

MIKROSKOPISCHE ANATOMIE DER WIRBELTIERE IN EINZELDARSTELLUNGEN

Von

RUDOLF KRAUSE

A. O. PROFESSOR DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN

III.

AMPHIBIEN

MIT 85 ORIGINALABBILDUNGEN IM TEXT



BERLIN UND LEIPZIG 1923

WALTER DE GRUYTER & CO.

VORMALS G. J. GÖSCHEN'SCHE VERLAGSHANDLUNG :: J. GUTTENTAG, VERLAGS-
BUCHHANDLUNG :: GEORG REIMER :: KARL J. TRÜBNER :: VEIT & COMP.

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung, vorbehalten.

Copyright by Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig 1923.

Inhaltsangabe.

	Seite
Amphibien	455
II. Ordnung: Anuren	455
<i>Rana esculenta</i>	456
1. Die Haut	457
2. Das Auge	461
3. Das Gehörorgan	473
4. Das Geruchsorgan	483
5. Das Nervensystem	487
a) Das Rückenmark	488
b) Das Gehirn	491
c) Die Hüllen des zentralen Nervensystems	525
d) Das periphere Nervensystem	526
6. Die Muskulatur	531
7. Die Stützsubstanzen	533
8. Die Verdauungsorgane	536
a) Die Mundrachenhöhle	536
b) Der Schlund	547
c) Der Magen	549
d) Der Darm	553
e) Die Leber	557
f) Das Pankreas	562
9. Die Atmungsorgane	565
a) Die Stimmklappe	565
b) Die Lungen	570
10. Die Harnorgane	573
a) Die Niere	573
b) Die Harnleiter	578
c) Die Harnblase	579
11. Die männlichen Geschlechtsorgane	580
12. Die weiblichen Geschlechtsorgane	582
a) Der Eierstock	582
b) Der Eileiter	585
13. Die Kloake	587
14. Die Zirkulationsorgane	587
a) Das Blut	587
b) Das Herz	589
c) Die Blutgefäße	595
d) Die Milz	595
e) Die Lymphherzen	596
f) Der ventrale Kiemenrest	597
15. Die Schilddrüse	597
16. Die Epithelkörperchen	598
17. Der Thymus	598
18. Die Nebennieren	599
Alphabetisches Inhaltsverzeichnis	601

Amphibien.

II. Ordnung: **Anuren.**

In der Jugend stets Wasserbewohner, die ausgebildeten Tiere leben teils im Wasser, teils auf dem Lande. Körper gedrunken, schwanzlos, mit vier zum Laufen und Springen dienenden, gegliederten Beinen. Hintergliedmaßen durch den aus Ileum und Ischiopubis bestehenden Beckengürtel, Vordergliedmaßen durch den aus Skapula, Supraskapula, Korakoid und Klavikula bestehenden Schultergürtel mit der Wirbelsäule verbunden. Die beiderseitigen Schultergürtel sind wieder durch das in der Mittellinie der Ventralfläche gelegene Sternum und Episternum vereinigt. Rippen fehlen. Die Wirbelsäule setzt sich aus 9 prozölen Wirbeln und dem stabförmigen Steißbein zusammen. Der durch zwei Gelenkhöcker mit dem ersten Wirbel (Atlas) gelenkig verbundene Schädel besteht aus dem nur teilweise verknöchernden knorpiligen Primordialkranium und den sekundären Deckknochen. Er bildet eine allseitig geschlossene Kapsel für das Gehirn in Verbindung mit einer Nasen- und Ohrenkapsel. Oberkieferbein nicht mehr beweglich, sondern dem Schädel fest angefügt, durch das Quadratomaxillare mit dem knorpeligen Quadratbein verbunden, dessen Processus pterygoideus den Arcus subocularis bildet und sich mit der Nasenkapsel verbindet. Mit dem Quadratum artikuliert der MECKELsche Knorpel und bildet mit dem Dentale und Angulare zusammen den Unterkiefer. Von dem Viszeralskelett werden die Kiemenbogen vollkommen zurückgebildet bis auf die die Zunge stützende Cartilago hyoidea.

Haut nackt, mit zahlreichen Drüsen. Am Auge tritt ein bewegliches unteres Augenlid auf. Im häutigen Labyrinth schnürt sich vom Sakkulus die Pars basilaris und die Lagna ab. Zu dem inneren Ohr gesellt sich das Mittelohr mit Paukenhöhle, Kolumella und Trommelfell. Das Geruchsorgan ist in die paarige Nasenhöhle eingelagert, die sich durch die Choane in die Mundhöhle öffnet und in ausgedehntem Maße der Atmung dient. Das Gehirn ist ausgezeichnet durch Zurücktreten des Mittelhirns, geringe Entwicklung des Kleinhirns und Auftreten der Hemisphären des Vorderhirns.

Zähne am Ober-, Zwischen- und Unterkiefer und am Vomer vorhanden. Zunge stark entwickelt, muskulös, am Vorderende fixiert und ausklappbar. Mundhöhlendrüsen vorhanden. Magen deutlich abgesetzt, Darm lang, in Schlingen liegend. Atmung durch Lungen, paarige Ausstülpungen des Vorderdarms und mit diesem durch die unpaare Stimmlade verbunden. In der letzteren kommt es zur Ausbildung von Stimmfalten. Die paarigen Nieren sind Urnieren, ihr Ausführungsgang ist der in die Kloake mündende WOLFFsche Gang. Die Harnblase ist eine ventrale Ausstülpung der Kloakenwand. Die Geschlechter

sind getrennt, doch findet sich nicht selten ein rudimentärer Hermaphroditismus. Die paarigen Hoden treten durch ihre Vasa efferentia in Verbindung mit dem Kanalsystem der Niere, so daß der Harnleiter gleichzeitig als Samenleiter dient. Beim weiblichen Geschlecht geht die Verbindung von Eierstock und Niere verloren. Die Eier gelangen in die Bauchhöhle, werden von dem zum Eileiter ausgebildeten MÜLLERSchen Gang aufgenommen und in die Kloake entleert. Das Herz besteht aus zwei Vorkammern und einer Kammer. In die rechte Vorkammer mündet der das gesamte Venenblut aufnehmende Sinus venosus, in die linke Vorkammer ergießen sich die Lungenvenen. Beide Vorkammern werfen ihr Blut in die Kammer, von wo es durch den aus dem Bulbus cordis entspringenden Truncus arteriosus zum Teil dem Körperkreislauf, zum Teil den Lungen zugeführt wird.

Rana esculenta.

Als Vertreter der Anuren wählen wir den ja überall leicht erhältlichen, zum wissenschaftlichen Haustier gewordenen grünen Wasserfrosch, *Rana esculenta*. Von der fast immer kleineren *Rana fusca* unterscheidet er sich durch die mehr grüne Färbung, die tiefe rinnenartige Furche zwischen den Augen, die spitze Schnauze, die einheitliche Daumenschwiele des männlichen Tieres und die längeren Schwimmhäute. Die Tiere sind vom Frühjahr bis Spätherbst erhältlich und lassen sich auch in geeigneten Behältern leicht überwintern. Die Laichzeit fällt in die zweite Hälfte des Mai, die Metamorphose findet im Spätherbst oder im nächstfolgenden Frühjahr statt.

Für die allgemeinen technischen Manipulationen mögen folgende Anhaltspunkte dienen. Da, wo es nicht auf die Erhaltung der nervösen Zentralorgane ankommt, tötet man den Frosch mittels Durchschneidung der Wirbelsäule. Man faßt zu diesem Zweck das Tier mit der linken Hand um Hinterbeine und Becken und führt das spitze Blatt einer kräftigen Schere dicht hinter dem Kopf durch die Haut und unter der Wirbelsäule hindurch. Nach der Durchschneidung wird eine stumpfe Sonde in die Schädelhöhle und den Wirbelkanal eingeführt und dadurch Gehirn und Rückenmark zerstört. Sollen diese Teile erhalten werden, so tötet man das Tier dadurch, daß man es unter eine Glasglocke setzt und einen mit Chloroform getränkten Wattebausch hinzugibt. Kommt es darauf an, das Tier unter Erhaltung der Blutzirkulation zu betäuben und zu immobilisieren, so injiziert man ihm ungefähr 0,5 ccm einer 10%igen Urethanlösung mittels einer Pravazspritze in den Rückenlymphsack. Nach einer Viertelstunde ist es dann bewegungslos.

Injektionen, physiologische und künstliche führt man entweder von der V. abdominalis oder vom Bulbus cordis aus. Die Freilegung der ersteren gestaltet sich folgendermaßen. Dem wie vorher narkotisierten Tiere wird in Rückenlage die Bauchhaut von der Symphyse bis zum Kieferwinkel gespalten. Durch die in der Mittellinie des Bauches verlaufende Linea alba schimmert dann das gesuchte Gefäß durch. Ungefähr 1 cm rechts von dieser Linie durchtrennt ein Längsschnitt den geraden Bauchmuskel, und mittels zweier eingeführten Seidenfäden wird der entstandene Lappen nach links umgeklappt. Es liegt dann das starke, aber sehr dünnwandige Gefäß frei zutage und kann mit einer krummen Nadel umstochen werden. Man schneidet das Gefäß quer an und schlitzt es von der entstandenen Öffnung aus eine kurze Strecke weit. Die einzuführende Kanüle kann ziemlich dick sein.

Zur Freilegung des Bulbus cordis dient der gleiche Hautschnitt. Man faßt mit einer Hakenpinzette den durch die Bauchdecke durchschimmernden kaudalen knorpeligen Teil des Sternums, zieht ihn kräftig an und legt ihn durch einen Scherenschlag frei. Ein zweiter querer Schnitt durchtrennt die Pars ossea des Sternums. In dem so entstandenen Fenster der Brustwand erscheint dann das Herz, umschlossen von seinem Herzbeutel. Nach Spaltung des letzteren erblickt man auf der rechten Herzseite zwischen Kammer und rechter Vorkammer den schräg ansteigenden Bulbus cordis mit dem von ihm ausgehenden Truncus arteriosus impar. Um die Spaltungsstelle des letzteren in die

Trunci arteriosi dexter und sinister herum wird mit einer kleinen stumpfen Umstechungsnadel ein Faden um den Trunkus gelegt und zur lockeren Schlinge geschürzt. Dann wird der Bulbus am rechten Ende angeschnitten, das entweichende Blut sorgfältig aufgetupft und die Kanüle durch den Bulbus bis in den Truncus impar eingeführt und eingebunden. Beide Operationen lassen sich bei einiger Übung leicht und ohne jede Assistenz ausführen.

Vom Bulbus cordis aus lassen sich auch Totalfixationen des ganzen Tieres vornehmen, die eine gleichmäßig gute Fixation aller Teile gewährleisten und sich besonders für Herstellung von Übersichtsschnitten empfehlen. Man injiziert zunächst einige Kubikzentimeter Kochsalzlösung, wobei das Herz wieder kräftig zu schlagen anfängt und dann erst die Fixationslösung. Als solche empfiehlt sich 10–20%iges Formalin und in ganz hervorragendem Maße die Bouinsche Flüssigkeit. In letzterer bleibt das Tier noch 24 Stunden liegen und wird dann ebenso lange in fließendem Wasser gewaschen und für mehrere Tage in 70- und 85%igen Alkohol übertragen. Setzt man dann dem letzteren 7,5% Salpetersäure zu, so erreicht man in 2–3 Tagen eine vollkommene Entkalkung des ganzen Tieres. Der Säureüberschuß muß durch öfteres Wechseln des 85%igen Alkohols nachträglich entfernt werden.

1. Die Haut.

Die besonders auf der Dorsalfläche außerordentlich dicke und derbe Haut des Frosches ist von den die Muskulatur bedeckenden Faszien fast überall durch weite Lymphräume, die Lymphsäcke, getrennt. Sie werden durch besondere, von der Haut zu den Faszien verlaufende Septen geschieden. Nur an der Schnauze und den Seitenflächen des Kopfes fehlen diese Lymphsäcke.

Wir wählen zur Untersuchung die Rückenhaut des Tieres, spannen sie mit Igelstacheln auf einer Wachsplatte auf und fixieren in Bouinscher oder Zenkerscher Flüssigkeit. Die dünnen Paraffinschnitte werden entweder mit Biondilösung oder mit Eisenhämatoxylin gefärbt oder mit Resorzin fuchsin vor und mit Pikrofuchsin nachgefärbt. Man versäume ferner nicht die Anfertigung von Rasiermesser- oder noch besser Gefrierschnitten durch die in Formalin fixierte Haut zwecks Untersuchung des ungefärbten Schnittes auf die Pigmentierung hin. Die nachträgliche Behandlung solcher Gefrierschnitte mit dünner Lösung von Osmiumsäure läßt die Nervenverteilung vorzüglich hervortreten.

Die Epidermis der Froschhaut (Fig. 215 *ep*) erreicht am Rücken eine durchschnittliche Dicke von 50 μ und besteht aus 5–6 Zellschichten. Die tiefste Schicht setzt sich aus kubischen bis zylindrischen Zellen zusammen, dann folgen 3–4 Schichten polyedrischer Zellen und schließlich wird die Epidermis nach außen durch eine einfache Schicht platter Zellen abgeschlossen. Bei Kresylviolett-färbung erscheint diese letztere Schicht rein hellblau, mit Eisenhämatoxylin wird sie tiefschwarz, mit Biondilösung leuchtend orange gefärbt. Ihre Zellen sind verhornt, deshalb bezeichnen wir sie als Hornschicht, Stratum corneum (*stracor*). Sie wird vom Frosch in bestimmten Intervallen abgestoßen (Häutung) und dann durch Umwandlung der Zellen der nächst tieferen Schicht wieder ersetzt. Auf der freien Fläche der Hornschicht verläuft noch ein ganz feiner, glänzender Saum, die Kutikula.

Die 4 oder 5 tieferen Schichten werden als Stratum germinativum, Keimschicht (*strage*) zusammengefaßt. Die Zellen lassen schmale Interzellularspalten zwischen sich und enthalten Epithelfasern, welche die ganze Schicht, von Zelle zu Zelle durchlaufend, durchsetzen.

Sämtliche Zellen der Epidermis enthalten Pigment in ihrem Zelleib in Form feiner brauner Körnchen, und zwar in größerer oder geringerer Menge. Außerdem aber stoßen wir in der Epidermis noch auf besondere Pigmentzellen,

Chromatophoren oder Melanophoren (*mela₁*). Sie finden sich zumeist in den mittleren Schichten des Stratum germinativum, nie in der Hornschicht, haben einen kleinen Zellkörper mit deutlichem Kern und mehr oder weniger zahlreichen Ausläufern, die zwischen den benachbarten Epithelzellen vordringen.

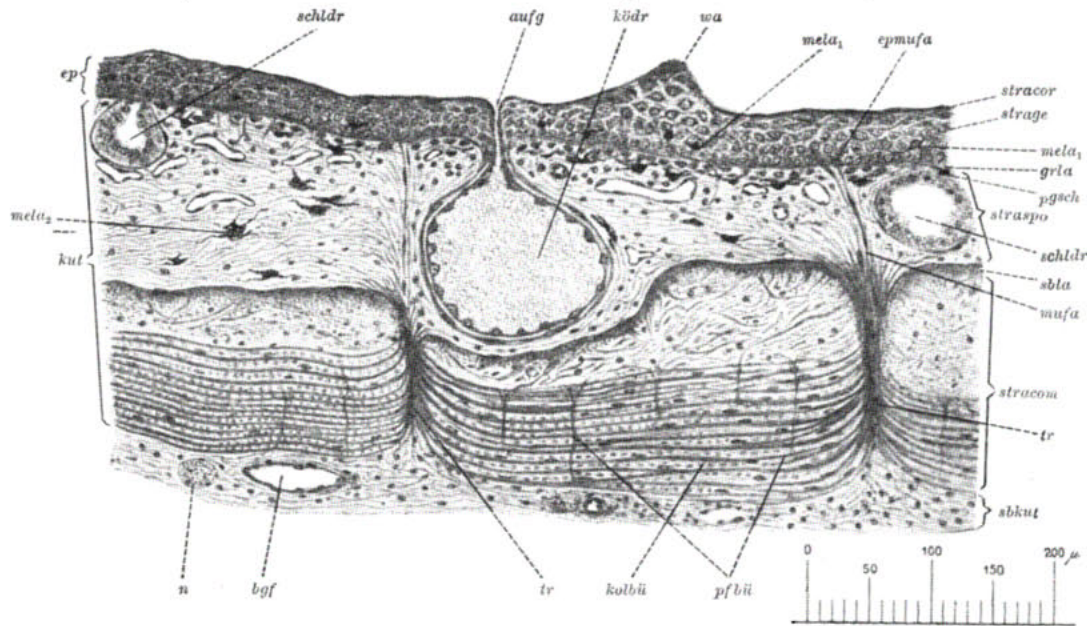


Fig. 215. Frosch. Rückenhaut.

Schldr Schleimdrüse, *ködr* Körnerdrüse mit Ausführungsgang (*aufg*), *wa* Epidermiswarze, *mela₁* Melanophoren der Epidermis, *epmufa* glatte Muskelfasern innerhalb der Epidermis, *stracor* Stratum corneum, *strage* Stratum germinativum, *grla* Grenzlamelle, *pgsch* Pigmentschicht, *straspo* Stratum spongiosum, *sbra* Sieblamelle, *mufa* glatte Muskelfasern aus den Trichtern in das Stratum spongiosum einstrahlend, *stracom* Stratum compactum, *tr* Trichter, *sbkut* subkutanes Gewebe, *pfbü* perforierende Bündel, *kolbü* kollagene Bündel des Stratum compactum, *bgf* Blutgefäß, *n* Nervenstämmchen, *kut* Kutis, *mela₂* Melanophoren der letzteren, *ep* Epidermis.

Die freie Oberfläche der Epidermis ist am Rücken auf weite Strecken eben und glatt. An anderen Stellen bildet sie zahlreiche, bald flachere, bald spitzere, warzenartige Prominenzen, welche zum größten Teil aus Hornzellen bestehen (*wa*). Die proximale, an die Kutis grenzende Epidermisfläche ist dagegen auf der ganzen Körperoberfläche, wenige Ausnahmen abgerechnet, stets eben.

Die Kutis (*kut*) erreicht in der Rückenhaut eine durchschnittliche Dicke von 200–300 μ und läßt eine distale lockere und eine proximale straffe Lage erkennen, deren gegenseitiges Dickenverhältnis ein sehr wechselndes ist.

Die lockere Kutis, Stratum spongiosum (*straspo*) grenzt sich gegen die Epidermis durch einen schmalen, dunklen Saum verdichteten, zellfreien Bindegewebes ab, die Grenzlamelle (*grla*), dann folgt die Pigmentschicht (*pgsch*) mit zwei Arten von Zellen, den Xantholeukophoren und den Melanophoren. Um diese beiden Zellarten gut zur Anschauung zu bringen, färben wir einen Gefrierschnitt durch die in Formalin fixierte Haut zunächst ganz schwach in Hämalaun, dann in Sudan. Es zieht sich dann unter der Grenzlamelle ein fast ununterbrochener orangeroter Streifen hin, bestehend aus rundlichen oder mehr ovoiden Zellen mit zentral gelegenem Kern und vollgepfropft mit orangeroten Körnern. Das sind die Xantholeukophoren, deren Inhalt lipoiden Körnchen ausmachen. Proximal

von ihnen liegen die Melanophoren. Große Zellen mit zahlreichen Ausläufern und angefüllt mit braunem oder schwarzem Pigment. Der Zellkörper streckt seine Ausläufer gegen die Xantholeukophoren und umflieht sie mit ihnen korbartig. Zwischen den Pigmentzellen findet sich lockeres Bindegewebe und ein außerordentlich reich entwickeltes Blutkapillarnetz.

Die übrige Masse der Spongiosa besteht aus lockerem Bindegewebe, enthält zahlreiche Melanophoren (*mela₂*) und die für die Froschhaut so charakteristischen Hautdrüsen, von denen wir zwei Arten, die kleineren, oberflächlich gelegenen Schleimdrüsen und die größeren, tiefer gelegenen Körnerdrüsen unterscheiden müssen.

Die Schleimdrüsen (*schldr*) sind von sehr wechselnder Größe. Im allgemeinen überschreitet ihr Durchmesser selten 100 μ , doch finden sich an der Schnauze enorme, schon mit bloßem Auge sichtbare Schleimdrüsen mit einem größten Durchmesser von nahezu 1 mm (Fig. 238 *dr*). Der kuglige, dicht unter der Epidermis gelegene Drüsenkörper entwickelt einen kurzen, in senkrechtem oder schrägem Verlauf die Epidermis durchsetzenden und auf deren Oberfläche mit dreieckigem Lumen mündenden Ausführungsgang. Der Drüsenkörper ist umgeben von einer einfachen Schicht glatter Muskelfasern und einer bindegewebigen von elastischen Netzen und Melanophoren durchsetzten Hülle. Die letzteren bilden um die Drüsen herum vollständige Pigmentkörbe. Ausgekleidet ist der Drüsenkörper mit einer einfachen Schicht Epithelzellen von wechselnder Höhe. Zunächst sind die Zellen kubisch und gegen das Lumen scharf begrenzt. Dann werden sie höher und entwickeln in ihrem distalen Abschnitt basophile Körner. Schließlich wird die Zelle zylindrisch, erscheint vollkommen mit jenen Körnern erfüllt und stößt sie nun in das Drüsenlumen aus. Der enge Ausführungsgang ist ausgekleidet mit einer einfachen Schicht etwas modifizierter Epidermiszellen, die sich direkt in das Drüsenepithel fortsetzen. Auch das Stratum corneum stülpt sich noch ein kurzes Stück in den Ausführungsgang hinein.

Die Körnerdrüsen (*ködr*) zeigen im allgemeinen die gleichen Formverhältnisse, wie die Schleimdrüsen, sind aber durchschnittlich größer als jene. Sie erreichen gewöhnlich einen Durchmesser von 200–300 μ und drängen mit ihrem Grunde gegen die Kompakta vor, sie muldenförmig aushöhlend. Der Ausführungsgang (*aufg*) ist etwas länger als bei den Schleimdrüsen. Auch ihre Drüsenzellen lassen verschiedene Funktionszustände erkennen, deren Extreme unsere Figg. 215 u. 216 demonstrieren. In dem einen Fall schrumpfen sie zu einem niedrigen protoplasmatischen Wandbelag zusammen, der getrennte Zellen nicht mehr erkennen läßt, während das Drüsenlumen von einer feinkörnigen Sekretmasse erfüllt ist. Im anderen Falle sind die Zellen lang zylindrisch und deutlicher gegeneinander abgegrenzt. Der Kern liegt basal in einem dichten Protoplasma. Der ganze übrige Zelleib ist mit feinen Körnern erfüllt. Diese sind aber, und das ist der wichtigste Unterschied gegenüber den Schleimdrüsen, nicht basophil, sondern intensiv oxyphil; sie färben sich mit Biondilösung leuchtend orange. Wahrscheinlich handelt es sich dabei um ein spezifisches Drüsensekret mit toxischen Eigenschaften.

Die Kompakta, die straffe Kutis (Fig. 215 *stracom*) grenzt sich gegen die Spongiosa immer scharf ab. Die Grenze wird gebildet durch die Sieblamelle (*sbla*), eine 10–20 μ breite, eigenartige Schicht. Ihr Name rührt daher, daß sie,

von der distalen Fläche aus gesehen, wie ein Sieb aussieht, denn sie wird von trichterartigen Kanälen, den Trichtern (*tr*) durchbrochen. Was zunächst ihre färberische Reaktion anbelangt, so besitzt sie schwach basophile Eigenschaften und färbt sich mit Biondilösung rotviolett, mit Hämalaun blau. Am schönsten präsentiert sie sich bei Kresylviolett-färbung von Gefrierschnitten, und zwar als tief dunkelrote, aus allerfeinsten, dicht gedrängten Körnchen bestehende Schicht. Gegen die Spongiosa wird sie abgeschlossen durch einen dunklen, scharfen Saum, in dem in weiten Abständen platt scheibenförmige Kerne liegen. Nach der Kompakta zu läuft sie, ähnlich wie das Pigmentepithel der Netzhaut, in fransenartige Fortsätze aus. In die Trichter senkt sich die Sieblamelle tief hinein und läßt am Grunde eines jeden derselben eine runde Öffnung frei.

Die Kompakta besteht in der Hauptsache aus kollagenen Faserbündeln, die zunächst unter der Sieblamelle locker und ohne feste Anordnung verlaufen. In den tieferen Schichten ordnen sich jedoch die Bündel zu parallel der Hautoberfläche verlaufenden Platten, und zwar so, daß die Verlaufsrichtung der Bündel in zwei benachbarten Platten senkrecht aufeinander steht. Jede Platte zieht kontinuierlich durch die Haut. An jedem Trichter ist sie von einer rundlichen Öffnung durchsetzt und distalwärts eingestülpt. Es wird so die Trichterwand proximalwärts von den eingestülpten Platten, distalwärts von der in umgekehrter Richtung eingestülpten Sieblamelle gebildet. Zwischen den Platten liegen zahlreiche sternförmige Bindegewebszellen.

Die Platten der Kompakta werden zwischen den Trichtern senkrecht zur Hautoberfläche von zahlreichen feineren und gröberen kollagenen Bündelchen durchsetzt (*p/bü*). Diese perforierenden Bündel kommen aus dem subkutanen Gewebe, zerfallen nach Durchsetzung der Platten in ihre Fasern, die dann den Hauptanteil der lockeren, distalen Kompaktalage bilden.

Was nun den Inhalt der Trichter anlangt, so setzt er sich aus den verschiedenartigsten Komponenten zusammen, die aber samt und sonders dem subkutanen Gewebe entstammen. Den interessantesten Teil des Inhalts bilden glatte Muskelfasern (*mufa*), innerhalb des Trichters zu einem kompakten Bündel vereinigt. Proximalwärts lassen sie sich bis in die Subkutis verfolgen, wo sie, auseinanderfahrend, sich bald verlieren. Distalwärts löst sich in der Spongiosa das Bündel in seine Fasern auf, die nun zur Epidermis ziehen und in diese selbst eindringen. Man sieht an solchen Stellen die spindeligen Muskelzellen ganz deutlich bis in die mittleren Schichten des Stratum germinativum vordringen (*epmufa*). Die glatten Muskelfasern der Trichter sind umflochten von ebenfalls aus der Subkutis aufsteigenden elastischen Fasern. Auch sie fahren in der Spongiosa auseinander und verschwinden, immer feiner werdend, erst dicht unter der Epidermis. Mit den Muskelbündeln treten schließlich Blutgefäße und Nerven durch die Trichter, doch durchsetzen sie nicht selten auch die Platten der Kompakta selbst, die im übrigen keine eigenen Blutgefäße besitzt.

Das subkutane Gewebe (*sbkut*) ist an der Rückenhaut nur sehr dünn, es begrenzt proximalwärts den großen dorsalen Lymphsack und setzt sich in die ihn abgrenzenden Septen fort. Gegenüber der Kutis ist es ausgezeichnet durch seinen Reichtum an elastischen Fasern. Dieselben durchsetzen einmal die gesamte Subkutis und bilden außerdem zwei elastische Grenzlamellen. Beide stellen flächenhaft entwickelte Fasernetze dar. Das distale, schwächere grenzt

die Subkutis gegen die Kompakta ab und entsendet die in die Trichter eintretenden Fasern. Das proximale, stärkere bildet die Grenze gegen den Lymphsack und wird gegen diesen von einer einfachen Lage platter Zellen abgeschlossen. In der Subkutis liegen ausgedehnte Netze von Blutgefäßen und markhaltigen Nerven. Während die Kompakta ganz pigmentfrei ist, treten in der Subkutis zerstreute Melanophorenauf.

Von den zahlreichen Modifikationen, welche die Froschhaut an den verschiedenen Körperstellen und in verschiedenen Lebensphasen zeigt, wollen wir nur noch kurz auf die Daumenschwiele des Männchens eingehen. Sie erreicht ihre charakteristische Form zur Laichzeit und bildet sich im Laufe des Sommers mehr und mehr zurück. Die Daumenschwiele des brünstigen Männchens (Fig. 216) ist dadurch ausgezeichnet, daß sich die Epidermis in Form zahlreicher, dicht nebeneinander stehender Warzen erhebt (*wa*), überzogen von einer verdickten, stark pigmentierten Hornschicht (*stracor*). Die Pigmentschicht fehlt ganz und die Kutis (*kut*) läßt die Gliederung in

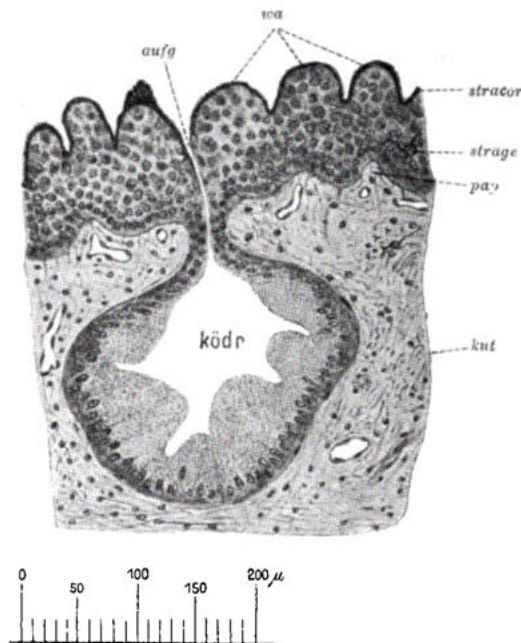


Fig. 216. Frosch
Daumenschwiele des brünstigen Männchens.
wa Epidermiswarzen, *stracor* Hornschicht, *strage*
Keimschicht, *pap* Kutispapillen, *kut* Kutis, *ködr*
Körnerdrüse, *aufg* deren Ausführungsgang.

Spongiosa und Kompakta nicht mehr erkennen, sondern stellt durchweg ein lockeres, gefäßreiches Bindegewebe mit vereinzelt Melanophoren dar. In sie eingelagert sind zahlreiche große Körnerdrüsen (*ködr*), deren Ausführungsgänge zwischen den Epidermiswarzen münden. Die Grenzfläche der Kutis gegen die Epidermis ist nicht mehr eben, sondern die erstere springt in letztere in Form von niedrigen Papillen (*pap*) vor, von denen jede einer Epidermiswarze entspricht.

2. Das Auge.

Das Auge des Frosches zeigt eine unverkennbare Anpassung an das Landleben, vor allem in der stark gekrümmten Hornhaut und der bikonvexen Linse. Dazu kommen dann noch Hilfseinrichtungen, welche die erstere während des Verweilens in der Luft vor Eintrocknung schützen, ein oberes unbewegliches und ein unteres bewegliches Lid, eine die befeuchtende Flüssigkeit liefernde Drüse, die HARDERSche Drüse und der Tränennasengang als Abfuhrweg für die überschüssige Flüssigkeit. Wenn wir von diesen Neuerwerbungen absehen, so ergeben sich nur geringe prinzipielle Unterschiede gegenüber dem später zu besprechenden Hechtauge.

Um gute Schnitte durch das Froschauge zu erhalten, empfiehlt es sich stets, das Organ *in situ* zu fixieren, da am enukleierten Auge unsere technischen Manipulationen nur allzu leicht Schrumpfungen und Zerrungen veranlassen. Man fixiert entweder das

ganze Tier durch Injektion vom Bulbus cordis aus oder den abgetrennten Kopf nach Entfernung des Unterkiefers entweder in einer Mischung von 7,5 Teilen Salpetersäure (1,40), 12,5 Teilen Formalin und 80 Teilen Wasser oder in Formalin-Bichromatmischung. In beiden Fällen wird nach 24 Stunden in 3%iges Bichromat übertragen und eventuell noch entkalkt. Man kann dann, und das ist am vorteilhaftesten, entweder den ganzen Kopf einbetten oder im Alkohol den Bulbus aus seiner Umgebung herauslösen. Vor der Einbettung trägt man mit dem Rasiermesser eine vordere und hintere Kappe von der Bulbuswand ab. Am schönsten sind vertikale Meridionalschnitte, welche die Eintrittsstelle des Sehnerven treffen (Fig. 217).

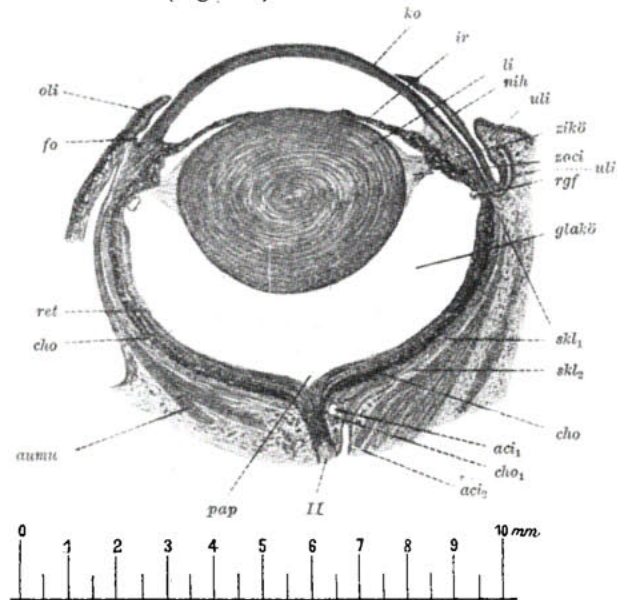


Fig. 217. Frosch-Auge im vertikalen Meridionalschnitt.

ko Hornhaut, *ir* Iris, *li* Linse, *nih* Nickhaut, *uli* unteres Lid, *zikö* Ziliarkörper, *zoci* Zonula ciliaris, *uli1* eingestülpter Teil des unteren Lids, *rgf* Ringgefäß, *glakö* Glaskörper, *skl1* knorplige, *skl2* bindegewebige Sklera, *cho* Chorioidea, *cho1* verdickter Anfangsteil der letzteren, *aci1* und *aci2* Aa. ciliares, *II* N. opticus, *pap* Papilla n. optici, *aumu* Augenmuskeln, *ret* Netzhaut, *fo* Fornix conjunctivae, *oli* oberes Lid.

Die äußere Augenhaut, die Sklera, bildet in ihrer Hauptmasse eine halbkuglige Schale hyalinen Knorpels (*skl1*). Sie reicht distalwärts bis ungefähr in die Höhe des Äquators und endet hier mit scharf zugespitztem Rand, proximalwärts wird sie von einem runden Loch, dem Foramen opticum sclerae, für den Durchtritt des Sehnerven durchbohrt. Im Umkreis des letzteren erreicht sie mit 150 μ ihre größte Dicke, distalwärts verdünnt sie sich stetig. Außen liegt dieser knorpligen Sklera ein 30–40 μ dickes Perichondrium, die bindegewebige Sklera (*skl2*) auf. In der Höhe des Äquators verdickt sie sich auf das Doppelte durch Einstrahlung der Sehnen der geraden Augenmuskeln, umzieht äußerlich den Ziliarkörper und geht kontinuierlich in die Grundsubstanz der Hornhaut über. Dieser distale, verdickte Abschnitt der bindegewebigen Sklera enthält immer Melanophoren, die besonders dicht an der Hornhautgrenze stehen. Am Foramen opticum geht die bindegewebige Sklera in die äußere Sehnervenscheide über. Auf ihrer Innenfläche wird die knorplige Sklera von einer äußerst dünnen Bindegewebsschicht mit epithelartig nebeneinander liegenden Bindegewebszellen überzogen.

Die Hornhaut des Froschauges (*ko*) ist stark gewölbt, hat in ihrer Mitte, dem Hornhautscheitel, eine Dicke von 50 μ und verdickt sich nach der Peripherie

zu etwas. Das vordere Epithel (Fig. 221 *voep*) ist als Fortsetzung des Konjunktivalepithels geschichtet und besteht aus einer tiefsten kubischen Schicht, ein oder zwei Schichten flacherer Zellen und einer Schicht platter Deckzellen. Die Grundsubstanz (Fig. 221 *grsu*) übertrifft das Epithel nur wenig an Dicke. Eine BOWMANSche Membran ist nur selten erkennbar. Die Grundsubstanz besteht aus ungefähr 20 parallel zur Hornhautoberfläche verlaufenden, durch eine Kittsubstanz verbundenen Lamellen, deren jede sich aus miteinander verkitteten Bindegewebsbündeln zusammensetzt. Die Bündel verlaufen natürlich ebenfalls parallel der Hornhautoberfläche, sind aber so angeordnet, daß sie sich in zwei benachbarten Lamellen unter rechtem Winkel kreuzen. Zwischen den Lamellen liegen die Hornhautkörperchen.

Die klassische Methode zu ihrer Demonstration ist die RANVIERSche Zitronensaftgoldmethode. Wir wollen uns einfach der Eisenhämatoxylinfärbung in folgender Weise bedienen. Von dem in toto in BOUINScher Flüssigkeit fixierten Froschkopf wird die Hornhaut mit dem Rasiermesser abgeschnitten, eine Stunde gewässert und dann ganz wie ein Schnitt gebeizt und gefärbt. Am nächsten Tag wird differenziert, bis das Präparat durchsichtig zu werden beginnt, ausgewaschen, entwässert und in Xylol übertragen. Man kratzt dann in einer flachen Schale mit Xylol zunächst das vordere Epithel weg und kann dann leicht die Grundsubstanz in ihre Lamellen zerlegen.

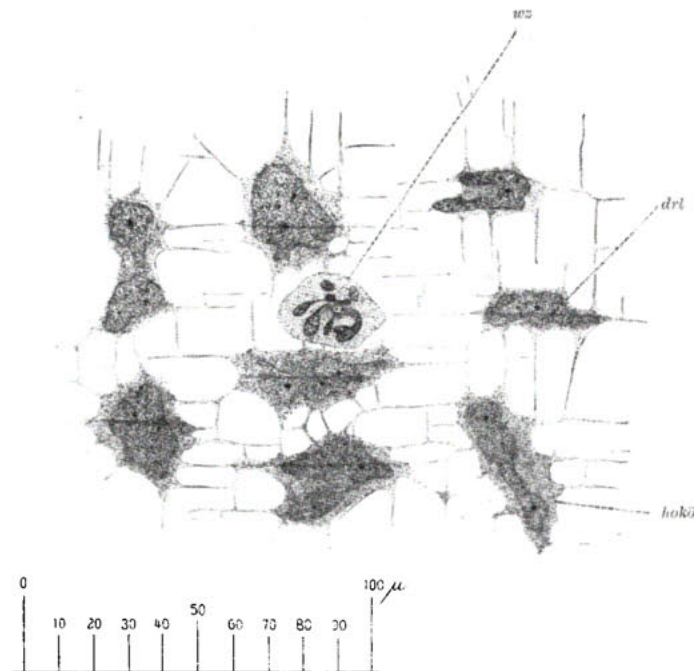


Fig. 218. Frosch. Hornhaut im Flächenpräparat.
hokō Hornhautkörperchen, *drl* Druckleisten, *wz* Wanderzelle.

In einem solchen, in Balsam eingeschlossenen Präparat (Fig. 218) präsentieren sich die Hornhautkörperchen (*hokō*) als große verästelte Zellen mit langen, feinen, anastomosierenden Ausläufern. Die großen Kerne passen sich der Zellform möglichst an und zeigen oft ganz bizarre Gestalt. Über den Zellkörper verlaufen dunkle Linien (*drl*), Druckleisten, hervorgerufen durch den Druck der Grundsubstanzbündel auf den Zellkörper. Stets findet man zwischen den Horn-

hautkörperchen Wanderzellen (wz), mit ihrem vielgestaltigen Kern und deutlichen Zentralkörperchen.

Die Zellen und ihre Ausläufer liegen in entsprechenden Hohlräumen der Grundsubstanz von Kittsubstanz umgeben. Es entsteht so in der Grundsubstanz ein als Saftkanalsystem bezeichnetes Hohlraumsystem, das auf folgende Art leicht zur Anschauung gebracht werden kann. Den eben abgeschnittenen Froschkopf legen wir nach Entfernung der Lider für 15 Minuten in 1%ige Lösung von Ferrosulfat. Nach kurzem Abspülen wird das vordere Epithel abgeschabt und das Präparat in eine 1%ige Lösung von Ferrizyankalium übertragen. Die nun stark gebläute Hornhaut wird, in mehrere Sektoren zerlegt, in Glyzeringelatine unter das Deckglas gebracht. Durch diese Behandlung haben wir auf der Grund- und Kittsubstanz einen gleichmäßigen Niederschlag von Turnbullsblau erzeugt und die Saftlücken heben sich nun sehr schön ungefärbt von dem blauen Grunde ab.

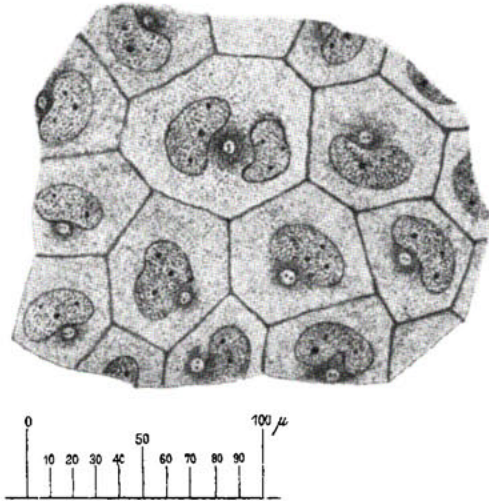


Fig. 219. Froschl.
Hinteres Hornhautepithel. Flächenpräparat.

Es sind unregelmäßige fünf- oder sechseckige Platten mit ein oder zwei großen nierenförmigen Kernen (Fig. 219). Innerhalb der Kernbucht findet sich stets ein doppeltes Zentralkörperchen in einem kleinen hellen, von einer Zone verdichteten Zellprotoplasmas umgebenen Hof. Verbunden sind die Zellen durch stark geschwärzte Kittstreifen, in denen nicht selten Vakuolen auftreten.

Die Chorioidea (Fig. 217 cho) liegt der Sklera nach innen glatt an und läßt sich leicht von ihr lösen. Sie beginnt am Sehnerveneintritt mit einer kolbigen Verdickung (*cho₁*) und läuft dann zwischen Sklera und Netzhaut distalwärts, um an der Ora serrata in den Ziliarkörper (*zikö*) überzugehen. Die proximale kolbige Verdickung besteht aus einem Netzwerk stark verzweigter Bindegewebszellen mit eingestreuten Melanophoren und ist überzogen von einer kontinuierlichen Schicht der letzteren. Proximalwärts geht sie in die innere Sehnervenscheide über, distalwärts nähern sich die beiden Melanophorenschichten unter Schwund der Bindegewebszellen einander, spalten sich und verbinden sich miteinander und bilden die Hauptmasse der Chorioidea, die Tunica vasculosa (Fig. 220 *tuva*). Sie umschließt große, mit Epithel ausgekleidete Bluträume. Gegen die Sklera wird die Chorioidea durch die bindegewebige, mit Melanophoren durchsetzte Suprachorioidea (Fig. 220 *sucho*) abgeschlossen. Zwischen ihr und dem früher erwähnten epithelartigen Überzug der inneren Skleralfäche (Fig. 220

Auf die Grundsubstanz folgt nach hinten die ungefähr 2 μ dicke DESCEMETSche Membran (Fig. 221 *desme*). Ihre homogene, immer stark gefärbte Substanz enthält niemals zellige Einschlüsse und läßt nur ganz undeutlich eine feine Fibrillierung erkennen.

Schließlich wird die Hornhaut gegen die vordere Kammer durch das hintere Epithel abgeschlossen (Fig. 221 *hiep*). Es ist eine einfache Lage ganz platter Zellen, deren Dicke nur Bruchteile eines Mikromillimeters erreicht. Auch diese interessanten Zellen zeigt unser Eisenhämatoxylinpräparat sehr schön in Flächenansicht.

epskl) klappt ein enger Spaltraum, der Perichorioidealraum. Nach innen folgt auf die Vaskulosa die Choriokapillaris (Fig. 220 *choka*). Ihre stets von Epithel ausgekleideten Kapillaren liegen meist in einfacher Schicht nebeneinander, eingebettet in eine homogene Grundsubstanz. Den Abschluß gegen die Netzhaut bildet die äußerst dünne, homogene Glashaut (Fig. 220 *glh*).

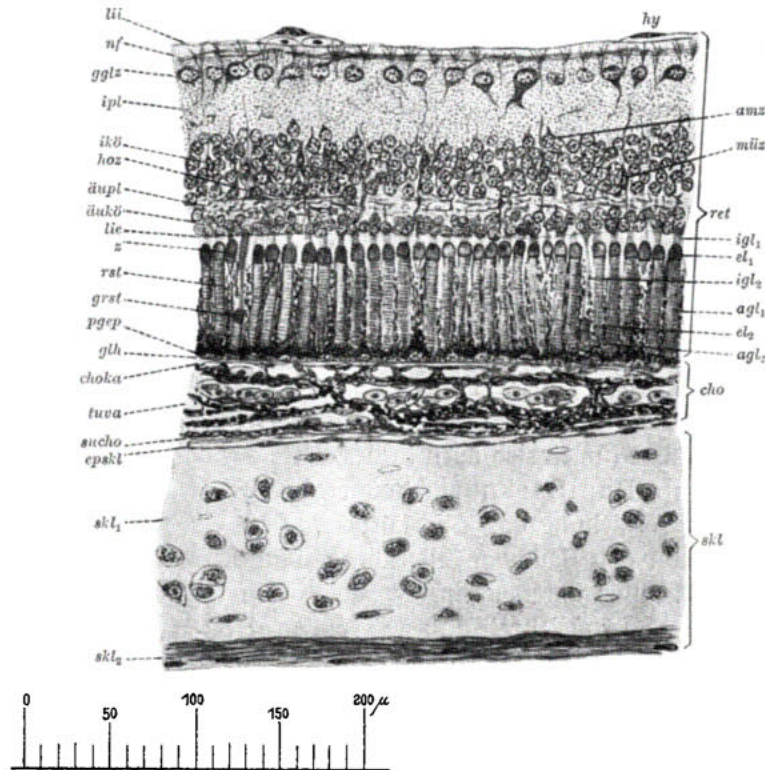


Fig. 220. Frosch. Augenhäute.

ret Netzhaut, *cho* Chorioidea, *skl* Sklera, *lli* Limitans interna, *nf* Nervenfaser, *gglz* Ganglienzellenschicht, *ipl* innere plexiforme Schicht, *ikö* innere Körnerschicht, *lie* Limitans externa, *hoz* Horizontalzellen, *äupl* äußere plexiforme Schicht, *äukö* äußere Körnerschicht, *z* Zapfen, *rst* rote Stäbchen, *grst* grüne Stäbchen, *pgep* Pigmentepithel, *glh* Glashaut, *choka* Choriokapillaris, *tuva* Vaskulosa, *auch* Suprachorioidea, *epskl* Skleralepithel, *skl1* knorpelige Sklera, *skl2* bindegewebige Sklera, *agl2* Außenglied des grünen Stäbchens, *el2* Ellipsoid desselben, *agl1* Außenglied des roten Stäbchens, *igl2* Innenglied des grünen Stäbchens, *el1* Ellipsoid des roten Stäbchens, *igl1* Innenglied des letzteren, *müz* Müllersche Zelle, *amz* amakrine Zelle, *hy* Hyaloidea.

Die Chorioidea erreicht, abgesehen von der ringförmigen Verdickung am Sehnerveneintritt, höchstens eine Dicke von 50 μ . Distalwärts erfolgt die Verdünnung zunächst nur auf Kosten der Vaskulosa. Dann verdünnt sich auch die Choriokapillaris, indem ihre Kapillaren weiter auseinanderrücken.

Das arterielle Blut wird der Chorioidea durch die beiden Aa. ciliares zugeführt, von denen die eine mit dem Optikus durch das Foramen opticum sclerae hindurchtritt (Fig. 217 *aci1*), die andere die knorpelige Sklera durchbohrt (*aci2*). Das venöse Blut sammelt sich in der dorsalen Bulbushälfte in der V. bulbi superior, in der ventralen Bulbushälfte fließen die Venen sternförmig zur V. hyaloidea zusammen.

Bevor wir uns zur Untersuchung des feineren Baues von Ziliarkörper und Iris wenden, sei ihr makroskopisches Verhalten kurz besprochen. Man fixiert am

besten den abgeschnittenen Froschkopf in toto 24 Stunden in BOUINScher Flüssigkeit und zerlegt den Bulbus durch einen parallel zum Äquator verlaufenden Rasiermesserschnitt in eine vordere und hintere Hälfte. Entfernt man aus der ersteren mittels einer Hakenpinzette vorsichtig die Linse, so hat man die längsovale Pupille vor sich, die in der Mitte ihrer ventralen Zirkumferenz immer eine leichte Einziehung erkennen läßt. Die Grenze zwischen Pars optica und Pars ciliaris der Netzhaut, die Ora serrata, markiert sich sehr deutlich als eine unregelmäßig kreisförmige Linie. Sie wird distalwärts umzogen von dem ganz schmalen, glattwandigen, rinnenförmigen Orbiculus ciliaris. Dann folgt die stark vorspringende Corona ciliaris mit ungefähr 70 Ziliarfortsätzen. Die letzteren erheben sich ziemlich steil aus dem Orbikulus und fallen ganz allmählich gegen die Irishinterfläche ab. Sie gehen hier in die Irisfalten über, die sich bis über die Mitte der Irishinterfläche erstrecken. Die Pupillarzone der letzteren ist glatt und faltenfrei. Die Corona ciliaris erscheint am breitesten ventral und dorsal, kaudal und mehr noch rostral ist sie stark verschmälert. In der Mitte des ventralen Teiles findet sich immer eine deutliche Verdickung und ihr gegenüber am ventralen Pupillarrand ein kleiner Knoten, der ventrale Pupillarknoten. Zwischen beiden verläuft die beim erwachsenen Tier kaum mehr erkennbare ventrale Augenspalte. Entsprechende Verhältnisse finden sich auch in der Mitte des dorsalen Pupillarrandes, doch ist der dorsale Pupillarknoten immer schwächer als der ventrale und ebenso die dorsale Verdickung des Ziliarkörpers.

Wir wollen nun den Bau von Ziliarkörper und Iris an einem Meridionalschnitt durch den Bulbus untersuchen, der durch den ventralen Pupillarknoten fällt (Fig. 221) und dabei gleichzeitig das Verhalten der Pars ciliaris und iridica retinae abhandeln. An der Ora serrata verdünnt sich die Netzhaut (*ret*) plötzlich sehr stark und geht in die zweischichtige Pars ciliaris retinae (*paciret*) über. Die beiden Schichten werden gebildet außen von den kubischen, ihrer Fortsätze beraubten Zellen des Pigmentepithels (*pgep*) und innen von einer Schicht Zylinderzellen als Fortsetzung des gesamten Innenblattes der Netzhaut. Dieses zweischichtige Epithel überzieht den Ziliarkörper (*zikö*) und die ihm aufsitzenden Ziliarfalten und geht an der Iriswurzel in die Pars iridica retinae (*pairet*) über. Unser Schnitt ist in ein Ziliartal gefallen, läßt also von den Ziliarfalten nichts erkennen.

In den Ziliarkörper strahlt in ventrodorsalem Verlauf eine breite Masse glatter Muskelfasern ein (*velimu*). Ihr Ursprung liegt an der Sklera (*skl₂*), welche etwas weiter distalwärts kontinuierlich in die Grundsubstanz der Hornhaut (*grsu*) übergeht. Die ventralwärts sich fächerförmig verbreiternde Muskelmasse inseriert an der die Oberfläche des Ziliarkörpers unterhalb des Epithels überziehenden, bindegewebigen Basalplatte (*bapl*). An der Ursprungstelle des Muskels erscheint ein kleiner, an anderen Stellen wesentlich weiterer, mit Epithel ausgekleideter Hohlraum, der SCHLEMMsche Kanal (*schlka*). In der dorsalen Partie des Ziliarkörpers findet sich ein ganz ähnlicher Muskel. Die Kontraktion beider Muskeln muß eine Annäherung der Linse an die Hornhaut bewirken, sie werden deshalb als dorsaler bzw. ventraler Linsenmuskel oder *Mm. protractores lentis dorsalis* bzw. *ventralis* bezeichnet.

Die übrige Masse des Ziliarkörpers besteht als Fortsetzung der Vaskulosa der Chorioidea zum größten Teil aus pigmentierten Bindegewebszellen und zahl-