im Gegensatz zu den glatten als die quergestreiften Myofibrillen. Zu vielen Hunderten liegen sie vereinigt zu größeren Komplexen in Elementen mit vielen Tausenden von Kernen, während die glatten Fäserchen gewöhnlich nur zu wenigen in meist einkernigen Elementarteilchen sich zusammenordnen. Wir werden den verschiedenen Arten der kontraktile Fibrillen bei der Betrachtung des speziellen Bewegungsgewebes im Körper wieder begegnen.

Reizbarkeit der  
Zellen.

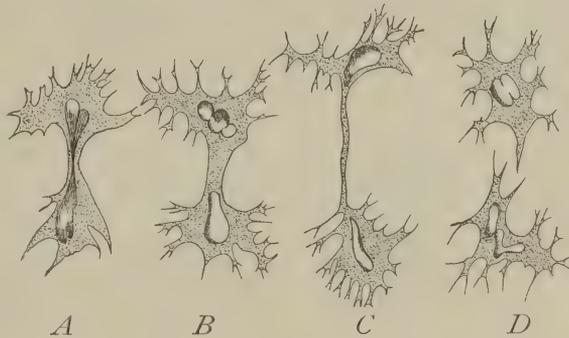
Die Reizbarkeit der Zellelemente, ihre dritte Grundeigenschaft, ist im Grunde und in ihren Anfängen von besonderen Zellenorganellen unabhängig. Auf den chemischen Reiz, auf den Lichtreiz hin reagieren Zellen mit Sicher-

heit und Beständigkeit, in deren Leibe keinerlei Differenzierungen anzutreffen sind. Die „Arbeitsteilung“ schafft indes auch hier besondere Apparate in den Elementen, sowohl für die Reizaufnahme wie für die Reizabgabe oder Reizleitung. Auch diese Zellendifferenzierungen treten meist unter dem Bilde von Fädchen oder Härchen auf, die aber gewöhnlich starr sind. Vielerlei Sinneselemente, die Hörzellen, die Zellen für die Aufnahme der statischen oder Gleichgewichtsreize, die Schmeckzellen, sind mit solchen Sinneshäärchen ausgerüstet. Für die Reizleitung werden die Neurofibrillen (Fig. 16) in den Neuronenzellen

Neurofibrillen.

abgeschieden: so anlockend die Analogie mit den feinen Drähten der telegraphischen Einrichtungen erscheint, so ist doch heute noch kein einwandfreier Beweis dafür erbracht, daß gerade die Neurofibrillen an und für sich und nicht vielleicht das die Fäserchen umgebende Zellenplasma oder Neuroplasma die Träger der eigentlichen Reizleitungsvorgänge seien.

Die letzte und wichtigste allgemeine Zellenleistung ist das Fortpflanzungs- oder Vermehrungsgeschäft der Elementarteile. Auch diese Fähigkeit geht einer großen Anzahl von Zellen im Laufe der „Differenzierung“ verloren, wenn sie gleich ursprünglich wirklich allen Zellen des Organismus zukommt. Die Erscheinungen der Zellenerzeugung laufen zuweilen ohne jede Benutzung besonderer Einrichtungen des Elementarteilchens



Fortpflanzung der Zellen.

Fig. 17. Direkte Kern- und Zellteilung (Amitose) von einer farblosen Blutzelle des Frosches. A. Kern soeben in Zerschnürung begriffen. B. Kern zerschnürt. C. Zellenleib unmittelbar vor der vollendeten Zerschnürung. D. Zellenteilung beendet. (Nach ARNOLD aus RAUBER-KOPFSCH.)

ab, in anderen weit bedeutsameren Fällen treten spezielle Zellenorganelle in Erscheinung und in Funktion, die während des gewöhnlichen Zellenlebens, während der Zellenruhe, nicht erkennbar, wohl auch nicht vorhanden sind.

Der allgemeine Modus der Zellervermehrung ist die Teilung der Elemente. In dem einfachsten Falle, bei der direkten Teilung zerschnüren sich Zellenleib und Zellkern in zwei mehr oder minder genau gleich große Hälften (Fig. 17). Meist macht der Kern den Anfang: er zerschnürt sich, die beiden Hälften haften eine Weile lang noch mit einem dünnen Faden aneinander, dieser Faden reißt durch. Gleichzeitig beginnt auch die Zelle, sich in die Länge zu strecken, sich an einer Stelle einzuschnüren, und mit der Trennung dieser Brücke ist die Teilung des Elements beendet. Vielfach unterbleibt auch die Zellkörperzerlegung und es entstehen auf diese Weise, z. B. in der Leber, zwei- oder noch mehrkernige Elemente. Auch Abschnürungen kleiner Kernpartikelchen führen zu einer Zerlegung des Nucleus, so daß auf diese Weise Kernfragmente in Rosetten-, Rosenkranz- oder unregelmäßigen Formen zustande kommen können. Man hat in der letzten Zeit namentlich bei einzelligen Wesen Erfahrungen gesammelt, die solche Kern- und Zellzerschnürungen als unvollkommene Aus-

Direkte Zell- und Kernteilung.

bildungsformen komplizierterer Teilungsvorgänge erkennen lassen. Jedenfalls spielen in den tierischen Organismen derlei einfache und direkte Zellvermehrungen eine nur untergeordnete Rolle.

Indirekte Kern-  
und Zellteilung.

Der wichtigere und häufigste Zellfortpflanzungsprozeß ist ein weit verwickelteres Geschehen. Zwar die Zerlegung des Zellenleibes vollzieht sich in der gleichen einfachen Art, aber am Kerne treten eine Anzahl bemerkenswerter Umgestaltungen und sonderbarer Bewegungsvorgänge auf. Die Umformungen modeln Kern- und Zellenbestandteile in mehr oder minder ausgesprochene Fädchengebilde um: von dem Auftreten dieser Fädchen (griechisch *Mitos*) hat der Prozeß den einen seiner Namen, den der *Mitose* oder mitotischen Teilung

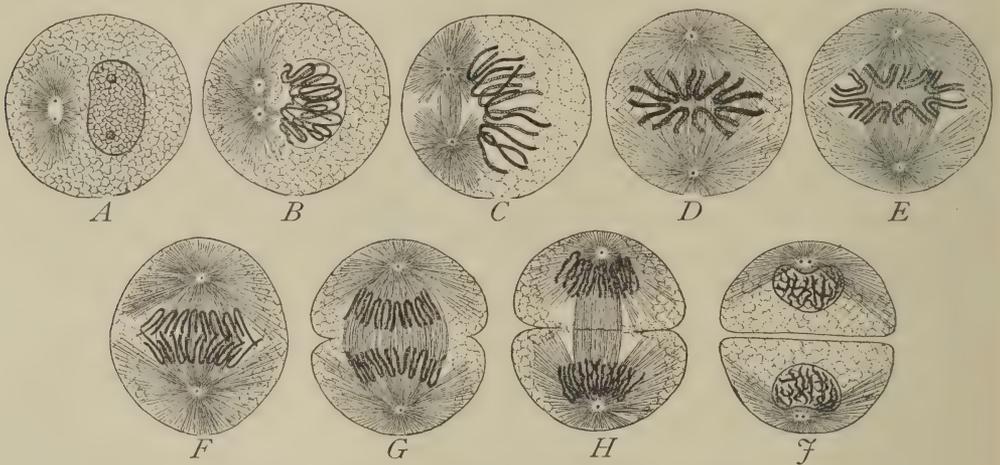


Fig. 18. Schema der Zellteilung: Karyokinese oder Mitose.  
(Nach RAUBER-KOPSCH verändert aus WEISSENBERG.)

A. Kern der Zelle in Ruhe, Zentrum soeben geteilt, von der Plasmastrahlung umgeben. B. Färbare Kernsubstanz, Chromatin, zum Kernfaden oder Knäuel umgewandelt, Kernmembran in Auflösung begriffen. Zentrenstrahlung weiter ausgebildet. C. Kernfaden in die Kernsegmente oder Chromosome zerfallen; Zentren auseinandergerückt, umgeben von der Polstrahlung, verbunden durch die Anlage der Spindel. D. Kernsegmente zum Mutterstern geordnet, die Zentren an den Polen der Spindelfigur, umgeben von der Polstrahlung. E. Die Muttersternsegmente in die Tochterkernsegmente durch Längsspaltung zerlegt. F. Auseinanderweichen der Tochterkernsegmente. Tochtersternfigur. G. Beginn der Einschnürung des Zellenkörpers, Tochtersterne weiter zu den Spindelpolen gerückt. H. Nahezu vollendete Durchschnürung des Zellenkörpers, Tochterkernsegmente beginnen sich an den Polen zu den Tochterknäueln zusammenzufügen. I. Vollendete Teilung der Zelle, färbare Kernsubstanz zum Zustand des ruhenden Kerns zurückkehrend, Spindelfigur verschwunden, Kernmembran neu gebildet, Zellenzentren wieder als Doppelkörnchen im Plasma.

erhalten. Von den Bewegungsvorgängen, die hierbei an der Kernsubstanz sich abspielen, nennt man ihn auch Kernbewegungsteilung oder Karyokinese. (Fig. 18.)

Karyokinese.

Der ruhende Zellenkern, dessen Bau oben geschildert wurde, gestaltet sich in dem ersten Akte, dem Vorbereitungsstadium oder der Prophase zu einem Kernfaden um: die Chromatinkügelchen reihen sich Körnchen neben Körnchen aneinander, so daß schließlich der ganze färbare Kerninhalt aus einem Faden, gebildet aus allen Chromiolen, besteht, die der Ruhekern einschloß. Dieser Faden, einem enggewundenen Knäuel gleich, zerfällt alsbald in einzelne Stücke, die Kernsegmente oder Chromosome, deren Anzahl für jedes Tier, für jede Pflanze ein für allemal feststeht: stets tritt bei allen Kernteilungen der gleichen Lebewesenart die gleiche Chromosomenzahl auf. Sie schwankt

Chromosome.

dabei in weiten Grenzen: die niederste Zahl, die man bis jetzt auffinden konnte, ist zwei, eine der höchsten 168. Der Mensch besitzt wahrscheinlich, wie viele andere Tiere und Pflanzen auch, 24 Chromosome. Diese Umformungen im Kerne, der seine Membran auflöst und nunmehr mit dem Protoplasma frei verschmilzt, begleiten Wandlungen im Zellenleibe. Das Zellzentrum spaltet sich — wenn es nicht zuvor schon ein Doppelkörnchen gewesen war — in zwei Kügelchen, um das sich das Protoplasma in Form von prächtigen sonnenartigen Strahlungen anordnet, die man in der lebendigen Zelle gut wahrnehmen kann. Die neuen Zentriolen rücken auseinander, und zwischen ihnen bildet die Protoplasmastrahlung eine Spindelfigur, in deren Äquator sich die Kernsegmente regelmäßig sternförmig zu einer Platte gruppieren. Die Centra sind jetzt an die Pole der Spindel gerückt: das zierliche Bild, das jetzt die Zelle darbietet, heißt man den Mutterstern oder den Monaster der Kernteilung. Diese Figur bedeutet den Höhepunkt des ganzen Ereignisses, das Vorbereitungsstadium ist abgeschlossen: es beginnt das Hauptstadium nun, die Metaphase. Ihr wichtigstes Geschehnis ist der springende Punkt des gesamten verwickelten Mechanismus: die Kernsegmente spalten sich ihrer Länge nach in zwei gleiche Hälften; aus den Mutterchromosomen werden die Tochterchromosome. Jede Teilhälfte gleitet nunmehr auf einen Spindelpol zu, die eine nach dem oberen, die andere nach dem unteren, niemals beide zu dem gleichen Zentriol hin. Dadurch wird eine fast mathematisch genau gleichmäßige Verteilung der zu den Kernsegmenten vereinten Chromiolen erzielt. Zumeist wandern die Chromosome, wenn sie u-förmige Gestalt besitzen, mit ihren geschlossenen Schenkeln polwärts: aus dem Mutterstern sind die Tochtersterne oder der Dyaster entstanden. Damit tritt der Kern in die Anaphase seiner Teilung ein, begibt sich auf den Rückweg zur Bildung eines Ruhekernes. Auch der Zellenleib beginnt nunmehr seine Teilung: er schnürt sich in den Äquator durch eine Ringfurche ein, und während die Tochterchromosome sich an den Polen sammeln, schneidet die Ringfurche, immer stärker und stärker sich vertiefend, durch den ganzen Zellenleib hindurch. Die Spindel, noch eine Zeit lang sichtbar, wird dabei zusammengeschnürt, wie ein Bündel von feinen Drähten. Der Endakt, die Telophase der Teilung, führt den Kern wieder völlig in den Ruhezustand über. Die Chromosome legen sich mit ihren Enden aneinander, bilden wieder einen undeutlichen Knäuel, zerteilen sich in ihre kleinen Chromiolen. Die Kernmembran tritt wieder auf, das Liniennetz erscheint, die Plasmastrahlen schwinden und in den beiden jetzt völlig voneinander abgeschnürten Tochterzellen liegt der ruhende Kern, der alsbald wieder in eine neue Teilung einzutreten vermag. Oft vermag man noch an der Lage der Elemente zueinander zu erkennen, welche Zellen aus einer Mutterzelle hervorgehen.

Dieses Schema wird nicht immer innegehalten, es gibt abweichende Mitosentypen, vor allem treten die Chromosome oft in andersartiger Gestalt auf, als Kügelchen, als bohnen- oder nierenförmige Gebilde. Zuweilen erkennt man deutlich, daß sie von verschiedener Form sind und dann findet sich oft die gleiche Gestalt zweimal vertreten. (Fig. 19.) Wichtige Unterschiede von



Fig. 19. Ansicht der Äquatorialplatte einer Kernteilungsfigur aus dem Hoden eines Käfers, zur Erläuterung der verschiedenen Größe und Gestalt der Chromosome. (Nach WILSON.)

Vereinigung  
der Zellen zu  
Gewebe und  
Organen.

diesem normalen Geschehen liegen vor, wenn ein Chromosom ungeteilt in nur eine der Tochterzellen übergeht: Erscheinungen, die zumal bei der Bildung der Geschlechtszellen vorkommen und für die Lehre von der Vererbung besondere Bedeutung gewonnen haben. Atypische Mitosen spielen sich mit Vorliebe in krankhaft veränderten Zellen ab, z. B. in den bösartigen Neubildungen beim Menschen und Tieren.

### Die Gewebe und Organe des Tierkörpers.

Im Körper der höheren Tiere und Pflanzen leben die Elementarteile nicht wie bei den Urtierchen und Urpflanzen, den Einzeligen, für sich allein, sondern im Verbande mit vielen ihresgleichen. Dieses Zusammenleben übt in hohem Maße eine umgestaltende Wirkung auf Bau und Leistung der Einzelelemente aus. Die Zellen müssen sich einander anbequemen, sie müssen Vorrichtungen entwickeln, um ihren Zusammenhang zu wahren, sie müssen die vielfältigen Aufgaben des Organismus in gemeinsamer Arbeit lösen, nicht jede auf eigene Faust, sondern im geordneten Zusammenwirken mit ihren Schwestern.

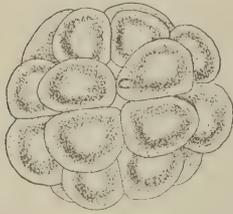


Fig. 20. Morula oder Maulbeerlarve, ein Zellenhaufen, hervorgegangen aus der Zellteilung eines befruchteten Eies vom Lanzettfischchen. (Nach CERFONTAINE aus KORSCHULT und HEIDER.)

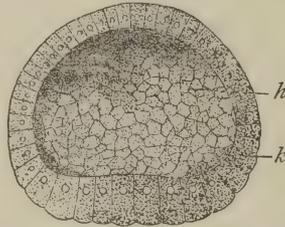


Fig. 21. Schnitt durch eine Keimblase (Blastula) vom Lanzettfischchen. Die Innenhöhlung (h) wird umschlossen von epithelial zusammenhängenden Zellen, in einer Schicht geordnet. k = Kern der Zellen. (Nach HATSCHKE aus O. HERTWIG.)

Das geht nun sicher nicht ohne Einbuße ab für das Einzelelement, sie müssen sich in die vorhandene Nahrung, in den verfügbaren Raum teilen; das

bedeutet aber architektonisch und funktionell auch die Möglichkeit, neue und verwickeltere Aufgaben zu bewältigen.

Die Bedingungen gegenseitiger struktureller und funktioneller Anpassung erreichen die Elementarteilchen auf dem Wege der Gewebebildung.

Gewebe sind Zellengemeinschaften ursprünglich gleichartiger Elemente, einschließlich ihrer Umwandlungsprodukte, befähigt zu einer einheitlichen bestimmten Leistung.

Gestalt und  
Leistung der  
Gewebe.

Gestalt und Verrichtung der Gewebe hängen von vielerlei verschiedenenartigen Bedingungen ab; als hauptsächliche unter ihnen erscheinen: die Art der Zusammenfügung der Einzelelemente, die Beteiligung von mehrfachen und sonderartigen Bestandteilen am Aufbau des Gewebes, die Verwendungsart des Gewebes im Ganzen des Organismus. Diese verschiedenen Prinzipien lassen sich nicht immer klar voneinander scheidern, sondern arbeiten in ihrem Wirken gegeneinander und miteinander in oft nicht immer durchsichtigem Walten. Nur die inneren Bedingungen liegen klar zutage: einerseits werden die Gewebe im Dienste abweichender, differenter Architektonik und Funktion umgemodelt: das sind die Differenzierungserscheinungen; andererseits

unterliegen sie dem Prinzip, in sich und mit den anderen Geweben neue höhere Einheiten aufzubauen und mit diesen verbunden Arbeit zu leisten: das sind die Integrationserscheinungen. Differentiation und Integration schreiten untrennbar aneinander gefesselt, Hand in Hand einher, die eine ist ohne die andere nicht vereinbar mit dem Fortbestande eines gesetzmäßigen Lebensprozesses.

Zellenverbände von lockerer und straffer Fügung, von der Beweglichkeit einer Flüssigkeit bis zur Steifigkeit des Elfenbeins finden sich im Tierorganismus nebeneinander. Dies sind beides die extremen Glieder einer Reihe vielstufiger Übergänge, die keine Aufzählung zu erschöpfen vermag.

Die Mittel und Wege, die sich die Elementarteilchen schaffen, um sich zu Verbänden zusammenzufügen, sind überaus verschiedener Art. Oft erzeugen die Zellen nur verschwindende Mengen einer klebrigen Kittsubstanz, mittels derer sie dann oft locker, oft sehr fest aneinander haften. Oder sie produzieren Verzahnungen, die ineinandergreifen, verbinden sich durch feine zarte oder derbe faserige Brücken miteinander. In anderen Fällen liefern sie auf irgendeinem Wege eine Substanz von flüssiger, fest-weicher oder ganz harter Beschaffenheit, die sie zwischen sich einschieben, in die sie sich einbetten und mit Hilfe derer sie sich miteinander vereinen. Nur wenige Elemente bewahren sich auch im Gewebeverband eine beschränkte oder unbeschränkte Bewegungsfreiheit und kriechen und wandern innerhalb oder auch außerhalb seiner Grenzen von Ort zu Ort oder vermögen wenigstens sich auszudehnen oder sich zusammenzuziehen. Welches von diesen Mitteln das Gewebe im einzelnen sich dienstbar macht, hängt vermutlich ganz von seiner Aufgabe ab, oder dem Platze, auf den es im Laufe der Entwicklung des Lebewesens gewiesen wird. Ein Haufen von Zellenkugeln, entstanden aus der fortgesetzten Teilung einer tierischen Eizelle, durch geringe Mengen einer klebenden Kittsubstanz aneinandergehalten: das ist ein Zustand des tierischen Organismus, wie er bei jeder Entwicklung durchlaufen wird, und wie er jeder Gewebebildung vorausgeht (Fig. 20). Als bald aber wird er mit dem Fortschreiten der Zellteilungen abgelöst von der Bildung eines ersten ganz primitiven Urgewebes: die Zellelemente verlieren ihre kugelige Gestalt, pressen sich aneinander und bilden miteinander verklebend eine einfache Zellenlage, ein feinstes Häutchen, ein Keimblatt, wie es die Entwicklungsgeschichte nennt (Fig. 21).

Kittsubstanzen.

Gewebe, deren Urbild diese Form der Zellenfügung ist, bei der im wesentlichen eben lediglich Zellen, durch minimale Klebemengen aneinander gekittet, den Elementarverband aufbauen, heißen Epithelien.<sup>1)</sup> Solche Epithelien oder epithelialen Zellenverbände spielen im tierischen Organismus die wichtigste Rolle: es gibt kein einziges Tier, in dessen Leib nicht Epithelien vorhanden sind. Alle anderen Gewebeformationen können fehlen — nur niemals das

Epithelgewebe

<sup>1)</sup> Dieser Name leitet sich ab vom griechischen ἐπι auf θηλη Brustwarze. An der Leiche löst sich leicht ein feines Häutchen an der Brustwarze ab, das von dem holländischen Anatomen Ruysch als „Epithelium“ zuerst benannt und späterhin als Beispiel für alle diese feinen Hautbildungen zu einem allgemeinen Fachausdruck verallgemeinert wurde.

Epithel; wie es denn auch dem Ursprunge nach die Ausgangsform aller anderen Gewebeverbände darstellt.

Grundsubstanz-  
gewebe.

Aus dem epithelialen Zellengefüge wandern schon frühzeitig einzelne Elemente aus, die sich in den schleimig-gelatinös-wässrigen Abscheidungsprodukten der Keimlingszellenlagen verteilen. Damit ist der Typus einer andersartigen Formation geschaffen, bei der die zelligen Elementarteilchen nicht mehr dicht und unmittelbar aneinanderschließen, bei dem außer den zellulären Bestandteilen noch Abscheidungs- oder Verwandlungsprodukte von Zellen als Substanz zwischen den Zellen eine wesentliche Rolle spielen: das ist der Typus der Grundsubstanzgewebe, auch Stütz- oder Binde substanzgewebe genannt, weil sie vorzugsweise, aber nicht ausschließlich, mechanische Funktionen im Körper erfüllen.

Muskel- und  
Nervengewebe.

Außer den Epithel- und den Grundsubstanzgeweben kommen auf den höheren Stufen der tierischen Entwicklung noch zwei andere Gewebeformen zur Ausbildung, die an sich höhere Spezialisierungen der einfachen Gewebe darstellen und deren Arbeiten ursprünglich von den Urgeweben mitausgeführt wurden: das sind das Muskelgewebe und das Nervengewebe. Jenes faßt die kontraktile Elemente des Tierkörpers zu spezieller Arbeit, in eigentümlicher Architektonik zusammen, dieses die reizleitenden und reizaufnehmenden Elementarteile mitsamt ihren eigenen Stützeinrichtungen.

### Das Epithelgewebe.

Epithelgewebe.

Das Epithelgewebe deckt die äußeren und inneren Oberflächen der tierischen Organismen, es überzieht als feine, ununterbrochene Lage die Hautaußenfläche, die Innenflächen des Darmkanales mit allen seinen Anhängen, der Ausscheidungs- und Fortpflanzungsorgane, des Gehirn- und Rückenmarks usw.

Die Regel, daß im tierischen Bauplan die Epithelien und ihre Abkömmlinge die oberflächlichen Körperlagen, daß sie die Grenzschichten gegen die Außenwelt bilden, wird nur selten durchbrochen. Nur ausnahmsweise treten andere Gewebeformen unter Verlust des epithelialen Deckmantels an die Oberfläche, z. B. am Geweih der Hirsche oder anderer Geweihträger, und auch hier ist das nur eine vorübergehende Erscheinung. Ursprünglich wird die Außenlage jedes tierischen Organismus immer von einer Epithelhülle gebildet. Das geht soweit, daß auch alle die Räume, die mit der Außenwelt in irgendeiner noch so mittelbaren Verbindung stehen, die durch Umwachsung in den Körper eingeschlossen wurden, immer von Epithelien ausgekleidet bleiben.

Aber auch wahre Binnenräume des Körpers werden von dieser Gewebeform austapeziert und außerdem senkt es sich in die Tiefe des Körpers hinein und bildet die Hauptabscheidungseinrichtungen des Tierkörpers, die Drüsen.

Bau der  
Epithelien.

An dem Aufbau eines Epithels können sich nur eine einzige oder auch mehrere, oft sehr viele Lagen oder Schichten von Zellen beteiligen, so daß Häutchen recht verschiedener Mächtigkeit entstehen, von der Zartheit einer hauchfeinen Membran mit weniger als einem Tausendstel Millimeter Dicke, wie z. B.

das Epithel des Bauchfelles, des Lungenfelles und der Herzbeutelhöhle, bis zu derben widerstandsfähigen Epithelbedeckung einer Rhinozeros- oder Elefantenoberhaut. Man unterscheidet nach der Zahl der Zellenlagen einschichtige oder ungeschichtete und mehrschichtige oder geschichtete Epithelien.

Die Gestalten der Elemente, die sich zum Epithelverbände zusammenschließen, lassen diese Gewebeart in mehrere Hauptgruppen einordnen. Bei den einfachen ungeschichteten Epithelien entscheidet naturgemäß die Form der Elemente in der einzig vorhandenen Zellenlage. Anders ist es bei den geschichteten Epithelien. Hier richtet sich die Benennung nach der jeweilig zu oberst, zu äußerst gelegenen Zellenformationen: denn sie ist es, die den spezifischen Funktionsdienst verrichtet, während die in der Tiefe ruhenden Elementarteilchen in der Regel für den Ersatz der verbrauchten, zugrunde gehenden obersten Zellenlagen bestimmt sind, und mithin eine Keimschicht, ein Ersatzlager darstellen. Während die oberen Schichten in der Regel recht dicht aneinandergefügt sind, liegen zwischen den Ersatzzellen oft enge Spalten oder Hohlräume, die dem Saftstrom den Durchtritt gestatten, hin und wieder sogar auch einer Wanderzelle oder sogar vielen von ihnen das Passieren erlauben, die dann auch die obersten Zellenlagen durchdringen.

Die einfachsten Grundformen der Epithelialelemente sind die platte, die würfelförmige und die zylindrisch-prismatische Gestalt: bei der ersten Form bleibt der Dickendurchmesser hinter allen anderen Abmessungen der Zelle weit zurück, sie ähnelt einer flachen Scheibe, einer Fliesenplatte oder einem großen Pflasterstein. Bei der kubischen Gestalt halten sich Dickendurchmesser und Breitenmaß im großen ganzen die Wage, bei der zylindrischen Form ist die Grundfigur eine aufrecht stehende Walze oder ein stehendes mehrkantiges Prisma; der Höhendurchmesser übertrifft die anderen Dimensionen der Zelle bei weitem. Nur ist zu bemerken, daß an dieser Form die mannigfachsten Abweichungen vorkommen; besondere innere und äußere Differenzierungen der Deckzellen verwischen oft die Eigenform bis zur Unerkennbarkeit.

Gestalt der Epithelzellen.

Epithelien, deren Elemente dünnen, flachen Platten gleichen, die mit ihrer Unterfläche dem Grundboden aufruhend, mit ihren Rändern Kante an Kante sich den Nachbar-elementen anfügen, heißen Platten- oder Pflaster-epithelien. (Fig. 22 u. 23 s. S. 64.)

Platten-epithelien.

Beim geschichteten Plattenepithel ist es nur wieder die oberste Zellenschicht, die aus solchen Zellenscheiben zusammengefügt ist: die Elemente der unteren Lagen sind im allgemeinen von rundlicher oder polyedrischer Gestalt, die untersten, die an die Bodenfläche angrenzen, haben an dieser Stelle zum mindesten eine ebene Grundfläche.

Einfache Plattenepithelien kommen zumeist zur Verwendung, wenn die schützende Deckhülle möglichst zart, möglichst fein, möglichst durchlässig für den Stoffaustausch, sei es gasiger oder flüssiger Art, ausgestaltet werden soll. Die Atmungsorgane, in denen sich der Gaswechsel zwischen Körpersaft und Umgebungsmittel vollzieht, die Teile der Exkretionsorgane, denen Flüssigkeitsabscheidungen, einem Filtrationsprozesse vergleichbar, obliegen, benutzen an

zweckdienlichen Stellen, so in den Lungenbläschen und den Nierenkörperchen, diese Epithelart zur Lösung ihrer Aufgaben.

Recht im Gegensatze dazu stellen die geschichteten Plattenepithelien die wahren Panzereinrichtungen des Tierkörpers. Wo der zartere, weichere Körper gegen die rauhen Angriffe der umgebenden Welt sich zu schützen gezwungen ist, da liefert das geschichtete Plattenepithel Schutz und Schirm. Dem zerstörenden Einfluß von Luft und Wasser, der schneidend harten Kieselhäute der Nährgräser, setzt in der Haut der Wirbeltiere, in Mund, Speiseröhre und Magen der Wiederkäuer das geschichtete Plattenepithel und seine Abkömmlinge seinen Widerstand erfolgreich entgegen. (Fig. 24.)

Mehrschichtige Epithelien mit ganz ähnlicher Aufgabe und ähnlichen Formationen schützen die langen Wege, die zur Ausfuhr der wässrigen Abscheidungen des Kör-

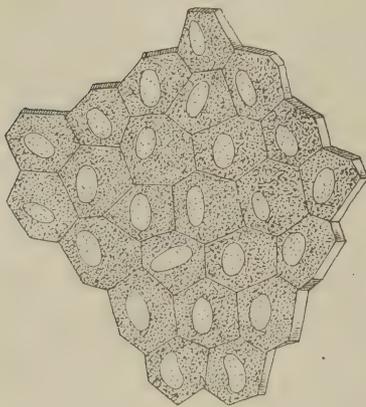


Fig. 22. Schema eines einfachen Plattenepithels. (Nach TOURNEAUX aus RAUBER-KOPSCH.)

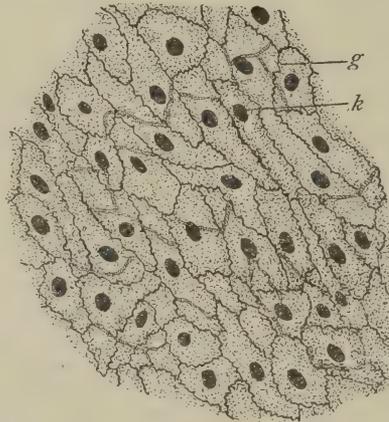


Fig. 23. Einfaches Plattenepithel von der Fläche gesehen, vom Bauchfell einer neugeborenen Ratte. *k* = Kerne, *g* = Zellengrenzen. (Nach R. KRAUSE.)

pers beim Menschen und den höheren Tieren dienen, die Gänge und Reservoir für die Harnabsonderung. Nur sind hier die obersten Zellenlagen nicht immer plattgestaltet, das ist vielmehr nur der

Fall im Zustande der Dehnung, z. B. bei vollkommener Anfüllung der Harnblase mit Flüssigkeit. Bei der Entleerung, bei der Zusammenziehung werden die Deckschichtzellen ganz dick und rundlich, während die Wand sich in Falten legt: erst mit erneuter Füllung dehnen sich die Elemente wieder zu platten Schuppen aus. So leistet auch hier diese Epithelform physikalischen Schutz- und Anpassungsdienst gegenüber den Einwirkungen nunmehr körperfremd gewordener Ausscheidungsstoffe. Man hat diese Epithelformation mit dem schlechten Namen „Übergangsepithel“ bezeichnet.

Übergangsepithel.

Den physikalischen Aufgaben wird das „Deckepithel“ noch in weitergehendem Maße gerecht durch Umgestaltungen und Produkte, die es im gegebenen Falle entwickelt. Zweierlei Wege stehen ihm offen. Entweder wandeln sich die Zellenelemente ganz und gar selbst in überaus widerstandsfähige Substanzen um, sie ändern ihre chemische Zusammensetzung und damit ihre Lebenseigenschaften. Oder aber sie beginnen Stoffe abzusondern, während sie selbst ganz oder zu ihrem größten Teile in ihrer alten Form erhalten bleiben.

Die erste Methode schlägt das geschichtete Plattenepithel der Körperhaut bei den Wirbeltieren ein — von den niedersten Fischformen abgesehen. Die jeweils an der Oberfläche, in unmittelbarer Berührung mit Luft und Wasser gelegenen Zellen, verwandeln sich in Hornsubstanz; die eigentlichen Hörner der Wiederkäuer z. B. sind selbst im Grunde nichts weiter als solche Mäntel derartiger Substanz, die sich an den Stirnknochenzapfen zu besonderer Mächtigkeit entwickeln. Auch Hufe und Klauen, Nägel und Krallen, Schuppen, Haare und Federn sind solche besondere Hornorgane, die der Metamorphose des geschichteten Deckepithels der Körperoberfläche ihre Entstehung verdanken. Das weiche, zarte protoplasmareiche Element der unteren, der Ersatzzschichten des Epithels steigt, je älter es wird, von nachrückenden jüngeren Schwestern emporgedrängt, in die oberen Lagen empor, wird rundlich, dann platt und in seinem Leibe erscheinen feinste Tröpfchen einer Substanz, Keratohyalin genannt, das man früher, wie das in der nächsthöheren Schicht abgelagerte durchsichtige Eleidin, für eine Vorstufe des Hornes hielt, in das sich allmählich das gesamte Schüppchen verwandelt. Bei den meisten Wirbeltieren werden die verhornten Zellen als Ganzes im Zusammenhange abgestoßen, so z. B.

Verhornung.

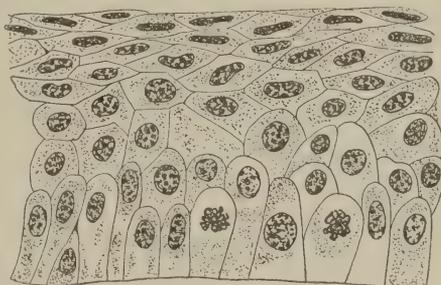


Fig. 24. Geschichtetes Plattenepithel von der Hornhaut des Menschen. (Nach R. KRAUSE.)

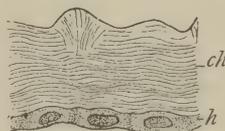


Fig. 25. Epithelzellenlage (h) oder Hypodermis einer Blattwespe mit abgeschiedenem Chitin-Oberhäutchen (ch) oder Chitin-Cuticula. (Nach R. HERTWIG aus O. HERTWIG.)

bei der Häutung der Schlangen (Natternhemd). Bei den Vögeln und Säugetieren gehen andauernd die obersten in Hornsubstanz verwandelten Schüppchen verloren und ersetzen sich rasch durch den Nachschub von unten. Die Hornschüppchen kann man in jedem warmen Waschwasser, an jedem Pferdestriegel in Massen abgestreift finden. An der Haut der höheren Wirbeltiere verlieren die Zellen dabei ihre Kerne, die aber z. B. am Nagel vollkommen sichtbar erhalten bleiben.

Den notwendigen ausgiebigen Schutz der empfindlichen Körperdecke verschafft sich das Deckepithel anderer Tierstämme durch Abscheidung sehr widerstandsfähiger Hüllen. Der mechanischen Leistung wird entweder durch Erzielung lederartiger Festigkeit, z. B. in der Haut vieler Würmer, oder durch die Härte eines Panzers genügt. Die Gliederfüßler, z. B. die Insekten und Krebse, entwickeln in der zarten plattenförmigen, einschichtigen Zellenlage ihre Hautbekleidung als ein zuerst feines zartes, dann durch Anfügung immer neuer Schichten mächtiger und fester werdendes Häutchen, die Chitinbekleidung ihres Körpers. (Fig. 25.) Man bezeichnet solche Abscheidungen, Umwandlungen der äußersten Schichten des Zellenprotoplasmas als Oberhäutchen- oder Cuticularbildungen. In der Regel sind sie sehr feine und zarte Häutchen — wir werden ihnen bei anderen Epithelformen wieder begegnen — hier nehmen sie sehr mächtigen, unter Umständen ganz gewaltigen Umfang an, so daß sie

Cuticular-  
bildungen.

förmliche Schutzschilde oder Gürtel bilden. Bei den Krebsartigen werden diese Panzer durch Verkalkung noch widerstandsfähiger: jede Hummerschere gibt von dieser Eigenschaft ein gutes Bild! Ja, das platte Deckepithel, hier Hypodermis genannt, weil sie unter dem Panzer liegt, leistet noch mehr. Sie sorgt, wie an dem Hornüberzug der Wirbeltierhaut, auch für den Ersatz. Der Panzer wird dem wachsenden Krebs z. B. zu eng, er wird abgestreift und schon haben unter ihm die hypodermalen Zellen begonnen, einen neuen zu produzieren, der vorerst — im Stadium der „Butterkrebse“ — noch weich und zart ist, alsbald aber dick und hart wird. So erneuert sich die Tätigkeit des Deckepithels Jahr für Jahr. Ähnlichen Vorgängen verdanken die Schalen der Muscheln und Schnecken ihren Ursprung, wengleich hier nicht die ganze Körperoberfläche, sondern bestimmte Hautfalten, Mantel genannt, mit ihrem Epithel die Abscheidung der Hartstoffe übernehmen. Es sind das übrigens

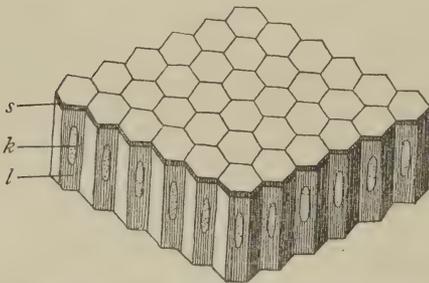


Fig. 26. Schema des Prismen- oder Zylinderepithels.  
*l* = Zellenleib, *k* = Kern der Zellen, *s* = Schluß-  
 leisten.

(Nach TOURNEAUX aus STÖHR.)

durchaus nicht immer platte Zellenlagen, sondern oft auch kubische und noch höhere Elemente, wie denn überhaupt bei allgemein-biologischer Betrachtung die Form der Zelle hinter der Eigenart ihrer Leistung oft an Bedeutung in den Hintergrund tritt.

Dafür ist ein treffendes Beispiel die Unsicherheit der Benennungsweise, die häufig bei den nicht ausgesprochenen platten und nicht deutlich zylindrischen Epithelbildungen zutage tritt: man muß sich da häufig mit den Ausdrücken: platt-kubi-

Kubisches  
 und zylindrisches  
 Epithel.

bisch, niedrig-zylindrisch usf. helfen. Kubische, oder besser prismatische Epithelien, deren Elementarteilchen nebeneinander liegen, wie etwa die Steine eines Fahrdampflasters, kommen so gut wie niemals in Schichtung, sondern fast stets in einer Zellenlage, als ein einfaches Würfelepitel vor. Ihre Allgemeinaufgaben beruhen weniger im Decken und Schützen der Unterlage, sondern mehr in chemischen Leistungen: der Produktion und Absonderung von Substanzen im Dienste des Organismus; sie teilen diese Fähigkeiten mit dem Prismenepithel, mit dem sie unter vielen Gesichtspunkten gemeinsam behandelt werden können.

Beide ruhen nicht mehr mit einer relativ großen Fläche ihrer Unterlage auf, sondern erheben sich über deren Ebene beim zylindrisch-prismatischen Epithel oft zu recht ansehnlichen Höhen (Fig. 26). Sie sind nicht einfach mit ihren Seitenflächen aneinander geklebt, sondern verfügen noch über eine besondere Kittenrichtung, die sich überall da auszubilden scheint, wo es sich um festen An- und Abschluß von Elementarteilchen aneinander handelt, z. B. auch bei den obersten Zellenlagen des vorhin geschilderten „Übergangsepithels“. Diese Kittsubstanz umrahmt das Oberende einer jeden Zelle mit einem festen, dichten, aber sehr feinen Leisten (Fig. 26). Miteinander bilden sie eine Art Gitter oder Netz, in deren Maschen die Zellenoberenden fest darin stecken. Wenn die Form der Elemente recht regelmäßig prismatisch vieleckig ist, dann

sieht auch das Schlußleistennetz von der Fläche her wie ein zierliches Schlußleisten. Drahtgitter aus.

Auch hier beim kubischen und zylindrischen Epithel spielen Häutchenbildungen am Zellenoberende eine wichtige Rolle. Säume, aus feinsten Borsten oder Härchen gebildet, die im Plasma der Zelle stecken, bedecken die Oberfläche: zwischen ihnen scheinen feine Poren die Verbindung der Umwelt mit den Zellenräumen zu vermitteln. Der Darm, die Nierenzelle, tragen solche „Cuticularsäume“ in schöner Ausprägung: oft erscheinen sie auch ganz homogen.

Diese Zellenfortsätze sind in sich starr und unbeweglich, wenn sie auch vielleicht unter besonderen Umständen von der Zelle aus eingezogen werden können. Von ihnen unterscheiden sich die beweglichen Zellenhärchen durch ihr lebhaftes

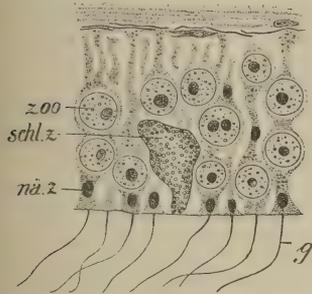


Fig. 27. Haut des Magenraumes eines Polypen. *nä.* = Nährzellen mit Geißeln (*g.*). *schle.* = Schleimzellen, *zoo* = Zoochlorellen, kleine Algenzellen, die in der Wand des Magens dauernd leben. (Nach O. HERTWIG aus SCHNEIDER.)

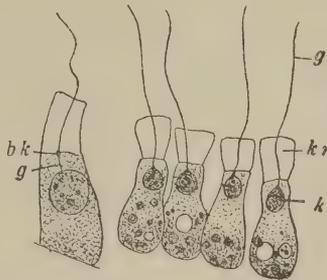


Fig. 28. Kragengeißelzellen aus dem Magenraum eines Schwammes (*Sycon raphanus*): die Geißeln (*g.*) sind mit einem Basalkorn (*bk*) versehen und haften mit einer Geißelwurzel (*gk*) in der Zelle, die am Oberende einen feinen kragenartigen Fortsatz (*kr*) trägt. *k* = Kern der Zelle. (Nach K. C. SCHNEIDER.)

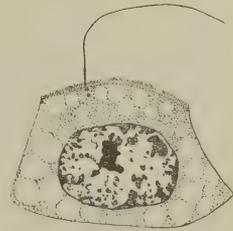


Fig. 29. Nierenzelle einer Salamanderlarve mit einer Geißel, deren Basis nahe den Zentren der Zelle gelegen ist. (Nach MEVES aus HEIDENHAIN.)

nie stillstehendes Hin- und Herpendeln. Sowohl kubische als zylindrische Epithelien, in einfacher oder geschichteter Ausbildung, kommen in der Gestalt von Flimmerepithelien vor; natürlich trägt in den mehrschichtigen Formationen nur die äußere Lage allein diesen Wimpernbesatz. Die Aufgabe dieser Flimmerepithelien scheint in der sorgfältigen Reinhaltung der Epitheloberfläche zu bestehen: jedes Staubkörnchen, jeder losgelöste Zellentrümmer wird von dem Wimperstromer erfaßt, mit ziemlich beträchtlicher Schnelligkeit davongetragen. Solcherlei Tätigkeit dürfen sie in den Nasenwegen, in der Luftröhre, den feinen Ästen der Luftwege und der Lunge, den Bronchien und Bronchiolen üben. Außerdem dienen sie auch zur Fortbewegung des Wassers, zur steten Erneuerung der umgebenden Flüssigkeit, z. B. an den zarten Kiemenblättern, wie sie bei den Muscheln vorkommen, auf der Haut der Strudelwürmer und vieler anderen wirbellosen Tiere, bei denen sie den Gaswechsel in dieser Weise fördern, und auch zur Erregung der Flüssigkeitsströmungen überhaupt. Man hat die Beobachtung gemacht, daß die fadenförmigen Samenzellen stets gegen den Strom schwimmen: die Flimmerepithelien, die man in den weiblichen Fortpflanzungsorganen, in Gebärmutter und Eileiter findet, dürften vielleicht in dieser Art den Spermien den Weg weisen. Nur in vereinzelten Fällen übernehmen sie die Ortsbewegung des gesamten Tierorganismus: bei der immerhin nur winzigen Ge-

Flimmerepithel.

samtleistung vermögen sie nur kleine Schwimmwesen, Larven, im Wasser zu erheben und zu bewegen.

Geißelepithel.

Geißelepithelien, die auf jeder Zelle nur eine (oder ganz wenige) Haare tragen, sind in den Verdauungsorganen niederer Tierformen weit verbreitet, z. B. bei den Polypen. (Fig. 27.) Sie sind hier ersichtlich für die Aufnahme der Nährstoffe von Bedeutung. Zuweilen stehen die Geißeln wie in einem Kelche von einem kragenartigen Fortsatze des Elementes umgeben, wie in der Nährkammer der Schwammtiere: man nennt diese Formation das Kragengeißelepithel (Fig. 28). Fadenartige Geißeln entwickeln auch Epithelformen, bei denen schwerlich an die Bewegung von Flüssigkeiten gedacht werden kann: chemisch tätige, sekretorische Elemente z. B. in Drüsenzellen, sind mit solchen Geißeln ausgestattet, die man aber sich noch nicht bewegen hat sehen können. (Fig. 29.)

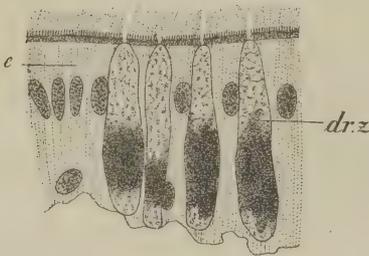


Fig. 30. Drüsenzellen (*drz*) im Epithel (*e*) des Darms vom Regenwurm. (Nach K. C. SCHNEIDER.)

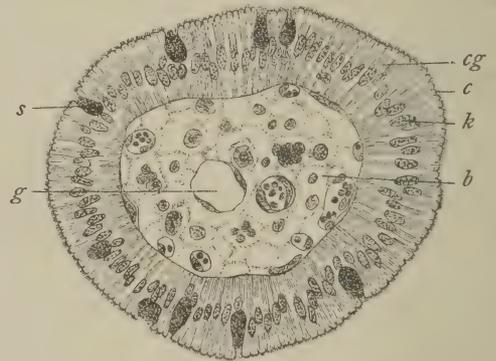


Fig. 31. Querschnitt durch eine Darmzotte des Dünndarms vom Affen. In der Mitte die aus Bindegewebe (*b*) bestehende Zellmasse, mit Haargefäß-Durchschnitten (*g*). Die Achse umhüllt vom einschichtigen zylindrischen Epithel (*cg*), bedeckt mit dem Oberhäutchen der Cuticula (*c*). Zwischen den Zylinderzellen dunkle Becher- oder Schleimzellen (*s*), Kerne der Epithelzellen (*k*). (Nach R. KRAUSE.)

Die Hauptaufgabe der kubisch-zylindrischen Epithelgruppe liegt nach der chemischen Seite hin: sie sind so recht das Nährgewebe des Körpers. Sie sind es auch, die die zur „Ernährung“ notwendigen chemischen und physikalischen Hilfsmittel bereiten: sie sind die eigentlichen Hauptdrüsenzellen des tierischen Organismus. Schon eine einzelne Zelle im Epithel kann, sofern sie ihre Stoffwechsellätigkeit in bestimmter einseitiger Art ausgestaltet, als „Drüse“ funktionieren: das sind dann die einzelligen Drüsen, die bei tierischen Organismen sehr verbreitet sind. Man erkennt sie leicht an dem abweichenden Zelleninhalte, den Granula, die sie oft führen, den Sekreten, die sie im Protoplasma bereiten. (Fig. 30.) Häufig fallen sie schon durch ihre Form auf, wie z. B. die „Becherzellen“ genannten Schleimproduzenten im Darmepithel (Fig. 31), die Kolbenzellen im Hautepithel vieler Fische, die verschiedenartigsten sezernierenden Oberhautelemente in der Epidermis wirbelloser Tiere. Sehr oft überschreiten sie auch die Grenzen des Epithels und wachsen tief in die Unterlage hinein. (Fig. 32.)

Drüsenepithel.

Bau der Drüsen.

Ausgiebigere Produktion aber wird nur dann möglich, wenn besondere Epithelialgewebe, ausschließlich oder ganz vorzugsweise, mit der Aufgabe, Stoffe chemisch herzustellen, betraut werden: das sind die mehrzelligen oder die

Drüsen im eigentlichen Sinne. Alle Übergänge sind hier verwirklicht: von der unmittelbaren Nachbarschaft des Drüschens zu seinem epithelialen Mutterboden bis zu einer so beträchtlichen Entfernung, daß jeder organische Zusammenhang ganz oder fast ganz aufgehoben erscheint. Mit der Ausschaltung aus dem Mutterboden, dem Epithelialverbände der Oberflächendecke, vollziehen sich in der Drüse Arbeitsteilungen, die zur Ausbildung zweier Abschnitte in der Drüse führen: beide sind ihrer Tätigkeit nach und ihrem geweblichen Aufbau sehr verschieden. Am besten erläutert der Entwicklungsgang einer Drüse diese Unterschiede. Allesamt entstehen die Drüsen durch Zellvermehrung des Oberflächenepithels, das dann einen Buckel, eine Einsenkung in die Tiefe des darunter liegenden Gewebes bildet. Diese Epithelsprossen wachsen weiter, verästeln sich an ihren Enden und liefern so einen Epithelgewebekörper, der durch einen Zellenstrang von größerer oder geringerer Dicke mit der Oberfläche verbunden bleibt. Das ganze System ist entweder von Anfang an hohl oder höhlt sich jedenfalls später aus, so daß im Innern ein verzweigtes Kanalsystem entsteht. Der Kanal des Verbindungsstranges dient im wesentlichen zur Ausfuhr der gebildeten chemischen Produkte, seine Wand, der ursprüngliche Verbindungsstrang, beteiligt sich nicht wesentlich an der chemischen Absonderungstätigkeit. Das Epithel des Gewebekörpers hingegen widmet sich gänzlich dieser Aufgabe und entleert seine Abscheidungsstoffe in sein Kanalsystem hinein, mit dem sie sich oft durch besondere Schaltröhrchen in Verbindung setzen. Drüsen dieser Art heißen „offene Drüsen“, weil sie durch ihre Ausführungswege mit den Körperhöhlräumen oder mit der Außenwelt in direkter offener Verbindung stehen. Bei anderen sehr wichtigen Drüsenformen bildet sich jener Verbindungsstrang mit dem Oberflächenepithel zurück oder er wird auch wohl gar nicht erst angelegt, die offene Kommunikation mit dem Hohlraume des Organismus oder mit der Haut des Körpers schwindet: diese Drüsenart heißt man „geschlossene Drüsen“ oder Drüsen ohne Ausführungsgang. Der Drüsenkörper besteht dann aus einzelnen hohlen Drüsenbläschen oder aus Balken und Strängen von Drüsen-

Entwicklung  
der Drüsen.

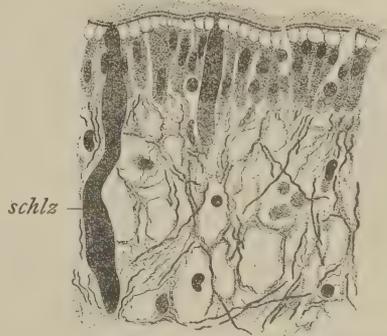


Fig. 32. Einzellige Drüse oder Schleimzelle (*schlz*) aus der Oberhaut des Fußes einer Teichmuschel. (Nach K. C. SCHNEIDER.)

Drüsen dieser Art heißen „offene Drüsen“, weil sie durch ihre Ausführungswege mit den Körperhöhlräumen oder mit der Außenwelt in direkter offener Verbindung stehen. Bei anderen sehr wichtigen Drüsenformen bildet sich jener Verbindungsstrang mit dem Oberflächenepithel zurück oder er wird auch wohl gar nicht erst angelegt, die offene Kommunikation mit dem Hohlraume des Organismus oder mit der Haut des Körpers schwindet: diese Drüsenart heißt man „geschlossene Drüsen“ oder Drüsen ohne Ausführungsgang. Der Drüsenkörper besteht dann aus einzelnen hohlen Drüsenbläschen oder aus Balken und Strängen von Drüsen-

Drüsen ohne  
Ausführungsgang.

Formen der  
Drüsen.

Man hat in der Gewebelehre auf die Formen der Drüsenkanälchen für die Unterscheidung der Drüsenarten Wert gelegt und spricht so von traubenförmigen, von schlauchförmigen, von bläschenförmigen Drüsen. (Fig. 33.) Im Grunde sind indessen diese Differenzen mehr äußerlicher Art, es kommt auf das Produkt und dessen Bestimmung an, das diese chemischen Organe liefern. Bedeutsamer ist hingegen die Komplikation des Drüsenaufbaues. Unverzweigte Säckchen oder Schläuche bilden die einfachen, verzweigte und stark verzästelte die höheren Formen, die zusammengesetzten Drüsen. Diese sind es, die die mächtigen Drüsengebilde, z. B. eine Leber, eine Niere aufbauen.

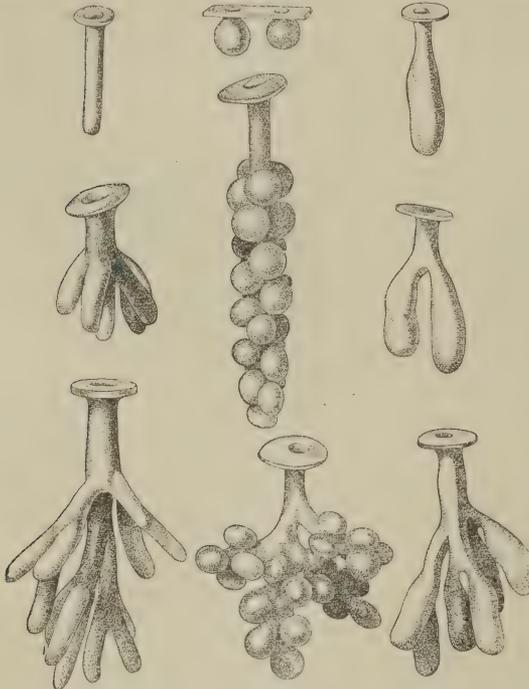


Fig. 33. Schemata von Drüsenformen. Die Drüsen sind plastisch mit einem Stück der Oberfläche dargestellt, auf der sie ausmünden.  
(Nach RAUBER-KOPSCH.)

Das Epithelialgewebe, das, zumal bei intensiverer Absonderungstätigkeit, einen höchst energischen Stoffwechsel zeigt, bedarf einer ausgiebigen Versorgung mit Nährsubstanzen, einer guten Durchtränkung mit den Nährflüssigkeiten des Körpers. Es ist eine sehr auffallende und wichtige Erscheinung, daß trotzdem niemals Blut unmittelbar in die Epithelialverbände eintritt: kein Epithel erhält Blutgefäße. Vielmehr ist die gesamte Zufuhr, Umfuhr und Abfuhr von Stoffen der Gewebeflüssigkeit überlassen, die zwischen den Zellen zirkuliert. Hierfür sind oft besondere Räumchen vorgesehen, die als haarfeine Spältchen und kleine Lücken zwischen den Epithialelementen ausgespart erscheinen, wo sie zu dick und dicht aneinander liegen und unmittelbar von den Blutgefäßen der Unterlage her ernährt

und versorgt werden. Zumeist aber treten die Blutgefäße dicht und unmittelbar an die Epithialelemente heran, umspinnen und umspülen die sehr energisch tätigen Gewebe dieser Art direkt mit ihrem Flüssigkeitsstrom, so daß auf dem Wege der Diffusion oder Osmose allen Anforderungen an Zirkulation genügt werden kann. Diese Eigentümlichkeit der Epithelzellen bedingt es, daß kein Epithel, kein epitheliales Organ für sich allein organisch lebensfähig ist. Immer erscheint es und muß es verbunden bleiben mit einer Unterlage, einer Stütze, die für die Ernährung der Epithelemente Sorge trägt.

Die Epithelien und alle aus Epithelien gefügten Formationen grenzen sich im allgemeinen scharf gegen die anderen Körpergewebe ab. Sie bilden zu diesem Zwecke an den Stellen, an denen sie mit Geweben anderer Art sich vereinen, feinste Membranen aus, die ihnen als Stütze oder Basis dienen. Man nennt

sie „Basalmembran“ oder Grenzmembran. Sie sind zwar oft nicht ganz deutlich darzustellen, mögen auch hier und da von Fasern oder Lücken durchbrochen werden und verschwinden können, aber in der Regel ist die gewebliche Grenze zwischen Epithelformationen und ihrer Umgebung recht scharf und deutlich, wenigstens bei den höheren Tieren. Eine undurchdringliche Schranke bilden die Grenzhäutchen indessen nicht. Sowohl in der Norm, als auch besonders bei krankhaften Verhältnissen werden die Grenzschichten durchgängig.

### Grundsubstanzgewebe.

Die Grundsubstanzgewebe stehen zu den Epithelformationen in denkbar schärfstem Gegensatz durch die Entwicklung von Zwischensubstanzen, die die zelligen Elemente voneinander trennen. Grundsubstanz-  
gewebe.

Zwar sind sie zuweilen in so geringer Menge vorhanden, daß auf diesen gestaltlichen Unterschied allein sich kein sicheres Kennzeichen gründen läßt: z. B. in einzelnen Knorpelarten oder im Fettgewebe oder im blasigen Stützgewebe pressen sich die Zellen oft ganz enge und dicht aneinander. Es fehlt indessen allen Grundsubstanzgeweben an der regelmäßigen Orientierung der Zellen, an der unterschiedlichen Ausbildung von zwei verschiedenen Seiten der Zelle, oder, wie man es nennt, an der „polaren Differenzierung“. Ein Epithelgewebe ist nach der Oberfläche hin oder nach der Seite der Blutgefäße grundsätzlich anders gestaltet, als nach der Seite seiner Unterlage, an seiner Basis. Beim Grundsubstanzgewebe ist das nicht der Fall, die Gewebe bilden in sich gleichartige Massen. Daß unter Umständen an einzelnen Stellen, z. B. an der Grenze zu anderen Geweben hin, epithelähnliche Formationen vorkommen können, d. h. eine regelmäßige Orientierung der Elemente, tut dem grundlegenden Unterschiede der Gewebe als solchem keinen Eintrag.

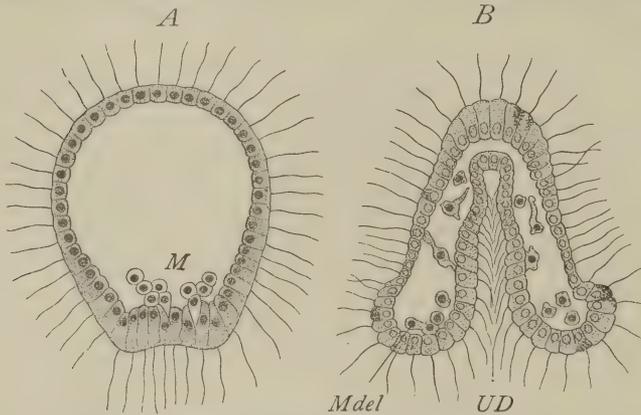
Als biologische Aufgabe übernehmen die Grundsubstanzgewebe vornehmlich die Stütztätigkeit im Organismus. Sie bilden die formerhaltenden Bausteine in der Architektur des Tierkörpers. Sie liefern ferner auch die Hüllbildungen um andere Organe, die Begrenzungen der einzelnen Baubestandteile gegeneinander. Sie sind es, denen der Zusammenhalt der einzelnen Organe, die Bindung der Teile zum Ganzen anvertraut ist. Ohne sie ist kein vielzelliger Tierorganismus denkbar, wengleich auf den niedersten Stufen tierischer Organisation die Stützeinrichtungen aus Grundsubstanzgewebe zuweilen auf minimale Mengen beschränkt erscheinen (Stützlamelle der Polypen). Aufgaben der  
Grundsubstanz-  
gewebe.

Mit dieser mechanischen Funktion ist aber ihr Tätigkeitsfeld nicht erschöpft. Die Zellen des Grundsubstanzgewebes können sich durch Stoffwechsel- und durch Bewegungsarbeit an wichtigen allgemeinen Körperfunktionen hervorragend beteiligen. So leisten die Elemente der Körperflüssigkeit, die Blut- und Lymphzellen, wichtige Dienste bei der Aufnahme und Abgabe der gasigen Stoffwechselprodukte. Sie führen den Geweben den Sauerstoff zu und entlasten sie von der gebildeten Kohlensäure. Andere Zellen führen durch die Tätigkeit ihres Protoplasmas sekretorische oder exkretorische Arbeiten aus. Sie bilden nach Art von Drüsenzellen in ihrem Körperinnern Stoffe, die sich oft in Körnchenform erkennen

lassen: solche Körnchenzellen, granulierten Zellen kommen ebenfalls in den Blut- und Lymphwegen der Wirbeltiere, aber auch bei den Gliedertieren als sogenannte Oenocyten vor. Die wichtigsten Reservestoffbehälter liefern ebenfalls Zellen des Grundsubstanzgewebes: Speicher für Kohlenhydrate, z. B. für Glykogen, und für Fette, z. B. für Körperfett und für Nervenölsubstanz oder Myelin.

Die Beschaffenheit der Grundsubstanzen ist im großen Reiche der Grundsubstanzgewebe überaus verschieden.

In ihrer Konsistenz schwankt sie von der Beweglichkeit einer vollkommenen Flüssigkeit, wie z. B. beim Blute und der Lymphe, die sich als verflüssigte Grundsubstanzen auffassen lassen, bis zur Härte des Knochens oder der Zähne. Beide Extreme sind durch alle Übergangsstufen miteinander verbunden.



Gallertgewebe.

Fig. 34. Anlage des Stützgewebes bei einer Stachelhäuter-Larve: aus dem Epithelverbände der Keimblasenlarve (A) und Magendarm-Larve (B) wandern Zellen in eine gallertige Grundsubstanz (a) ein (Mdel). (Nach SELENKA AUS WEISMANN.)

abgeschieden wurde, wandern Zellen aus dem Epithelialverbände der Keimblätter hinein. (Fig. 34.) Diese Elemente sind oft verästelt und hängen mit ihren Ausläufern untereinander zusammen. Bei niederen Tieren, bei Geweben von hohem Wassergehalt ist diese Gewebeformation recht verbreitet (Schwämme, Medusen, Würmer). (Fig. 35.) Bei erwachsenen höheren Tieren kommt eine Art Gallertgewebe nur im Glaskörper des Auges vor: dieser besteht aus einem dichten Gewirr feinsten Fäserchen, die aber in der übergroßen Masse von Gewebeflüssigkeit so verschwinden, daß sie erst vor kurzer Zeit entdeckt worden sind.

Das echte Gallertgewebe kann als typischer Vertreter der Grundgewebe mit gleichartiger oder homogener Zwischenzellsubstanz gelten, in der keinerlei Struktur wahrnehmbar oder überhaupt vorhanden ist. Hierhin gehört die überaus seltsame Grundsubstanz in dem Mantel der Seescheiden und der übrigen Manteltiere, in der als einziger Ort im gesamten Tierreich die für die Pflanze sonst charakteristische Zellulose vorkommt. Solche Grundmasse existiert, wenn auch in oft nur sehr spärlichem Maße, auch dort, wo noch andere Zwischenzellengebilde das Gewebe mit aufbauen helfen. So betten sich in sie die Hornfasern der Schwämme ein, die diesem festen aber elastischen, nach Abtötung aller zelligen Bestandteile übrig bleibenden Filzwerke ihrer Zwischensubstanz die Verwendung im Hausgebrauche verdanken. Auch andere, härtere Skelett-

Die einfachste und ursprünglichste Art von Grundsubstanzgewebe besitzt eine sehr weiche, fast flüssig-schleimige Zwischensubstanz, etwa von der Konsistenz einer sehr weichen Gallerte. Solches Gallertgewebe kommt bei den Keimlingen der Tiere als Uranlage aller Grundsubstanzgewebe zur Anlage: in die Gallerte, die von den Zellen

teilchen z. B. Kieselnadeln und Kalkkörperchen, die von den Zellen der Grundmasse abgeschieden werden, gesellen sich bei den Stachelhäutern und Kalkschwämmen, sowie bei den Kieselschwämmen der homogenen Grundsubstanz zu.

Als Grundsubstanzgewebe mit flüssiger Interzellularmasse können die Körperflüssigkeiten betrachtet werden. Bei den niederen Tieren strömt im Körperinnern frei zwischen den Geweben eine Flüssigkeit von wässriger Beschaffenheit, die Eiweißstoffe gelöst und nur relativ wenig zellige Elemente aufgeschwemmt enthält. Diese Zellen können sich zumeist frei bewegen, nach Art eines Wechseltierchens, einer Amöbe. Sie können sich im Zwischengewebe festsetzen, dem sie auch zumeist entstammen, und auch wieder auswandern und sich der Zirkulation beimischen.

Die Flüssigkeit, mit dem schlechten Namen Plasma bezeichnet, besorgt hier die Verteilung der gasigen und flüssigen Nährstoffe, die Abfuhr der gelösten und gasförmigen Stoffwechselprodukte. Auf hohen Stufen der Lebewelt gewinnt sie unter Umständen eine abweichende chemische Beschaffenheit: Substanzen, die ihrer chemisch-physikalischen Eigenschaft nach besonders befähigt sind, als Sauerstoffüberträger zu wirken, treten auf, zumeist als gefärbte Stoffe, als grüne, bläuliche oder rötliche „Blutfarbstoffe“, wie jene bei den Krebstieren, diese bei den Würmern vor-

kommen. Die freie Zirkulation weicht bei den höheren Tierarten einer Umfuhr innerhalb besonderer Röhrensysteme, der Blutgefäße, deren Rohrnetz zunächst noch nicht kontinuierlich, später aber mit Ausnahme geringfügiger Unterbrechungen einheitlich in sich gegen die Körpergewebe abgeschlossen erscheint. An einigen oder an einer Stelle entwickelt sich ein Motor, das Herz. Die zelligen Bestandteile der Blutflüssigkeiten übernehmen bei dem „Blute“ im strengen Wortsinne die Ausbildung der Gaswechselstoffe und damit die Leistung der Gasumfuhr im Körper, während dem Blutplasma wohl zum größten Teile die Umfuhr der übrigen flüssigen Nährstoffe zufällt. Die zellulären Blutgebilde gewinnen damit die lebenswichtigste Bedeutung im Tierkörper. Man bezeichnet sie nach der Farbe des Blutes her, die sie bedingen, als die „roten“ Blutkörperchen oder die „Erythrozyten“, wengleich sie für sich allein betrachtet, nur eine gelblich-grüne Farbe aufweisen. Im Blute, auch der Wirbeltiere, fehlen indessen die schon in der Körperflüssigkeit der Wirbellosen vorhandenen beweglichen Elemente nicht: sie sind farblos und ganz durchsichtig und tragen den schlechten Namen der „weißen“, besser der „farblosen“ Blutelemente. Sie kommen in

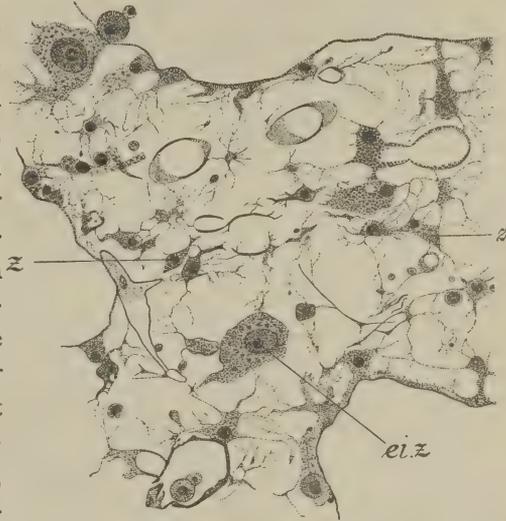


Fig. 35. Gallertgewebe von einem Kieselschwamm. Verästelte Zellen (z), mit ihren Ausläufern oft zusammenhängend, durchziehen eine gallertige Grundsubstanz. eiz = eine Eizelle. (Nach K. C. SCHNEIDER.)

Körperflüssigkeiten.

Blutfarbstoffe.

Blutzellen.

recht verschiedenen Modifikationen vor, sind in der Lymphe allein vorhanden und ihre vorwiegend chemische Tätigkeit kommt oft durch die Verschiedenartigkeit der Körnchen oder Granula in ihrem Zellenleibe zum Ausdruck. (Fig. 36.)

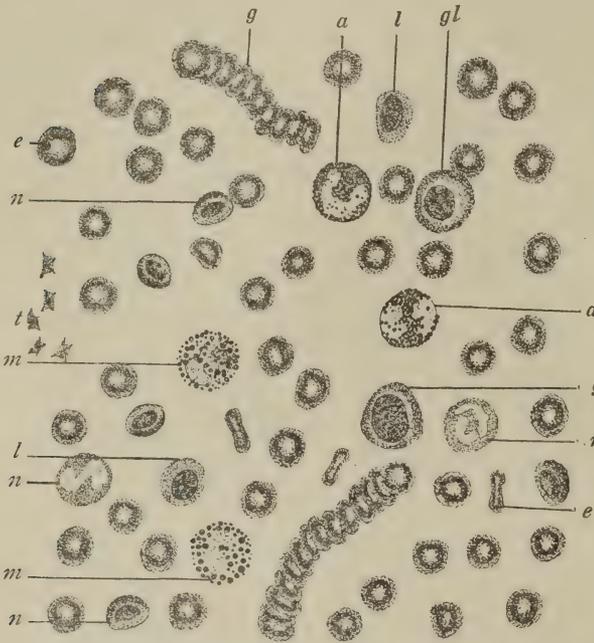
Farblose Blutzellen.

Allesamt besitzen sie einen Kern, teils von der gewöhnlichen rundlichen Gestalt, teils auch von sehr bizarrer, wurst- oder brockenartiger Form. Sie vermehren sich zuweilen im strömenden Blute durch Teilung, ihrer Hauptmasse nach aber stammen sie ebenso wie die Erythrozyten, aus besonderen Brutstätten, den

„lymphoiden“ oder „adenoiden“ Organen des Tierkörpers, den Lymphknoten, der inneren Brustdrüse oder Thymus einerseits, dem Knochenmark, der Milz andererseits, oder noch anderen Organen.

Die roten Blutzellen haben bei den Säugetieren und daher auch bei den Menschen die ganz besondere Eigenart, frühzeitig nach ihrer Entstehung den Kern zu verlieren, den sie bei allen übrigen Wirbeltieren besitzen. Sie bestehen nur noch aus einer Hülle, aus einem feinen Schaumwerk, das den Zellenleib durchzieht, und dem roten Blutfarbstoff oder „Hämoglobin“, das in den Schaummaschen aufgesaugt ist.

Ihre Größe schwankt etwas, im Durchschnitt beträgt sie etwa sieben Tausendstel



Rote Blutzellen.

Fig. 36. Zellenformen des Blutes vom Menschen: *e, e'* rote Blutkörperchen oder Erythrozyten, von der Fläche und von der Kante gesehen, in der Gestalt bikonkaver Scheibchen, *n* dieselben in ihrer natürlichen Napfform. Bei *g* sind sie zu den sogenannten Geldrollen aufgereiht. *n, m, a, gl, l*: verschiedene Formen der farblosen Blutzellen: *n* eine feinkörnige (neutrophile), *m* eine grobkörnige (barophile), *a* eine grobkörnige (acidophile) Zelle, alle drei mit Körncheneinschlüssen verschiedener Farbreaktion (Leukozyten), *l* und *gl* kleine und große ungekürnte Zellenformen (Lymphozyten). *t* Blutplättchen oder Thrombozyten. (Teilweise nach SZYMONOWICZ-KRAUSE, RAUBER-KOPSCHE und R. KRAUSE.)

Blutplättchen.

Millimeter. Ihre Zahl beträgt in der Norm beim Manne etwa 5 Millionen, beim Weibe  $4\frac{1}{2}$  Millionen im Kubikmillimeter Blut. Geringe Zahl der roten Blutkörperchen oder unzulänglicher Hämoglobingehalt läßt das Blut dünn, bleich oder wässrig erscheinen und stellt zusammen mit der Vermehrung der farblosen Blutelemente schwere Störungen des tierischen oder menschlichen Organismus dar. Zu den farblosen Blutzellen gehören die kleinsten Bauelemente des Körpers, die „Blutplättchen“ mit ihren zwei bis drei Tausendstel großen Zellkörpern. Sie scheinen bei der Gerinnung des Blutes eine bedeutsame Rolle zu spielen. Als körperliche Blutbestandteile nichtzelliger Natur kommen noch feinste Fetttropfchen und die Blutstäubchen in Betracht, deren Wesen noch nicht genügend erkannt ist.

Die wichtigste und verbreitetste Interzellulärsubstanz, die von Zellen her- Bindefasern.  
 gestellt oder später auch auf eigene Kosten wachsend und sich vermehrend, in  
 die weiche Grundmasse eingeschlossen wird, sind fasrige Gebilde: das Faser-  
 gewebe oder fasrige Grundsubstanzgewebe beherrscht im allgemeinen  
 im weitaus größten Umfange die Architektonik der Stützeinrichtungen. Sie  
 durchziehen die zarte Schleimgallerte der Medusen ebenso wie das Elfenbein  
 des Elefantenzahnes, sie übertragen als derbste und widerstandsfähigste Bänder  
 und Seile den Muskelzug auf die Knochen des Skeletts ebenso wie sie als feinstes  
 und weichstes Polster Hirn und Rückenmark umhüllen. Fasern des verschied-  
 ensten Kalibers, der  
 abweichendsten Ver-  
 bindungsweise, der dif-  
 ferentesten chemischen  
 Natur kommen hier zur  
 Ausbildung und Ver-  
 wendung.

Man trennt die Fa-  
 sern nach der chemi-  
 schen Seite hin in sol-  
 che, die beim Kochen  
 Leim geben: die kol-  
 lagenen Fasern. Feinste  
 Fibrillen, zu Bündel-  
 chen größerer und  
 feinerer Art geordnet,  
 bilden das typische Bin-  
 degewebe der Wirbel-  
 tiere und vieler Wirbel-  
 loser. Durchflechten sie

sich locker, in allen Richtungen des Raumes durcheinandergewoben, so ent-  
 steht das „lockere“ Bindegewebe (Fig. 37); ordnen sie sich straff und parallel  
 fest nebeneinander, so bilden sie als „geformtes“ Bindegewebe die festen  
 Sehnen (Fig. 38), in Lamellen zusammengedrückt die harte, äußere, weiche  
 Augenhaut, die den Augapfel umhüllt.

Bindefasern anderer chemischer Beschaffenheit sind die elastischen Elastische  
Fasern.  
 Fasern, die als feinste netzförmig verbundene Fibrillen sich dem gewöhnlichen  
 Bindegewebe, z. B. dem leichtverschieblichen Unterhautgewebe beimischen, an  
 anderen Stellen des Organismus aber sehr dicke derbe Stäbe ausbilden können.  
 Das gewaltige Gewicht eines Säugetierkopfes — man denke an den eines Ele-  
 fanten oder Rhinoceros — wird wesentlich mitgetragen von dem mächtigen  
 Nackenbände, das fast ganz aus elastischen Fasern besteht. Diese elastischen  
 Massen stechen durch ihr fahlgelbes Aussehen von dem blau-weißen Atlas-  
 glanze der kollagenen Bildungen sehr stark ab. In den Blutgefäßen, beson-  
 ders den großen Schlagadern, die, bei jedem Herzschlage durch die Pulsblut-

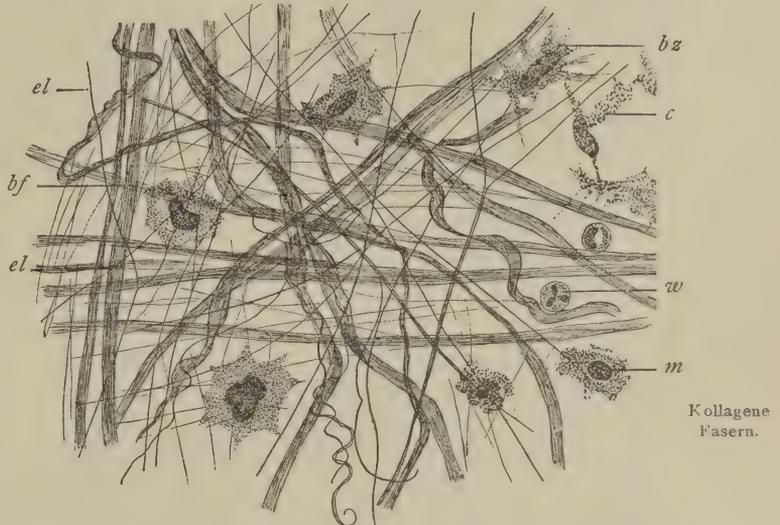


Fig. 37. Lockeres Bindegewebe von der Ratte. Breite Bündelchen kollagener  
 Fibrillen (*bf*) durchkreuzen sich, untermischt mit feinen, sich verzweigenden  
 elastischen Fasern (*el*); in dem Fasergewirr liegen Zellen mit zarten, feinen  
 Körpern, die gewöhnlichen Bindegewebezellen (*bz*), daneben Zellen mit be-  
 sonderen Körncheneinschlüssen, Mastzellen (*m*) und Clasmatozyten (*c*) oder Zer-  
 fallzellen, die sich zerschneiden und wieder neu bilden können. Außerdem liegen  
 Wanderzellen (*w*) im Gewebe. (Nach RAUBER-KOPSCH.)

Kollagene  
Fasern.

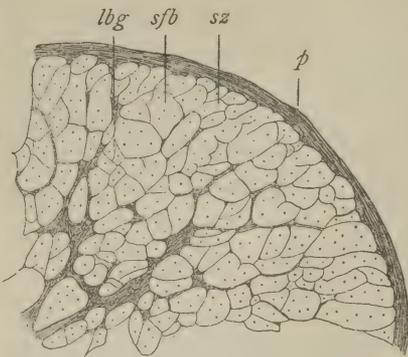


Fig. 38. Stück des Querschnittes einer Sehne vom Menschen. Von einer Sehnenhüllhaut (Peritenonium, *p*) umschlossen, liegen eng nebeneinander die Bündel von Sehnenfasern (*sfb*) mit den Sehnenzellen (*sz*), in Bündel zusammengefaßt und geordnet durch feine Scheidewände von lockerem Bindegewebe (*lbg*). (Nach STÖHR.)

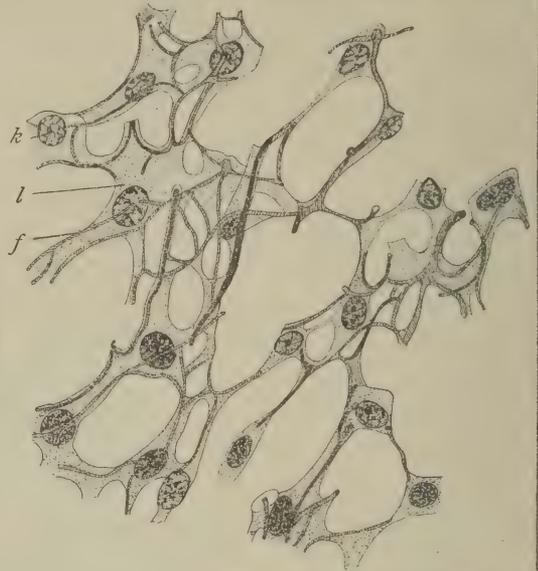


Fig. 40. Retikuläres Fasergewebe aus Lymphknoten einer Katze. In dem Plasmaleibe (*l*) der Zellen liegen die Kerne (*k*) und die Fasern (*f*). Die Lymphkörperchen, die die Maschen des Netzes dicht erfüllen und das Netz selbst fast ganz verdecken, sind entfernt. (Nach HEIDENHAIN.)

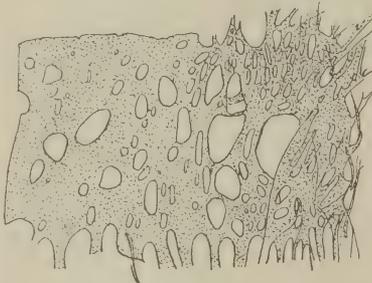


Fig. 39. Eine gefenesterte Membran von der Herzinnenhaut des Menschen aus elastischen Netzen gebildet. (Nach STÖHR.)



Fig. 42. Schnitt durch den Glasknorpel oder hyalinen Knorpel vom Kehlkopf der Katze. In der glasartig durchsichtigen, homogenen Grundsubstanz (*g*) liegen in Gruppen die Knorpelzellen (*z*) in den Knorpelhöhlen (*k*), die von etwas andersartig beschaffener Grundsubstanz, der Knorpelkapsel (*k*), umschlossen werden. (Nach SZYMONOWICZ-KRAUSE.)

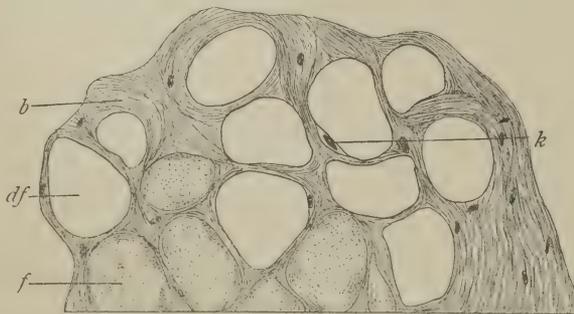


Fig. 41. Schnitt durch Fettgewebe vom Menschen. Die Fett- oder Ölzellen sind zum Teil (*df*) mitten durchschnitten, zum Teil nur tangential angeschnitten (*f*). *k* = Kern einer Fettzelle, *b* = lockeres Bindegewebe zwischen den Fettzellen. (Nach RAUBER-KOPSCH.)

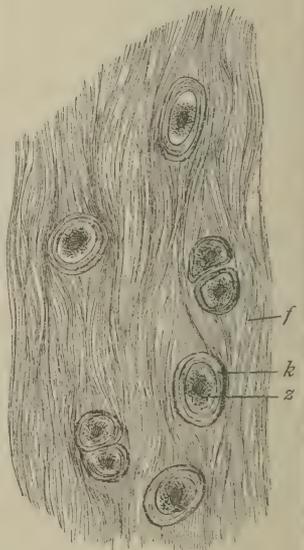


Fig. 43. Schnitt durch Faserknorpel aus der Zwischenwirbelbandscheibe vom Menschen. Im fibrillären Gewebe (*f*) liegen die Knorpelgrundsubstanz (*k*) um die Knorpelzellen (*z*) herum. (Nach RAUBER-KOPSCH.)

welle ausgedehnt, stets wieder zu ihrem ursprünglichen Kaliber zurückkehren, sind solche elastischen Netze zu großen elastischen Platten, den sogenannten gefensterten Häuten (Fig. 39), ausgestaltet: die Netzmaschen sind klein und unscheinbar, zu den Fenstern, die Netzfasern zu breiten Strängen geworden, die die Löcher umsäumen.

Eine besondere Stelle nehmen die Netzfasern oder das retikuläre Fasergewebe (Fig. 40) im Körper der höheren Tiere ein. Sie entstehen aus Zellen, die netzförmig miteinander in Verbindung stehen, später aber schwinden, so daß nur ein feines, dichtes Schwammwerk übrig bleibt. Diese Form des Stützgewebes beschränkt sich auf die überaus wichtigen Organe des Blutlymphgewebes, das man als lymphoide oder als adenoide Substanz bezeichnet, und die die Lymphknoten, die Milz, das Knochenmark und noch andere Teile des Blut und Lymphe liefernden Organsystems aufbaut. Sein wichtigster Bestandteil sind die kleinen Zellen, die in ungeheurer Zahl die Maschenräume des Netzes erfüllen, dieses selbst ganz verdecken und denen die eigentliche Leistung zufällt, die Körpersäfte mit zelligen Bestandteilen zu versorgen.

Spiele im retikulären Fasergewebe die zelligen Baubestandteile die Hauptrolle, so fehlen sie doch auch den übrigen Fasergeweben keineswegs: überall, auch im derbsten und straffsten Bindegewebe, im lockeren, im gallertartig-fasrigen Bindegewebe liegen teils bewegliche, teils feste oder „fixe“ Zellenelemente. In einigen Gewebeformen z. B. im Fettgewebe und im Pigmentgewebe drängen besonders gestaltete, mit eigenartiger Leistung betraute Zellensorten die übrigen Gewebeteile weit in den Hintergrund. Die großen glänzenden Ölzellen (Fig. 41) des Fettgewebes, das sich in Trauben oder Strängen, oft längs der Blutgefäße, ansiedelt, pressen sich oft derart eng aneinander, daß von den Gerüstbestandteilen fast gar nichts mehr zu sehen ist.

Die Fasergewebe werden nicht selten durch Einlagerung von anderen Substanzen ihres ursprünglichen Charakters nach Aussehen und Leistung mehr oder weniger entkleidet. Zuweilen ist der fasrige Grundbau noch wohl erkennbar. Beim Lanzettfischchen kann man in Kiemenstäben und in den Tentakeln weiche Gebilde vorfinden, die aus veränderten Binfibrillen eng zusammengepreßt aufgebaut werden. In anderen Fällen maskieren chemische Substanzen, die durch die Tätigkeit der Zellen, durch Umbildung ihrer Leibessubstanz entstehen, die fibrilläre Zusammensetzung der Grundsubstanz, z. B. im Knorpelgewebe. Eine besondere Masse, Knorpelschleim oder Chondromukoid genannt, verleiht der gesamten Grundsubstanz einen durchaus homogenen glasigen oder „hyalinen“ Charakter. (Fig. 42.) Die Zellen, bei den Tintenfischen sternförmig, bei den Wirbellosen rundlich, liegen in Höhlen der Knorpelgrundsubstanz, die sie gänzlich erfüllen und enthalten Fett und Glycogen. Die Knorpelhöhle unmittelbar umschließt eine festere, dichtere Substanz, die Knorpelkapsel. Zwischen den Knorpelkapseln erstreckt sich die Hauptmasse des Knorpelgewebes als einheitliche Masse. Der Knorpel dient mit seiner sehr elastischen fest-weichen Konsistenz als Überzug der in einem Gelenke zusammengefügteten Knochenenden; der Kehlkopf, die Luftröhrenwege, die Rippenenden setzen sich aus

solchem Gewebe zusammen. Bei niederen Tieren und bei den Jugendstadien der höheren beteiligt er sich in hervorragendem Maße am Aufbau des Skeletts. Die Knorpelfische, die Haie und Rochen, die Tintenfische benutzen gar keine andere Skelettsubstanz als den Knorpel. Die aus Knorpelgewebe gebildeten Organstücke entbehren der Blutgefäße. Ihre Ernährung scheinen sie auf dem Wege der Saftzirkulation zu besorgen, von deren geweblicher Anordnung aber sicheres noch nicht bekannt ist. Abgegrenzt und zu Stücken bestimmter Form ausgestaltet werden die Knorpelpartien durch eine besondere Haut aus derbe-

Knorpel-  
oberhaut.

rem Bindegewebe, die Knorpeloberhaut oder das Perichondrium. Das Knorpelgewebe durchmischt sich in einigen Abarten mit unmaskierten Fasergebilden aus der Fasergewebegruppe. So lagert der elastische Knorpel oder Netzknorpel elastische Fasernetze in seine hyaline Grundsubstanz an,

z. B. am Ohrknorpel; so durchwachsen gewöhnliche nicht maskierte kollagene Fasern den Bindegewebeknorpel oder Faserknorpel (Fig. 43) schlechthin, wie er an Stellen entsteht, wo Bindegewebe und Knorpel aneinandergrenzen und sich durchdringen, an Sehnen- und Bänderansätzen am Knorpel, an den Bandscheiben, die die Wirbel zur Wirbelsäule zusammenfügen.

Fasrigen Aufbau der Zwischenzellsubstanz mit weitgehenden chemischen Umwandlungen weist das wichtigste Skelettgewebe der Wirbeltiere, das Knochengewebe, auf, an dessen Bauplan sich die Zahnbeinsubstanz enge anschließt. Beide Hartgewebe bestehen ihrer Hauptmasse nach aus

straff nebeneinanderliegenden, in bestimmten Richtungen verlaufenden, leimgebenden Fasern, die durch eine Zwischenfibrillenmasse, eine Kittsubstanz, zu einer einheitlichen Grundmasse verbunden erscheinen. Sie verdankt ihre besonderen physikalischen Eigenschaften, ihre Festigkeit und Härte, der Einlagerung von Kalksalzen, der Knochenerde, die im wesentlichen aus kohlensaurem und aus phosphorsaurem Kalk besteht. Man kann diese Knochensalze durch Glühen der Knochen, das sogenannte Kalzinieren, für sich allein darstellen, dabei wird alle organische Substanz zerstört, die Form der Knochen aber im wesentlichen erhalten: nur sind diese kalzinierten Knochen ganz bröckelig und brüchig und zerfallen bei unsanfter Berührung zu einem Knochenpulver. Es fehlt eben in dem geglühten Knochengewebe die organische Grundsubstanz, die dem ganzen Gefüge Festigkeit und Zusammenhalt verleiht. Auch diese Grundsubstanz, Osseïn genannt, läßt sich rein erhalten; man kann dem Knochengewebe durch Einwirkung von starken Säuren, z. B. von Salzsäure oder Salpetersäure, die Kalksalze entziehen, ein Verfahren, dessen man sich sehr häufig mit Nutzen für die Untersuchung des Knochengewebes im gesunden und kranken Zustande bedienen kann. Bei diesem Prozesse der „Entkalkung“ bleibt eine biegsame weiche

Fig. 44. Unterkieferknochen vom Menschen. Knochenhöhlen oder Knochenkanälchen mit ihren Fortsätzen, den Knochenkanälchen (*k*), in verschiedenen Ansichten: // von der Fläche, *lg* im Querschnitt, // im Längsschnitt, eingebettet in die Knochengrundsubstanz (*g*). (Verändert nach STÖHR.)

Knochen- und  
Zahnbein-  
gewebe.

Knochen-  
grundsubstanz.

Knochenknorpel.

der Form des ursprünglich verwandten Knochens. Nur kann man diesen entkalkten Knochen mit dem Messer schneiden, man kann z. B. ein menschliches Oberarmbein zu einem Ringe zusammenbiegen und ihm nachher wieder seine ursprüngliche Gestalt zurückgeben. Ossein und natürlich auch der ganze Knochen liefert, wie alle Bindefasergewebe, beim Kochen Leim, den bekannten Knochenleim.

Zu dem geweblichen Aufbau des Knochens gehören außer den Knochenfibrillen und der Kittsubstanz noch die Knochenzellen. (Fig. 44.) Sie liegen in der verkalkten Grundmasse in

platten, etwa linsenförmigen Hohlräumen — den Knochenhöhlen — und entsenden von ihrem Umfange ausstrahlenförmig zarte Ausläufer in feinste Kanälchen hinein, die vom Rande der Knochenhöhlen ausgehen und die einzelnen Hohlräume miteinander in Verbindung setzen. Dieses System der „Canaliculi“ und „Lacunae ossium“, der Knochenkanäl-

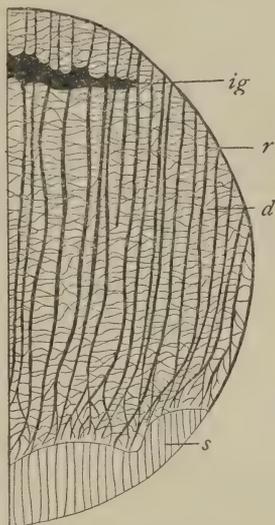


Fig. 45. Zahnbeingewebe des menschlichen Eckzahnes im mikroskopischen Dünnschliff. Zahnbeinröhrchen (*r*) durchziehen die Grundsubstanz, das Dentin (*d*), und enden nahe dem Schmelz (*s*) mit feinsten Ausläufern. Ein unverkalkter Hohlraum (Interglobularraum *ig*) ist zum Teil angeschliffen. (Nach SZYMONOWICZ-KRAUSE.)

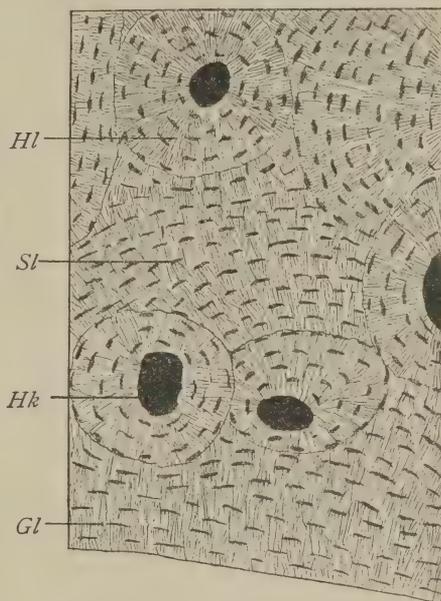


Fig. 46. Teil eines Querschliffes eines menschlichen Mittelfußknochens; Haversschen Knochensäulchen (*Hl*), die Haversschen Kanäle (*Hk*), konzentrisch mit ihren Lamellen umschichtend; Grundlamellenschichten (*Gl*), dem Umfange der Knochenhöhle entsprechend geschichtet; Schaltlamellen (*Sl*), die Zwischenräume ausfüllend. (Nach SZYMONOWICZ-KRAUSE.)

chen und Knochenhöhlchen, bietet auf einem Dünnschliffe durch einen Knochen ein überaus zierliches Gefüge dar: solches einfaches Knochengewebe findet sich z. B. am Zahn unterhalb der Zahnkrone, als sogenanntes Zahnzement.

Im Zahnbeingewebe (Fig. 45), aus dem — abgesehen vom Schmelzüberzug — die Krone und die gesamte Zahnwurzel sich aufbaut, fehlen die Zellen und die Zellenräume; Fibrillen, Kittsubstanz und Verkalkung verhalten sich genau wie im Knochengewebe. Nur ist das Zahnbeingewebe von feinen Röhrchen, den Zahnbeinröhrchen, durchzogen, in die von Zellen an der Oberfläche der Wurzelhöhle her Fasern, die Zahnbeinfasern, eintreten. Unter der äußeren Zahnoberfläche bleiben einzelne Stellen des Zahnbeingewebes unverkalkt, die sich auf dem Dünnschliff durch einen Zahn als Hohlräume (*ig*) abzeichnen.

Zahnbein- und Knochengewebe passen sich in überaus interessanter Weise den mechanischen Aufgaben an, die sie beim Aufbau der aus ihnen bestehenden Organe im Körper zu erfüllen haben.

Bau der Hart-  
gewebe.

Die Knochen sind, vom Standpunkte der Leistung betrachtet, Organe, die auf Zug und Druck beansprucht werden. Das Knochengewebe fügt sich, um einen Knochen aufzubauen, zu einzelnen Säulen zusammen, deren Seele ein Blutgefäß bildet. Dieses Blutgefäß verläuft im zentralen Kanal der Säule, der nach ihrem ersten genauen Untersucher Haversscher Kanal genannt wird. (Fig. 46.) Um diesen Kanal herum schichten sich Knochengewebelamellen konzentrisch auf. Zwischen zwei Lamellen schiebt sich je eine Lage von Knochenzellen ein. In jeder Lamelle ziehen alle Knochenfibrillen parallel miteinander dahin, und zwar ringelt sich der Faserverlauf in jeder Schicht schraubenförmig um die Achse des ganzen Systems, die Schraubengänge aber laufen in je zwei Nachbarschichten abwechselnd in der einen rechts herum, und in der nächsten links herum usf. Diesen Fibrillenverlauf kann man außerordentlich leicht bei der Anwendung des polarisierten Lichtes studieren, da die Bindegewebsfibrillen das Licht doppelt brechen und zwar in verschiedener Weise, je nachdem die Lichtstrahlen sie längs oder quer oder schief treffen. Bei Knochenteilen, die starkem Zug ausgesetzt sind, stehen die Fibrillenverläufe in zwei Nachbarlamellen sehr schief zueinander. Denkt man sich einen solchen Zug wirksam, so pressen sich rechts und links, also im entgegengesetzten Sinne gewundene Schrauben enge aneinander und verleihen der ganzen Lamellensäule eine hohe Zugfestigkeit. Bei Knochenteilen, die einen starken Druck aushalten müssen, laufen die Knochenfibrillen in Nachbarlamellen fast ganz parallel und werden dadurch um so fester aneinandergedreht. Ändert sich bei einem geheilten Knochenbruch, z. B. die mechanische Beanspruchung eines Knochens, so baut sich in überraschend kurzer Zeit das Knochengewebe innerlich entsprechend der Neuverteilung der Aufgaben um. Der Knochen, dieses feste und derbe Organ, dem man ohne weiteres nur einen geringen Anteil an den lebendigen Tätigkeiten des Organismus zuschreiben möchte, ist in Wirklichkeit eins der regsamsten Gewebe im gesamten Tierorganismus.

Die Zwischenräume dieser Haversschen Säulensysteme werden durch unvollkommen ausgestaltete Lamellensäulchen, die Schaltlamellensysteme, ausgefüllt, und an der äußeren und inneren Oberfläche des Knochens laufen des weiteren konzentrisch geschichtete Lamellenreihen, die der äußeren und inneren Fläche parallel gehen, und die die Gesamtmasse der inneren Knochenlamellen zwischen sich fassen.

### Das Muskelgewebe.

Muskelgewebe.

Das Bewegungsgewebe, in dessen Gefüge sich alle Elemente vereinigen, die mit kontraktilem, der Zusammenziehung fähigen Fäserchen ausgerüstet sind, kommt in zwei verschiedenen Ausgestaltungen\* von abweichendem Aussehen und von differenter Leistung im Organismus vor, je nachdem sich glatte oder quergestreifte Muskelemente zum Gewebeverband verbinden.

Das glatte Muskelgewebe wird bei den wirbellosen Tieren in weiter Verbreitung angetroffen, bei den Wirbeltieren beherrscht es die Bewegungen der Eingeweide, der Gefäße, im großen ganzen der Innenorgane des Tierkörpers; es

trug daher früher auch den Namen der organischen Muskulatur. Sie ist dem Einfluß des Willens entzogen: niemand vermag den Darm oder den Magen oder eine Schlagader willkürlich zu bewegen oder in der Bewegung zu hemmen. Das quergestreifte Muskelgewebe wird indessen im wesentlichen für den Aufbau der Skelettmuskeln verwandt, die dem Willensantriebe gehorchen. Es vermag sich rasch zu kontrahieren und wieder auszudehnen, während die glatte Muskelsubstanz eine langsamere, aber sehr energische und kräftige Zusammenziehung ausführt. Eine besondere Stellung nimmt das Gewebe des Herzmuskels ein, das sich zwar aus quergestreifter Substanz aufbaut und energische Kontraktionen leistet, aber doch der Willkür nicht unterworfen ist und auch in seiner Architektonik wichtige Abweichungen von dem Skelettmuskel aufweist.

Das glatte Muskelgewebe ist meist in der Form von Lamellen ausgebildet, die sich sehr häufig zu Hohlkörpern von rohrförmiger oder blasenförmiger Gestalt ordnen. In diesen Schichten liegen die glatten Muskelelemente alle gleichgerichtet, nur benachbarte Lagen weisen in der Regel einen verschiedenen Faserverlauf auf. Entweder folgen sie dabei der Längsachse oder sie stehen senkrecht zu ihr. An einzelnen Stellen verdicken sich die Lamellen zu mächtigen Ringen: diese Ringmuskeln schließen dann die Lichtung der Hohlorgane fest und undurchgänglich ab, es sind die wahren Schließmuskeln für Hohlräume, wie man sie am Magen- und am Blasenausgange und an vielen anderen Schlußstellen findet. In anderen Fällen werden zu bestimmten Leistungen Zugstränge oder Balken glatter Muskelsubstanz ausgebildet, oder solide Körper aus Muskelgewebe, wie z. B. der Kriechfuß der Schnecken einen solchen darstellt.

Glattes  
Muskelgewebe

Die Innenarchitektur des glatten Muskelgewebes ist recht einfach (Fig. 47). Die einzelnen kontraktile Faserzellen legen sich dicht und enge zusammen und haften sowohl der Quere wie der Länge nach überaus fest aneinander: um sie aus ihrem Verbande zu lösen, bedarf es schon sehr kräftiger Einwirkungen, starker Kalilauge oder ähnlich wirkender Mittel. Die Verbindung wird durch ein feines und überaus reichliches Bindegewebehergerüst hergestellt, das die einzelnen Faserzellen umscheidet und der Quere nach verbindet. Bei dem glatten Muskelgewebe der Wirbellosen, z. B. der Weichtiere, der Würmer ist die Zusammenfügung der Elemente vielfach noch eine epithelähnliche, wie denn auch der nicht fibrilläre Zelleibanteil gemeinhin eine weit stärkere Rolle in diesen Muskelzellen spielt (Fig. 48). Diese Anordnung führt auf die einfachsten Formen kontraktiler Ausgestaltung von Zellen zurück, auf die Epithelmuskelzellen, die im Deckgewebe, wie im Nährgewebe vorkommen können. Bei den Polypen und Medusen z. B. werden im Epithel am basalen Zellenende eine oder einige wenige kontraktile glatte Fibrillen ausgebildet, die dann im Niveau der unteren Zellenfläche eine Lage kontraktile Fasergewebe erzeugen. (Fig. 49.)

Bau des glatten  
Muskelgewebes.

Epithel-  
muskelzellen.

Weit komplizierter zusammengesetzt ist die innere Struktur der quergestreiften Muskulatur. Die zelluläre Natur der Elemente ist hier sehr schwer erkennbar. Die gewöhnliche Muskelfaser der höheren Tiere stellt ein oft sehr langes — bis zu 12 cm messendes — vielkerniges Gebilde dar, das zwar aus einer Zelle hervorgeht, aber keine „Zelle“ bleibt: ihr Kern teilt sich viel-

Quergestreiftes  
Muskelgewebe.

fach — daher enthält eine solche Muskelfaser oft viele Hunderte von Kernen —, aber die Zellkörperteilung unterbleibt. Die kontraktilen Fibrillen entstehen aus feinen homogenen Stäbchen oder Fädchen, den Mitochondrien, die dann alsbald die sehr charakteristische Quergestreifungsstruktur annehmen. Kontraktile gestreifte Muskelfasern sind im Tierreiche weit verbreitet, stimmen aber in ihrer feinen Anordnung überraschend gut überein. Die doppelt brechenden Querstreifen (*q*), von einfach brechenden Scheibchen (*z*) beiderseits umschlossen,

Muskelfibrillen.

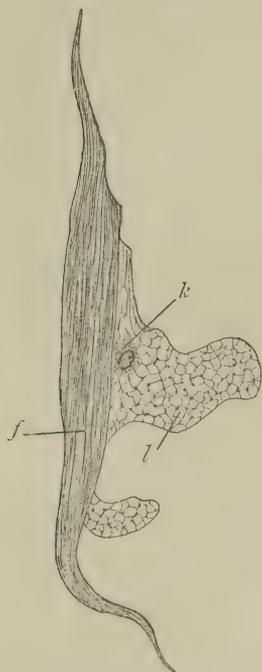


Fig. 47. Muskelzelle eines Spulwurmes (*Ascaris megalocephala*): in dem plasmatischen Teile des Zellenleibes (*z*) liegt der Kern (*k*), in seinem langgestreckten Teile ordnen sich nebeneinander die Myofibrillen (*f*). (Nach HEIDENHAIN.)

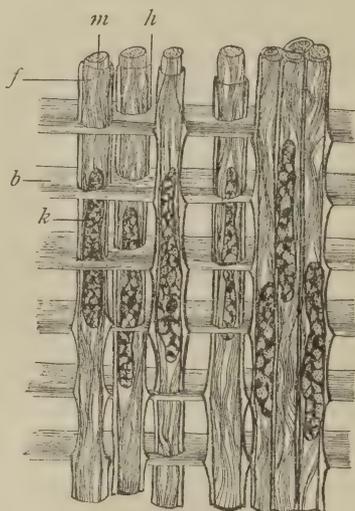


Fig. 48. Schema der Zusammensetzung eines Stückes glatter Muskulatur. Die glatten Muskelfasern (*m*) mit ihren Fibrillen (*f*) sind oben und unten abgeschnitten gezeichnet. Sie enthalten einen Kern (*k*) und stecken in breigewebigen Hüllen (*k*), die durch Quermembranen (*b*) verbunden werden. (Verändert nach HEIDENHAIN.)

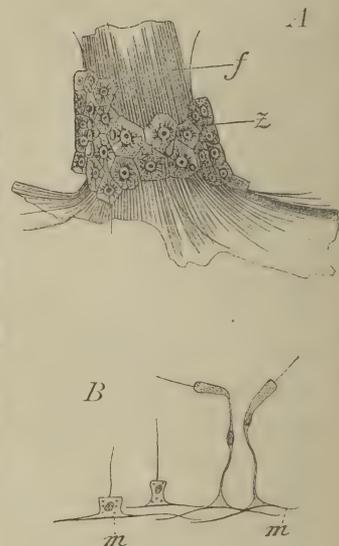


Fig. 49. Epithelmuskelgewebe eines Polypen. In *A* unterhalb der polygonalen Zellen (*z*) der Hautschicht zahlreiche zugehörige Muskelfibrillen (*m*). In *B* isolierte Epithelmuskelzellen mit den Muskelfibrillen an der Zellenbasis. (*A* nach F. E. SCHULZE aus HEIDENHAIN, *B* nach O. u. R. HERTWIG aus HEIDENHAIN.)

bilden gewissermaßen die Elemente im Aufbau dieser Faser, die in der Längsrichtung sich stets wiederholt und von ihren Nachbarn durch Scheidewände (*z* und *m*) getrennt wird, die über die ganze Faser hinziehen (Fig. 50). Zwischen den Fibrillen liegen mannigfache Körnergebilde (*k*), die teils aus Fett, teils aus einem Kohlehydrat, dem Glycogen, und teils aus den gewöhnlichen Plasmakörnchen bestehen, und die für die Stoffwechsellätigkeit der Muskeln eine große Rolle spielen. Die einzelne Muskelfaser hat einen Teil des ursprünglichen Protoplasmas — oft einen sehr beträchtlichen Anteil, z. B. bei den Würmern — unvermindert bewahrt: man nennt ihn Muskelplasma oder Sarkoplasma. Es trennt und verbindet in mannigfach verschiedener Anordnung die einzelnen Fibrillen miteinander. Außen um die Faser herum zieht eine Art Zellenhaut oder jedenfalls eine verdichtete, veränderte Plasmalage, Sarkolemma genannt, die sich

Sarkoplasma.

Sarkolemma.

abheben läßt und die die Grenze der Faser gegen das Stützgewebe hin bildet (Fig. 51).

Die einzelnen Muskelfasern (Fig. 52) ordnen sich zueinander in der Form von kleineren oder größeren Bündelchen: sie werden durch ein lockeres Bindegewebe zusammengehalten, das die Nerven und die Gefäße führt. Man heißt dieses Stützgewebe, dessen feinste Fäserchen die einzelnen Muskelemente um-

Bau des quergestreiften Muskels.

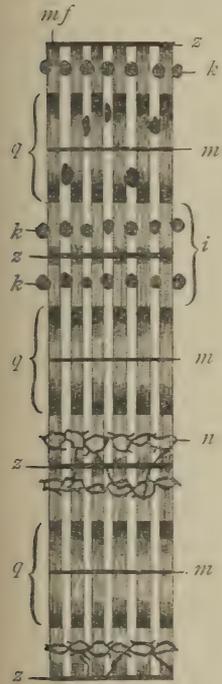


Fig. 50. Schema eines Teiles einer quergestreiften Muskelfaser. Sechs Myofibrillen (mf) nebeneinander gelegen, mit ihren doppelbrechenden Scheibchen (q) und den einfachbrechenden Scheibchen (i). Die beiden Scheibchenarten sind getrennt in Hälften durch Scheidewände (m und z). Zwischen den Fibrillen Körner (k) und Querfadenetze (n). (Nach HEIDENHAIN.)



Fig. 51. Stück eines Querschnitts des „Schneidermuskels“ (Musculus sartorius) vom Menschen. Die einzelnen Muskelfasern zu Bündelchen (m) geordnet, von dem inneren und äußeren Muskelhüllgewebe umschieden, eingeschlossen von der Muskelbinde (b). g = Blutgefäß. (Nach HEIDENHAIN.)

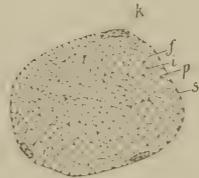


Fig. 52. Querschnitt durch eine quergestreifte Muskelfaser aus dem Wadenmuskel der Katze. Die ganze Muskelfaser ist umschlossen von der Muskelhülle (s), an der die Kerne (k) gelegen sind. Auf dem Querschnitt erscheinen die einzelnen Myofibrillen (f) getrennt durch feine Scheidewände vom Plasma (p), in dem Körnern (z) gelegen sind. (Nach R. KRAUSE.)



Fig. 53. Eine quergestreifte Muskelfaser (m) und ihr Übergang in die zugehörige Sehne (s). (Teilweise nach R. KRAUSE und STÖHR.)

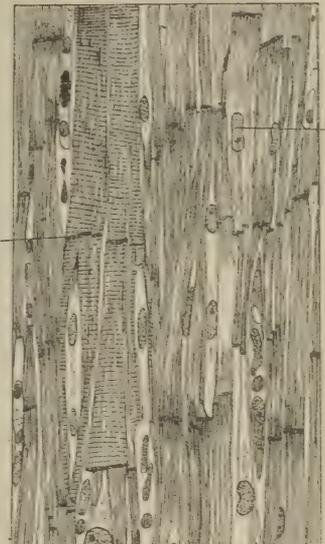


Fig. 54. Schnitt durch das Herzmuskelgewebe vom Menschen. Netz der quergestreiften Muskelfäden mit Kernen (n) und den Kittlinien (k). (Nach HEIDENHAIN.)

Fascie, das Muskelorgan als solches. Dieser Aufbau des Muskels erinnert in hohem Grade an die Architektur der Sehne: auch hier sind die einzelnen straffen derben Bindegewebefasern, die man Sehnenfasern nennt, außen insgesamt von einer äußeren Sehnenhülle (Peritendineum) umschlossen, im Innern durch lockeres Stützgewebe in Bündelchen eingeteilt, in denen dann die einzelnen Sehnenfasern liegen. Muskelfasern und Sehnenfasern (Fig. 53) haften ungemein fest aneinander: die Sehnenfaserfibrillen umfassen das kegelig zu-

spinnen, das innere Muskelhüllgewebe (Perimysium internum). An der Oberfläche des Muskels oder einzelner seiner großen Abteilungen umhüllt es die gesamte Muskelfasermasse mit breiten Zügen, die man als äußeres Muskelhüllgewebe beschreibt (Perimysium externum); als derbes dichtes Stützgewebeblatt umgibt dann die Muskelbinde, die

gespitzte Ende der Muskelfaser allseitig und gehen vielleicht sogar unmittelbar in die Muskelfibrillen über. Jedenfalls ist ein überaus fester Zusammenhang, sei es organischer Natur, sei es eine sehr feste Kittsubstanz, für die Kraftübertragung der sich zusammenziehenden Muskulatur mittels der Sehne auf die zu bewegenden Organe, die Knochen z. B., unentbehrlich. Die quergestreiften Muskelorgane der Wirbellosen sind im allgemeinen nach einfacherem Bauplan zusammengesetzt, da es sich in der Regel nicht um die Anhäufung so großer Fasermassen handelt. Die Muskelfasern berühren sich hier oft unmittelbar ohne Zwischenschaltung einer Hüllsubstanz, besonders da eine Muskelfaserhaut, ein Sarkolemma oder Myolemma, ausgebildet ist. Die Anheftung an Hartgebilde, z. B. an Chitinstücke, erfolgt auch hier mittels feiner kleiner bindegewebiger Sehnen.

Herzmuskel-  
gewebe.

Kittlinien.

Das Herzmuskelgewebe (Fig. 54) unterscheidet sich — und zwar auffallenderweise bei den Wirbeltieren und auch bei einzelnen Wirbellosen, z. B. dem Kerbs, den Weichtieren — von der gewöhnlichen quergestreiften Muskulatur durch seine Anordnung zu einem Muskelfasernetz. Die Muskelfädchen verbinden sich durch seitliche Abzweigungen miteinander und umschließen Zwischenräume, in denen bei den Wirbeltieren regelmäßig die reichlich vorhandenen Haarblutgefäße verlaufen. Bei einigen höheren Wirbeltieren erscheinen quer zur Faserrichtung, das ganze Muskelement durchsetzende oft treppenartig abgesetzte Platten, die sogenannten Kittlinien oder Schaltstücke, in denen man früher die Grenzen der einzelnen Herzmuskelzellen erblickte. Ihre Bedeutung ist noch nicht hinreichend genau bekannt, vielleicht stehen sie mit dem Wachstum des Herzens in Verbindung: denn das Herz ist eines der wenigen Organe, das auch nach abgeschlossener Körperentwicklung bis ins hohe Alter hinauf sich zu vergrößern vermag. Bei den niederen Wirbeltieren fehlen diese Schaltplatten vollkommen. Die Querstreifung der Fleischfäserchen weicht vom allgemeinen Querbauplan nicht ab, die Längsfibrillierung tritt indessen beim Herzgewebe überaus deutlich hervor. Die einzelnen Fleischfädchen haben keine Muskelfaserhülle in dem Sinne, wie die Skelettmuskeln, aber eine dichte Sarkoplasmaoberhaut grenzt sie deutlich nach außen ab. Die Fleischmassen der Herzmuskulatur, das Myokardium, sind nach den Herzhöhlen zu, wie nach dem Herzbeutel, durch bindegewebig-elastische Häute abgegrenzt, dessen Oberfläche mit einem sehr feinen einschichtigen Plattenepithel bekleidet ist.

#### Das Nervengewebe.

Nervengewebe.

Für den Aufbau des Nervengewebes ist die Ausrüstung der Zellen und ihrer Abkömmlinge mit den Neurofibrillen charakteristisch. Mit der Hauptleistung der nervösen Substanz — der Aufnahme, Leitung und Übertragung von Reizen — hängt die gestaltliche Ausprägung der Elemente innig zusammen: ihre Form muß geeignet sein, mehr oder weniger entfernte Örtlichkeiten miteinander leitend zu verknüpfen: diese Aufgabe wird erreicht durch fadenförmige Leitungen, durch Fortsätze, die von den Zellen ausgehen. Eine Nervenzelle mit allen ihren Ausläufern und deren Endigungen nennt man eine Nerveneinheit oder ein Neuron. Im Laufe der Entwicklung baut sich ein Nervensystem

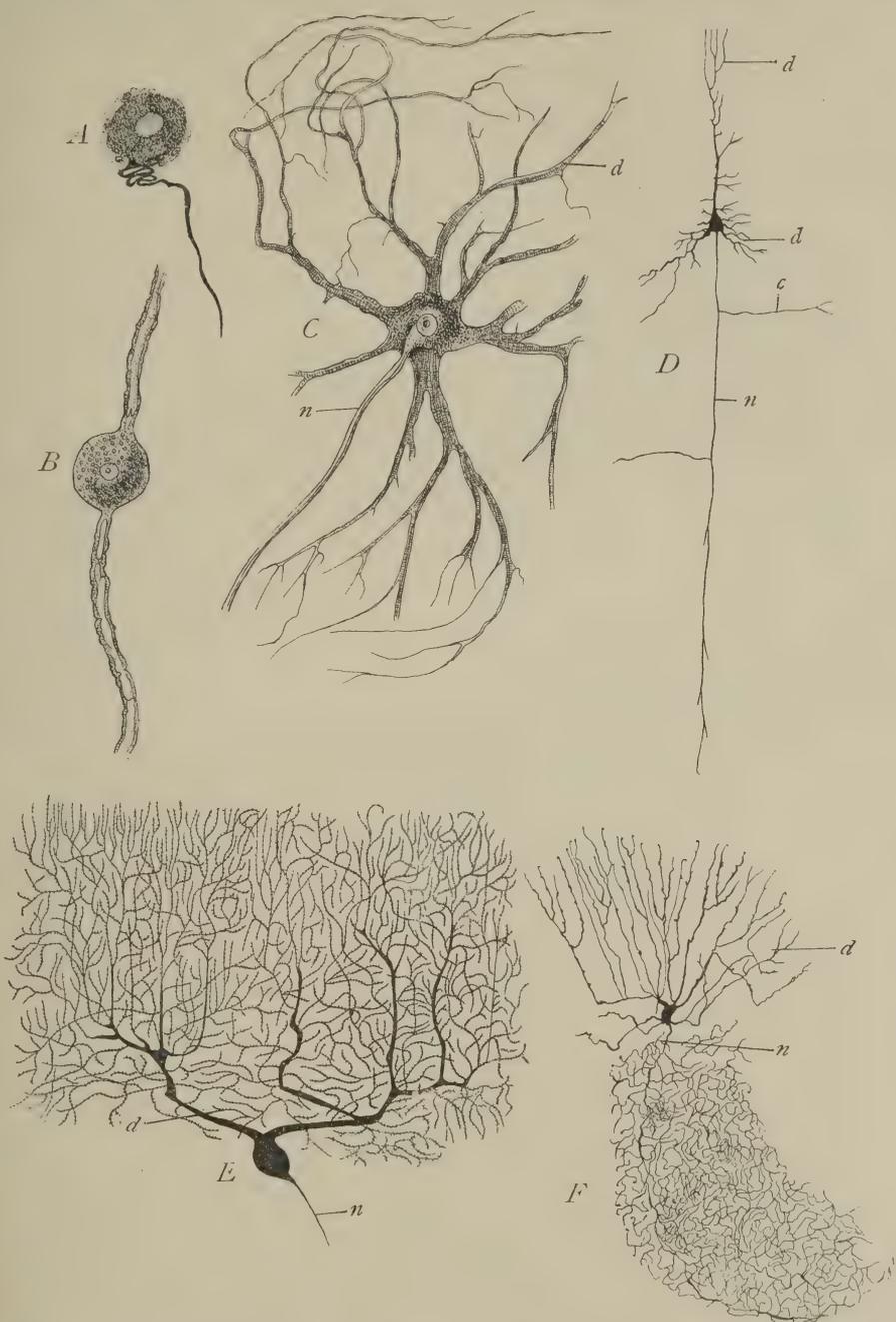


Fig. 55. Formen der Nervenzellen. *A.* Eine unipolare Nervenzelle aus dem Spinalknoten eines Kaninchens (nach R. KRAUSE.) *B.* Eine bipolare Nervenzelle aus dem Nervenknotten des Nervus trigeminus (nach BIDDER aus RAUBER-KOPSCH.) *C.* Eine multipolare Nervenzelle aus dem Rückenmark vom Rind (nach DEITERS aus HEIDENHAIN.) *D.* Eine Pyramidenzelle aus der Großhirnrinde des Menschen (verändert nach HEIDENHAIN.) *E.* Eine PURKINJESCHE Nervenzelle aus der Kleinhirnrinde vom Menschen (nach STÖHR.) *F.* Eine Nervenzelle des Kleinhirns, deren Nervenfortsatz in der unmittelbaren Nähe der Zelle sich aufzweigt (nach CAJAL aus HEIDENHAIN.) *n* = Nervenfortsatz oder Neurit, *d* = Plasmafortsätze oder Dendriten, *c* = Nebenfortsätze oder Collateralen.

Neuron. aus einer unendlich großen Anzahl von Einzelneuronen auf, die miteinander in gesetzmäßige Beziehungen treten und auch in ihrer Leistung zuweilen ganz deutlich als eine Einheit funktionieren.

Außer den Neuronen, dem eigentlichen nervösen Gewebe, bildet das Nervensystem noch eine Stützsubstanz aus, die in die Reihe der Fasergewebe gehört, aber ausschließlich in nervösen Organen angetroffen wird, entwicklungsgeschichtlich dem Nervengewebe nahe verwandt ist, und daher in der Reihe der Stützgewebe eine Sonderstellung einnimmt: das Nervenkittgewebe oder die Neuroglia.

Die Gestalten der Nervenzellen sind überaus verwickelt und verschieden. Die Anzahl, Länge, Form der Ausläufer sind es, die den Reizgewebezellen ihre charakteristische Erscheinung aufprägen. (Fig. 55.)

Gestalt der Nervenzellen. Zellen mit einem Fortsatze — man nennt sie unipolare Nervenzellen — haben im allgemeinen eine rundliche, birnenförmige Gestalt. Zwei Ausläufer ziehen nicht selten den Nervenzellenleib spindelförmig in die Länge: das sind die bipolaren Elemente. Die weitaus größte Anzahl der Nervenzellen besitzen jedoch eine große Anzahl von Fortsätzen, sie sind multipolar; durch den Abgang dieser vielen Ausläufer gewinnt die Zelle die Form eines Sternes oder eines unregelmäßig vielspitzigen Gebildes, oder sie nimmt Pyramidengestalt oder eine ganz unregelmäßige Form an, die sich unendlich wechsellvoll ausgestaltet. Die Größe der Nervenzellen erreicht oft beträchtliche Maße. Viele von ihnen kann man mit bloßem Auge als Pünktchen sehen, einige erreichen so kolossale Abmessungen, daß sie von eigenen Haargefäßen ernährt werden, und imstande sind, allein für sich große Körperorgane zu versorgen, z. B. die elektrischen Zellen des Zitterwelses (*Malapterurus electricus*).

Die Nervenzelle verfügt — außer ihren allgemeinen Zellbestandteilen dem Plasma, Kern und Zentrum — und der charakteristischen Ausrüstung mit den Neurofibrillen — noch über eine Anzahl von besonderen Apparaten, die mit der Leistung der Elemente in inniger Beziehung stehen. Im Plasma, zwischen den Neurofibrillenfädchen, liegen Schollen, Klumpen, Körner, Spindeln einer besonderen Substanz, die sich durch ihre farbchemischen Eigenschaften, dem Chromatin, als ähnlich erweist und daher als chromophile Substanz oder als Cytochromatin bezeichnet wird oder nach ihrem ersten genauen Untersucher als Nißlsche Granulation. Ihr Schicksal bei den verschiedenen Geschehnissen am Nervensystem hat zuerst einen genauen Einblick in die Lebens-tätigkeit der nervösen Elemente gewinnen lassen (Fig. 56). Durchschneidet man den Fortsatz einer Nervenzelle, oder vergiftet man das Nervensystem mit Nervengiften, wie Morphium, Kokain, oder reizt man das Neuron zu andauernder fortwährender Tätigkeit, so verklumpen die einzelnen Nißl-Brocken, oder sie zerfallen staubförmig. Sie verändern jedenfalls in charakteristischer und gesetzmäßiger Weise Aussehen und Anordnung im Nervenzellenleibe. Leichtere Schädigungen oder heilbare und ersetzbare Verletzungen der Nerveneinheit gehen mit einer Wiederherstellung, einer Neuausbildung des Cytochromatins einher.

Die Ausläufer der Nervenzelle sind bei den niederen Formen der Reizgewebeentwicklung gleichförmig. Auf den hohen Stufen tierischen Lebens

differenzieren sie sich zu zwei verschiedenen Leistungen und Gestalten. Die einen von ihnen entspringen vom Zellenleibe mit breiten konischen Basisstücken, in dem Cytochromatin gelegen ist, teilen sich alsbald in baumförmige Verästelungen und tragen daher den Namen der Dendriten oder der Protoplasmafortsätze. Sie sind oft in sehr großer Zahl vorhanden und bilden die Hauptmasse der Ausläufer z.B. bei den multipolaren Zellenformen. Die zweite Kategorie von Zellfortsätzen, die meist oder oft nur in der Einzahl an der Zelle vertreten ist und auch fehlen kann, nennt man Neuriten oder Nervenfasersfortsatz. Es entspringt aus dem Zellenleibe mit dem sogenannten Ursprungskegel, der frei von Nißlscher Granulation ist und außer dem Plasma nur Neurofibrillen wie in einen Trichter in den Fortsatz einströmen läßt. Zuweilen kommt der Neurit auch aus einem Dendriten hervor.

Dendriten.

Das Schicksal dieses Neuriten ist verschieden. Bei manchen Zellen spaltet er sich in der unmittelbaren Nähe der Zellen in Verästelungen auf, um mit diesen zu enden. Sehr häufig zieht er eine weite Strecke dahin. Er kann Nebenästchen abgeben, die Collateralen, sich mit vielen seinesgleichen zu einem Bündel vereinigen und so schließlich auch das Gefüge seines Ursprungsgewebes verlassen, in den Körper hinaustreten und zu einem Nerven werden. Die Nerven sind mithin nichts weiter als Bündel von Fortsätzen der Nervenzellen. (Fig. 57.)

Neuriten.

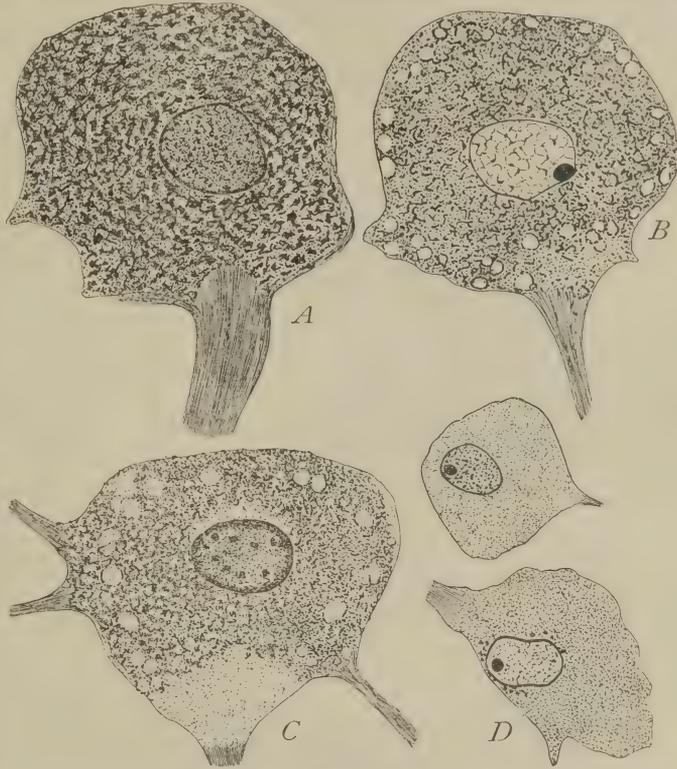


Fig. 56. Entartung des Cytochromatins oder der Nissl'schen Granulation einer Nervenzelle aus dem elektrischen Hirnlappen eines Zitterrochen nach Durchschneidung des elektrischen Nerven. A Normales Bild der Zelle. B und C Entartung im Fortschreiten begriffen. D Entartung vollendet. (Nach HEIDENHAIN.)

Bei sehr vielen niederen Tieren bestehen alle Nerven, bei den höheren die Fasern im Innern der nervösen Zentralorgane, des Gehirnes und des Rückenmarks und die Enden der Nerven lediglich aus den von dem Zellenkörper der zentralen Elemente entsandten Neurofibrillen und einer stets vorhandenen Masse interfibrillärer und perifibrillärer protoplasmatischer Substanz. Man nennt solche Nervenfasern nackte Fasern oder nackte Axone. Dieser Name rührt daher, weil sich derlei Bildungen in den komplizierter gebauten Nerven

Collateralen.

Bau der Nerven.

Bei sehr vielen niederen Tieren bestehen alle Nerven, bei den höheren die Fasern im Innern der nervösen Zentralorgane, des Gehirnes und des Rückenmarks und die Enden der Nerven lediglich aus den von dem Zellenkörper der zentralen Elemente entsandten Neurofibrillen und einer stets vorhandenen Masse interfibrillärer und perifibrillärer protoplasmatischer Substanz. Man nennt solche Nervenfasern nackte Fasern oder nackte Axone. Dieser Name rührt daher, weil sich derlei Bildungen in den komplizierter gebauten Nerven

Bei sehr vielen niederen Tieren bestehen alle Nerven, bei den höheren die Fasern im Innern der nervösen Zentralorgane, des Gehirnes und des Rückenmarks und die Enden der Nerven lediglich aus den von dem Zellenkörper der zentralen Elemente entsandten Neurofibrillen und einer stets vorhandenen Masse interfibrillärer und perifibrillärer protoplasmatischer Substanz. Man nennt solche Nervenfasern nackte Fasern oder nackte Axone. Dieser Name rührt daher, weil sich derlei Bildungen in den komplizierter gebauten Nerven

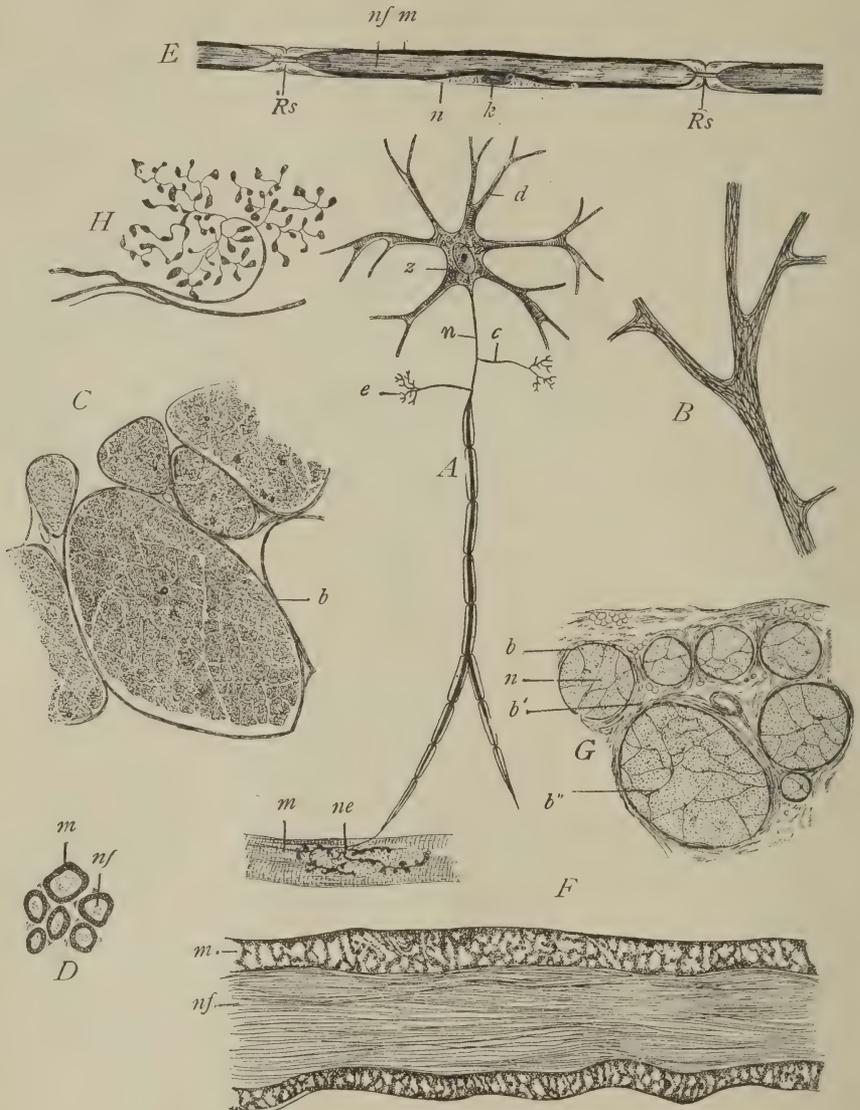


Fig. 57. Verschiedene Arten von Nervenfasern. *A* Schematische Darstellung des Zusammenhanges von Nervenzelle und Nervenfasern. (Teilweise nach RAUBER-KOPSCH.) Vom Zellenkörper (*z*) gehen aus: 1. die Dendriten (*d*). 2. der Neurit (*n*), der sich verzweigt und mit seinem einen Ast an einer Muskelfaser (*m*) mittelst einer motorischen Nervenendigung (*ne*) endet. Von seinem Stamme gehen Nebenästchen oder Collateralen (*c*) aus, die mit Endbäumchen (*e*) enden. *B* Nackte Nervenfasern mit Nervenfibriellen von einer Qualle (nach K. C. SCHNEIDER). *C* Marklose Nervenfasern aus der Milz vom Frosch (nach KÖLLIKER aus HEIDENHAIN). *b* = Bindegewebige Scheidewände, in Röhrenform die querschnittenen Bündel der Nervenfasern zusammenfassend. *D* Querschnitte durch einige markhaltige Nervenfasern des Rindes (nach v. KUPFFER aus RAUBER-KOPSCH): *m* = Markscheide, *nf* = Neurofibrillen des Achsenzylinders. *E* und *F* Längsschnitte durch Abschnitte markhaltiger Nervenfasern. *k* = Kern des Nervensegmentes, *Rs* = RANVIERSCHE Schnürringe, *nf* = Nervenfibriellen des Achsenzylinders, *n* = Neurilemma. In *F* bei stärkerer VERGRÖßERUNG der Zusammensetzung der Markscheide (*m*) und des Achsenzylinders (*nf*) sichtbar. (*E* teilweise nach RAUBER-KOPSCH, *F* vom Frosch nach HEIDENHAIN.) *G* Querschnitt durch einen Teil eines markhaltigen Nerven vom Menschen. Die Nervenfasern (*nf*) werden durch Bindegewebebehüllen (*b*) zusammengehalten. *b'* Bindegewebe zwischen den Bündeln, *b''* innerhalb der Bündel (nach STÖHR). *H* Endbäumchen eines Nerven aus dem Kehldedeckel vom Kaninchen (nach ARNSTEIN aus HEIDENHAIN).

bei höheren Tieren lediglich als eigentliche Achse der Nervenfasern finden, die nun außen durch Hüllbildungen verschiedenster Art umscheidet werden. Weitverbreitet ist die Bekleidung mit besonderen Hüllzellen, die eine zarte Scheide, das Neurilemma, bilden. Solche Fasern, aus Neurilemma und einem Axon aufgebaut, sind bei Wirbeltieren am weitesten, weit aber auch bei Wirbellosen verbreitet. Sie tragen den Namen der grauen oder der marklosen Nervenfasern, weil ihnen die im Nervengewebe der Wirbellosen nur sehr selten vorhandene, bei den Wirbeltieren aber sehr ausgiebig verwandte glänzende Markhülle der Nervenfasern fehlt. Die markumhüllten, höchst entwickelten Nervenfasergebilde sind Axone, die von feinen Ölröhren umscheidet sind. Das Nervenöl oder Nervenmark, das Myelin, ist in einer schwammartigen Substanz, in feinsten Maschen aufgesaugt, so daß es trotz seiner flüssigen Beschaffenheit nicht fließen kann. Das Schaumwerk, das Neurokeratin- oder Nervenhorngerüst, umgibt die Achsenfaser allseitig und unmittelbar; zusammen mit dem Myelin bildet es die Markscheide der markhaltigen Nervenfasern. Sie besitzt die Gestalt einzelner langer Hohlröhrchen, die an ihren Enden mit einer kurzen Unterbrechung kegelig zuge-

Neurilemma

Myelin.

Neurokeratin.

Markscheide der Nervenfasern.

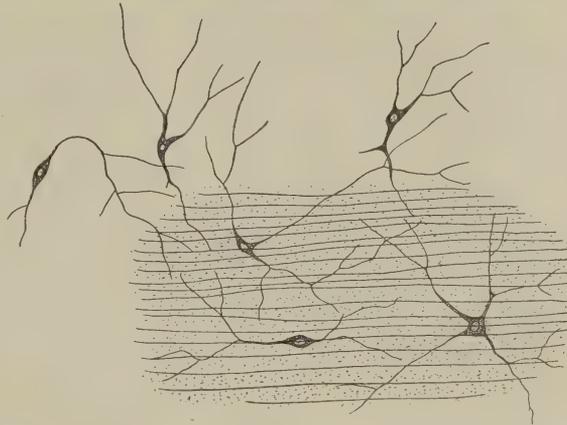


Fig. 58. Stück der Hautwand eines Süßwasserpolyphen von der Fläche gesehen. Einfachster Gewebeverband von Nervenzellen: das Nervengeflecht. Nervenzellen (z) mit ihren Ausläufern (f) versorgen große Abschnitte etwa von Muskelementen (m, mit nervösen Impulsen. (Nach K. C. SCHNEIDER.)

spitzt aneinanderstoßen. An diesen Stellen sieht die Markfaser wie eingeschnürt aus. Man nennt diese Stellen die Schnürringe. Die Strecken zwischen je zwei Schnürringen heißt man Nervensegmente. Aus Reihen solcher Nervensegmente baut sich die gesamte markhaltige Nervenfasern auf, die Neurofibrillen mit dem Neuroplasma, die eigentliche reizleitende Seele des Nerven, zieht aber ununterbrochen durch den ganzen Verlauf der Faser hindurch. Innerhalb der Zentralorgane liegen die Markfasern frei nebeneinander, außerhalb des Gehirns oder Rückenmarks aber werden sie auch noch außen von dem Neurilemma umscheidet.

Die Nervenfasern ordnen sich im Gewebeverband zu den eigentlichen Nerven zusammen, die nichts weiter sind als Vielheiten solcher Nervenfasern. Seien es marklose, seien es markhaltige Fasern, seien es endlich beide Sorten nebeneinander werden durch Stützgewebe nach Art eines Kabels verbunden und von außen durch eine derbe lamellös geschichtete Bindegewebehülle zusammengehalten. Die kleinsten Nerven sind nichts weiter als solche einfachen Nervenfasernbündel. Die großen Nervenstämmen indessen bestehen aus vielen Hunderten, ja Tausenden solcher Nervenfasernbündel, die wieder durch Bindegewebe miteinander vereinigt werden. Bei diesen großen Leitungsorganen dringen in das verbindende Stützgewebe Blutgefäße und Lymphgefäße hinein und

Nerven.

Die Nervenfasern ordnen sich im Gewebeverband zu den eigentlichen Nerven zusammen, die nichts weiter sind als Vielheiten solcher Nervenfasern. Seien es marklose, seien es markhaltige Fasern, seien es endlich beide Sorten nebeneinander werden durch Stützgewebe nach Art eines Kabels verbunden und von außen durch eine derbe lamellös geschichtete Bindegewebehülle zusammengehalten. Die kleinsten Nerven sind nichts weiter als solche einfachen Nervenfasernbündel. Die großen Nervenstämmen indessen bestehen aus vielen Hunderten, ja Tausenden solcher Nervenfasernbündel, die wieder durch Bindegewebe miteinander vereinigt werden. Bei diesen großen Leitungsorganen dringen in das verbindende Stützgewebe Blutgefäße und Lymphgefäße hinein und

oft findet sich auch Fettgewebe darin: Einrichtungen, wie sie für die Ernährung und Erhaltung der Nervenstämmen notwendig sind.

Bei den einfachen Anordnungsformen der Reizleitungssubstanz im Tierkörper verteilt sie sich gleichmäßig in der Gestalt eines Nervengeflechtes mit Nervenzellen und Nervenfasern. (Fig. 58.)

Weit komplizierter gestaltet ist der organische Aufbau der nervösen Organe, wenn es sich nicht um reine Leitwege, wie die Nerven, sondern um zentralere höhere Organe handelt.

Die einfachsten aller dieser Nervenorgane sind die Nervenknotten oder Ganglien. Sie beherbergen außer Nervenfasern, die die Reize ab- und zuleiten, auch Nervenzellen, die zu den Fasern in bestimmter gesetz-

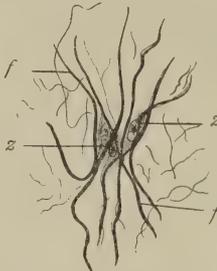
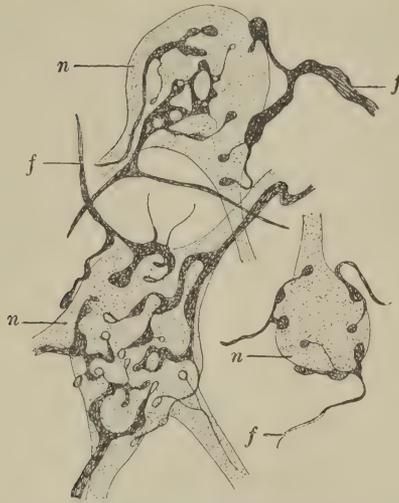


Fig. 59. Endigungen von Nervenfasern (*f*) an Nervenzellen (*n*) zur Herstellung des Übertragungskontaktes behufs Überleitung des Reizes von einer Nerveneinheit zu einer anderen. Aus dem Ursprungskern des Hörnerven vom Kaninchen. (Nach CAJAL aus HEIDENHAIN.)

Fig. 60. Zellen (*z*) und Fasern des Nervenkittgewebes oder der Neuroglia aus dem Rückenmark des Orang. (Nach R. KRAUSE.)

mäßiger Beziehung stehen. In einem solchen Knotenpunkte enden die Nervenfasern zum Teil mit feinen Verästelungen, die sich um Nervenzellen herum-

schmiegen und mit ihnen in mehr oder weniger innige Beziehungen treten (Fig. 59). Andere Fasern treten mit ihren Neurofibrillen in die Zellen hinein; wieder andere verlassen die Elemente auf dem Wege der Fortsätze. Die Zellen selbst aber stehen miteinander wieder in Verbindung, sei es unmittelbar oder mittelbar. Es gibt auch Zellen, die lediglich die Verbreitung ihrer Fortsätze auf das Innere des Knotens beschränken.

So werden schon im Innern eines solchen Nervenknottes eine große Reihe von Verbindungs- und Schaltmöglichkeiten verwirklicht.

Eine weitere höhere Komplikation wird indessen in den eigentlichen Zentralorganen erreicht. Hier sind es ganze Systeme von Fasern, die zur Endigung

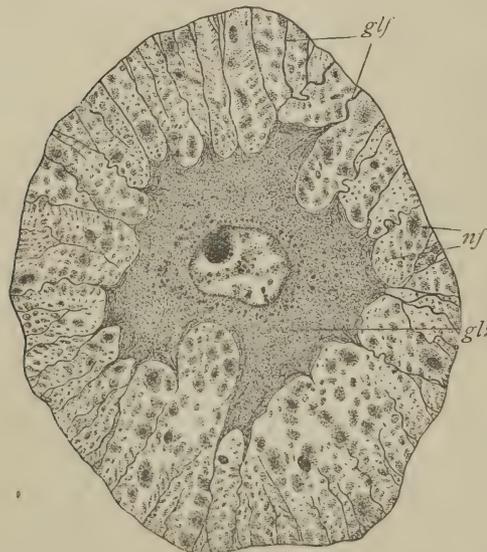


Fig. 61. Gliazelle aus dem Nervensystem eines Blutegels (*glz*). *nf* = Nervenfasern. *glf* = Gliafasern. (Nach K. C. SCHNEIDER.)

kommen, in Zellen hineinstrahlen, andere Zellen verlassen; ganze Systeme von verschiedenen Zellenarten, die Verbindungen miteinander eingehen und Ver

Nervengeflecht.

Ganglien.

Nervöse Zentralorgane.

bindungen der übrigen Fasern und Zellen vermitteln. Jede Region des Zentralnervensystems hat dabei ihre eigene Aufgabe, ihre eigene Architektur, die im einzelnen zu erforschen, die Aufgabe der speziellen Neurobiologie geworden ist.

Die Nervenkittgewebe oder die Neuroglia setzen sich aus Fasern und Zellen, wie das Neuronengewebe selbst, zusammen. (Fig. 60.) Fasern und Zellen

Neuroglia.

sind indessen hier durchaus selbständige Gebilde, wengleich ursprünglich die Fasern von den Zellen her gebildet werden. Die Gliafasern sind glatt und homogen, sie bilden ein dichtes starres Filzwerk, das alle die Nervenfasern und Nervenzellen der Zentralorgane umhüllt, einschidet und voneinander abgrenzt, hier und da auch derbere Scheidewandbildungen liefert. In diesem Faserfilz erscheinen die in der Regel kleinen unscheinbaren Gliazellen eingelagert. Unter Umständen gewinnen indessen die Nervenkittzellen auch sehr beträchtliche Größen, z. B. bei den Egelwürmern. (Fig. 61.)

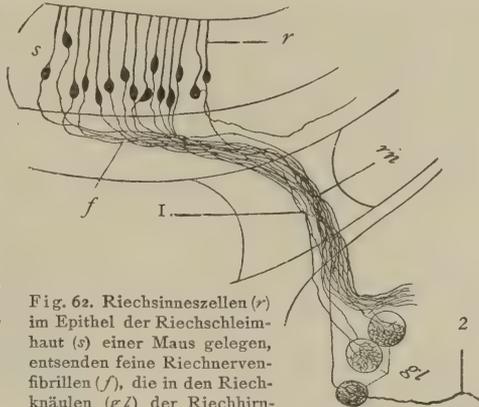


Fig. 62. Riechsinneszellen (r) im Epithel der Riechschleimhaut (s) einer Maus gelegen, entsenden feine Riechnervenfibrillen (f), die in den Riechknäueln (gl) der Riechhirnrinde enden. Diese Elemente (r<sub>1</sub>) bilden miteinander ein Neuron, das erste Riechneuron (r). In den Knäueln durchflechten sich die Neurofibrillen des ersten Neurons mit den Anfangsfibrillenverzweigungen des zweiten (2), das tiefer in das Zentralnervensystem hineinführt.

(Nach RETZIUS aus HEIDENHAIN.)

Der architektonische und funktionelle

Aufbau nervöser Apparate bleibt unverständlich, wenn er nicht durch die Erläuterung wenigstens der einfachsten Form reizaufnehmender und reizauslösender, rezeptorischer und effektorischer, Gewebseinrichtungen ergänzt wird.

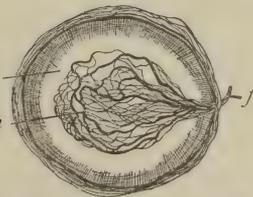
Die gesamten Reizleitungsgewebe eines Systems bleiben gewissermaßen untätig, wenn nicht von irgendeiner Stelle der Außenwelt her Reize zugeführt werden. Solche Reizaufnahmeapparate heißen Sinnesgewebe. Sie bauen sich nach zwei verschiedenen Grundtypen auf.

Sinnesnervenzellen liegen in der Oberhaut oder der Schleimhaut, z. B. des Riechorganes der Wirbeltiere. (Fig. 62.) Die Sinnesnervenzellen sind oft mit Fortsätzen ausgerüstet, die zur Reizaufnahme geeignet sind. Im Körper dieser Zellen liegt ein maschiges nervöses Fibrillengerüst, aus dem am basalen Ende eine Nervenfaseraustritt, um sich in das zentrale System hineinzugeben.

Bei dem zweiten Typus ist die reizaufnehmende Zelle nicht unmittelbar mit dem Nervensystem durch eigene Neurofibrillen verknüpft, sondern die Empfangszelle ruht auf einem Polster (Fig. 63), steckt in einer Scheide, liegt auf einer Platte feinsten Neurofibrillennetzwerkes, das Nervenfaserschichten in die Zentralorgane hinein entsendet, um dort über die Vorgänge in der Außenwelt Bericht zu erstatten. Nach diesem Typus sind viele Tasteinrichtungen der Tiere aufgebaut.

Die höheren Sinnesgewebe — optische, akustische Reizaufnahmeapparate — unterscheiden sich von diesen einfachen Gewebeformen lediglich durch die

Bau der nervösen Apparate.



Sinnesnervenzellen.

Fig. 63. Tastzelle (z) mit Tasteischeibe (n), aus einem Neurofibrillennetzwerk aufgebaut von einem GRANDRYSCHEN Tastkörperchen des Entenschnabels. f = die reizableitende Nervenfaserschicht.

(Nach HEIDENHAIN.)

höhere Komplikation und die besonderen Anpassungsleistungen. Im Prinzip herrschen die gleichen Baupläne.

Der Erfolg einer stattgehabten Reizung äußert sich in der weitaus größten Mehrzahl der Fälle durch Eintritt einer Bewegungs- oder einer chemischen Aktion, einer Muskel- oder einer Drüsentätigkeit.

Nerven-  
endigungen.

Auch den geweblichen Aufbau dieser Organe beherrscht die Neurofibrille mit dem Neuroplasma: als Beispiele diene die Nervenendigung an einer Muskelfaser (Fig. 64). Nachdem Markscheide und Neurilemm kurz vor der Muskelfaser sich verloren haben, schließt das nackte Axon, das Ende der Nervenfaser, mit einer Platte ab, der Endplatte. Die Endverzweigung des Axons bildet eine geweihartige Figur, die sich in eine protoplasmatische Grundmasse, die Sohlenplatte, einbettet. An dieser



Fig. 64. Drei Muskelfasern (*m*) von der Ringelnatter mit den Muskelendplatten (*e*), links von der Fläche, rechts von der Kante gesehen. *n* = der zutretende Nerv. (Nach R. KRAUSE.)

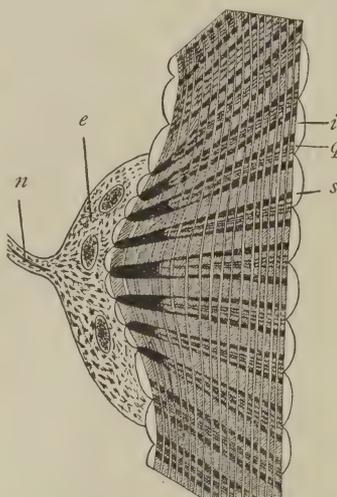


Fig. 65. Quergestreifte Muskelfaser eines Gliedertieres (*Cassida equestris*) mit heranretendem Nerven (*n*) und der Endplatte (*e*). Die Muskelfaser beginnt sich an der Endplatte zusammenzuziehen. *q* = doppelt brechende, *i* = einfach brechende Substanz der Querstreifung, *s* = Sarkolemm. (Nach ROLLET.)

Stelle wird der Willensimpuls, den die zutretende Nervenfasern heranbringt, auf die Muskelfaser übertragen und bringt sie zur Zusammenziehung (Fig. 65).

Das Nervengewebe leistet seiner Anordnung und Aufgabe entsprechend zum großen Teil die wichtigste Arbeit: die Einzelzellen, die Einzelgewebe, die Einzelorgane miteinander zu verbinden und in gesetzmäßig sich gestaltende Beziehungen zu setzen. Es übernimmt die Zusammenfügung der Einzelteile, die durch den Differenzierungsprozeß der Zellen,

Gewebe und Organe ihre Fähigkeit als Ganzes für sich allein zu leben verloren haben.

Diese „Integrationsleistung“ ist aber nicht allein dem Nervengewebe anvertraut. Stehen schon rein räumlich betrachtet die Elemente miteinander in nachbarlicher Verbindung, die sich auch häufig durch die Ausgestaltung besonderer Verbindungsapparate äußert, so werden sie allesamt durch den gemeinsamen Anschluß an das Körpersaftsystem zu einem großen Ganzen vereinigt. An keiner Stelle, die in das Gewebeganze eingeschaltet ist, kann sich etwas ändern, ohne daß nicht physikalisch-chemische Stoffwechseländerungen sich dem ganzen System mitteilen.

So arbeiten und entwickeln sich die Einzelglieder jedes Gewebes, jedes Organes, jedes Apparates in stetiger unzerstörbarer Einheitlichkeit miteinander und gestalten die Mannigfaltigkeit der inneren Architektur und Funktion zu einem nach außen als Ganzes erscheinenden Individuum.

## Literatur.

### 1. Handbücher der Zellen- und Gewebelehre.

KÖLLIKER- von EBNER: Handbuch der Gewebelehre des Menschen. Leipzig 1889. — HEIDENHAIN, M.: Plasma und Zelle. Jena 1907, 1911.

### 2. Lehrbücher zur Zellen- und Gewebelehre.

BERGH, R. S.: Vorlesungen über die Zelle und die einfachen Gewebe des tierischen Körpers. — GURWITSCH, Alexander: Morphologie und Biologie der Zelle. Jena 1904. — KRAUSE, R.: Kursus der normalen Histologie. Berlin und Wien 1911. — OPPEL, A.: Lehrbuch der vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Wirbeltiere. Jena 1896 bis 1910. — RAUBER-KOPSCH: Lehrbuch der Anatomie. Leipzig 1912. — SCHNEIDER, K. C.: Lehrbuch der vergleichenden Histologie der Tiere. Jena 1902. — SZYMONOWICZ-KRAUSE: Lehrbuch der Histologie und mikroskopischen Anatomie. Würzburg 1909. — STÖHR-SCHULTZE, R.: Lehrbuch der Histologie. Jena 1912. — SOBOTTA: Atlas zur Zellen- und Gewebelehre. Atlas der normalen Histologie. München 1911.

### 3. Technische Hand- und Lehrbücher der Gewebelehre.

EHRlich, P., KRAUSE, R., MOSSE, M., ROSIN, H., weil WEIGERT, K.: Enzyklopädie der mikroskopischen Technik. Berlin und Wien 1910. — BÖHM und OPPEL: Taschenbuch der mikroskopischen Technik. 1912.

### 4. Biologie der Zelle.

HERTWIG, OSKAR: Allgemeine Biologie. Jena 1912. — VERWORN, M.: Allgemeine Physiologie. Jena 1909.

### 5. Allgemeine Schriften über den Bau der Zelle.

ALTMANN, R.: Die Elementarorganismen und ihre Beziehungen zu den Zellen. Leipzig 1894. — BOVERI, R.: Ergebnisse über die Konstitution der chromatischen Substanz des Zellkerns. Jena 1904. — BÜTSCHLI, O.: Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma. Leipzig 1892. — FLEMMING, WALTHER: Zellsubstanz, Kern- und Zellteilung. Leipzig 1882. — HÖBER, R.: Physikalische Theorie der Zelle und der Gewebe. Leipzig 1911. — RETZIUS, G.: Zur Kenntnis vom Bau des Zellkerns. Biol. Untersuchungen 1881. — SCHWARZ, Fr.: Die morphologische und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas. Breslau 1887. — WALDEYER, W.: Die neueren Ansichten über den Bau und das Wesen der Zelle. Leipzig 1895. — WIESNER, J.: Die Elementarstruclu und das Wachstum der lebenden Substanz. Wien 1892. — WILSON, E. B.: The cell in development and interitance. New York 1904.

### 6. Fortpflanzung der Zelle.

HAecker, V.: Praxis und Theorie der Zellen- und Befruchtungslehre. Jena 1899. — WALDEYER, W.: Die Geschlechtszellen. HERTWIGS Hdb. der vergl. u. exp. Entwicklungslehre. Jena 1906.

### 7. Einige spezielle Schriften über das Nervengewebe.\*)

BETHE, ALBRECHT, Allgemeine Anatomie und Physiologie des Nervensystems. Leipzig 1903. — CAJAL, S. R.: Histologie du système nerveux de l'homme et des vertébrés. Paris 1909. — HELD, H.: Die Entwicklung des Nervengewebes bei den Wirbeltieren. Leipzig 1909. — v. LENHOSSEK, M.: Der feinere Bau des Nervensystems. Berlin 1895. — SCHIEFFERDECKER, P.: Neurone und Neuronenbahnen Leipzig 1906. — VERWORN, M.: Das Neuron in Anatomie und Physiologie. Jena 1900. — WEIGERT, R.: Beiträge zur Kenntnis der normalen menschlichen Neuroglia. Frankfurt a. M. 1895.

\*) Die übrigen Arbeiten über Epithel-, Grundsubstanz- und Muskelgewebe finden sich zumeist in Einzelabhandlungen wissenschaftlicher Zeitschriften. Diese Titel sind aus den Schriftenverzeichnissen der genannten Handbücher zu ersehen.