

XXI.

Ueber die

unempfindliche Stelle der Retina im menschlichen Auge (sammt Zusatz).

[Wiener akademische Sitzungsberichte 1854 u. 1855 (Physiologische Studien).]

HUECK (Müll. Arch. 1848, S. 91 u. ff.) war der Erste, welcher die Entdeckung gemacht hatte, dass am blinden Fleck »eine ergänzende Thätigkeit der Vorstellung« rege ist. Er hatte bereits die Beobachtung gemacht, dass eine weisse Scheibe an der Stelle des Fleckens weiss, eine schwarze schwarz erscheint, und dass selbst Umrisse, wo sie durch die nicht sehende Stelle gehen, ergänzt werden. HUECK irrte nur darin, dass er meinte, »der nicht sehende Fleck entstehe durch das Eintreten der Gefässe« (*vasa centralia*).

Die neueren Untersuchungen über diesen Gegenstand von WEBER¹⁾, von VOLKMANN²⁾ und von FICK und DU BOIS³⁾ haben die HUECK'sche Anschauung bestätigt und gezeigt, dass die der Eintrittsstelle des Sehnerven — (und nicht der *vasa centralia*) — entsprechende Fläche als eine räumliche Grösse im Sehfelde repräsentirt ist, und dass sie, da sie keine Lichteindrücke dem Sensorium liefert, durch welche der Raum erfüllt werden könnte, durch einen Act der Einbildungskraft, durch ein Phantasma ausgefüllt wird. Die in die blinde Stelle »hineingebildete« Empfindung hängt zum Theil von der Qualität der Erregung der unmittelbaren Nachbarschaft (welche VOLKMANN der Kürze wegen mit *r* bezeichnet) der Eintrittsstelle des Sehnerven ab. Ueberdies hat VOLKMANN, welcher den Gegenstand unter den genann-

¹ E. H. WEBER, Berichte über die Verhandlungen der kön. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Sitzung am 18. Dec. 1852.

² VOLKMANN, Bericht über die Verhandlungen der kön. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Sitzung am 30. April 1852.

³ FICK und DU BOIS (Müller's Archiv 1853).

ten neueren Forschern am vollständigsten behandelt hat, noch darauf hingewiesen, dass das bei A (dem Punkte des Sehfeldes, in welchem die Eintrittsstelle a des Sehnerven und die ihr in dem anderen Auge entsprechende identische Stelle a' localisirt sind) Sichtbare ein Mischling sei, zu dessen Entstehung nicht nur der Erregungszustand von r , sondern auch von a' beiträgt. Der Factor r füllt die Lücke nur durch einen Act der Vorstellung — ein Phantasma, während sie der Factor a' durch eine Thätigkeit des unmittelbaren Empfindens erfüllt. Empfindung und Einbildungskraft concurriren also beim Ausfüllen jener Lücke.

Man kann hiernach die in den beiden Lücken des Sehfeldes auftretenden (Mischlings-) Empfindungen mit VOLKMANN in zwei Reihen ordnen.

»A. Dieselben haben vorherrschend die Qualität der durch r gesetzten Empfindung«.

»B. Dieselben haben vorwiegend die Beschaffenheit der von a' ausgehenden Empfindung«.

Es wäre nun zu ermitteln, unter welchen Bedingungen die Erscheinungen der Reihe A, unter welchen anderen die der Reihe B eintreten.

Ad A. Nach VOLKMANN'S Erfahrung gibt die Vorstellung dann den Ton an, wenn der physiologische Process in r lebhafter ist als in a' .

Ad B. Die Empfindung bildet den vorherrschenden Factor in allen Fällen, wo r und a' den gleichen Vortheil des Lichteinflusses geniessen, d. h. wo beide Augen zum Sehen benützt werden.

Es sei zu erwarten, meint VOLKMANN, dass überall, wo Vorstellung und Empfindung als Folgen eines gleich intensiven physiologischen Processes auftreten, die Empfindung die stärkere sei.

Diese Erwartung bestätigt sich jedoch nicht durchgehends. VOLKMANN selbst führt einen Versuch an, der das ganz unerwartete Resultat gibt, dass die lebhaftere Vorstellung nicht immer über die matte Empfindung siegt, und ich werde weiter unten einen Versuch angeben, wo hingegen die schwache Vorstellung sogar die starke Empfindung verdrängt.

Wenn man eine schwarze Scheibe auf weissem Grunde bei einer solchen Stellung der Augen betrachtet, dass ihr Bild auf a und auf a' fällt, so nimmt man die schwarze Scheibe mit aller Deutlichkeit wahr. In diesem Falle fällt das weisse Licht des Grundes auf r und das Schwarz der Scheibe auf a' . Warum, fragt VOLKMANN, siegt nun nicht der Eindruck von r über den von a' , welches sich im Minimum seiner

Thätigkeit befindet? — Noch auffallender ist folgendes Ergebniss. Man stelle eine Scheidewand zwischen beiden Augen auf, so dass das Gesichtsfeld in zwei Theile getheilt wird, deren jeder nur von einem Auge übersehen wird.

Nun beleuchte man die linke Hälfte des Gesichtsfeldes sehr grell, während die rechte Hälfte in möglichst vollständiger Finsterniss erhalten wird. Man erhält dieselben Bedingungen, wenn man ein Auge schliesst und bedeckt, das andere aber auf eine hell erleuchtete Fläche richtet.

Man sollte unter solchen Verhältnissen erwarten, dass die blinde Lücke des rechten Auges, welches im Dunkel ist, daher im Minimum seiner Thätigkeit sich befindet, mit der Empfindung des lebhaft erregten Punktes a' gefüllt werden würde, so dass im dunklen Gesichtsfelde des rechten Auges an der Stelle A eine helle Scheibe erschiene.

Nichts desto weniger lehrt aber das Experiment, dass das rechte Auge eine gleichmässig dunkle Fläche sieht, dass trotz des in r weniger als in a' lebhaften physiologischen Processes dennoch das durch r ausgelöste dunkle Phantasma die durch a' vermittelte Empfindung verdrängt.

Die Untersuchungen über den MARIOTTE'schen Fleck sind, wie man hieraus ersieht, noch lange nicht geschlossen und jede Vervollständigung des Inventars der Thatsachen muss willkommen sein. Deshalb erlaube ich mir noch folgende Mittheilungen zu machen, welche einen, von den oben citirten Autoren gänzlich übersehenen Weg weisen, auf welchem die vorliegende Frage, die von allen Seiten untersucht werden muss, in Angriff genommen werden kann.

Dieser Weg, in anderer Beziehung bereits mit grossem Erfolg betreten, führt durch die Sphäre des sogenannten subjectiven Sehens.

1. Zunächst erinnere ich an die Erscheinung, welche man im Finstern beobachtet, wenn man die Augen sehr kräftig und plötzlich auf die Seite wendet. Man sieht dann bekanntlich zwei mehr oder weniger helle feurige Kreise oder Halbkreise, deren Ort der unmittelbaren Umgebung der Eintrittsstellen der beiden Sehnerven entspricht. Die Erklärung der Entstehung dieser feurigen Ringe kann, wie mir scheint, nur in einer durch die Drehung des Auges gesetzten Zerrung der die Eintrittsstelle der Sehnerven umgebenden empfindlichen Region der Retina gefunden werden. Schon die frappante Aehnlichkeit dieser feurigen Ringe mit den von SERRE d'UZÈS¹⁾ genau untersuchten Phosphenen deutet auf ihren mechanischen Ursprung. Bemerkens-

¹ Essai sur les Phosphènes etc. Paris 1853. Vic. Masson.

werth ist der Umstand, dass hier keine feurige Fläche, sondern ein feuriger Kreis oder Halbkreis entsteht. Es scheint, dass die durch Zerrung bewirkte Reizung der Nachbarschaft r der Eintrittsstelle des Sehnerven in der Finsterniss nicht hinreicht, um ein die ganze Lücke füllendes Phantasma auszulösen.

2. Stellt man den ebenerwähnten Versuch bei geschlossenen Augenlidern und das Gesicht gegen das einströmende Tages- oder Sonnenlicht gekehrt an, so bemerkt man in dem durch die durchscheinenden Augenlider roth-orange gefärbten Gesichtsfelde statt der zwei feurigen Ringe zwei kleine rundliche Scheiben von gesättigter blauer Farbe. Diese blauen Scheiben entsprechen den blinden Flecken dem Orte nach, sind aber von grösserem Flächeninhalt, als diese.

Das eben gewonnene Resultat ist in doppelter Hinsicht bemerkenswerth. Erstlich: warum entsteht hier eine Scheibe und nicht wie im ersten Versuche nur ein Ring oder Halbring, da doch die Ausdehnung und Intensität der mechanischen Zerrung der Retina-Elemente dieselben sind? Zweitens: warum ist die Scheibe blau? Die Färbung der Scheibe steht offenbar in Beziehung zur Farbe des ganzen Gesichtsfeldes und hat nichts mehr oder weniger Auffallendes als die blaue Färbung eines jeden von aussen mechanisch gereizten Retinapunktes, wenn die Lichtstrahlen das Gesichtsfeld durch die geschlossenen Augenlider hindurch röthlich-orange erhellen.

Erwähnen muss ich noch, dass man, wenn man die Wendung der Augen langsam vornimmt, um das Auftreten der Scheiben bequem beobachten zu können, zuerst einige weissliche Flecken wahrnimmt, welche erst später bei fortgesetzter oft beinahe schmerzlicher Drehung der Augen zusammenfliessen, und eine gesättigte blaue Färbung annehmen.

3. Versucht man die Eintrittsstellen der Sehnerven bei geöffneten Augen durch eine ausgiebige seitliche oder nach aufwärts gerichtete Drehung derselben zur Anschauung zu bringen, und wählt man als Hintergrund den gleichmässig umwölkten Himmel oder eine weisse Wand, so wird man an der Stelle der blauen Scheiben zwei dunkle Flecken bemerken. Man kann es nun leicht so einrichten, dass sich auf der weissen Wand gerade dort, wo einer der dunklen Flecken erscheint, ein schwarzer Punkt befindet. Dieser schwarze Punkt wird dann verschwinden, wenn er mit dem dunklen Fleck zusammentrifft, so dass man sich überzeugen kann, dass der blinde Fleck in jenem dunklen Fleck mit einbegriffen, aber kleiner als dieser sein muss. Es versteht sich von selbst, dass hierbei das andere Auge geschlossen

sein muss, sonst verschwindet der schwarze Punkt gar nicht, weil er von *a'* gesehen wird.

Diese Versuche gelingen nicht zu allen Tageszeiten gleich gut. Des Morgens gleich nach dem Aufstehen ist die Retina bei Vielen am empfindlichsten gegen diese Art der Reizung. Es giebt auch Individuen, denen diese Versuche gar nicht gelingen wollen. Anderen gelingen sie wieder nur dann, wenn sie die Augen nach einer bestimmten Seite drehen. Bei Bewegung der Augen in anderen Richtungen treten die Erscheinungen sehr mangelhaft oder gar nicht ein.

Hier schliessen sich die Erscheinungen an, welche die galvanische Reizung der Retina hervorbringt, indem die Eintrittsstelle des Sehnerven durch den elektrischen Strom auf eigenthümliche Art sichtbar gemacht wird. Ich lasse hier die Worte PURKINÉ's folgen, welcher die »galvanische Lichtfigur« zuerst zum Gegenstand einer umfassenderen und gründlicheren Untersuchung gemacht hat ¹⁾.

»Brachte ich den Leiter des Kupferpols in den Mund, und berührte mit dem Leiter des Zinkpols den Augenapfel, so erschien in dem früher finstern Gesichtsfelde an der mir sonst wohlbekanntem Eintrittsstelle des Sehnerven eine hellviolette lichte Scheibe; im Axenpunkte des Auges war ein rautenförmiger dunkler Fleck, mit einem rautenförmigen gelblichen Lichtbände umgeben, darauf folgte ein gleiches finsternes Intervall und noch ein etwas schwächer leuchtendes gelbliches Rautenband; die äusserste Peripherie des Gesichtsfeldes aber deckte ein schwacher, lichtvioletter Schein, der, wie man das Auge rollte, abwechselnd an einzelnen Stellen heller wurde. Somit zeigte sich hier der Gegensatz des Sauren und Alkalischen, des Zink- und Kupferpols als Peripherisches und Centrales, als Nerveneintritt und Axenpunkt. Hob ich die Berührung auf, so kehrten sich die Farben um. Wechselte ich die Pole, brachte ich den Kupferpol ins Auge, den Zinkpol in den Mund, so kehrten sich die Farben so wie auch die Licht- und Schattenpartien um. Am Eintrittsorte des Sehnerven war ein kreisrunder finsterner Fleck mit einem hellvioletten Scheine umgeben, der als ein hellviolettes Rautenband gegen die Mitte des Gesichtsfeldes auf- und niederstieg, und sich mit zwei convergirenden Schenkeln auf der entgegengesetzten Seite schloss; diesem nach innen war ein finsternes Intervall und im Axenpunkte des Sehfeldes eine glänzende hellviolette Rautenfläche«.

Man ersieht hieraus, dass die Eintrittsstelle des Sehnerven je nach

¹ Neue Beiträge zur Kenntniss des Sehens in subjectiver Hinsicht von JOHANN PURKINÉ. Berlin 1825, bei G. Reimer, S. 35.

der Richtung des elektrischen Stromes, als helle oder dunkle Scheibe erscheint.

Es entsteht nun die Frage, ob diese Erfüllung des blinden Flecks mit Helligkeit oder Dunkel auf die oben mitgetheilte Weise zu erklären ist oder nicht; ob die Erfüllung der Lücke in Folge der gereizten, empfindlichen Umgebung r der Eintrittsstelle des Sehnerven durch ein Phantasma vermittelt wird, oder ob vielleicht der blinde Fleck nur für das Licht unempfindlich, gegenüber dem elektrischen Reize aber gar nicht blind ist; a priori lässt sich diese Möglichkeit gar nicht bestreiten. Hier könnte folgendes Experiment entscheiden. Es müsste ein Individuum zunächst eine genaue Projection seines blinden Fleckes auf eine Tafel entwerfen, in der Art wie es FICK und DU BOIS gethan, und dann vor dieser Tafel bei offenem Auge die galvanische Lichtfigur hervorrufen. Würde es sich herausstellen, dass sich die galvanische Figur der Eintrittsstelle und die Projection des blinden Fleckes genau decken, so dürfte man schliessen, dass die empfindliche Umgebung r der Eintrittsstelle aus dem Spiele geblieben ist, und der blinde Fleck zur Lichtempfindung durch den elektrischen Strom angeregt wurde. Würde die galvanische Figur grösser erscheinen, als die Projection des blinden Fleckes, dann kann man sicher sein, dass die empfindliche Umgebung r der Eintrittsstelle gewiss mit im Spiele ist, ob allein? ob zugleich mit einer vermutheten Lichtempfindung in der blinden Stelle? bliebe problematisch.

Ebenfalls ungewiss bliebe die Entscheidung, wenn die galvanische Figur kleiner als die Projection ausfiel, obschon es dann allerdings wahrscheinlicher wäre, dass die Lichtempfindung im Centrum der blinden Stelle durch den Strom direct erregt worden sei.

Ich war verhindert durch eine vorübergehende krankhafte Reizbarkeit meiner Augen, den angegebenen Versuch selbst anzustellen und muss daher für jetzt darauf verzichten, diesen Punkt zu erledigen. Vielleicht verfolgen Andere den von mir betretenen Weg.

Zusatz.

a) Die subjectiven Erscheinungen, welche vorzüglich bei starker Drehung der Augen nach der rechten oder der linken Seite in der Gegend der Eintrittsstelle des Sehnerven wahrgenommen werden, sind je nach der Richtung und der Art, in welcher das Auge gedreht wird, hinsichtlich der Grösse, der Gestalt, der Qualität und Intensität merklich verschieden, indem die Ausdehnung und Beschaffenheit der Reizung, der die Nerven-Elemente der Retina und des Opticus dabei ausgesetzt werden, wesentlich von der Spannung und Zerrung des

Opticus abhängen, welche bei den bekannten topographisch-anatomischen Verhältnissen dieses Nerven in der Augenhöhle, je nach der Richtung und Grösse der forcirten Drehung des Auges verschieden sein müssen. Wendet man z. B. beide Augen stark nach einer Seite, wobei sich das eine Auge nach innen, das andere nach aussen drehen muss, so wird man bei aufmerksamer Beobachtung finden, dass weder die Gestalt noch die Grösse, noch auch die Färbung und die Intensität der beiden an den Eintrittsstellen der Sehnerven wahrnehmbaren Lichtphänomene vollkommen gleich sind. Wenn man den Versuch bei geschlossenen Augenlidern im Sonnenlichte oder nahe vor der Milchglas-Glocke einer intensiv leuchtenden Lampe ausführt, dann bemerkt man leicht, dass das subjective Lichtphänomen in dem nach innen gewendeten Auge schon bei einer wenig forcirten Seitendrehung der Augen in Form eines Punktes auftritt, der nach innen an Ausbreitung zunehmend, bis zu einer rundlichen, gleichmässig blaugefärbten Fläche sich ausdehnt; während es für das nach aussen gewendete Auge einer weit forcirteren Seitendrehung bedarf, um in der Gegend der Eintrittsstelle des Opticus die subjective Farbenerscheinung, welche sich hier als ein weisslich, blau und heller röthlich-orange gesprenkelter, unregelmässiger Fleck von geringerer Grösse als im anderen Auge darstellt, hervorzurufen.

Ich begnüge mich hier im Allgemeinen auf die Unterschiede der beiden Lichtphänomene hingewiesen zu haben, und verzichte auf eine detaillirte vergleichende Beschreibung derselben, weil ich das Phänomen in dem nach aussen gewendeten Auge zu verschiedenen Zeiten und bei verschiedenem Grade der Drehung allzu wechselnd in Zeichnung und Färbung fand.

Lässt man mit der forcirten Drehung der Augen plötzlich nach, so erscheinen an der Stelle der beobachteten, hellere röthlich-orange gefärbte Flecke, gleichsam subjective Blendungsbilder, welche nach einigen Augenblicken wieder verschwinden; in dem nach aussen gedrehten Auge erscheint das Blendungsbild gewöhnlich von aussen her durch einen glänzenden halbmondförmigen Strich eingefasst.

b) Stellt man den Versuch in der Dunkelheit an, so treten statt der eben beschriebenen farbigen Flecken bekanntlich feurige Halbkreise und Kreise hervor. Nach PURKYNĚ'S Beobachtung bestehen diese Halbkreise häufig aus mehreren concentrischen, durch dunkle Zwischenräume getrennten Lichtstreifen. Ihre Concavität ist nach derselben Seite gekehrt, nach welcher die beiden Augen gewendet werden.

Schliessen sich bei forcirter Drehung die feurigen Halbkreise zu ganzen Kreisen oder Ringen, so ist die neu hinzu gekommene

Hälfte gewöhnlich lichtschwächer als die ursprüngliche, in welcher häufig, namentlich in dem nach aussen gewendeten Auge, sehr glänzende Lichtfunken aufsprühen.

Sehr auffallend und vorläufig unerklärlich ist der Umstand¹, dass die beiden Lichterscheinungen im Dunkeln fast ganz gleich aussehen, während sie doch bei erleuchtetem Gesichtsfelde (s. oben sub a) so wesentliche Unterschiede zeigen. Hiermit hängt noch die andere Schwierigkeit zusammen, wie man es zu erklären habe, dass die fraglichen Erscheinungen bei erleuchtetem Gesichtsfelde eine flächenförmige, in der Dunkelheit aber eine ringförmige Ausdehnung haben, da doch die mechanische Reizung der optischen Nerven-Elemente in beiden Fällen ganz dieselbe ist. Wie der Mangel des objectiven Lichtes in dem einen, das Vorhandensein desselben in dem anderen Falle eine solche Verschiedenheit der Erscheinungen bedingen kann, dürfte für jetzt völlig unbegreiflich bleiben, da sich die beiden Formen der Erscheinungen nicht etwa wie positive und negative Photographien zu einander verhalten. Für jetzt wage ich nur die Vermuthung zu äussern, dass die optischen Nerven-Elemente durch die Zerrung des Sehnerven wohl in verschiedene Reizzustände versetzt werden mögen, welche in der Dunkelheit nur einfache und gleichartige Lichtempfindungen auslösen, welche aber die Verschiedenheit der Reizung erst qualitativ zu offenbaren und die MARIOTTE'sche blinde Lücke mit einem Phantasma zu füllen im Stande sind, wenn sie mit der Erregung durch objectives Licht combinirt sind.

e) Stellt man den Versuch vor einer nicht allzu grell beleuchteten weissen Wand an, so erscheint in dem nach innen gedrehten Auge ein dunkler ins Grüne stehender rundlicher Fleck, in dem nach aussen gedrehten Auge aber ein Fleck von röthlicher Farbe, der nach innen und etwas nach unten von einem dunklen ins Grüne ziehenden kleineren Fleck, der bei forcirterer Augendrehung eine halbmondförmige Gestalt annimmt, begrenzt wird. Dieser Halbmond scheint dem feuerigen Halbkreise im finstern Gesichtsfelde zu entsprechen.

d) Was die »galvanische Lichtfigur« und die wichtigen Fragen betrifft, welche ich an diese Erscheinung knüpfte, so habe ich es meiner Augen wegen leider noch immer verschieben müssen, weitere und entscheidende Versuche anzustellen. Ich bedaure daher um so mehr, dass es Herrn RUETE¹) nicht gefallen hat, die Untersuchung

¹ Bildliche Darstellung der Krankheiten des menschlichen Auges. 1. u. 2. Lieferung. Leipzig 1851, S. 61, Taf. VIII, Fig. 10 und 11.

der »galvanischen Lichtfigur« auf dem von mir bezeichneten Wege fortzuführen, sondern, dass er es vorgezogen hat, die schon von PURKYNĚ viel klarer und erschöpfender beschriebenen Erscheinungen, in unvollkommener Weise zu reproduciren¹⁾, ohne auch nur PURKYNĚ's Beobachtungen zu citiren! RUETE spricht fast nur von den farbigen Erscheinungen an der *Macula lutea*. Das Verhalten der Eintrittsstelle des Sehnerven berührt er nur ganz oberflächlich; ja nach den grell und prächtig, aber unwahr illuminirten Abbildungen Taf. VIII, Fig. X und XI zu urtheilen, ist ihm der schon von PURKYNĚ ausdrücklich hervorgehobene Gegensatz zwischen Axenpunkt der Retina und Eintrittsstelle des Sehnerven ganz entgangen!

Unbegründet und willkürlich erscheint es mir überdies, wenn RUETE, a. a. O. S. 62, sagt: »Die gelbrothe Farbe in der Peripherie der Retina bei der Anwendung der + Elektrizität, ist das Resultat der directen Thätigkeit der Retina (?), in welche sie durch die unmittelbare Einwirkung der Elektrizität versetzt wird, während die blaue Farbe in der Mitte die Folge des Hervortretens der Complementärfarbe an der Stelle ist, die sich in relativer Ruhe befindet (?). Die Farben bei der Application der — Elektrizität auf das Auge sind ganz dieselben, wie bei der +, nur ist die Vertheilung eine andere, indem hier das Centrum erleuchtet (?) ist, während in der Peripherie die blaue Complementärfarbe subjectiv (?) hervortritt.«

RUETE gibt nicht an, welche Gründe ihn zu der Annahme berechtigen, dass eine der Farben, und dass gerade das Blau eine Contrastfarbe sei. Das Gegentheil liesse sich eben so gut — behaupten! —

¹ Ich glaube bezweifeln zu müssen, dass Herrn RUETE die erste Abtheilung meiner »Physiologischen Studien« erst nach der Vollendung seines Werkes zugekommen ist, doch wage ich nicht, dies mit Bestimmtheit auszusprechen.