

raschendsten Beispiele von Anpassung liefert die Knochenspongiose. Der regulatorische Einfluss der Funktion bei der Bildung und Ausgestaltung dieser harten Substanz liegt auf der Hand. Die Knochenbälkchen greifen, der Belastung entsprechend, wie die Sparren einer Gitterbrücke ineinander. H. Strasser gibt nun in der vorliegenden Monographie einen Beitrag zur Kenntniss der funktionellen Anpassung der quergestreiften Muskeln und will damit u. a. die Lehre von dem kausalen Zusammenhang in den Entwicklungsvorgängen des Organismus fördern. Die nächste Veranlassung gab ein Fall von seit Jahren bestehender Ankylose des Ellenbogengelenks. Die Veröffentlichung des Befunds ist an sich schon erwünscht, weil es sich wirklich um einen ungewöhnlich reinen und typischen Fall von Muskelveränderungen durch Funktionswechsel handelt, wobei Eigentümlichkeiten am *Muse. pronator quadratus*, am *M. supinator brevis*, *M. pronator teres* u. a. m. aufgefunden wurden. Indem dann die ganze Muskulatur des betreffenden Arms bis hinauf zu den Schultermuskeln und Rumpf- Oberarmmuskeln untersucht wurde, konnte nachgewiesen werden, dass es sich um ein vortreffliches Beispiel von Inaktivitätsatrophie handelt, dass überall eine annähernd vollkommene Anpassung der Faserlängen an die neuere Funktion (z. B. im Oberarmgelenk) stattgefunden hat, und dass sie bis ins einzelne hinein, bis an die elementaren Teile fortgeschritten ist. Erhält so dieser spezielle Fall von Ankylose durch den Nachweis der stufenweisen Umänderung für die Chirurgie ein ganz bestimmtes Interesse, so wird dasselbe noch weiter angeregt durch die Erörterung der Anpassung des Muskels von einem allgemeinen Gesichtspunkt aus, wie dies aus der Ueberschrift der einzelnen Abschnitte ersichtlich ist, welche wir hier folgen lassen.

Allgemeines über die Anpassung des Muskels an seine spezifische Funktion.

- 1) Beanspruchung des Muskels bei der Funktion.
  - 2) Anpassung des Muskels an veränderte Ansprüche. Theorie dieser Anpassung.
  - 3) Beweise für die funktionelle Anpassung des Muskels aus den normalen Verhältnissen der Muskulatur.
  - 4) Veränderungen in den Insertionsverhältnissen der Muskelfasern.
- Die Muskelveränderungen in einem Fall von Ankylose des Ellenbogengelenks.

Kollmann (Basel).

---

## Zur Anatomie und Physiologie der Retina.

Von den vielen Schichten, aus welchen die schalenförmige Endausbreitung des Sehnerven im Innern des Auges zusammengesetzt

ist, wird der äußersten, das heißt der vom Mittelpunkte des Auges am meisten entfernten Schichte, welche aus stiftartigen, wie in einer Mosaikarbeit zur Fläche vereinigten Gebilden besteht, mit Recht das größte Interesse zugewendet. Sie ist es nämlich, in welcher man aus überzeugenden Gründen das eigentliche periphere Ende des Sehnerven, die lichtempfindliche Schichte, die Sinnesoberfläche erblickt. Es liegt kein Anlass vor, die in alle Lehrbücher der Physiologie übergegangene Begründung dieser Anschauung hier ausführlich wiederzugeben. Nur hingewiesen sei darauf, dass die besondern Verhältnisse bei der subjektiven Wahrnehmung der Blutgefäße der Retina den Ort, an welchem sich diese Schichte befindet, als denjenigen erkennen lassen, auf welchen sich die Schatten der Gefäße projizieren müssen, um so zu erscheinen, wie sie wirklich erscheinen; dass an der Stelle des deutlichsten Sehens im Auge alle zwischen den Fasern des Sehnerven und den Stiften, welche diese Schichte zusammensetzen, gelegenen Gebilde fehlen, dass also die Netzhaut an der Stelle, an welcher sie am besten funktionirt, nur aus dieser Schichte und Leitungsfasern besteht; dass endlich in keinem Wirbeltierauge, bei aller sonstigen Verschiedenheit, diese Schichte fehlt. Letztere Tatsache ist allerdings in jüngster Zeit in Zweifel gezogen worden und zwar auf die angebliche Beobachtung hin, dass in den Augen von Tigern und einigen andern Felinen die besprochene Schicht der Netzhaut, welche man als „Stäbchen- und Zapfenschichte“ oder als „musivische Schichte“ bezeichnet, fehlt, oder aber durch eine aus ganz andern Gebilden bestehende Schichte ersetzt sei. Doch handelt es sich bei diesen Beobachtungen gewiss nur um postmortale Veränderungen und Zersetzungen, welche zu stande kamen, ehe die die morphologischen Elemente fixirende und erhärtende Konservierungsflüssigkeit bis zu diesen vorgedrungen war; denn man findet gelegentlich an Augen von Tieren, an denen die musivische Schichte sonst jedesmal gesehen wird, die aber zufällig einer mangelhaften mikroskopischen Technik unterzogen wurden, genau dieselben scheinbaren Abnormitäten, welche jüngst an Tigeraugen beschrieben wurden.

Im menschlichen Auge besteht die musivische Schichte aus Stiften von zweierlei Form: aus „Stäbchen“ und „Zapfen“. Bei vielen Tieren sind diese beiden Formen nicht so scharf von einander verschieden wie beim Menschen, bei andern wieder findet sich nur eine einzige Form, und wieder bei andern kommen die Stifte in eigentümlicher Weise zu Paaren vereinigt vor. Da wo Stäbchen und Zapfen vorkommen, speziell beim Menschen, nimmt man an, dass die Zapfen die eigentlichen Sehelemente (BoII) seien. Diese Annahme beruht auf der Tatsache, dass an den periphersten Teilen der Netzhaut, da wo das Sehvermögen am geringsten ist, fast nur Stäbchen vorkommen, dass in der Fovea centralis hingegen, also an der Stelle des deutlichsten Sehens, nur Zapfen sich finden, während in den mittlern Zonen der Retina Stäbchenreihen die Zapfen umgeben. Die Zapfen gelten also

für die Sehelemente, d. h. man ist der Ansicht, dass die Zapfen die Angriffspunkte für die die Gesichtswahrnehmung bedingenden Reize sind, dass die verschiedenen Erregungen eines Zapfens sich nur durch ihre Stärke von einander unterscheiden können, und dass jeder Erregung eines Zapfens ein Empfindungselement und ein Lokalzeichen entspricht. Hiernach muss es für die Empfindung vollkommen gleichbedeutend sein, in welcher Weise die auf einen Zapfen fallende Lichtmenge auf diesem Zapfen verteilt ist — solange kein Teil des Zapfens maximal erregt ist; es muss zum Beispiel gleich sein, ob die ganze Grundfläche des Zapfens von Licht mit der Intensität 1 oder die halbe Grundfläche von Licht mit der Intensität 2 getroffen wird: ob die obere oder die untere, die rechte oder die linke Hälfte der Grundfläche des Zapfens belichtet wird u. s. w.

Unter diesen Voraussetzungen hängt natürlich die Feinheit unseres Sehens von der Größe, der Anzahl und der Entfernung der Zapfen von einander ab. Je kleiner die einzelnen Zapfen sind und je dichter an einander gedrängt sie stehen, d. h. je mehr ihrer in der Flächeneinheit der Retina vorhanden sind, desto feiner wird unser Sehen sein, desto kleinere Details an den Bildern werden wir zu erkennen vermögen. Es knüpft sich also ein großes Interesse an die Frage nach der Anzahl der Zapfen in einer Retina. Nicht minder wichtig scheint aber die Kenntniss der Anzahl von Nervenfasern zu sein, welche, im Stamme eines Nervus opticus vereinigt, ein Auge verlassen. Dem nach den vorderhand allgemein anerkannten Grundsätzen der Physiologie ist mit dieser letztern Zahl auch die Zahl der voneinander verschiedenen Einzelirregungen gegeben, die unserm Sensorium von einem Auge aus zukommen können. Jede der Fasern im Stamme eines Sehnerven ist Vermittlerin einer und zwar — so oft und wie immer sie auch erregt werden mag — immer einer und derselben Elementarempfindung. Nur dem Grade nach, sonst aber in nichts, können sich die Erregungen einer Nervenfasern für unser Sensorium von einander unterscheiden. Auch die Anzahl der im Sehnerven vorhandenen Fasern gibt uns also ein Maß — wenn auch kein so direktes, wie die Anzahl der in der Fovea centralis enthaltenen Zapfen — für die Feinheit unsers Sehens. Es möchte nach dem bisher Gesagten fast scheinen, als müsste die Zahl der in einem Auge vorhandenen Zapfen sich mit der Zahl der in dem zugehörigen Sehnerven enthaltenen Fasern decken; doch kann man diese Annahme nicht berechtigt nennen, solange man über die Rolle, welche die Stäbchen beim Sehen spielen, nichts weiß, und solange nicht die beiden Möglichkeiten, dass mehrere Nervenfasern zu einem Zapfen gehen, oder dass eine Nervenfasern zu mehreren Zapfen geht, ausgeschlossen sind, und solange überhaupt nichts Näheres über die Verbindung der Sehelemente mit den Nervenfasern bekannt ist.

Herr F. Salzer hat sich nun die Aufgabe gestellt, die Zahlen

für die Zapfen in einer Retina und für die Fasern in einem Sehnerven zu ermitteln und hat diese Aufgabe im Wiener physiologischen Institute mit großer Umsicht und Sorgfalt gelöst. Methode und Resultate seiner Untersuchung<sup>1)</sup> sollen zunächst in Kürze mitgeteilt werden.

Die Fasern wurden an den Sehnerven Erwachsener und zwar auf Querschnitten gezählt, welche dem Orbitalteile des Nerven entnommen waren. Der Nerv war nach der von Fleischl angegebenen Methode<sup>2)</sup> vor der Härtung mit Osmiumsäurelösung behandelt worden, wodurch die Erkennung und Zählung der Nervenfasern sehr erleichtert wird. Im Diaphragma des Oculares war durch Spinnwebfäden ein kleines viereckiges Areal abgegrenzt, dessen Bildwert für die angewendete Linsenkombination bestimmt war. Es wurden nun an besonders dünnen und deutlichen Stellen des Präparates die innerhalb des Viereckes liegenden Fasern gezählt. Um aus dem Mittelwerte dieser Zählungen an einem Querschnitte auf die Gesamtzahl der in demselben enthaltenen Fasern schließen zu können, musste das Areal des ganzen Querschnittes bekannt sein. Dieses wurde ermittelt, indem bei geringer Vergrößerung mit einer Camera obscura das Bild des ganzen Querschnittes gezeichnet und dann sowol am Präparate (mittels der gewöhnlichen mikrometrischen Methoden), als auch an der Zeichnung die Entfernung zwischen zwei bestimmten, einander ungefähr gegenüberliegenden Punkten der Peripherie gemessen wurde. Aus dem Flächeninhalt der Zeichnung, welcher mit dem Weltheisen Planimeter gemessen wurde, ließ sich dann leicht der des Querschnittes berechnen.

Nun sind bekanntlich im Sehnerven die einzelnen Faserbündel durch bindegewebige Scheidewände von erheblicher Dicke voneinander getrennt, welche auf dem Querschnitte als breite Strassen erscheinen. Das Gesamtareal dieser letztern musste von dem Areal des Nervenquerschnittes abgezogen werden, da der Zählung immer nur solche Stellen des Präparates unterzogen worden waren, welche frei von größern Bindegewebszügen erschienen. Es wurde zu diesem Behufe mit der Camera obscura eine Zeichnung des Querschnittes und der darin vorkommenden stärkern Bindegewebssepta entworfen, diese auf Stanniol übertragen und nun die Zeichnung der Bindegewebssepta ausgeschnitten und abgewogen. Ebenso wurde der Rest des Stanniols, welcher den zwischen den Bindegewebsseptis liegenden Nervenbündeln entsprach, abgewogen. Die auf diese Weise gewonnenen Zahlen wurden in die Rechnung eingeführt und diese ergab als Mittel

---

1) F. Salzer, Ueber die Anzahl der Sehnervenfasern und der Retinazapfen im Auge des Menschen. Wiener akad. Sitzungsber. LXXXI. Bd., III. Abt., Jännerheft 1880.

2) E. Fleischl, Ueber die Beschaffenheit des Axencylinders. Festgabe f. Carl Ludwig S. 53.

für die Zahl der Nervenfasern im Sehnerven (gewonnen aus drei verschiedenen Nervis opticis) die Zahl: 438 000. —

Die Anzahl der Zapfen in der Retina musste an Netzhäuten neugeborner Kinder bestimmt werden, denn die so hinfalligen Gebilde der musivischen Schichte sind nach Ablauf der Zeit, welche nach unsern Gesetzen zwischen Tod und Obduktion von Erwachsenen verstreichen muss, zur Zählung nicht mehr geeignet. Nach der Angabe M. Schultze's ist übrigens die musivische Schichte beim neugeborenen Kinde bereits vollkommen entwickelt, sodass nicht anzunehmen ist, dass nachträglich noch eine Aenderung in der Zahl der Zapfen stattfindet. An eine Verminderung der Anzahl der Zapfen während des Wachstums ist gewiss nicht zu denken — und hierauf kommt es, wie sich bald ergeben wird, in diesem Falle hauptsächlich an.

Um eine Zählung möglich zu machen, musste die Retina auf eine ebene Glasplatte, einen großen Objektträger ausgebreitet werden. Da nun die Netzhaut keine abwickelbare Fläche ist, so mussten einige radiäre Schnitte in ihr angebracht werden. Die Einzelheiten der Präparationsmethode übergehe ich und will nur noch anmerken, dass immer die ganze Netzhaut bis an ihre vordere Grenze — Ora serrata — präparirt wurde. Jede einzelne Zählung bezog sich wie bei den Nervenfasern auf ein kleines durch vier Fäden im Okular abgegrenztes Areal. Die größte Schwierigkeit erwuchs bei Bestimmung der Anzahl der Zapfen aus dem bereits angedeuteten Umstand, dass diese Gebilde sehr ungleich über die Netzhaut verteilt sind. Das Gesetz ihrer Abnahme vom Centrum der Netzhaut gegen die Peripherie ist unbekannt und ließ sich auch nicht mit ausreichender Genauigkeit bestimmen. Aus den in einer Retina durchgezählten Arealen das Mittel zu nehmen ging nicht an, weil diese Areale auch nicht annähernd gleichmäßig über die Netzhaut verteilt waren. Es erwies sich noch als das geeignetste, ein Mittel zu nehmen aus dem Minimum und dem Maximum der in einem Areal gefundenen Zapfenzahl. Als Minimum wurde hiebei der kleinste gefundene Wert in Rechnung genommen, als Maximum aber nicht wirklich der größte gefundene Wert, sondern, da es sich besonders darum handelte, sich vor einer Ueberschätzung der Zapfenzahl zu bewahren, der kleinste derjenigen gefundenen Zahlenwerte, „von denen man mit voller Bestimmtheit sagen konnte, dass sie zu groß seien, um für die betreffende Retina als Mittelwert der Zapfenanzahl“ zu gelten. In der Fovea centralis selbst konnte bei drei Netzhäuten gezählt werden; und es zeigte sich, dass an dieser Stelle auf  $\frac{1}{100}$  qmm 132—138 Zapfen stehen. Diesen hohen Wert als Maximum für die Mittelberechnung anzunehmen, wäre ganz unstatthaft gewesen wegen des sehr kleinen Gebietes der Netzhaut, für welchen er Geltung hat, und wegen der unverhältnissmäßigen Anhäufung von Zapfen in eben diesem Gebiete. Die Gesamtoberfläche der Netzhaut wurde wieder mit

dem Planimeter bestimmt und hiervon noch die Oberfläche der zapfenlosen Stelle der Netzhaut, welche dem Sehnerveneintritt entspricht, abgezogen. Um dem Leser einigermaßen ein Urteil über die Berechtigung der angewandten Methode und über die Genauigkeit der Resultate zu ermöglichen, will ich die Resultate der Zählungen an einer der untersuchten sieben Netzhäute hierhersetzen. Die Zählungen innerhalb der Fovea centralis dieser Netzhaut ergaben für das Areal a: 32, 30, 29, 29, 27, 26, 25 Zapfen. Innerhalb desselben Areals a lagen an verschiedenen Stellen der Netzhaut (unter welchen auch ganz periphere): 26, 26, 26, 26, 26, 26, 24, 23, 22, 22, 22, 22, 22, 22, 22, 22, 21, 21, 21, 21 Zapfen. Das Minimum der Zapfen wurde für diese Netzhaut mit Zugrundelegung der Zahl 21 gefunden zu: 3 005 100 Zapfen; das Maximum mit Zugrundelegung der Zahl 26 zu: 3 720 600 Zapfen. Es wurde also angenommen, dass in dieser Netzhaut 3 362 850 Zapfen sind.

Das Mittel aus den Mitteln der 5 Netzhäute, bei denen die sämtlichen Operationen am tadellosesten vor sich gegangen waren (und unter denen die eben besprochene sich nicht befand), ergab 3 362 210 Zapfen. Ein Vergleich mit der für die Nervenfasern in einem Sehnerven gefundenen Mittelzahl zeigt, dass auf jede Nervenfasern mehr als 7 Zapfen kommen. Selbst die größte gefundene Zahl für die Sehnervenfasern, bei deren Bestimmung z. B. auf das Bindegewebe im Querschnitt des Nerven keine Rücksicht genommen wurde, und die sicher viel zu groß ist, beträgt weniger als ein Drittel des kleinsten Minimalwerts der Zapfen, der also sicher viel zu klein ist, indem ja für die ganze Netzhaut nur eine solche Dichte der Besetzung mit Zapfen vorausgesetzt wurde, wie sie an der zapfenärmsten Stelle dieser Netzhaut sich wirklich vorfand.

Wenn man annimmt, alle Optikusfasern seien mit Zapfen verbunden und verteilen sich gleichmäßig über sie, so ergibt das Resultat dieser Zählungen, dass eine jede Optikusfaser sieben bis acht Zapfen versorgt.

Es hat sich somit jene Voraussetzung, dass ebenso viele Zapfen in einem Auge als Nervenfasern in einem Optikusstamme sein müssten, welche wir oben als eine ungerechtfertigte bezeichneten, als in der Natur auch wirklich nicht erfüllt herausgestellt.

Schreiben wir jedem Zapfen eine Elementarempfindung und ein Lokalzeichen zu, so ist mit der ungeheuern Anzahl von Zapfen auf so kleiner Fläche eine bestimmte sehr große Sehschärfe angelegt, welche — unter Zugrundelegung der vorgetragenen Anschauungen über die Bedeutung der Nervenfasern — durch die verhältnismäßig geringe Anzahl derselben, also durch eine Mangelhaftigkeit des Leitungsapparates, wieder vereitelt erscheint. Der Leitungsapparat ist so zu sagen der Feinheit des Perzeptionsapparats nicht gewachsen, und es erscheint diese letztere wie verschwendet.

Sehen wir also nach, welchem von beiden Apparaten unsere Sehschärfe in Wirklichkeit entspricht.

Genauere Beantwortungen dieser Frage liegen bloß für das direkte Sehen, das heißt für das Sehen mit der Netzhautgrube, der Fovea centralis, vor und gehen alle einstimmig dahin, dass die Schärfe des direkten Sehens genau der Feinheit der Zapfenmosaik in der Fovea centralis entspricht. Eine besonders sorgfältige Untersuchung in dieser Richtung verdanken wir Dr. Claude du Bois-Reymond, einem Sohne des großen Physiologen, welcher in seiner Dissertationschrift <sup>1)</sup> die zunächst zu referirenden Versuche und Betrachtungen veröffentlicht hat.

Herr Claude du Bois-Reymond sagt: Wenn wir  $n$  gleichmäßig über eine Fläche zerstreute leuchtende Punkte auf ein quadratisches Feld der Fovea von 0,1 mm Seite wirken lassen, so müsste ein wesentlicher Unterschied des subjektiven Eindrucks beobachtet werden für die Fälle, dass  $n$  erheblich größer oder kleiner als 132—138 ist. (Dies ist nämlich die von Herrn Salzer durch Zählung direkt gefundene Zahl der Zapfen auf einem Quadrat der Fovea von 0,1 mm Seitenlänge.) Wächst die Zahl  $n$  allmählich an, so wird eine Grenzzahl ermittelt werden können; diese müsste dann der Salzer'schen nahe kommen.

Die Fragen, welche durch die von Claude du Bois-Reymond angestellten Versuche zunächst beantwortet werden sollen, lauten: Wie viele getrennte Lichtempfindungen werden auf  $\frac{1}{100}$  qmm der Fovea centralis wahrgenommen; und wie viele sind mindestens erforderlich, um eine homogen erleuchtete Fläche vorzutäuschen? Die Versuche wurden nun so angestellt, dass von einem Planspiegel das Licht des Himmels in das sechs Meter vom Spiegel entfernte beobachtende Auge geworfen wurde. Das Auge lag unmittelbar an dem einen Ende einer innen geschwärzten, 2,5 cm weiten und 1 m langen Röhre, durch welche alles Seitenlicht von demselben abgehalten wurde. Außerdem war auch zum gleichen Zwecke der Experimentirraum möglichst verdunkelt. Zwischen dem andern Ende der geschwärzten Röhre und dem Spiegel blieb nun eine Distanz von 5 m. Diese wurde von einer Bahn eingenommen, längs welcher ein Schirm auf bequeme Weise verschoben werden konnte, welcher das Licht, das vom Spiegel kam, vom Auge abhielt. In den Schirm war das eigentliche Beobachtungsobjekt eingesetzt. Es bestand aus einem Stanniolblatte, in dessen Mitte ein Quadrat von 5 cm Seitenlänge von regelmäßig angeordneten Nadelstichen durchlöchert war. Jedes Loch hatte einen Durchmesser von  $\frac{1}{5}$  mm, und von der Gleichheit der Löcher überzeugte man sich durch

1) Ueber die Zahl der Empfindungskreise in der Netzhautgrube von Claude du Bois-Reymond. Berlin 15. August 1881. Dasselbst findet sich die übrige hierhergehörige Literatur zitiert.

Prüfung mit dem Mikroskop. Die Löcher standen an den Durchschnittpunkten dreier Scharen äquidistanter paralleler Linien, welche einander unter Winkeln von  $60^{\circ}$  schnitten, so dass alle Löcher gleichen Zentralabstand (2,5 mm) von den Nachbarn hatten. Aus diesen Daten und dem jeweiligen Abstände des Schirms vom Auge ließ sich leicht die Anzahl der Lichtpunkte berechnen, welche sich auf einer  $\frac{1}{100}$  qmm großen Fläche der Fovea centralis abbildeten.

Entfernt man nun den Schirm, während man eine Gruppe der hellen Punkte auf ihm fixirt, allmählich vom Auge, so findet man bald eine Entfernung, bei welcher die Punkte eben aufhören einzeln deutlich sichtbar zu sein und zu kurzen, unterbrochenen Linienstücken zu verschmelzen beginnen. Die Lage und Anordnung der Linien wechselt bei den geringsten Augenbewegungen. Die Entfernung des Schirmes vom Auge, bei welcher diese Erscheinung auftritt, wird notirt, und zwar im Protokolle des Verf. unter der Rubrik „E. P.“ („Entfernend“, nämlich: den Schirm, „Punkte“, nämlich: verschwinden).

Wird nun der Schirm noch weiter vom Auge abgerückt, so werden erst die Linien beständig, das Objekt ähnelt einem Drahtgitter, und dann werden die Linien matt und verschwinden endlich, indem das Feld nunmehr wie eine gleichmäßig beleuchtete graue Fläche erscheint. Die Entfernung, in welcher dies stattfindet, wird als „E. L.“ notirt.

Auch in umgekehrter Ordnung wurde der Versuch angestellt, sodass der Schirm aus seiner entferntesten Lage allmählich an das Auge herangerückt wurde. Hierbei traten die Erscheinungen in umgekehrter Ordnung auf und man gewann zwei weitere Notirungen „N. L.“ (Nähernd Linien) und „N. P.“ —

Es ist wol nicht nötig, aller Kontrollversuche und Vorsichtsmaßregeln zu gedenken, durch welche der Verf. sich vor Fehlern schützte; hingegen wird ein Vergleich der von ihm gefundenen Werte mit den Zahlen Salzer's um so mehr interessiren. Ein solcher folgt nun hier in wesentlichem Anschlusse an Claude du Bois' Gedankengang.

Die Mittelwerte sämtlicher Versuche über das Verschwinden oder Wiederauftauchen der einzelnen Punkte ergeben die Anzahl von 74 hellen Punktbildern auf  $\frac{1}{100}$  qmm der Fovea; der Uebergang des Linienphänomens in das der gleichmäßig grauen Fläche erfolgte bei im Mittel 149 hellen Punktbildern auf demselben Raume.

Stehen nun in der Fovea die Zapfen dicht aneinander gedrängt in Form regulärer, die Fläche völlig erfüllender Sechsecke beisammen, so ist es klar, dass, wenn auf einen bestimmten Teil dieser Fläche mehr Punktbilder fallen, als Sechsecke darin enthalten sind, auf jedes Sechseck mindestens ein Bild fallen muss, und dass alle Zapfen erregt werden, wie beim Anblick einer homogenen leuchtenden Fläche. Die Zahl der Punktbilder, bei welcher diese zu einer ganz einheitlichen Fläche verschmolzen — 149 — stimmt nun näherungsweise mit der Salzer'schen Zahl von 138 Zapfen auf dem gleichen Areal.



Besser wird die Uebereinstimmung, wenn man das Mittel nur aus jenen Beobachtungen du Bois' nimmt, welche bei allmählicher Näherung des Schirmes gewonnen wurden. Diese geben das Mittel 140. Eine Berechtigung dafür diese Zahl zu betonen, findet du Bois in dem Umstande, dass das Urteil über das Auftauchen einer Erscheinung sicherer ist, als das über ihr Verschwinden.

Soll ein Punkt als solcher isolirt gesehen werden, so ist die Bedingung hierfür, dass der Zapfen (das Sechseck), auf welchen sein Bild fällt, von lauter Zapfen unmittelbar umgeben sei, welche nicht belichtet sind, auf welche also kein Punktbild fällt. Dieser Fall aber kann, wie eine einfache Ueberlegung oder Konstruktion ergibt, nicht eher eintreten, als bis die Zahl der Punktbilder auf oder unter die Hälfte der Zapfenzahl gesunken ist. Die halbe Salzer'sche Zapfenzahl ist 69; das Mittel sämtlicher du Bois'scher Beobachtungen für das Punktbildphänomen ergibt 74, das Mittel der vertrauenswürdigern, bei Annäherung des Schirmes gewonnenen Zahlen ist 72. Die Eigentümlichkeiten und Details der Erscheinungen, welche auftreten, wenn Punktbilder auf die Zapfenmosaik auffallen in einer Anzahl, welche größer als die halbe und kleiner als die ganze Zapfenzahl ist, vor allem die auftretenden Linien, erklären sich ungezwungen und durch einfache Konstruktionen aus der regelmäßigen Anordnung der Zapfen und der regelmäßigen Verteilung der Punktbilder über sie.

Somit ist das Resultat der du Bois'schen Untersuchungen, dass die experimentell ermittelte Sehschärfe der Fovea centralis mit der direkt ermittelten Anzahl von Zapfen in der Flächeneinheit der Fovea übereinstimmt. In dieser Uebereinstimmung liegt aber ein zwingender Beweis für den Satz, dass jeder Zapfen der Fovea ein Empfindungskreis ist, dass die Erregung eines jeden einzelnen Zapfens dieser Netzhautstelle gesondert ins Zentralorgan geleitet und daselbst gesondert perzipirt wird.

So weit Claude du Bois-Reymond.

Dieses Resultat zwingt uns, unter Zugrundelegung der allgemein rezipirten Auffassung von der Natur und Leistung der Primitivnervenfasern, zu der Annahme, dass jeder Zapfen der Fovea centralis mit einer Nervenfasern in Verbindung steht, welche weiter keinen Zapfen als eben diesen einen versorgt.

Unter dieser Voraussetzung aber wird natürlich das Verhältniss der außerhalb der Fovea gelegenen Zapfen zu den für ihre Versorgung übrig bleibenden Nervenfasern ein noch größeres sein, als das sämtlicher Zapfen der Netzhaut zu sämtlichen Fasern des Sehnerven, also größer als 7 : 1. — Sehr beträchtlich wird allerdings dieses Verhältniss durch die Einzelversorgung der Foveazapfen nicht alterirt werden, denn die ganze Fovea ist sehr klein, und die absolute Anzahl der in ihr stehenden Zapfen ist sehr unbedeutend im Vergleiche mit der Gesamtzahl der Zapfen.

Lassen wir nun einstweilen die Stäbchen der Netzhaut und ihre etwaige Bedeutung für das Sehen ganz außer betracht, so bleibt nichts übrig als die Annahme, dass von den außerhalb der Fovea gelegenen Zapfen je mehrere von je einer Nervenfasern versorgt werden, das heißt durch sie in funktionelle Verbindung mit dem Zentralorgane gesetzt werden.

Hier sind nun zunächst zwei Einrichtungen denkbar. Entweder es stellt jede Nervenfasern eine einzige Leitungsbahn vor, welcher auch im Zentralorgane ein einziges Lokalzeichen entspricht; und jede solche Nervenfasern teilt sich in der Netzhaut und tritt mit ihren Zweigen in Verbindung mit mehreren Zapfen, von denen dann natürlich jeder durch seine Erregung die Auslösung eines und desselben Lokalzeichens im Zentralorgane bedingen würde, sodass die Erregungen dieser zu einer Nervenfasern gehörigen Zapfen im Zentralorgane nicht von einander zu unterscheiden wären. Das Gebiet der Netzhaut, in welchem solche zu einer Nervenfasern gehörige Zapfen stehen, wäre dann ein Empfindungskreis.

Oder in jeder scheinbar einfachen Nervenfasern sind so viele einzelne von einander funktionell isolierte Leitungsbahnen vereinigt, als Zapfen von ihr versorgt werden. In der Netzhaut würden dann diese schon in der Fasern funktionell getrennten Leitungsbahnen auch anatomisch auseinandertreten und sich jede zu ihrem Zapfen begeben. Diese letztere Vorstellungsweise ist bei weitem die einfachere, nur liefert eben die sorgfältigste mikroskopische Untersuchung der Nervenfasern auch nicht den geringsten Anhaltspunkt für eine solche Vorstellung. Aus ihr würde übrigens für die außerhalb der Fovea gelegenen Netzhautstellen nur eine solche Abnahme der Sehstärke folgen, wie sie durch die Verschlechterung der optischen Bilder auf den Seitenteilen der Netzhaut und durch die größere Distanz der Zapfen voneinander in eben diesen Teilen sich ergibt. In Wirklichkeit ist jedoch die Verschlechterung des Sehens in der Netzhautperipherie eine viel zu große, als dass sie sich aus diesen Umständen erklären ließe, und auch von ganz anderer Art, als sie hiernach sein müsste. Auf diesen letztern Punkt, welcher von großer Bedeutung ist, werde ich noch zurückkommen.

Wollte man diese Annahme einmal machen, so stünde natürlich dem nichts im Wege, sich so viele funktionell von einander verschiedene Leitungsbahnen in jeder Nervenfasern vereinigt zu denken, dass auch für jedes Stäbchen eine gesonderte Leitung zum Zentralorgane herauskäme. Da aber, wie bemerkt, nichts zu der Annahme berechtigt, dass in einer Nervenfasern mehrere Leitungsbahnen isoliert nebeneinander laufen und außerdem beim Sehnerven sogar ganz bestimmte Gründe dagegen sprechen, so lassen wir diese Vorstellungsweise gleich hier fallen, um uns nicht wieder mit ihr zu beschäftigen.

Eine dritte, sehr sinnreiche, von Helmholtz herrührende Ver-

mutung über die Verteilung der Schnervenfasern auf die Zapfen wird im weitem Verlaufe dieser Darstellung ausführlicher besprochen werden.

(Schluss folgt.)

## Eduard Gaffron, Beiträge zur Anatomie und Histologie von *Peripatus*.

Zoologische Beiträge herausgegeben von Dr. A. Schneider 1883. Bd. I, Heft 1, S. 33—60. Taf. VII—XII.

Durch die Herausgabe der Zoologischen Beiträge hat Prof. A. Schneider die betreffende Fachliteratur um ein Journal vermehrt, über dessen Zweckmäßigkeit die Zukunft entscheiden wird. Für den Fall, dass es nicht ausschließlich Breslauer Institutsblatt sein soll, sondern dass darin auch die Untersuchungsergebnisse auswärtiger Zoologen aufgenommen werden, ist das Unternehmen ein zeitgemäßes zu nennen; denn sicherlich müssen jetzt nur zu häufig Manuskripte lange Zeit auf den Abdruck warten, wenn dieselben den ältern Fachblättern zugehen.

In dem ersten Heft des ersten Bandes findet sich außer einigen Arbeiten und Beobachtungen Schneiders und der im Zoologischen Anzeiger satksam besprochenen Nematodenuntersuchung von Dr. Rhode eine größere Abhandlung Gaffron's über den *Peripatus*. Sie ist rein anatomisch-histologischer Natur und bringt vorläufig die Resultate, welche eine Untersuchung über die Struktur des Leibesschlauches, der Segmentalorgane, der Seitenkanäle und des Gefäßsystems ergab.

Der Leibesschlauch setzt sich aus der Epidermis, der Subepidermoidalschicht, dem Hautmuskelschlauch und dem Peritoneum zusammen. Die zylindrischen Epidermiszellen sind als Matrix der Cuticula aufzufassen und bilden mit dieser zusammen zahlreiche „tönnchenförmige Organe“, die vor allem Tastempfindung vermitteln sollen. An ihrer Spitze tragen die ungegliederten Füßchen zwei parallel zu einander gestellte nach unten gekrümmte cuticulare Häkchen oder Klauen, unter denen sich im Innern zwei in Bildung begriffene Reservekrallen finden. Dieser Haftapparat wird durch Kontraktion der Ringmuskulatur vorgeschoben und durch besondere Muskelfäden wieder zurückgezogen.

*Peripatus* respirirt durch Tracheen, deren Mündungen unregelmäßig auf der Oberfläche des Körpers zerstreut liegen. Am reichlichsten sind die Trachealröhren um den Uterus herum ausgebildet und zwar namentlich um denjenigen Teil, der mit Embryonen angefüllt ist. Abweichend von dem sonstigen Habitus dieser Gebilde ist der Befund, dass weder Verzweigung noch Anastomosenbildung beobachtet werden konnte und dass auch ein Spiralfaden sich nicht mit Sicherheit nachweisen ließ.

Zwischen Epidermis und Muskularis schiebt sich die aus parallelen „Säulchen“ und „welligen Fibrillenbündeln“ bestehende Subepidermoidalschicht ein. Die Elemente der fünf Muskellagen — eine Ring-, zwei Diagonal-, eine Längs- und eine Sagittalfaserschicht — entbehren der Querstreifung und sind kompakte, zylindrische oder plattgedrückte Bündel homogener Fibrillen. Unter dem Sarcolemma liegen Protoplasmaanhäufungen mit deutlichen ovalen Kernen, die sehr häufig mehrere Nucleoli enthalten.

Das reichlich von Tracheen durchsetzte Peritoneum ist ein 0,003—0,007 mm dünnes Häutchen, welches die Wandungen der Leibeshöhle und die sämtlichen in ihr liegenden Organe überzieht. In allen Segmenten münden hart an der

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1883-1884

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Fleischl Ernst von Marxov

Artikel/Article: [Zur Anatomie und Physiologie der Retina. 309-319](#)