

entzieht sich nach seinem Eintritt in das Hinterhorn jeder Beobachtung, andere Fasern dieses Bündels können bis an die hintere Grenze der grauen Substanz verfolgt werden. Die Frage des Zusammenhanges der Wurzelfasern mit Ganglienzellen habe ich nicht untersucht, indem meine Untersuchungsmethode zur Entscheidung dergleichen Fragen ungeeignet war.

A. Lustig (Innsbruck).

Die spezifischen Energien der Nerven.

Von J. Rosenthal.

(Fortsetzung)

Indem wir uns jetzt zu den Empfindungsnerven wenden, kommen wir zu der Lehre von den spezifischen Energien in dem engen Sinne, wie sie von Joh. Müller ausgesprochen und später hauptsächlich von Helmholz weitergebildet wurde. Diese Lehre besagt also, dass die verschiedenen Empfindungen, welche durch die einzelnen Sinnesnerven in uns hervorgerufen werden, ihren Grund nicht in Unterschieden der Nerven, auch nicht in den verschiedenen physikalischen oder chemischen Einwirkungen auf diese Nerven, sondern in Unterschieden der nervösen Zentralapparate haben, in denen jene Nerven endigen. Indem die Nerven durch irgend welche Ursache in Erregung geraten und diese ihre Erregung auf die Zentralorgane übertragen, entsteht eine Empfindung; die Art dieser Empfindung aber hängt von der Natur des nervösen Zentralorgans ab, welches erregt worden ist.

Da die Verknüpfung einer jeden zentripetalen Nervenfaser mit einem bestimmten Teil des nervösen Zentralorgans eine anatomisch gegebene ist und normaler Weise ein Wechsel dieser Verbindungen nicht stattfinden kann, so folgt, dass auch jede Nervenfaser, wenn sie erregt wird, immer nur eine ganz bestimmte, unveränderliche Art von Empfindung veranlassen kann. Wodurch sie erregt wird, muss dabei ganz und gar gleichgültig sein. Wohl können wir die Fiktion machen, dass zwei verschiedene Arten von Nervenfasern nach der Durchschneidung kreuzweise miteinander verheilt werden könnten, z. B. das periphere Ende des Hörnerven mit dem zentralen des Sehnerven und umgekehrt. Nach der vorgetragenen Theorie müssten dann Töne, welche den Hörnerven erregen, durch den Sehnerven zu den diesem angehörigen Nervenzentren geleitet werden und demgemäß Gesichtsempfindungen hervorrufen; wenn dagegen Licht ins Auge fiele und die Sehnerven erregte, so würde eine Nervenerregung entstehen, welche zu den Nervenapparaten des Hörnerven geleitet und darum die Vorstellung von Tönen hervorrufen müsste. Da jedoch ein derartiger Versuch in Wirklichkeit nicht ausgeführt werden kann,

so haben wir keine Aussicht, einen unmittelbaren Beweis für die ausgesprochene Annahme zu finden; wir sehen uns vielmehr darauf beschränkt, durch sorgfältige Sammlung und Sichtung aller Thatsachen die mehr oder minder große Wahrscheinlichkeit der Hypothese mittelbar darzuthun.

Wenn wir den Nachdruck auf die nervösen Zentralorgane legen, in denen die Nerven enden, so ist dabei zu bemerken, dass diese Unterseheidung zwischen den Nerven und ihren Zentren erst im Laufe der Zeit allmählich sich schärfer herausgebildet hat. Bei Joh. Müller tritt dieselbe noch kaum hervor; bei ihm handelt es sich immer um eine „Sinnessubstanz“, unter welche man sich den Nerven von seinem peripherischen Endapparat bis zu seiner zentralen Endigung im Gehirn mit Einschluss dieser letzteren zu denken hat. Erst die Erkenntnis, dass die Sinnesnerven selbst, soweit sie der Untersuchung zugänglich sind, von einander und von anderen Nerven sich nicht genügend unterscheiden, um in ihnen selbst den Grund der verschiedenartigen Wirkung suchen zu können, hat allmählich dazu geführt, den Ort der Verschiedenheit auf die Nervenzentren zu verschieben. Nun ist es ja ganz gewiss richtig, dass wir von diesen sehr wenig wissen und dass wir eben deshalb ihnen alles mögliche zuschreiben können. Ein Einwand gegen unsere Lehre kann aber aus unserer Unwissenheit über das Wesen der Vorgänge in den Nervenzentren nicht hergeleitet werden, so lange wir nichts weiter behaupten, als dass die Unterschiede unserer Empfindungen durch Unterschiede in den peripherischen Nerven und ihren peripherischen Endigungen nicht erklärt werden können, dass wir deshalb hypothetisch die Ursache in die Nervenzentren verlegen. Uebrigens kann hierfür auch als wichtiger that-sächlicher Grund der jetzt wohl zweifellose Nachweis der Lokalisation der verschiedenen Sinnesfunktionen in verschiedenen Teilen der Hirnrinde angetführt werden¹⁾.

Dieser Gleichheit aller Nerven entsprechend muss daher auch der Zustand der Erregung in allen Nerven derselbe sein und zwar unabhängig davon, welche Art der Reiz war, der die Erregung hervergerufen hat. Demgemäß also können verschiedene Arten von Einwirkungen, wenn sie auf denselben Nerven wirken, immer nur eine und dieselbe Art von Empfindung hervorrufen, andererseits aber müssen dieselben Einwirkungen, wenn sie auf verschiedene Nerven wirken, verschiedene Empfindungen hervorrufen. Die genauere Prüfung dieser Behauptungen an der Hand aller Erfahrungen über die Sinnesnerven soll uns eben die Thatsachen liefern zur Kritik der vorgebrachten Lehre.

Im Gegensatz zu dieser nahm, wie Joh. Müller²⁾ richtig be-

1) Vgl. die Artikel von Exner, Centralblatt I. 27. 29. 627 und von Munk I. 31. 335. 339.

2) Handbuch der Physiol. des Menschen. 1. Teil. 4. Aufl. S. 667.

merkt, die ältere Physiologie an, dass die Nerven bloß passive Leiter für die Qualitäten der äusseren Dinge seien, so dass also der Sehnerv die Schwingungen des Lichts dem Bewusstsein als solche übermittle, der Hörnerv die Schallschwingungen u. s. f. Diese Auffassung aber hält nicht Stich gegenüber der eben angedeuteten Erfahrung, dass der Sehnerv, auch wenn er elektrisch oder mechanisch gereizt wird, immer nur eine Lichtempfindung vermittelt, während dieselben Ursachen, wenn sie auf den Hörnerven wirken, Anlass zu einer Gehörsempfindung geben. So kommt denn Müller zu dem Schluss, „dass jeder eigentümliche Sinnesnerv auch gewisse unveräußerliche Kräfte oder Qualitäten hat, welche durch die Empfindungsursachen nur angeregt und zur Erscheinung gebracht werden. Die Empfindung ist also nicht die Leitung einer Qualität oder eines Zustandes der äusseren Körper zum Bewusstsein, sondern die Leitung einer Qualität, eines Zustandes unserer Nerven zum Bewusstsein, veranlasst durch eine äußere Ursache. Wir empfinden nicht das Messer, das uns Schmerz verursacht, sondern den Zustand unseres Nerven schmerhaft; die vielleicht mechanische Oszillation des Lichtes ist an sich keine Lichtempfindung; auch wenn sie zum Bewusstsein kommen könnte, würde sie das Bewusstsein einer Oszillation sein; erst dass sie auf den Sehnerven als den Vermittler zwischen der Ursache und dem Bewusstsein wirkt, wird sie als leuchtend empfunden; die Schwingung der Körper ist an sich kein Ton; der Ton entsteht erst bei der Empfindung durch die Qualität des Gehörnerven, und der Gefühlsnerv empfindet dieselbe Schwingung des scheinbar tönenden Körpers als Gefühl der Erzitterung. Wir stehen also bloß durch die Zustände, welche äußere Ursachen in unserm Nerven erregen, mit der Außenwelt empfindend in Wechselwirkung“.

Dass die gegenteilige Ansicht trotzdem auch nach Joh. Müller noch Vertreter gefunden hat, liegt vorzugsweise an der eingewurzelten Auffassung von der vermeintlichen Uebereinstimmung unserer Empfindungen mit den Vorgängen der Außenwelt, welche wir empfinden. Der leuchtende Körper bewirkt die Empfindung des Lichts, der Körper, welcher tönt, die Empfindung des Tons. Trotzdem ist es leicht zu erkennen, dass hierbei nichts als eine Täuschung vorliegt durch die Anwendung der gleichen Sprachbezeichnung für unsere Empfindungen einerseits und die äusseren Ursachen andererseits, durch welche jene in der Regel hervorgerufen werden. Daraus darf also auf eine Gleichheit oder auch nur Ähnlichkeit der einen und der andern Reihe von Vorgängen nicht geschlossen werden, und nichts berechtigt uns z. B. zu der Annahme, dass der Vorgang des Tönens bei einer Stimmgabel irgend welche Ähnlichkeit mit der Tonempfindung hat, welche sie in uns hervorruft. Wie denn auch diese selbe schwingende Stimmgabel, wenn wir sie leise mit dem Finger berühren, eine ganz andere Empfindung verauflasst, welche natürlich ebensowenig mit dem

Schwingungsvorgang identisch oder ihm auch nur überhaupt ähnlich ist.

Sind unsere Empfindungen also von der Beschaffenheit unserer Nervenzentren abhängig, so muss es so viele verschiedene Empfindungen geben, als es verschiedene Nervenapparate in unserm Gehirn gibt, deren gesonderte Erregung möglich ist und zum Bewusstsein kommen kann. Wir wollen, nur der Kürze halber und ohne etwas bestimmtes über die anatomische Natur der Nervenapparate, in denen der Vorgang der bewussten Empfindung zu stande kommt, damit aussagen zu wollen, eine jede solche physiologische Einheit eine Nervenzelle¹⁾ nennen. Dann kann es also so viele unterscheidbare Empfindungen geben, als Nervenzellen vorhanden sind, vorausgesetzt, dass jeder Zelle eine zu ihr führende, gesondert erregbare Nervenfaser entspricht. Nehmen wir jedoch an, dass die Nervenzellen zu Gruppen vereinigt seien und untereinander zusammenhängen, und dass in eine solche Gruppe nur eine Nervenfaser eintrete, so würde eine solche Gruppe auch nur eine Art von Empfindung vermitteln können und müsste physiologisch als eine Einheit aufgefasst werden.

Erregungen, welche durch eine und dieselbe Nervenfaser zugeleitet werden, können nach dieser Auffassung nur dem Grade nach, nicht qualitativ verschieden sein. Denn der Vorgang der Erregung in der Nervenfaser hängt nicht von der Natur des Vorgangs ab, welcher die Erregung veranlasst hat, und ist, wie wir angenommen haben, in allen Nervenfasern ganz der gleiche. Wäre es möglich, dass in einer und derselben Nervenfaser qualitativ verschiedene Erregungen sich fortpflanzen und dass diese Qualität als solehe vom Bewusstsein aufgenommen werde, so müssten verschiedene Arten von Erregungen, wenn sie auf denselben Nerven wirken, in uns verschiedene Empfindungen, dieselben Erregungen aber, wenn sie auf verschiedene Nerven wirken, in uns gleiche Empfindungen hervorrufen, was ja eben den Erfahrungen widerspricht²⁾. Dazu kommt noch, dass die Leitung solcher qualitativ verschiedener Erregungen durch eine Nervenfaser mit den Vorstellungen, welche wir von der Mechanik der Nervenerregung aus unserer Kenntnis der letzteren abgeleitet haben, nicht gut vereinbar ist.

Die Stärke der Erregung einer und derselben Nervenfaser kann zeitlich schwanken. Erfolgen solche Schwankungen nach einem gewissen Gesetz, so kann dadurch scheinbar eine neue Qualität der

1) Der Ausdruck Nervenzelle wird hier einfach nur als Gegensatz zu Nervenfaser gebraucht. Die Faser wird durch irgend einen Anlass erregt und leitet die Erregung zur Zelle, die dann ihrerseits in Erregung gerät und dadurch den Bewusstseinsvorgang vermittelt.

2) Daraus würde u. a. folgen, dass wir für Temperatur- und Druckempfindungen verschiedene Nervenbalmen annehmen müssen, worüber später ausführlich gehandelt werden soll.

Empfindung entstehen. Ein dauernder Druck, ein plötzlicher Stoß und ein regelmäßig schwankender Druck (wie er bei Berührung einer schwingenden Stimmgabel entsteht) sind nur als Empfindungen derselben Qualität aufzufassen, nur verschieden durch den Grad des Drucks und den zeitlichen Verlauf der Veränderungen dieses Grades. Wenn sie von manchen als qualitativ verschiedenen angesehen werden, so beruht dies nach meiner Meinung auf einer Täuschung. Ebenso können wir das Knattern eines Pelotonfeuers nicht für qualitativ verschieden erachten von dem Gehörseindruck, welchen der einzelne Knall eines Büchseneschusses veranlasst. Wir werden später sehen, wodurch es bedingt ist, dass man derartige Eindrücke zuweilen als qualitativ verschieden angesehen hat.

Die Zahl der unterscheidbaren, qualitativ verschiedenen Empfindungen muss bedingt sein durch die Zahl der empfindungsfähigen Zellen. Diese ist nun freilich eine endliche, aber immerhin doch, wie uns die Anatomie lehrt, eine so ungeheuer große, dass wir nicht in Verlegenheit geraten, wenn wir die ungeheure Mannigfaltigkeit unserer Empfindungen durch sie erklären wollen. Auch selbst wenn wir annehmen, dass selten oder niemals eine einzelne Zelle allein in Erregung gerät, sondern immer nur Gruppen, so reicht ihre Zahl noch zur Erklärung vollkommen aus. Wir müssen es jedoch als sehr wahrscheinlich hinstellen, dass solche Grundempfindungen, wie sie durch Erregung einer einzelnen Zelle oder Zellgruppe entstehen, selten vorkommen; viel häufiger vielmehr gemischte Empfindungen durch gleichzeitige oder schnell aufeinander folgende Erregung verschiedener Zellen. Bei den verschiedenen Kombinationen, welche auf diese Art möglich sind, muss aber die Qualität unserer Empfindung jedesmal verschieden ausfallen, und es entsteht so die Möglichkeit, dass die Zahl der verschiedenen Empfindungen eine viel größere Mannigfaltigkeit aufweist, als die Zahl der Zellen. Aus drei Elementen z. B., welche wir als Grundempfindungen irgend welcher Art annehmen wollen, können durch Kombination von je zweien drei neue Arten von Empfindungen und durch Kombination aller drei noch eine, im ganzen also sieben Qualitäten von Empfindungen entstehen. Und wenn wir noch Zwischenstufen annehmen, bei denen die Komponenten dem Grade nach von einander verschieden sind, so genügen jene drei Grundempfindungen schon, um eine unendliche Mannigfaltigkeit von möglichen Empfindungen zu erklären. Dies ist bekanntlich der Grundgedanke der Young-Helmholtz'schen Farbentheorie, welche so wesentlich zur Weiterbildung der ursprünglichen Lehre von den spezifischen Energien der Sinnesnerven beigetragen hat¹⁾. Ähnliche Betrachtungen

1) Ueber die Farbentheorie vgl. den Aufsatz des Herrn v. Fleischl, Biol. Centralbl. I. 499.

haben dann Helmholtz zu seiner Theorie der Tonempfindungen veranlasst.

Dass jedes Zellindividuum (oder jede zusammenhängende Zellgruppe) eine eigenartige, von denen der andern Individuen im Bewusstsein unterschiedene Empfindung hervorzurufen im stande sein muss, bedarf keiner weiteren Erklärung. Wir können es allenfalls mit Ad. Fick¹⁾ durch das Gleichen zweier vollkommen gleicher Menschen erläutern, auf welche derselbe Vorgang einwirkt. Der Erfolg wird in beiden derselbe sein, aber in jedem Individuum wird der Bewusstseinszustand getrennt auftreten und die Bewusstseinszustände werden nicht verschmelzen. Wenn also die Zellindividuen des Gehirns einzeln für sich fähig sind, in sieh den Bewusstseinszustand zu erregen, so müssen die Bewusstseinszustände der einzelnen Zellen unter sich different sein einzig und allein aus dem Grunde, weil es verschiedene Zellindividuen sind. Auf die Frage, was der Bewusstseinszustand eigentlich sei, brauchen wir uns weiter nicht einzulassen, denn diese Frage ist keine physiologische sondern eine metaphysische.

Dieser Unterschied der Bewusstseinszustände zweier Zellindividuen ist ein absoluter, durch nichts zu verwischender. Das schließt aber nicht aus, dass die Unterschiede zweier bestimmter Zellen größer sein können als die zweier andern. In diesem Falle werden wir also zwischen den Empfindungen, welche die weniger unterschiedenen Zellen in uns hervorrufen, einen gewissen Grad von Verwandtschaft zu erkennen glauben. Hierauf beruht es, dass wir die unendliche Mannigfaltigkeit der Empfindungen, deren wir fähig sind, in Gruppen zusammenfassen, und diejenigen, welche unter sich ähnlich erscheinen, als eine „Modalität“, wie es Helmholtz²⁾ genannt hat, von andern Modalitäten unterscheiden. Innerhalb einer und derselben Modalität aber nehmen wir wieder kleinere Unterschiede wahr, die wir als „Qualität“ bezeichnen. Die Empfindungen Blau und Süß z. B. gehören verschiedenen Modalitäten der Empfindung an; Blau und Rot dagegen derselben Modalität, sie sind nur qualitativ verschieden. Das Kriterium für das letztere ist darin gegeben, dass wir uns allmähliche Uebergänge aus der einen Empfindung in die andere denken können durch so kleine Unterschiede der Empfindung, dass sie sich der Wahrnehmung entziehen. Es gibt einen allmählichen Uebergang von Blau durch Violet und Purpur zu Rot; aber keine Brücke führt von der Empfindung Blau zu der Empfindung Süß.

Wie viele Modalitäten der Empfindung zu unterscheiden seien, ist zweifelhaft. Die übliche Einteilung in fünf Sinne hält nicht vollkommen stand. Wir können z. B. mit Recht bestreiten, ob die Tempe-

1) Hermann's Handb. d. Physiol. Bd. III. I. Teil S. 165.

2) Die Thatsachen in der Wahrnehmung. Rektoratsrede. Berlin 1879. S. 8.

raturempfindung und die Druckempfindung einer und derselben Modalität angehören, eine Frage, auf welche wir noch zurückkommen werden.

Mit den Unterschieden der Modalität und Qualität sind jedoch noch nicht alle möglichen Unterschiede der Empfindungen erschöpft. Es gibt noch eine dritte Art von Unterscheidung. Zwei an sich gleiche Druckempfindungen z. B. werden als verschieden wahrgenommen, wenn die eine am dritten, die andere am vierten Finger derselben Hand einwirkt. Dass diese Unterscheidung des Orts daher röhrt, dass die beiden Erregungen durch verschiedene Nervenbahnen dem Gehirn zugeleitet auf verschiedene Zellindividuen einwirken, ist am ehesten zu verstehen. Und so bildet diese Ortsunterscheidung eine der wesentlichsten Stützen unserer Lehre von den spezifischen Energien, indem sie uns lehrt, dass dieselben Eindrücke, in verschiedenen Nervenzellen entstanden, individuelle Eigentümlichkeiten annehmen, welche sie in Bewusstsein unterscheidbar macht. Wir wollen diese Eigentümlichkeit, welche der Erregung des einzelnen Zellindividuums anhaftet, mit Lotze das „Lokalzeichen“ nennen. Sonach ist also jede Erregung eines Zellindividuums in unserm Bewusstseinszustand behaftet mit der Erkennung ihrer Modalität bzw. Qualität, des Lokalzeichens und der Stärke, und diese letztere kann außerdem schwanken und dadurch qualitative Unterschiede vortäuschen.

Für die weitere Beurteilung der thatsächlichen Unterlagen unserer Lehre wird es nötig sein, zunächst die Erregungsmittel oder Reize kennen zu lernen, durch welche in den einzelnen Nerven der Erregungszustand hervorgerufen werden kann. Sofern es sich um die Nervenfasern handelt, d. h. denjenigen Abschnitt, welcher zwischen den zentralen Nervenzellen und den peripherischen Endigungen liegt, so kennen wir die Wirkungsweise der verschiedenen Reize vorzugsweise von den motorischen Fasern; mit diesen vergleichen wir dann die übrigen Nerven. Wir haben jedoch schon im vorigen Abschnitt gesehen, dass diese Vergleichung nicht immer zu unzweideutigen Schlüssen führt, weil da, wo irgend eine Art der Reizung bei gewissen Nervenfasern wirksam ist, bei andern aber nicht, wir zweifelhaft sein können, ob nicht das Ausbleiben des Erfolgs nur von der Unfähigkeit des betreffenden Endapparats (Muskel u. s. w.) auf den entstandenen Reiz zu reagieren, zurückzuführen ist.

Der am besten bekannte Reiz, der elektrische, gibt am motorischen Nerven vorzugsweise Wirkungen bei Schwankungen seiner Intensität; doch sind schwächere Wirkungen, während der Strom in unveränderter Stärke verharrt, nicht zu erkennen. Ein wesentlicher Unterschied zwischen motorischen und sensiblen Nerven ist daher auf Grund der oben angeführten von Grützner gefundenen Ergebnisse nicht anzunehmen. Auf die Nerven der einzelnen Sinnesorgane scheint der elektrische Strom, soweit dies aus den zum Teil sehr schwierigen

Untersuchungen geschlossen werden kann, im wesentlichen ganz ebenso zu wirken. Die Schwierigkeit beruht aber hauptsächlich darin, dass die Einwirkung elektrischer Ströme nicht immer auf den Nervenstamm, die eigentliche Faser, beschränkt werden kann, sondern häufig die Endapparate, sowohl die peripherischen als die zentralen trifft.

Da Untersuchungen über die Reizung sensorischer Nerven nur am Menschen angestellt werden können, so kommt für die Frage, wie sich die Nervenfasern verhalten, neben dem elektrischen Reiz fast nur noch der mechanische in Betracht, und auch dieser kann nur auf wenige der Sinnesnerven wirklich angewendet werden. Vor dem elektrischen Reiz hat er da, wo er anwendbar ist, den Vorzug voraus, dass er genau lokalisiert werden kann.

Gegenüber den Nervenfasern zeichnen sich die peripherischen Endapparate der sensorischen Nerven, die Sinnesorgane, vorzugsweise durch ihre ungemein große Empfindlichkeit aus, durch welche sie von Reizen erregt werden, welche viel zu schwach sind, um auf die Nervenfasern direkt zu wirken. Das hängt aber in der That nur von ihrer geringen Stärke und nicht davon ab, dass die Nervenfasern sich absolut anders gegen Reize verhalten als ihre Endigungen in den Sinnesorganen. Denn die Reize, welche auf die Sinnesorgane wirken, sind, mit einziger Ausnahme des Lichts, in der That alle auch im Stande, auf die Nervenfasern zu wirken, wenn sie nur hinreichend stark sind; und selbst vom Licht können wir nicht mit absoluter Bestimmtheit sagen, dass es nicht auf die Nervenfaser wirkt, da Licht und Wärme physikalisch identisch sind, letztere aber die Nervenfasern zu erregen vermag.

Nun sind aber die Nervenendapparate oder Sinnesorgane nicht für alle Arten von Reizen empfindlich, und dadurch entstehen Unterschiede, welche zum Teil sehr leicht zu verstehen sind, zum Teil aber jeder Erklärung trotzen, da wir den Mechanismus nicht kennen, der in den Endapparaten die Erregung zu Stande bringt. So verstehen wir z. B. sehr leicht, warum Licht nur auf die Endigungen der Sehnerven wirken kann, da diese allein so durchsichtig und derart mit durchsichtigen Medien bedeckt sind, dass Lichtwirkungen zu ihnen gelangen können. Aber dieselben Endigungen sind auch für mechanische und wahrscheinlich auch für elektrische Reizung empfindlich: ob auch für andere, muss unentschieden bleiben, da sie nicht auf das Organ anwendbar sind. Dass der mechanische Reiz auf den Sehnerven wirken kann, ist durch die Erfahrungen bei Durchschneidung desselben in Fällen von Augenexstirpation genugsam erwiesen. Und die Thatsache, dass die Patienten dabei Licht sehen, ist ja eine der hauptsächlichsten und bekanntesten Stützen der Lehre von den spezifischen Energien geworden. Auch der Lichtschein, welcher im dunkeln gesehen wird, wenn man das Auge plötzlich mit einem Ruck nach innen (nasenwärts) wendet, führt wohl von einer Zerrung, also

mechanischen Reizung des Sehnerven her. Dagegen ist der bekannte Lichtring, der durch Druck auf den Bulbus entsteht und das sogenannte „Akkommodationsphosphän“ von Purkinje und Czermak, d. i. ein feuriger Ring, welcher gesehen wird, wenn man im dunkeln von starker Akkommodationsanstrengung für die Nähe plötzlich zur Ruhestellung des Auges zurückgeht, offenbar nicht durch mechanische Reizung der in der Netzhaut enthaltenen Nervenfasern, sondern durch Reizung der Nervenendigung, d. h. der Stäbchen, zu erklären, da die Lichterscheinungen sonst nicht so seharf lokalisiert auftreten könnten.

Dass der Sehnerv sich gegen den elektrischen Strom ähnlich wie andere Nerven verhalte, kann man aus dem das ganze Gesichtsfeld erfüllenden Lichtschein schließen, welcher bei Schließung und Öffnung eines elektrischen Stroms empfunden wird. Dagegen bleibt es zweifelhaft, wie die Lichterscheinungen während des Durchgangs eines dauernden Stroms zu erklären sind, welche J. W. Ritter, Purkinje u. a. beschrieben haben. Es treten dabei verschiedene Erscheinungen auf je nach der Richtung des Stroms. Nach der Uebersicht, welche Helmholtz¹⁾ nach fremden und eigenen Beobachtungen gibt, ist der Schließungsblitz stärker bei Anlegung der Kathode, der Öffnungsblitz stärker bei Anlegung der Anode ans Auge, während die zweite Elektrode an einer indifferenten Stelle des Körpers anliegt. Dies ist vollkommen in Uebereinstimmung mit dem Verhalten aller andern Nerven. Während der Dauer des Stroms tritt bei aufsteigender Stromrichtung eine Erhellung des dunkeln Gesichtsfelds mit weißlich violettem Licht ein, in welchem die Eintrittsstelle des Sehnerven als dunkle Scheibe sich abhebt; bei absteigender Stromrichtung dagegen wird das nur mit dem Eigenlicht der Netzhaut erfüllte dunkle Gesichtsfeld des geschlossenen Auges noch dunkler und nimmt eine rötliche Farbe an, während die Eintrittsstelle des Sehnerven als helle, blaue Scheibe erscheint. Bei der Öffnung des Stroms kehren sich die Erscheinungen um. Diese Erscheinungen suchte Helmholtz durch die Annahme zu erklären, dass das Eigenlicht auf einer dauernden Erregung am Hirnende des Sehnerven zu stande komme, und dass diese Erregung bei der aufsteigenden Stromrichtung katelektronisch vermehrt, bei der absteigenden Richtung anelektrotonisch vermindert werde. Eine daneben hergehende unmittelbar erregende Wirkung des Stroms auf die Nervenfasern hält er für möglich. In den Nachträgen²⁾ ändert Helmholtz jedoch seine Erklärung aufgrund weiterer Versuche dahin ab, dass es der elektrotonische Zustand der Radialfasern der Netzhaut (nicht also der Sehnervenfasern) sei, welcher zur Wahrnehmung komme, unter der Voraussetzung, dass eine konstante Erregung derselben an der hinteren Fläche der Netzhaut stattfinde. Es

1) Physiolog. Optik. S. 203 ff.

2) Ebenda S. 839.

scheint mir jedoch weder bei der einen noch bei der andern Erklärung recht klar, warum die Eintrittsstelle des Sehnerven von der Umgebung unterscheidbar sein soll. Wenn alle Netzhautelemente oder alle Nervenfasern gleichmäßig erregt oder gleichmäßig in ihrer Erregbarkeit verändert werden, wie es bei Anlegung der einen nicht sehr kleinen Elektrode an das Auge der Fall ist, wie sollte dadurch jene Stelle uns zum Bewusstsein kommen, da sie doch bei der gleichmäßigen Erregung durch Licht nicht unterschieden wird? Dieses Bedenken wird nicht gehoben durch die Bemerkung von Helmholtz, dass der Sehnerv wahrscheinlich als schlecht leitende Masse wirke und den Strom nahe seiner Eintrittsstelle abschwäche, weshalb diese sich durch entgegengesetzte Beliechtung vor ihrem Grunde auszeichnen soll. Denn die Eintrittsstelle des Sehnerven ist ja in unserm Gesichtsfeld eben nicht als eine besondere Stelle vertreten; sie fehlt in unserem Bewusstsein.

Ich will versuchen, eine andere Erklärung, wenngleich mit aller Reserve, hier zu geben, die vielleicht besser geeignet ist, die Schwierigkeit zu beseitigen. Wenngleich die einzelnen Gewebe sich nur sehr wenig von einander in bezug auf ihr Leistungsvermögen unterscheiden, so ist doch das Fettgewebe wohl ein etwas schlechterer Leiter als die Gewebe und Flüssigkeiten des Auges. Das Auge ist daher von seiner Umgebung einigermaßen isoliert, und wenn eine Elektrode, z. B. die positive, an das Auge selbst, die andere an den Nacken, Rumpf oder sonstwo angelegt wird, so werden die Ströme hauptsächlich da austreten, wo die Radialfasern der Netzhaut in die Papille übergehen. In dieser aber wird die Stromdichte in den zentral gelegenen Fasern geringer sein müssen als in den peripherischen. Wenn nun die Ausbreitung der Fasern in der Netzhaut derart ist, dass die zentralen Fasern auch an zentralen Stellen der Netzhaut endigen, so muss bei der aufsteigenden Stromrichtung diese dunkler, bei der entgegengesetzten Stromrichtung diese heller erscheinen als ihre Umgebung. Ist die an das Auge gelegte Elektrode sehr klein, so wird die Durchströmung des Auges nicht symmetrisch erfolgen; die eine Augenhälfte und somit auch die eine Hälfte der Radialfasern wird etwas größere Stromdichte haben, und somit die entsprechende (entgegengesetzte) Hälfte des Gesichtsfelds stärker verändert sein. Im übrigen ist alles wie in der zweiten Erklärung von Helmholtz. Der am hintern Augenpol auftretende Anelektrotonus vermindert, der Katelekrotonus vermehrt das Eigenlicht.

(Fortsetzung folgt.)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1884-1885

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Rosenthal Josef

Artikel/Article: [Die spezifischen Energien der Nerven. 78-87](#)