

Die drei verschiedenen Formen von Lichtzellen bei Hirudineen.

Mit Demonstration von Neurofibrillenpräparaten nach der Hämatein- und der Nachvergoldungsmethode.

Von St. von Apáthy (Kolozsvár, Ungarn).

Hierzu eine Tafel mit 8 Figuren.

Nomenklatur.

Die Zellen, in welchen ich eine neue Form des Verlaufes der Neurofibrillen hier zuerst näher beschreiben will, habe ich bei Hirudineen allgemein subepidermale Sinneszellen genannt. Insofern solche Zellen auch im Hirudineen-Ocellum die wesentlichsten Bestandteile sind, nannte ich sie auch Retinazellen.

Ich gebe zu, dass der Name Retinazelle nicht genug objektiv ist. Der Name subepidermale Sinneszelle könnte aber für die Hirudineen auch fernerhin beibehalten werden. Er ist vollkommen objektiv und charakteristisch.

Charakteristisch ist er, weil solche Zellen bei den Hirudineen nie in der Epidermis oder in anderen Epithelien vorkommen, ja nicht einmal in irgend einem direkten Zusammenhang mit der Epidermis stehen. Sie liegen meist in dem subepidermalen Bindegewebe, einerlei ob sie einzeln, dort mehr oder weniger dicht eingestreut, oder in Ocellen zu mehreren vereinigt vorkommen. Im letzteren Falle können die distalsten Zellen der Gruppe ganz bis an die Epidermis reichen (z. B. bei *Hirudo*), ohne jedoch mit ihr in Verbindung zu stehen. Dagegen kommen sie vielfach auch in tieferen Körperschichten als in dem subepidermalen Bindegewebe vor. Namentlich bei *Branchellion* finde ich sie auch zerstreut im perivisceralen Bindegewebe, innerhalb der Schicht der Längsmuskulatur. Andererseits giebt es auch keine anderen subepidermalen Sinneszellen bei den Hirudineen als eben diese.

Objektiv ist der Name subepidermale Sinneszelle deshalb, weil er in keiner Weise der möglichen Funktion dieser Zellen präjudiciert. Er nimmt sie nicht für den Gesichtssinn, ja nicht einmal für die Reception von Lichtreizen überhaupt in Anspruch. Selbst gegen die Annahme, dass sie immer zur Reception von Lichtreizen dienen, könnte man nämlich die Thatsache einwenden, dass sie auch an solchen Stellen des Hirudineenkörpers vorkommen, wo sie durch dicke Lagen eines dichten, schwarzen Pigmentes, z. B. im perivisceralen Bindegewebe des Mittelkörpers eines erwachsenen *Branchellion* oder am subösophagealen Teile des Schlundringes eines ebenfalls erwachsenen *Hirudo* (s. w. u.), allseitig vor dem Zutritte des Lichtes geschützt

sind. Dabei ist das Gewebe selbst, in das sie in solchen Fällen eingebettet sind, farblos; sie stehen mit keinem Pigment in unmittelbarem Zusammenhange; im perivisceralen Bindegewebe von *Branchellion* sind sie sogar durch mächtige pigmentlose Gewebsschichten vom Pigmente, welches den Zutritt von Lichtstrahlen zu ihnen verhindert, getrennt. Man kann also nicht einmal annehmen, dass eine Veränderung der vom Licht betroffenen Pigmentzellen als Reiz auf solche subepidermale Sinneszellen übertragen werden könne, wie in Fällen, wo Sinneszellen, allseitig oder wenigstens von der Lichtseite, von Pigment unmittelbar umgeben werden. Dagegen ist der allgemeine Name Sinneszelle der subepidermalen Sinneszellen deshalb objektiv, weil dieselben Zellen, die einzigen spezifischen Bestandteile von Organen, den verhältnismässig hochentwickelten Hirudineen-Ocellen, bilden, welche wir mit demselben Recht wie das Auge eines Hundes Sinnesorgane nennen.

Wäre ich ein Anhänger der Neuronenlehre, so dürfte ich allerdings nicht einmal von Sinneszellen überhaupt sprechen. Für einen orthodoxen Neuronianer, welcher nur das gelten lassen will, was er schwarz auf weiss vor sich hat, giebt es ja nur Nervenzellen, wo ich von epidermalen Sinneszellen, subepidermalen Sinneszellen, subepidermalen Ganglienzellen (Ganglienzellen in meinem Sinne, nach meinen Arbeiten aus 1884, 1885, 1887, 1889, 1891, 1892, 1895, 1897, 1898 und 1900 s. Litteraturliste) und Nervenzellen (in meinem Sinne) spreche. In den allein massgebenden Neuronpräparaten wird eben eine epidermale Sinneszelle, eine subepidermale Sinneszelle und eine subepidermale Ganglienzelle gleich schwarz oder blau aussehen, und dann muss man den proximad verlaufenden, unverästelten Fortsatz des schwarzen oder blauen Fleckes Axon, den distal verlaufenden Dendrit nennen. Es hat nichts zu bedeuten, dass, im Falle der meisten subepidermalen Ganglienzellen, der Axon und der Dendrit ganz gleich beschaffen sind, beide aus je einer Neurofibrille und einem dünnen, nicht protoplasmatischen perifibrillären Mantel bestehen. Nichts hat es zu bedeuten, dass in einem anderen Falle, bei den epidermalen Sinneszellen, der Axon aus einer Neurofibrille und einem dünnen nicht protoplasmatischen perifibrillären Mantel besteht, der Dendrit dagegen der langgestreckte bis an die Cuticula reichende Körper der epithelialen Sinneszelle selbst ist, in welchem eine axiale Neurofibrille dahinzieht, aus der Zelle heraus tretende Seitenäste abgiebt und sich in ebenfalls aus der Zelle heraustretende Endäste auflöst. Was hätte es aber weiter zu bedeuten, dass der Neuronenmann im dritten Falle, bei den subepidermalen Sinneszellen, nur einen, bald proximad, bald distad gerichteten Fortsatz entdecken wird, welcher (ausser etwa einer bindegewebigen Hülle) ebenfalls nur aus Neurofibrille und nicht

protoplasmatischem perifibrillären Mantel besteht und welchen er wohl Axon zu nennen hat, ohne je die Dendriten dieser „Nervenzelle“ zu Gesicht zu bekommen, weil ihm die nur aus je einer äusserst feinen Neurofibrille bestehenden Verbindungen des Neurofibrillengitters zu Ocellen vereinigter benachbarter subepidermaler Sinneszellen für immer verborgen bleiben. Nichts hat es schliesslich zu bedeuten, dass die feinere histologische Beschaffenheit dieser drei Zellarten so grundverschieden ist: für den Neuronenmann sind und bleiben sie Nervenzellen.

Wozu dient aber dann, frage ich, all die Vertiefung unserer histologischen Kenntnisse, wenn man drei so verschiedene Zellarten, wie die subepidermalen Ganglienzellen, die subepidermalen Sinneszellen und die epidermalen Sinneszellen, mit einem Namen bezeichnen darf, welcher, in historisch richtiger Weise gebraucht, auf keine der drei Zellarten angewendet werden sollte? Unter Nervenzellen muss man, um die Prioritätsrechte nicht nur in der systematischen, sondern auch allgemein in der biologischen Nomenklatur zu respektieren, mit Schwann und seinen unmittelbaren Vorgängern, wie ich schon so oft betont habe, diejenigen Zellen verstehen, welche (bei den Wirbeltieren zu mehreren hintereinander gereiht) die Nervenfasern bilden; und zwar brauchen die Nervenzellen, um diesen Namen zu verdienen, nicht notwendigerweise alle histologischen Bestandteile der fertigen Nervenfasern selbst gebildet zu haben; genug, wenn sie die Bildner von gewissen charakteristischen Bestandteilen der Nervenfasern sind. Also ist die Notwendigkeit der Unterscheidung von Nervenzellen und Ganglienzellen (die Ganglienkugeln Schwann's und seiner Zeitgenossen) ganz unabhängig von der Frage, ob z. B. der Achsencylinder der mit Markscheide versehenen Nervenfasern der Wirbeltiere ein Ausläufer einer bestimmten Ganglienzelle oder das Produkt von mehreren Schwann'schen Zellen ist, welche sicher die sonstigen Bestandteile der Nervenfasern gebildet, und welche sicher auch den Achsencylinder weiter zu ernähren haben, also den Namen Nervenzelle auf alle Fälle verdienen.

Demnach glaube ich den Namen subepidermale Sinneszellen bei Hirudineen mit vollem Rechte zu gebrauchen. Deshalb weiss ich nicht, warum sich A. Kowalewsky in seiner neuesten (1900) Arbeit über *Haementaria costata* p. 44 wundert, dass ich die subepidermalen Sinneszellen nicht schlechtlin Sehzellen („cellule visuelle“) nenne, wie R. Hesse, obwohl es sich um dieselben Zellen wie in den Augen handelt, wo ich sie als Retinazellen bezeichne, also „comme appropriées pour la vision“ betrachten müsse. Habe ich aber in dieser Angelegenheit einen Fehler begangen, so besteht dieser nicht darin, dass ich die fraglichen Zellen nicht Sehzellen genannt, sondern eher darin, dass ich die Hirudineen-Ocellen mit beinahe sämtlichen Fachgenossen als Augen bezeichnet habe. Selbst zur Zeit, wo ich

nach Theodor Beer unter dem Joche der „alten, wortarmen, präjudizierenden Nomenklatur“ seufzte, hütete ich mich davor, was von mir Kowalewsky verlangt hatte; ich habe nicht einmal die „Retinazellen“ Sehzellen genannt, und ich freue mich nur, dass ich die Funktion der subepidermalen Sinneszellen in keiner Hinsicht durch ihre Bezeichnung spezifiziert hatte. So konnte ich auch nicht jene Schwierigkeiten empfunden haben, welche Theodor Beer (p. 10 des Sonderabdruckes) als „geradezu beklemmend“ erscheinen lässt in seiner auf grosser Erfahrung und breiter litterarischer Basis gegründeten geistvollen Zusammenfassung unserer Kenntnisse über „Primitive Sehorgane“.

Wenn ich jetzt dennoch einen anderen Namen für die subepidermalen Sinneszellen der Hirudineen annehme, so geschieht dies nur deshalb, um sie mit einem Namen zu bezeichnen, welcher gleichzeitig auch auf ähnliche Zellen anderer Tiere passt. Am ähnlichsten sind vielleicht die von Hesse zuerst beschriebenen (mir schon vorher bekannten und in alten Goldpräparaten wiederholt demonstrierten) und von ihm auch dort ab und zu „Sehzellen“ genannten Gebilde bei den Lumbriciden, welche sich zum Teil unterhalb der Epidermis, im perivisceralen Bindegewebe, befinden, zum Teil aber in der Epidermis, zwischen die basalen Hälften der Epidermiszellen eingekeilt, gelegen sind. Sie können also nicht allgemein subepidermal genannt werden.

Sehzellen will ich sie nicht nennen, weil das Sehen ein subjektives Empfinden ist. Aus den uns bis jetzt bekannten Thatsachen können wir nur so viel mit ziemlichem Rechte folgern, dass Lichtreize bei dem betreffenden Tiere in erster Linie durch Vermittelung der fraglichen Zellen die Veränderungen im Nervensystem hervorrufen, welche gewisse Bewegungen auslösen. Lichtstrahlen haben nämlich dann im höchsten Grade diese Wirkung, wenn sie Körperteile treffen, in welchen sich Ocellen oder zerstreute Sinneszellen jener Art in grösster Anzahl befinden. Deshalb begrüsse ich mit Freude den von Theodor Beer vorgeschlagenen objektiven und international brauchbaren Namen Photoreceptor für Organe, welche die Wirkung des Lichtes auf das Nervensystem in irgend einer Weise vermitteln. Da nun z. B. eine subepidermale Sinneszelle der Hirudineen wahrscheinlich auch für sich allein, ohne irgendwelche Zuthat, zu dieser Vermittelung fähig ist, so möchte ich die Photoreceptoren in einzellige und mehrzellige einteilen. Dann ist ein einzelliger Photoreceptor eine Photoreceptionszelle. Dieser Ausdruck kann durch verschiedene, dem Geiste der betreffenden Sprache angepasste, Benutzung des Wortes Photoreceptor leicht übersetzt werden. Deutsch kann man aber kurz Lichtzelle sagen, wie schon Hesse 1896 diese Zellen bei den Lumbriciden (p. 410) genannt hat. (Bei den Hirudineen spricht er 1897 nur von Sehzellen.) Beer spricht von Photirzellen und nennt die Funktion

solcher Organe statt Photorecipiren (Licht empfangen) kurz Photiren. Photiren scheint mir aber ein unmögliches Wort zu sein. Wenn es überhaupt etwas bedeuten könnte, so wäre das wohl leuchten und nicht, wie es sollte, Licht empfangen. Eine Photirzelle wäre eine Leuchtzelle. Dagegen kann das Wort Lichtzelle ganz gut eine Zelle bedeuten, welche irgendwie dem Lichte angepasst ist, zum Auffangen des Lichtes dient (ad normam Regenschirm).

Histologischer Nachweis der Sinneszellennatur der Lichtzellen.

R. Hesse hat die Wandlungen, welche die Deutung der Lichtzellen in den Hirudineen-Ocellen im Laufe der Zeit erfuhr, 1897 eingehend geschildert. Nur eines erwähnt er nicht, dass ich nämlich der erste gewesen bin, welcher zwingende Beweise für die Sinneszellennatur der Lichtzellen erbrachte. In meinem Vortrag auf dem Leidener Zoologen-Congress habe ich 1895 die Neurofibrillengitter in den Lichtzellen (sowohl in den Retinazellen als auch in den zerstreuten subepidermalen Sinneszellen) und die Verfolgbarkeit der in jenes Gitter eintretenden Neurofibrillen bis in den Schlundring hinein eingehend geschildert und an Nachvergoldungs- und Hämateinpräparaten demonstriert. Der Auszug meines Vortrages ist in den Congressberichten schon in der ersten Hälfte 1896 erschienen. Doch sagt Hesse in seiner im April 1897 erschienenen Arbeit u. a. auf p. 278, dass ich die Natur der „grossen hellen“ Zellen als Sinneszellen völlig verkannt habe. Er gründet diese Behauptung auf meine 1888 erschienene „Analyse der äusseren Körperform der Hirudineen“, in welcher mir allerdings mehrere Irrtümer unterlaufen sind, in welcher ich aber nur nebenbei ein Wort über jene Zellen fallen liess und mich mit der feineren Beschaffenheit der Hirudineen-Ocellen überhaupt nicht beschäftigte. Dabei hat Hesse selbst gar keine histologischen Beweise der Sinneszellennatur der Lichtzellen gebracht. Die kleinen zipfelförmigen Fortsätze, welche Hesse an die Lichtzellen hinzeichnet, sind erstens keine naturgetreue Wiedergabe des Präparates, und zweitens konnten sie, selbst wo sie Hesse in einen Nerv verfolgte, keineswegs mit Sicherheit als „Nervenfortsatz“ bezeichnet werden. Ein sicheres Kriterium, dass ein solches von einer Zelle entspringendes Fädchen ein Nerv ist, giebt nur der Nachweis der Neurofibrillen im Fortsatz und in der Zelle selbst. Davon konnte aber bei der von Hesse befolgten Technik keine Rede sein.

Als ich meine, aus technischen Gründen leider erst 1897 erschienene Arbeit „Das leitende Element etc.“ im Sommer 1896 in Napoli niederschrieb, beschränkte ich mich auf die Beschreibung

und Wiedergabe meiner schon in Leiden demonstrierten Präparate. In meinen Zeichnungen befindet sich keine Zelle, welche nicht die Wiedergabe eines bestimmten, wirklich existierenden Individuums wäre, und auch alles, was in die Zelle überhaupt hineingezeichnet ist, stimmt bis auf den kleinsten Strich mit dem Präparate überein. Wo dies aus irgend einem Grunde nicht der Fall ist, habe ich es eigens angegeben. Dagegen dürfte unter den 26 Figuren von Hesse keine einzige sein, welche eine bestimmte Stelle eines existierenden Präparates genau decken würde. Bei Hesse ist alles mehr oder weniger schematisiert, ich will nicht sagen falsch. Hesse ist ja ein vorzüglicher und gewissenhafter Beobachter. Aber keine seiner Figuren giebt nur das Präparat, alle geben auch mehr oder weniger von der subjektiven Auffassung des Autors wieder. Und doch tragen manche Figuren den unverkennbaren Stempel des schlechten Präparates an sich. Aus diesem Grunde geben zum Beispiel die Figuren 20, 21, 22 und 23 ganz falsche Bilder von der feineren Beschaffenheit der Lichtzellen im *Hirudo*-Ocellum.

Diese Umstände erwähne ich, um die grossen Unterschiede der Hesse'schen und meiner Abbildungen desselben Gegenstandes zu erklären. Es sind eben bei uns beiden nicht nur die Präparationsmethoden, sondern auch die Methode der wissenschaftlichen Abbildung eines mikroskopischen Präparates sehr verschieden. Ich glaube aber, ein unbefangener Vergleich unserer Beschreibungen und Abbildungen wird zeigen, dass ich viel weiter in die feinere Beschaffenheit der Lichtzellen vorgedrungen bin als Hesse, dessen Resultate ich beim Verfassen meiner Arbeit noch nicht kennen konnte, und dass der bei Hesse noch fehlende zwingende Beweis der Sinneszellennatur der Lichtzellen von mir schon 1895 erbracht wurde¹⁾.

Verteilung der Lichtzellen im Hirudineenkörper.

Zu dem, was über diesen Gegenstand schon früher bekannt war und was ich darüber in meiner Arbeit 1897 mitteilte, möchte ich hier noch einige für Hirudineen neue Thatsachen hinzufügen.

Ich habe schon oben erwähnt, dass ich auch im perivisceralen Bindegewebe der Hirudineen Lichtzellen gefunden habe. Besonders entwickelt sind solche bei *Branchellion*. Ich möchte eine dieser Lichtzellen demonstrieren, welche acht 10 μ dicke Schnitte einer sagittalen Schnittreihe durch das hintere Körperviertel eines 5 cm langen (also schon sehr grossen) *Branchellion*.

1) Auch ich muss allerdings hier erwähnen, dass Hesse in einer kleinen Notiz zu seiner Arbeit über *Amphioxus* (1898), p. 367 sein Versehen in loyaler Weise eingestanden hat. Er giebt zu, dass meine Angaben weit über das hinausgehen, was er über die Histologie dieser Gebilde beibringen konnte.

chellion einnimmt (Präparat 1898:114a:31. Objektträger). Figur 1 zeigt den dritten, Figur 2 den sechsten, Figur 3 den achten Schnitt dieser Zelle bei einer 700fachen Vergrößerung und Nachvergoldung. Die Zelle ist durch einen sehr langen Stiel mit einem dünnen Nervenast verbunden.

In zwei Präparaten (1898:110a:20 und 21) zeige ich bei einem jüngeren *Branchellion* zwei Lichtzellen, welche durch je einen kurzen Stiel mit einem Hauptaste des dritten rechtsseitigen Nervenstammes des Schlundringes zusammenhängen. Die collagene Neurilemmhülle des Nerven geht direkt auf den Stiel und von diesem in die ziemlich dicke Hülle der Lichtzelle über. Die Gliahülle der einzelnen Nervenfasern des Stammes geht auf den Stiel nicht über. Dieser enthält je zwei starke Neurofibrillen, welche stark divergierend in die Lichtzelle eintreten. Die Neurofibrillen sind im Stiel von einer geringen Menge Perifibrillärsubstanz umhüllt, welche sich an der Oberfläche der Lichtzelle verliert.

Drittens will ich in einer sagittalen Schnittreihe durch den Vorderkörper von *Hirudo* (Präparate 1896: 228a:5,6 und 7) 2 grössere Gruppen von Lichtzellen demonstrieren. Die eine, rostralere, Gruppe befindet sich an der Wurzel des aus dem Schlundringe entspringenden rechtsseitigen 3. Nervenstammpaares; die andere, caudalere, Gruppe ebendort zwischen dem 4. und 5. Nervenstamm. Beide Gruppen bestehen aus je 10 grösseren und einigen kleineren Lichtzellen. Sie befinden sich innerhalb der collagenen Neurilemmhülle, welche die Nervenstämme umgiebt und in die Neurilemmhülle des Ganglions unmittelbar übergeht. Einzelne Zellen schieben sich zwischen die Ganglienzellenpakete des Schlundringes ein durch die gemeinsame Gliahülle der Ganglienzellengruppen; zwischen die Ganglienzellen dringen sie aber nirgends ein.

Auf diese Weise kann ich die von Hesse 1896 bei Lumbriciden nachgewiesene Verlagerung der Lichtzellen an den Nervenstämmen bis in das Centralnervensystem auch bei anderen, verschiedenen Hirudineen demonstrieren. Eine Einverleibung der Lichtzellen durch das Centralnervensystem innerhalb der Gliahülle, wie es bei den ebenfalls durch Hesse zuerst richtig gedeuteten Lichtzellen von *Amphioxus* vorliegt, habe ich bei Hirudineen nicht gefunden. Bei *Amphioxus* sind sie auch mit einem Pigmentbecher verbunden, und Hesse nennt sie 1898 Becheraugen. Bei den Hirudineen sind die centralwärts verlagerten Lichtzellen nirgends mit Pigment verbunden.

Ich möchte gleich hier besonders hervorheben (was ich übrigens nach zahlreichen eigenen Präparaten auch von den Lumbriciden behaupten kann), dass die in das Centralnervensystem verlagerten Lichtzellen der Hirudineen durchaus dieselbe feinere Beschaffenheit haben, wie auf der Peripherie, z. B. die subepidermal zerstreute oder in den Ocellen vereinigte. Auch

die Verteilung der Neurofibrillen in ihnen und ihr Reichtum an denselben ist ganz gleich. Dem Grade der Verlagerung irgendwie entsprechende oder überhaupt wahrnehmbare Uebergänge zwischen einer Lichtzelle und Ganglienzelle kommen, so viel ich weiss, nicht vor.

Hesse sieht nämlich in dieser Verlagerung der Lichtzellen eine phylogenetische Zwischenstufe nicht nur für die Vereinigung sensorischer „Nervenzellen“ zu einem Spinalganglion, wie dies nach früheren Befunden 1892 schon Lenhossék postulierte, sondern auch für die Umwandlung ursprünglich im Epithel gelegener „Nervenzellen“ in centrale „Nervenzellen“. Das Beispiel der Lumbriciden und der Hirudineen zeigt aber nur, dass Zellen, welche auf der Peripherie bereits Sinneszellen gewesen sind, auch in das Centralnervensystem verlagert solche bleiben und, als solche, wie *Amphioxus* zeigt, sogar eine grosse physiologische Rolle spielen können. Die Neuronenlehre aber, welche den grossen histologischen Unterschied zwischen einer Sinneszelle und einer Ganglienzelle ganz vernachlässigt und beide schlechthin „Nervenzelle“ nennt, möchte eine und dieselbe Zellart bald die Funktion einer Sinneszelle, bald die einer Ganglienzelle verrichten sehen. Dazu wird sie in den obigen Befunden kaum eine Stütze finden.

Histologische Beschaffenheit der Lichtzellen, abgesehen von den enthaltenen Neurofibrillen.

Ich habe zu dem, was ich in dieser Hinsicht für die einerseits bei *Pseudobranchellion*, andererseits bei *Hirudo* typisch vorkommenden 2 Formen von Lichtzellen schon 1897 mitteilte, kaum etwas hinzuzusetzen. Den 3., vielleicht am besten bei *Pontobdella* und *Branchellion* ausgeprägten Typus, mit welchem ich mich in meiner Arbeit 1897 nicht beschäftigte, hat Hesse, soweit es seine technischen Mittel erlaubten, richtig beschrieben. Hier möchte ich deshalb nur einige kleine Irrtümer Hesse's und anderer Autoren berichtigen.

Zunächst soll wieder eine Nomenklaturfrage aufgeworfen werden. Hesse und nach ihm Theoder Beer sprechen vom Binnenkörper der Lichtzelle, sie sprechen aber auch vielfach von Vacuolen der Lichtzelle.

Diesen Körper habe ich Glaskörper genannt, dachte aber keineswegs an einen dioptischen Apparat der Zelle, wie diejenigen Forscher, welche seiner Zeit die ganze Gruppe von Lichtzellen des Hirudineen-Ocellums Glaskörper nannten, an den Glaskörper des Wirbeltierauges dachten. Ich wollte mit diesem Namen nur die homogene und stark lichtbrechende Beschaffenheit, welche der Körper im lebenden Zustande zeigt, andeuten.

Man sieht sie z. B. bei jungen, noch pigmentarmen *Pontobdella* und *Branchellion* im Saugnapfe als rundliche oder bohnenförmige glänzende Dinge durch die übrigen Gewebe schimmern. Doch stimme ich Theodor Beer darin gerne zu, dass der Name leicht zu einem irrthümlichen Vergleich mit dem Glaskörper des Wirbeltierauges führt. Deshalb will ich von nun an den ganz indifferenten Namen Glanzkörper gebrauchen. Binnenkörper will ich das Ding deshalb nicht nennen, weil ich diesen Namen für die centrale Zone des Glanzkörpers brauche, welche vielfach, am schönsten bei *Pseudobranchellion*, als ein besonderer, differenzierter Körper erscheint.

Dagegen ist der Ausdruck „Vacuole“ hier ganz zu verwerfen. Es handelt sich nämlich nicht um einen von einer Flüssigkeit erfüllten Hohlraum in der Zelle, sondern um einen kompliziert beschaffenen Körper, um ein komplexes Zellenorgan, welches aus typisch angeordneten morphologischen, also nicht flüssigen, Bestandteilen besteht.

Hesse sagt 1897 p. 275, alle „Sehzellen“ der Hirudineen gleichen sich darin, dass in ihrem Plasma vacuolenartige Bildungen auftreten. „In vielen Fällen, nämlich bei den Rhynchobdelliden und bei *Nephelis* haben die Vacuolen eine besondere Wandung, die durch eine scharfe Grenze vom Zellprotoplasma getrennt ist und im übrigen aus einem meist dunkel färbbaren Plasma besteht; bei den Hirudiniden fehlt jedoch den Vacuolen eine eigene Wand, sie sind hier vielmehr unmittelbar vom Zellplasma umgeben.“

Ich habe 1897, als 2 voneinander verschiedene typische Formen, die Lichtzellen von *Pseudobranchellion* und *Hirudo* auf p. 659—684 sehr eingehend, und zwar nach sehr verschiedenen Fixierungen und besonders nach der Nachvergoldung und Hämateinfärbung der Neurofibrillen, beschrieben. Diese Schilderung muss ich der Hesse'schen gegenüber in allen Punkten aufrecht halten.

Das „dunkel färbbare Plasma“, welches nach Hesse die Vacuole umgibt, gehört zu dem Glanzkörper selbst und bildet jene Zone desselben, welche ich radiär gestreifte Zone genannt habe, aber auch ebenso gut Stiftchenzone nennen könnte. Dieses „dunkel färbbare Plasma“ soll nach Hesse (1896, p. 400) bei den Lumbriciden nach aussen in das übrige Protoplasma der Zelle, nach innen in das „helle Innere des Binnenkörpers“ allmählich übergehen; bei den Hirudiniden soll es überhaupt keine besondere Protoplasmazone in der Umgebung der „Vacuole“ geben. Von einer radiären Streifung dieser Zone bei den Lumbriciden ist in den Zeichnungen von Hesse gar nichts zu sehen; nicht einmal bei *Hirudo* will Hesse das Vorhandensein von radiär zur Oberfläche der Vacuole gerichteten Stiftchen zugeben. Auf p. 272 sagt er 1897: „Die Wand selbst besteht aus einer Lage

lichten Protoplasmas, das eine unregelmässige Anordnung senkrecht zur Zelloberfläche zeigt, jedoch nicht etwa eine deutliche radiäre Streifung. Die Grenze dieser Plasmawand ist durchaus nicht glatt und scharf, sondern unregelmässig, wie es die Figuren 20 und 21 zeigen.“

In Wirklichkeit ist der Glanzkörper überall (also auch bei Lumbriciden) sehr scharf nach aussen begrenzt; allerdings hat er nirgends (wie Hesse bei den Rhynchobdelliden glaubt) eine besondere Membran, sondern nur eine verdichtete und deshalb stärker gefärbte, aber in derselben differenzierenden Farbe wie die Grundsubstanz des Glanzkörpers darstellbare Grenzschicht. Diese Grenzschicht ist bald mehr (z. B. bei *Pseudobranchellion*, *Pontobdella* und *Branchellion*), bald weniger (z. B. bei *Hirudo*) ausgeprägt, sie fehlt aber nirgends. Ebensowenig fehlen irgendwo die Stiftchen in der „stärker färbbaren“ Zone des Glanzkörpers.

Es ist lediglich Sache einer guten Fixierung und Färbung, die scharfe äussere Begrenzung und die Stiftchen des Glanzkörpers darzustellen. Bei *Hirudo* hat Hesse offenbar deshalb keine Grenze zwischen der unmittelbaren Umgebung der „Vacuole“ und dem „sonstigen“ Protoplasma der Zelle gesehen, weil der verhältnismässig sehr grosse Glanzkörper von einer sehr dünnen Zone „gewöhnlichen“ Zellprotoplasmas umgeben ist. Sobald nun die Stiftchenzone nicht färberisch differenziert ist, muss sie mit der undifferenzierten, protoplasmatischen Zone der Lichtzelle im mikroskopischen Bilde verschmelzen. Hesse hätte sie höchstens über dem höcker- oder wulstförmigen Vorsprung des Protoplasmas gegen den dadurch eingebuchteten Glanzkörper unterscheiden können. Die Stiftchenzone wird aber dadurch differenziert, dass die Stiftchen entweder eine besondere Färbung annehmen oder dass sie sich, wenn auch nicht different, so doch intensiver färben, während die Grundsubstanz des Glanzkörpers, welche sich zwischen den Stiftchen in der Stiftchenzone befindet, nahezu farblos bleibt. Keines scheint in den Präparaten von Hesse erfolgt zu sein.

Ich betone also noch einmal, dass die radiär zur Oberfläche des Glanzkörpers gestellten Stiftchen nicht aussen auf dem Glanzkörper, sondern im Glanzkörper liegen; sie bestehen nicht aus Protoplasma, sondern aus einer besonderen, auch färberisch differenzierbaren Substanz; sie sind überall, wo ich in Lichtzellen bis jetzt Glanzkörper gefunden habe, vorhanden und sie sind konstante, nicht mit dem Funktionieren der Zelle, je nach dem verschiedenen Zustand, verschwindende oder entstehende Gebilde.

Letzteres muss ich deshalb hervorheben, weil Theodor Beer (p. 51 des Sonderabdruckes) einen Befund Prenant's erwähnt, nach welchem die „Radiärstreifung der Vacuolenwand“ erst in den mittleren Zellen des *Hirudo*-Ocellums, im Pigment-

becher, auftritt, während die oberen, in der Becheröffnung und an der Epidermis, keine Radiärstreifung aufweisen. Das könne als Funktionszeichen gelten. „Es könnten“ — sagt Theodor Beer — „die obersten Photirzellen — ähnlich wie in der Haut die Epidermiszellen — fortwährend absterben, „vom Licht verbrannt“ und aus dem nachgeschobenen Bildungsmaterial in der Tiefe des Pigmentbeckers ersetzt werden.“

Davon kann bei den Hirudineen keine Rede sein. Nirgends habe ich an der Oeffnung der Pigmentbecher irgendwie veränderte, „verbrannte“ Lichtzellen gesehen. Im Gegenteil! Sie sind dort nicht nur am grössten, sondern auch das Neurofibrillengitter ist in ihnen dort vielleicht am reichlichsten entwickelt, und die radiären Stiften sind in ihnen ebenso deutlich, wie in der Mitte oder auf dem Grunde des Pigmentbeckers in den bereits ganz ausgebildeten Lichtzellen. Ein Nachschub aus der Tiefe ist schon deshalb nicht möglich, weil es auf dem Grunde des Pigmentbeckers keine entsprechende Anzahl jugendlicher Lichtzellen giebt, und ich, obwohl ich mehrere Hundert *Hirudo*-Ocellen von verschieden alten Tieren untersucht habe, nie eine einzige als solche erkennbare Lichtzelle in Teilung fand. Andere, embryonale Zellen, welche zu Lichtzellen werden könnten, giebt es in den Ocellen ebenfalls nicht. Ich mache auf die von mir 1897 schon besonders betonte Thatsache aufmerksam, dass bei *Pseudobranchellion margói* jedes Ocellum typisch neun Lichtzellen enthält, einerlei ob man ganz kleine oder grosse, erwachsene Tiere untersucht. Die Lichtzellen im *Hirudo*-Ocellum sind allerdings verschieden gross; so sind aber auch die zerstreuten Lichtzellen sowohl als auch die epidermalen Sinneszellen bei einem und demselben Tiere. Dass es auf dem Grunde des Pigmentbeckers kleinere Lichtzellen in grösserer Anzahl als an der Oeffnung des Pigmentbeckers giebt, denn auch dort giebt es solche, kann eine einfache mechanische Erklärung finden.

Prenant's Befund wird wohl einfach darauf beruhen, dass die der Oberfläche näher gelegenen Zellen am Becherrande meist einen anderen Fixierungszustand zeigen, als die tiefer liegenden auf dem Grunde des Pigmentbeckers. Uebrigens ist die Sichtbarkeit der radiären Stiften nicht eo ipso mit einer sonst gewöhnlich gut genannten Fixierung verbunden. Wenn Hesse sagt, dass sein Präparat so gut fixiert war, dass selbst die Sinnesfortsätze der epidermalen Sinneszellen erhalten geblieben sind, so hat das für den Nachweis der radiären Stiften noch gar nichts zu bedeuten. Erstens muss eine gute Fixierung der Sinnesfortsätze der epidermalen Lichtzellen keineswegs notwendigerweise mit einer guten Fixierung und spezifischen Färbbarkeit der radiären Stiften der Lichtzellen Hand in Hand gehen: Essigsäurezusatz zu dem Sublimat wirkt z. B. bis zu einer gewissen Grenze für erstere vorteilhaft, für letztere entschieden nachteilig.

Zweitens ist die gute Fixierung der Oberfläche eines Gegenstandes (also hier der Sinnesfortsätze) noch keine Bürgschaft für die gute Erhaltung tiefer liegender Zellen. Die Tiefe, bis zu welcher unsere gegenwärtigen Fixierungsmittel eine naturgetreue Fixierung der Zellen erlauben und Entmischungsphänomene ausschliessen, wechselt nach meinen Erfahrungen zwischen 100 und 300 Mikren. Darüber könnte man schon lange hinaus sein, um, ausser nach gelungener Injektion des Fixierungsmittels, in der Mitte von kubikcentimetergrossen Gewebstücken anständig fixierte Zellen zu suchen.

Die Lichtzellen von *Pontobdella* und *Branchellion*, welche ich als Beispiele für den dritten Typus der Lichtzellen wähle, unterscheiden sich, zunächst abgesehen von der Anordnung des Neurofibrillengitters in ihnen, von denen von *Pseudobranchellion* (und auch *Glossiphonia*), dem ersten Typus, und denen von *Hirudo*, dem zweiten Typus a) in der Zahl, Form und Grösse der Glanzkörper, b) in der Beschaffenheit, Lage und Grösse des Kernes.

Der Glanzkörper der Lichtzellen. Typus *Pontobdella*.

Während im Typus *Pseudobranchellion*, *Glossiphonia* und *Hirudo* die entwickelte Lichtzelle nur je einen Glanzkörper enthält, befinden sich im Typus *Pontobdella* deren mehrere, welche den excentrisch, aber nicht an der Peripherie gelegenen Kern, ausgenommen von der der Peripherie der Lichtzelle genäherten Seite, umgeben. In der in Figur 1, 2 und 3 abgebildeten Lichtzelle von *Branchellion* befinden sich drei Glanzkörper. In den in Figur 4 und 5 abgebildeten Lichtzellen einer jungen, unlängst ausgeschlüpften *Pontobdella* befinden sich ebenfalls je drei Glanzkörper. Bei *Branchellion* seltener, bei *Pontobdella* sehr oft, giebt es auch mehr wie drei Glanzkörper. Bei jungen *Pontobdellen* zählte ich gelegentlich sechs voneinander deutlich getrennte. Bei älteren scheinen mehrere früher getrennte Glanzkörper miteinander zu verschmelzen.

Um die Zahl und Form richtig zu beurteilen, muss man entweder intakte Lichtzellen vor sich haben oder diese aus einer lückenlosen Schnittreihe, im Geiste wenigstens, rekonstruieren. Namentlich in älteren Lichtzellen haben die Glanzkörper oft eine sehr verwickelte Form. In jugendlichen Zellen sind sie meist rund oder oval, höchstens bohnenförmig; in solchen besteht der später einheitliche Glanzkörper selbst bei *Hirudo* aus mehreren kugelligen Stücken. Man muss indessen sehr acht geben, um bei so jungen Tieren künstliche Vacuolen mit Glanzkörpern nicht zu verwechseln. Andererseits verschmelzen selbst bei *Pontobdella*, wie gesagt, in älteren Lichtzellen mehrere Glanzkörper miteinander, und es kommen solche zu stande, in welchen ein zusammenhängender Glanzkörper enthalten ist. Einen, und zwar verhältnismässig grossen, Glanzkörper fand ich endlich auch in den

jüngsten, noch weit von dem Ausschlüpfen aus der Eikapsel (dem sogenannten Cocon) entfernten, Entwicklungsstadien von *Pontobdella*, in welchen ich die Lichtzellen als solche erkennen konnte. Später wird der Glanzkörper verhältnismässig viel kleiner, da das Protoplasma der Lichtzelle zu dieser Zeit, bis zum Ausschlüpfen des Tieres, rascher zunimmt. Allmählich treten mehrere Glanzkörper unabhängig voneinander in der Zelle auf. Im allgemeinen nehmen die Glanzkörper in jugendlichen Lichtzellen verhältnismässig viel weniger Raum ein als in den vollkommen erwachsenen.

So scheint der verhältnismässig kleine, einheitliche, kugelige Glanzkörper von *Pseudobranchellion* die unterste Stufe einer phylogenetischen Entwicklungsreihe behauptet, und der sehr grosse, beinahe die ganze Zelle einnehmende und nur von einer wulst- oder höckerförmigen Ansammlung von Protoplasma eingebuchtete Glanzkörper von *Hirudo* die höchste Stufe erreicht zu haben. In der Mitte stehen auch in dieser Hinsicht einerseits die Lichtzellen von *Pontobdella* und *Branchellion*, andererseits, mit einem etwas grösseren, meist bohnenförmigen Glanzkörper, die von *Glossiphonia*.

Der Kern der Lichtzellen. Typus *Pontobdella*.

Die Beschaffenheit des Kernes der Lichtzellen erinnert auch bei *Pontobdella* und *Branchellion*, ebenso wie bei *Pseudobranchellion* und *Hirudo*, stark an die der Kerne der Ganglienzellen des betreffenden Tieres. Demnach ist er in den Lichtzellen von *Pontobdella* und *Branchellion*, ebenso wie bei *Pseudobranchellion*, gross, während er bei *Hirudo* sehr klein ist; so gross, wie bei *Pseudobranchellion* ist er jedoch nicht, obwohl die Kerne der Ganglienzellen von *Pontobdella* und *Branchellion* verhältnismässig vielleicht noch grösser sind als bei *Pseudobranchellion*. Er erscheint, wenn auch excentrisch gelagert, nie an die Wand der Zelle gedrückt, wie bei *Hirudo*, wo er meist sogar ziemlich abgeplattet ist und nie in die gegen den Glanzkörper hervorspringende Anhäufung der Protoplasmas hineingelangt, in welcher er eine kugelige Gestalt erlangen könnte.

Was die Form des Kernes betrifft, so ist er zwar nie so unregelmässig gelappt und konkav-konvex wie bei *Pseudobranchellion*, er ist aber auch nie ganz kugelig, zwar stets isodiametrisch, doch nie ganz regelmässig. Bei *Hirudo* ist er stets etwas oval. Wo er bei *Hirudo*, eine ganz gleiche Fixierung vorausgesetzt, eine sehr deutliche Kernmembran, ein sehr auffälliges, an die Membran gedrücktes, einheitliches, achromatisches Kernkörperchen und sonst nur wenig Gerüstwerk als Inhalt aufweist, zeigt er bei *Branchellion* und *Pontobdella*, ebenso wie bei *Pseudobranchellion*, eine kaum wahrnehmbare Membran, mehrere kleinere, undeutliche, achromatische Kernkörperchen und eine stark chromatische dichte Granulastruktur.

Form und Grösse der Lichtzellen. Typus *Pontobdella*.

Die frei im Bindegewebe liegenden Lichtzellen sind (wie schon Hesse angegeben hat) bei *Pontobdella* und *Branchellion* mehr oder weniger kugelig wie die von *Pseudobranchellion* und *Hirudo*. Bei den ersteren sind sie etwas grösser, als bei den letzteren. Bei *Pseudobranchellion* und *Hirudo* erreichen sie ungefähr dieselbe Grösse, bei der Mehrzahl der Lichtzellen des erwachsenen Tieres wechselt der Durchmesser zwischen 40 und 70 μ , bei *Pontobdella* erreicht dieser 80, bei *Branchellion* sogar 100 μ . Bei jungen Tieren sind die Lichtzellen im Verhältnis zur Körpergrösse stets auffällig gross. Bei eben ausgeschlüpften Pontobdellen und bei etwa 10 mm langen Branchellien erreichen manche schon 40 μ .

**Die Verteilung der Neurofibrillen in den Lichtzellen
besonders bei *Pontobdella* und *Branchellion*.**

Auch bei Typus *Pontobdella* tritt in der Regel je eine Neurofibrille in jede Lichtzelle ein, jedoch nicht immer von der Seite, wo der Kern liegt; die Neurofibrille befindet sich bei *Branchellion* in einer recht dicken und auffälligen bindegewebigen Scheide, welche eine direkte Fortsetzung der Neurilemmscheide des betreffenden Nervenastes ist und unmittelbar in die dicke bindegewebige Membran der Lichtzelle übergeht. Diese Membran besteht aus einer Grundsubstanz und aus deutlichen, bei Nachvergoldung rötlichen Fibrillen, welche nicht lang und recht grob sind, aber etwas undeutliche Konturen besitzen und sich an ihren Enden auffasern und miteinander verfilzen. Sie sind sehr leicht von den Neurofibrillen (aber auch von Gliafibrillen) zu unterscheiden.

Die Neurofibrille verzweigt sich entweder sofort in mehrere Aeste (s. Figur 4 bei *Pontobdella*), von welchen einer direkt zu dem Kern zieht, die anderen zunächst mehr peripherisch bleiben; oder die Neurofibrille verzweigt sich nicht sofort, sondern legt eine Strecke unverzweigt in der Lichtzelle zurück, um sich weiter in solche Aeste zu spalten, welche, schon miteinander durch Seitenäste verbunden, alle zu dem Kern ziehen. Diese Neurofibrillen bilden dicht um den Kern herum eine Gitterkugel mit ziemlich kleinen Maschen. Von dieser Gitterkugel ist in Figur 2 bei *Branchellion* (700fache Vergrösserung) eine äquatoriale Zone in Projektion auf das Zeichenfeld gezeichnet. Daher die den Kern dicht umgebende, mit Knötchen besetzte schwarze Linie. Die Knötchen sind die optischen Querschnitte der auf- und absteigenden Balken des Gitters. Die in der Schnittdicke enthaltene obere Kalotte der Gitterkugel ist nicht eingezeichnet.

Aus der perinucleären Gitterkugel gehen radiäre Neurofibrillen gegen die Peripherie der Sinneszelle und nehmen ihren Weg entweder zwischen den in einem Bogen um den Kern herum angeordneten Glanzkörpern oder neben diesen, sie dringen aber nirgends in den Glanzkörper ein. In der Nähe der Oberfläche der Lichtzelle verzweigen sie sich und bilden, indem ihre Zweige in die Zweige von anderen aus der perinucleären Gitterkugel kommenden oder gleich von der eintretenden Neurofibrille abgegebenen Äeste übergehen, eine weitmaschigere äussere Gitterkugel.

Sowohl die perinucleäre als auch die äussere Gitterkugel ist vollkommen in sich geschlossen; beide zeigen überall dreischenkellige Knotenpunkte. Sie sind also keine Geflechte von sich nur kreuzenden Neurofibrillen, sondern wirkliche Polygongitter, wie ich diese Gebilde bei den Hirudineen in Ermangelung eines besseren Ausdruckes zu nennen pflege¹⁾.

Die von dem Binnengitter zu dem Aussengitter ziehenden Neurofibrillen sind bei *Pontobdella* nur selten durch paratangentele Balken verbunden, wie man sich schon an der zu demonstrierenden Schnittreihe überzeugen kann, aus welcher die in Figur 4 und 5 abgebildeten Lichtzellen gewählt sind. Dagegen sind bei *Branchellion* paratangentele Verbindungen der radiären Neurofibrillen um so häufiger. Manchmal ist das Binnengitter zwar deutlich gesondert, aber zwischen diesem und dem Aussengitter ist das Protoplasma der Lichtzelle von Balken eines einheitlichen Gitterwerkes mit allerdings ziemlich weiten Maschen in jeder Richtung durchzogen. Dieses diffuse Gitterwerk ist dann nach aussen durch das Aussengitter vollkommen abgeschlossen. Einen solchen Fall zeigt die zu demonstrierende Schnittreihe einer grossen Lichtzelle im perivisceralen Bindegewebe bei *Branchellion*. Es handelt sich um eine sagittale Serie. Figur 1 zeigt die die Schnittdicke von 10 μ nicht ganz ausfüllende mediale Kalotte der Zelle mit dem Aussengitter. Die sich kreuzenden Neurofibrillen liegen in verschiedenen Ebenen. An ihren scheinbar freien Enden sind sie nur durchschnitten und die verbindenden Stücke liegen im folgenden Schnitt. Die schon erwähnte Figur 2 zeigt dieselbe Zelle drei Schnitte weiter mit äquatorialem Durchschnitt des Kernes. Figur 3 zeigt die Zelle noch drei Schnitte weiter;

1) Ich weiss wohl, dass eine solche Beschränkung der Bedeutung des Wortes Gitter etwas willkürliches ist; aber auch andere Kunstausdrücke sind vielfach dadurch entstanden, dass man den alltäglichen Gebrauch eines Wortes in bestimmter Weise einschränkte. Nervengitter könnte griechisch Neurokinklis oder mit einer wohl erlaubten Aenderung der Endung Neurokinklion genannt werden. Für dickere Lagen von sich nur verfilzenden Nervenfibrillen haben wir den His'schen Ausdruck Neuropilion, Nervenfilz. Demgegenüber möchte ich eine mehr flächenhafte Ausdehnung von sich nur kreuzenden, an den Knotenpunkten ineinander nicht übergehenden Nervenfibrillen ein Nervennetz nennen, griechisch vielleicht Neurodiktyon. Also Neuropilion, Neurodiktyon und Neurokinklion.

wo der Kern nicht mehr getroffen ist. In der Mitte sieht man den unregelmässig eiförmigen Durchschnitt einer Vertiefung der Oberfläche, welche sich seitlich in die Zelle einsenkt.

Ich muss betonen, dass es keinen regelmässigen Dickenunterschied der Balken des Binnengitters und des Aussengitters giebt, und es treffen in den Knotenpunkten meist gleich dicke Schenkel zusammen. Bei der abgebildeten Zelle von *Branchellion* ist die eintretende Neurofibrille um ein bedeutendes dicker als die Aeste, in welche sie sich zunächst spaltet. Bei den weiteren Verästelungen findet jedoch keine regelmässige Dickenabnahme statt, und die Summe der Dicken der Aeste ist viel grösser als die Dicke der Stammfibrille. Bei den abgebildeten Lichtzellen von *Pontobdella* ist nicht einmal die eintretende Neurofibrille bedeutend dicker, als die meisten Balken des intracellulären Gitterwerkes. Die Gleichheit der Dicke der Neurofibrillen ist auch nicht, als Minimum der unterscheidbaren Dimension, von der Apertur des benutzten Objektivsystems bedingt. Ich zeige und zeichne reine Absorptionsbilder bei der gegenwärtig maximalen praktisch noch benützbaren Apertur 1,40 des Beleuchtungskegels und des Objektivsystems, bei Projektion des Bildes der Lichtquelle in die untere Objektivöffnung, und ich habe im zweiten Teile meiner Mikrotechnik nachgewiesen, dass es unter solchen Bedingungen keine Grenze der Unterscheidbarkeit der Dimension giebt. In der That kann ich der hochansehnlichen Versammlung bei derselben Anordnung Neurofibrillen demonstrieren, welche viel dünner erscheinen als die dünnsten in den zu demonstrierenden Lichtzellen.

Dies muss deshalb hervorgehoben werden, weil mehrere Kritiker meiner Nervenlehre es als ein Postulat derselben erachten, dass die Neurofibrillen bei ihren Verzweigungen immer dünner werden. Sie vermessen in meinen Zeichnungen eine regelmässige Abnahme der Dicke der sich verzweigenden Neurofibrillen. Sie bedenken aber nicht, dass die wirklichen Neurofibrillengitter gerade dadurch entstehen, dass die Neurotagmen aus den parallelen Längsreihen, welche sie in einer Neurofibrille bilden, in verschiedenen Richtungen heraustreten und sich, durch Assimilation wachsend, in dieser veränderten Anordnung weiter vermehren. Die Neurofibrillen verästeln sich zum Teil durch Spaltung, zum Teil aber, wie die Blutgefässe, durch Hervorsprossen neuer Aeste. (S. meine Erwiderung an Garbowski 1898.)

Obwohl auch bei Typus *Pontobdella* in der Regel je eine Neurofibrille in jede Lichtzelle eintritt, so kommen hier doch gewisse Abweichungen vor. Bei der in Figur 2 abgebildeten Zelle entsteht diese Neurofibrille aus Verschmelzung von drei dünneren Neurofibrillen, welche wieder durch Spaltung einer einheitlich aus dem betreffenden Nervenstamm herausgetretenen Fibrille entstanden sind. Doch sind mir bei *Branchellion* mehrere

Fälle begegnet, wo zwei solche Neurofibrillen in die Lichtzelle eintreten, welche aus entgegengesetzten Richtungen aus dem Nerv kommen und erst, nachdem sie aus diesem herausgetreten sind, durch eine gemeinsame Scheide vereinigt werden, welche sie zur Lichtzelle führt. Einen solchen Fall will ich in dem oben erwähnten Präparat demonstrieren. An einer der betreffenden zwei Lichtzellen ist ein zweiter, dünnerer, weniger scharf konturierter Fortsatz zu sehen, welcher eine äusserst dünne Neurofibrille führt.

Die eine der im Stiele vereinigten Neurofibrillen ist hier vielleicht als eintretende, die andere als austretende anzusehen; die eine leitet vielleicht cellulipetal, die andere cellulifugal. Sonst pflegen an verschiedenen Punkten mehrere sehr dünne Neurofibrillen aus dem Gitter der Lichtzelle herauszutreten, welche schwer zu demonstrieren sind. Solche feine Neurofibrillen verbinden auch benachbarte Lichtzellen miteinander.

Diese Anordnung der Neurofibrillen fand ich bei *Pontobdella* bereits in sehr jungen Lichtzellen (schon vor dem Ausschlüpfen des Tieres aus der Eikapsel) vor, wo die Glanzkörper erst am Anfange ihrer Entwicklung standen. Dasselbe kann ich von *Hirudo* und *Pseudobranchellion* behaupten. Die Dicke der Neurofibrillen erreicht schon in ziemlich jungen Lichtzellen ein gewisses Maximum. Es werden später nur die Maschen des intracellulären Gitterwerkes zahlreicher und grösser.

Die Figuren 1—5 geben, wie gesagt, reine Absorptionsbilder wieder. Die durch Nachvergoldung des mit meiner Sublimat-Osmiummischung fixierten Präparates dargestellten Neurofibrillen (im Präparat vollkommen schwarz, mit kaum wiederzugebender Schärfe hervortretend) wurden, soweit sie im betreffenden Schnitt enthalten sind, bei 700facher Vergrösserung, ganz genau eingezeichnet, nur in Figur 2 wurden die über dem Kern liegenden weggelassen. Die sonstige Struktur der Lichtzellen habe ich nur angedeutet.

Zusammenfassung. Die drei Typen von Lichtzellen bei den Hirudineen.

Die Lichtzellen der Hirudineen (und, soweit meine bisherigen Beobachtungen reichen, auch der Lumbriciden) besitzen folgende gemeinsame Merkmale:

Alle sind, wenn ihre Form durch den Druck benachbarter Zellen nicht beeinflusst ist, kugelig oder etwas ellipsoidisch. Bei *Pseudobranchellion*, *Hirudo*, *Pontobdella* und *Branchellion* erreichen sie auch nahezu dieselbe Grösse: 70 — bei *Pseudobranchellion* — bis 80, seltener — bei *Pontobdella* — 100 μ Durchmesser). Eine eigene Zellmembran besitzen sie nicht,

sie sind aber oft von einer besonderen fibrillären und scharf abgegrenzten bindegewebigen Hülle, welche verschieden dick und auffällig sein kann, umgeben. Alle besitzen ein oder mehrere Glanzkörper. Die Glanzkörper sind spezifische Zellenorgane; sie bestehen aus lauter Bestandteilen, welche nicht Protoplasma, sondern vom Protoplasma deutlich differenzierbare Zellprodukte sind. Vielleicht die wichtigsten Bestandteile sind bis $4\ \mu$ lange und verschieden, bis $1\ \mu$, dicke Stiften, welche, in radiärer Richtung nebeneinander gelagert und voneinander durch meist breitere Intervalle als sie selbst getrennt, eine peripherische Zone des Glanzkörpers einnehmen und nach aussen an eine dichtere Grenzschicht stossen. Eine besondere Membran besitzen die Glanzkörper nicht. Jede Lichtzelle besitzt einen Kern, welcher ebenso beschaffen ist, wie die Kerne der Ganglienzellen des betreffenden Tieres. In jede Lichtzelle tritt eine Neurofibrille (selten zwei) ein, welche sich in der Lichtzelle verzweigt und in ein typisch angeordnetes Gitterwerk von Neurofibrillen mit nicht notwendigerweise wesentlich verschieden dicken Balken übergeht. Die Neurofibrillen des Gitterwerkes treten weder in den Kern noch in die Glanzkörper irgendwo ein. Das Neurofibrillengitter ist in jungen Lichtzellen bereits in typischer Anordnung vorhanden zu einer Zeit, wo die Glanzkörper erst anfangen sich zu entwickeln. Die einzelnen Balken des Neurofibrillengitters erfahren in der postembryonalen Entwicklung keine namhafte Verdickung; es nimmt nur die Zahl und, bis zu einer gewissen charakteristischen Grenze, die Weite der Maschen des Gitterwerkes zu. Bei verwandten Gattungen und innerhalb einer Gattung steht die Dicke der Balken und die Weite der Maschen in umgekehrtem Verhältnis zur Entwicklung des Lichtsinnes. Als eklantante Beispiele dafür will ich vergoldete Augenschnitte bei *Hirudo* und *Haemopsis* Savigny zum Vergleich demonstrieren.

Die gemeinsamen Merkmale kommen bei den Lichtzellen der Hirudineen in drei verschiedenen Formen zum Ausdruck, und es lassen sich drei Typen von Lichtzellen aufstellen, zwischen welchen allerdings die jungen Entwicklungsstadien und die späteren postembryonalen Veränderungen gewisse Uebergänge bemerken lassen:

Typus *Pseudobranchellion*: Verwirklicht die niedrigste phylogenetische Stufe der Lichtzellen der Hirudineen. Verhältnismässig kleiner, kugelig Glanzkörper in der einen Hälfte der Zelle. Sehr grosser Kern seitlich vom Glanzkörper in der anderen Hälfte der Zelle. Die Neurofibrille tritt von der Seite des Kernes ein. Ein einheitliches Neurofibrillengitter umgibt Kern und Glanzkörper; das Gitter läuft hinter dem Glanzkörper in mehrere freie Neurofibrillen aus, welche die Zelle zu verlassen scheinen. Kommt auch bei *Nephelis* (und, mit bohnenförmigem Glanzkörper, bei *Glossiphonia*) vor.

Diesen Typus will ich in einem Hämateinpräparat nach Fixierung mit Pikrinschwefelsäure demonstrieren. Figur 6 ist eine halbschematische Abbildung einer mittelgrossen Lichtzelle von *Pseudobranchellion* bei einer 100fachen Vergrösserung.

Typus *Pontobdella*: Verwirklicht die mittlere Stufe. Etwas excentrischer mittelgrosser Kern. Mehrere meist bohnenförmige Glanzkörper, die den Kern nach innen zu umgeben und ihre Konkavität dem Kern zuwenden. (In alten Tieren können mehrere Glanzkörper zu einer unregelmässigen Form verschmelzen, welche dann einen grösseren Teil der Lichtzelle einnimmt). Eintrittsstelle der Neurofibrille nicht immer von der Kernseite. Zwei flächenhaft ausgebreitete Neurofibrillengitter und zwar ein Innengitter mit engeren Maschen, den Kern, als geschlossene Gitterkugel, dicht umgebend, und ein Aussengitter mit weiteren Maschen an der Peripherie der Zelle, durch radiäre Neurofibrillen mit dem Innengitter verbunden. (Paratangientiale Verbindungen zwischen den radiären Fibrillen und Anastomosen auch zwischen diesen Verbindungen können, besonders bei alten *Branchellion*, vorkommen, und dann ist ein besonderes Aussengitter nicht mehr ausgeprägt): *Pontobdella*, *Branchellion*, *Cystobranchus* und andere Ichthyobdelliden.

Diesen Typus will ich in Goldpräparaten, bei *Branchellion* nach Sublimat-, bei *Pontobdella* nach Sublimat-Osmium-Fixierung demonstrieren. Figur 7 ist eine schematische Darstellung dieses Typus bei 1000facher Vergrösserung.

Typus *Hirudo*: Verwirklicht die höchste Stufe. Sehr grosser einheitlicher, durch Anhäufung des Protoplasmas an einer Stelle nierenförmig mehr oder weniger eingebuchteter Glanzkörper. Das sonstige Protoplasma bildet eine sehr schmale peripherische Zone der Lichtzelle. Kern klein, peripherisch, etwas abgeplattet, nie in dem protoplasmatischen Vorsprung, mit diesem weiter gegen die Mitte der Zelle gerückt. Eintrittsstelle der Neurofibrille verschieden. Ein gemeinsames, Kern und Glanzkörper umspinnendes, ringsum geschlossenes Neurofibrillengitter dicht unter der Oberfläche der Zelle in einer Lage ausgebreitet. Einzelne dickere Balken können in den protoplasmatischen Vorsprung eintreten. Sehr feine radiäre Neurofibrillen scheinen aus dem Gitter und aus der Zelle herauszutreten: *Hirudo*, *Haemopsis* Savigny (= *Aulastoma* Moquin-Tandon).

Diesen Typus will ich in Goldpräparaten nach Sublimat-Alkohol-Fixierung bei *Hirudo* und *Haemopsis* demonstrieren. Figur 8 ist eine halbschematische Darstellung einer mittelgrossen Lichtzelle von *Hirudo* bei 1000facher Vergrösserung.

Verzeichnis der genauen Titel der erwähnten Arbeiten.

1884. Apáthy, Stefan, Studien über die Histologie der Najaden. (Ungarisch: Tanulmány a Najadeák szövettanáról.) Naturwissenschaftliche Abhandlungen, Ungarische Akademie der Wiss., Budapest, Bd. XIV, p. 121, 102 Fig. (Értekezések a Természettudományok köréből. Magyar. Tud. Akad.)

1885. Derselbe, Wachstum und Regeneration des glatten Muskelgewebes. (Ungarisch: A sima izomzat gyarapodása és pótlódása.) Ebenda, Bd. XV, p. 1—24, 26 Fig.

1887. Derselbe, Studien über die Histologie der Najaden. Biologisches Centralblatt, Bd. VII, p. 621—630. (Auszug der Arbeit von 1884.)

1889. Derselbe, Nach welcher Richtung hin soll die Nervenlehre reformiert werden? (Histologisches und Histogenetisches.) Ebenda, Bd. IX, p. 527—538, 600—608, 625—648.

1891. Derselbe, Ueber den histologischen und physiologischen Unterschied zwischen Nervenzellen und Ganglienzellen. (Ungarisch: A dúczsejtek és az idegsejtek közötti különbségről.) Therapie, Budapest (Gyógyászat), Jahrg. 1891, p. 17.

1891. Derselbe, Ueber die Schaumstruktur, hauptsächlich bei Muskel- und Nervenfasern. Biologisches Centralblatt, Bd. XI, p. 78—88.

1892. Derselbe, Contractile und leitende Primitivfibrillen. Mitteilungen a. d. zoologischen Station zu Neapel, Bd. X, Heft 3, p. 355—375, Taf. 24.

1895. Derselbe, Ueber das leitende Element des Nervensystems und seine Lagebeziehungen zu den Zellen, bei Wirbeltieren und Wirbellosen. Comptes Rendu des séances du troisième congrès international de Zoologie, Leide, 16.—21. Sept. 1895, p. 132—136.

1897. Derselbe, Das leitende Element des Nervensystems und seine topographischen Beziehungen zu den Zellen. Mitteil. a. d. zool. Station Neapel, Bd. XII, p. 495—748, Taf. 23—32.

1898. Derselbe, Bemerkungen zu Garbowski's Darstellung meiner Lehre von den leitenden Nervenelementen. Biologisches Centralbl., Bd. XVIII, p. 704—713

1898. Derselbe, Ueber Neurofibrillen. Proceedings of the IV. international congress of Zoology, Cambridge, p. 125—141.

1898. Derselbe, Die postembryonalen Veränderungen der leitenden Elemente des Nervensystems. Értesítő. Sitzungsberichte d. med. naturw. Sektion des Siebenbürgischen Museumsvereins, II. naturw. Abt., Bd. XX, p. 107.

1900. Derselbe, Ueber postembryonale Vermehrung und Wachstum der Neurofibrillen. Anatomischer Anzeiger, Supplementband zu Bd. XVIII, p. 211—213.

1901. Beer, Theodor, Ueber primitive Sehorgane. Wiener klinische Wochenschrift, Jahrg. 1901, No. 11, 12 und 13.

1896. Hesse, Richard, Untersuchungen über die Organe der Lichtempfindung bei niederen Tieren. I. Die Organe der Lichtempfindung bei den Lumbriciden. Zeitschrift f. wissensch. Zoologie, Bd. LXI, p. 393—419, Taf. XX.

1897. Derselbe, Dasselbe, II. Die Sehorgane der Hirudineen. Ebenda, Bd. LXII, p. 247—283, Taf. 33—34.

1898. Derselbe, Dasselbe, IV. Die Sehorgane des Amphioxus. Ebenda, Bd. LXIII, p. 361—369, Taf. 24.

1892. Lenhossék, Michael, Ursprung, Verlauf und Endigung der sensiblen Nervenfasern bei *Lumbricus*. Archiv f. mikroskopische Anatomie, Bd. XXXIX, p. 102—136, Taf. 5.

1900. Ruffini, A., Apáthy, St., Sulle fibrille nervose ultraterminali nelle piastre motrici dell' uomo. Revista di patologia nervosa e mentale. Anno 1900, p. 433—444.