

**V. Das Auge**  
**von *Orycteropus afer* (PALLAS).**

Von

**Dr. V. Franz,**  
Helgoland.

---

Mit Tafel XXV und XXVI und 4 Figuren im Text.

---



# Das Auge von *Orycteropus afer* (PALLAS).

Von

Dr. V. Franz,

Helgoland.

Mit Tafel XXV und XXVI und 4 Figuren im Text.

## Vorwort.

Die vorliegende Untersuchung, das genaue Studium des Auges eines einzigen Säugetieres, erwies sich durchaus nicht als so ganz erfolglos und führte sogar im Laufe der Zeit zu mehr Resultaten, als ich ursprünglich zu hoffen gewagt hatte. Die besondere Seltenheit des Materials ließ eine möglichst eingehende Bearbeitung wünschenswert erscheinen. Allerdings kann ich dieses Auge der Hauptsache nach nur für sich, und weniger von vergleichenden Gesichtspunkten aus untersuchen. Eine methodische Untersuchung einer größeren Anzahl von Säugetieraugen gibt es eben bisher nicht, und ebensowenig haben wir bis jetzt eine eingehende, genaue Beschreibung auch nur eines einzigen Säugetierauges, abgesehen vom menschlichen Auge. PÜTTERS Arbeit über die Augen der Wassersäugetiere bringt zwar eine Menge recht eingehender, wertvoller Einzeldarstellungen der verschiedenen Pinnipedier-, Sirenen-, Mysticeten- und Denticetenaugen; Darstellungen, die durch die Verwertung von embryologischem Material sehr glücklich ergänzt werden. Dennoch glaube ich sagen zu dürfen, daß, mit Ausnahme des menschlichen und des Froschauges, bis jetzt kein Säugetier-, ja kein Wirbeltierauge so vollständig untersucht worden ist, wie das *Orycteropus*-Auge, welches den Gegenstand der folgenden Darstellung bildet.

Untersuchungen anderer Säugetieraugen sind dringendes Erfordernis. Erst nach diesen wird es möglich sein, manche Feststellungen am *Orycteropus*-Auge für Betrachtungen der Morphophysiologie, der vergleichenden Anatomie oder der Systematik voll zu verwerten.

Es lagen die zwei Augäpfel eines *Orycteropus afer* (PALLAS) ♂ vor, der 1,85 m Schnauzen-Schwanzspitzenlänge maß und von Hrn. Dr. L. SCHULTZE bei Anenous im Klein-Namalande erlegt wurde. Der eine Bulbus war in toto in Formol konserviert und lieferte ein vortrefflich erhaltenes Material zum Studium der makroskopischen Formverhältnisse, sowie vielen mikroskopischen Details. Der zweite Bulbus war nach Eröffnung der Cornea und Entfernung der Iris in FLEMMINGScher Lösung konserviert. Er wurde mehrfach für die mikroskopische Untersuchung, so namentlich für die der Netzhaut verwertet.

## Makroskopische Anatomie des Auges.

Taf. XXV.

Die Form des Bulbus dürfte am besten aus den Fig. 1—4 auf Taf. XXV zu erkennen sein; sie ist ziemlich regelmäßig, annähernd kugelig und jedenfalls die eines Rotationskörpers, dessen Achse in die Augenachse fällt. Von vorn gesehen (Taf. XXV, Fig. 2), sieht der Bulbus also kreisförmig aus; im Durchschnitt jedoch (Fig. 1) erscheint er ein wenig verkürzt, und das vordere Bulbussegment, das hauptsächlich von der Hornhaut eingenommen wird, ist etwas mehr abgedacht als das hintere, breiter gerundete. Die Bulbusachse mißt bei dem mir vorliegenden Auge 20,5 mm, der Durchmesser des Augenäquators 22 mm. Die Aequatorialebene des Bulbus liegt 11 mm vom Hornhautscheitel entfernt. Ein Sulcus corneae ist nicht vorhanden, vielmehr geht die Sklera geradlinig in die Cornea über. Indem die Uebergangszone von Sklera und Cornea geradlinig (im Durchschnittsbilde; also konisch in Wirklichkeit) gestaltet ist, kommt das etwas abgedachte Aussehen des vorderen Bulbussegmentes zustande.

Die Cornea hat, von vorn gesehen, einen etwas unregelmäßigen Umriss, indem sie, wie Fig. 2 zeigt, temporal und temporal-dorsal breit ausgebuchtet oder temporal-ventral leicht eingezogen ist. Ihre naso-temporale Ausdehnung (ihre Länge) beträgt 18 mm, die dorsoventrale (ihre Höhe) 16 mm; ihre proximodistale Ausdehnung, die Tiefe, im Durchschnitt durch das Auge ermittelt, mißt 5,5 mm. Am Scheitel ist sie verhältnismäßig stark gekrümmt, da ihre Schenkel fast ohne Krümmung verlaufen. An ihrem Rande zeigt sie im Durchschnittsbild eine Anschwellung, die ringförmig die ganze Cornea umläuft. Hier ist sie  $\frac{1}{2}$  mm dick. Im übrigen ist die Hornhaut annähernd von überall gleichmäßiger Dicke, jedoch ist bemerkenswert, daß sie sich, entgegen dem gewöhnlichen Verhalten der meisten bisher untersuchten Säugetiere, am Scheitel verdünnt, nicht verdickt. Die Dicke der Cornea beträgt nämlich peripher 0,27 mm, scheidelwärts dagegen 0,22 mm.

Die Sklera, deren Krümmungsverhältnisse in Fig. 1 möglichst genau wiedergegeben sind (wenn auch gleich denen der Cornea nur mit Hilfe des Augenmaßes), hat überall 0,15—0,20 mm Dicke, nur in der Region der Zonula Zinnii ist sie 0,4 mm dick, und in der Gegend des Ligamentum pectinatum iridis, wo sie in die Cornea übergeht, hat sie 0,3 mm Dicke.

Die Chorioidea hat überall 0,05—0,07 mm Dicke. Ein Tapetum lucidum ist nicht vorhanden. Der leicht erkennbare Verlauf der Venae vorticosae ist in Taf. XXV, Fig. 5 dargestellt.

Das Corpus ciliare (Fig. 6) weicht in mehrfacher Hinsicht von dem bei Säugetieren gewöhnlichen Verhalten ab. Schon seine Lage ist höchst bemerkenswert, da es zum größten Teil an der Unterseite der Iris liegt, welche letztere daher in einem breiten peripheren Bezirke zugleich Grundplatte des Ciliarkörpers ist. Ein ähnliches Verhalten ist mir bei Säugetieren nicht bekannt (wohl aber beim Corpus ciliare der Selachier). Die Faltenzone ist nasal 4,3 mm, dorsal, temporal und ventral 5—5,5 mm breit, wenn man die Verbindung von seinem äußeren Rande bis zu den Spitzen der Falten als Luftlinie mißt. Es ist außerordentlich scharf gefaltet. Von der 0,5 mm dicken Grundplatte erheben sich Hauptfalten (Ciliarfortsätze, Processus ciliares) und Nebenfalten (Plicae). Der Orbiculus ciliaris, jene am Retinarande liegende, ungefaltete Zone der Grundplatte, ist sehr schmal, er mißt nur  $\frac{1}{2}$  bis 1 mm Breite, fehlt auch streckenweise gänzlich. An dem der Linse zugekehrten Rande ist jeder Fortsatz etwa 1 mm hoch, von hier aus zieht seine Kante entweder geradlinig oder in einem schwach konkaven Bogen, bis sie nahe am Retinarande die sich ihr zuneigende Grundplatte erreicht. Hier stehen die Fortsätze etwa 1 mm auseinander, nach dem Linsenrande zu kommen sie einander natürlich näher. Ich zähle ihrer im ganzen 50. Mit seiner Spitze legt sich ein jeder Fortsatz etwa  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{5}$  mm breit der Linsenperipherie an.

Jeder Fortsatz ist etwa 0,1—0,3 mm dick, vorwiegend jedoch wird diese seine Dicke ausgemacht durch die zahlreichen, in Fig 6 gezeichneten Gyri auf seiner Oberfläche. Die Nebenfalten sind sehr viel schwächer, sie bilden nur ganz minimale, strichförmige Erhebungen, die zu drei oder vier zwischen den Ciliarfortsätzen verlaufen. Ein ciliares Sims findet sich in der Art, wie es H. VIRCHOW so anschaulich bei vielen Säugtieren beschreibt, im *Orycteropus*-Auge nicht. Dafür findet sich aber hier eine dem Sims vergleichbare Bildung, die ein Gebilde sui generis darstellt. Das Sims ist bekanntlich eine einzige zirkuläre Falte, die quer zu den meridionalen Ciliarfortsätzen verläuft und mithin jeden Ciliarfortsatz in zwei Teile teilt. Man denke sich nun das Sims bis zum lentalen Rande der Fortsätze verschoben. Alsdann wird es nicht mehr jeden Fortsatz in zwei Teile teilen, sondern das ganze Corpus ciliare am lentalen Rande gegen die Iris hin abschließen und zugleich eine Verlängerung der Grundplatte nach innen bilden. Man kann dieses etwa 0,5 mm dicke Sims besonderer Art sowohl in Taf. XXV, Fig. 1 und 6, als auch in der (etwas schematisierten) Textfig. 1 sehen, welche letztere nach der vorausgegangenen Beschreibung verständlich sein wird. Die kleinen Ciliarfalten erstrecken sich auf das Sims nicht.

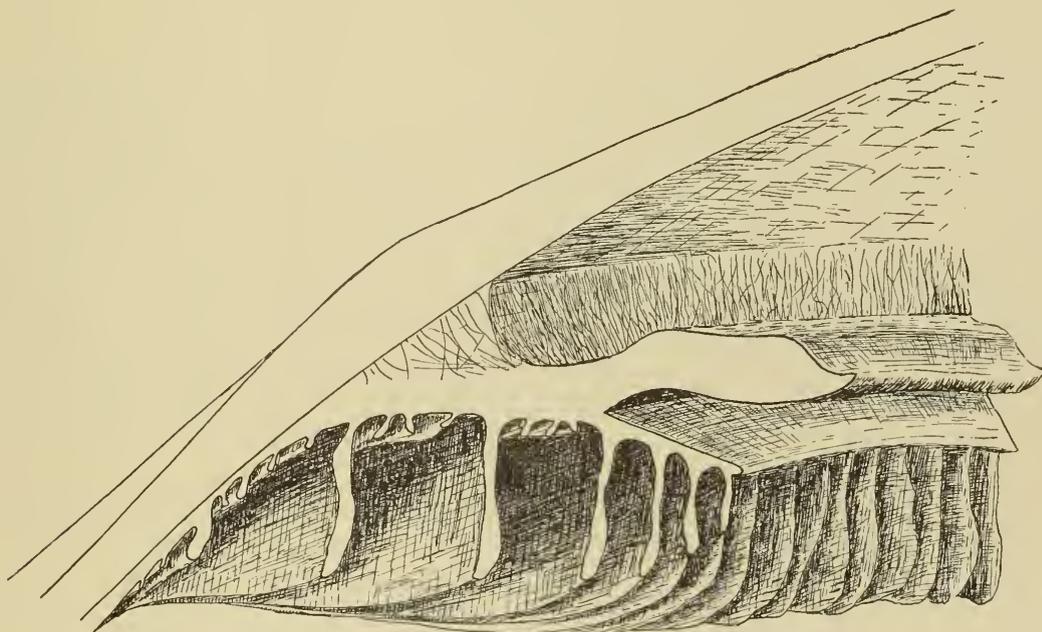


Fig. 1. Corpus ciliare von *Orycteropus afer*.

Die Iris ist in dem mir vorliegenden Auge offenbar ziemlich weit dilatiert. In diesem Zustande hat sie 0,5 mm Dicke, und an ihrer Oberfläche finden sich zirkuläre „Kontraktionsfalten“. An ihrer Unterseite finden sich radiäre „Strukturfalten“, ganz feine strichförmige Erhebungen, die an Zahl den Ciliarfortsätzen etwa gleichkommen und daher als Verlängerungen derselben betrachtet werden könnten, wenn nicht zwischen beiden das Sims als Barriere läge. Uebrigens ist die Iris (s. Fig. 6) nur so weit mit Kontraktionsfalten bedeckt, als sich an ihrer Unterseite nicht das Corpus ciliare befindet. Ihr peripherer, das Corpus ciliare tragender Teil ist offenbar nicht kontraktile, vielmehr in mehr oder minder großer Breite durch das starre Ligamentum pectinatum iridis mit der Hornhaut fest verbunden. Die Grenze dieser beiden Iristeile gegeneinander ist auch durch ein plötzliches Vorspringen des inneren Teiles in die vordere Augenkammer gekennzeichnet (cf. Taf. XXV, Fig. 1 und 6 und Textfig. 1). Wahrscheinlich liegt die Iris nahe am Pupillarrande der Linse an, wenn sich auch am fixierten Auge dies nicht sicher nachweisen ließ. Der Pupillarrand selbst ist etwas distad (also im Schnittbilde [Fig. 6] nach oben) abgebogen, so daß ein Ectropium iridis entsteht.

Die Zonula Zinii wird erst im Kapitel „Mikroskopische Anatomie des *Orycteropus*-Auges“ genauer beschrieben werden. Makroskopisch konnte nur er ermittelt werden, daß ihre Fasern zwischen je zwei Ciliarfortsätzen an die Linse inserieren.

Die Linse (Taf. XXV, Fig. 7) gleicht fast einem Rotationsellipsoid, denn ihre Vorderfläche ist nur sehr wenig flacher als die hintere, stärker gewölbte. Ihr Durchmesser beträgt 11 mm, ihre Achse 4,1 mm. Ihr Aequator liegt etwa 1,8 mm von ihrem vorderen (distalen) Pole entfernt. Der vordere Linsenstern zeigt das bei Säugetieren gewöhnliche, dreiteilige Verhalten (Taf. XXV, Fig. 8). Sehr merkwürdig ist dagegen der hintere Linsenstern beschaffen (Taf. XXV, Fig. 9). Eine etwa wagrecht liegende Linie teilt sich an jedem Ende einmal dichotomisch, darauf teilt sich jederseits der eine der beiden Aeste, nasal der dorsale, temporal der ventrale, nochmals dichotomisch. Es entsteht dadurch eine aus zwei kongruenten, aber verschieden gelegenen Hälften bestehende Figur. Einen ähnlichen Linsenstern bildet PÜTTER bei *Hyperoodon rostratus* ab, es scheint sich also um eine bei Säugetieren weiter verbreitete Bildung zu handeln. Besonderheiten bietet auch die Peripherie der Linse. Man könnte denken, die Linse sei aus einer etwas hinteren und einer übergreifenden, vorderen Hälfte zusammengesetzt, wie eine runde Dose aus Schachtel und Deckel, die Vorderhälfte greift aber nicht ganzrandig, sondern mit gezacktem Rande über die hintere über. Eine derartige „Zacke“ oder ein derartiger Höcker ist in Taf. XXV, Fig. 6 (neben *l*) vom Schnitt getroffen. Zwischen den Höckern bleiben naturgemäß Vertiefungen frei, so daß die ganze Linsenperipherie eine Kannelierung zeigt. In die Vertiefungen greifen die Ciliarfortsätze ein, welche, wie gesagt, die Linse berühren. Das durch jene zackenförmigen Vorsprünge entstehende Bild des Linsenäquators ist in Taf. XXV, Fig. 7 dargestellt. Es erinnert etwas an das der meridionalen Leisten, die sich zufolge RABL an der Peripherie der menschlichen Linse zeigen. Hierzu kommt bei der *Orycteropus*-Linse noch eine, auch in der Fig. 7 erkennbare, feine meridionale Streifung, die von der beschriebenen Zackenkante ausgeht und sich ein Stück weit auf die hintere Fläche erstreckt. Die Linse des *Orycteropus*-Auges läßt sich hinsichtlich des Grades ihrer Kompliziertheit unter allen Säugetierlinsen, soweit bisher unsere Kenntnisse reichen, nur mit der menschlichen Linse vergleichen.

Ueber die Netzhaut ist an dieser Stelle weiter nichts zu bemerken, als daß sie peripher ganzrandig ist, also keine Ora serrata bildet.

Der 1 mm dicke, im Querschnitt kreisrunde Sehnerv (Taf. XXV, Fig. 1 *n.o.*) tritt schräg von dorsal her an den Bulbus heran. Er durchbohrt die Sklera 4 mm ventral von der Mitte (Taf. XXV, Fig. 5), nachdem seine Fasern sich unmittelbar an dem Bulbus senkrecht zur Sklera gewandt haben, und hinterläßt in der Netzhaut einen blinden Fleck von 1½ mm Durchmesser. Bemerkenswert ist, daß der Sehnerv nicht, wie gewöhnlich, unter starker Verdünnung die Sklera durchbohrt. Bei seiner geringen Dicke scheint vielmehr eine derartige Verdünnung nicht erforderlich gewesen zu sein, ja durch das plötzliche Umbiegen des Faserlaufes schief zu der bisher eingehaltenen Richtung kommt sogar eine geringe Verdickung im Foramen nervi optici zustande.

Die Sehnervenscheide (*v.o.*) ist im Gegensatz zum Sehnerven selbst, wie Taf. XXV, Fig. 1, 3 u. 4 zeigen, von solcher Dicke, daß ich sie lange Zeit für einen schwach entwickelten *Musculus retractor bulbi* halten konnte. Sie folgt in ihrem Verlaufe dem Sehnerven und hört an der Sklera mit äußerst scharfer Abgrenzung auf.

Die Nickhaut ist in ungewöhnlich starker Ausbildung vorhanden, wie sie wohl sonst bei keinem Säugetier vorkommt. Ihren freien etwas pigmentierten Rand sieht man aufs deutlichste in Taf. XXV, Fig. 2 *n.*, und man erkennt, daß sie mit ihrem Rande etwa drei Viertel des Auges umfaßt. Die Tiefe des Conjunctivalsackes ist aus Taf. XXV, Fig. 1 ersichtlich.

Unter den Augenmuskeln (Taf. XXV, Fig. 3 u. 4) ist der Rectus externus (*r.e.*) der stärkste, ihm folgt der Rectus internus (*r.it.*). Schwächer sind der dorsale und ventrale Rectus (*r.s.* und *r.if.*). Sie inserieren sämtlich etwas distal vom Aequator. Der schwache Obliquus superior (*o.s.*) inseriert unter dem Rectus superior, zieht, ganz wie beim Menschen, mit ventrad-nasad gerichtetem Verlauf bis zu einer kleinen Rolle, an der er rechtwinklig umbiegt, um nunmehr ventrad-temporad zu verlaufen. Der Obliquus inferior (*o.i.*) tritt mit der Nickhaut in Beziehung. An die Sklera inseriert er nahe beim Rectus externus, noch näher an der Cornea als dieser. Er liegt mit ventrad-nasad gerichtetem Faserverlauf außerhalb des Rectus externus und in der Nickhaut selbst, deren unterste Schicht er bildet (Taf. XXV, Fig. 3, 4 *o.i.*). Seinen weiteren Verlauf kann ich nicht verfolgen, da nur das distale Ende erhalten ist. Vermutlich wäre auch seine proximale Partie noch nachweisbar, die gleichfalls auf die Nickhaut, und zwar als Antagonist der distalen, wirken würde. Daß es jedenfalls mit diesen wenigen Worten noch nicht abgetan ist, zeigt sich bei der mikroskopischen Beschreibung der Nickhaut.

### Mikroskopische Anatomie des Auges.

#### Taf. XXVI.

Die drei Schichten, die wir im Hornhautepithel des Menschen unterscheiden, nämlich (von basal nach apikal) die zylindrischen, polyedrischen und abgeplatteten Zellen, finden sich in wesentlich gleichartiger Ausbildung (*a, b, c* in Taf. XXVI, Fig. 10) auch bei *Orycteropus*. Bei diesem kommt jedoch dazu noch eine vierte, die Hornschicht (*d*), hinzu, die dem menschlichen Hornhautepithel fehlt. Diese Schicht ist auch in Taf. XXVI, Fig. 11 zu erkennen und mit *d* bezeichnet. Sie gleicht wesentlich dem Stratum corneum der Epidermis, läßt Zellen und Kerne nicht mehr erkennen, erscheint vielmehr nur noch gefasert, ist stärker färbbar als die übrigen Schichten und splittert im Mikrotomschnitt leicht ab. In den drei Zellenschichten zählt man etwa 6—8 Zellenlagen übereinander. An der Hornhautperipherie jedoch unterscheidet man 10—12 Zellenlagen, deren unterste ein bis zwei pigmentiert sind. Die Hornschicht fehlt an dieser Stelle, ebenso weiter außerhalb, wo das Epithel, stark verdünnt, zunächst die Sklera bedeckt.

In dem bindegewebigen Teil der Cornea ist eine besonders differenzierte vordere Basalmembran nicht vorhanden. Die Substantia propria zeigt nur in der Peripherie der Hornhaut, wo diese in die Sklera übergeht, den lamellosen Bau, im übrigen erscheint sie kompakt. Doch ist es möglich, daß sie bei geeigneter Behandlung ganz in Lamellen zerfiele. Sicherlich entspricht die von mir gezeichnete Struktur, Fig. 10 und Fig. 11 *f*, dem natürlichen Zustande, der in meinem Material sehr gut erhalten ist. Die Hornhaut ist hier aus feinen welligen, geschlängelten Fasern zusammengesetzt. Dazwischen finden sich eingestreut kleine, im Querschnitt gleichfalls oftmals wellige Striche, nach ihrem färberischen Verhalten nichts anderes als stark abgeplattete Zellkerne. Eine Aufspaltung der Substantia propria in Lamellen findet, wie Taf. XXVI, Fig. 11 zeigt, erst an der Hornhautperipherie statt, wo die Iris entspringt, und zwar beginnt der lamellöse Bau innen (der vorderen Augenkammer genähert) etwas früher als außen. In diesem Teile der Hornhaut verlaufen noch einige Gefäße; doch konnte ich keinen ausgesprochenen Circulus venosus nachweisen.

Die stark färbare DESCEMETSche Membran, Taf. XXVI, Fig. 11 *m.d.*, hat einen faserigen Bau, der sich bei mikroskopischer Betrachtung schon dem Auge zeigt und auch in ihrer Fähigkeit, sich der Länge nach zu spalten, zum Ausdruck kommt. Am Rande verdünnt sie sich und ist bald bis auf Null reduziert, während sie gleichzeitig starre, stabförmige Balken nach der Iris entsendet.

Diese bilden das sogenannte Ligamentum pectinatum (*l.p.*). Das Endothel der Cornea ist eine Lage platter Zellen, von gleicher Dicke wie die Membrana Descemeti; während es im Querschnitt das in Fig. 11 *e.c.*

dargestellte Aussehen hat, zeigen die Zellen in einem Flächenschnitt Sternform (Taf. XXVI, Fig. 12), die durch feine Interzellularbrücken zwischen je zwei Zellen zustande kommt. Die Balken des Ligamentum pectinatum sind sämtlich zellig umhüllt, und es ist höchst wahrscheinlich, daß ihre äußerste zellige Umhüllung mit dem Hornhautendothel in direktem Zusammenhang steht.

Das Ligamentum pectinatum iridis (Ligamentum annulare) besteht nämlich aus Balken, die mit wenig Bindegewebe und Pigmentzellen umgeben sind, die ganz denen der Iris gleichen. Das ganze Ligamentum erinnert in Starrheit und Verästelung des Balkenwerkes (Taf. XXVI, Fig. 11 *l.p.*) eher an die Struktur der Knochen als an ein Ligament und ist sicher keineswegs ein zugfestes Gewebe, sondern ein druckfestes, das Cornea und Iris auseinandersperrt. So stehen die Balken denn auch im allgemeinen ziemlich senkrecht auf der Cornea wie auf der Iris. Seine Funktion ist also gerade die entgegengesetzte von der eines Ligaments. Die Umbildung der Bindegewebsfasern zu Balken ist vermutlich eine derartige, daß viele Fasern sich zu einem Balken zusammenlegen. Denn wir sehen die Balken in die Membrana Descemeti direkt übergehen, und an dieser erkannten wir schon eine faserige Struktur. Die Kittsubstanz, welche die Fasern zusammenkittet, dürfte dann von dem Endothel abgeschieden werden, welches die Vorderfläche der Iris und die Hinterfläche der Cornea bekleidet und höchst wahrscheinlich auch alle Balken des Corpus ciliare umhüllt. Daß nämlich hier ein derartiger Abscheidungsprozeß stattfindet, dafür spricht mit großer Wahrscheinlichkeit die dreieckig-konzentrische Schichtung, die ich im Querschnitt durch die Ursprungstelle eines Balkens an der Membrana Descemeti sah (Taf. XXVI, Fig. 11 bei \*). Allerdings findet sich zwischen jedem Balken und dem ihn umhüllenden Endothel noch eine dünne, Pigmentzellen führende Bindegewebslage, von welcher dann angenommen werden müßte, daß sie dem gedachten Abscheidungsprozesse nicht hinderlich ist. Die Pigmentzellen sind naturgemäß sehr leicht zu erkennen, und das ganze Balkenwerk ist mit solchen erfüllt, während das Corpus ciliare von solchen gänzlich frei ist.

Die Beziehungen des Lig. pect. zur Iris sind derartig, daß die Balken des Lig. pect. sich mehr und mehr verästeln und verfeinern und immer dichter verfilzen, bis sie das solide Irisgewebe bilden. Daher erscheint bei makroskopischer Betrachtung (Taf. XXV, Fig. 1 u. 6) die Iris am Rande in dickerer Schicht solide als im Mikrotomschnitt, in welchem das Balkenwerk weiter herabzureichen scheint. Man könnte auch sagen, die Iris fasert sich in diese Balken auf. Da also das wenige die Balken umkleidende Bindegewebe als Fortsetzung des Irisstromas anzusehen ist, so dürfte das Irisendothel die Fortsetzung der äußersten Zellenlage auf den Balken (wie auch KOGANEÏ und DOSTOJEWSKY angeben) und mithin auch der Corneaendothels sein.

Die Sklera weicht in ihrem histologischen Aufbau nicht von dem bei den Säugetieren gewöhnlichen ab, nur ist sie außerordentlich pigmentarm. Sie besteht aus platten, lamellenartigen Bündeln fibrillären Bindegewebes, die hauptsächlich äquatorial und meridional verlaufen. Die äquatorialen Lamellen vereinigen sich oftmals und gehen wieder auseinander und bilden so ein Geflecht, durch dessen Lücken die meridionalen Fasern hindurchziehen, ein dem äquatorialen ganz gleichartiges Geflecht bildend. Zwischen den Fasern erblickt man die kleinen Kerne der Sklerazellen. Pigmentzellen enthält die Sklera fast gar nicht, nur in ganz dünner Schicht (1—2 Lagen) finden sich platte (d. h. im Querschnitt spindelförmige) Pigmentzellen an der inneren Sklerafläche, dem perichorioidealen Lymphraum unmittelbar benachbart.

Die Pigmentarmut teilt die Chorioidea mit der Sklera. Beide sind im *Orycteropus*-Auge etwa ebenso schwach pigmentiert wie im menschlichen Auge. Die dem perichorioidealen Lymphraum anliegenden Pigmentzellen, von denen soeben die Rede war, gehören naturgemäß zur Hälfte schon der Chorioidea an. Im übrigen ist die Chorioidea pigmentfrei, abgesehen von ganz vereinzelt Pigmentzellen im Stroma. Was den Schichtenbau der Chorioidea betrifft, so kann man an ihr dieselben Schichten unterscheiden, wie beim

Menschen: 1) die Suprachorioidea (jene dünnen Lamellen, die den filzartigen perichorioidealen Lymphraum bilden und vielleicht in allen den zahlreichen Fällen, in denen sie konstatiert wurden, nur auf ein Kunstprodukt (Abreißen der Chorioidea von der Sklera) zurückzuführen sind [??]); 2) die Propria oder Vasculosa, ein dichtes faseriges Stroma mit eingelagerten Gefäßen — die Venen entbehren hier bei *Orycteropus*, wie auch beim Menschen, der Muskelhülle und zeigen außer dem Endothel keine weitere Differenzierung ihrer Wandung; 3) die aus plattgedrückten Kapillaren bestehende Choriocapillaris, die wohl nirgends im Bereich der Chorioidea fehlen dürfte, obwohl sie keineswegs überall zu erkennen ist, und 4) die sehr dünne Glaslamelle.

Das Corpus ciliare (Taf. XXVI, Fig. 11) besteht aus einem ziemlich venenreichen Bindegewebe. Die Venen sind sämtlich durch das Fehlen der Muskulatur gekennzeichnet, haben hingegen eine deutlich erkennbare bindegewebige Hülle. Die Hauptstämme verlaufen, wie aus der Fig. 11 zu erschließen ist, in der Grundplatte radial. In den Ciliarfortsätzen verlaufen die Venen in den Gyri und bedingen dadurch die unregelmäßigen Querschnitts- und Längsschnittsbilder der Ciliarfortsätze (Taf. XXVI, Fig. 13). Gewöhnlich gewinnt man den Eindruck, als sei der ins Augeninnere vorspringende Gyrus nicht ursächlich durch das Vorhandensein des Gefäßes bedingt, sondern als wäre eine besondere kleine Bindegewebsleiste ausgebildet, um das Gefäß möglichst weit vorspringen zu lassen, damit es mit dem Augeninnern in möglichst ausgiebige Berührung kommt. In dem simsähnlichen Teile des Corpus ciliare läuft je ein kleines Gefäß längs der Ursprungslinie der Ciliarfortsätze. Das Bindegewebe des Corpus ciliare zeigt sehr verschiedene Grade der Verfilztheit. Am dichtesten ist es in unmittelbarer Nachbarschaft der Pars ciliaris retinae, wo es bei GIESON-Färbung tiefrot erscheint und fast als eine eigene Schicht betrachtet werden kann. Weiter nach innen in den Fortsätzen, weiter nach vorn in der Grundplatte wird es erheblich lichter. Im ganzen Iriswinkel geht es dann in das bereits beschriebene Ligamentum pectinatum iridis über.

Von Muskulatur des Corpus ciliare sah ich nicht viel, und ich bin im Zweifel, ob meine Beobachtungen vollständig sind. Das wenige, was ich beschreiben kann, war bei weitem nicht einmal auf allen Schnitten zu sehen. Daher bin ich sogar über die Richtigkeit meiner Beobachtungen im Zweifel. Was ich sah, ist folgendes (Fig. 11): Ein schwacher meridionaler Muskelstreifen ( $m_1$ ) liegt im Iriswinkel in Verlängerung der hinteren Corneafläche, gleich an das Ligamentum pectinatum anschließend. Er ist nicht ganz so lang, daß er den der Sklera anliegenden Teil des Corpus ciliare erfüllte. Nahe seinem Hinterende liegen zwei Muskelpakete,  $m_2$  und  $m_3$  (in Wirklichkeit also zirkuläre Muskelringe), welche durch je einen Einschnitt nach dem Iriswinkel im Querschnitt hufeisenförmig werden.

Die Iris besteht aus einem dichteren Bindegewebe als das Corpus ciliare und enthält radiär verlaufende, der Muskulatur gleichfalls entbehrende Gefäße und viele Pigmentzellen. Eine Sonderung in Gefäßschicht und Stromaschicht, wie sie von KOGANEÏ für die Wirbeltiere angenommen wird, kann ich nicht gut konstatieren. In Fig. 11 ist ein Gefäß fast seiner ganzen Länge nach getroffen, es ist offenbar durch Kontraktion des Dilatators gerefft, und dementsprechend haben sich auch die Bindegewebsfasern und Pigmentzellen gelegt. Die der Pars iridiaca retinae unmittelbar anliegende Schicht des Bindegewebes ist hier, ganz wie beim Corpus ciliare, die dichteste. Ihr folgt nach hinten, bei GIESON-Färbung durch Gelb erkenntlich, eine außerordentlich dünne Schicht (*dil.*), die nach neueren Forschungen zweifellos den Dilator darstellt, aber zwischen dem Irisstroma und dem Pigmentepithel nur sehr schwer zu sehen ist (die ehemalige BRUCHSchen Membran — hintere Begrenzungshaut KOGANEÏS). Viel leichter in die Augen fallend ist der wulstige kleine Sphincter (*sph.* in Fig. 11), der den innersten Irisrand fast gänzlich ausfüllt.

Die Zonula Zinnii besteht aus ungemein feinen Fasern, die zu einem radiär gefältelten Ringband zusammengelegt sind. Sie entspringen ziemlich weit außen am Corpus ciliare und ziehen dann, nahe den

Falten diesen parallel laufend, zur Linse (Textfig. 2). Die Fältelung der Zonula Zinnii ist auf Tangential-schnitten durch das Corpus ciliare gut zu erkennen.

Durch vereinzelte von den Falten hier und da entspringende Fasern erhält sie noch Verstärkungen. Nach der Linse zu vereinigen sich je zwei Faltenblätter, die gerade zwischen zwei Ciliarfortsätzen liegen, und inserieren gemeinsam an einem der schon beschriebenen Höcker der Linse. Diese Verhältnisse werden einigermaßen durch die schematisch entworfene, beim Vergleich mit Textfig. 1 sicher leicht verständliche Textfig. 2 dargestellt.

Die Linsenkapsel ist am vorderen Linsenpol etwa  $18\ \mu$  dick, rings um den Pol nimmt sie jedoch bald an Dicke ab und hat am Aequator nur noch  $6\text{--}8\ \mu$  Dicke. An den am Aequator gelegenen Höckern

erfährt sie keine Dickenänderung (Taf. XXV, Fig. 6). Hinter dem Aequator verdickt sie sich wieder auf etwa  $12\ \mu$ . Am hinteren Linsenpol ist sie nur  $4\ \mu$  dick. Vergleichen wir diese Dickenverhältnisse von *Orycteropus* mit den Angaben RABLS, so erkennen wir in der Dickenzunahme hinter dem Aequator eine auffallende Uebereinstimmung mit dem Verhalten bei den Affen und Menschen, und einen durchgreifenden Unterschied gegenüber allen anderen Säugetieren. — Das Linsenepithel ist vorn  $4\ \mu$ , am Aequator  $10\ \mu$  dick. Seine Verdickung am Aequator scheint bei allen Säugetieren wiederzukehren. Die Kernzone der Linsenfasern beginnt an der hinteren Kante der Linsenhöcker — hier liegt also die Epithelgrenze — und wendet sich von hier, zum Unterschiede von Affen und Menschen, nach hinten, jedoch nur eine ganz

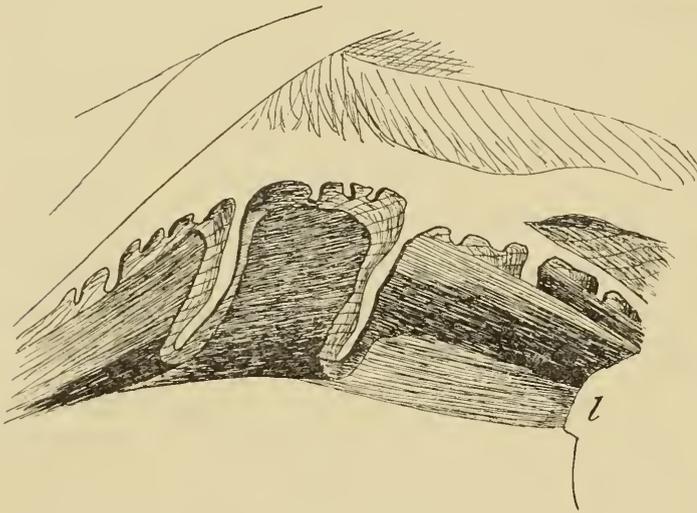


Fig. 2. Zonula Zinnii von *Orycteropus afer*.

kurze Strecke. Sehr bald zerstreuen sich die Kerne fast über die ganze Linse. Was die Linsenfasern selbst betrifft, so wird man ganz sicher bei *Orycteropus* wie bei allen anderen Säugetieren mit RABL Zentralfasern und Haupt- oder Grundfasern unterscheiden können, zwischen beiden wird man wohl auch die Uebergangsfasern finden, obwohl mir die Hervorhebung derselben unter einem besonderen Namen durchaus unnötig und gekünstelt erscheint. Ich kann jedoch nur über den feineren Bau der Haupt- oder Grundfasern Angaben machen, da ich den Linsenkern ebenso wie RABL beim erwachsenen Tier viel zu spröde zur Untersuchung fand. Die Hauptfasern kann man von der gut in Paraffin gehärteten Linse abspalten, man gewinnt dann ihre Ansicht von der Breitseite, die in Taf. XXVI, Fig. 14 wiedergegeben ist. Indessen enthält jede hier abgebildete Faser wohl in Wirklichkeit mehrere solche, deren Grenze gegeneinander jedoch nicht zu erkennen ist, solange keine Spaltung eintritt. Denn sonst wären sie im Verhältnis zu den Fasern in Fig. 15 zu breit. Beachtenswert ist wohl der hier fein gezähnelte Rand jeder einzelnen Faser. Wichtiger ist ein Querschnittsbild durch die Fasermasse, Taf. XXVI, Fig. 15, welches die Fasern in ziemlich regelmäßiger Lagerung und Ausbildung erkennen lassen. Hierin gleicht *Orycteropus* dem Gros der Säugetiere, nicht aber den Affen und Menschen, die eine viel weniger regelmäßig gefaserte Linsenmasse besitzen. Nicht selten ist die Spaltung einer Fasern-Radiärlamelle in zwei solche zu beobachten, so auch einmal in Taf. XXVI, Fig. 15. Die Zahl der Radiärlamellen gewinnt man durch Zählung im Umkreise der Linse. Ich konnte die Lamellen nun allerdings nicht im ganzen Umkreise, sondern nur in einem viel kleineren Bezirke zählen und ihre Zahl daher nur näherungsweise angeben. Sie beträgt etwa 5000 (sicher

aber mindestens 4000), ist also im Verhältnis zur Größe der Linse sehr erheblich. Demgemäß sind die Fasern sehr schmal, und die Fig. 15 entspricht einer starken Vergrößerung.

In der Netzhaut (Textfig. 3) konnte ich von lichtpercipierenden Elementen nur Stäbchen erkennen. Allerdings ist die Konservierung trotz der angewandten Lösung (FLEMMINGSches Gemisch) vielleicht doch nicht ganz ausreichend, um mit absoluter Sicherheit das Fehlen von Zapfen erweisen zu können. In einem 0,1 mm langen Stück eines 5  $\mu$  dicken Netzhautstückes zähle ich 36 Stäbchen. Das ergibt auf 1 qmm 72000 Stäbchen. Leider kann ich nicht angeben, welcher Netzhautpartie diese Stelle der Netzhaut entstammte, da die Netzhaut im Präparat nicht als ganzes Stück erhalten, sondern vielfach zerbröckelt war. Immerhin zeigt diese Zahl eine recht dichte Besetzung der Netzhaut mit Stäbchen an, denn die gewonnene Zahl ist größer als jede für irgendeinen Netzhautbezirk des Menschen ermittelte

und wird selbst bei Berücksichtigung der unvermeidlichen Unsicherheit der Rechnung auf eine recht erhebliche Stäbchendichte schließen lassen. Die Stäbchen lassen ein dickeres Innenglied und ein dünneres Außenglied erkennen. In einigen Innengliedern sah ich eine fädige spiralförmige Differenzierung, wie sie auch in der Textfigur angegeben ist, glaube aber, daß ich mich hier entschieden vor Kunstprodukten hüten muß. Gesetzt, die Plasmamasse der Innenglieder löse sich von der äußersten Hülle ab und werde durch eine postmortale Längskontraktion der letzteren faltig gebogen, so würde die beobachtete Spiralfigur entstehen. — Die Schicht der Stäbchenkerne („äußere Körner“) ist recht dick und vier- bis fünfschichtig. Jeder Kern läßt zwei in seiner Längsachse einander diametral gegenüberstehende Chromatinkörper erkennen, so daß man glauben könnte, lauter Mitosen vor sich zu sehen. Die Zahl dieser Kerne ist in jedem Schnitt erheblich größer als die der gleichzeitig sichtbaren Stäbchen, doch dürfte dies vielleicht nur auf der größeren Dicke der Kerne gegenüber jener der Stäbchen und auf ihrer zusammengedrängteren Lage beruhen, infolge deren jeweils mehr Kerne als Stäbchen auf die Dicke eines Schnittes entfallen. Andererseits aber scheinen Beobachtungen von PÜTTER zu lehren, daß bei Nachttieren überzählige äußere Körner eine häufige Erscheinung sind. Die äußere retikuläre Schicht ist sehr dünn, sie entsendet feinste Ausläufer senkrecht zu sich selbst zwischen die inneren Körner und die Stäbchenkerne, welche letzteren durch diese feinsten Membranen reihenartig voneinander abgegrenzt werden.

Sehr groß und zugleich äußerst vielgestaltig sind die Kerne der inneren Körnerschicht, an Zahl sind ihrer jedoch nur relativ wenige vorhanden, wie sie auch nur etwa in zwei Schichten liegen. Die innere retikuläre Schicht ist relativ dick. In ihr liegen die Zellkerne des Ganglion opticum, diese sind jedoch nur äußerst spärlich vorhanden. Solche Kerne können auch in der nächstfolgenden Schicht liegen. Daher kann man von einem Ganglion opticum bei *Orycteropus* eigentlich gar nicht sprechen, sondern nur von zerstreut in der Netzhaut liegenden Ganglienzellen. Man zählt ihrer in einem Stück Netzhautschnitt von 1 mm Länge etwa 10, auf 1 qmm würden also etwa nur 100 entfallen, d. h. eine enorm niedrige Zahl (die Netzhautinnervationsbezirke berechneten sich hieraus als 10000  $\mu^2$  groß). In der Nervenfaserschicht fallen die radialen Stützfasern der Netzhaut viel mehr in die Augen als die wenigen, nahe der innersten Grenze gelegenen Nervenfasern. Die Dickenmaße der einzelnen Netzhautschichten sind in dem mir vorliegenden Schnitt

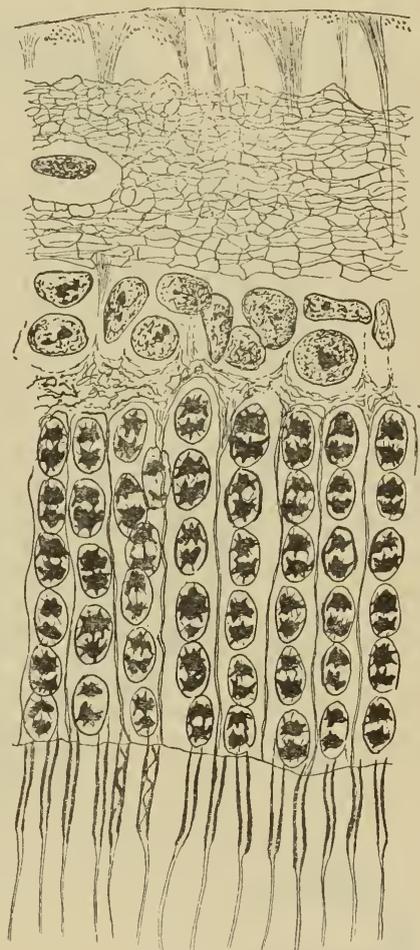


Fig. 3. Netzhaut von *Orycteropus afer*, Querschnitt.

folgende: Stäbcheninnenglieder  $10\ \mu$ , äußere Körner  $50\ \mu$ , äußere retikuläre Schicht  $5\ \mu$ , innere Körner  $15\ \mu$ , innere retikuläre Schicht  $20\ \mu$ , Nervenfaserschicht  $10\ \mu$ . Es dürften noch weitere Retinabeschreibungen von Säugetieren wünschenswert sein, um unsere bisher von CHEVITZ und ZÜRN angebahnten Kenntnisse zu erweitern.

Das Außenblatt der Netzhaut ist ein  $5\text{--}8\ \mu$  dickes, mit bräunlichen Pigmentkörnchen erfülltes, einschichtiges Epithel. Im Gebiet des Ciliarkörpers ist es etwas dicker ( $10\ \mu$ ) und erscheint meist infolge vielfacher Faltungen und Zusammenschiebungen noch mehr verstärkt, zumal es infolge der viel stärkeren Pigmentierung ein tiefschwarzes, klobiges Aussehen bekommt (Taf. XXVI, Fig. 11). Hier liegt innen das Innenblatt der Retina (Pars ciliaris retinae) auf, unpigmentiert und in der Dicke dem Außenblatt gleich-

kommend. Doppelt so dick und tief schwarz pigmentiert ist die Pars iridiaca retinae. Ein dieses Epithel deckendes Glashäutchen, von dem manche Autoren sprechen, sah ich nicht. Ueber den von der Retina stammenden Sphincter und Dilator siehe unter „Iris“.

Der Sehnerv enthält nur wenige bindegewebige Septen und wird demgemäß auch nur von einer schwachen Lamina durchsetzt. In die Netzhaut tritt er mit schwacher Exkavation ein. Die Zahl der Nervenfasern im Querschnitt der Nervus opticus ist nicht ganz leicht sicher zu bestimmen, ich habe sie, wenn auch mit nicht unerheblichen Fehlergrenzen, zu etwa 450 000 ermittelt. Bei einer Netzhautfläche von etwa 1362 qmm, wie sie dem vorliegenden Auge etwa eigen ist, würden dann auf 1 qmm Netzhaut  $450\,000 : 1362 =$  rund 320 Nervenfasern entfallen. Diese Zahl ist zwar etwa dreimal so groß als die oben aus den Zahlen der Ganglienzellen ermittelte. Die Unstimmigkeit beruht vielleicht auf den Fehlern beim Durchzählen eines

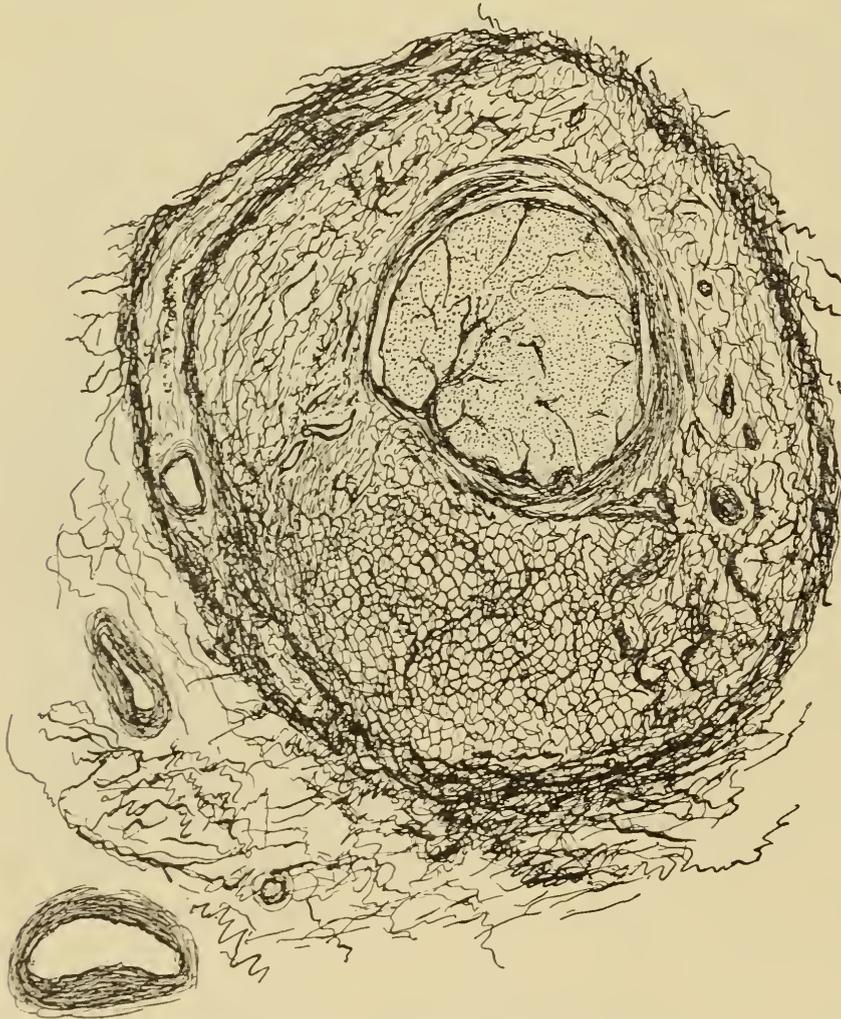


Fig. 4. Sehnerv von *Oryzeteropus afer*, Querschnitt.

Teils des Sehnervenquerschnitts, ferner darauf, daß die Verteilung der Nervenfasern in der Netzhaut eine ungleiche sein dürfte. Aller Wahrscheinlichkeit sind die Fasern auf die zentraleren Netzhautpartien dichter verteilt als auf die periphereren, wie ich es ehemals in gleicher Weise bei Selachiern nachwies, und der Nichtberücksichtigung dieser Ungleichmäßigkeit wäre die jetzt gefundene größere Zahl zuzuschreiben. Die letztere ergibt als Größe der Netzhautinnervationsbezirke  $3100\ \mu^2$ , es würde hieraus immer noch ein im Verhältnis zum menschlichen Auge geringes Distinktionsvermögen folgen (vergl. PÜTTERS Angaben).

Die nächsten Umhüllungen des Sehnerven (Textfig. 4) bestehen in eng dem Nerven angeschmiegt, faserigen Bindegewebsscheiden. Sie enthalten Pial-, Arachnoideal- und Duralscheide.<sup>1)</sup> Die Fasern der

1) Aenderung gegen die vorläufige Mitteilung. Zool. Anz., 1907.

letzteren gehen distal in die Fasern der Sklera über. Auf sie folgt nach außen ein verhältnismäßig mächtig entwickeltes Fettgewebe, welchem die Vagina nervi optici ihre oben erwähnte erhebliche Stärke verdankt. Es erscheint naturgemäß im Querschnitt durch die ganze Sehnervenscheide ringförmig, und zwar hat der Ring im großen ganzen dieselbe Breite, wie der Sehnerv selbst im Durchmesser. Die äußerste Umhüllung liefert dann wieder eine faserige, zum Teil (links in Textfig. 4) verdoppelte Bindegewebsmembran, welche sich an die Sklera etwa rechtwinklig ansetzt. Daher die oben erwähnte scharfe Abgrenzung der Sehnervenscheide an der Sklera. Die erwähnte Fettscheide ist sonst bei Säugetieren nicht bekannt. Gefäßstämme verlaufen sowohl außerhalb als auch innerhalb derselben im Fettgewebe, wo sich auch noch verschiedene kleinere Gefäßquerschnitte nachweisen lassen.

Die Nickhaut zeigt bei mikroskopischer Betrachtung zunächst nicht viel Besonderes. Sie besteht aus wesentlich in ihrer Ebene verlaufenden Bindegewebsfasern und wird beiderseitig von dem Epithel der Conjunctiva bekleidet, welches außen dünner als innen ist und sich sehr leicht in Falten legt. Proximal geht die Nickhaut in ein dickeres, klumpigeres Stück über, welches in der Orbita hinter dem Bulbus gelegen ist. In dieses strahlt der oben beschriebene Nickhautmuskel ein, und wir sehen bei einem Querschnitt durch dieses Stück (Taf. XXVI, Fig. 16), daß es von vielen Muskelfaserbündeln in verschiedenen Richtungen durchsetzt ist. Ferner nehmen wir ziemlich weit proximal (in Fig. 16 unten) die Nickhautdrüse (*dr*) wahr, deren viele Tubuli dicht beieinander im Querschnitt getroffen sind. Ausführungsgänge der Drüse finden wir hier und da quergeschnitten in der Nickhaut (*ag*), deutlich zu unterscheiden von Blutgefäßen (*bg*). Ein in der Nachbarschaft des eben beschriebenen Schnittes gelegter Schnitt ist in Taf. XXVI, Fig. 17 dargestellt. Wir sehen in ihm wieder unten die Nickhautdrüse, ferner erkennen wir in ihm Muskelfaserbündel. Außerdem aber ist er durch das Vorhandensein eines Nickhautknorpels (*kn*) ausgezeichnet. Die Muskelfasern inserieren nicht etwa an den Knorpel, sondern enden meist kolbig verdickt im Bindegewebe.

### Anhang: Das Vorkommen von elastischen Fasern.

Die Nickhaut der Säugetiere ist durch ihren Reichtum an elastischen Fasern ausgezeichnet und schnell nur vermöge ihrer Elastizität hervor, wenn der Bulbus retrahiert wird. Beim *Orycteropus*-Auge ist nun zwar allem Anschein nach ein Nickhautmuskel vorhanden, welcher offenbar die Nickhaut vor das Auge zu ziehen vermag. Ob aber ein Antagonist für diesen Muskel vorhanden ist, bleibt unsicher, möglichenfalls beruht die antagonistische Wirkung allein auf der Elastizität der Nickhaut. Daher schien es mir jedenfalls interessant, die Nickhaut von *Orycteropus* mit von GRÜBLER bezogener Orceinlösung auf ihren Reichtum an elastischen Fasern hin zu untersuchen. Das Ergebnis ist in Taf. XXVI, Fig. 18 dargestellt, in welcher die schwärzlich gefärbten, recht zahlreichen elastischen Fasern in zwei Lagen zu erkennen sind. Es liegt nämlich jederseits dicht unter dem Epithel eine solche Lage, während das Innerste der Nickhaut von elastischen Fasern frei ist.

Auch in der Sklera und Cornea fehlen die elastischen Fasern nicht, wie ich bei dieser Gelegenheit feststellte. Sie folgen hier in ihrem Verlaufe den Bindegewebsfasern. Nirgends aber sind sie so stark und so zahlreich wie in der Nickhaut. Im Corpus ciliare und in der Iris fehlen sie jedoch gänzlich, soweit ich sehe. Die Fasern der Zonula Zinnii färben sich stark mit Orcein, nicht minder aber mit VAN GIESONScher Lösung.

### Vergleichend-anatomisches.

In vergleichend-anatomischer Hinsicht könnten am *Orycteropus*-Auge die folgenden Eigentümlichkeiten besonders bemerkenswert erscheinen:

die Randverdickung der Cornea und Sklera,  
 das Nichtvorhandensein eines Tapetum lucidum,  
 das Nichtvorhandensein von Irisflocken,  
 der komplizierte Bau des Corpus ciliare (seine ungewöhnliche Größen- und Oberflächenentwicklung,  
 seine Erstreckung bis zur Linse an der Unterseite der Iris und eines Simses von besonderer Art),  
 der komplizierte Bau der Linse (Kannelierung der Linsenperipherie),  
 der komplizierte Bau der Zonula Zinnii,  
 der eigentümliche Bau der Sehnervenscheide,  
 die Ausbildung eines Nickhautmuskels für die ungewöhnlich stark entwickelte  
 Nickhaut,  
 das Fehlen des Retractor bulbi.

In dieser Aufzählung finden sich jedoch Momente vom allerverschiedensten morphologischen Wert. Den Randverdickungen der Sklera und Cornea dürfte ein morphologischer Wert überhaupt nicht zukommen, sie werden vielmehr im folgenden Kapitel als Anpassung an die Ausbildung der Nickhaut biologisch erklärt. Auch die vielen Eigentümlichkeiten des Corpus ciliare dürften nur von physiologischen Gesichtspunkten aus zu verstehen sein und in rein morphologischer Hinsicht nichts besagen. Nicht einmal dem eigentümlichen Sims möchte ich einen morphologischen Wert zusprechen, da sich sein Vorhandensein schon physiologisch wohl verstehen läßt und ferner sein Vorkommen oder Fehlen bei anderen Säugetieren ein regelloses und von systematischer Verwandtschaft unabhängiges zu sein scheint. So ist es z. B. (nach VIRCHOW) den Raubtieren eigen, während es beim Seehund fehlt.

Die Gestaltung der Linse läßt sich zwar wegen ihrer Kompliziertheit, besonders wegen der Kannelierung der Peripherie bis jetzt nur mit der Menschenlinse vergleichen, doch ist es höchst wahrscheinlich, daß weitere Untersuchungen auch noch bei anderen Säugetieren ähnlich gebaute Linsen nachweisen werden, wenngleich durch RABL schon festgestellt scheint, daß viele Säugetiere einfacher gebaute Linsen besitzen. Ähnliches dürfte von der Zonula gelten. Sie dürfte nur deshalb so besonders kompliziert erscheinen, weil sie bei anderen Säugetieren, mit Ausnahme der Menschen, bisher noch nicht so genau beschrieben ist.

Mit dem eigentümlichen Bau der Sehnervenscheide weiß ich in vergleichend-anatomischer Hinsicht so wenig wie in physiologischer etwas anzufangen. (Sollte es sich vielleicht wirklich um einen rudimentären, gänzlich zu Fett und Bindegewebe degenerierten Retractor handeln?)

Die ungewöhnliche Entwicklung der Nickhaut erklärt sich biologisch, der aus dem Musculus obliquus inferior hervorgegangene Nickhautmuskel ist jedoch von hohem vergleichend-anatomischen Interesse. Er stellt eine Neubildung ganz eigener Art dar, wie sie vielleicht bei keinem anderen Wirbeltier vorkommt. Immerhin steht sie nicht so gänzlich exzeptionell da, wie man es zuerst glauben könnte, sie läßt sich vielmehr einigermaßen verstehen aus der bekannten Fähigkeit der Augenmuskeln der Säugetiere, Portionen für die Augenlider, sogenannte Musculi palpebrales, abzuspalten.

Drei weitere, freilich negative Tatsachen, die von morphologischem Werte sein dürften, sind das Fehlen eines Tapetum, um das Fehlen von Irisflocken und das Fehlen eines Retractor bulbi. Sie würden uns wohl auch etwas über die zweifelhafte systematische Stellung der Orycteropodiden oder Tubulidentata

WEBER verraten können, wenn man die Augen der übrigen Säugetiere bereits hinreichend genau kannte. Durch das Fehlen eines Tapetum entfernt sich *Orycteropus* ebenso sehr von den Carnivoren, die ein Tapetum cellulosum besitzen, wie von den Ungulaten mit ihrem Tapetum fibrosum. Das letztere Ergebnis widerspricht freilich den Angaben bei M. WEBER, welcher mehrfache Beziehungen zwischen *Orycteropus* und Ungulaten nachzuweisen sucht. Das Fehlen von Irisflocken spricht gleichfalls nicht für WEBERS Annahme, liefert aber natürlich auch keinen strikten Gegenbeweis. Wohin nunmehr nach dem Bau des Auges *Orycteropus* zu stellen wäre, läßt sich zur Zeit noch nicht sagen. Das gänzliche Fehlen eines Retractor bulbi endlich macht uns auch nicht klüger, es besagt zur Zeit noch gar nichts über die systematische Stellung von *Orycteropus*, denn bis jetzt sind nach WEBER und LEUCKART die einzigen Tiere, denen dieser Muskel fehlen soll, die Primaten einschließlich des Menschen. Um so sicherer folgern wir aber die Unvollständigkeit unserer bisherigen Kenntnisse und die Notwendigkeit einer vergleichenden Untersuchung der Säugetieraugen, und wir dürfen vielleicht das Fehlen des Retractor bulbi auch bei manchen anderen Säugetieren schon jetzt prophezeien.

### Zur Physiomorphologie.

Nach dem Bau der Netzhaut gehört *Orycteropus* entschieden zu den Nachttieren, wie das Tier ja auch aus Schilderungen seiner Lebensweise als Nachtwandler bekannt ist. Das Fehlen von Zapfen und die erhebliche Stäbchendichte dürfen wir, im Anschluß an PÜTTER, mit großer Bestimmtheit als ein Mittel zur Erhöhung der Lichtempfindlichkeit betrachten. Die geringe Zahl der Zellen des Ganglion opticum zeigt ein äußerst geringes Distinktionsvermögen für die Formen des Gesehenen an. In allen diesen Besonderheiten schließt sich die Netzhaut des *Orycteropus*-Auges übereinstimmend jener von Nachtsäugetieren und Wassersäugetieren an. Sollte ferner die Ueberzahl von äußeren Körnern gegenüber der Zahl der Stäbchen wirklich vorhanden und nicht nur vorgetäuscht sein, so würde auch hier das *Orycteropus*-Auge sich anderen Nachtsäugetieraugen anschließen (cf. PÜTTER). Die Netzhaut von *Orycteropus* gestattet also sicher kein besonders scharfes Erkennen von Formen, wenn sie auch zum Empfangen ziemlich schwacher Lichteindrücke geeignet ist, diese jedoch wird sie empfinden, auch wenn sie relativ schwach sind. Das Bild von der Außenwelt wird unter diesen Umständen, soweit es überhaupt vom Auge abhängt, für *Orycteropus* ein ganz anderes sein, als z. B. für den Menschen.

In Uebereinstimmung mit dem geringen Distinktionsvermögen der Netzhaut scheint die Akkommodationsfähigkeit bei *Orycteropus*, wenn sie nicht etwa gänzlich fehlt, doch, wie bei vielen Nachttieren, nur wenig entwickelt zu sein. Eine andere Annahme würde sich schon infolge der Regelmäßigkeit der Linsenfaserquerschnitte verbieten, ferner aber sind auch die Akkommodationsmuskeln äußerst schwach. In den meisten Schnitten konnte ich solche, wie ich schon oben erwähnte, überhaupt nicht entdecken, und was ich in Taf. XXV, Fig. 11 davon gezeichnet habe ( $m_1, m_2, m_3$ ), scheint mir selbst hinsichtlich der histologischen Deutung nicht ganz einwandfrei.

Das Sims des Corpus ciliare dürfte, wo es vorkommt, vielleicht zur Stütze für ungewöhnlich große (lange oder hohe) Ciliarfortsätze dienen. Dann würde uns auch das Vorkommen einer simsähnlichen Bildung bei *Orycteropus* verständlich sein. Es handelt sich um eine einfache Bindegewebsplatte, die an sich zur Nährfunktion sicher ebensowenig taugt wie zum Regulieren des intraokularen Druckes. Die Verlagerung dieser Platte bis an die vordere Kante der Ciliarfortsätze dürfte sich ohne Schwierigkeit aus der Verlängerung der Ciliarfortsätze bis an die Linse erklären. Denn im Falle dieser Verlängerung ist nur bei weitgehendster Verschiebung des Simses die Befestigung der Linse an den Fasern der Zonula Zinnii möglich.

Die Iris ist, wie am besten Taf. XXVI, Fig. II zeigt, im Verhältnis zur starken Entwicklung ihres Stromas mit relativ schwachen, wenngleich deutlich nachweisbaren Muskeln (Sphincter und Dilator) versehen. Demnach scheint ihre Beweglichkeit nicht gerade groß, d. h. die Geschwindigkeit ihrer Bewegungen nicht erheblich zu sein. Immerhin ist sie offenbar weiter Exkursionen fähig; denn die Figur zeigt sie augenscheinlich in maximaler Dilatation und zugleich bei so starker Reffung der Gefäße und (wie die Pigmentzellen andeuten) der Bindegewebsfasern, daß man annehmen muß, sie kann sich mindestens noch einmal, wenn nicht noch zweimal, um ihre Breite verbreitern. Eine schwerfällige, aber starker Exkursionen fähige Iris ist wohl sicher diejenige eines schlecht sehenden Nachtieres.

Die Pigmentarmut der Chorioidea und Sklera dürfte im Hinblick auf das Nachtleben gleichfalls verständlich sein.

Im Zusammenhang mit dem bei aller Lichtempfindlichkeit doch nur unscharf und schlecht sehenden Auge verdient die hochgradige Ausbildung des Geruchssinnes bei *Orycteropus* Erwähnung. Wie ich nämlich M. WEBER entnehme, besitzt *Orycteropus* ein außerordentlich umfangreiches Rhinencephalon und ein entsprechend entwickeltes Geruchsorgan, das wohl die stärkste Entwicklung unter den Säugetieren erreicht. *Orycteropus* zeigt also in höchst ausgesprochenem Maße die bekannte Korrelation zwischen Riech- und Sehorgan.

Auffallend ist die hochgradig komplizierte Ausbildung des Corpus ciliare, die infolge des Vorspringens der Ciliarfalten bis auf die Linse und infolge der zahllosen Gyri auf den Falten augenscheinlich auf eine möglichst vergrößerte Oberfläche abzielt. Der Ciliarkörper scheint demnach, in diesem Falle wenigstens, nicht die Funktion des Auffangens und Abschwächens von Druckenprallen zu haben. Vielmehr deutet das erhebliche Hervorspringen seiner Kapillaren in den Glaskörperaum recht entschieden auf seine ernährende Funktion hin. Da Netzhautgefäße dem *Orycteropus*-Auge vollständig fehlen, so darf uns die Bedeutung des Corpus ciliare für die Ernährung nicht gerade allzu sehr überraschen. Allerdings entbehren noch viele andere Säugetiere der Netzhautgefäße.

Während wir bisher vorwiegend das Nachtleben des *Orycteropus* zur Erklärung so mancher Eigentümlichkeiten an seinem Auge heranziehen konnten, scheinen mir weitere solche, so namentlich die stark entwickelte Nickhaut, nur im Zusammenhang mit einer ganz anderen Seite der Biologie dieses Tieres verständlich zu sein. Der *Orycteropus* heißt mit deutschem Namen Erdferkel oder auch Ameisenfresser. Der letztere Name besagt viel. Das Tier spürt Ameisen- und Termitenbauten auf und nährt sich von deren Bewohnern. Seine ungewöhnlich derbe Körperhaut dürfte sich dabei als Schutz gegen die Angriffe von seiten der Kneifwerkzeuge der Insekten bewähren. Aber das Auge entbehrt eines solchen Schutzes. Eine stark entwickelte Nickhaut konnte hier helfend einspringen. Dabei handelt es sich zunächst nur um eine Weiterentwicklung der gewöhnlichen Säugetiernickhaut. Dann kam aber als Novum der Funktionswechsel des Musculus obliquus inferior hinzu, der zum Nickhautmuskel wurde. Seine distale Partie liegt in der Nickhaut, inseriert aber noch an die Sklera. Sie wird dadurch zu einem Protractor der Nickhaut. Vielleicht — mein Material gibt darüber keinen Aufschluß — fungiert die proximale Partie des Muskels als Antagonist der distalen. Die Entwicklung eines besonderen Nickhautmuskels wurde um so nötiger, als ein Retractor bulbi dem *Orycteropus*-Auge fehlt und mithin kein Mittel vorhanden gewesen wäre, um die Nickhaut vor das Auge schnellen zu lassen.

Die Verhornung der vordersten Schicht des Hornhautepithels dürfte gleichfalls als Schutz gegen Ameisenbisse aufzufassen sein, und zwar als mechanischer nicht minder wie als chemischer (gegen Gifte). Wenigstens dem menschlichen Auge fehlt diese Verhornung; von den übrigen Säugetieren ist mir nur aus PÜTTERS Untersuchung bekannt, daß das Hornhautepithel bei Zahn- und Bartenwalen Verhornungen auf-

weist, hier sind sie aber auch leicht als Anpassungen zu verstehen. Ist die vorderste Schicht des Hornhaut-epithels bei *Orycteropus* verhornt, so konnte dafür vielleicht die Herausbildung einer vorderen Basalmembran unterbleiben (die freilich nach SCHWALBE und HIS auch bei Pferd, Ziege, Hund und Katze vermißt wird).

Mit dem Nickhautmechanismus wird ferner vielleicht die für Säugetiere ungewöhnliche Randverdickung der Hornhaut, sowie jene der Sklera, zusammenhängen. Beide bewirken nämlich eine stärkere Befestigung von Cornea und Sklera aneinander und eine festere Fundierung des Corneagewölbes auf dem Sklerafundament, und hierin könnte ein Schutz gegen verschiebende und drückende Wirkungen bei Nickhautbewegungen zu erkennen sein.

Endlich ist wohl die Größe und Starrheit des „Ligamentum pectinatum iridis“ wiederum ein Mittel, um die verschiedenen Teile des Auges gegeneinander in ihrer Lage zu fixieren und gegen Verschiebungen infolge von Nickhautbewegungen zu sichern.

Bekanntlich spiegelt das Auge bei so manchem Tiere viel von der Lebensweise wieder. Bei *Orycteropus* kann man nach dem Gesagten zwei wichtige biologische Momente in dem Auge sozusagen wiederfinden: das nächtliche Leben und die Ameisen- und Termitenjagden.

### Literatur.

- DOSTOJEWSKY, A., Ueber den Bau des Corpus ciliare und der Iris von Säugetieren. Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. XXVIII, 1886.
- FRANZ, V., Zur Anatomie, Histologie und funktionellen Gestaltung des Selachierauges. Jen. Zeitschr., Bd. XL, 1905.
- HIS, W., Beiträge zur normalen und pathologischen Histologie der Cornea, Basel 1856. (Mir im Original nicht zugänglich.)
- KOGANEÏ, J., Untersuchungen über den Bau der Iris des Menschen und der Wirbeltiere. Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. XXV, 1885.
- LEUCKART, R., Organologie des Auges. Vergleichende Anatomie. In: GRAEFE-SAEMISCH, Handbuch der gesamten Augenheilkunde, Bd. II, Leipzig 1876.
- PÜTTER, A., Die Augen der Wassersäugetiere. Zoolog. Jahrb., Abt. f. Anat., Bd. XVII, 1903.
- RABL, C., Ueber den Bau und die Entwicklung der Linse. III. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zool., Bd. LXVII, 1900.
- SCHWALBE, G., Lehrbuch der Anatomie der Sinnesorgane, Erlangen 1887.
- VIRCHOW, H., Ueber die Form der Falten des Corpus ciliare. Morphol. Jahrb., Bd. XI, 1886.
- WEBER, M., Die Säugetiere, Jena 1904.
- ZÜRN, J., Vergleichend-histologische Untersuchungen über die Retina und die Area centralis retinae der Haussäugetiere. Archiv f. Anat. (und Physiol.), Supplementband, 1902.

Buchstabenbezeichnungen auf Tafel XXV und XXVI.

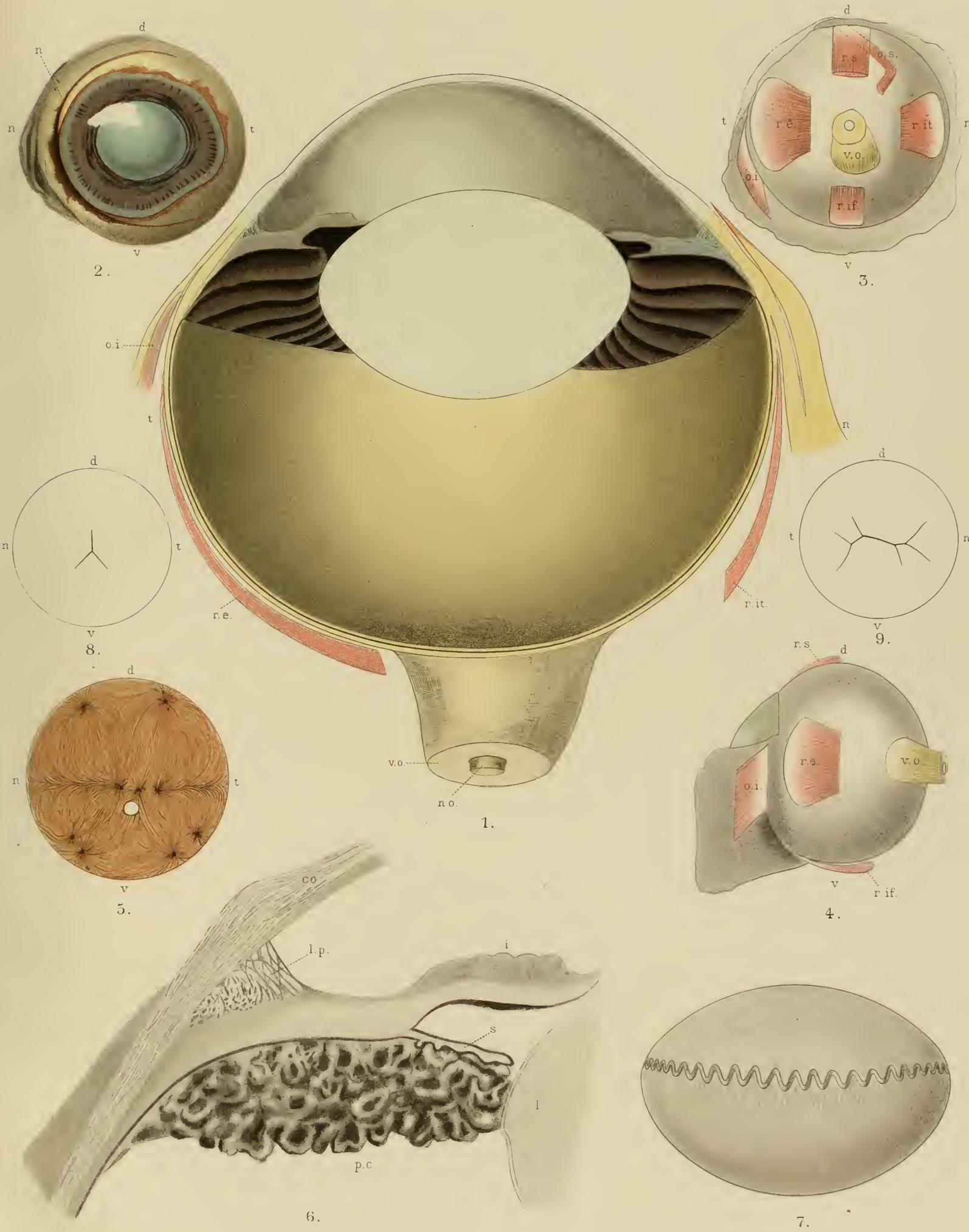
*d, n, v, t*, dorsal, nasal, ventral, temporal.  
*a, b, c, d* die drei Zellenschichten und die Hornschicht  
des Hornhautepithels.  
*ag* Nickhautdrüsen-Ausführungsgang.  
*bg* Blutgefäß.  
*co* Cornea.  
*dil* Dilator.  
*ef* Elastische Fasern.  
*f* Substantia propria der Hornhaut.  
*i* Iris.  
*kn* Knorpel.  
*l* Linse.

*l. p.* Ligamentum pectinatum.  
*m<sub>1</sub>, m<sub>2</sub>, m<sub>3</sub>* Musculi ciliares.  
*n. o.* Nervus opticus.  
*o. s., o. i.* M. obliquus superior, M. obliquus inferior.  
*p. c.* Processus ciliares.  
*r. s., r. if., r. it., r. e.* M. rectus superior, M. rectus inferior, M. rectus internus, M. rectus externus.  
*s* Sims.  
*sph* Sphincter.  
*v. o.* Vagina nervi optici.  
*z. z.* Zonula Zinnii.

Tafel XXV.

Makroskopische Anatomie des Auges von *Orycteropus afer* (PALLAS).

- Fig. 1. Horizontalschnitt des Auges.  $\frac{6}{1}$  nat. Gr.  
„ 2. Das Auge von vorn.  $\frac{2}{1}$ .  
„ 3. Das Auge von hinten.  $\frac{2}{1}$ .  
„ 4. Das Auge von temporal.  $\frac{2}{1}$ .  
„ 5. Einblick in das hintere Augensegment (Chorioidea).  $\frac{2}{1}$ .  
„ 6. Iriswinkel, Iris und Ciliarkörper.  $\frac{20}{1}$ .  
„ 7. Linse, von der Seite gesehen.  $\frac{6}{1}$ .  
„ 8. Linse, von vorn.  $\frac{3}{1}$ .  
„ 9. Linse, von hinten.  $\frac{3}{1}$ .





Tafel XXVI.

## Tafel XXVI.

### Mikroskopische Anatomie des Auges von *Orycteropus afer* (PALLAS).

- Fig. 10. Hornhautepithel und Substantia propria corneae. Vergr. ca. 450. Zeichenapparat.  
„ 11. Iriswinkel, Iris und Corpus ciliare (cf. Fig. 6). Vergr. ca. 40. Zeichenapparat.  
„ 12. Hornhautendothel, von der Fläche. Vergr. ca. 1200. Oelimmersion. Zeichenapparat.  
„ 13. Längsschnitt durch einen Ciliarfortsatz. Vergr. ca. 100. Zeichenapparat.  
„ 14. Linsenfasern, von der Fläche. Vergr. ca. 300. Zeichenapparat.  
„ 15. Linsenfasern im Querschnitte. Vergr. ca. 1200. Oelimmersion. Zeichenapparat.  
„ 16. Nickhaut im Querschnitt mit Nickhautdrüse. Vergr. ca. 40. Zeichenapparat.  
„ 17. Nickhautdrüse und Nickhautknorpel. Vergr. ca. 40. Zeichenapparat.  
„ 18. Nickhaut mit elastischen Fasern (Orceinfärbung). Vergr. ca. 100. Zeichenapparat.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Denkschriften der medicinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena](#)

Jahr/Year: 1909

Band/Volume: [15](#)

Autor(en)/Author(s): Franz Viktor

Artikel/Article: [V. Das Auge von \*Orycteropus afer\* \(Pallas\). 401-415](#)