

Ueber die mechanischen Correlate
von Raum und Zeit, mit kritischen Betrachtungen
über die E. HERING'sche Theorie vom Ortssinne
der Netzhaut.

(Auf Grund eines Falles von monoculärem Doppelt-
sehen ohne physikalische Ursache.)

Von

Dr. E. STORCH,

Assistenten der Kgl. Neurologischen Poliklinik zu Breslau.

Unter den mannigfachen Theorien über das Zustandekommen unserer Raumvorstellungen hat sich ganz allmählich die HERING'sche Lehre vom Ortssinne der Netzhaut ein immer größeres Feld erobert, besonders in ophthalmologischen Kreisen, weniger bei Physiologen und Psychologen. Diese Anerkennung ist auch in vollem Maasse verdient, sobald man das räumliche Sehen des gesunden Erwachsenen in Betracht zieht. Hier kommt man in der That mit der Annahme, daß jeder Punkt der Netzhaut neben einer Lichtempfindung eine untrennbar damit verbundene Raumempfindung (*sit venia verbo*) vermittelt, vollkommen aus und es dürfte vielleicht innerhalb der physiologischen Breite überhaupt aussichtslos sein nach entgegenstehenden Thatsachen zu fahnden. Es ist auch weniger dieser für den Praktiker unwichtigere Kernpunkt, der die Entstehung der Raumvorstellungen angeht, als vielmehr die unleugbare Ueberlegenheit der Identitätslehre über die Projectionstheorie, welche den HERING'schen Anschauungen zum Siege verhalf. Lassen wir alles Beiwerk zunächst bei Seite, so läßt sich die HERING'sche Lehre vom Ortssinne der Netzhaut kurz folgendermaassen fassen: Wird ein Netzhautpunkt gereizt, so empfinden wir einen Lichtpunkt im Raum.

Dieser bestimmte Raumwerth, welcher jedem einzelnen Netzhaut-elemente inhärrt, ist ein angeborener, dem einzelnen Elemente eigenthümlicher.

Nach HERING ist also der Raum sinnlich wahrnehmbar wie das Licht, der Schall, oder die Wärme.

Unter Sinneselement verstehe ich diejenige organische Einheit, welche eine erfahrungsgemäfs einfache, niemals in Componenten zerfallende Empfindung vermittelt; ich könnte auch sagen, welche die einfachste Empfindung von einer bestimmten Qualität auslöst, die überhaupt denkbar ist, an der sich also nur eine einzige Dimension (Intensität) entdecken läfst. Aber da eine derartige Definition der Subjectivität einen zu weiten Spielraum lassen würde, und z. B. HERING unter der einfachsten Sehempfindung den Lichtfleck im Raum, WUNDT den raumlosen Lichteindruck begreift, so überlasse ich die psychologische Begriffserklärung lieber der Erfahrung. Zeigt diese in geeigneten pathologischen Fällen, dafs die bisher für einfach gehaltene Empfindung in Componenten auseinanderfallen kann, so wäre der bisher festgehaltene Begriff des Elementes im psychologischen Sinne entsprechend abzuändern, die Molekel in ihre Atome zu zerfallen.

Der Begriff dieser einfachsten, reinen, oder elementaren Empfindung ist zunächst eine wesenlose Abstraction, die in unserem Bewusstsein keine Stätte hat. Denn alle unsere sinnlichen Empfindungen werden sofort mit zahlreichen anderen Bewusstseinsvorgängen associirt, die durchaus nicht immer der psychischen Analyse zugänglich sind. Ja selbst wenn wir ein Bewusstsein als noch völlig leer voraussetzen wollten, würde der strenge Begriff der Elementarempfindung, auch beim ersten Reize, der es trifft, nicht verwirklicht sein.

Der Begriff des Bewusstseins ist ja überhaupt nur möglich als der einer fortwährenden Veränderung. Ein wirklich ruhendes Bewusstsein, d. h. ein solches, in dem keine Veränderungen, also keine Bewusstseinsvorgänge stattfinden, wäre kein Bewusstsein. Man sieht schon hieraus, dafs es einen ersten Reiz für ein Bewusstsein nicht geben kann, denn als erster könnte er ja nur ein ruhendes Bewusstsein — eine *Contradictio in adjecto* — treffen. Aber sehen wir von dieser Schwierigkeit ab, so würde der erste Reiz einer bestimmten Qualität, z. B. ein Lichtreiz, der das jungfräuliche Bewusstsein erweckt, keinen Dauerzustand,

sondern eine fließende Veränderung hervorrufen müssen. Der sinnliche Eindruck verblasst, wird Erinnerung, und ist in jedem Moment im Bewusstsein durch ein besonderes, von jedem früheren und späteren verschiedenes Erinnerungsbild vertreten. Jedes dieser Augenblickserinnerungsbilder umfasst alle früheren, oder ist, wie man sich ausdrücken könnte, mit ihnen associirt.

Diese primitivste Thätigkeit des Bewusstseins, associativer Natur wie alle Bewusstseinsthätigkeit, ohne welche eine Sinnesempfindung nicht möglich ist, ist die unumgängliche Eigenthath der Seele zu jeder, auch der einfachsten Empfindung. Mit ihr zugleich würden wir den Begriff des Bewusstseins aufheben, wir können sie also auch nicht in Gedanken von der elementaren Empfindung trennen.

Diese Urthätigkeit der Seele nun findet eine ganz eigene Bewerthung, jedem unmittelbar und auf das Allergenaueste bekannt, aber eben deswegen, weil sie die Urthätigkeit der Psyche darstellt, nicht weiter erklärbar, als — Zeit —.

Hätten wir eine Stimmgabel, welche angeschlagen dauernd den gleichen Ton in gleicher Intensität gäbe, so würde der Beobachter immer den gleichen Ton hören und seine sinnliche Wahrnehmung würde sich nicht ändern.

Trotzdem wäre in 2 auf einander folgenden Momenten der Beobachtung sein Bewusstseinsinhalt nicht der nämliche, man ist sich nämlich in jedem Augenblicke der Zeit bewußt, welche die Stimmgabel schon tönt.

Bezeichnen wir die im Augenblicke T_1 dem stets gleichen Reize R entsprechende Wahrnehmung als $W_1 = W$, so ist im unmittelbar folgenden Zeitelement T_2 die Wahrnehmung $W_2 = W + w_1$ zu setzen, wobei w_1 die in W_2 eingehende Componente, das Gedächtnisbild von W_1 , darstellt

in T_3 ist $W_3 = W + w_2$, und w_2 ist wieder das nachklingende W_2 .

$$W_n = W + w_{n-1}.$$

Diese hier durch eine offenbar der Erfahrung entsprechende Formel ausgedrückte Aenderung des Bewusstseinszustandes bei gleichbleibender Wahrnehmung ist gar nicht anders als auf den zeitlichen Ablauf unserer Wahrnehmung zu deuten; nur die Zeit ändert sich im angegebenen Falle, sie muß also repräsentirt sein durch den sichändernden Summanden w .

Dieses *w* entspricht dem Gedächtniß; und ist das psychische Correlat einer unablässig von Statten gehenden materiellen Veränderung des Gehirns, auch wenn dasselbe zeitweise von äusseren Reizen nicht beeinflusst ist.

Ohne diese Veränderung, die in ähnlicher Weise auch in der leblosen Welt von Statten geht, kein Gedächtniß.

Ohne Gedächtniß — keine Zeit

Ohne Zeit — keine Bewegung

Ohne Bewegung — kein Bewußtsein.

Daher ist eine elementare Empfindung nur als zeitlich denkbar, und diese Zuthat der Psyche ist bei allen Empfindungen die nämliche, unabhängig von der Natur des Reizes und des Sinnesorgans. Eine Sinnesempfindung ohne diese Association mit den eigenen Erinnerungsbildern giebt es nicht, aber wir können um den Begriff der reinen Sinnesempfindung aufzustellen, jede andere Association ausschließen. Die reinen Sinnesempfindungen liegen wohl in der Zeit, aber nicht im Raum.

Auch in diesem Sinne kommen reine Empfindungen bei dem Erwachsenen nicht mehr vor. Was wir bei Reizung unseres Sensoriums wahrnehmen liegt im Raume, oder hat, wie wir auch sagen können neben dem Zeitwerthe auch einen Raumwerth, und selbst die unbestimmtesten Organgefühle von unseren Eingeweiden in der Bauch-, Brust- oder Kopfhöhle besitzen eine deutliche räumliche Betonung; sie können uns höchstens ahnen lassen, was eine reine Empfindung ist. Auch diese Thatsache, daß wir keine Sinnesempfindung ohne Raumwerth kennen oder vorzustellen im Stande sind, — denn jeden Gegenstand sehen wir an einem bestimmten Ort, jeden Ton hören wir aus einer bestimmten Richtung, jede Berührung fühlen wir an einer bestimmten Körperstelle, jeden Geschmack haben wir im Munde, den Geruch in der Nase, oder wir versetzen ihn in die umgebende Luft, ja schliesslich ein so vages Organgefühl wie das mit dem Denkproceß verbundene haben wir in uns, diese Thatsache, sage ich, weist darauf hin, daß die Raumvorstellung nicht von einem oder zwei Sinnesorganen geliefert wird, sondern daß sie den Ausdruck, die Objectivation einer Bewußtseinsthätigkeit darstellt, die ihr mechanisches Correlat in einer bei allen Sinnesreizungen in gleicher Weise auftretenden BewegungsgröÙe besitzt.

Daß der Ort, an welchem eine Sinnesfläche gereizt wird, nicht im Geringsten eine räumliche Vorstellung erregt, dürfte

einleuchten, wenn man das Gehörorgan betrachtet. Die Erregung verschiedener Stellen der peripheren Cochlearisausbreitung hat durch die Tonhöhe verschiedene Empfindungen zur Folge, nicht aber Empfindungen, welche wir an verschiedene Stellen des Raumes verlegen.

Warum also sollte die Reizung verschiedener Haut- oder Netzhautpunkte andere Componenten zum Bewußtsein bringen als die durch die zweifache Mannigfaltigkeit der Qualität und Intensität gegebenen, deren erstere für jedes Sinneselement eine besondere ist.

Allen Lebewesen ist nun, wie wir wissen, die Reizbarkeit eigen. Von der Empfindung der Bewußtseinsveränderung, die auf den Reiz erfolgt, vermögen wir außer aus innerer Erfahrung nichts auszusagen; wohl aber von der Bewegung, der Energieabgabe, welche der Reiz, die Energieaufnahme zur Folge hat. Dieser sogenannte Reflex tritt bei den niedersten und höchsten Thieren in zweierlei Form auf, der positiven und der negativen. Bei ersterer zielt die Bewegung des Thieres auf eine Vergrößerung des Reizes ab und findet ihr Ende, sobald ein Maximum oder Optimum des Reizes und damit auch der Empfindung erreicht ist. Ich erinnere an den Sangreflex Neugeborener, an den Greifreflex kleiner Kinder bei sanfter Reizung des Handtellers, an das Fliegen der Insecten zum Licht u. A. m. Bei der negativen Form wird die erregte Sinnesfläche dem Reize entzogen.

Diese beiden Formen des Reflexes finden sich, wie gesagt, bei sämtlichen Lebewesen, und eben deshalb müssen wir annehmen, daß sie nicht erlernt werden, sondern angeboren sind. Es wäre auch ganz unbegreiflich, wie solch ein Reflex erworben werden sollte. Er ist dem lebenden Protoplasma eigen, wie der Magnetismus dem Eisen, die Fluorescenz dem Petroleum und könnte durch die Auslese wohl erhalten und verfeinert aber nicht geschaffen werden.

Wenn auch derartige Reflexe manchmal sich erst beim reifen Organismus nachweisen lassen, beim Neugeborenen aber fehlen, so muß man doch die Annahme, daß sie erlernt werden, weit abweisen. Sie treten in dem Augenblicke auf, wo das Sinnesorgan und der es bewegende Apparat die Entwicklungsreife erreicht haben.

Das leuchtet besonders bei den rudimentären Reflexen, welche von dem Cheironti'schen Nachen der Heredität aus der

Urzeit herübergerettet, noch eine Weile bewahrt werden, obgleich sie für das betreffende Thier nunmehr ohne allen Nutzen sind.

Ein Beispiel möge das erläutern: Reizt man leicht die Fußsohle eines erwachsenen Menschen, so krümmen sich die Zehen nach unten, ein positiver Reflex, der für Wesen, welche auf Bäumen lebten, nicht ohne Nutzen gewesen sein mag. Eigenthümlicherweise findet sich dieser Reflex nicht beim Neugeborenen. Im Gegentheil krümmen sich hier die Zehen nach oben, und dieses Verhalten bleibt für die Dauer des ersten Lebensjahres, vielleicht noch länger, das nämliche. Erkrankt nun aber beim Erwachsenen die Pyramidenbahn im Rückenmark, indem sie z. B. ihre Markscheiden verliert, so wird der Fußsohlenreflex dem des kleinen Kindes gleich. Bei diesem aber besitzt die genannte Nervenbahn ebenfalls keine Markscheiden.

Wer würde behaupten wollen, daß dieser Reflex erlernt wird? Er tritt mit derselben Naturnothwendigkeit ein wie das Zuthalfließen des Wassers, sobald der Organismus seinen völligen Ausbau gefunden hat.

Jede Bewegung aber stellt eine Veränderung der Bewegungsgröße des Organismus dar und es kann a priori keinem Zweifel unterliegen, daß ihr auch eine Bewusstseinsveränderung parallel geht. Wir haben ja auch unzweifelhaft bei jeder Muskelthätigkeit gewisse Sinnesempfindungen, die von den Tastkörperchen der sich verschiebenden Haut, von denen der Sehnen und Gelenke u. s. w. ausgelöst werden; wir können die Bewegungen unserer Glieder ja auch sehen. Aber die diesen Empfindungen entsprechenden Reize sind ja nur ein ganz unbedeutender Theil der Energieschwankung, der sich mit dem Namen des inneren Widerstandes bezeichnen ließe. Der größere Theil wird durch diese sensorischen Empfindungen nicht psychisch repräsentirt, und doch muß ihm ein Psychisches entsprechen, wenn es auch nicht sinnlicher Natur ist in der engeren Bedeutung des Wortes.¹

¹ Dies würde aus der Theorie des psychophysischen Parallelismus folgen, der gemäß jeder Aenderung der Bewegungsgröße unseres Körpers eine Bewusstseinsänderung parallel geht. Für solche, denen diese Art zu schließen nicht behagen sollte, kann man auf andere Thatsachen verweisen. Bei der Erlernung complicirter Bewegungen findet eine ganz allmähliche Aenderung unseres Bewusstseins statt, die sich in dem Gefühl größerer Leichtigkeit und Sicherheit bei der Ausführung der Bewegung

Wenn man auf dem Boden theoretischer Betrachtungen zu dem Schlusse gelangt ist, daß jeder Bewegung unseres Körpers ein Psychisches entsprechen muß, so hat man die Aufgabe auch die Nervenbahn, welche es vermittelt, zu suchen.

Unter dem Zwange physiologischer und pathologischer Erfahrungen hat man die Meinung aufgeben müssen, daß eine Nervenfaser in doppelter Richtung leiten könne, und auch die nähere Einsicht in den anatomischen Bau unseres Centralnervensystems hat zu eben dieser Anschauung geführt. Jeder Neurit leitet von der Zelle hinweg, jeder Dendrit zur Zelle hin. Die motorischen Vorderhornzellen des Rückenmarks nun haben nur einen Axenzylinderfortsatz, welcher durch die vorderen Wurzeln das Rückenmark verläßt und sich zu den Muskeln begiebt; der reich verzweigte Dendrit bildet einen wichtigen Antheil der grauen Substanz. Wie soll man sich nun vorstellen, daß die Function dieser motorischen Zelle in der Stirnrinde eine entsprechende Veränderung hervorbringt? Man hat wohl angenommen, daß die functionelle Veränderung der spinalen Neurons mit einem Abfluß von Nervenenergie der corticalen Pyramidenzelle Hand in Hand geht. Aber dieser Vorgang wäre ja schon psychisch durch den Willensact voll bewerthet, und es wäre paradox die anatomischen Einheiten, die wahrscheinlich psychische Elemente darstellen, noch außerdem für die in Rede stehende Bewußtseinsänderung, welche mit dem Willen nichts zu thun hat, verantwortlich zu machen. Aber von diesen Pyra-

kund giebt. Diesen Gefühlston wird wohl Niemand mit den bei der Muskelaction vorhandenen Sinnesempfindungen in Verbindung bringen. Er hat absolut nichts Sinnliches und ist eine psychische Componente die der Erwachsene, im Sprechen z. B. Gefübte, überhaupt nicht gesondert wahrnimmt. Trotzdem muß sie vorhanden sein; denn wenn derjenige Gehirntheil, in welchem die Sprechbewegungen hauptsächlich ihre physische Veränderung erzeugen, das Centrum der Sprechvorstellungen, wie man sich sehr grob ausdrückt, erkrankt, so fehlt dieser Gefühlston und das Sprechen kann bis zur Unmöglichkeit erschwert sein. Daß man im besonderen Falle das psychische Correlat dieser localisirten physischen Veränderung als motorische Erinnerungsbilder bezeichnet, mag hingehen, wenn man meine Eingangs erwähnte weite Fassung des Begriffes annimmt; nur darf man sich nicht verleiten lassen, darunter etwas an sich Reproducibles zu verstehen. Die motorische Sprechvorstellung ermöglicht erst die motorischen Sprachfunctionen, tritt aber nie als etwas psychisch Beschreibbares allein in unserem Bewußtsein auf.

midenzellneuriten gehen Collateralen zu anderen Rindengebieten und diese dürften mit grosser Wahrscheinlichkeit die gesuchte Bahn darstellen. Man könnte aber auch an die Collateralen der Vorderhornzellneuriten denken.

Man hat den Bewusstseinsvorgang, um den es sich hier handelt in dem Namen des Lage, Muskel- oder Bewegungsinnes eine recht unglückliche Bezeichnung gegeben, und dadurch veranlaßt, daß ihn viele Autoren unter anderem durch HERING mit den Spannungs- oder Druckempfindungen, welche wir bei Bewegungen wahrnehmen verwechselten. Die Bahn dieser Empfindungen ist lange bekannt, sie bildet den aufsteigenden Ast eines Reflexbogens, dessen Knotenpunkt im Kleinhirn liegt. HERING hat in der That Recht, wenn er hiervon abgesehen einen eigenen Muskelsinn in Abrede stellt. Einen Sinn in der exacten Bedeutung, daß wir seine Empfindungen auf bestimmte Objecte z. B. Körpertheile bezögen, haben wir in unserer Muskulatur allerdings nicht, aber wir behaupten das auch gar nicht von dem hier in Rede stehenden Bewusstseinsvorgange, welcher das psychische Correlat unserer Bewegungen darstellt. Dieses sind wir vorläufig außer Stande näher zu analysiren, entnehmen aber aus der Grundthatsache der Reizbarkeit der Organismen, daß es sich mit den Elementarempfindungen associirt. Diese vorläufig ganz unbestimmte psychische Componente verhält sich in der subjectiven Welt zur Empfindung, wie in der objectiven der Reflex zum Reiz, wie die Abgabe einer aufgespeicherten Energiemenge zu der Aufnahme einer von aussen kommenden Bewegungsgröfse.¹

¹ Diese nicht durch die Pforten unserer Sinnesorgane eingehenden psychischen Componenten werden häufig ganz übersehen, wenn man sie nicht gar — *horribile dictu* — als unbewusste Vorstellungen brandmarkt. Unbewusste Vorstellung ist eine *Contradictio in adjecto*. Diese Bewusstseinsthatsachen sind aber ebensowenig unbewusst wie Vorstellungen. Ein Beispiel möge zeigen, was ich meine. Eine aufgezogene Spiralfeder aus Stahl befindet sich offenbar in einem anderen Zustande als die entspannte. Sie enthält eine gewisse Menge potentieller Energie, die sich Jahrtausende erhalten kann, ohne sich nach aussen in Arbeit zu entladen. Und doch ist dieser Zustand keineswegs während dieser Dauer unwirksam. Schlägt man sie mit einem Metallstäbchen an, so giebt sie einen anderen Ton als vor der Spannung u. a. m. Die potentielle Energie, die sie besitzt, giebt nunmehr jeder in ihr ausgelösten Bewegung eine besondere Zugabe.

Aehnliche Vorstellungen kann man sich bezüglich des Gehirns und des Weiteren unserer Seele machen. Während unserer Verdauung wird

Versuchen wir nunmehr dieser Componente, die wir vorläufig mit dem Namen des psychischen Motalitätswerthes (*M*) belegen wollen, näher zu kommen so können wir aus der Aehnlichkeit ihrer objectiven Erscheinung, der Muskelcontraction, welche ja bei allen durch noch so verschiedene Sinnesreize ausgelösten Reflexen im Grunde die gleiche ist, auch auf eine psychische Gleichheit schließen, unabhängig von der Elementarempfindung, der sie sich zugesellt. Dieser Schluss ist wenigstens auf allen Gebieten unseres Sinnenlebens gerechtfertigt. Die Function aller Netzhautstäbchen und Zapfen hat dem übereinstimmenden Bau aller dieser Elemente und der wahrscheinlich durchgehends sehr ähnlichen Form ihrer Lichtreaction entsprechend eine ganz bestimmte psychische Vertretung, deren Gemeinsamkeit sich in umfassenden Ausdruck der Lichtempfindung widerspiegelt. Ganz so steht es mit der Thätigkeit der Hör- und Riechzellen u. s. w. Warum also nicht auch mit den Muskelfasern?

Nun ist es klar, daß der Reizung jeder einzelnen Stelle der Sinnesflächen, wenigstens bei den positiven Reflexen, welche im Weiteren allein in Betracht kommen, immer nur ein und dieselbe Endstellung als Reflexwirkung zukommt.

So wendet der Mensch sein Ohr nach der Richtung, aus welcher der Schall kommt und saugt mit weiten Nüstern die

gewiß unser Gehirn energetisch verändert. Auch dem dürfte im Reiche des Psychischen etwas entsprechen. Dieses Etwas ist freilich keine Vorstellung, aber es giebt den Vorstellungen eine besondere Färbung.

So ist es zweifellos richtig, wenn ich sage: „ich besitze kein Bewusstsein von meiner Bauchspeicheldrüse, von meinem Herzen u. s. w.“, wenn ich darunter verstehe, ich habe keine sinnliche Vorstellung davon. Es ist aber total falsch, wenn ich meinen würde, diese Organe haben keine ihre Bewegungsgrößen subjectiv widerspiegelnden Repräsentanten. Freilich können diese Repräsentanten nicht objectivirt werden, aber sie sind nichtsdestoweniger in unserem Bewusstsein. Wir sind hier kaum an der Pforte des Wissens angekommen. Wir ahnen, daß die Angst das psychische Aequivalent von Veränderungen unseres Blutgefäßsystemes ist, daß der Affect der Mutterliebe sein physisches Correlat zunächst in gewissen Vorgängen der Sexualsphäre haben dürfte; aber — das sind kaum bescheidene Andeutungen dafür, daß man medicinischerseits diese Frage bewusst aufgeworfen hat. Im Großen und Ganzen aber wissen wir aus dem Bereich der physiologischen Breite hierüber so gut wie nichts. Daß die eingehende klinische Analyse der Geisteskrankheiten berufen ist uns die Wege zu weisen, ist meine persönliche Ueberzeugung.

Luft ein, wenn er einen Geruch wittert. Trifft ein Lichtstrahl sein Auge, so wird dieses so bewegt, daß er auf immer lichtempfindlichere Stellen fällt, bis der Reiz endlich auf die Stelle der größten Sehschärfe, auf die Macula, zu liegen kommt. Trifft ein Tastreiz die Körperoberfläche, so werden die Fingerspitzen einer oder beider Hände an den Ort des Reizes geführt, und es wird die betreffende Stelle nochmals berührt. Dadurch wird der erste Tastreiz nochmals ausgeübt, zugleich aber findet jetzt ein Optimum der Empfindung statt, da nun auch die Haut der Fingerspitzen, welchen mit den kleinsten Tastkreisen zugleich auch die größte Tastschärfe zukommt, eine Empfindung auslöst; es wird auch hier, wie man sagen könnte, die Kernstelle der Tasthaut nach der Stelle des Reizes hinbewegt.

Aber wir haben den Vorgang erst ungenügend geschildert, wenn wir als Wirkung eines Reizes eine für jeden Reiz eigenthümliche Endstellung des Körpers oder Sinnesorganes betrachteten. Der Weg auf dem diese Endstellung erreicht wird, ist ebenso ein für jedes einzelne Sinneselement fest vorgeschriebener. Das scheint nun zunächst für die Reizung von Hautstellen nicht zuzutreffen; aber wir haben trotzdem Grund zu der Annahme, daß hier, in welcher Stellung der Körper sich auch befinden möge, die Reflexbewegung, welche einer bestimmten Hautstelle entspricht, nur immer einen und denselben psychischen Motilitätswerth besitzt.

Aus welchen Gründen diese Annahme berechtigt ist, hier auszuführen, würde zu weitläufig sein. Die Verhältnisse sind beim Tastsinn, durch die unumgänglich nothwendige Berücksichtigung des Gleichgewichtsorganes sehr complicirte. Trotzdem sind sie im Princip von denen für den Gesichtssinn nicht unterschieden, und da es hier nur auf die Entwicklung des Principes ankommt, werde ich mich von nun an lediglich auf letzteren beziehen.

Für das Auge nämlich ist die Forderung, daß jedem gereizten Netzhautelement nur eine einzige ganz bestimmte Augenbewegung zukommt, genau erfüllt, wenigstens für den Fall, daß es sich in der Ruhelage befindet.

Wäre nun die Elementarempfindung aller Netzhautstellen wirklich genau die nämliche, so könnte es trotz allem vorher Gesagten nicht dazukommen, daß sich die dem Element α_1 entsprechende Elementarempfindung E_1 mit dem psychischen Mo-

tilitätswerthe M_1 zu einer unauflösbaren Einheit verbindet. Denn sind E_1, E_2, E_3 alle untereinander gleich, so muß natürlich auch $M_1 + E_1 = M_1 + E_2 = M_1 + E_3$ sein, d. h. jede von der Netzhaut ausgelöste Elementarempfindung könnte sich mit jedem beliebigen Motilitätswerthe associiren. Trotzdem würden die psychischen Resultanten unter einander gleich sein.

Wie aber sattsam bekannt sein dürfte sind E_1, E_2, E_3 u. s. w. alle untereinander ungleich (Localzeichen) so daß $M_1 + E_1 \geq M_1 + E_2$ ist.

Die Verschiedenheit von E_1, E_2, E_3 ist experimentell nachgewiesen. Wäre sie nicht vorhanden, so müßten ja auch die ihnen entsprechenden Bewegungsgrößen in der Hirnrinde $B_1 = B_2 = B_3$ sein u. s. w., was nur möglich wäre, wenn sie alle an völlig gleich gebauten Stellen vorhanden wären, oder, da es solche gleichen Stellen in idealer Vollendung in der Hirnrinde nicht giebt, wenn sie alle an derselben Stelle localisirt wären. Dann aber wäre wieder nicht abzusehen wie von B_1, B_2 , und B_3 im absteigenden Reflexbogen ungleiche Muskelactionen ausgelöst werden sollten, welche wir doch jeden Augenblick zu beobachten in der Lage sind.¹ Schon in der Thatsache der verschiedenen Localzeichen also liegt eine Gewähr für die Richtigkeit der bisher entwickelten Theorie. Erst also durch die Verschiedenheit der Localzeichen wird die Zuordnung und unlösliche Association der einzelnen Elementarempfindungen mit ihren charakteristischen Motilitätswerthen möglich.

Für das Auge können wir den Mechanismus dieser Zuordnung noch etwas genauer verfolgen.

Wenn wir den widerspruchsvollen Angaben der Autoren über die Vertheilung des Lichtsinnes im Gesichtsfelde kein Gewicht beilegen dürfen, so ist doch eine allmähliche Zunahme der Sehschärfe von der Peripherie nach dem Centrum für jeden Meridian festgestellt, und das Gleiche gilt für den Farbensinn. Mit anderen Worten: Die Empfindungen, welche die einzelnen Elemente eines Netzhautmeridianes vermitteln, sind um so schärfer betont (umsomehr optimale) je näher sie dem Centrum

¹ Der Satz, daß 2 gleiche Bewusstseinsgrößen nur in derselben Hirnstelle ihr mechanisches Correlat haben können, ist ein Analogon zu dem analytischen Satze, daß wenn 2 nach steigenden Potenzen von x geordnete unendliche Reihen einander gleich sind, also $f(x) = a + bx + cx^2 \dots = a + \beta x + \gamma x^2 \dots$, dann auch $a = \alpha, b = \beta \dots$

liegen. Bewegt sich daher ein Reiz auf einem Meridiane nach der Macula hin, so nimmt die Empfindung successive zu, und zwar in jedem kleinsten Theilchen der Bewegung um den denkbar größten Betrag. Jedes Abweichen von dem Meridian würde die Empfindungszunahme verlangsamen. Nun wissen wir, daß sich nach dem LISTING'schen Gesetze die Macula stets auf einem Meridiane nach der Stelle des Reizes biegt und verstehen diese Art der Bewegung als positiven Reflex, der schon im Bewegungsdifferential sein Princip deutlich hervortreten läßt. Es ist begreiflich wie ungeheuer fest sich gerade bei dieser Einrichtung die Association zwischen M und E gestalten muß, so daß unweigerlich bei jedem E das zugehörige M mittönt, gleichgültig, ob die dem M entsprechende Reflexbewegung wirklich ausgeführt wird oder nicht.¹

Zugleich muß aber bemerkt werden, daß eine andere wenn gleich weniger feste Zuordnung auch zu Stande kommen könnte bei anderer Anordnung der Localzeichen. Ich habe die Möglichkeit dieser Association nachgewiesen unter der Voraussetzung bestimmter Localzeichen überhaupt, nicht unter der bestimmten ihrer natürlichen Anordnung. Bewegte sich z. B. aus irgend einem Grunde nicht der Kernfleck, sondern eine andere Stelle, aber stets dieselbe auf dem Meridian nach dem Orte des Reizes hin, so könnte sich eine neue Reihe psychischer Werthe bilden, z. B. von der Formel $M_1 + E_{n+1}$, $M_2 + E_{n+2}$, $M_3 + E_{n+3}$ u. s. w.

Die Festigkeit dieser Association wird nun noch durch einen ganz besonderen Umstand erhöht. Das Ende der Reflexbewegung nämlich, das mit dem Optimum der Empfindung zusammenfällt, erhält einen ganz besonderen psychischen Accent als Correlat des Bewegungsabschlusses. Dieser Accent kommt nur als die Beendigung einer Spannung, als ein Gefühl der Sättigung oder Befriedigung zum Bewußtsein. Er findet sich übrigens bei jeder Eigenthätigkeit der Psyche, d. h. einer solchen, die nicht auf eine einfache Energieaufnahme zurückzuführen

¹ Es leuchtet ein, daß diese Einrichtung eine gewisse Analogie bietet zu dem, was man bei Pflanzen und niederen Thieren Phototropismus genannt hat. Dieser treibt z. B. viele Insecten zum Hineinfliegen in die Flamme. Daß es auch Menschen giebt, bei denen der Lichthunger, wenn auch nicht zur Selbstvernichtung, so doch zur Erblindung führt, lehrt jede Sonnenfinsterniß. Einzelne Individuen starren dabei so lange in die Sonne, bis ihre Macula verbrennt.

ist, sondern aufgespeicherte Energiemengen umsetzt. Ob diese Thätigkeit reflectorisch im engeren Sinne ist, ob sie in einem verwickelten Denkprozeß besteht, ist principiell gleichgültig. Man kann ihn bei gesteigerter Aufmerksamkeit wahrnehmen, wenn man z. B. die Fixation eines peripheren Gesichtsreizes ausführt, oder wenn man bei geschlossenen Augen die Spitzen beider Zeigefinger aus größserer Entfernung einander bis zur Berührung nähert; er kann eine ungeheure Höhe erreichen bei schwierigen Denkopoperationen¹, und dürfte dem ihm vorausgehenden Gefühl der Spannung, dem Gradmesser psychischer Thätigkeit parallel gehen. FRIEDMANN bringt diesen Affect mit einem Zustande chemischer Sättigung im Gehirn in Verbindung und macht ihn verantwortlich für die Festigkeit gewisser Associationen.

Selbst auf die Gefahr hin etwas abzuschweifen möchte ich hier eine pathologische Beobachtung einflechten, welche dazu dienen soll diesen Affect zu veranschaulichen. Denn für gewöhnlich beachten wir ihn nicht, so innig ist er mit der Wahrnehmung verknüpft. Er ist im Bewußtsein, kann aber von der Wahrnehmung selbst nicht getrennt werden, der er eine bestimmte Färbung giebt.

Eine etwa 40 jährige Frau klagte von ihrer Mädchenzeit an die Gegenstände nicht mehr so wahrzunehmen wie früher. Sie sah aber und hörte, fühlte und schmeckte ausgezeichnet, so daß die eingehendste Prüfung irgend einen objectiven Ausfall nicht nachweisen konnte. Ihre Sinnesorgane waren intact, ihr Gedächtniß besser als beim Durchschnittsmenschen. Sie hatte nur Volksschulbildung genossen und vermochte nicht sich besonders gewandt auszudrücken. Manchmal sei es ihr als ob sie gar nicht selber sehe, fühle oder höre. Sie fühle ihren ganzen Körper nicht, nicht ihre Augen, ihre Ohren. Es war im Ganzen ein recht qualvoller Zustand, der sehr an den des bekannten CHARCOT'schen Seelenblinden erinnert, nur daß bei letzterem sich das Gefühl des Nicht-satt-werdens auf die Gesichtswahr-

¹ Von NEWTON erzählt man, daß er bei der Berechnung der Beschleunigung des Mondes in seiner Bahn, als er voraussehen konnte, daß diese Beschleunigung die von seiner Theorie geforderte Function der Erdschwere wäre, vor Erregung die letzten Zahlen kaum mehr hinschreiben konnte.

nehmungen beschränkte, bei unserer Patientin aber auf allen Sinnesgebieten zu Tage trat.

Es dürfte nicht zu kühn sein, wenn man das Gefühl des Mangelhaften, welches diese Patientin bei ihren Wahrnehmungen schildert, auf den thatsächlichen Ausfall einer normalerweise vorhandenen, aber ganz in der Sinneswahrnehmung aufgegangenen psychischen Componente deutet, nämlich jenes *Accentos*, welchen das Zusammenfallen der optimalen Empfindung mit der Beendigung der Motilitätswerthe hervorbringt. Dieser Accent wäre identisch mit einem Entspannungs-affect. Unsere Patientin steht auf der Grenzscheide zwischen Neurasthenie und Geisteskrankheit und es würde sehr gut mit unseren Vorstellungen von neurasthenischer Gehirnaffection übereinstimmen, wenn die Entspannung und der sie begleitende Affect ausbliebe.

Dasselbe Manco wie bei der Wahrnehmung empfindet Patientin auch bei der Reproduction, und zwar leidet sie an einem starken Reproductionszwange, vielleicht gerade deshalb, weil keine ihrer Wahrnehmungen einen befriedigenden Abschluß findet. So kommt ihr z. B. die Erinnerung an einen gedeckten Tisch. Unter steigender Angst sucht sie das Gesichtsbild mit sinnlicher Deutlichkeit vor ihr geistiges Auge zu rufen. Aber umsonst, sie findet eine unvollkommene Art der Befriedigung erst, wenn sie sich den wirklichen Anblick eines gedeckten Tisches verschafft.

Einen ganz ähnlichen Zustand finden wir bei gewissen Zuständen von Melancholie, nur ist hier die Störung eine viel intensivere. Diese Kranken klagen, daß sie überhaupt nichts mehr empfinden, daß sie längst gestorben seien; dabei beantworten sie, wenn auch zögernd, alle Fragen; ihre Bewegungen und Aeufserungen zeigen, daß sie alles wahrnehmen. Auch hier dürfte der in Rede stehende Affect fehlen, welcher bei jeder normalen Wahrnehmung den Knoten schürzt zwischen der Elementarempfindung — dem Correlat der Energieaufnahme, und dem Motilitätswerth, der Eigenthätigkeit der Psyche. Ist dieser Knoten gelöst, so stehen wir unserem psychischen Vorgängen als etwas Fremdem gegenüber.

So haben wir in groben Zügen für alle Sinnesorgane, etwas eingehender für das Auge nachgewiesen, daß sich zu jeder Elementarempfindung nothwendigerweise eine Componente gesellt, die eine psychische Repräsentation der Muskelbewegung

ist. Von einem Standpunkte aus ist diese Bewegung nur abhängig von dem Orte der Reizung, vom Raum, sie ist in der That eine Umsetzung der Raumwerthe in Bewegungsgrößen, und vermag in dieser Eigenschaft allein unserem Bewußtsein Kunde zu geben vom Raum. Eine andere derartige Umsetzung von Raumwerthen in Bewegungsgrößen, und damit in Reize giebt es nicht. Von einem anderen Standpunkte sind diese Reflexbewegungen eine Eigenthätigkeit des Organismus; ihr psychisches Correlat ist die Raumvorstellung, ohne welche es keine Wahrnehmung giebt, und deshalb liegen alle Objecte unserer Sinneswahrnehmung im Raum.

Die Psyche schafft Zeit und Raum als Medium unserer Wahrnehmungen. Einen treffenderen Ausdruck als den der „Formen“ reiner Sinnlichkeit hätte KANT dafür nicht finden können.

Bezeichnen wir diese Association der Empfindungen mit den Raumwerthen als Wahrnehmungen, so ist klar, daß jede Wahrnehmung etwas Räumliches haben muß.

Aber die einzelnen Sinneswahrnehmungen sind mit Hinsicht auf die Bestimmtheit ihrer Räumlichkeit, wie schon angedeutet, sehr verschieden. Am feinsten localisiren wir mit dem Auge und der Haut. Das hängt eben von der Beweglichkeit dieser Organe und der festen Zuordnung ihrer Localzeichen zu ganz bestimmten Motilitätswerthen ab. Besäßen wir ein Gehörorgan, das anstatt unbeweglich in den festesten Schädelknochen eingebettet zu sein, frei beweglich wäre z. B. an der Spitze eines Insectenfühlers, und ausgerüstet mit einer Stelle größter Hörschärfe, welche sich stets auf dem kürzesten Wege nach dem Reize hinbewegte, so würden wir wahrscheinlich ein räumliches Gehörsbild der Welt besitzen; doch das geht über unser Vorstellungsvermögen hinaus.

Nun begreifen wir auch, warum die HERING'sche Theorie vom Ortsinne allen praktischen Anforderungen genügt. Sobald nämlich die unlösliche Verbindung der Netzhautelemente mit den myogenen Raumwerthen zu Stande gekommen ist, brauche ich mich in der That nicht darum zu kümmern, ob diese Raumwerthe mittelbar oder unmittelbar durch Stäbchen und Zapfen ausgelöst werden, die Beschreibung der optischen Thatsachen wird dadurch nicht berührt werden. Allerdings war ich bis vor Kurzem der Ueberzeugung, es gäbe einen Punkt, wo das physiologische Experiment den Irrthum HERING's aufdecken könnte.

Nach der Theorie der myogenen Raumwerthe ist zu erwarten, daß die Wahrnehmung eines leuchtenden Punktes, dessen Bild auf der Peripherie eines Elementes entsteht, sich unterscheidet von der des im Mittelpunkte entstehenden Bildchens. Nach HERING müßten beide Wahrnehmungen die gleichen sein. Legt man als Maass der Sehschärfe den Winkel zu Grunde, unter welchem die Verbindungslinie zweier gerade noch gesondert wahrnehmbarer Punkte gesehen wird, so kommt man auf die bekannte Winkelminute v. HELMHOLTZ's. In dieser Beziehung verlangen beide Theorien denselben Werth: Zwischen den Schenkeln dieses Winkels muß vom Knotenpunkt des Auges aus gesehen ein Kernfleckelement bequem Platz finden.

Bekanntlich hat nun HERING nachgewiesen, daß beim binoculären Sehact alle Lichtpunkte, welche auf identische Netzhautstellen fallen, einfach und in einer Ebene, der Kernfläche des Sehraums gesehen werden. Punkte, die auf nahezu identischen Stellen sich abbilden, werden auch einfach gesehen, treten aber körperlich vor oder hinter die Kernfläche. Nun ist ja klar, daß bei HERING zwei identische Punkte gleichbedeutend sein müssen mit zwei identischen Netzhautelementen, mit anderen Worten, daß ein Lichtpunkt einen Tiefenwerth erst erhalten kann, wenn seine Querdissparation im HERING'schen Einauge gleich der Gröfse eines Netzhautelementes wird. Doch wufste man schon lange, daß eine Tiefenwahrnehmung schon bei weit geringerer Querdissparation auftritt, und dies verlangt die myogene Raumtheorie, denn nach ihr sind identische Punkte durchaus nicht von der Gröfse der Netzhautelemente abhängig.

Nun hat HEINE ganz neuerdings gezeigt, daß die Sehschärfe und die Tiefenwahrnehmung, wenn man beide unter vergleichbaren Bedingungen prüft, recht gut harmoniren. Freilich fehlt die Prüfung mit Punktobjecten.¹

So lange diese aussteht, haben wir im Bereich der physiologischen Breite keinen Gegenbeweis gegen die HERING'sche Auffassung.

Auch auf pathologischem Gebiete gab es bisher keine zwingenden Beobachtungen, die gegen HERING gesprochen hätten, denn die wenigen Fälle von Seelenblindheit, welche wir kennen, beruhen keineswegs auf dem Ausfall der optischen Raumwerthe.

¹ *Gräfe's Archiv für Ophthalmologie* 51 (1): „Sehschärfe und Tiefenwahrnehmung“.

In dieser Beziehung sind die Fälle cerebraler Tastlähmung viel belehrender; hier fehlen in der That die tactilen Raumwerthe bei erhaltener Tastempfindung. Aber diese Analogie ist noch kein Beweis. Diesen bringt erst der von BIELSCHOWSKI beschriebene Fall monoculärer Diplopie, welcher im *Archiv für Ophthalmologie* 1897 veröffentlicht ist.

Der Fall ist also von principieller Bedeutung:

Bei einem 18jährigen Techniker, der von Jugend auf mit dem linken schwachsichtigen Auge nach einwärts schielte, trotzdem aber einen leidlichen binoculären Sehact besaß, wurde wegen einer Erkrankung die Enucleation des rechten Auges nothwendig. Als er sich 8 Tage nach der Operation zur Besichtigung vorstellte, machte er die Angabe, daß er nunmehr mit seinem linken Auge Alles doppelt sehe; links und etwas unterhalb von dem fixirten Gegenstande befände sich ein „Trugbild“ von etwas matterem Aussehen. Forderte man ihn auf dieses Trugbild zu fixiren, so machte sein Auge eine kleine, etwa 5° betragende, Einstellbewegung nach links und nun gewann der gesehene Gegenstand an Deutlichkeit. Mit der Zeit, um dies gleich vorweg zu nehmen, empfand Patient einen immer größeren Zwang, auf das Trugbild einzustellen. Ließ man ihn das Flammenbild im Augenspiegel fixiren, so beobachtete man bei der Aufforderung, das Trugbild ins Auge zu fassen, daß sich die Macula von der Schläfenseite her einstellte.

Diese ganz einzigartigen Erscheinungen veranlaßten den Verfasser, HERING um eine ausführliche Untersuchung des Falles zu bitten, und dieser stellte einwandfrei fest, daß irgend eine physikalische Ursache für die Entstehung zweier Netzhautbilder auszuschließen sei, sei es, daß diese in einer doppelten Pupillenbildung oder in sprunghafter Veränderung der Brechungscoefficienten der Augenmedien gesucht wurde.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß auf der Netzhaut von jedem Gegenstande nur ein Bild entworfen wurde.

Die Untersuchung stellte ferner fest, daß der Sehwinkel, unter dem die Verbindungslinie der Doppelbilder erschien, für alle Entfernungen annähernd derselbe war, im Mittel $5^{\circ} 28'$.

Wählte man als Object eine kleine, weißse, kreisförmige Scheibe von wenigen Millimetern Durchmesser, so gelang es, wenn man von der Gesichtsfeldperipherie her eine zweite eben solche Scheibe einführte, das natürliche Bild dieser mit dem

Trugbild der ersteren zur Deckung zu bringen, und umgekehrt. Nahm man hingegen zwei längere schmale Streifen, so gelang es bei paralleler Lage derselben nicht, eine genaue Deckungslage zu erreichen. Das „Trugbild“ des einen und das „natürliche“ Bild des anderen schnitten sich dann unter einem annähernd constanten Winkel von etwa 13° . Dementsprechend gab Patient auch an, daß das Trugbild eines einzelnen Streifens gegen diesen Streifen selbst stets geneigt erscheine, und zwar divergirten die Bilder bei senkrechtem Object nach oben.

Interessant waren noch folgende Beobachtungen: Das Trugbild einer weißen Scheibe auf schwarzem Grunde war dunkler, dasjenige einer schwarzen auf weißem Grunde heller als das natürliche. Das Trugbild einer grauen Scheibe auf farbigem Grunde erschien wie durchsetzt von der Farbe der Umgebung, während das natürliche Bild, wie man nach den Gesetzen des simultanen Contrastes erwarten mußte, die Complementärfarbe zeigte.

Legte man eine blaue und eine gelbe Scheibe so vor den Patienten, daß sich ein Trugbild und ein natürliches Bild deckten, so zeigte die mittelste die gleichen Erscheinungen, welche wir am Stereoskop oder Haploskop beobachten, wofern wir dem einen Auge ein blaues, dem anderen ein gelbes Object darbieten: den Wettstreit der Gesichtsfelder. Die mittlere Scheibe erschien bald blau, bald gelb, oder auch in einem neutralen Grau.

Wie wir gesehen haben, wendete Patient bei der Aufforderung, das Trugbild zu fixiren, das Auge so, daß sich der Gegenstand auf der anatomischen Macula abbildete. Dann aber glaubte er links am Gegenstande vorbei zu sehen. Bemerkenswertherweise beantwortete er die Frage, warum er denn das links und unten gelegene Doppelbild als Trugbild von dem Gegenstande unterscheide, dahin, „daß er früher mit dem anderen Auge so gesehen hätte“, eine Aeufserung, die doch nur den Sinn haben kann, daß er jetzt beim Fixiren eines Gegenstandes das Gleiche zu thun glaube wie früher. Dieses Gefühl werden wir kaum auf etwas Anderes beziehen können, als auf die psychische Repräsentation der Augenmuskelthätigkeit, welche bei der neuen Fixirstellung des Auges thatsächlich genau gleich der vor der Operation geleisteten Fixationsthätigkeit war. Der neue Kernfleck des linken Auges war nach innen verschoben. Denkt man

sich bei der Ruhelage der Schielstellung die rechte Retina durch parallele Verschiebung mit der linken zur Deckung gebracht, so fiel die rechte Macula auf diesen neuen Kernfleck.

Bei etwa einjähriger Beobachtungsdauer traten wesentliche Veränderungen in den geschilderten Erscheinungen nicht ein; die Sehschärfe besserte sich allmählich, während in dem Maafse, wie das natürliche Bild immer undeutlicher wurde, der Zwang, das Trugbild zu fixiren, zunahm. Immer aber hat er beim Fixiren des Trugbildes noch das Gefühl, am Gegenstande vorbei zu sehen.

Fügen wir hinzu, daß der Kranke sich dunkel erinnert, in früher Jugend eine Periode des Doppelsehens gehabt zu haben, so müssen wir annehmen, daß er zuerst einen guten binoculären Sehsact besaß, ehe er zu schielen begann. Er sah die Gegenstände, welche sich bei symmetrischen Augenstellungen auf seiner linken Macula abbildeten, gerade vor sich auf der senkrechten Halbirungslinie beider Knotenpunkte und vermochte sie als räumlich nach allen drei Dimensionen ausgedehnte Objecte wahrzunehmen. Die Correspondenz seiner Netzhäute war eine vollkommene.

Durch den sich entwickelnden Schielact wurde das Einfachsehen mit identischen Netzhautstellen eine Unmöglichkeit. Die Bildchen derselben Objecte lagen nunmehr auf nicht identischen Stellen und mußten an verschiedenen Orten erscheinen. An identischen Netzhautstellen aber lagen ungleiche Bilder, die zu einem einheitlichen Gesichtseindruck unter keiner Bedingung verschmolzen werden konnten.

Dieser Zustand, der der Theorie nach bei allen Schielenden einmal existirt haben muß, würde die Orientirung im Raume natürlich sehr erschweren. Es war bis vor Kurzem strittig und dürfte auch jetzt noch nicht spruchreif sein, in welcher Weise dieser Uebelstand behoben wird. Für den streng unilateralen Strabismus aber dürfte der hier erwähnte Fall den zwingenden Beweis bringen, daß aus Gründen, die uns hier nicht weiter interessiren, die Eindrücke von den identischen Stellen des nicht fixirenden Auges unterdrückt werden können, während sich zugleich eine neue Correspondenz ausbildet zwischen den Punkten beider Netzhäute, welche die Bilder der gleichen Gegenstände auffangen; wenigstens gilt das für einen größeren mittleren Bezirk der Netzhaut.

Der Beweis hierfür, daß sich an Stelle der angeborenen anatomisch begründeten Correspondenz eine neue unter den genannten Bedingungen entwickeln kann, ist heutzutage schon mehrfach geliefert worden. Läßt man einen Menschen von normalem binoculären Sehbact einäugig einen glühenden horizontalen Faden in seiner Mitte fixiren, während man zugleich diese fixirte Stelle durch den Finger verdeckt, dreht darauf den Faden um seinen Mittelpunkt in die senkrechte Lage, und läßt ihn nun von Neuem mit dem anderen Auge fixiren, so nimmt die Versuchsperson nach Schluß beider Augen folgendes Nachbild wahr: Ein Kreuz, dessen senkrechter Schenkel durch die dunkel bleibende Mitte des wagerechten geht. Genau so verhalten sich auch Leute mit Augenmuskellähmungen und die meisten Schielenden. In gewissen Fällen aber geht der verticale Faden des Nachbildes nicht durch die dunkle Stelle des horizontalen, sondern mehr weniger seitlich davon. Es handelt sich dann immer um Schielende.¹ Wie gesagt, sind die Bedingungen, unter denen diese Erscheinung auftritt, noch nicht genau bekannt.

In solchen Fällen hat also jedes Element der Netzhaut des schielenden Auges seinen nach HERING angeborenen Raumwerth vertauscht mit einem anderen nicht angeborenen, also erworbenen. Die HERING'sche Theorie läßt aber die Möglichkeit einer Erwerbung von Raumwerthen ausgeschlossen erscheinen; denn ist der Raumwerth thatsächlich eine Function des Netzhautelementes, so müßte letzteres in Fällen von Pseudocorrespondenz eine Veränderung erfahren. Das ist sehr unwahrscheinlich. Wir wissen wenigstens nichts davon; aber wir wissen ganz bestimmt, daß der Bewegungsapparat des Auges sich verändert hat und müssen in Folge davon veränderte Motilitätswerthe fordern.

Noch deutlicher als diese Beobachtungen zeigt der Fall von BIELSCHOWSKI, daß die Raumwerthe unserer Sehdinge nicht von den Netzhautelementen geliefert werden können.

Patient erhält von jedem Lichtpunkte im Raum nur ein Netzhautbild, aber er nimmt zwei ihrem Lichtwerthe wie Raumwerthe nach verschiedene Sinneseindrücke wahr. Der Lichtpunkt,

¹ Daß diese so selten monoculär doppelt sehen — man verfügt außer dem B.'schen Fall nur über wenige Beobachtungen — dürfte, wie des Weiteren klar werden wird, mit der GröÙe des Schielwinkels zusammenhängen.

den er zu fixiren meinte, — dem wirklichen Gegenstande entsprechend, erregte jene retinalen Elemente, welche vor der Operation die gleichen Bilder empfingen wie der Kernfleck seines fixirenden Auges. Diese Elemente vermittelten, wie es nach HERING sein soll, einen Lichtfleck im Raum, wenn sie gereizt wurden. Dafs ihre Raumwerthe erworbene waren, ist schon erwähnt. Zugleich aber mit der Reizung dieser Elemente tritt noch eine andere Lichtempfindung, die des „Trugbildes“ im Bewusstsein auf. Würde diese wirklich das psychische Correlat des dioptrischen Netzhautbildchens sein, so müfste man den Begriff des Sinneselementes fallen lassen, denn der Annahme, dafs etwa durch Irradiation auch andere Elemente gereizt würden, steht, abgesehen von dem anatomischen Bau der Netzhaut, zu viel entgegen. Jedes Element würde zwei Lichtempfindungen vermitteln, ja noch mehr, diese beiden Lichtempfindungen wären nicht nur ihrer Intensität, sondern auch ihrer Qualität nach verschieden. Der Schluss ist unabweislich, dafs höchstens ein Lichtwerth, und zwar der zum „wahren“ Bilde gehörige einer Reizung der Retina entspricht.

Wir dürfen also die Ursache des Trugbildes nicht in den Netzhautelementen suchen; denn dann müfsten wir annehmen, dafs entweder

ein Netzhautelement eine Doppelwahrnehmung auslöst,
— das widerspricht dem Begriff des Elements —

oder

dafs ruhende, nicht gereizte Sinneselemente Wahrnehmungen vermitteln können — das ist ein Unsinn.

Ohne Schwierigkeit aber löst die myogene Theorie der Raumwerthe alle Widersprüche. Bevor Patient schielte, hatte jedes Netzhautelement seinen physiologischen Raumwerth, mit dem es in Folge der auferordentlich festen Association auch dann noch verbunden blieb, als die Muskelbewegungen, welche ihn geschaffen hatten, ganz andere geworden waren. Als nun Patient zu schielen anfang, war die Möglichkeit gegeben, zu jedem Element einen neuen Motilitätswerth zu schaffen, um so eher, wenn wir die hier berechtignte Annahme eines Strabismus concomitans unilaterialis machen. Die Sinneswahrnehmung des linken Auges können wir nunmehr mit $E + M + m$ veranschaulichen. Bei Ausbildung dieser neuen Association ist Folgendes zu beachten. Die Bewegungen des linken Auges waren keine

selbständigen; sie standen dauernd und überwiegend unter der Herrschaft des rechten. Die reflectorischen oder gewollten Impulse, welche retinale Erregungen auslösten, kamen alle von rechts nach dem Bewegungsapparat des Auges am Boden des Aquäducts; die linksgelegenen Kerne wurden nur durch den commissuralen Apparat beschickt, bzw. durch Vermittelung der Coordinationscentren im Höhlengrau. Nennen wir die Stelle der linken Retina, welche in der neuen Primärstellung des Schielenden, der primären Schiellage, das Bild desselben Sternes auffing, wie der Kernfleck des rechten, die Pseudomacula, so müssen deren Bewegungen im Wesentlichen, wenigstens wenn sie eine gewisse Grenze nicht überschritten, gleich denen der rechten wahren Macula gewesen sein. Freilich mit gewissen Einschränkungen, denn diese Pseudomacula bewegte sich aus ihrer Primärstellung heraus nicht in größten Kugelkreisen, der geometrische Ort sämtlicher Drehungsaxen des Auges in die ersten Secundärstellungen war nicht die Aequatorialebene. Es ist hier überflüssig, auf die unter gewissen Voraussetzungen mögliche theoretische Ableitung des neuen Bewegungsmechanismus einzugehen; es genügt, daß die Drehung der beiden bei dem Einäugigen beobachteten Gesichtsfelder gegeneinander mit dieser Ableitung in Einklang ist. Bei der neuen Gleichgewichtslage waren die Ansatzpunkte des Rectus superior, inferior und internus einander genähert, die des Rectus externus und der beiden Obliqui von einander entfernt. Ob man für die Ableitung ein Ueberwiegen des Internus oder eine Schwäche des Externus annimmt, ist gleichgültig. Die Hauptsache ist, daß auf Reizung eines beliebigen Netzhautelementes hin die Pseudomacula eine ganz bestimmte Bewegung machte und die Association $E + M + m$, die neue Gesichtswahrnehmung des linken Auges entstehen konnte.

Thatsache ist, daß, wie die Krankengeschichte lehrt, vor der Operation der Werth M keine Vorstellung hervorrief, er hat die neuen Gesichtswahrnehmungen jedenfalls nur in ihrer Färbung beeinflusst. Warum das so war, wissen wir nicht, wir könnten sagen, daß die überwiegende Aufmerksamkeit auf die Wahrnehmungen des rechten Auges die linkseitigen Werthe M unterdrückte, würden aber damit nur eine Umschreibung des Thatbestandes geben.

Die zu beantwortende Hauptfrage ist nun, woher bezog nach Operation M seinen Lichtwerth, da ja das der retinalen

Reizung entsprechende E mit m zu einer Wahrnehmung verschmolz? Auch hierauf ist eine Antwort möglich. Die neuerdings bekannter gewordene primäre Endstation des Opticus im Ggl. geniculatum externum im Puloinar und vorderen Vierhügel zeigt, daß hier jede noch so circumskripte Erregung eine große Ausbreitung erfahren muß, und daß demzufolge jeder Lichtreiz wahrscheinlich den größten Theil des occipitalen Lichtfeldes der Rinde mit schwingen läßt. Nur von einem Wellengipfel in der Occipitalrinde kann die Rede sein. Daß dieser Gipfel in der maculären Projection am steilsten ist, dürfen wir aus der größten Sehschärfe der Macula schließen. Bei Reizung der Pseudomacula wird er diffuser sein und auch die Projection noch weiterer Netzhautgebiete mit bemerkenswerthen Energiemengen beschicken. Verbindet sich das psychische Correlat dieser irradiirenden Energie mit dem ursprünglichen Motilitätswerthe M des gereizten Netzhautelementes, so wird jetzt tatsächlich die Doppelwahrnehmung bei Reizung einer Netzhautstelle verständlich.

Durch WILBRANDT's Untersuchungen, die mit den MUNK'schen experimentell fortgelegten Beobachtungen übereinstimmen, steht es außer Zweifel, daß jedem Netzhautpunkte eine Stelle im corticalen Lichtfelde zugeordnet ist und zwar so, daß jedem continuirlichen Punktsystem auf der Netzhaut ein continuirliches Punktsystem in der Rinde entspricht. Daraus folgt, daß die Rindenstelle, deren irradiirende Energie mit M in Verbindung tritt, auch einen Wellengipfel erhalten kann und zwar dann, wenn ein gewisser Punkt der Netzhaut gereizt wird.

Nehmen wir an, der Einäugige fixire gerade einen Lichtpunkt, so entsteht dessen Bild auf der Pseudomacula, deren Motilitätscomponente wir gleich m_0 ¹ setzen können. Das Trugbild erscheine an einer beliebigen Stelle im Raum und entspricht dem Raumwerth M . Bietet man dem Patienten jetzt ein zweites kleines Object, welches man solange verschiebt, bis sein wahres Bild sich mit dem ersten Trugbild deckt, so wird jetzt ein Netzhautpunkt (α_n) gereizt, dessen Motilitätscomponente

¹ Dieser Index „0“ deutet an, daß bei Reizung dieser Stelle reflectorisch keine Bewegung ausgelöst wird. Würde ein anderes Element, dessen Motilitätscomponente m eine gewisse Bewegungsgröße darstellt, gereizt, so würde der Reiz successive auf Stellen mit in diesem Sinne kleineren m gebracht, bis m_0 erreicht ist.

genau der des ersten Trugbildes gleich ist, wir bezeichnen sie mit m_n . Die Stelle der Hirnrinde, an welcher der bei Reizung von α_n entstehende Wellengipfel liegt, ist es also, welche ihre Lichtenergie bei Reizung der Pseudomacula mit deren zweiten Raumwerthe M verbindet; also $M = m_n$. Wurde Patient nunmehr aufgefordert, das zweite Object zu fixiren, so hätte man mit Hülfe des Augenspiegels constatiren können, daß die wahre Macula an die Stelle der Pseudomacula trat. Daraus folgt, daß die Pseudomacula den Bogen zwischen dem fingirten Orte des Trugbildes und der Macula anatomica genau halbirt. Das Trugbild scheint also von einer Netzhautstelle herzurühren, welche in Bezug auf die Pseudomacula symmetrisch zum ursprünglichen Kernpunkt liegt. Die Entfernung der beiden Kernflecke ist gleich dem Schielwinkel; je größer dieser ist, desto weiter auseinander liegen die beiden Projectionen im Lichtfelde der Rinde, desto geringer also wird die für den Raumwerth der Trugbilder verwendbare irradiirende Energie. Es wäre also verständlich, wenn bei großem Schielwinkel trotz vorhandener Pseudocorrespondenz statt einer Doppelwahrnehmung nur eine Unsicherheit in der Localisation auftritt, wie das in der That hin und wieder beobachtet worden ist.

Ist die hier entwickelte Theorie richtig, so muß sie auch die übrigen beobachteten Erscheinungen erklären. Es wurde beobachtet, daß, wenn man das Trugbild einer fixirten blauen Scheibe mit dem wahren Bilde einer peripherisch ins Gesichtsfeld gebrachten gelben zur Deckung brachte, ein Wettstreit der Gesichtsfelder eintrat. Das ist genau das Gleiche, was man wahrnimmt, wenn man im Stereoskop dem einen Auge ein blaues, dem anderen ein gelbes Object bietet. Im letzteren Falle interferiren an derselben Stelle des Lichtfeldes 2 qualitativ verschiedene Wellengipfel, das psychische Correlat ist der Wettstreit. Bei dem BIELSCHOWSKI'schen Kranken traf der eine Wellengipfel mit dem abfallenden Schenkel einer Welle, die der Erregung der Pseudomacula entsprach, zusammen. Also auch hier entstand eine Interferenz, deren psychisches Correlat dem normalerweise auftretenden Wettstreit natürlich entsprach.

Beobachtete Patient eine graue Scheibe auf rothem Grunde, so erschien ihr wahres Bild ihm nach dem Gesetze des simultanen Contrastes grün gefärbt, das Trugbild aber wie durchsetzt von der Farbe des Grundes, also grauröthlich. Ob das letztere

genau ist sei dahingestellt, vielleicht hätte Patient besonders aufmerksam gemacht, die Scheibe bald mehr grau, bald mehr roth gesehen. Doch hätte zu dieser Wahrnehmung eine besonders geschärfte Aufmerksamkeit gehört. Der Ausdruck „wie durchsetzt von der Grundfarbe“ läßt auf ein Befremdliches der Wahrnehmung schließen. Nun hat HERING über jeden Zweifel sicher gestellt, daß der simultane Contrast sein physisches Correlat in einer Function der Netzhaut hat; das stimmt mit unserer Anschauung vom wahren Bilde überein.

Diese Netzhautfunction fehlt nach unserer Auffassung beim Trugbilde; der Contrast trat hier nicht auf. Danach können wir schließen:

Im BIELSCHOWSKI'schen Falle kommen jedem Elemente der Netzhaut 2 Raumwerthe zu.

Dieser Veränderung der Wahrnehmung entspricht keine nachweisbare Veränderung der Retina, wohl aber eine solche des Bewegungsapparates.

Der Raumwerth der anatomischen Macula war ein einfacher, aber anderer geworden.

Folglich ist der Raumwerth nicht als Function der Zäpfchen oder Stäbchen, sondern als eine solche der Augenmuskeln zu betrachten.

Unter dieser Annahme allein, erklären sich alle Erscheinungen des sonderbaren Falles von BIELSCHOWSKI ungezwungen.

Der physiologische Begriff der HERING'schen Lichtempfindung ist also zu spalten in eine elementare Lichtempfindung, die der Erregung der Retina entspricht, und in eine damit allerdings aufs engste verknüpfte Raumwahrnehmung, welche die psychische Repräsentation der Augenmuskeln darstellt.

In pathologischen Fällen kann eine Trennung dieser Association auftreten; so daß man zur Annahme getrennter Apperceptionsapparate für Raum und Licht gezwungen wird.

Wie wir früher sahen, bewirkt eine beliebige Wahrnehmung $\epsilon + \mu$ eine Reflexbewegung, bei deren Beendigung ϵ ein Optimum und $\mu = \mu_0$ geworden ist. Diese Endwahrnehmung erhält den als Affect beschriebenen Accent, welcher das Characteristicum jeder normalen Wahrnehmung ist, allerdings aber uns nur auffällt, wenn er nicht zur vollen Entwicklung kommt.

Bei unserem Patienten ist nun die Bedingung einer normalen Wahrnehmung nie erfüllt. Fixirt er mit der Pseudomacula, so

ist $W = W_1 + W_2 = E + m_o + E + M$, E ist kein Optimum und $m_o + M$ entspricht nicht genau dem Begriff μ_o . Dem zu Folge fehlte das Gefühl der Sättigung und Patient fühlte einen inneren zunehmenden Zwang, das Trugbild zu fixiren. In diesem Falle ist $W = E + m + M$. E ist hier allerdings ein Optimum aber $m + M$ wieder nicht gleich μ_o . Nun hatte Patient zwar nicht das Gefühl, als ob nicht er es wäre der sähe, am Subject zweifelte er nicht, wohl aber nannte er die Wahrnehmung ein Trugbild, er zweifelte also am Object. Der Affect der normalen Wahrnehmung, welcher den Knoten schürzt zwischen den psychischen Correlaten des Reizes und der Bewegung, zwischen äußerer und innerer Energie, oder zwischen Subject und Object, konnte nicht zur Entwicklung gelangen.

Betrachten wir zum Schluß nochmals den Wahrnehmungsvorgang bei unserem Einäugigen. Wir können die Wahrnehmung des linken Auges W unter dem Schema $E + m + M$ darstellen, wobei m den erworbenen, M den ursprünglichen Raumwerthen entspricht. Wie dieses Schema vor der Operation auf die binoculäre Wahrnehmung einwirkte, wissen wir nicht; jedenfalls hat Patient binoculär einfach gesehen. Vielleicht konnte der zweite Raumwerth der linken Pseudomacula deswegen unterdrückt werden, weil die ihm entsprechende Lichtenergie im Vergleich zu dem viel steileren Wellengipfel, den die Reizung des rechten Kernfleckes verursachte, sehr gering ausfiel.

Sofort nach der Operation fehlte dieser Gipfel und allein die dem linken Auge entsprechende Erregung trat in das Lichtfeld über. Dadurch war eben die Differenz der Erregung der beiden Rindenstellen viel geringer geworden, und die Wahrnehmung $E + m + M$ trat jetzt in 2 Wahrnehmungen aus einander, wobei $W_1 = E + m$, $W_2 = E + M$ gesetzt werden kann, wenn E , wie oben dargelegt wurde, das psychische Correlat der Irradiation ist.

Diese Annahme findet ihre Bestätigung darin, daß Patient bei Fixation des Trugbildes, d. h. wenn die anatomische Macula gereizt wurde, nur einfach sah, seine Wahrnehmung also der Formel $E + M_o + m$ entspricht. In diesem Falle war eben der Wellengipfel zu steil um an der m zugeordneten Stelle des Lichtfeldes genügende Energiemengen zu entwickeln.

(Eingegangen am 26. März 1901.)