

# Biologisches Centralblatt.

---

Unter Mitwirkung

von

Dr. K. Goebel      und      Dr. R. Hertwig  
Professoren in München,

herausgegeben

von

**Dr. J. Rosenthal,**  
Professor der Physiologie in Erlangen.

---

Siebenundzwanzigster Band.

1907.

Mit 155 Abbildungen und zwei Tafeln.



Leipzig.  
Verlag von Georg Thieme.

1907.

- Mikosch, Über die Entstehung der Chlorophyllkörner. Sitzungsber. d. kais. Ak. d. Wiss. in Wien Bd. 92 (1885).
- Pasteur, Études sur la maladie des vers à soie. Paris 1870.
- Reinke, Abhandlungen über Flechten. Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. 26, 28, 29. (1894, 1895 u. 1896.)
- Schimper, A. T. W., Über die Entwicklung der Chlorophyllkörner und der Farbkörper. Bot. Zeit. (1883).
- Schwendener, Über die Beziehungen zwischen Algen und Flechtengonidien. Bot. Zeit. (1868).
- Die Algentypen der Flechtengonidien. 1869.
- Tischler, Kurzer Bericht über die von Eriksson und mir ausgeführten Untersuchungen über das vegetative Leben des Gelbrostes (*Puccinia glumarum* Eriks. et Henn.). Biol. Centralbl. Bd. 24, Nr. 13 (1904).
- Toumey, A., Inquiry into the cause and nature of crown-gall. Arizona Experiment. Stat. 1900. Bull. 33.
- Tswett, Études de physiologie cellulaire. 1896.
- Vuillemin, Antibiose et symbiose. Assoc. Franc. pour l'avancement des Sc., Congrès de Paris 1889. Seance du 14 Oct.
- Wahrlich, Beitrag zur Kenntnis der Orchideenwurzelpilze. Bot. Zeit. (1886).
- Weismann, Vorträge über Deszendenztheorie. 2. Aufl., p. 144—146 (1904).

## Über das Parietalauge von *Lacerta agilis* und *Anguis fragilis*.

Von Dr. M. Nowikoff.

Mit 9 Figuren im Text.

(Aus dem zoologischen Institut zu Heidelberg.)

Das augenähnliche Parietalorgan der Saurier, welches von F. Leydig im Jahre 1872<sup>1)</sup> entdeckt wurde, hat seitdem die Aufmerksamkeit zahlreicher Forscher auf sich gezogen. Ich brauche die vielen Literaturangaben hier nicht zusammenzustellen, da dies schon von manchen Autoren, besonders ausführlich von Gaupp<sup>2)</sup> und Studnička<sup>3)</sup> geschehen ist.

Beim Studium der betreffenden Organe kann man zwei Richtungen verfolgen. Erstens untersucht man die Entwicklungsgeschichte des Organs und seine Beziehung zum Nachbarorgan — der Epiphyse. Als Resultat solcher Untersuchungen hat es sich ergeben, dass das Parietalauge, ebenso wie die Epiphyse, in Form einer sackartigen Ausstülpung aus der dorsalen Gehirnwand entstehen. Doch bleibt bis jetzt die Frage unentschieden, ob das Parietalorgan ursprünglich eine von der Epiphysenausstülpung abgeschnürte Partie oder ob es eine selbständige Aussackung der Gehirnwand ist. Ebenso verschieden sind die Meinungen der Autoren darüber, ob die beiden Organe in ihrem primitiven Zustande paarig oder unpaar waren.

1) F. Leydig. Die in Deutschland lebenden Arten der Saurier. Tübingen 1872.

2) E. Gaupp. Zirbel, Parietalorgan und Paraphysis. Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Bd. 7, 1897.

3) F. K. Studnička. Die Parietalorgane. Lehrb. der vergleichenden mikroskop. Anatomie der Wirbeltiere v. Opperl. Jena 1905.

Ich konnte leider auf diese Probleme nicht eingehen, da mein Untersuchungsmaterial vorerst hauptsächlich aus erwachsenen Tieren bestand. Deswegen wollte ich bei meinen Studien in einer anderen Richtung vorgehen, indem ich die Frage über die Funktionsfähigkeit des Parietalauges im erwachsenen Zustande zu entscheiden versuchte. Bei der Schwierigkeit der physiologischen Experimente schien es mir wichtig, vorerst das Vorhandensein einer nervösen Verbindung zwischen dem Organ und dem Gehirn festzustellen und dann die Beziehung des eventuell vorhandenen Nerven zu den Sinneszellen zu prüfen. Der letztere Punkt wurde in der Literatur bis jetzt kaum berücksichtigt. Außerdem hielt ich es für notwendig eine nochmalige genauere Untersuchung der Retina vorzunehmen. Ich werde nachher zeigen, dass ich dabei zu einer von der früheren ganz abweichenden Auffassung des Retinabaues gekommen bin.

Als Material meiner Untersuchung habe ich solche einheimische Eidechsen gewählt, bei welchen die Augenähnlichkeit des Parietalorgans am deutlichsten ausgesprochen ist, nämlich *Lacerta agilis* und *Anguis fragilis*. Die abgeschnittenen Köpfe der Tiere wurden mit bestem Erfolg in konzentrierter Sublimatlösung oder Sublimatessigsäure konserviert. Zum Entkalken diente 1—2% Lösung von Salpetersäure in 70% Alkohol. Was die Färbungen angeht, so habe ich die deutlichsten Präparate mit der Mallory'schen Dreifachfärbung<sup>1)</sup> erhalten. Als sehr geeignet, besonders zur Verdeutlichung der Zellkonturen, hat sich auch die Methode von Schuberg (Boraxkarmin, 1% Osmiumsäure, Holzessig) erwiesen.

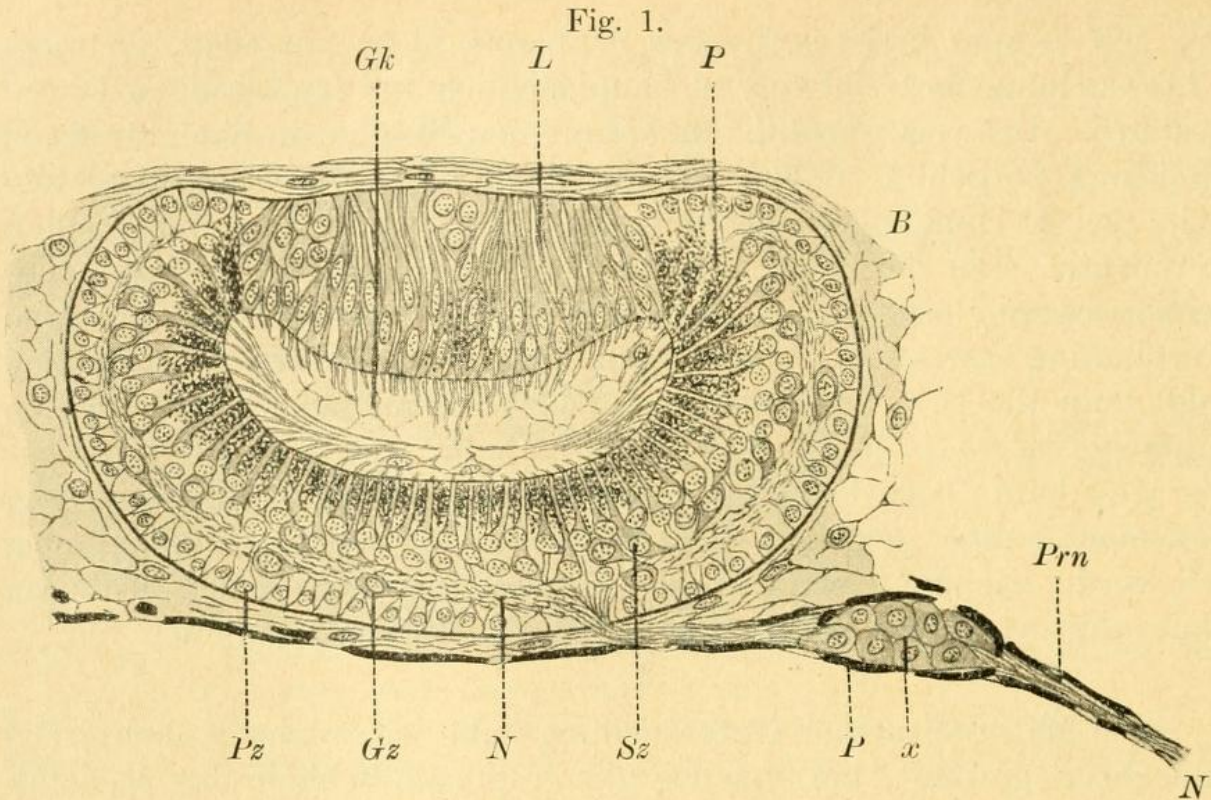
Auf die Beschreibung der **Augengestalt** brauche ich kaum einzugehen, da diese von früheren Forschern mehrfach dargestellt wurde. Schon Leydig hat auf die Variabilität der Gestalt des Parietalauges innerhalb der Gattungen und selbst der Arten hingewiesen<sup>2)</sup>.

Die Augen der von mir untersuchten Anguisindividuen waren alle gleichgestaltet. (Fig. 1.) Die Form der Augen von *L. agilis* war dagegen ziemlich verschieden. Ich habe zwölf Augen in Schmitte zerlegt; davon hatten neun die auf Fig. 2 abgebildete Form; zwei dagegen besaßen eine sackartige Ausstülpung der Retina (Fig. 3), ungefähr so, wie sie am Pinealorgan von *Petromyzon* gewöhnlich vorkommt; ein Auge wich insofern von dem gewöhnlichen Typus ab, als seine Linse, wie bei *A. fragilis*, stark bikonvex erschien (Fig. 4).

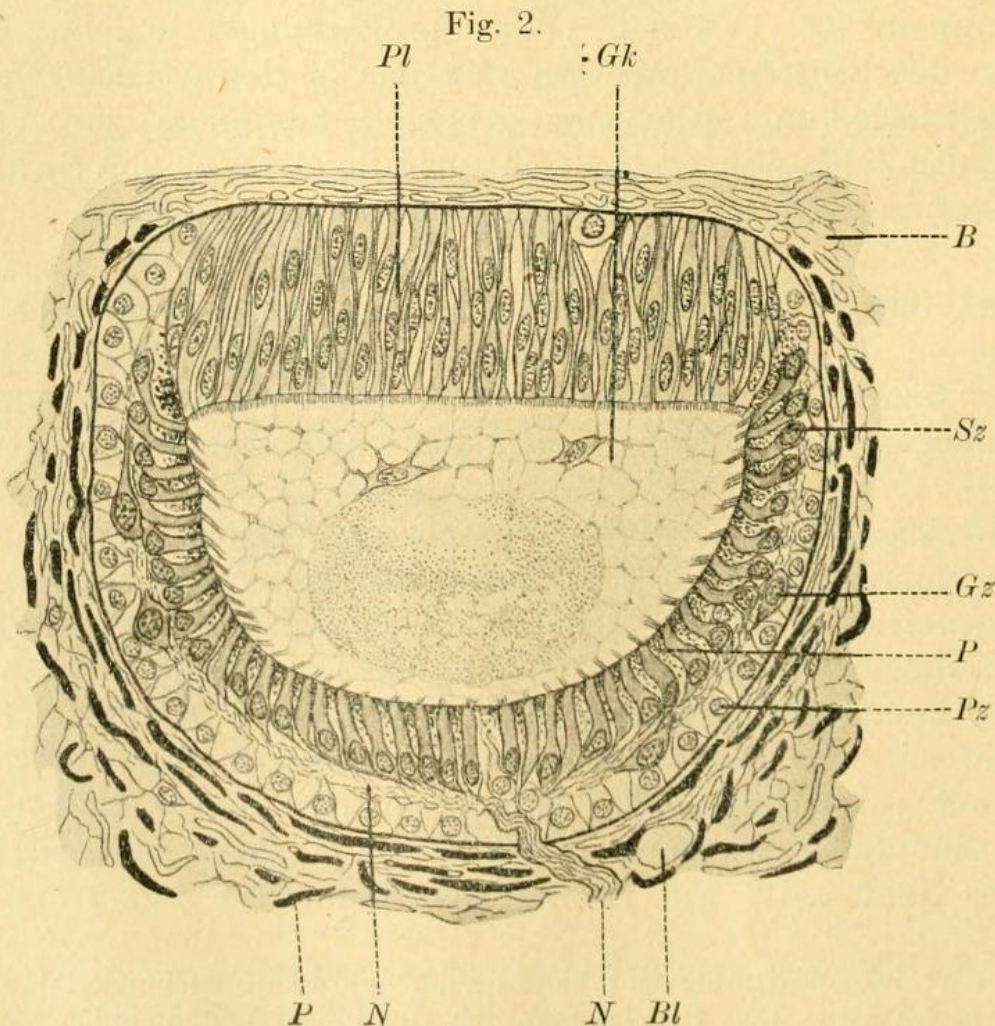
Der **Nerv** tritt, wie es auf den Figuren 1 und 2 ersichtlich

1) Ehrlich-Weigert. Enzyklopädie der mikroskop. Technik. Bd. 1, p. 43.

2) F. Leydig. Das Parietalorgan der Amphibien und Reptilien. Abhandl. Senckenberg. nat. Gesellsch. 1890, p. 517.



Sagittalschnitt durch das Parietalaug von *A. fragilis*. Vergr. etwa 250.  
*L* = Linse (Pellucida), *Gk* = Glaskörper, *Sz* = Sehzellen, *Gz* = Ganglienzellen, *Pz* = Pigmentzellen, *P* = Pigment, *N* = Nerv, *Prn* = Perineurium, *B* = Bindegewebe, *x* = Gruppe der, den Parietalnerv umgebenden, Bindegewebszellen.



Sagittalschnitt durch das Parietalaug von *L. agilis*. Vergr. etwa 250.  
*Pl* = Pellucida, *Bl* = Blutgefäß. Die übrigen Buchstabenzeichnungen wie auf Fig. 1.

ist, nicht genau in der Mitte der Retina in das Auge. Bei *A. fragilis* ist die Zutrittsstelle sogar ziemlich weit nach hinten verschoben.

Schon Spencer<sup>1)</sup> hat den Nervenzutritt an den Parietalaugen verschiedener Saurier beobachtet, doch hat sich seine Angabe über den Ursprung dieses Parietalnervenstranges vom distalen Ende der Epiphyse als unrichtig erwiesen. Den ganzen Verlauf des Nerven haben zuerst Strahl und Martin bei Embryonen von *L. vivipara* und *A. fragilis* verfolgt. Der Nerv verbindet hier nämlich „das Parietalaug mit dem Dach des Zentralnervenrohres vor der Wurzel

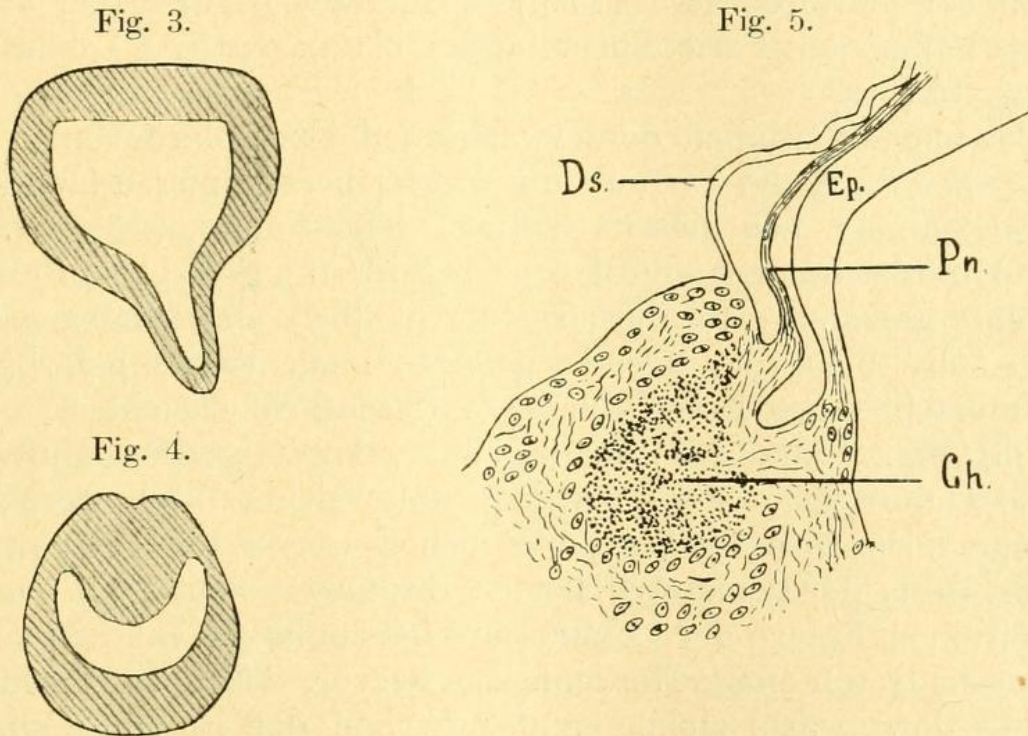


Fig. 3 u. 4. Sagittalschnitte durch die zwei Parietalaugen von *L. agilis*.  
Vergr. etwa 55.

Fig. 5. Sagittalschnitt durch den Gehirnteil der *L. agilis*, von welchem der Parietalnerv entspringt. Vergr. etwa 75. *Ch* = Commissura habenularis, *Pn* = Parietalnerv, *Ep* = Epiphyse, *Ds* = Hintere Wand des Dorsalsackes.

der Epiphyse“<sup>2)</sup>. In späterer Zeit sind über diesen Punkt Kontroversen zwischen Leydig und anderen Forschern entstanden. Leydig (90) wollte nämlich anfänglich die Bedeutung des Parietalorgans als eines Sinneswerkzeugs überhaupt nicht anerkennen und erklärte den betreffenden Strang als ein Blut- oder Lymphgefäß. Mehrere andere Beobachter dagegen, wie z. B. Béraneck<sup>3)</sup>,

1) W. B. Spencer. On the Presence and Structure of the Pineal Eye in *Lacertilia*. Quart. Jour. Microsc. Science. V. 27, 1886.

2) H. Strahl und E. Martin. Die Entwicklung des Parietalauges bei *A. fragilis* und *L. vivipara*. Archiv f. Anat. und Physiol. Anat. Abt. Jahrg. 1888, p. 160.

3) E. Béraneck. Sur le nerf pariétal et la morphologie du troisième oeil des vertébrés. Anat. Anz. Jahrg. 7, 1892.

Klinckowström<sup>1)</sup>, Studnička<sup>2)</sup>, sammelten neue Beweise für die Richtigkeit der Strahl-Martin'schen Auffassung. Dabei wurde festgestellt, dass der Parietalnerv seinen Ursprung aus dem Ganglion habenulae oder der Commissura habenularis nimmt. Endlich gelangte auch Leydig im Jahre 1896 durch wiederholte Untersuchungen zur Überzeugung, „dass in einem Stadium des Embryo ein Nerv vorhanden ist, welcher aber bald der Rückbildung anheimfällt und bindegewebig wird“<sup>3)</sup>. Demnach wurde also das Vorhandensein des Parietalnerven bei jüngeren Sauriern allgemein zugegeben. In Oppel's Lehrbuch der vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Wirbeltiere (1905) vermutete Studnička, dass in einigen Fällen der Parietalnerv sogar bis in spätere Lebenszeiten erhalten bleibt.

Bei meinen Studien der erwachsenen Exemplare von *L. agilis* und *A. fragilis* habe ich nun die feste Überzeugung erlangt, dass der Parietalnerv bei diesen Sauriern lebenslang persistiert. Für solche Untersuchungen sind die, nach Mallory gefärbten, Präparate besonders geeignet. In diesen sind nämlich alle bindegewebigen Fasern stark blau, die Nerven dagegen mehr violett gefärbt, was die Unterscheidung dieser Elemente wesentlich erleichtert.

Die Fig. 5 (S. 367) stellt einen Sagittalschnitt durch die dorsale Gehirnpartie der *L. agilis*, von welcher die hintere Wand des sogen. Dorsalsackes (Ds.) und der Epiphyse (Ep.) entspringen. An der Basis der genannten beiden Bildungen sieht man die querschnittenen Fasern der Commissura habenularis (Ch.). Aus dieser Commissur treten einige Nervenfasern hervor, welche in Form eines Stranges dorsalwärts ziehen und zwischen der Epiphyse und der kompliziert ausgebuchteten Dorsalsackwand verlaufen. Es ist höchst schwierig, den ganzen Nervenverlauf ununterbrochen bis zum Parietalauge an einer und derselben Schnittserie zu verfolgen, da wegen der verschiedenartigen Umbiegungen des Dorsalsackes auch der Nerv mehrere Windungen macht. Doch sieht man, dass der dünne Nervenstrang an der vorderen Wand der Epiphyse verläuft und endlich in das Parietalauge eintritt, wie ich es oben geschildert habe.

Dem auf Fig. 5 abgebildeten Verhalten entspricht auch der Ursprung des Parietalnerven bei *A. fragilis*.

Folgende Beweise sprechen dafür, dass der beschriebene Strang nervöser Natur ist und nicht bloß ein bindegewebiges Perineurium, wie es Leydig (96), Klinckowström (94) und einige andere

1) A. Klinckowström. Le premier développement de l'oeil pariétal, l'épiphyse et de nerf pariétal chez *Iguana tuberculata*. Anat. Anzeig. Jahrg. 8, 1893.

2) F. K. Studnička. Zur Morphologie der Parietalorgane der Kranioten. Referat von Vejdovský. Zool. Zentralbl. Jahrg. 1, 1893.

3) F. Leydig. Zur Kenntnis der Zirbel und Parietalorgane. Abhandl. der Senckenberg. nat. Gesellsch. 1896, p. 254.

Autoren behaupten. Erstens nehmen die, im Strange verlaufenden Fasern ihren Ursprung aus der Commissura habenularis. Zweitens ist es oft leicht im Strange nervöse Fasern, in der Mitte einer kernhaltigen Bindegewebshülle liegend, zu unterscheiden. Besonders deutlich ist diese Färbungs- und Strukturdifferenz bei *A. fragilis* an der Stelle zwischen dem Auge und dem Epiphysenende, wo der Strang frei im lockeren Bindegewebe verläuft. In der Nähe des Auges besteht das Perineurium aus Chromatophoren, so dass hier die Nervenfasern (Fig. 1, N) in einer Pigmenthülle (Prn) liegen.

Auf einem Sagittalschnitt durch das Auge von *A. fragilis* (Fig. 1) habe ich im Verlaufe des Parietalnerven eine Zellenanhäufung bemerkt (x), die ich zuerst für ein Ganglion des Parietalauges zu halten geneigt war. Nach wiederholten Untersuchungen anderer Präparate bin ich jedoch mehr zur Vermutung gekommen, dass diese Gruppe aus Bindegewebszellen besteht, also als ein Produkt der Wucherung des Perineuriums aufzufassen sei. Ähnliche, doch vom Nervenstrange vollständig unabhängige Zellenanhäufungen trifft man oft in der Nähe des Parietalauges.

Bevor ich zur Besprechung der Ausbreitung der Nervenfasern in der **Retina** übergehe, will ich den Bau der letzteren beschreiben. Die älteren Autoren glaubten eine gewisse Ähnlichkeit zwischen ihr und der Retina der paarigen Augen der Wirbeltiere zu bemerken. In beiden unterscheidet man abwechselnde körnige und granuliert oder molekuläre Schichten.

Studnička (05) gibt an, dass die Retina des Parietalauges folgendermaßen gebaut ist. Zu innerst, den Hohlraum der Augenblase begrenzend, liegt eine Schicht von langen zylindrischen „Stäbchen“. Die darauf folgende zweite Schicht besteht aus runden Zellen mit großen Kernen; weiter nach außen liegt die, aus Nervenfasern bestehende sogen. molekuläre Schicht, und schließlich kommt noch eine Schicht von Zellen, welche der Membrana limitans externa anliegen.

Eine etwas mehr den wirklichen Verhältnissen entsprechende, obgleich auch wenig natürliche Einteilung der Retinaelemente finden wir in den Arbeiten von Strahl und Martin (88), sowie Hoffmann<sup>1)</sup>. Der letztere Autor findet in dem Parietalauge von *Hatteria* und *Pseudopus Pallasii* nur drei Schichten: 1. zu innerst stäbchenförmige Zylinderzellen, 2. große runde, „in einer feinkörnigen Grundsubstanz“ eingebettete Kerne und 3. außen kegelförmige oder birnförmige Zellen mit Fortsätzen, welche mit den Zellen der ersten Schicht in Verbindung treten.

Einen Zusammenhang zwischen verschiedenen Retinaelementen

1) Bronn's Klassen und Ordnungen, Bd. 6 III, Peptilien, p. 1895, 6.

gibt auch Spencer an (86, p. 185), indem er bei *Varanus giganteus* „the curious nature of the retina“, beschreibt: „which has really the form of a cellular network; the cells being in connection with one another by branched processes.“ Nach Leydig (96, p. 262) besteht die Retina von *Iguana*, *Lacerta* und *Anguis* aus Pallisadenzellen und plasmaarmen Zellen, welche beide miteinander „durch Ausläufer netzig zusammenhängen“. Dieses Ausläufernetz entspricht der molekulären Schicht anderer Autoren. (Schluss folgt.)

## Ein Fall einer Viviparität beim *Proteus anguineus*.

Von Prof. Dr. Józef Nusbaum in Lemberg.

(Mit 1 Abbildung.)

Das Eierlegen von *Proteus anguineus* wurde zuerst von J. E. Schulze<sup>1)</sup> im Jahre 1876 festgestellt. Dann wurde es von Fräulein Marie v. Chauvin<sup>2)</sup> bestätigt und in vielen wichtigen Einzelheiten vollständiger beschrieben. Nach diesen Untersuchungen glaubte man allgemein, dass der Grottenolm ausschließlich eierlegend ist und dass das bisherige Geheimnis der Vermehrungsart dieses in so vielen Hinsichten außerordentlich interessanten Tieres völlig aufgeklärt worden ist.

Im Jahre 1877 erschien eine kleine Notiz von R. Wiedersheim<sup>3)</sup>, in der er folgendes mitteilt: „Nach den den Schulze'schen Untersuchungen zugrunde liegenden Anhaltspunkten konnte auch nicht mehr der leiseste Zweifel darüber (d. h. über die Oviparität des Grottenolmes) existieren und ich selbst, der ich bis heute keine eigenen Erfahrungen darüber zu sammeln Gelegenheit hatte, nahm die Sache als feststehend an. Die Wichtigkeit der Fortpflanzung des uns in seiner Entwicklung noch völlig dunklen Ichtyoden veranlasst mich jedoch auf einen, wie es scheint, im Laufe der Jahre ganz in Vergessenheit geratenen Aufsatz von Michahelles aufmerksam zu machen. Derselbe wurde in der „Isis“ 1831 veröffentlicht und verdient, ganz abgesehen von seinem wissenschaftlichen Wert, schon seiner originellen Fassung wegen unser Interesse. Nachdem sich der Verfasser über die Fundorte, die Lebensbedingungen, die Farbe und den Fang des Tieres ausführlich verbreitet hat, teilt er über den Gebärakt desselben ein förmliches Protokoll mit, auf welches ich hier aufmerksam zu machen mir erlauben wollte.“

Im Jahre 1888 beschrieb E. Zeller<sup>4)</sup> die junge Larve von *Proteus* näher; er hat angegeben, dass bei dieser Larve die vor-

1) Zeitschr. f. Wiss. Zool. Bd. XXVI.

2) Zeitschr. f. Wiss. Zool. Bd. XXXVIII.

3) Morphol. Jahrb. 1877.

4) Zool. Anz. 1888.



jeweiligen Injektion auf einzelne Gewebe des Versuchstieres verfolgen.

All diesen Fragen soll eine spezielle Untersuchung gewidmet werden, die jetzt im Gange ist.

## Über das Parietalauge von *Lacerta agilis* und *Anguis fragilis*.

Von Dr. M. Nowikoff.

(Aus dem zoologischen Institut zu Heidelberg.)

(Schluss.)

Sämtliche angeführte Darstellungen der Retinastruktur lassen die Frage über die Verbindung der Retinaelemente mit den Fasern des Parietalnerven ganz offen.

Ich muss gestehen, dass die Zellkerne in der Retina gewöhnlich sehr dicht aneinander liegen und deswegen Zellgrenzen schwer zu erkennen sind. Dennoch ist man auf dünnen (etwa  $5\ \mu$ ), stark gefärbten Schnitten imstande, die einzelnen Bestandteile der Retina zu unterscheiden. Die sichersten Ergebnisse in dieser Hinsicht sind jedoch zu erzielen, wenn man Längsschnitte der Retina (Fig. 6 und 7) mit Querschnitten (Fig. 8) vergleicht. Dieses Untersuchungsverfahren wurde beim Studium der Parietalaugen bis jetzt, soweit mir bekannt ist, gar nicht verwendet.

Wie aus den Figuren 1, 2, 6 und 7 hervorgeht, besteht die retinale Wand der Augenblase von *L. agilis* und *A. fragilis* aus folgenden Elementen: Sehzellen (Sz.), Pigmentzellen (Pz.), Ganglienzellen (Gz.) und Nervenfasern (N.).

Die lang ausgezogenen Sehzellen sind radiär um den Hohlraum der Augenblase angeordnet. Am Grunde des Auges verlaufen sie ganz gerade. In den seitlichen Regionen der Retina sind sie dagegen mehr oder weniger gebogen, bei *L. agilis* (Fig. 2) sogar beinahe V-förmig geknickt. Besonders lang und dünn sind die Sehzellen im Auge von *A. fragilis* (Fig. 1 und 6), wo sie fadenförmig aussehen. Das Zellplasma ist sehr intensiv färbbar und zeigt manchmal eine längsstreifige Struktur. Ich vermochte in den Zellen keinerlei Gebilde zu unterscheiden, die als Stäbchen oder Fibrillen gedeutet werden konnten. Ein runder oder ovaler Kern liegt in der proximalen erweiterten Partie der Zelle. In Augen, bei denen der Durchmesserunterschied zwischen dem kernhaltigen und dem übrigen Teile der Sehzelle gering ist, wie es z. B. bei *L. agilis* (Fig. 7) der Fall ist, sind die Sehzellkerne mehr oder weniger regelmäßig in einer einfachen Reihe oder Schicht angeordnet. In der Retina von *A. fragilis* aber (Fig. 6), in der die fadenförmigen Sehzellen sehr nahe aneinander gerückt sind, beobachtet man auf Längsschnitten zwei bis drei Reihen von Sehzellkernen. Die kernhaltige Partie der Sehzelle verjüngt sich auch

proximalwärts und geht hier in einen dünnen Fortsatz über, nämlich die Nervenfasern. Aus solchen Fasern besteht die sogen. Molekularschicht der Retina. Die Sehzellen verlaufen also nicht durch

Fig. 6.

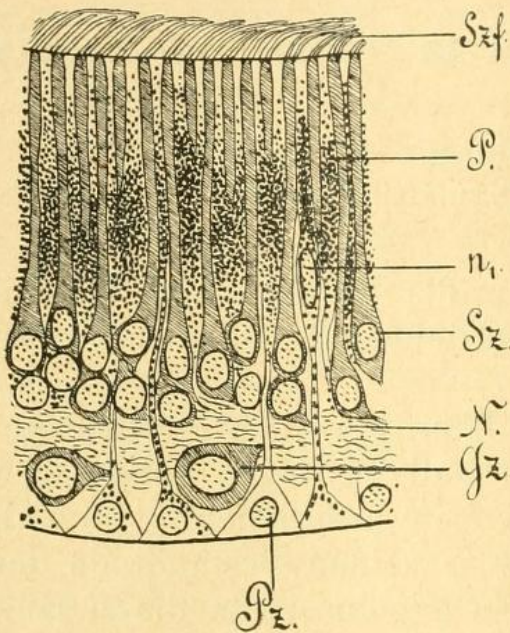


Fig. 6. Längsschnitt durch die Retina des Parietalauges von *A. fragilis*. Vergr. etwa 750.

*Szf* = Fortsätze der Sehzellen, *Sz* = Sehzellen, *Gz* = Ganglienzelle, *Pz* = Pigmentzellen, *P* = Pigment, *N* = Nervenfasern, *n<sub>1</sub>* = der, zwischen den Sehzellen liegende, Kern einer Pigmentzelle.

Fig. 7.

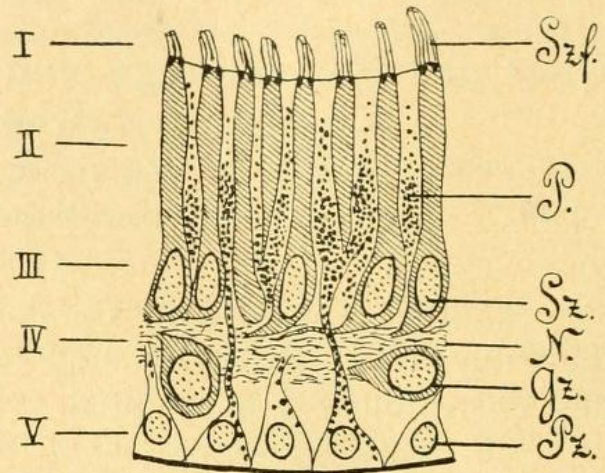
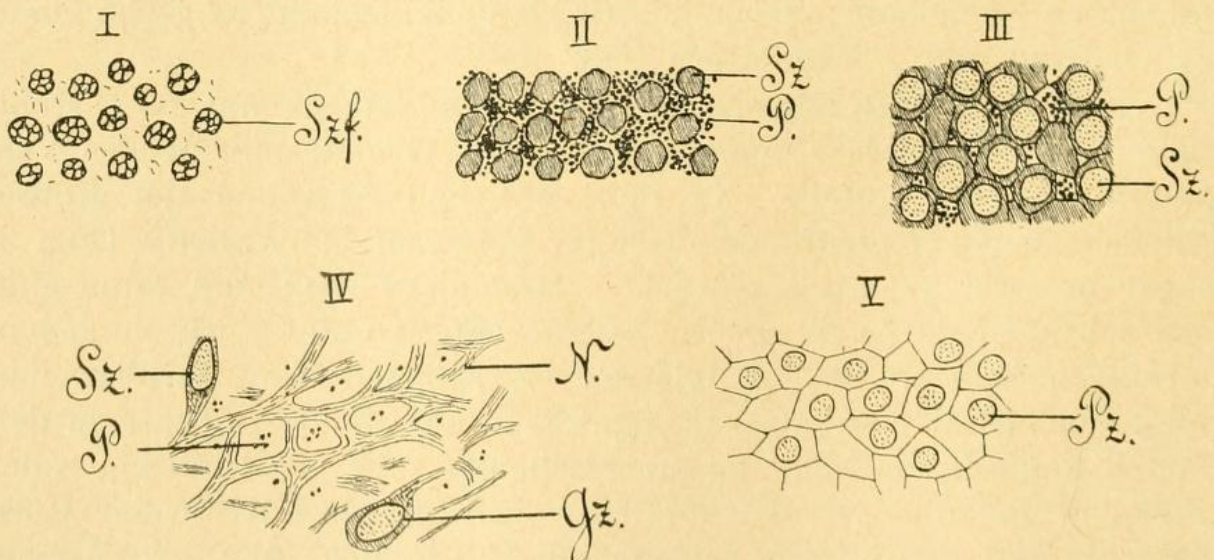


Fig 7. Längsschnitt durch die Retina des Parietalauges von *L. agilis*. Vergr. etwa 750. Buchstabenbezeichnungen wie auf Fig. 6. (Bedeutung der Zahlen I—V siehe Fig 8, I—V.)

Fig. 8.



Querschnitte durch die Retina des Parietalauges von *L. agilis*. Vergr. etwa 750. Buchstabenbezeichnungen wie auf Fig. 6. (Die, den Querschnitten entsprechenden Regionen sind auf Fig. 7 durch die Striche I—V angegeben.)

die ganze Höhe der Augenblasenwand; ihre Höhe beträgt etwa nur  $\frac{2}{3}$  bis  $\frac{3}{4}$  der Blasenwand.

Die distalen Enden der Sehzellen tragen je einen eigentümlichen Fortsatz (Fig. 6, 7, 8 *Szf.*), welcher in das Augenzentrum hineintragt. Diese Fortsätze sind verschieden lang, und erinnern in ihrem

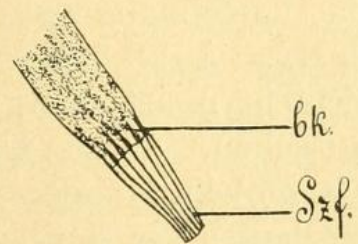
Aussehen etwas an zusammengeklebte Cilien von Flimmerzellen. Auf Fig. 9, welche das distale Ende einer Sehzelle von *Lacerta agilis* bei starker Vergrößerung darstellt, sieht man an der Basis dieser Fortsätze (Szf.) besondere, stark tingierbare Gebilde (Bk.), welche an die Basalkörperchen von Cilien erinnern und die Ähnlichkeit der Sehzellen mit Flimmerzellen noch auffallender machen. Diese Fortsätze sind, meiner Ansicht nach, keine lichtperzipierenden Teile der Sehzellen, sondern beteiligen sich zum Aufbau des Glaskörpers, worauf weiter unten näher eingegangen werden soll.

Es wurde bis jetzt gewöhnlich angenommen, dass das Retinapigment den Sehzellen selbst eingelagert sei. Aus meinen Untersuchungen ergibt sich jedoch ein anderes Verhalten. Schon auf dünneren Längsschnitten, besonders deutlich aber auf Querschnitten durch die Retina (Fig. 8, II, III) sieht man, dass die Sehzellen vollständig pigmentfrei sind. Das Pigment (P.) liegt vielmehr in den Zwischenräumen, welche, wie die Längsschnitte lehren, nichts anderes sind, als die Fortsätze besonderer Pigmentzellen (Fig. 1, 2, 6, 7 Pz.).

Die Pigmentzellen, welche auch als Stützzellen aufgefasst werden können, verlaufen durch die ganze Dicke der Retinawand. In einer erweiterten basalen Partie der Zelle befindet sich der runde Kern, der gewöhnlich kleiner ist als die Sehzellkerne. Die kernhaltigen Basalteile der Pigmentzellen erscheinen auf Längsschnitten (Fig. 6, 7 Pz.) keil- oder birnförmig, auf Querschnitten (Fig. 8 V, Pz.) unregelmäßig polygonal und sind der Membrana limitans externa direkt aufgesetzt. Distalwärts gehen diese Basalteile in dünne fadenartige Fortsätze über, welche zwischen den Sehzellen verlaufen und letztere allseitig umgeben. Die Pigmentzellen reichen bis an die innere Grenze der Retinawand, wie es auf Fig. 1 und 2 zu sehen ist. Ich möchte dazu noch bemerken, dass der Kern nicht immer im Basalteil der Pigmentzelle liegt. Man findet nämlich öfters, wie es auf Fig. 6 dargestellt ist, dass er ( $n_1$ ) sich tiefer in die innere Partie der Retina verschiebt und dort zwischen den Sehzellen liegt; dann ist er auch gewöhnlich stark in die Länge ausgezogen. An seiner Einlagerungsstelle erscheint die dünne Pigmentzelle etwas erweitert.

Die Pigmentzellen bestehen aus einem sehr schwach färbbaren Plasma; ihre Konturen sind gewöhnlich recht schwer zu unterscheiden. Das schwarzbraune körnige Pigment findet sich hauptsächlich in ihrem dünnen, zwischen den Sehzellen gelegenen Teil. Doch kommen Fälle vor, wo das Pigment auch in den basalen Partien der Zellen zu sehen ist, wie ich es auf den Fig. 6 und 7

Fig. 9.



Längsschnitt durch die distale Partie einer Sehzelle aus einem Horizontalschnitt durch das Parietalaug von *L. agilis*. Vergr. etwa 1500. Szf = Fortsatz der Sehzelle, bk = Basalkörperchen.

abgebildet habe. Diese Fälle werde ich an einer anderen Stelle ausführlicher besprechen. Die Pigmentmenge variiert in Augen verschiedener Individuen einer und derselben Art. Im allgemeinen ist sie bei *A. fragilis* viel bedeutender als bei *L. agilis*. Die Enden der Pigmentzellen, welche dem Lumen der Augenblase zugewendet sind, unterscheiden sich von denen der Sehzellen durch den Mangel von Fortsätzen.

Das Pigment des Parietalauges besteht aus runden braunschwarzen Körnchen. Das sogen. weiße oder guaninhaltige Pigment, das Leydig (96, p. 265) im Parietalauge von *Lacerta* beschreibt, konnte ich nie beobachten, wohl deshalb, weil meine Präparate alle mit Säuren, welche das erwähnte Pigment auflösen, behandelt wurden.

Als dritter Bestandteil der Retina kann die sogen. Nervenfaserschicht betrachtet werden (Fig. 6, 7 N.). Diese liegt bei erwachsenen Tieren zwischen der Region der Sehzellenkerne und der der Pigmentzellenkerne und besteht aus den Fortsätzen der Sehzellen. Aus dieser Schicht entspringt der Nervenstrang, welcher das Parietalaug mit der Commissura habenularis verbindet (Fig. 1, 2 N.). Auf Längsschnitten durch die Retina sieht man in dieser Schicht meist quergetroffene Nervenfasern, welche punktförmig aussehen. Dieser Umstand hat die Autoren veranlasst, die Schicht als molekulär oder granulär zu bezeichnen. Ein schönes Bild des Verlaufes der Nervenfasern in dieser Lage erhält man auf geeigneten Querschnitten durch die Retina (Fig. 8 IV). Hier sieht man zahlreiche Stränge (N.), die miteinander netzartig anastomosieren. Die Anastomosen verlaufen in verschiedenen Ebenen. Dies macht das wirkliche Flächenbild der Schicht etwas verwickelter, als ich es auf Fig. 8 IV dargestellt habe, wo die Nervenfasern nur in einer Ebene gezeichnet sind. In den Zwischenräumen des Netzes findet man Pigmentkörnchen; es sind dies sehr schwach konturierte Querschnitte durch Pigmentzellen (P.).

Entweder in der mittleren Höhe dieser Nervenfaserschicht, oder dieser benachbart, liegen oft große Zellen (Fig. 1, 2, 6, 7, 8 Gz.) mit dunklem Plasma und runden oder ovalen Kernen, die in ihrer Größe sämtliche übrige Kerne der Retina übertreffen. Sie gehören zu den schon von mehreren Autoren beobachteten Ganglienzellen. Ich habe in diesen Zellen nie eine Spur von Pigment gesehen. Auf Durchschnitten findet man an den Ganglienzellen einen oder zwei Ausläufer. Ich möchte aber vermuten, dass alle diese Zellen bipolar sind, da sie in ihrem Aussehen den Ganglienzellen der sogen. inneren Körnerschicht der paarigen Augen entsprechen. Diese beiden Zellarten spielen wohl auch physiologisch eine und dieselbe Rolle, d. h. sie dienen als Vermittler bei der Reizübergabe zwischen den Sehzellen und den Nervenfasern. Die Tatsache, dass diese Ganglienzellen in viel geringerer Zahl als die Sehzellen vorhanden sind, widerspricht unserer Auffassung gar nicht, da auch in der Retina

der paarigen Augen (mit Ausnahme der Fovea centralis) zu jeder bipolaren Zelle mehrere Sehzellen gehören. Dadurch entsteht, wie bekannt, eine gewisse Konzentration der Sinneseindrücke, je weiter dieselben in der Retina vordringen<sup>1)</sup>.

Die äußere, dem Körperintegument zugewendete Wand der Augenblase stellt eine durchsichtige **Pellucida** (Fig. 2 Pl.) dar. Bei *A. fragilis* aber (Fig. 1, L), ausnahmsweise auch bei *L. agilis* (Fig. 4), ist diese Pellucida biconvex verdickt und kann dann als Linse bezeichnet werden. Die Grenze zwischen Retina und Pellucida ist bei erwachsenen Tieren immer deutlich (Fig. 1, 2). Die von Leydig (90, p. 460) an dieser Grenze angegebenen, interzellularen Durchgänge, welche den Innenraum der Augenblase mit den das Auge umgebenden Lymphräumen verbinden sollen, hält Studnička (05, p. 136) für „Artefakte, die durch Schrumpfung der Linse resp. auch der Retina bedingt sind“. Auf meinen Präparaten habe auch ich nichts von solchen Spalten beobachtet.

Histologisch besteht die Pellucida aus langen, die ganze Wand der Augenblase durchsetzenden, fadenförmigen Zellen mit kernführenden Erweiterungen und manchmal mit etwas ausgebreiteten keilförmigen inneren oder äußeren Enden. Hier und da findet man in der Pellucida außerdem noch andere, rundliche Zellen oder Zellgruppen, die jedoch von derselben Art wie die fadenförmigen Zellen zu sein scheinen. Die dem Augenumen zugewendeten Zellenden tragen bei *L. agilis* (Fig. 2 Pl.) kurze, einen gestreiften Saumbildende Fortsätze. Im Auge von *A. fragilis* (Fig. 1, L.) dagegen sind diese Fortsätze viel länger und besitzen eine große Ähnlichkeit mit denen der Sehzellen. Ich halte es jedoch für unberechtigt, auf Grund dieser Analogie die Pellucidazellen mit Sehzellen zu identifizieren. Ich möchte vielmehr annehmen, dass die ersteren den Pigmentzellen der Retina entsprechen, und zwar aus folgenden Gründen: erstens verlaufen beide Zellarten durch die ganze Dicke der Augenblasewand; zweitens wird bei vielen Sauriern, unter anderen auch bei *A. fragilis* in den mittleren Zellen der Linse Pigment abgelagert, was, wie wir früher gesehen haben, niemals in den Sehzellen vorkommt. Die Pigmentmenge, welche, nach der Beschreibung von Spencer (86), in der Linse des *Varanus giganteus* so groß sein soll, dass dadurch das Eindringen der Lichtstrahlen zur Retina verhindert wird, bleibt bei *A. fragilis* immer sehr gering (Fig. 1).

Das ganze Lumen der Augenblase zwischen Retina und Pellucida wird durch einen **Glaskörper** (Fig. 1, 2 Gk.) erfüllt, über dessen Bau bis jetzt nur wenig sichere Angaben existieren. Man findet in ihm Gerinnungswölkchen, plasmatische Netze oder Syncytien mit Kernen.

Der Glaskörper stellt jedenfalls ein äußerst zartes Gebilde dar, und schrumpft daher beim Fixieren des Objektes meistens

1) Genaueres darüber in: Graefe-Saemisch. Handbuch der gesamten Augenheilkunde. Leipzig, 22. Lieferung, p. 197.

sehr stark. An einigen, besonders gut gelungenen Präparaten konnte ich jedoch seinen Aufbau ziemlich genau verfolgen. Er besteht nämlich sowohl bei *L. agilis* als auch bei *A. fragilis*, gewöhnlich aus dreierlei Elementen: 1. Fortsätzen der Pellucidazellen, 2. Fortsätzen der Sehzellen und 3. einigen verästelten Zellen, deren Ausläufer miteinander anastomosieren und auf diese Weise ein Netzwerk bilden.

Im Auge der *L. agilis* sind die erstgenannten Elemente sehr schwach entwickelt. Sie bilden auf Längsschnitten des Auges (Fig. 2) einen gestreiften Saum an der inneren Seite der Pellucida. An der Basis dieser Fortsätze befinden sich dunkelfärbbare Körperchen, wie in den Sehzellen, wodurch eine gewisse Ähnlichkeit dieser Bildungen mit Cilien, andererseits aber auch mit dem sogen. Basalsaum des Darmepithels einiger wirbelloser Tiere<sup>1)</sup> entsteht.

Die Fortsätze der Sehzellen haben denselben Bau, doch sind sie mächtiger ausgebildet als die der Pellucidazellen. Die Sehzellen sind, wie schon oben beschrieben wurde, durch Pigmentzellen voneinander getrennt, deswegen bilden auch ihre Fortsätze keinen zusammenhängenden Saum. Jeder zu einer Zelle gehörige Fortsatz besteht aus einigen, scheinbar homogenen Fasern, was man sowohl auf Längs- (Fig. 7 Szf.) als auch auf Querschnitten (Fig. 8 I) beobachten kann. Die, an der Peripherie der Retina gelegenen, Sehzellen besitzen ziemlich lange Fortsätze, welche in den Hohlraum der Augenblase hineinragen. Die Fortsätze der mittleren Sehzellen sind dagegen sehr kurz, was wohl damit in Zusammenhang steht, dass diese Zellen besser als die übrigen der Lichtperzeption angepasst sind.

Die, im Glaskörper (Fig. 2 Gk.) auftretenden, verästelten Zellen enthalten stark färbbares Plasma, dessen Tinktionsweise an die der Seh- und Pellucidazellen erinnert. Die Verzweigungen und Anastomosen dieser Glaskörperzellen treten mit den oben beschriebenen Zellfortsätzen in Verbindung und durchsetzen mehr oder weniger das ganze Lumen des Auges. Sie sehen dem, das Auge umgebenden Bindegewebe sehr ähnlich aus, färben sich jedoch, wie gesagt, mit Mallory nicht blau, wie das Bindegewebe, sondern violett, wie die Seh- und Pellucidazellen. Im Glaskörper der Seitenaugen existieren, wie bekannt, auch zellige Elemente. Diese dringen in das Auge von außen ein und sind mesodermaler Herkunft. Da das Parietalauge aber eine primäre Blase darstellt, welche im Laufe der Entwicklung von ihrer Umgebung total abgeschlossen bleibt, halte ich die Annahme für wahrscheinlicher, dass die Glaskörperzellen hier von der Blasenwand selbst (entweder von der Retina oder der Pellucida) geliefert werden.

In der Mitte des beschriebenen Netzwerkes finde ich in den Augen

1) Ich habe einen solchen Basalsaum auch im Darne von *Limnadia* beobachtet. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, Bd. 78, p. 597.

einiger, von mir untersuchter Lacerten einen Hohlraum, der während des Lebens wahrscheinlich mit Flüssigkeit gefüllt war. Auf Präparaten (Fig. 2) sieht man in demselben ein schwach färbbares Gerinnsel.

Ein solches Gerinnsel fehlte dagegen den sämtlichen von mir untersuchten Parietaläugen von *A. fragilis* (Fig. 1, Gk.). Der Glaskörper ist hier überhaupt etwas anders als bei *L. agilis* gebaut. Bei seiner Bildung spielen die Zellenfortsätze eine viel bedeutendere Rolle. Die Fortsätze der Linsenzellen ragen weit in den Hohlraum des Auges hinein; die der peripheren Retinazellen sind sehr lang, reichen beinahe bis zum Mittelpunkt der Augenblase und laufen etwa parallel der Retinafläche. Nur die im Augen Grunde gelegenen, Sehzellen besitzen ganz kurze Fortsätze, ebenso wie es auch bei *L. agilis* der Fall ist. Der übrige, von allen diesen Fasern frei bleibende Teil der Augenkammer von *A. fragilis* wird von einigen Zellen und deren anastomosierenden Ausläufern erfüllt.

Ich möchte dazu noch bemerken, dass auch in den paarigen Augen der Cranioten der Glaskörper wie die neueren Untersuchungen von Rabl<sup>1)</sup>, Kölliker<sup>2)</sup> u. a. gezeigt haben, vorwiegend aus faserigen Zellfortsätzen der Retina hervorgeht. Diese Fortsätze unterscheiden sich jedoch von den des Parietalauges, dadurch, dass sie sich in der sekundären Augenblase befinden, also von der ursprünglichen Außenfläche der primären Blasenwand entspringen, und ferner nicht von den Sehzellen, wie im Parietalaug, sondern von den Müller'schen Stützzellen ihren Ursprung nehmen.

Auf Grund seiner histologischen Untersuchungen kommt Spencer (86) zum Schlusse, dass das Parietalaug der Saurier als ein rudimentäres Organ aufgefasst werden müsse. Diese Ansicht wurde bis zur jüngsten Zeit auch von anderen Autoren geteilt. „Ziemlich allgemein wird angenommen,“ schreibt Gaupp im Jahre 1897: „dass das Parietalorgan jetzt nicht mehr als nervöses Organ funktioniert, und die Tatsache, dass der Nerv schon embryonal wieder zugrunde geht, ist nicht gerade sehr ermutigend zur Anstellung diesbezüglicher experimenteller Untersuchungen“<sup>1)</sup>. Nur in der neuesten Zeit sind einige, dieser Auffassung widersprechende Angaben erschienen, wie z. B. die oben (p. 368) angeführte Beobachtung von Studnička über das Vorhandensein eines Parietalnerven bei erwachsenen *Lacerta agilis*.

Wenn ich meine Untersuchungen über die Histologie des Parietalauges zusammenfasse, so komme ich zum Resultat, dass

1) C. Rabl. Zur Frage nach der Entwicklung des Glaskörpers. Anat. Anzeig. Bd. 22, 1903.

2) A. Kölliker. Über die Entwicklung und Bedeutung des Glaskörpers. Anat. Anzeig. Bd. 23, Ergänz. 1903.

3) E. Gaupp. Zirbel, Parietalorgan und Paraphysis. Ergebnisse der Anat. und Entwicklungsgesch. Bd. 7, p. 267.

der ganze Bau des Organs eine unverkennbare Beziehung zur Rezeption von Lichtstrahlen zeigt. Die von mir untersuchten, erwachsenen Tiere besitzen einen, das Auge mit dem Gehirn verbindenden Nerv. Die Retina zeigt einen hohen Grad der Vollkommenheit, indem in ihrem Aufbau drei Arten von Zellen vorkommen. Nicht ohne Interesse ist auch die Tatsache, dass die Hauptmasse der Pigmentzellen mit ihren Kernen unterhalb der eigentlichen Retina liegt und nur feine Fortsätze in die Räume zwischen den Sehzellen eindringen. Dadurch wird die, den einfallenden Lichtstrahlen zugewendete Seite der Retinawand beinahe ausschließlich durch phothorezipierende Elemente besetzt. Der Glaskörper besitzt, wie wir oben gesehen haben, in seinem Bau eine gewisse Ähnlichkeit mit dem der hoch organisierten paarigen Augen der Cranioten. Die geringe Pigmentmenge, welche wir in der Linse von *A. fragilis* antreffen, ist jedenfalls nicht imstande, das Eindringen von Lichtstrahlen in das Auge zu verhindern. Wenn wir dazu noch die bekannte durchsichtige Beschaffenheit der sogen. Cornea (d. h. des pigmentfreien Integuments über dem Auge) in Betracht ziehen, so wird es kaum möglich sein, das Parietalauge von *L. agilis* und *A. fragilis* für ein vollkommen rudimentäres Organ zu halten.

Diese Ergebnisse der histologischen Untersuchung haben mich veranlasst, das Parietalorgan auch physiologisch zu prüfen. Von früheren Forschern hat, soweit mir bekannt ist, nur Spencer (86) physiologische Versuche an den Parietaläugen der Eidechsen vorgenommen. Er richtete plötzlich einen starken Lichtstrahl gegen das Parietalorgan der Eidechse, deren seitliche Augen verschlossen waren. Darauf reagierte das Tier gar nicht. Ebenso blieb aber die Eidechse auch ganz bewegungslos, wenn ihre paarigen Augen einer unerwarteten Beleuchtung unterworfen wurden. Aus diesem Experiment war also unmöglich irgend einen Schluss in bezug auf die Funktionsfähigkeit des Organs zu ziehen.

Ich habe auch verschiedene Lichteinwirkungen auf Eidechsen versucht, aber mit demselben negativen Resultat. Beim wiederholten Anzünden und Auslöschten einer elektrischen Lampe in der Dunkelkammer verhielten sich die Tiere vollkommen ruhig im Terrarium. Sogar das Anbrennen von Magnesiumdraht ganz in der Nähe des Terrariums rief keine sichtbaren Bewegungen der Tiere hervor.

Nach diesem Misserfolg versuchte ich, irgend welche Resultate der Lichteinwirkung auf das Parietalauge mikroskopisch nachzuweisen. Zu diesem Zweck habe ich zu gleicher Zeit und unter gleichen übrigen Bedingungen Individuen von *L. agilis* und *A. fragilis* konserviert, von welchen einige etwa 2—3 Stunden vorher in absoluter Dunkelheit, die anderen in vollem Sonnenlicht aufbewahrt



waren. Beim Studium der Schnitte durch die Parietalaugen solcher Tiere konnte ich Unterschiede in der Pigmentverteilung nachweisen. Auf Fig. 1 und 2 sind die im Licht konservierten Augen dargestellt. Hier sieht man, dass die Pigmentkörnchen sich vorwiegend in den innersten Partien der Pigmentzellen, also zunächst dem Augenumen, befinden. Auf diese Weise schützen sie wohl die distalen Teile der Sehzellen vor einer zu starken und diffusen Belichtung. Dasselbe Verhalten des Pigments treffen wir auch auf Fig. 8, wo Querschnitte durch die belichtete Retina von *L. agilis* dargestellt sind.

Ein anderes Bild erhalten wir auf Schnitten durch die dunkel konservierte Retina (Fig. 6 und 7). Hier ist die innerste Retinaschicht pigmentfrei; die Sehzellen sind also den Lichtstrahlen in vollem Maße ausgesetzt. Das Pigment (P.) verschiebt sich dabei hauptsächlich in die mittlere Region der Pigmentzellen, zum Teil auch in die äußeren kernführenden Erweiterungen der Pigmentzellen.

Unabhängig von dem Interesse dieser Beobachtungen für die Beurteilung der Funktionsfähigkeit des Parietalauges ist das Fixieren im Licht und in der Dunkelheit auch vom Standpunkt der mikroskopischen Technik von Nutzen. Bei Anwendung dieser Methode nämlich war es nicht notwendig, die Präparate zu entpigmentieren. Auf den Schnitten durch die im Licht konservierte Retina konnte ich die kernhaltigen Partien der Sehzellen studieren; Schnitte dagegen durch die dunkel konservierte Retina zeigten mit großer Deutlichkeit distale Sehzellregionen.

Gleichzeitig mit diesen Pigmentverschiebungen in der Retina verfolgte ich auch das Verhalten des Pigments einerseits in den paarigen Augen, andererseits in der Haut der hell und dunkel konservierten Tiere. In den paarigen Augen waren Differenzen der Pigmentverteilung ganz deutlich zu sehen, entsprechend den Bildern, welche Engelmann<sup>1)</sup> in der belichteten und verdunkelten Froschetina beobachtet hatte. Dagegen bin ich nicht imstande gewesen, irgend welchen Einfluss des Lichtes auf die Chromatophoren der Haut von *L. agilis* und *A. fragilis* nachzuweisen.

Ich habe schon bei Besprechung der Histologie des Parietalauges auf seine Beziehungen zur Lichtrezeption hingewiesen. Die Pigmentwanderungen zeigen noch eine weitere Anpassung dieser Art und zwar speziell zur Regulierung der Intensität des Lichts. Diese Tatsache, ebenso wie die Analogie des Pigmentverhaltens im parietalen und in den paarigen Augen bilden eine wesentliche Bestätigung für meine oben ausgesprochene Auffassung, dass das Parietalaug von *L. agilis* und *A. fragilis* auch im erwachsenen Zustande noch als lichtempfindliches Organ funktioniert.

---

1) Engelmann. Über Bewegungen der Zapfen und des Pigments der Netzhaut unter dem Einfluss des Lichtes und des Nervensystems. Archiv f. gesamt. Physiologie Bd. 35, 1885.

Die vorliegende Arbeit wurde im Zoologischen Institut zu Heidelberg ausgeführt. Ich sage den Herren Geheimrat Prof. O. Bütschli und Prof. A. Schuberg für ihre freundliche Hilfe meinen herzlichsten Dank.

Heidelberg, im Dezember 1906.

## M. Samter. Das Messen toter und lebender Fische zur Feststellung von Rassenunterschieden.

Archiv f. Hydrobiologie und Planktonkunde. II. 2.

Vf. berichtet über ein neues optisches Verfahren, mittels dessen sehr genaue Messungen an Fischen und anderen größeren Organismen mit Leichtigkeit ausgeführt werden können. Die Methode ist namentlich für die Zoologen völlig neu. Die von Samter ausgeführten Experimente fallen in das Gebiet der Körpermessungen. Im besonderen hat er sich die Aufgabe gestellt, Messungen an solchen Organismen auszuführen, die im natürlichen Zustande eine mehr oder weniger geringe Festigkeit besitzen und darum der Messung mit mechanischen Messwerkzeugen weniger zugänglich sind.

Mit dem Ziele, auch weiche Tierkörper mit möglichster Genauigkeit zu messen und die Messungen bei systematischen Arbeiten (z. B. behufs Feststellung von Rassenunterschieden) auf eine unbeschränkte Anzahl von Individuen ausdehnen zu können, wendet sich die Publikation zur Photogrammetrie, d. h. zur Messung mittels photographisch hergestellter Messbilder von den zu messenden Organismen. Biologie und Systematik sind daher an der Frage nach den Ergebnissen dieser neuen Messmethode gleichmäßig interessiert.

Es werden nun in der vorliegenden Abhandlung nicht etwa Vorschläge gemacht, auf welche Art man zoologische Objekte auf Grund ihrer photographischen Bilder messen könnte, sondern es wird zum ersten Male an konkreten Beispielen (und zwar an der Hand von Fischeaufnahmen) die photographische Messmethode, sowie ihre Resultate und der Wert dargelegt, den sie für den Systematiker sowohl wie für den Biologen erlangen kann. Es geschieht dies dadurch, dass die Messungen sowohl am toten wie am lebenden Fisch zur Ausführung kommen.

Es wurden Fische gemessen, weil der Fischkörper unter den weichen tierischen Organismen noch eine gewisse Festigkeit besitzt und demgemäß für mechanische Messungen ein noch ziemlich günstiges Objekt darstellt; außerdem sollte von vornherein der besondere Fall der Aufnahme von Organismen im Wasser zum Zwecke der Messung behandelt werden.

Um einen Maßstab für die Wertabschätzung der photographischen Messung zu gewinnen, muss zuerst die höchste erreichbare Genauigkeit bei der direkten Messung mittels mechanischen Messwerkzeuges gefunden werden. Aus den hierüber angestellten Versuchen hat sich folgendes ergeben: Bei der mechanischen Messung, die im Gegensatz zur Photogrammetrie sich nur am toten Fisch