

## L. Ranvier, Die Hornhaut.

Leçons d'anatomie générale faites au collège de France. Année 1878 — 1879: Terminaisons nerveuses sensitives, Cornée. — Paris 1881. (Leçons recueillies par M. Weber).

Nach dem Studium der Nervenstränge und der motorischen Nervenendigungen, die den Gegenstand seiner frühern Vorlesungen bildeten<sup>1)</sup>, beginnt R. mit dem Studium der Hornhaut das der sensiblen Nervenenden und der sie tragenden Organe.

Nach dem einleitenden ersten Vortrage, welcher einer theoretischen Erörterung über die Rolle der Hypothese in der Wissenschaft gewidmet ist, untersucht Verf. in seiner zweiten Vorlesung die Frage der Entwicklung des Nervensystems und insbesondere die Theorien über die Entwicklung der Nerven. Hensen's Theorie des allmählichen in die Länge ziehens einer Brücke zwischen Perceptions- und Receptionsnervenzelle, die aus der Teilung einer und derselben Sinnesepithelzelle entstammen würde, verwirft Verf. aus Gründen, die dem Studium über Nervenregeneration entlehnt sind, und namentlich wegen der Tatsache, dass die Nervenfasern nach ihrer Durchschneidung durch Sprossen wachsen. Schwann's Theorie des Aneinanderreihens von distinkten Zellen, die von Engelmann wieder aufgenommen wurde, ist nicht stichhaltig, denn der Axencylinder ist absolut kontinuierlich; die von R. entdeckten, durch die „Schnürringe“ abgegrenzten Teilstrecken betreffen nur die Umhüllungen des Axencylinders, welcher selbst ungeteilt durch sie hindurehgeht wie der Faden durch die auf ihn aufgereihten Perlen. Ranvier's Knospungstheorie, eine von Hensen schon gehegte, aber sofort verworfene Vermutung, findet in den Experimenten über Nervenregeneration triftige Beweise; und die vorliegende Arbeit wird deren noch mehr beibringen.

In kurzen Zügen werden in der dritten Vorlesung unsre Kenntnisse von der Entwicklung des Organs dargelegt, und alsdann zu einer kritischen Durchsicht der Literatur geschritten, welche nicht weniger als drei Vorlesungen in Anspruch nimmt. Um in einem so ausgedehnten Material Ordnung zu schaffen, unterscheidet R. drei Perioden, die nach dem zu der betr. Zeit am meisten gebrauchten mikroskopischen Reagens benannt werden. Es sind: die Periode der Essigsäure bis zum Jahre 1861 (Reichert, Toynbee, Virchow, Bowman etc.), die Periode des Silbers von 1861 bis 1867 (Recklinghausen, {His,} Hoyer, u. a. m.), endlich die Periode des Goldes bis heutzutage.

**Bindegerüste.** Das Experimentalstudium beginnt alsdann mit der Frage: Wie ist die Durchsichtigkeit der Hornhaut zu er-

1) Leçons sur l'histologie du système nerveux. (Paris 1878 Savy édit.) und Leçons d'anatomie générale 1877—1878 (Paris 1880. J. Baillièrre et Fils.)

klären, da sie doch aus denselben Elementen besteht wie die Haut? Zwei Möglichkeiten sind vorhanden: Entweder sind die an und für sich durchsichtigen Elemente in einer gleichbrechenden Flüssigkeit (wie Gläserchen in Canadabalsam) eingeschlossen, oder es sind gleichbrechende Elemente in absolutem Kontakt miteinander: die durch Druck entstehende Trübung — eine altbekannte, ja an einem ganzlosen halbtrockneten Stück der Membran, also ganz ohne Spur von Flüssigkeitsaustritt zu beobachtende Erscheinung, — ist, wie schon Bowman behauptete, einer Aenderung der Hornhautfasern<sup>1)</sup> und nicht etwa einer Verschiebung der Lamellen zuzuschreiben: man kann diese durch Ziehen (mittels einer Pincette an zwei entgegengesetzten Punkten, dessen einer den vordersten und der andere den hintersten Schichten angehörig) sehr stark über einander verschieben, ohne Trübung hervorzurufen, falls man nur langsam genug zieht.

Die Hornhautfasern unterscheiden sich von denen des gewöhnlichen Bindegewebes durch die colloïde Eigenschaft, in Wasser ungemein stark aufzuquellen, weshalb sie durch die gewöhnliche Methode der Maceration in Wasser sich nicht demonstrieren lassen. Die von Rollet angegebenen Reagentien (Kalk- und Barytwasser) machen die Quellung noch stärker und infolge dessen die Fibrillen vollkommen unsichtbar. Recht geeignet zur Demonstration des fibrillären Baues der Hornhaut ist das Zerzupfen nach vorheriger Fixirung in Osmiumsäuredämpfen (durch Aufhängen in der feuchten Kammer während 1 oder 2 Stunden über 1 cem. einer einprocentigen Lösung).

---

1) Eine endgiltige Erklärung dieser Drucktrübung verdanken wir v. Fleischl (Ueber eine optische Eigenschaft der Cornea, Wiener Akad. 1. Juli 1880); sie liegt in der Doppelbrechung der gespannten Fasern, eine Eigenschaft, welche die Hornhaut mit allen fibrösen Geweben teilt. Die doppelbrechenden gewordenen Elemente nehmen einen andern Brechungsindex an, und dadurch wird das Licht beim Uebergang aus diesen doppelbrechend gewordenen Elementen in ihre Umgebung und umgekehrt reflektirt. Von den Beweisen v. Fleischl's heben wir heraus: 1) das Auftreten der Doppelbrechung im Momente der Spannung und 2) das gleichzeitige Sichtbarwerden der gespannten und nur dieser Fasern unter dem Mikroskop. Für das Detail der sinnreichen Experimente s. das Original.

Die Druckcapacität ist eine bekannte Erscheinung des Glaukomanfalls. Hier verbinden sich Nebenerscheinungen, die am losen Auge durch langfortgesetzten Druck nachzuahmen sind (das Auge werde mittels eines Schraubstocks gleichmässig zusammengedrückt). Es sind: eine Unebenheit der Oberfläche durch das Entstehen von minimalen Bläschen, welche dann bersten und das Beschlagen des Epithels mittels einer Unmasse von Flüssigkeitströpfchen, die man unter dem Mikroskop constatirt. Dass aber das Epithel bei der fraglichen Trübung nicht in Betracht kommt, beweist ihr sofortiges Verschwinden beim Glaukom infolge der Druck herabsetzenden Paracentese, und, wie v. Fleischl schon zeigte, ihr unverändertes Bestehen nach vollkommener Entfernung des Epithels, das sich am ganzen Auge bei fortgesetztem Druck leicht in toto abschälen lässt. N.

Die Fibrillen selbst sind zu Bündeln gruppiert und diese zu Blättern, in welchen die Faserrichtung zumeist senkrecht ist auf die der Nachbarblätter. Am besten ist diese Anordnung zu beobachten an einer flach ausgebreiteten Froshornhaut, die vorher  $\frac{1}{2}$  Stunde lang in  $55^{\circ}$  warmem Wasser, in Glas eingeschlossen, gelegen hat, ihres Epithels beraubt und Joddämpfen ausgesetzt worden ist. Die verschiedene Faserrichtung in den auf einander folgenden Ebenen lässt bei rascher Bewegung der Mikrometerschraube Wirbelfiguren entstehen (Fuchs). Fuchs' wirkliche Faserwirbel existiren in der Tat auch beim Frosch, sind aber zum größten Teil Nervenfasern. Auf Schnitten, die nach Fixirung in Osmiumsäuredampf und Erhärtung in Gummi und Alkohol gemacht sind, sieht man, dass die Blätter nicht ganz einfach wie Bretter übereinander liegen, sondern durch schief verlaufende Lamellen verbunden sind, und also ein blättriges System (Système de tentes) nach Art des von R. in der blättrigen Scheide der Nerven beschriebenen, bilden.

Im polarisirten Licht erscheint die Hornhaut (in Extension getrocknet, geschnitten und in Wasser bei gekreuzten Nicols beobachtet) wie sich nach dem von der Sehne bekannten erwarten ließ: senkrecht zu ihrer Axe durchschnittene Bündel bleiben unter jeder Orientirung dunkel, während parallel zur Axe getroffene hell erscheinen, wenn die Axe einen Winkel von  $45^{\circ}$  mit der Polarisationsebene einschließt. Alsdann erscheint der Schnitt zusammengesetzt aus abwechselnden weißen und schwarzen Streifen.— Ist eine ganze Cornea<sup>1)</sup> unter dem Polarisationsmikroskop ebenfalls bei gekreuzten Nicols flach ausgebreitet, so erscheint das von His beschriebene schwarze Kreuz, dessen Schenkel den Polarisationsebenen folgen, eine bei den Stärkekörnern, bei quergeschnittenen Havers'sehen Kanälen und andern concentrisch geschichteten Körpern bekannte Erscheinung. Hier bedeutet sie nur so viel, dass die äquatorialen und meridionalen Fasern die schiefen an Zahl übertreffen, denn, wie die circulären, so folgen auch die radiären Fasern zum Teil den Polarisationsebenen und in dieser Richtung erscheinen sie dunkel. — Die oberflächliche Hornhaut der Schlangen (diese Tiere besitzen deren zwei über einander liegende, von denen die tiefe allein dem Augapfel angehört) erscheint absolut schwarz im polarisirten Licht, ist also absolut einfach brechend, und doch ist sie ebenso durchsichtig wie die andre, ein Beweis, dass die Polarisationserscheinungen zur Durchsichtigkeit des Organs nicht notwendig sind.

Bowman's Tubes (durch interstitielle Luftinjection am besten demonstrirbar) sind Kunstprodukte (s. C. Fr. Müller) und entstehen zwischen den Fasern einer und derselben Hornhautlamelle. Die In-

---

1) In Extension beobachtet (v. Fleischl).

jektionsmasse dringt hier ein wie in die ebenfalls aus parallelen Fasern bestehenden Nervenstränge.

Die Descemet'sche Haut oder hintere Basalmembran (am einfachsten isolirbar, wenn man das Auge 2—3 Tage lang sich selbst überlässt), ist je nach dem angewandten Präparationsverfahren einfach oder doppelbrechend: getrocknet, durchschnitten und in Wasser beobachtet, ist sie einfach brechend, in Terpentinöl aufgebellt und in Damarlack beobachtet, ist sie doppelbrechend. Letzteres rührt davon her, dass die durch Eintrocknung entstandene Compression von Terpentinöl und Damar nicht wie beim Quellen in Wasser zerstört wird; es ist überdies bekannt, dass jede Compression in einer Richtung Doppelbrechung hervorruft. — Lange anhaltendes Kochen in Wasser trennt die M. Descemetii in eine große Zahl feinsten Lamellen, welche sich ebenso wie die ganze Haut nach vorne zusammenrollen.

Bowman's und Reichert's vordere Basalmembran ist bei einem 4—5jährigen Kinde ebenso dick wie die hintere. Von ihr gehen feine Fasern ab, die Stützfasern, welche, die Hornhautblätter durchbohrend, bis zur hintern Basalmembran verlaufen (ohne jedoch mit ihr zu verschmelzen). Auf den Blättern selbst setzen sich diese in der Form einer höchst dünnen Stützscheide an. Am einfachsten sind diese Verhältnisse bei der Raja, wo die Hornhautlamellen nirgends gekreuzt sind und die Stützfasern alle parallel von der vordern zur hintern Fläche direkt verlaufen. Vordere Basalmembran, Stützfasern und Stützscheide sind erkennbar durch ihre Rosafärbung mittelst Pikrokarmine, und diese Reaction unterscheidet sie vom elastischen Gewebe, mit welchem sie das Gemeinsame haben, durch Essigsäure nicht verändert zu werden. Es sind dies auch die Eigenschaften der Ring- und Spiralfasern, welche den gewöhnlichen Bindegewebsbündeln zur Scheide dienen, und mit welchem die hier beschriebenen Gebilde zu identificiren sind.

Vordere und hintere Basalmembran sind ihrer Struktur nach wie auch chemisch recht verschieden. Beide werden zwar durch Säuren nicht alterirt, Pikrokarmine aber färbt die hintere orange, die vordere, wie eben gesehen, rosa; Osmium die hintere braun, die vordere gar nicht u. s. w. Infolge dessen wird Kessler's Vermutung, nach welcher beide aus einer und derselben Urmembran entstammen würden, recht unwahrscheinlich.

Die **Bindegewebszellen**, im Deutschen auch fixe Zellen genannt, liegen zwischen den Hornhautblättern, wie man sich leicht auf Schnitten der getrockneten Membran nach Karminfärbung überzengt. Flächenschnitte unter denselben Bedingungen lassen schon Zellenausläufer und Druckleisten erkennen. Bessere Bilder gibt die Isolirung durch Schwefelsäure (His), von R. in der Weise modificirt, dass die Membran zuletzt in destillirtem Wasser gewaschen und durch Rosanilinsulfat gefärbt wird, oder noch besser in der Weise, dass ein Frosch-

auge vorerst  $\frac{1}{2}$  Stunde lang den Dämpfen von Osmiumsäure ausgesetzt und dann 4 Stunden in 50% Schwefelsäure gelegt wird.

**Silber.** Es erklären sich die bekannten Silberbilder durch die verschiedene Reduktionskraft des intercellulären oder Bluteiweiß und des cellulären; das erste wirkt stärker reduciend als das zweite, wie es auch von  $\frac{1}{3}$  Alkohol gelöst wird, während das Zellprotoplasma gerinnt. His' und Recklinghausen's Annahme, dass die Hohlräume von Silber verschont blieben, ist nicht stichhaltig; es werden im Gegenteil die Hohlräume gefärbt, sobald sie intercelluläres Plasma enthalten, während die histologischen Elemente von der Imprägnation verschont bleiben. Positive Bilder erhält man nur sekundär, so z. B. wenn nach Bestreichung mit dem Höllensteinstift die Hornhaut mehrere Tage lang in destillirtem Wasser liegen bleibt: da wo die Fasersubstanz durch Wasser gequollen ist, ist die Imprägnation positiv, wo nicht, bleibt sie negativ. Ein stark gefärbter Saum umgibt im negativen Bilde eine jede Zelle; dies rührt davon her, dass die beiden angrenzenden Hornhautblätter, durch die Dicke der Zelle entfernt, um dieselbe herum einen dreieckigen Raum frei lassen, der mit Plasma gefüllt ist.

Die Bindegewebszellen bilden anastomosirende Netze, deren Elemente nur ausnahmsweise durch Silberlinien von einander gesondert sind (entgegen Hoyer). — Will man die Zellen noch färben, so ist Karmin mit nachherigem halbstündigem Aufenthalt in 10% Oxalsäure zu empfehlen. Alsdann erkennt man die vielgestaltigen Kerne, deren sonderbare Formen nicht etwa ein Kunstprodukt sind, wie man sich durch andere Präparirungsverfahren leicht überzeugt.

**Gold.** R. empfiehlt folgendes Verfahren: die ausgeschnittene Hornhaut wird 5 Minuten lang in frisch ausgepressten und filtrirten Citronensaft getaucht, in destillirtem Wasser gewaschen,  $\frac{1}{4}$  Stunde in 2–3 cem. einer 1% Goldchloridlösung gelegt, alsdann wieder gewaschen und 24 Stunden lang in 2–3 cem.  $\frac{1}{3}$  Ameisensäure im Dunkeln gelassen. Vorderes und hinteres Epithel werden zuletzt in destillirtem Wasser abgepinselt. Der Zellenkörper erscheint, wie man weiß, violettrosa, die Fasersubstanz bleibt farblos. Ein längerer Aufenthalt in der Goldlösung macht die Färbung unsicher; nach einer Stunde fehlt sie ganz.

Beobachtet man solche Präparate bei vielen verschiedenen Tieren, so erkennt man bald zwei Haupttypen der fixen Zellen: le type corpusculaire und le type membraniforme. In dem ersten sind die Zellen kleiner und seltener; ihre Ausläufer sind fein und zahlreich; die Form erinnert an die Knochenkörper. In dem zweiten sind die Zellen breiter und zahlreicher; ihre Ausläufer sind kurz und bandartig. Die Eidechsen, die meisten Vögel gehören zum ersten; die Säugetiere und namentlich die Ratte gehören zum zweiten. Zwischen beiden sind übrigens alle Zwischenstufen sichtbar. Auf einer jeden Zelle, wie auf ihren Ausläufern sind dunklere Streifen sichtbar, die von R. zuerst be-

geschriebenen Druckleisten. Sie folgen der Richtung der Bindefasern und sind in derselben Ebene alle parallel. Man überzeugt sich an Querschnitten von ihrer wahren Lage und Bedeutung; man sieht dann, wie sie in die Substanz der Lamellen eindringen und der Richtung ihrer Fasern folgen.

Beobachtung im lebenden Zustande (mit humor aqueus in der feuchten Kammer). Im Anfang vollkommen unsichtbar, erscheinen die fixen Zellen nach einiger Zeit in dendrokloner und orthokloner Form (Fuchs), je nachdem die dünnern Ausläufer sichtbar werden oder nicht. Wo nur die gröbern Aeste gesehen werden, ist die Teilung ähnlich der eines Baumes; wo die dünnern anastomosirenden auftreten, ist die Form orthoklonisch. Als Beweis für diese seine Erklärung erinnert R. daran, dass an Goldpräparaten alle Zellen orthoklonisch sind. Niemals ist der lebende Zellkern in der noch lebenden Zelle (gegen Waldeyer) sogar nicht beim Axolotl sichtbar.

Das Erscheinen der anfangs unsichtbaren Bindegzellen ist durch die Imbibition der Bindefasern durch das schwächer brechende Wasser zu erklären. (Bei Lebzeiten hindert das hintere Epithel diese Imbibition). In der That, befindet sich Leber's Experiment anstatt Wasser Glycerin im Grunde der feuchten Kammer, so treten die Zellen nicht auf, oder sie verschwinden, wenn sie schon vorher gesehen wurden.

Eine durch das Zurückziehen der Zellenfortsätze sich kundgebende Zellencontraction ist von Kühne als Folge mechanischer und elektrischer Reizung, ebenso von Rollet bei sehr starken Induktionsströmen behauptet worden. Ein einziges wird in der That beobachtet, nämlich bei sehr starkem Strome der an dem Erscheinen des Kernes erkennbare Tod der Zelle; eine Zellencontraction existirt in keiner Weise.

Es folgt die Wahrnehmung des Kernes nicht unmittelbar der tödtlichen Wirkung des Stromes. Eine bis zwei Minuten sind nötig, wenn die Temperatur eine erhöhte ist (23°), bis 45 Minuten bei niedriger Temperatur (+ 2°). R. sieht in diesem Einfluss der Wärme eine Bestätigung seiner Hypothese: das Erscheinen des Kernes nach dem Tode sei die Folge eines durch Autodigestion bedingten Schwächerwerdens des Brechungsvermögens im Protoplasma. „Man gebe einem guten Chemiker Lymphzellen genug, sagt R. anderswo bei Gelegenheit der Lymphzellen, er wird darin Pepsin auffinden.“

Der Kern besitzt eine Umhüllungsmembran; dieselbe wird durch starke Induktionsströme in Stücke zerklüftet, wonach ihr Inhalt mit dem des Zellkörpers verschmilzt, während die Membran zu Körnchen verschiedener Größe reducirt wird.

Gegenseitige Lage der Bindegzellen und der Lamellen; Säftecirculation. Injicirt man Berlinerblau in eine Hornhaut mit membraniformen Zellen und werden von ihr Durchschnitte gemacht, so sieht man den dreieckigen Raum am Rande der Zellen, den wir bei Gelegenheit der Silberimprägnation kennen gelernt haben, zuerst mit

der Masse gefüllt; andere Male ist die Zelle gegen die eine oder andere Fläche ihrer Lage gepresst, während der übrige Inhalt von der Masse eingenommen ist; oder die Zelle ist in der Masse eingeschlossen. Da wo der Druck ein sehr starker gewesen ist, dringt die Flüssigkeit weiter und trennt die Lamellen. Es adhären also die Zellen mit den Lamellen weniger, als die Lamellen unter sich (zwischen denselben ist übrigens keine totale Adhäsion wie durch eine Kittsubstanz) und es werden die Säfte dem Zellennetze eher folgen (C. Fr. Müller). Es existirt kein wahres mit Endothel ausgekleidetes kavernöses System, denn die Zellen sind nur in einer Schicht und besitzen auf jeder Fläche Druckleisten. Eine Erörterung über die Saftkanäle hält R. deshalb für überflüssig.

Die von Retzius und Fuchs unter dem Namen der Vogelzellen beschriebene Formveränderung der Bindegewebszellen infolge mechanischer Insulte ist rein passiver Natur und durch Verdrängung des Zellkörpers in den ihren Ausläufern eigenen Raum bedingt.

Wanderzellen. Stärker brechend als die Fasersubstanz sind sie leicht zu beobachten (Hornhaut des Frosches, feuchte Kammer), während noch die fixen Zellen unsichtbar bleiben. Sie liegen entweder zwischen den Lamellen oder zwischen den Faserbündeln, und erhalten daher sehr verschiedene Formen.

Die interlamellären Wanderzellen sind bald kugelig mit zahlreichen Fortsätzen versehen; bald sind sie abgeflacht und alsdann schwierig zu entdecken. In letzterem Falle ist der Kern sichtbar, wie im Ranvier'schen Experimente, wo eine freie Lymphzelle zwischen zwei Glasplatten zerdrückt wird. Die Anordnung und Richtung der Ausläufer ist dieselbe wie bei den fixen Zellen; wie diese erhalten die Wanderzellen den Eindruck der umgebenden Teile. Ihre Bewegungen sind die der Lymphzellen im Allgemeinen; sie folgen allen Richtungen (s. Engelmann) und nicht präformirten Kanälen. Man kann sie durch Osmiumsäure (10–15 Min. den Ausdünstungen der Säure ausgesetzt) in situ fixiren; die Beobachtung geschieht alsdann in 1% Phenylsäure wegen dessen schwachen Brechungsvermögens.

Die interfasciculären Wanderzellen sind besonders zahlreich in den Hornhäuten, welche dem corpusculären Typus gehören (Ochs, Pferd), wo auch allein Bowman's tubes durch Einspritzung erhalten werden. Man studire sie zuerst an Goldpräparaten, wo sie durch eine viel stärkere Färbung (von stärkerem Fettinhalt herrührend) zu erkennen sind. Sie sind spindelförmig oder erscheinen wie Bündel von langen Stäben durch membranöse Teile verbunden. Ihr genauer Sitz ist an Querschnitten (Osmium und Alkohol) leicht festzustellen.

Die Zahl der Wanderzellen variirt sehr unter anscheinend gleichen Bedingungen; sie ist größer an der Peripherie der Hornhaut als im Centrum. An der Peripherie sind sie in allen Schichten enthalten; am Centrum wurden sie nur nahe am vordern Epithel gefunden. Man

könnte glauben, es rühre einfach von dem Drang nach Luft her, wie dies von den Lymphzellen in der feuchten Kammer bekannt ist. Hier liegt ein anderer Grund vor, denn dieselbe Verteilung ist an der Hornhaut zu sehen, welche im Lymphsack des Frosches eingeschlossen geblieben ist; es ist die Anordnung der Lamellen, welche gegen die Oberfläche schief verlaufen, um da zu endigen. Diese Wanderung geschieht nach vorne, es erklärt dies auch warum interstitielle Abscesse nach außen münden.

Schwache Induktionsströme ändern die Form der Wanderzellen nicht; sie machen aber ihre Bewegungen energischer. Stärkere Ströme ändern die Form auch nicht, wie das bei freien Lymphzellen geschieht, hemmen aber die Bewegung auf  $\frac{1}{4}$  bis 1 Minute. Sehr starke Ströme machen die Zelle auch nicht rund, aber das Protoplasma zerfließt, Fettkörnchen erscheinen darin und der Kern wird sichtbar.

Alle Wanderzellen der Hornhaut enthalten Fettkörnchen und doch sind die des Blutes, aus dem sie stammen (Exp. von Cohnheim), bei weitem nicht alle fetthaltig. Dies erklärt sich durch schlechtere Bedingungen des Stoffaustausches; dasselbe wird beobachtet an den Lymphzellen des im Lymphsack des Frosches eingeschlossenen Hohlundermarks.

Die Resultate, welche Recklinghausen aus seinen verschiedenen Experimenten durch Einschluss der Hornhaut in den Lymphsäcken des Frosches erhalten hat, wurden alle bestätigt. Die Zellen stammen von der Lymphe her und nicht etwa aus modificirten Bindezellen. Nach acht Tagen sind diese letztern noch lebend; sie enthalten aber auch Fettkörner.

**Vorderes Epithel.** Zur Isolirung sind 40% Kali oder  $\frac{1}{3}$  Alkohol; für Schnitte mehrmonatlicher Aufenthalt in Ammoniumbichromat (2%), Gummi (sehr dünn) und Alkohol vorzuziehen.

Die Zellen der tiefern Schicht (Fußzellen von Rollet) werden bei den Urodelen und namentlich dem Salamander studirt, wo der Fuß am entwickeltsten ist. Dieses für diese Zellen charakteristische Gebilde wird durch Pikrokarmine in zwei Teile geschieden, dessen tieferer einen ungefärbten Saum darstellt und der andere vertikal rosa gefärbte Streifungen besitzt. Die tiefen Zellen sind von prismatischer Form (Cylinderzellen). Zwischen denselben sind dünnere, durch Karmin stärker gefärbte, zu bemerken, welche der Sitz einer stärkern Proliferation zu sein scheinen. Nach der Fußzellentheorie erneuert sich das Epithel durch Kern- und Protoplasmateilung dieser Zellen diese Theorie entspricht den Tatsachen.

Die Zellen der mittlern Schicht, von kubischer Form, zeigen an ihrer tiefern Fläche, sobald sie von ihrer Mutterzelle geschieden sind, Vertiefungen verschiedener Form, an welchen man sie leicht erkennt. Bald sind es tiefe Gruben, deren Ränder lang, stalaktitenähnlich erscheinen (Mensch), bald kleinere (Pferd). Die tiefen wie die mittlern



Zellen sind auf ihrer ganzen Oberfläche außer der des Fußes fein gezähnt. Zur Beobachtung dieser Zähnelung ist Glycerin ungeeignet; sie wird an den lebenden Zellen des Frosches, Triton etc. constatirt.

Die oberflächlichen platten Zellen entbehren der Zähnelung; sie besitzen Druckvertiefungen an der Außenfläche der vordersten.

Unter dem Einfluss gewisser Reagentien erscheinen in allen Zellen und namentlich in den oberflächlichen, Vacuolen, entsprechend der tropfenförmigen Ansammlung einer schwächerbrechenden, eigentümlichen Substanz, welche mit Myelin verwandt zu sein scheint. Es erklärt dieser Inhalt die schwarze Färbung durch Osmium, welche an den platten Zellen besonders stark auftritt.

In polarisirtem Licht erscheinen die tiefen und mittlern Zellen infolge des Drucks einfach, die oberflächlichen doppelbrechend.

Helle Nervenzellen im Epithel (Löwe und Kries) existiren nicht.

Die Wanderung der Lymphzellen im Epithel ist beim Axolotl und beim Triton zu beobachten, weil hier der lebende Kern sichtbar und deswegen die Beobachtung viel leichter ist. Hier sieht man (contra Engelmann) die Zellen aus dem Stroma durch die vordere Basalmembran in das Epithel wandern. Beim Frosche ist auf Schnitten der rasch getrockneten Membran dieser Weg der Wanderung leicht zu bestätigen. Beim Menschen ist die Basalmembran viel stärker ausgesprochen, R. hat nie eine Wanderzelle in ihrer Dicke beobachten können, wenn sie doch diesem Wege folgen, so muss es längs der perforirenden Nerven geschehen.

**Hinteres Epithel.** Der Name Epithel wird wegen der kurzcyllindrischen Form der Zellen beibehalten. (R. folgt der His'schen Auffassungsweise nicht, nach welcher alle epithelartigen Produkte des mittlern Keimblatts Endothelien zu nennen sind). Uebrigens ist bei den Batrachiern der Kern vorspringend und die Zelle abgeflacht wie beim gewöhnlichen Endothel; die Fortsetzung des Gebildes auf die Iris ist ebenfalls ein Endothel.

Die Konturen der Zellen sind leicht wellig (1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Silberlösung in die vordere Kammer eingespritzt). Durch  $\frac{1}{3}$  Alkohol erscheinen sie leicht gefranzt, und es werden Vacuolen in ihrem Innern sichtbar; deswegen sind andere Reagentien und namentlich die verschiedenen Chrompräparate, sei es zur Isolirung, sei es auch zur Erhärtung, zu gebrauchen.

Es besitzt dieses Epithel keine vordere Fußschicht wie Swän behauptete. Ihr sehr verschiedenförmiger Kern wird durch Karmin ganz unregelmäßig gefärbt, enthält also in sehr variabler Menge die Karmin fixirende Substanz, ein histochemisch wichtiges Factum. Einige Zellen besitzen zwei Kerne. Ihre Regeneration geschieht höchst wahrscheinlich durch Teilung; jedenfalls ist sie nicht ein Produkt der Lymphzellen, denn der sie umspülende Humor aqueus ist dem Leben der Lymph-

zellen sehr ungünstig, er macht sie rund und unbeweglich, und es sind übrigens keine im gesunden Humor aqueus enthalten.

Nicht besser als Ciaccio hat R. eine Kontraktilität der hintern Epithelzellen beobachtet (gegen Klebs und Harris). Er erinnert an die Bewegungen, die Virchow in den Knorpelzellen beobachtete, die nichts anders sind als eine durch das Reagens bedingte Retraction des Protoplasmas.

Das hintere Epithel schützt die Bindezellen gegen das Kammerwasser, (wo dasselbe entfernt ist, zeigen diese recht bald einen deutlichen Kern, d. h. sie sterben ab); ihre Rolle erinnert also an die der Becherzellen im Magen.

Das hintere Epithel dient noch zur Bildung und zum Wachstum der Descemet'schen Haut. Es besteht in der That zwischen den Epithelzellen und dieser Haut ein regelmäßiges Dickenverhältniss: wo die Membran dick ist, ist die Zelle hoch; wo sie dünn wird, ist die Zelle abgeflacht, wie man sich namentlich überzeugt, wenn man das Gewebe im Winkel zwischen Hornhaut und Iris untersucht.

Dieses Gewebe, *Ligamentum pectinatum* genannt, stellt in Balkenform eine wahre Fortsetzung der Hornhaut mit ihren verschiedenen Schichten dar. Man untersuche für diesen Zweck das Auge eines Menschen in hohem Alter und mache Schnitte nach Erhärtung in Amm. bichromat., Gummi und Alkohol. Jeder Balken zeigt folgende drei Schichten, wie Ciaccio schon deutlich erwähnt hat: 1) Eine fibrilläre Axe, die sich in die Fasersubstanz der Hornhaut fortsetzt und durch Karmin rosa wie die Stützfasern gefärbt ist; sie enthält nicht selten Zellen, auch pigmentirte; 2) eine dicke Rindenschicht, welche um so dicker ist, je älter das Individuum; ihre Oberfläche ist varicos und sie besteht aus concentrischen Schichten wie die Descemet'sche Membran, deren Fortsetzung sie darstellt; 3) eine Fortsetzung des hintern Epithels, das den Charakter eines Endothels zeigt.

Blut- und Lymphgefäße. Es existiren keine Lymphgefäße.

Nerven. Von Schlemm zuerst gesehen (1830), von Pappenheim als Plexus erkannt (1842), von Hoyer, Cohnheim, Külliker genauer untersucht, sind die Hornhautnerven in solch einem Reichthum vorhanden, dass keine Beschreibung eine Vorstellung davon geben kann. Man untersucht sie frisch in Kammerwasser, besser an Osmiumpräparaten, endlich noch an Goldpräparaten. Damit diese letztern mit der Zeit durch zu starke Färbung nicht unbrauchbar werden, ist nach dem Aufenthalt in Citronensaft und Goldlösung die Membran auf mehrere Tage in Alkohol zu legen, oder, wenn man das Epithel entfernen will, in  $\frac{1}{4}$  Ameisensäure. Flächenansichten und Schnitte sind zu studiren. Das Kaninchen wird namentlich berücksichtigt, weil es zu dem zuletzt zu beschreibenden Experimente dienen wird.

Die Nerven liegen in der vordern Hälfte der Hornhaut; die dickern Stämme liegen am tiefsten. Sie bilden zuerst am Rande einen ring-

förmigen Plexus (*Plexus annularis*), dessen Fasern meistens markhaltig sind; die Markscheide aber endet recht bald nahe am Hornhautrande mit dem letzten Schnürring. Nicht selten bekommt übrigens eine etwa marklos gewordene Faser ein neues Marksegment, bevor sie definitiv marklos wird. Nahe an der Sclerotica sind die Stämme in besondern Kanälen gelegen; unmittelbar danach liegen sie einfach zwischen den Hornhautlamellen und innerhalb derselben. Alle sind bandartig abgeflacht.

Die marklos gewordenen Fasern verschmelzen zu Bündeln, die untereinander anastomosiren wie Remak'sche Plexus und sich in die ganze Breite der Hornhaut verteilen. Kleine Kerne erscheinen auf der Primitivfaser (oder in derselben, denn ihr Protoplasma ist nicht unterscheidbar von der Substanz der Faser) ebenso wie bei den Remak'schen Fasern. An Teilungs- oder Anastomosenstellen sind die Kerne oft zu 2—3 vereinigt, und sind da mit Unrecht von Einigen als Ganglien aufgefasst worden, da sie weder die anatomischen noch die histochemischen Eigenschaften derselben besitzen.

Der Verlauf der Nerven folgt nicht etwa praeformirten Kanälen, sondern ist ein ganz unregelmäßiger wie der einer Wanderzelle bald zwischen den Lamellen, bald in diesen selbst zwischen den Bindefasern; dieses spricht für ein spätes Eindringen der Nerven in das schon gebildete Organ.

Von hinten nach vorne begegnet man zuerst dem merkwürdig regelmäßigen und feinen Plexus *fundamentalis* (R.) s. *terminalis* der Autoren, der beim Kaninchen besonders schön ein wahres Netz bildet.

Vom Plexus *fundam.* gehen die perforirenden Aeste ab, welche die vordere Basalmembran durchbohrend ihn mit dem folgenden Plexus *subepithelialis* verbinden. Einige kommen übrigens direkt vom Rande her (Kölliker). Sie werden von Binde- oder Stützfasern wie von einer Adventitia umgeben, eine Anordnung, die beim Frosch und Triton besonders auffällt.

In der Vorderfläche der Basalmembran angelangt gibt ein jeder perforirende Ast eine Anzahl (bis 20) Fasern ab, welche auf der Membran parallel laufen, senkrecht also zu ihrem Stamm wie die Riemen einer Peitsche. Diese Aestchen anastomosiren mit einander und bilden den Plexus *subepithelialis*, von Cohnheim entdeckt, mit Unrecht aber von ihm in die vordere Basalmembran versetzt. Einige Präparationsmethoden lassen körnige Verdickungen auftreten, woraus mit Wahrscheinlichkeit zu schließen ist, dass diese Fasern aus einer Axe bestehen mit öllartiger Rindenschicht, deren Fragmente tropfenförmig zusammenfließen.

Von da ab steigen die Nervenästchen direkt oder mehr weniger bogig zwischen den Epithelzellen, um auf der Höhe der mittlern Schicht schlingenförmig zu anastomosiren und da den Plexus *intraepithelialis* zu bilden.

Die Endfasern gehen von diesem ab. Sie verlaufen mehr oder weniger spiralförmig und enden mit einem Knopf unter der letzten oder vorletzten Schicht der platten Zellen. (Gegen Cohnheim; Flächenpräparate sind beweisend.) Die Endknöpfe werden durch Gold sehr stark gefärbt und sind ungefähr zweimal dicker als die Faser selbst.

Es ist unmöglich zu sagen, ob die Anastomosen des intraepithelialen Plexus durch Verschmelzung ihrer Fasern entstehen oder durch einfache Kreuzung.

Außer diesen gibt es noch *accessorische Plexus*. Diese sollten nach Kühne und nach Lippmann ihre Endigung in den Bindegewebszellen finden. Dies wird nicht bestätigt; ebenfalls auch nicht eine freie Endigung im Stroma. Entweder verlaufen sie bis zum Epithel oder es sind geschlossene Netze.

Eine Endigung in den Nucleolen der tiefen Epithelzellen (Lippmann) wird verneint.

**Physiologische Experimente über die Hornhautnerven.** Autoexperimente lehren, dass die Hornhaut ein recht schlechtes Tastorgan darstellt. (Man nehme zu diesen Haaren mit ihrer Haarzwiebel). Der Ort der Berührung wird gegen das Centrum zu ganz unbestimmt. Zwei Haare werden bis in der Entfernung von 5—6 mm. als eins empfunden. Schmerz, reflectorisches Blinzeln und Tränen sind also die Hauptsache, die Ortsbestimmung ist nur *accessorisch*.

Soleh eine Empfindlichkeit wäre die gleiche, wenn die Nerven die Hornhaut einfach durchsetzten, ohne in ihr zu endigen. Es ist also die Frage nicht gelöst, ob die Endknöpfe wahre Endigungen darstellen oder nur Schlingen sind.

Man könnte weiter denken, die Nervenetze fungirten als ein primäres Centralorgan, welches die Eindrücke empfangen und centralisiren würde, bevor sie weiter übertragen werden. Wird die Hornhaut an ihrem Rande durchschnitten, so ist der entsprechende Sector bis zum Centrum vollkommen unempfindlich. Dieses ist die Antwort auf die gestellte Frage: es beweist, dass die Nerven der verschiedenen Teile mit einander nicht solidarisch sind. Es scheint also die plexiforme Anordnung der Nerven keine Beziehung zur Empfindlichkeit zu haben; sie dient wahrscheinlich einfach der Durchsichtigkeit, indem dicke Nervenäste dieselbe wol bedeutend mehr stören würden.

Die Ränder des unempfindlichen Sectors sind im letzten Experimente etwas wellig. Im Allgemeinen aber ist der Verlauf der Nerven ein annähernd geradliniger. Durchschneidet man die Hornhaut ein Millimeter entfernt vom Centrum, so wird das ganze so begrenzte centrale Segment ganz unempfindlich. (Ein pathologischer Beweis derselben Tatsache wird gegeben durch die radiäre Anordnung der Bläschen im Herpes, auf welche Ref. aufmerksam machte. Soc. de Biologie 1877.)

R. wiederholt die Experimente von Magendie und Bernard und die von Snellen, die Trigeminusdurchschneidung betreffend. Immer heilt die entstandene Keratitis, sobald das Ohr vor dem Auge festgenäht wird, und entsteht wieder, wenn es entfernt ist.

Werden einfach die Nerven um die Hornhaut herum durchschnitten (was beim Kaninchen leicht ist, weil diese in die Oberfläche der Membran eindringen; dazu dient ein eignes nach Belieben verdecktes Bistouri), so ist bei vollkommener Unempfindlichkeit keine Keratitis zu beobachten.

Ist zufälliger Weise bei der Trigeminusdurchschneidung die Empfindlichkeit in einem Teile des Oberlides erhalten, so ist gleiche Immunität zu beobachten.

Der Einfluss des Ganglion Gasseri (Magendie) auf die Entstehung der Keratitis ist in keiner Weise bewiesen. Es zeigen in gleicher Weise Experimente von Bernard, die R. wiederholt und ausgedehnt hat, dass wenigstens die Spinalganglien ohne Einfluss sind auf die Entstehung der entzündlichen Erscheinungen, die man an der Haut nach der Durchschneidung des Ischiadicus beobachtet. Es sind also die Cerebrospinalganglien nicht als trophische Centren zu betrachten. Vasomotorische Nerven können auch nicht einer trophischen Rolle in der Entstehung der Keratitis beschuldigt werden; denn es existiren in der Hornhaut überhaupt keine Gefäße.

Die Ursache der Keratitis ist nicht in den Erscheinungen der weiter unten zu studirenden Nervendegeneration zu suchen, denn die Hornhaut ist schon trübe nach 10 Stunden, während, wie bekannt, 48 Stunden nötig sind bis zum Verlust der Reizbarkeit im peripheren Ende eines durchschnittenen Nerven beim Kaninchen. Ebenfalls ist die Erklärung Senftleben's einer durch Traumen verursachten und entzündungsbedingenden Eschara nicht stichhaltig, denn eine schon weit gediehene Entzündung kann heilen ohne eliminirende Suppuration, da auch wirkliche Höllensteineschara gewöhnlich ohne entzündliche Reaction heilt. Ranvier beschuldigt die vielen kleinen, öfters wiederholten Traumen.

Ein besonderes Interesse widmet R. den Fragen über Nervendegeneration und -Regeneration.

Sieben Tage nach der Nervendurchschneidung, also zu einer Zeit, wo markhaltige Nerven fast vollkommen zerstört sind, findet R. alle im Stroma enthaltenen Nervenfasern und Plexus intakt erhalten; alle aber im Epithel enthaltenen (Plexus intra- und subepithelialis) sind verschwunden. Es beweist dies, dass der Plexus fundamentalis kein trophisches Centrum darstellen kann, denn er hindert in keiner Weise die Zerstörung der epithelialen Nerven. Es unterstützt Ranvier's Behauptung, nach welcher die Zerstörung des Axencylinders im peripheren Teil der durchschnittenen Nerven (Leçons sur l'hist. du syst. nerveux) die Folge sei einer vermehrten Zellentätigkeit in der Umgebung. Das Epithel ist in der That sehr tätig in seiner Ernährung, das Stroma nicht.

Wie sich weiter die durchschnittenen Nerven verhalten, konnte R. schrittweise nicht verfolgen, dazu fehlte ihm die Zeit; in einer Anmerkung aber gibt er das Resultat einer spätern Untersuchung (nach mehr als einem Jahre), in welchem weder intraepitheliale Fasern, noch Plexus subepithelialis wieder erschienen waren, aber Stromafasern in großer Zahl an Ort und Stelle des Plexus fundamentalis unregelmäßig verteilt waren. (Hierbei war merkwürdiger Weise die Empfindlichkeit noch vollkommen Null.)

Diese Art der Regeneration mittels ganz unregelmäßig auftretender Aeste spricht für die Theorie der Knospung vom Centrum her. Die wachsende Knospe folgt dem Wege des geringsten Widerstandes, und dieser ist im fertigen Gewebe ein ganz anderer als in der Entwicklungszeit.

Für denselben Regenerationsmodus sprechen die Resultate der einfachen Abschabung des Epithels. Acht Tage nach derselben ist, wie man weiß, das Epithel vollkommen regenerirt; die intra- und subepithelialen Nerven fehlen aber ganz. Einzig erscheinen von den perforirenden Aesten abgehend einige runde Knospen, welche die Basalmembran kaum überragen. Nach 40 Tagen findet man alle Abstufungen, von unregelmäßigen Fäserchen mit Endknospen auf verschiedene Höhen des Epithels angelangt bis zur regelmäßigen Anordnung, die man kennt.

Für die Knospungstheorie endlich spricht noch das Studium der Hornhaut bei Neugeborenen, Kindern und Kaninchen. Hier existiren weder intra- noch subepithelialer Plexus, wohl aber perforirende Aeste mit Endknospen, welche nur wenig die Basalmembran überragen, ganz ebenso wie am achten Tage nach der Abschabung. Hier auch scheint das Wachstum ganz ohne Regel da vor sich zu gehen, wo die Resistenz am schwächsten ist.

Nicati (Marseille).

---

## H. Munk, Zur Physiologie der Grosshirnrinde.

Verhandl. der physiol. Gesellsch. zu Berlin. 1. Juli 1881.

Verf. publicirt neue Versuche über die Sehsphäre der Affen. Während bekanntlich Munk dieselbe in den Occipitallappen verlegt, glaubte sein Vorgänger Ferrier sie im *Gyrus angularis* gefunden zu haben. Neuere Versuche, die letzterer gemeinschaftlich mit Yeo ausgeführt hatte, führten Ferrier zu einer Modifikation seiner ursprünglichen Angaben. Er sah nämlich jetzt totale Blindheit nur dann auftreten, wenn außer den beiden *Gyri angulares* auch noch die beiden Occipitallappen zerstört waren, und fand Hemiopie nach Zerstörung des *Gyrus angularis* und des Occipitallappens einer Seite. Die Differenz zwischen Munk's und Ferrier's Ansicht liegt also jetzt nur

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1881-1882

Band/Volume: [1](#)

Autor(en)/Author(s):

Artikel/Article: [L. Ranvier, Die Hornhaut 613-626](#)