

Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie und für klinische Medicin.

Bd. XXV. (Zweite Folge Bd. V.) Hft. 1 u. 2

I.

Beitrag zur physiologischen Optik.

Von Dr. A. Classen in Rostock.

Die Lehre von der Congruenz der Netzhäute oder den identischen Netzhautstellen ist in neuerer Zeit vielfach besprochen worden, ohne dass man zu einem allgemein gültigen Resultat gekommen wäre. Sie verdankt ihren Ursprung höchstwahrscheinlich der Wahrnehmung von Doppelbildern unter gewissen Umständen und dem Versuch, dieselben zu erklären. Man würde ohne diese Beobachtung vielleicht nie die Frage aufgeworfen haben: Wie kommt es, dass wir trotz zweier verschiedener Augen und zweier Netzhautbilder doch nur einfach sehen? Denn bei keinem anderen der Sinne, die nur die Eindrücke der Aussenwelt übermitteln, ist je diese Frage aufgeworfen worden, obwohl wir zwei Ohren, zehn Finger zum Tasten und zahlreiche paarige Gefühlsnerven besitzen. Man könnte der Consequenz wegen die Frage auch auf die übrigen Sinne ausdehnen und müsste nun ganz allgemein so fragen: wie kommt es, dass wir Sinneseindrücke, die von einem einzigen Gegenstande ausgehen und zwei verschiedene Nerven treffen, doch nicht getrennt auffassen, sondern auf diesen einen Gegenstand beziehen? Die Antwort würde ganz allgemein lauten: weil wir im Stande sind, die Richtung, in welcher die Reize unsere Nerven treffen, mehr

oder weniger genau zu schätzen; und sobald wir die Richtung zweier Eindrücke, die von einem Gegenstande ausgehen, richtig erkennen, so müssen wir sie auf diesen einzelnen Gegenstand als die erregende Ursache von beiden beziehen.

Die Eindrücke der Aussenwelt, insofern sie als Reize unsere Sinnesnerven treffen, müssen wir im Allgemeinen, mögen sie durch feste, flüssige, gasförmige oder imponderable Substanzen uns übermittelt werden, nach drei verschiedenen Qualitäten beurtheilen: nach der Intensität ihrer Wirkung, nach der Häufigkeit ihrer Wiederholung (bei Wellenbewegungen) und nach der Richtung, in welcher sie auf unsere Organe treffen. Um die Fortleitung jener beiden ersten Qualitäten durch die Nervenröhren zu erklären, bedarf es keiner gewagten Hypothesen. Wenn wir sie uns am einfachsten als Wellenbewegung in der Nervensubstanz denken können, so wissen wir nicht, wie dieser Bewegung ein Moment beigesellt sein könnte, was der Seele die Richtung angäbe, in welcher die Reize auf die Enden der Nerven trafen. Damit diese Richtung dennoch wahrgenommen werden könne, giebt es nur zwei Möglichkeiten: entweder die Uebertragung der Eindrücke ins Bewusstsein geht schon in den Sinnesorganen selbst, in den Nervenenden vor sich, oder es muss ausser der directen Leitung durch die Sinnesnerven eine andere Hülfsseinrichtung getroffen sein, welche die einfache Wahrnehmung durch die sensiblen Nerven berichtigt und ihr die Qualität der Richtung des Reizes hinzufügt. Jene Annahme ist wohl deswegen zu verwerfen, weil alsdann die ganze Anordnung des Nervensystems in centrale und peripherische Theile keinen Sinn hätte. Bei der Betrachtung dieser Anordnung wird es uns zur Gewissheit, dass der Sitz aller psychischen Thätigkeiten im Gehirn ist, dem die sinnlichen Eindrücke zugeleitet werden, von dem die Impulse zu Bewegungen wieder ausgehen.

Sehen wir uns aber nach einem Hülfsapparat um, der die sensiblen Nerven in ihrer Function, die sinnlichen Reize zum Bewusstsein zu leiten, unterstützt und vervollkommenet, so finden wir ihn in den Muskeln, im ganzen Bewegungsapparat.

Das Muskelgefühl ist schon lange zur Erklärung in Anspruch genommen, wie gewisse Erregungen von Sinnesnerven corrigirt

würden, namentlich um zu erklären, dass wir die Dinge aufrecht sehen, während die Netzhautbilder doch verkehrt stehen. Andere haben aber dagegen eingewandt, dass wir von unseren Muskeln sowenig wie von unseren Nerven oder Eingeweiden durch unmittelbares Gefühl unterrichtet würden, sie haben also jedes Muskelgefühl und jede Wirkung, die man demselben zuschrieb, geleugnet. Andere wie Dr. A. Nagel*) in Bonn haben neuerdings nicht nur von einem Muskelgefühl, sondern auch von einem Stellungsbewusstsein in Bezug auf das ruhende Auge gesprochen, wodurch wir in jedem Augenblick von der Stellung des Auges gegenüber der Aussenwelt genau unterrichtet sein sollen.

Es ist nun freilich gewiss, dass wir von keinem Organ unseres Körpers, solange es sich in Ruhe befindet und gesund ist, etwas fühlen und durch das Gefühl über seine Lage und Form erfahren, wohl aber, wenn die Organe bewegt oder durch Krankheit erheblich verändert werden und schmerzen.

Um so deutlicher wird die Empfindung dieser Veränderungen, je directer, unmittelbarer die Nervenverbindung zwischen dem Organ und dem Centralorgan der Empfindung im Gehirn ist. Hierin sind aber vorzugsweise die Muskeln begünstigt, welche der willkürlichen Bewegung dienen. Jede Bewegung derselben, soweit sie nicht reine Reflexbewegung ist, kommt zuerst nur durch einen bewussten Willensact zu Stande, und erst vielfältige Uebung des Kindes und heranwachsenden Menschen bringt es dahin, dass die Bewegungen, welche anfangs Willensanstrengung und Aufmerksamkeit erforderten, endlich gewohnheitsmäßig ohne Willensanstrengung und fast ohne Bewusstsein ausgeführt werden.

Allein jeden Augenblick können wir unsere ganze bewusste Aufmerksamkeit diesen Bewegungen wieder folgen lassen, wir können sie empfinden, ohne dass wir die einzelnen Muskeln, deren Existenz wir nicht wissen, zu fühlen brauchten. Ja es ist die Empfindung dieser Bewegungen, auch wenn wir ihr nicht unsere ganze Aufmerksamkeit schenken, welche fortwährend die Grösse und Zweckmässigkeit der Bewegungen selbst regulirt. Wenn man also statt

*) Das Sehen mit zwei Augen etc. Von Dr. Albrecht Nagel, Privatdocent in Bonn. Leipzig u. Heidelberg, 1861.

Muskelgefühl den Ausdruck Bewegungsgefühl setzte, so könnte nicht mehr der Einwand gemacht werden, dass wir von unseren Muskeln nichts fühlen.

Untersuchen wir nun, ob das Bewegungsgefühl auch im Stande ist, die Reize, welche in den Sinnesnerven fortgeleitet werden, mit einer Qualität zu versehen, woraus die Seele die Richtung wahrnehmen kann, in welcher sie auf die Nervenenden trafen, so finden wir zunächst eine solche Anordnung aller Sinnesorgane, dass sie mit zahlreichen willkürlichen Muskeln in innigster Verbindung und Wechselbeziehung stehen. Zum Tasten benutzen wir die Fingerspitzen nicht allein, weil sie einen grossen Reichthum von Gefühlsnerven mit eigenthümlichen Endkolben besitzen, sondern weil auch die Finger vielgelenkig und leicht beweglich sind. Wenn wir uns durch den Tastsinn allein von der runden Gestalt einer Kugel überzeugen wollen, so bewegen wir die Finger von allen Seiten her gegen ihre Oberfläche, und indem unsere Finger eine Kugelfläche umschreiben, gewinnen wir eine Vorstellung von der umschriebenen Gestalt. Es ist das Sache der Uebung wie die Bewegung selbst, und es lernt nicht jeder mit gleicher Sicherheit aus dem Tastsinn Formen erkennen. Der Blinde aber, dem der leichteste und vorzüglichste Weg, um solche zu erkennen, verwehrt ist, bildet den Tastsinn zu einer aussergewöhnlichen Feinheit aus. Das wird schwerlich durch eine Vermehrung der Fingernerven geschehen und geschieht sicher nicht durch ein Feinerwerden der Haut. Denn diese wird im Gegentheil durch die häufige Reizung oft dicker wie bei anderen, besonders bei Klavierspielern. Auch ist mir nicht bekannt, dass Blinde ein lebhafteres Schmerzgefühl in den Fingerspitzen als Sehende besässen, dass also die Nerven empfindlicher gegen Reize geworden wären. Aber durch die gesteigerte Anstrengung, die Aufmerksamkeit auf die Bewegung der Finger zu richten, diese zu empfinden und dem Gedächtniss einzuprägen, durch den frequenteren Verkehr auf den Nervenbahnen zwischen Fingermuskeln und Bewusstsein, werden diese Bahnen selbst wegsamer, die durch sie vermittelte Bewegung bedarf immer weniger einer bewussten Anstrengung, sie geht schliesslich fast unbewusst von Statten und wird dadurch zur Fertigkeit. Doch bleibt der Weg

zum Bewusstsein immer offen, so dass sich jeder Zeit wieder die volle Aufmerksamkeit der Bewegung zuwenden kann. Diese Uebung ist es, die wir Ausbildung des Tastsinnes nennen. Allein der Blinde mit dem feinsten Tastsinn wird sich so wenig wie der Sehende einer Täuschung entziehen können, wenn wir die gewohnte Ordnung seiner Fingerbewegungen plötzlich verwirren. Im Gegentheil, je vollendet die Fertigkeit, je fester die Gewohnheit einer bestimmten Ordnung in den Bewegungen geworden ist, mit desto grösserer und entschiedenerer Gewalt zwingt sich der wahrnehmenden Seele die Täuschung auf, wenn diese Ordnung unterbrochen wird. Wenn wir dem Blinden eine Kugel mit zwei gekreuzten Fingern derselben Hand zu tasten geben, so wird er sie nicht richtig erkennen, sondern meinen, zwei Kugeln zu fühlen, bis er die Finger wieder in gewohnter Weise frei gegen die Kugel bewegt.

Niemals ist aber beim Tastsinn davon die Rede gewesen, dass der Eindruck einer Seite, die Vorstellung, welche durch die Bewegung einer Hand gewonnen ist, nicht verschmolzen werden könne mit der durch die andere Hand gewonnenen, d. h. nicht auf eine gemeinsame Ursache bezogen werden könne, wenn sie von ihr entspringen. Doch wäre eine solche Frage ganz in Uebereinstimmung mit jener, welche zur Lehre von der Identität der Netzhäute geführt hat. Schleiden*) drückt dies persiflirend so aus: „Warum fühle ich mich als Knabe nicht im Besitz von zwei Bällen, wenn ich meinen Ball mit beiden Händen umfasse?“ Doch giebt er keine eingehende Erklärung. Der Grund liegt aber einzig darin, dass wir nicht allein durch die Eindrücke der Gefühlsnerven percipiren, sondern auch vermittelst der Bewegungen, die uns über die Richtung der empfangenen Eindrücke aufklären. Wenn ich nicht durch den Gesichtssinn wahrnehme, dass es nur ein Ball ist, so bekomme ich nur durch die Bewegung, welche nöthig ist, diesen so gestalteten Körper von bestimmter Rundung und Grösse zu umfassen, die richtige Vorstellung. Würden aber bei verbundenen Augen meine Hände auf eine ganz ungewohnte Weise bewegt und

*) Zur Theorie des Erkennens durch den Gesichtssinn, von M. J. Schleiden, Dr. Leipzig, 1861.

in gekreuzter Haltung auf eine Kugel gelegt, so würde ich keineswegs sofort diese eine Kugel erkennen. Wenn ich aber längere Zeit mit beiden Händen eine Kugel gefasst halte, ohne zu sehen und ohne mich zu bewegen, so wird die Vorstellung von der Kugel sehr bald nicht mehr durch den Tastsinn erhalten werden können. Erst von dem Augenblick, wo ich die Hände zusammendrücke oder irgendwie bewege, wird der Eindruck wieder lebhaft, die Vorstellung der Kugeloberfläche wieder möglich.

Wenn also das Bewegungsgefühl von den Muskeln der Finger, der Hand und des Vorderarms zusammenwirken muss mit der Reizung der Gefühlsnerven, um uns durch den Tastsinn Vorstellungen zu verschaffen, so ist es unmöglich, dass die Leitung der Reize, welche die Vorstellung erzeugen, auf bestimmte Nerven beschränkt sei. Durch Uebung würde man ohne Zweifel im Stande sein, mit einer Hand und einem Fusse zusammen einen Körper zu betasten und seine Form zu erkennen. Auch die einzelne Nervenfaser, sie mag von Anfang bis zu Ende noch so isolirt verlaufen, führt dem Bewusstsein keine isolirten Eindrücke zu. Die Einrichtung der isolirten Leitung kann überhaupt nur den Sinn haben, dass die Erregung der Faser überhaupt sicher fortgepflanzt wird und nicht auf flüssige oder feste Theile der Nachbarschaft übergehen kann. Aber für die Wahrnehmung der Form und Zahl der Dinge ist die Zahl und der Verlauf der erregten Nervenfasern vollkommen gleichgültig. Nur für die Intensität der Empfindung mag die Zahl der getroffenen Fasern von Einfluss sein. Denn ob ich im Stande bin, den Eindruck zweier Zirkelspitzen getrennt oder verschmolzen aufzufassen, ist nur ein Unterschied in der Feinheit des Schmerzgefühls. Ich empfinde die beiden weitauseinanderstehenden Zirkelspitzen da einfach, wo sie mir überhaupt undeutlich erscheinen, ein sehr geringes Schmerzgefühl veranlassen. Je empfindlicher die Haut gegen Schmerz ist, je weher die Zirkelspitzen thun, desto entschiedener bemerke ich, dass ich zweimal gereizt werde. Wenn dieses aber durch die isolirte Leitung in den Provinzen einzelner Nervenfasern zu erklären wäre, so müssten in der unempfindlichen Rückenhaut zahlreiche Stellen zu finden sein, wo zwei benachbarte Provinzen sich berühren, und wo die Zirkelspitzen nahe bei ein-

ander in verschiedene Provinzen gesetzt, doch doppelt gefühlt würden. Wir können mithin weder einzelnen Fasern, noch Nervenstämmen, die ohnehin zahlreich zu anastomosiren pflegen, noch den Nerven einer Seite die Eigenschaft zuerkennen, isolirte Empfindungen oder Vorstellungen zu erregen. Dagegen müssen wir dem Bewegungsgefühl der willkürlichen Muskeln die Wirkung zuschreiben, dass es den Reizen der Gefühls- und Sinnesnerven, die in diesen lediglich nach Intensität und Häufigkeit verschieden geleitet werden, die Qualität einer Richtung von einem Ort der Aussenwelt her hinzufügt, und so erst die Seele befähigt, die Dinge nach ihrer Form und Grösse, ja nach ihrer Entfernung und gegenseitigen Lage zu beurtheilen. Letzteres wird sich noch deutlicher bei der Betrachtung des Sehens ergeben. Wenn wir aber von der Schärfe der Sinne reden, so haben wir zweierlei auseinander zu halten, die Empfindlichkeit der Gefühlsnerven und die Geschicklichkeit, die Sinnesorgane vermittelst Bewegungen zu gebrauchen. Jene Schärfe ist angeboren und kann auch beim Kinde und Kretinen gedacht werden. Sie beruht auf den anatomischen Verhältnissen der Nerven, diese Sinnesschärfe aber ist durch Uebung erworben und daher nach Beruf und Lebensweise bei verschiedenen Menschenklassen, Ständen, Völkern verschieden.

Nicht weniger deutlich tritt uns dasselbe Verhältniss bei den übrigen Sinnen entgegen. Ohr und Nase sind am Kopfe angebracht und durch ihn sehr beweglich. Die kleinen Muskeln der Nasenflügel und der Ohrmuschel dienen wenigstens bei uns wohl nur, um die Intensität der Eindrücke zu vermehren. Die Nasenlöcher erweitern sich, wenn wir intensiver riechen wollen, die Ohrmuskeln spannen die knorpelige Scheibe, die den Schall verstärkt. Aber die Drehung des Kopfes giebt uns Aufschluss über die Richtung der empfangenen Eindrücke. Schleiden *) behauptet zwar, dass die Anregungen des Geruchs- und Gehörorgans sich gar nicht auf eine Richtung im Raume bezögen. Aber an dieser Behauptung ist nur das zu bewundern, wie es möglich ist,

*) I. c. S. 57. Die Seele fragt bei Anregungen durch den Gehörsinn gar nicht nach dem Ort im Raum.

dass philosophische Abstractionen einen Naturforscher so sehr mit den einfachsten Erfahrungen des täglichen Lebens in Widerspruch bringen können. Man möchte fragen, ob Schleiden, da er doch Ball gespielt hat, niemals als Knabe einen Kameraden im Versteck aufgefunden hat nach der Richtung eines Tones oder Geräusches, das dieser erregte. Es ist doch ganz klar, dass diejenigen Schallwellen den Hörnerven am intensivsten erregen müssen, die ihn am direc-testen ohne Abschwächung treffen. Da aber die Schallwellen so gut eine Richtung besitzen wie die Lichtstrahlen, so wird man ein Ohr, mit dem man möglichst deutlich hören will, dieser Richtung mittelst Kopfdrehung entgegenhalten. Die Richtung des Schalles ist also in dem Augenblicke bestimmt, wo man denselben am deutlichsten hört. Wenn wir aber mit beiden Ohren etwas hören, was gerade vor oder hinter uns geschieht, so ist es kein Vortheil, irgend eine Drehbewegung des Kopfes zu machen, denn in demselben Maass, in welchem wir mit einem Ohr besser hören, würden die Eindrücke des anderen stumpfer werden. Doch bemerken wir in der Regel sehr schnell und sicher, wenn ein Ohr stärker erregt wird als das andere, und wissen dadurch, in welcher Richtung der Ton zu uns gelangte. Ja selbst wenn Schleiden es nicht kann, wie er sagt, so gehört doch keine grosse Kunst dazu, in einem rauschenden Symphonieconcert die Richtung anzugeben, aus welcher wenigstens die durchdringendsten Instrumente herschallen. Kann doch das geübte Ohr des Musikdirectors oft mit bewundernswür-diger Sicherheit die Violine bezeichnen, die einen falschen Ton gegeben hat. Aber hier treffen wir wieder auf die Thatsache, dass zur genauen Bestimmung der Richtung von Sinneseindrücken Uebung gehört, und zwar kann diese nur durch Bewegung und deren auf-merksame Beachtung erworben werden. Hierin übertreffen uns wilde Völkerschaften, nicht in der Feinheit der Hörnerven. Ihr ganzes Leben zwingt sie zur Ausbildung dieser Fertigkeit, um die Annäherung von Gefahren richtig zu erkennen, und weil eben nur willkürliche Bewegungen uns die Erkenntniss der Richtung von Schallwellen vermitteln, so ist es möglich, die verschiedensten Grade von Fertigkeit darin zu erlangen. Bei Thieren, deren lange Ohr-muscheln viel mehr wie beim Menschen bewegt und gedreht werden

können, sind es höchst wahrscheinlich auch diese Bewegungen, die sie die Richtung des Schalles erkennen lassen.

Ganz dasselbe Princip begegnet uns beim Geruch. Wenn wir nicht vermittelst unserer Kopf- und Körperbewegungen im Stande wären, die Richtung zu erkennen, in welcher ein übler Geruch auf uns eindringt, so wüsste ich nicht, wie wir ihm aus dem Wege gehen wollten. Das Wild hebt mit grösster Aufmerksamkeit die Nüstern dem Winde entgegen und wittert die Richtung des nahenden Jägers, bevor es ihn sieht. Genug, es hat keinen Sinn, zu sagen, dass sich Gehör und Geruch nicht auf Richtungen im Raume bezögen. Aber der Unterschied zwischen diesen beiden Sinnen und dem Auge liegt darin, dass wir es dort nicht mit Körpern von bestimmter Form zu thun haben, das wir nicht mittelst der riechenden Gase und der schwingenden Schallwellen auf die Gestalt des Körpers, von dem sie ausgehen, schliessen können, wie wir mit dem Auge vermittelst der Lichtwellen zu thun haben.

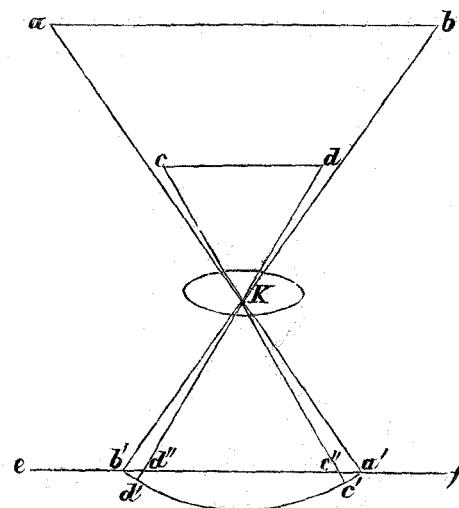
Die Zunge hat es wohl am wenigsten mit Richtungsbestimmungen zu thun. Ihre zahlreichen Muskeln dienen ja auch nur nebenbei dem Geschmackssinn, und diesem nur, insofern sie die Gefühlsnerven mit dem Reiz in häufige Berührung bringen. Doch mag es auch hier nicht überflüssig sein, zu bemerken, wie innig die Feinheit der Empfindungen der Zunge an ihre Bewegung geknüpft ist.

Durch diese Betrachtungen kam es mir darauf an, zu zeigen, dass es ein Widerspruch mit der Einrichtung aller übrigen Sinnesorgane wäre, wenn eine Congruenz der Netzhäute in dem Sinne der Lehre von den identischen Stellen bestände. Es veranlasst uns bei der Betrachtung der Sinnesorgane im Allgemeinen nicht eine einzige Thatsache zu einer solchen Annahme. Wenn wir nur, müssen wir a priori sagen, befähigt sind, die Richtung der empfargenen Lichteindrücke zu bestimmen, so werden wir, selbst wenn wir noch mehr als zwei Augen hätten, doch einen Gegenstand immer einfach sehen.

Für unsere Seele ist es ganz gleichgültig, dass die Gegenstände sich auf der Netzhaut als Bilder abbilden. Dies kommt ja nur daher, dass die Netzhaut sich als gewölbte Fläche ausbreitet.

Diese Form ist nur wegen der Raumersparniss sehr zweckmässig. Die lichtempfindenden Nervenenden werden dadurch in solcher Ausbreitung nebeneinander den Lichtstrahlen entgegengestellt, dass diese in derselben Ordnung nebeneinander, in welcher sie von den Dingen ausgingen, mit Hülfe des optischen Apparates die Nerven treffen müssen. Ob aber die getroffenen Punkte aller Fasern in einer ebenen oder krummen, oder in gar keiner Fläche näher oder ferner vom Centralorgan liegen, das ist für die Seele nach dem Gesetz der exzentrischen Empfindung gleichgültig. Denn nicht das Netzhautbild, sondern die Gegenstände nehmen wir wahr durch die Erregung unserer lichtempfindenden Nerven. Die Hohlkugelfläche der Netzhaut wäre auch die am wenigsten geeignete Form, wenn wir durch die Form und Verhältnisse des Netzhautbildes allein eine Vorstellung von der umgebenden Körperwelt erhalten sollten. Beistehende Figur wird dies sehr leicht versinnlichen.

Es sei cd ein kleineres Object als ab und vor demselben näher der Camera obscura gelegen, auf deren ebener hinterer



Wand, der geraden Linie ef , beide Gegenstände sich abbilden in $a'b'$ und $c''d''$. Nun erscheint, wie wir es auf jeder Photographie bemerken können, $c''d''$ im Verhältniss zu gross zu $a'b'$, z. B. wenn cd der Nase eines Gesichtes ab entspräche, denn das Bild von cd ist in $c''d''$ nicht in demselben Maasse verkleinert, wie das Bild $a'b'$ von ab . Würde nun statt der ebenen Fläche die hintere

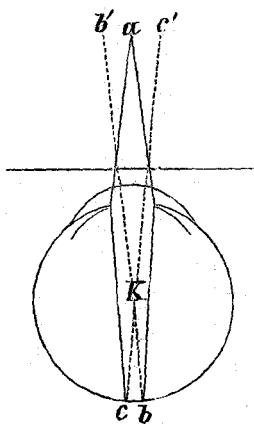
Wand der Camera obscura wie im Auge hohl gewölbt sein, so fiele das Bild von ab auf den Bogen $a'b'$, das Bild von cd auf den Bogen $c'd'$. Dann

würden die beiden überragenden Stücke $b'd''$ und $a'c''$ wenig von den Bogen $b'd'$ und $a'c'$ an Grösse verschieden sein; dagegen ist der Bogen $c'd'$ allemal entschieden grösser geworden als die Grade $c''d''$. Das Missverhältniss der beiden Bilder ist also auf der concaven Fläche noch bedeutender als auf der ebenen. Folglich eignen sich concave Wölbungen am schlechtesten zur Wiedergabe der perspectivischen Verhältnisse hintereinander liegender Körper. Umgekehrt würde man die möglichst richtigen Verhältnisse auf convex gewölbten Flächen wiederfinden. Ich weiss nicht, ob dies vielleicht den Photographen von Fach schon bekannt ist und sich praktisch verwerthen lässt.

Wir empfangen also durch den physikalischen Apparat des Auges eine Masse von Erregungen, die von den Objecten ausgehen und so geordnet sind, dass wir das Dasein der letzteren nach ihrem Umriss, nicht nach ihren perspectivischen Verhältnissen, wohl aber nach Lichtintensität und Farbe erkennen können. Um die perspectivischen Verhältnisse eines Gegenstandes, seine wirkliche Form, seinen Ort, seine Entfernung und Grösse im Verhältniss zu anderen erkennen zu können, dazu fehlt dieser Erregung des Sehnerven noch die Qualität, woraus die Richtung der Lichtstrahlen zum Bewusstsein gebracht werden könnte. Nun haben sehr Viele die Fähigkeit, diese Richtung wahrzunehmen, ohne viel Bedenken auch der Netzhaut selber beigelegt, obwohl kein anderer sensibler Nerv diese Eigenschaft besitzt, und es auch gar nicht denkbar ist, dass der im Sehnerven fortgeleitete Reiz durch sich allein die Vorstellung von der Richtung erregen sollte, welche die Lichtstrahlen hatten, ehe sie die Netzhaut trafen.

Im Scheiner'schen Versuch, den Schleiden auch zu diesem Zwecke anführt, ohne ihn jedoch ganz richtig zu erläutern, haben wir einen directen Beweis, dass weder in der Nervensubstanz, noch im optischen Apparat an und für sich die Bedingungen enthalten sind, um die Richtung der Lichtstrahlen zu erkennen. Wenn wir nämlich durch zwei feine Oeffnungen im Kartenblatt, die dichter an einanderstehen, als der Durchmesser unserer Pupille lang ist, eine Nadel diesseits unseres Nahepunktes betrachten, so sehen wir zwei Nadeln neben einander ungewöhnlich gross, doch weniger

hell als gewöhnlich. Verdecken wir nun das zur Rechten befindliche Loch, so verschwindet das links gelegene Nadelbild und umgekehrt. Die Nadelbilder befinden sich also in umgekehrter Ordnung wie die Löcher des Kartenblattes, eine Erscheinung, die uns zuerst wahrhaft überraschend vorkommt. Durch eine einfache Zeichnung lässt sich das sehr leicht klar machen, dass in diesem Falle die von der Nadel ausgehenden Strahlen durch das Kartenblatt verhindert sind, durch den Kreuzungspunkt der Richtungsstrahlen zu gehen, d. h. dass alle Richtungsstrahlen überhaupt nicht ins Auge gelangen, sondern dass von dem Strahlenkegel, der sonst in die Pupille dringen würde, jetzt nur zwei excentrisch gelegene Strahlenbüschel durch die Löcher hindurch gelassen werden. Diese bleiben im dioptrischen Apparate auf derselben Seite des Achsenstrahles, bis sie ihn schneiden, und können diese Lage, wenn der Achsenstrahl ausgeschlossen ist, auch nicht verändern. Wenn nun der gesehene Punkt diesseits des Nahpunktes liegt, so befinden sich die excentrisch gelegenen Strahlen, auf der Netzhaut angelangt, noch auf derselben Seite des Achsenstrahls wie vor dem Auge, und bilden einen Zerstreuungskreis. Wenn aber die Strahlen dieses Zerstreuungskreises bis auf zwei seitlich gelegene ausgeschlossen werden, so würden wir doch nie zwei Punkte sehen können, wenn wir von jedem Strahl seine Richtung unmittelbar wahrnahmen, denn beide getrennten Strahlen kommen nur von einem Punkte her. Wir



würden also auch nur eine Nadel sehen können. Allein wir sehen zwei und zwar in solcher Richtung, als wenn ihre Strahlen durch den Kreuzungspunkt der Richtungsstrahlen gegangen wären, als wenn die rechte Seite des Zerstreuungskreises dem links gelegenen Bilde und umgekehrt entspräche, was doch nach dem Verlauf der Strahlen nicht der Fall sein sollte. Erst wenn sämmtliche Strahlen sich im Brennpunkt des dioptrischen Systems durchschnitten haben, und wenn sie danach in Folge der Entfernung des Objects jenseits des Fern-

punktes einen Zerstreuungskreis auf der Retina bilden, würde dieser Zerstreuungskreis die umgekehrte Lage des vorerwähnten haben. Wir sehen durchs Kartenblatt wieder zwei Bilder, diesmal aber entspricht das rechts gelegene dem rechten Bogen, das links dem linken. Auch hier dürften wir, wenn wir eine genaue Kenntniss der Richtung jenes Strahles durch seine Berührung der Retina wahrnehmen, nur ein Bild sehen, da alle noch so künstlich getrennten Strahlenbüschel von einer Quelle herstammen; aber wir sehen wieder die beiden Bilder in solcher Richtung, als wären die Strahlen durch den Kreuzungspunkt der Richtungsstrahlen gegangen, was sie doch nachweislich nicht sind. Die Erscheinung der Doppelbilder in diesen Versuchen hat etwas so Bestimmtes und Zwingendes, wie Jeder leicht an sich selbst erfahren kann, dass an ein Heranziehen psychischer Momente zur Erklärung nicht gedacht werden kann. Es darf auch nicht gesagt werden, dass eine Gewohnheit der Netzhaut uns veran lasse, immer durch den Kreuzungspunkt der Richtungsstrahlen hindurch die Bilder zu projiciren. Denn von Gewohnheit kann nur da die Rede sein, wo eine willkürliche bewusste Thätigkeit durch häufige Uebung ohne unser Bewusstsein vor sich geht. Eine Gewohnheit kann daher auch immer durch eine bewusste Willensenergie wieder unterbrochen werden.

In diesem Falle haben wir es aber durchaus mit nichts Willkürliche zu thun, sondern müssen uns trotz besserer Einsicht die Erscheinung der Doppelbilder gefallen lassen. Wir haben kein Mittel, dieselben zu beseitigen. Schleiden nennt zwar die angeborene Eigenschaft der Seele, die gesehenen Punkte in den Raum hinein zu construiren, eine unbewusste und doch willkürliche Thätigkeit. Doch einen solchen Missbrauch unserer Begriffe dürfen wir uns nicht gefallen lassen. Willkürlich und unbewusst kann nie eine Thätigkeit sein, zu der uns die Fähigkeit angeboren ist; diese beiden Begriffe lassen sich nur da vereinigen, wo es sich um eine durch Uebung erworbene Fertigkeit handelt. Dagegen stellt Schleiden zur Erklärung der Doppelbilder beim Scheiner'schen Versuch eine werthvolle Hypothese auf *): „die zunächst und unmit-

*) l. c. S. 38.

telbar vom Licht getroffenen und für dasselbe empfindlichen Elemente sind die Zapfen. Nun scheint die Längsachse derselben immer dem optischen Mittelpunkte des Auges zugewendet zu sein. Gewiss aber ist es nicht geradezu unmöglich, dass die molekuläre Anordnung des sie erfüllenden Stoffes eine derartige sei, dass, von welcher Seite ihn auch die Lichtwellen treffen mögen, derselbe doch immer nur in der Richtung der Längsachse in Schwingung gerathen könne.“ Diese Annahme scheint mir nicht nur möglich, sondern nothwendig, wenn wir uns überhaupt die Erregung der Nervensubstanz als mechanischen Vorgang denken wollen.

Wir projiciren also alle Lichteindrücke mit Nothwendigkeit durch den Kreuzungspunkt der Richtungsstrahlen, oder vielmehr wir fassen die Richtung aller Strahlen so auf, als wären sie durch diesen Punkt gegangen, was sie ja auch unter gewöhnlichen Verhältnissen immer thun. Damit haben wir allerdings eine Einrichtung im physikalischen Apparat des Auges kennen gelernt, welcher der Richtungsbestimmung von Lichtstrahlen zu dienen scheint. Allein um nun eine Lichtquelle im Raume richtig finden zu können, müssen wir doch vollkommen genau von der Stellung der Retina und der Lage des Kreuzungspunktes der Richtungsstrahlen unterrichtet sein. Um uns aber diese Gewissheit zu verschaffen, dienen die äusseren willkürlichen Augenmuskeln, welche im Interesse des deutlichsten Sehens das Auge so stellen, dass der empfindlichste Theil der Netzhaut, ihr Centrum gerade mit dem Kreuzungspunkt der Richtungsstrahlen und dem Object in einer Linie liegt, dass es demselben gerade gegenübergestellt ist und die von ihm ausgehenden Strahlen empfängt. So treffen wir wieder auf den Hülfsapparat aller Sinnesorgane, die Muskeln, und die Empfindung ihrer Bewegungen. Wenn man aber sagt, dass dies Muskelgefühl im Stande sei, unsere verkehrt stehenden Netzhautbilder umzudrehen, so muss man dabei nicht vergessen, dass wir ohne Muskelgefühl die Bilder auch nicht verkehrt sehen würden, da wir überhaupt die Netzhautbilder nicht sehen, sondern die Objecte durch die Erregung unserer Nervenfasern. Diese werden aber in der Netzhaut in derselben Ordnung nebeneinander erregt, in welcher die Lichtstrahlen durch die Pupille dringen; den Begriff oben, unten, rechts

und links erhalten wir dazu zuerst durch die Bewegungen der Augenmuskeln.

Das Auge ist mit einem so feinen und leichtbeweglichen Muskelapparat ausgestattet, wie kein anderes Sinnesorgan. Drei selbstständige motorische Hirnnerven verbinden sich mit dem Sympathicus, um die Bewegungsimpulse zu geben und stehen mit dem Sehnerven und dem Trigeminus in innigster reflectorischer Beziehung. Dadurch ist das Auge zu ganz besonders sicheren und bei grosser Mannigfaltigkeit präzisen Bewegungen befähigt. Die Akkommodationsbewegungen stehen nicht in so directer Beziehung zum Gehirn und sind nicht so unmittelbar dem Willen unterworfen, wie die äusseren Augenmuskeln. Sie werden durch glatte Muskelfasern verrichtet, deren Nerven zunächst aus dem Ganglion ciliare entspringen, einem Vereinigungspunkt sensibler, motorischer und sympathischer Nervenelemente und zugleich einer Hemmung der directen Verbindung zwischen dem Gehirn und Akkommodationsapparat. Die Akkommodation folgt zwangsläufig dem Verlangen deutlich zu sehen, der Anstrengung unserer Aufmerksamkeit. Sie ist nicht eine blosse Reflexbewegung von der Reizung des Netzhautzentrums, denn wir können sie durch Anstrengung unserer Aufmerksamkeit von der Sehachsenrichtung unabhängig machen; aber sie folgt, ohne dass wir es fühlen, doch unmittelbar, nur nicht so schnell wie die Bewegungen der äusseren Augenmuskeln, dem Verlangen, möglichst klar, d. h. ohne Zerstreuungskreise zu sehen. Die Ciliarnerven führen uns aber nur dann ihre Eregungen zum Bewusstsein, wenn sie krankhaft gereizt werden. Im normalen Zustande fühlen wir von ihnen nichts, höchstens wenn wir die Akkommodation von der Fixation willkürlich trennen, so veranlasst dies ein unbestimmtes, unbehagliches Gefühl in den Augen, das sich mit Nebigwerden bei häufiger Wiederholung verbinden kann. Aber nur durch die Beobachtung anderer, nicht unserer eigenen Augen haben wir gelernt, dass beim normalen gewohnheitsmässigen Gebrauch der Augen sich ein gewisses Verhältniss zwischen inneren und äusseren Augenmuskeln zeigt, dass nämlich die zunehmende Convergenz der Sehachsen mit zunehmender Akkommodation für die Nähe sich verbindet, während bei parallelen

Sehachsen der Akkommodationsruhepunkt eintritt. Dies ist indessen ein durchaus zufälliges Nebeneinandergehen beider Bewegungen, hervorgerufen durch den leicht begreiflichen Umstand, dass wir unsere Sehachsen um so convergenter stellen müssen, je näher das betrachtete Object rückt. Dies constante Verhältniss beider Bewegungen zu unterbrechen macht uns indessen keine Mühe, wenn wir seitlich gelegene Objecte betrachten wollen, nur ein unbehagliches Gefühl erzeugt diese Trennung. Dies ist auch schon von Vielen beobachtet worden, dass aber Aufmerksamkeit und Akkommodation untrennbar verbunden sind, hat meines Wissens noch Niemand behauptet, doch kann sich derjenige leicht davon überzeugen, der zahlreiche Schielversuche mit seinen eigenen Augen macht. Man kann die Doppelbilder beim Schielen zwar nie so scharf sehen, als wenn sie auf die Macula lutea fielen, allein doch immer in ihren einzelnen Theilen so genau und frei von Zerstreuungskreisen, wie nie ein Ding, was ausserhalb unserer Akkommodationsbreite liegt. An Kerzenflammen kann man besonders deutlich das Vorhandensein oder die Abwesenheit von Zerstreuungskreisen beobachten. Die Akkommodation ist also eine Bewegung, die nicht durch freien Willen, sondern durch physische Nothwendigkeit hervorgerufen wird, um sich der Entfernung des Objectes anzupassen, auf welches sich unsere Aufmerksamkeit richtet. Sie dient allein der physikalischen Optik, indem sie die Lichtstrahlen auf der Netzhaut concentrirt. Ueber die Entfernung der gesehenen Dinge kann sie aber keinen Anhalt für unser Bewusstsein geben, weil wir ihr Geschehen direct gar nicht empfinden. Denn dass wir kein unangenehmes Gefühl im Auge haben, so lange Sehachsenstellung und Akkommodation harmoniren, kann doch kein Empfinden der Akkommodation genannt werden. Schleiden sagt ganz richtig, dass die Akkommodation eher im Stande wäre, unser Urtheil über die Entfernung irre zu führen, indem sie den Nachtheil zunehmender Entfernung in Bezug auf die Deutlichkeit des Bildes ausgleicht. Aus diesen Gründen sind alle Theorien, die der Akkommodation einen directen Einfluss auf die Orientirung im Raum zuschreiben, zu verwerfen.

Von den äusseren willkürlichen Augenmuskeln aber lässt sich

zeigen, dass ihre Bewegung es ist, welche dem im Sehnerven erregten und fortgeleiteten Lichtreiz die Qualität einer Richtung hinzufügt, durch welche allein es der Seele möglich wird, den Ort der Dinge, ihre Entfernung und relative Grösse zu erkennen.

Die anatomische Beschaffenheit unserer Netzhaut ist so, dass es einen Punkt in der Mitte giebt, welcher die feinste Empfindlichkeit gegen Lichtreiz besitzt. Von diesem Punkte aus nimmt nach allen Seiten der Peripherie hin die Empfindlichkeit der Retina continuirlich ab. Der Centralpunkt aber ist vielleicht nicht grösser als der Durchschnitt eines Zapsens am Boden der Fovea centralis. Wir können z. B. beim Betrachten eines mikroskopischen Bildes sehr wohl mannigfache Bewegungen gewahr werden, welche unser Auge ausführt, um die Einzelheiten des Bildes alle zu mustern. Wir sehen nicht zugleich alle Theile des mikroskopischen Sehfeldes mit gleicher Deutlichkeit, sondern genau genommen nur einen Punkt in demselben ganz scharf, können aber sehr schnell alle Punkte der Reihe nach ins Auge fassen, indem wir die äusseren Augenmuskeln wirken lassen. Es lässt sich darthun, dass wir complicirte Bilder, wie die Bergmann'schen Gitterzeichnungen *), die kleiner als der Boden der Fovea centralis auf der Retina sich abbilden, doch nicht gleichzeitig in allen Theilen gleich scharf sehen, sondern deutlich wahrnehmbare, wenn auch äusserst kleine Bewegungen mit den Augen machen, um einen Punkt derselben nach dem anderen zu fixiren. Nur der eine Punkt, in welchem beide Sehachsen sich schneiden, reizt in beiden Augen den empfindlichsten Theil der Retina und wird mit der möglichst grossen Schärfe und Genauigkeit wahrgenommen. Die Augenmuskeln lernen daher eine unvergleichliche Exactheit ihrer Bewegungen, indem sie das Auge so zu stellen haben, dass der empfindlichste Punkt der Netzhaut in beiden Augen den Achsenstrahl des Punktes empfängt, dem unsere Aufmerksamkeit zugewandt ist. Damit ist jedoch nicht gesagt, dass unsere Aufmerksamkeit immer nur einem einzigen Punkte zugewandt sein könne. Sie kann sich auch sehr gut auf diejenigen Theile des Objectes richten, die den unempfindlicheren

*) Zeitschrift für rat. Med. 3 R. II. S. 83.

Netzhautstellen gegenüberliegen und so sind wir sehr wohl befähigt, ganze Linien, Flächen und Körper mit einem Blick zu betrachten, in einem Act der Aufmerksamkeit zusammenzufassen.

Man kann sich sehr gut die Grösse des Unterschiedes in der Empfindlichkeit der Netzhaut an einem Beispiel klar machen. Von einer Druckschrift von 3 Linien Höhe (Nr. 14 der Jäger'schen Proben) bin ich nicht im Stande, neben dem Worte „die“ noch einen Buchstaben der nächststehenden Worte zu erkennen, ohne eine Augenbewegung zu machen. Es beginnt also schon nahe an der Fovea centralis eine so unempfindliche Netzhautpartie, dass mit derselben nicht mehr Nr. 14 der Jäger'schen Proben in 8 Zoll Entfernung gelesen werden kann; höchstens die Längenunterschiede einiger Buchstaben und die Punkte über dem i werden noch wahrgenommen. Es hat dies gewiss seinen anatomischen Grund in der Anordnung der Netzhauptelemente, höchst wahrscheinlich in der allmäßigen Verminderung der Zahl der Zapfen vom Centrum nach der Peripherie hin.

Es ist daher nothwendig, dass derjenige, der sehen lernt, wie das Kind oder der operirte Blindgeborene, die Augenachsen successive auf allen einzelnen Punkten der Gegenstände, welche er kennen lernen will, sich schneiden lässt. So lernt er das Ding in allen Theilen kennen, lernt es mit anderen vergleichen und seine relative Grösse und Entfernung schätzen. Ist das Ding dann bekannt, so genügt ein einziger Blick, um es wiederzuerkennen, weil die Erinnerung der ungentigenden Schärfe der peripherischen Theile zu Hülfe kommt. Wie der Trieb zum Erkennen durch den Gesichtssinn wächst, sehen wir die Bewegungen des Auges exakter, seine Stellungen fester werden. Das schärfste Sehen geschieht unter Anstrengung sämmtlicher äusseren Augenmuskeln, die beide Sehachsen unverrückbar fest auf einen Punkt gerichtet halten. Die Verschiedenheit aber der Bewegungsgrösse, welche nöthig ist, um einen Gegenstand von einem Ende zum anderen scharf ins Auge zu fassen, ist das Maass, welches uns die ersten Grössenunterschiede giebt.

Diese Bewegung der Augenmuskeln, die vollkommen willkürlich, aber unter der Anleitung der anatomischen Ordnung der Netz-

haulemente geschieht, wird nun so häufig geübt, wie wir die Augen brauchen, daher es kein Wunder ist, dass wir ganz die Art und Weise vergessen, wie wir anfangs uns die Fertigkeit angeeignet haben. Dennoch bieten sich dem aufmerksamen Beobachter oft genug Gelegenheiten, um diese Methode des Lernens unter Anleitung der Natur zu studiren. Wie ein Kind der nächsten Umgebung gegenüber, so verhält sich der Bewohner der Ebene gegenüber den Alpen, die er zum ersten Male sieht. Es ist ihm ganz unmöglich, durch das erste Anschauen eine richtige Vorstellung von der Höhe der Berge zu gewinnen, und hat er vorher schon niedere Gebirge kennen gelernt, so wird er den dort geübten Maassstab auf die Alpen übertragen, auf die er doch durchaus nicht passt. Der richtige Maassstab wird erst gewonnen durch eine genaue Würdigung aller einzelnen Theile zwischen Fuss und Spitze der Berge. In den Gebirgen reicht dazu das blosse Auge, wegen der Entfernungen, die in Betracht kommen, nicht aus; ein Teleskop berichtigt schon um ein Bedeutendes unser Urtheil über die Höhen. Allein der möglichst richtige Maasstab wird nur gewonnen durch das wiederholte Besteigen der grösseren Höhen selbst, weil wir nur so eine richtige Vorstellung von der Mannigfaltigkeit der einzelnen Theile bekommen, die sich unserem Auge aus grosser Ferne in ausserordentlicher Verkürzung darbieten. Daher kann man so oft von Reisenden, besonders von Damen, welche die Schweiz besuchten, hören, dass sie durch die Grösse der Berge gar nicht überrascht worden seien, dass sie ihnen gar nicht höher als andere Gebirge vorgekommen wären. Ihr Urtheil würde anders lauten, wenn sie sie nur öfter bestiegen hätten und nicht auf den bequemen Strassen der Thäler geblieben wären. In diesem Falle ist es erlaubt zu sagen, dass nicht nur die Bewegung unserer Augenmuskeln, sondern die des ganzen Körpers dazu beiträgt, durch das Mittelglied der Erinnerung hindurch unsere durch's Auge gewonnenen Vorstellungen zu modifiziren. Denn der Eindruck ist, nachdem wir uns einen richtigen Maassstab für die Beurtheilung der Entfernungen angeeignet, ein ganz anderer als vorher. Der erste Eindruck ist ganz wie der eines Gebirgsgemäldes, d. h. eines Bildes, in welchem uns die Grösse der gesehenen Gegenstände

unbekannt ist. Nur in das Gemälde können wir uns mit voller Lebendigkeit hineinfühlen, dessen Gegenstände uns aus dem Leben der Grösse nach bekannt sind. Ganz gewiss ist aber der Unterschied zwischen einem Gemälde und dem Blick in die Wirklichkeit nicht der, wie Nagel*) meint, dass wir die Gegenstände auf dem Gemälde nicht körperlich sehen wie in der Natur, sondern auf einer ebenen Fläche nebeneinander. Von dem Augenblick an, wo wir der Fläche des Gemäldes unsere Aufmerksamkeit zuwenden, hört dies auf, für uns ein Gemälde zu sein, es wird zu einem principiösen Farbengewirre wie bei dem operirten Blindgeborenen Cheseiden's. Wir sehen ein Gemälde deswegen mit einem Auge durch eine Röhre hindurch am lebhaftesten körperlich, weil es auf diese Weise am vollkommensten von seiner Umgebung isolirt wird und für Alles, was wir also in dem Augenblick sehen, uns nur der eine im Gemälde enthaltene Maassstab nöthig ist. Ein Tubus mit zwei Röhren, durch den wir doppeläugig sehen, thut vollkommen dieselben Dienste. Wir haben ohne Tubus stets eine gewisse angestrengte Abstraction von den Umgebungen des Gemäldes nöthig, da die peripherischen Gesichtseindrücke keineswegs so sehr vernachlässigt werden, wie man gewöhnlich sagt. Auf diesen Punkt müssen wir später noch zurückkommen. Vom Gemälde möchte ich nur noch nachdrücklich hervorheben, dass es um so vollendet ist, je mehr es uns zwingt, seine Gegenstände körperlich zu sehen, je mehr wir über dem perspectivischen Eindruck die bemalte Fläche vergessen müssen. Man vergleiche nur gute mit schlechten Bildern, man vergleiche ein Heiligen- oder Madonnenbild alter italienischer Meister mit den Leistungen moderner Maler, selbst unserer berühmtesten Historienmaler, und es wird oft nicht schwer sein, den Vorzug der alten Meister, die uns förmlich zwingen, ihr Werk plastisch zu sehen, vor den neueren zu erkennen. Bilder in Umrissen, die perspectivisch richtig gezeichnet sind, können wir selbst ohne Schattirung und Farbe körperlich sehen, freilich hat hier die lebhafte schöpferische Einbildungskraft des Künstlers einen Vorrang vor dem ungeübten Auge. Daraus

*) I. c.

folgt eben nur, dass das Körperlichsehen eine complicirtere Sache ist, als die Schätzung der Grösse und Entferungen.

Wenn Nagel, wie es scheint, sich auch mit pathologischer Ophthalmologie beschäftigt hat, so hätte ihm eine Thatsache aus derselben, die Excavation des Sehnerven genügen müssen, um seine ganze Theorie, dass man nur mit zwei Augen körperlich sehen, d. h. Tiefendimensionen erkennen könne, umzustossen. Nach ihm soll der Einäugige nur dadurch noch körperliche Eindrücke bekommen und sich richtig orientiren können, dass er seine Gesichtseindrücke durch die Erinnerungen aus der Zeit, wo er noch mit beiden Augen sah, berichtigt. Ein von früher Kindheit oder von Geburt an Einäugiger dürfte danach niemals die dritte Dimension von Körpern kennen lernen, denn er müsste alle gesehenen Punkte auf seine sogen. Projectionssphäre versetzen, d. h. eine Kugelfläche, deren Centrum der Kreuzungspunkt der Richtungsstrahlen, und deren Entfernung von diesem durch den Akkommodationszustand bestimmt wäre. Nur dadurch, dass jedem Auge eine besondere Projectionssphäre zukommt, welche sich je nach dem verschiedenen Akkommodationszustand in verschiedenen krummen Linien schneidet, sollen wir befähigt sein, körperlich zu sehen. In der That eine Theorie, bei deren Anwendung man auf beständige Schwierigkeiten stösst, die in ihren Consequenzen gar nicht auszudenken ist. So vollkommen ich Nagel in seinen tüchtigen Angriffen auf die Identitätstheorie beistimme, so unmöglich ist es mir, ihm da zu folgen, wo er in einem Labyrinth mathematischer Irrgänge zu lustwandeln scheint.

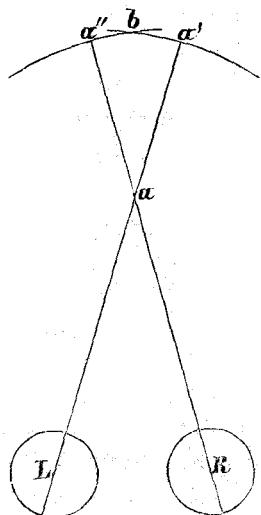
Die erste Hauptstütze entlebte er von der Unsicherheit unseres Urheils über Tiefendimensionen, wenn wir ein Auge verschliessen. Hierbei ist Übersehen, dass diese Unsicherheit nur bei dem auffallend hervortritt, der sonst gewohnt ist, mit beiden Augen zu sehen. Wenn wir unser ganzes Leben uns geübt haben, mit zwei Augen zu sehen, d. h. die Dinge in zwei Richtungen aufzufassen, und die Muskeln beider Augen gemeinsam in dieser Thätigkeit haben wirken lassen, wie kann es uns da noch wundern, dass wir beim plötzlichen Verschluss eines Auges, wodurch mit einem Mal ein kleiner Theil sämmtlicher perspectivisch gesehener Objecte weg-

fällt, wenn da das eine Auge unsicher ist? Es erfordert natürlich ebenso viele, wo nicht noch längere Uebung im Muskelgebrauch, wenn wir mit einem Auge uns richtig orientiren wollen, als es vorher mit beiden gekostet hat. Ein leidenschaftlicher Jäger, dem ich wegen eines Unfalles ein Auge exstirpiert hatte, sagte mir etwa 8 Wochen später, dass er nun jeden Morgen vor Beginn der Jagd zwei Stunden im Freien auf und niedergehen müsse, bevor er sich, namentlich im Walde zwischen den Baumstämmen sicher orientiren könne. Zwei Jahre nach einem ähnlichen Unfall hörte ich einen Anderen versichern, dass er das verlorene Auge keinen Augenblick mehr entbehre.

Ferner ist aus den oben erläuterten Gründen der Akkommodationszustand gar nicht im Stande, uns über Entfernung zu lehren, also auch nicht über die Entfernung einer etwa vorhandenen

Projectionssphäre. Beistehendes ist die Figur, die Nagel unter Fig. 7 abbildet. Die beiden grossen in b sich schneidenden Kreise sollen die Projectionssphären der beiden Augen L und R andeuten, weil der Punkt b von beiden fixirt und die Akkommodation auf ihn eingerichtet ist. Der Punkt a, für welchen also beide Augen nach aussen schielen, soll nun in a' und a'' doppelt erscheinen, weil angeblich alle gesehenen Dinge auf jene Sphären projicirt werden. Doch soll dies Doppelzehen nur unter gewissen ungünstigen Bedingungen eintreten. Diese ungünstigen Bedingungen, die, wie sich aus dem Späteren ergiebt, in einem Irrthum im Stellungsbewusstsein unserer Augen

liegen sollen, treten aber in der That nur dann ein, wenn wir b fixiren und für a akkommodiren, indem wir unsere Aufmerksamkeit auf a richten, während die Sehachsen auf b eingestellt bleiben. Dann erscheinen allerdings Doppelbilder von a ungefähr in der Entfernung, für die unsere Akkommodation eingerichtet ist, d.h.



in der Entfernung von a. Diese Entfernung ist aber keineswegs genau zu schätzen, denn wenn man ein farbiges Glas zwischen a und b schiebt, die am besten durch zwei Kerzenflammen repräsentirt werden, so scheinen die Bilder in der Ebene des Glases zu liegen und können mit ihm vor- und rückwärts geschoben werden, ohne ihre Entfernung von einander zu verändern. Der Beweis, dass die Akkommodation wirklich auf a gerichtet ist, wird leicht erhalten, wenn man Kerzenflammen, für die man akkommodirt ist, mit solchen ausserhalb der Akkommodationsbreite vergleicht. Sobald wir für b wieder unsere Aufmerksamkeit und Akkommodation einrichten, sind die Doppelbilder von a verschwunden und nichts veranlasst uns ferner, dort zwei statt einer Flamme zu vermuthen.

Eine weitere Hauptstütze entlehnt Nagel aus den stereoskopischen Erscheinungen. Wenn zwei Linien stereoskopisch verschmolzen werden, von denen die eine leicht schief gegen die andere gestellt ist, so scheint die verschmolzene sich aus der Ebene des Papiers mit einem Ende zu erheben. Dies erklärt Nagel wieder mit Hülfe seiner Projectionssphären, dass das gemeinsame Bild nämlich auf der Durchschnittsline derselben entstände, und diese Erklärung hält er sogar für eine sehr einfache, obwohl sie überflüssiger Weise, nachdem die grösste Schwierigkeit mit der Identitätstheorie beseitigt war, wieder neue Hindernisse für die klare Einsicht in den Zusammenhang erhebt.

Die Erklärung der stereoskopischen Erscheinungen hatte überhaupt nur so lange Schwierigkeiten, als das Dogma von der Congruenz der Netzhäute unangetastet war; entschliesst man sich einmal, dies gründlich über Bord zu werfen, so ist die Erklärung ausserordentlich leicht. Man sieht die Bilder eben im Stereoskop gerade so, wie man mit beiden Augen Dinge nach allen Dimensionen perspektivisch auffasst.

Wheatstone hat schon gezeigt, dass wir die Tiefendimension nahe gelegener Gegenstände mit Hülfe der verschiedenen Ansicht auffassten, welche jedes Auge von dem Bilde erhielt. Er hielt die Sache nur wegen der Identitätstheorie noch für schwer begreiflich. Da uns aber gar nichts mehr veranlasst, diese fest-

zuhalten, so dürfen wir es für sehr einfach und leicht begreiflich halten, dass wir diejenigen Dinge, die nahe genug sind, um jedem Auge eine verschiedene Profilansicht zu geben, eben durch die Verschiedenheit dieser Ansichten in ihren Tiefendimensionen beurtheilen lernen. Folgendes ist ein ebenso lehrreicher wie einfacher Versuch: Man halte einen kurzen Stab, dessen Enden man zwischen zwei Finger nehmen kann, gerade vor das linke Auge in etwa 5—6 Zoll Entfernung, und neige ihn in sagittaler Richtung gegen die wagerechte Ebene. Je grösser der Neigungswinkel, desto schiefer wird seine Profilansicht für das rechte Auge, wenn man sie auf eine beliebige senkrechte Fläche dahinter projicirt, während er für das linke Auge immer senkrecht weder links noch rechts abweichend erscheint. Gleichwohl sehe ich ihn niemals doppelt, wohl aber bin ich gezwungen, seine Neigung gegen die Wагe-rechte sehr entschieden wahrzunehmen, auch wenn er ganz beschattet und ungünstig beleuchtet ist, so dass seine übrigen körperlichen Eigenschaften, seine Rundung u. s. w. wenig hervortreten. Dies geschieht ohne unmittelbare Beihilfe der Muskelbewegungen, durch welche Brücke das stereoskopische Sehen erklären wollte, bei unveränderter Stellung der Augen, und kann als Fundamentalversuch für alle stereoskopischen Erscheinungen gelten.

Dass hier die beiden Netzhautbilder völlig incongruent sind, ist wohl von selber klar. Abgesehen davon, dass das linke in den senkrechten Meridian fällt, das rechte aber denselben successive in den verschiedensten Winkeln schneidet, so ist letzteres auch noch kleiner als das linke, weil die Entfernung des Stabes vom rechten Auge grösser ist. Die Lage und Form der verschiedenen Netzhautbilder nun auszurechnen und dann wieder complicirte Constructionen bei der sogenannten Projection der Netzhautbilder in den Raum auszuführen, unterlasse ich mit gutem Gewissen, weil es nicht nur nichts nützen, sondern nur Irrthum stiften kann. Die Erklärung ist aber die, dass wir unsere Netzhautbilder eben nicht projiciren und nichts von ihnen wissen. Aber dadurch, dass wir die empfindlichsten Theile der Netzhaut den vom Stabe kommenden Strahlen gegenübergestellt haben, müssen wir ihn dort suchen, wo beide Sehachsen sich schneiden, denn auf diese Weise

haben wir die Richtungsbestimmung von Lichtstrahlen gelernt. Unsere Aufmerksamkeit ist dabei nicht auf einen Punkt, sondern auf einen Körper von einiger Grösse gerichtet; deswegen handelt es sich auch nicht um den Centralpunkt der Retina, sondern um dessen nähere Umgebung, so weit sie vom Bilde bedeckt wird. Wenn ich nur einen Punkt des Stabes genau betrachtete, so würde man einwenden können, dass ich die Doppelbilder der übrigen Punkte vernachlässigte, weil meine Aufmerksamkeit von ihnen abgezogen sei. Umgekehrt aber, wenn ich einen Punkt nur am Stabe scharf fixire und beachte dann die übrigen Theile, so zerfallen diese bald in Doppelbilder. Man wird fragen: wenn die Akkommodation der Aufmerksamkeit gezwungen folgt, und letztere sich nicht einem Punkte, sondern einem grösseren Körper mit Tiefendimensionen zuwendet, für welche Distanz ist dann die Akkommodation eingerichtet? Darauf ist die Antwort, dass eine ganz genaue Einstellung der Akkommodation nur für das Betrachten eines Punktes mit dem Netzhautzentrum notwendig ist; für das Sehen mit peripherischen Netzhauttheilen giebt es keine vollkommen scharfe Akkommodation, weil sie die Wahrnehmung wegen der Unempfindlichkeit der Nervenelemente nicht schärfer machen würde. Deswegen ist hier eine annähernd richtige Akkommodation genug, und die ist bei Gegenständen, die nicht grösser sind wie etwa ein Bleistift, noch für das eine Ende vorhanden, wenn die scharfe Akkommodation für das andere eingerichtet ist.

Nun fragt es sich aber weiter, woher wir so sicher und genau die geneigte Lage des Stabes erkennen, selbst dann, wenn wir nicht einmal die Rundung seiner Oberfläche wegen schlechter Beleuchtung gewahren. Der Grund davon ist eben die bedeutende Ungleicheit — nicht der Netzhautbilder — sondern der Profilansichten des Stabes, die jedes Auge erhält. Denn nur durch die geneigte Lage werden sie so ungleich. Das eine Auge sieht ihn schief, das andere gerade; das ist nur unter der Bedingung möglich, dass der Stab eine geneigte Lage hat. Das eine Auge sieht die Neigung des Stabes gegen die wagerechte Ebene und der Eindruck des anderen Auges in seiner geraden Haltung ist nicht unvereinbar mit einer Neigung in sagittaler Richtung, wie uns die

Erfahrung vielfach bestätigt. Es wird daher die Ansicht des einen Auges durch die des anderen berichtigt und wir werden durch die Combination beider Ansichten zu einer Vorstellung klar über die Lage des Stabes, die wir mit einem Auge nie so sicher hätten erkennen können. Wären alle gesehenen Dinge auf einer dem Angesicht parallelen Fläche, so würden beide Augen niemals ungleiche Ansichten von ihnen bekommen, wie von einem Gemälde. Da wir aber in einer Körperwelt leben und ebene Flächen sich uns nur ausnahmsweise parallel unserer Gesichtsfläche aufstellen, so bekommen wir von Jugend auf aus unserer nächsten Umgebung oftwährend ungleiche Profilansichten für beide Augen, und lernen uns dadurch von Tiefendimensionen unterrichten, da uns glücklicherweise als Kindern noch nichts von einer Identität der Netzhäute bekannt wird.

Ein bedeutender Unterschied beider Bilder findet indessen natürlich nur beim Sehen in geringer Entfernung statt. Je grösser die Entfernung vom Gesicht, desto unbedeutender muss der Unterschied beider Profilansichten werden, weil der Abstand beider Augen von einander im Verhältniss zu grösseren Entfernungen verschwindend klein wird. Daher reicht dieses Hülfsmittel nicht für den ganzen Gesichtskreis aus, um die Tiefendimensionen zu erkennen. Es ist aber auch nicht das einzige Mittel, welches uns für diesen Zweck zu Gebote steht. Wir haben noch andere Merkmale, die für beide Augen ganz gleichmässig auf dieselbe Weise zu gebrauchen sind. Das sind einmal die durch die Beleuchtung, durch die Abstufung von Schatten und Licht gegebenen Hülfsmittel, und zweitens die Grundsätze der Perspective für das gemeinsame grössere Bild beider Augen, was zu weite Dimensionen umfasst, um von jedem Auge verschieden gesehen zu werden. Diese letztere Methode, körperliche Vorstellungen mit Tiefendimensionen zu erhalten, erfordert noch grössere Uebung und Erfahrung, als die erstere, die wir von frühster Kindheit üben. In ihr bringt es der Künstler am weitesten, der häufig Gemälde, Zeichnungen und plastische Darstellungen zu beurtheilen hat.

Für jene einfachste Methode des Körperlichsehens, die durch die ungleichen Bilder für jedes Auge erworben wird, bedürfen wir

eigentlich keiner weiteren Uebung und Fertigkeit, als der, die empfindlichsten Theile der Retina dem Object gegenüber zu stellen, was das Kind zu allererst schon lernen muss. Diese Stellung giebt uns die Richtung des gesehenen Objectes für beide Augen an, und da nun beide Sehrichtungen sich schneiden, so muss die gemeinsame Ursache für beide Bilder auf dem Durchschnittspunkte liegen. Es drängt sich nun die Wahrnehmung der Tiefe uns mit Nothwendigkeit mit viel grösserer Gewalt auf, als da, wo wir sie aus jenen anderen Merkmalen zu abstrahiren haben.

Die Erscheinung im Stereoskop ist nun von selber klar. Wir sehen nicht wegen der anatomischen Anordnung der Netzhautelemente, nicht weil wir uns täuschen über das Stellungsbewusstsein beider Augen, die beiden Bilder verschmolzen, sondern weil auf jedes eine Sehachse gerichtet ist und jedes Auge eine besondere perspectivische Ansicht erhält, gerade so wie es sie erhalten würde, wenn sich nur ein Bild in der Mitte befände, was in die Tiefe hineingebildet wäre. Von unseren ruhenden Augen fühlen wir die Muskeln und die Stellung nicht, sondern nur da kann von einem Muskelgefühl, das unsere Eindrücke berichtigt, die Rede sein, wo wir die Muskeln bewegen. Beim freien Gebrauch der Augen wird die Grösse der Bewegung controlirt durch die Masse der Gesichtsobjecte, welche wir nach einander überblicken. Die Richtung unserer Sehachsen wissen wir aber nur daraus, dass wir die Macula lutea dem Object gerade gegenüber gestellt haben, dies empfinden wir durch die Deutlichkeit der Bilder; aber von der Convergenz oder Divergenz unserer Sehachsen erfahren wir durch das Muskel- oder Bewegungsgefühl gar nichts. So fühlen wir auch im stereoskopischen Sehen ganz gut die Bewegung unserer Augen, wenn sich die Sehachsen parallel stellen, wir empfinden es als leicht unangenehmes fremdartiges Gefühl, dass die Akkommodation nicht im gewohnten Verhältniss zur Convergenz der Sehachsen sich einstellt. Aber da in der Richtung jeder Sehachse sich ein Bild befindet, was so genau zum anderen passt, wie die ungleichen Profilansichten, die jedes Auge von einem in der Mitte befindlichen einfachen Bilde bekommen würde, so wird die Bewegung der Augenachsen nicht wie beim freien Sehen an den Objecten controlirt;

wir haben sie wohl empfunden, aber die Wirkung ist eine andere als gewöhnlich, und da jede Bewegung der Augen nur im Interesse des Deutlichsehens vollführt wird, so ist dies auch hier entscheidend für die Wirkung und lässt uns von dem Bewegungsgefühl absehen. So hat denn das Körperlichsehen im Stereoskop auch etwas Zwingendes für die Wahrnehmung, wie alles Körperlichsehen, was durch die Ungleichheit der Profilansichten beider Augen erzeugt wird. Wenn wir die beiden Bilder überhaupt als eins auffassen, so können wir uns dem körperlichen Eindruck durchaus nicht entziehen. Völlig gleiche Bilder lassen sich auch sehr gut vereinigen, wenn man die Sehachsen auf sie richtet, aber der stereoskopische Effect bleibt dabei aus und es ist einerlei, ob man sie mit divergenten oder gekreuzten Sehachsen fixirt. Ist zufällig unter zwei zum stereoskopischen Sehen bestimmten Bildern eine Verwechslung vorgefallen, das dem rechten Auge entsprechende linkerseits aufgeklebt und umgekehrt, so vereinigen wir sie auch, aber der stereoskopische Effect bleibt aus, es entsteht überhaupt kein reines Bild mit scharfen Umrissen.

Der Unterschied zwischen dem Sehen im Stereoskop und dem gewöhnlichen Sehen ist, nachdem wir im Dienst des Deutlichsehens von der Bewegung unserer Augenmuskel abstrahirt haben, nur noch der, dass wir die Tiefendimension jedes Bildes nach der Specialperspective jedes Auges ermessen, was wir beim freien Sehen nur für nahegelegene Körper gewohnt sind. Daher kann man nicht sagen, dass grössere Gruppendarstellungen im Stereoskop viel natürlicher erscheinen, als wenn sie einfach auf ein Bild gemalt wären. Man hat eigentlich nur das Vergnügen davon, Gegenstände, die auf die Fläche gezeichnet sind, plötzlich wie ausgeschnittene Marionetten hintereinander zu sehen. Die einzelnen Figuren bleiben dabei oft wegen ihrer schwachen Schattirung Papiergestalten ähnlicher als lebendigen. Denn grössere Gruppen beurtheilen wir im Leben nicht mehr nach dem ungleichen Eindruck jedes Auges, sondern nach dem gemeinsamen perspectivischen Verhalten für beide Augen.

Nagel kommt dann auch auf die Doppelbilder, die durch das Vorlegen eines Prisma vor ein Auge hervorgerufen werden, und

hier wird er durch seine Projectionstheorie zu einer ganz falschen Darstellung der Thatsachen verführt. Er legt ein Prisma mit der Basis nach aussen vor das rechte Auge, und sieht zunächst gekreuzte Doppelbilder. Diese werden durch ein Abweichen der Sehachse des rechten Auges nach innen verschmolzen; darauf entfernt er das Prisma und sieht zunächst wieder gekreuzte Doppelbilder, bis sich die Sehachsen wieder richtig einstellen. Letzteres ist unmöglich; man sieht nach Entfernung des Prisma gleichnamige Doppelbilder entsprechend dem convergirenden Schielen, was unter dem Prisma eingetreten ist. Wem dies schwer zu beobachten wird, der ziehe das Prisma nicht schnell, sondern sehr langsam wieder vor dem Auge fort. Dann tritt ein Moment ein, wo das rechte Auge zwei Bilder empfängt, weil neben dem Prisma noch directe Strahlen vom Object in die Pupille gelangen. Man wird nun sehr leicht bemerken, dass dies zweite Bild des rechten Auges, dessen Strahlen nicht vom Prisma aus ihrer Richtung abgelenkt werden, rechts vom Bilde des linken Auges liegt. Noch leichter ist dies zu beobachten, wenn man ein Prisma mit der Basis nach innen vorlegt, und die nun entstehenden gleichnamigen Doppelbilder durch divergirendes Schielen vereinigt. Wenn das Prisma dann entfernt wird, erscheinen gekreuzte Doppelbilder, die sich nicht so schnell wieder vereinigen als die gleichnamigen und daher mit mehr Musse beobachtet werden können. Hält man noch ein blaues Glas vor ein Auge, so vereinigen sich die gekreuzten verschiedenfarbigen Doppelbilder überhaupt nicht so leicht unwillkürlich, sondern nur durch eine Willensanstrengung. Alle Doppelbilder aber sind ruhiger und dauernder zu beobachten, wenn man mit beiden Augen durch ein dunkelblaues Glas sieht, und Kerzenflammen zu Objecten wählt, wahrscheinlich weil dadurch die Eindrücke so fremdartig und vom Gewöhnlichen abweichend werden und auch das blaue Licht für die Retina angenehm ist.

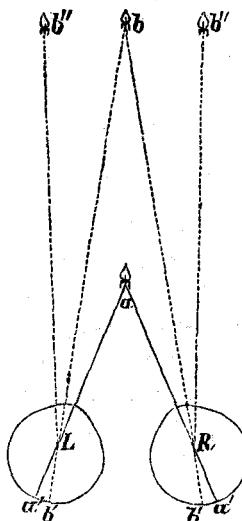
Dass also die Theorie, wonach wir unsere Netzhautbilder durch den Kreuzungspunkt der Richtungsstrahlen auf gewisse Sphären projizieren, nicht richtig sein kann, erweist sich an diesen Prisma-Versuchen, wo sie etwas fordert, was in Wirklichkeit nicht stattfindet. Auch kann für die Erscheinung dieser Doppelbilder keine

Erklärung aus der Erinnerung und Erfahrung, oder aus irgend welchen complicirten psychischen Vorgängen genommen werden, denn die Erscheinung ist an sich so nothwendig und zwingt sich uns wieder mit derselben Bestimmtheit auf, wie das stereoskopische Sehen, so dass wir nur ganz einfache Erklärungen zulassen können.

Die Identitätslehre giebt freilich eine so einfache Erklärung und stimmt auch mit dem Doppelsehen bei Schielenden und nach Schieloperationen so sehr überein, dass v. Gräfe in der Lehre vom Schielen eine glänzende Bestätigung jener zu finden glaubt. Es fragt sich indessen, ob sich nicht eine andere Theorie finden lässt, welche durch die Beobachtungen bei Schielenden noch glänzender bestätigt wird. Von Gräfe und Alfred Gräfe haben schon eine Reihe von Thatsachen gesammelt, die mit der Identitätslehre bisher noch gar nicht zu vereinigen waren und noch immer einer richtigen Erklärung entbehren. Einen Theil dieser ungewöhnlichen Beobachtungen suchte v. Gräfe bekanntlich dadurch zu erklären, dass er ausnahmsweise eine Incongruenz der Netzhäute statuirte, die entweder durch veraltetes Schielen erworben oder angeboren sein sollte. Doch reichte diese Erklärung nicht für alle Fälle aus, denn es kam bisweilen bei Operirten vor, dass die sogenannte Projection der Doppelbilder, ihre seitliche Distanz sich erheblich änderte, ohne dass die Stellung der Sebachsen eine entsprechend andere geworden wäre. Sämmtliche Fälle betreffen ein sehr veraltetes Schielen, wo nicht mehr die abgestumpfte Fovea centralis, sondern peripherische Netzhauttheile als die empfindlichsten den Objecten gegenüber gestellt wurden, und wo die sogen. Projection der Netzhautbilder so geschah, als entspräche dieser peripherische Netzhauptpunkt, der gewöhnlich den Objecten gegenüber stand, oder ein anderer zwischen ihm und der Macula lutea gelegener dem Netzhautzentrum der anderen Seite als identischer Stelle. Schleiden gedenkt auch dieser Fälle und hilft sich dadurch, dass er zwar keine anatomisch begründete, aber eine gewohnheitsmässige Identität der Netzhäute statuirt, so dass wir mit den Netzhautstellen, die gewöhnlich gleiche Bilder bekommen, einfach sehen lernen, und dadurch, dass diese Gewohnheit der Netzhäute unterbrochen

wird, doppelt sehen. Dies setzte nun eine Gewohnheit im Gebiet des physikalisch nothwendigen Geschehens voraus, während unserer Ansicht nach nur da von Gewohnheit die Rede sein kann, wo eine willkürliche psychisch erregte Thätigkeit durch häufige Wiederholung unwillkürlich wird. Es ist beinahe so, als wenn ich sagen wollte: ich empfinde zwei verschiedene Schmerzeindrücke nicht deshalb, weil ich an zwei verschiedenen Stellen gestossen werde, sondern weil ich bisher gewohnt war, nur einmal gestossen zu werden und diese Gewohnheit unterbrochen wird; freilich spricht ja auch Schleiden von einer unbewussten willkürlichen Seelenthätigkeit des Construirens und Projicirens von Netzhauterregungen in den Raum hinein, was ich schon oben beleuchten musste.

Die einzige einfache Erklärung für alle Erscheinungen von Doppelbildern ist aber nur mit den Prinzipien, die wir bisher auseinandergesetzt haben, zu liefern. Folgendes kann als Fundamentalversuch gelten: Ich stelle zwei brennende Kerzen a und b gerade hinter einander vor mich auf den Tisch, und fixire mit beiden



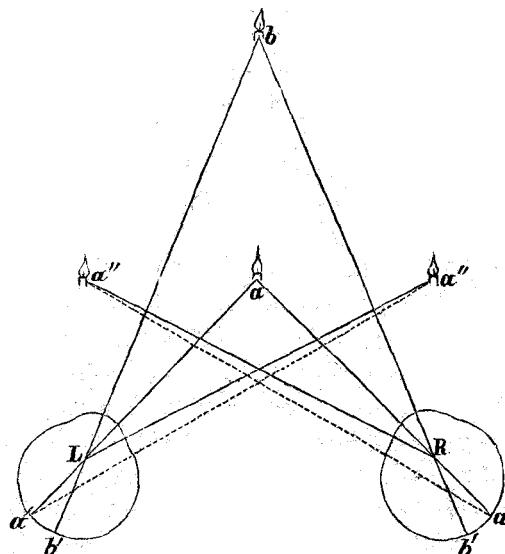
Augen a, so wird sich zunächst noch keine auffallende Erscheinung ergeben. So lange die Aufmerksamkeit bei a verweilt, Fixation und Akkommodation in Harmonie sind, veranlasst mich nichts, irgendwo Doppelbilder zu sehen, und etwa bei b zwei Flammen statt einer zu vermuthen. Die Richtung der Strahlen von a, die in meine beiden Augen fallen, erkenne ich richtig, weil ich die beiden Punkte des deutlichsten Sehens ihnen gegenüber gestellt habe; nirgends in Stellung oder Bewegung findet sich ein Grund zur Täuschung über diese Richtung. Aber nun wende ich die Aufmerksamkeit, ohne die Sehachsenstellung zu ändern, auf b, und alsbald erscheint mir dasselbe doppelt

in gleichnamigen Doppelbildern rechts und links von seinem wirklichen Ort. Der Grund liegt darin, dass ich die Richtung der von b in beide Augen dringenden Strahlen nach den gewohnten Prin-

cipien des Sehens beurtheile. Ich bin gewohnt, dem aufmerksam betrachteten Object, die Stellen des deutlichsten Sehens gegenüber zu stellen und alle Objecte, deren Strahlen dann seitlich von dieser Richtung abweichend in mein Auge fallen, müssen mir natürlich seitlich liegend erscheinen, wie sie es wirklich sind. Weitere Merkmale über die Strahlenrichtung bekommt das Auge nicht; ist es unsicher, so schafft eine Bewegung der Muskeln, welche die Maculae luteae wieder dem Dinge gegenüberstellt, die gewünschte Sicherheit. In unserem Falle wird aber die Macula lutea durch einen Willensact entgegen dem Interesse des Deutlichsehens a gegenüber gehalten, während wir b zu erkennen suchen. So wirft denn b seine Strahlen in beide Augen in einer Richtung, die von der Sehachse um den Winkel $a L b$ und $a R b$ abweicht, und um denselben Winkel scheint jetzt b für jedes Auge von seiner wahren Richtung seitlich abgelenkt. Eine Projection durch den Kreuzungspunkt der Richtungsstrahlen findet also in diesem Falle so wenig wie überhaupt jemals statt, denn diese müsste immer auf den richtigen Ort b zurückführen.

Fixiren wir nun b und richten die Aufmerksamkeit auf a, so

erscheint dies in gekreuzten Doppelbildern aus ganz denselben Gründen, und wir haben das einfachste Beispiel für Doppelsehen bei divergirendem Schielen. Die Figur giebt die einfachste Erläuterung. Winkel $a L b$ ist gleich Winkel $a L a''$ und Winkel $b R a$ gleich $a R a''$. Von a' nach a'' sind gerade Linien ge-



zogen, um zu zeigen, dass die gerade Verbindung zwischen dem Netzhautbild a' und dem Doppelbild a'' nicht durch den Kreuzungspunkt der Richtungsstrahlen geht, mithin von einer Projection der Netzhautbilder durch denselben nicht die Rede sein kann.

Derselbe Irrthum über die Richtung der vom Object ausgehenden Strahlen bewirkt beim Vorlegen eines Prisma vor ein Auge die Doppelbilder, weil das Prisma eben die Richtung ablenkt, und diese Täuschung beseitigen wir durch die Gegenüberstellung der Macula lutea gegen diese Richtung. Ist das Prisma entfernt, so befindet sich das unter ihm abgewichene Auge zunächst in demselben Falle, in welchem sich bei unseren Versuchen beide befanden. Schiesst nur die eine Sehachse am Objecte vorbei, so ist nur das diesem Auge zukommende Bild seitlich verschoben.

Was diese Erklärung indessen für die einfachsten Fälle bei normalen Augen und die Mehrzahl der Schielenden leistet, ist nichts, was nicht die Identitätslehre ziemlich ebenso leistete, und hätten wir keine andere Einwendungen gegen sie zu machen, so würde sie durch diese Thatsachen noch nicht widerlegt. Aber nun kann man mit Hülfe des Prisma selbst bei normalen Augen Bedingungen herbeiführen, die der Identität doch ganz widersprechen. Hat man nämlich vor das rechte Auge ein Prisma mit der Basis nach innen gelegt und die entstandenen gleichnamigen Doppelbilder durch divergirendes Schielen beseitigt, und entfernt nun wieder das Prisma, so richtet sich die Sehachse des rechten schiegenden Auges — wenigstens in vielen Fällen — nicht so schnell wieder gerade auf das Object ein, als die nun entstandenen gekreuzten Doppelbilder verschwinden. Während noch das rechte Auge nach aussen vom Licht vorbeischiesst, sieht der Beobachter doch nur noch eine Flamme. Ich würde dies nicht anzuführen wagen, wenn ich nicht durch genaue Beobachtung der Spiegelbilder auf der Cornea und Linsenkapsel bei Anderen mich davon überzeugt hätte. Dies ist aus der Identitätslehre nicht mehr zu erklären, denn diese darf wenigstens in gesunden Augen keine Ausnahme erleiden. Aber die Richtungsbestimmung der Lichtstrahlen ist, wie wir gesehen haben, durch Uebung der Muskeln nach Anleitung der Netzhautempfindlichkeit erworben und ein Auge kann wieder, wenn das Deutlich-

sehen es wünschenswerth macht, auf die Ausübung dieser Fertigkeit verzichten. Schielen wir mit einem Auge, so ruft dies zuerst eine Störung in der Gewohnheit hervor, die Richtung der Lichtstrahlen mit dem Bild jedes Auges zugleich mit aufzufassen; das Doppelsehen entsteht, weil alle Objecte für das schielende Auge um einen Winkel seitlich verschoben erscheinen, der gleich dem Schielwinkel ist. Aber um deutlich zu sehen, abstrahiren wir davon, mit dem Bild des schielenden Auges seine Richtung mit aufzufassen, um so leichter, je gewisser wir die Ueberzeugung haben, nur ein einziges bekanntes Object vor uns zu sehen. Wir können eben deswegen von dieser Auffassung der Richtung der Lichtstrahlen abstrahiren, weil die Fähigkeit dazu keine angeborene Eigenschaft der Retina, sondern eine gelernte, durch die Muskeln vermittelte Gewohnheit ist. Es überlässt dann das schielende Auge die Richtungsbestimmung dem anderen richtig eingestellten, ohne aber die Netzhautfunction zu unterdrücken, wie es nach der Identitätstheorie bei der Lehre vom Schielen bisher angenommen wurde. Damit ist der Schlüssel gefunden für alle Erscheinungen von Doppelbildern, für welche man bisher eine Incongruenz der Netzhäute statuiren, oder die man noch völlig unerklärt lassen zu müssen glaubte. Doch ist es nicht meine Absicht, an diesem Ort auf die wichtigen Consequenzen einzugehen, welche sich aus den entwickelten Grundsätzen für die Symptomatologie und namentlich die Aetiologie des Schielen ergeben. Es werden dort so bedeutende, auch für die Praxis wichtige Umgestaltungen hervorgerufen, dass ich ihnen nur in einer weiteren ausführlichen Arbeit gerecht werden kann.

Hier habe ich nur noch die neue Arbeit von Hering*) „vom Ortssinn der Netzhaut“ zu berücksichtigen. Hering setzt nämlich ohne Voruntersuchung voraus, dass die Netzhaut für sich im Stande sei, die Lichtrichtung zu percipiren. Von dieser Voraussetzung und der Identitätstheorie ausgehend, berechnet er auf rein mathematischem Wege den Ort der Doppelbilder. Nur der mit beiden Augen fixirte Punkt, die sogenannte Kernstelle des Sehraumes und eine senkrechte, durch ihn gezogene Linie ist danach der Horopter,

*) Beiträge zur Physiologie. 1. Heft. Leipzig, 1861.

d. h. der Ort, an welchem einfach gesehen wird, während alle anderen Stellen im Raum Doppelbilder liefern sollen. Der Grund, weshalb sie nicht beachtet worden, ist, dass die Aufmerksamkeit allein der Kernstelle zugewandt sein soll. Für das stereoskopische Sehen statuirt er aber eine stereoskopische Verschmelzung ungleicher, aber ähnlicher Netzhautbilder, die deswegen um so leichter vor sich gehen soll, weil die Bilder grösserer Gegenstände immer zum grossen Theil peripherische Netzhautprovinzen treffen und überhaupt nicht deutlich percipirt werden. Es ist, wie ich aus der gewissenhaften Berechnung Hering's entnehme, nicht zweifelhaft, dass seine Resultate über den Ort der Doppelbilder die Consequenz der Identitätslehre sein mussten, allein weil diese falsch ist, so sind auch jene nicht zu verwerthen und entsprechen auch nicht der Erfahrung. Wenn man wie Hering einen Punkt scharf fixirt und sodann die Aufmerksamkeit auf seitlich gelegene Objecte richtet, so kann man diese wohl alle ziemlich an denselben Stellen sehen, die Hering ihnen nach seiner Construction anweist, d. h. auf den Durchschnittspunkten gewisser Kreise, die sich aus seinen Voraussetzungen ergeben; allein wir sehen die Doppelbilder keineswegs an ganz genau bestimmten Punkten. Ueber ihre Entfernung vom Auge haben wir gar kein oder ein sehr unvollkommenes Urtheil, und nur die seitliche Abweichung von der wahren Richtung ihrer Lichtstrahlen kommt uns bestimmt zur Wahrnehmung. Sämmliche Punkte, die auf einer und derselben Linie hinter einander, auf der verlängerten Sehachse eines Auges liegen, erleiden dieselbe Verschiebung, wenn dies Auge anfängt zu schielen, d. h. das lineare Maass ihrer seitlichen Verschiebung ist nicht gleich, aber der Winkel, in welchem die Richtung der Trugbilder nach dem Auge von der ursprünglichen Richtung abweicht, ist für alle derselbe, nämlich gleich dem Winkel, in welchem die Sehachse des schielenden Auges an dem beobachteten Objecte vorbeischiesst. Wiederholen wir den oben erwähnten Versuch mit zwei Kerzenflammen hintereinander, so kann man diese beide durch ein blaues Glas betrachten, das man noch innerhalb der deutlichen Schweite vor seine Augen hält. Nun ist es nicht schwer auszufinden, welcher Theil des Glases auf der Richtung zwischen der entfernteren Flamme

b und einem Auge liegt. Den Ort, wo die in dies eine Auge dringenden Strahlen das Glas passiren, beklebe man mit einem kleinen Stückchen Papier, nicht so gross wie das Bild der Flamme, so dass die Flamme b, das Papiermerkzeichen und ein Auge in derselben Richtung liegen. Richtet man darauf die Sehachsen auf die nähere Flamme a, so erscheint in dem Augenblick, wo man Aufmerksamkeit und Akkommodation wieder nach b zurückwendet, letzteres in gleichnamigen Doppelbildern. Das Stückchen Papier auf dem Glase deckt aber nach wie vor, wenn man keine Kopfbewegung gemacht hat und das Glas feststand, das seitlich abgewichene Bild der Flamme b für das eine Auge. Es gehört nicht viel Uebung dazu, um für beide Augen gleichzeitig dasselbe Experiment zu machen. Es geht daraus unwiderleglich hervor, dass das Bild des Papierstückchens genau um denselben Winkel zur Seite verschoben ist, wie das Flammenbild. Da wir die Entfernung eines Objectes aber nur, wenn wir seine Grösse und perspectivische Stellung im Vergleich mit anderen beurtheilen können, hauptsächlich auch mittelst beider Augen gemeinsam schätzen können, so dürfen wir uns wohl kein scharfes Urtheil über die Entfernung dieser Trug- und Doppelbilder erlauben.

Es ist ferner gewiss nicht wahr, dass wir alle seitlich gelegenen Dinge für gewöhnlich doppelt sehen, und es nur aus Mangel an Aufmerksamkeit nicht bemerken. Wir können unsere Aufmerksamkeit recht gut vielen Punkten und Flächen zugleich zuwenden, wenn wir darauf verzichten, sie zugleich mit der Schärfe des deutlichsten Sehens aufzufassen; aber wir müssten beim Blick in grosse Weiten, beim Orientiren im Umkreis, wo wir doch sicher nicht nur einen Punkt betrachten, nach der Identitätslehre unzweifelhaft zahllose Doppelbilder gewahren. Leuchtende Dinge erregen bekanntlich in so starkem Grade unsere Netzhaut, dass sie unsere Aufmerksamkeit leicht auf sich ziehen, wenn dieselbe vorher anderen Dingen zugewandt war. Nun wird aber eine einzige seitlich stehende Kerzenflamme uns nie sogleich den Verdacht erregen, dass es zwei wären. Wir müssten sonst, wenn sie uns anfänglich als Doppelbild erschienen wäre, jedesmal überrascht sein, diese Doppelbilder in eins verschmelzen zu sehen, sobald wir unsere Aufmerksamkeit

und Fixation auf sie richten. Und so stumpf sind unsere peripherischen Netzhauttheile doch wahrlich nicht, dass wir nicht mehr zwei Flammen von einer durch dieselben unterscheiden könnten. In einem Saal, in welchem viele Lichter brennen, werden wir niemals, wenn unsere Aufmerksamkeit ungezwungen über das Ganze schweift, die Zahl der seitlichen Lichter verdoppelt annehmen. Erst wenn wir durch eine gewisse Anstrengung, Aufmerksamkeit und Fixation von einander trennen, eine Flamme fixiren und die andere betrachten, von dem Moment an, der sich den Augen auch durch ein unangenehmes fremdes Gefühl kund giebt, zerfallen die seitlichen Flammen in Doppelbilder.

Das Sehen mit peripherischen Netzhauttheilen ist überhaupt viel wichtiger, wird viel öfter geübt, als es mit der Identitätstheorie verträglich wäre. Wir bedürfen desselben bei jeder grösseren Körperbewegung. Wie beklagenswerth sind nicht die Patienten mit pigmentirter Netzhaut, deren Gesichtsfeld von allen Seiten eingeschränkt wird, weil die Netzhaut von der Peripherie nach dem Centrum hin allmälig ihre Funktion verliert. Sie stossen gegen jeden Stein im Wege und können keinen Graben vermeiden. Gesunde Augen aber machen es uns möglich, allen diesen Hindernissen auszuweichen, ohne dass wir sie zu fixiren brauchen, und ohne dass sie uns durch Verdoppelung erschreckten. Wenn man aber die Identitätstheorie mit einem stereoskopischen Verschmelzen incongruenter Netzhautbilder vereinigen will, so wird sie genau genommen zu einem Gesetz, das jedesmal, wenn es angewendet werden soll, eine Ausnahme erleidet.

Ich habe mit diesen Zeilen zu zeigen versucht, dass man in der Erklärung des Sehactes unterscheiden muss zwischen dem rein sensitiven Vorgang in der Netzhaut, der an sich nichts Willkürliches hat, sondern durch die anatomischen und physikalischen Verhältnisse bedingt wird, und derjenigen Thätigkeit, welche wir durch die äusseren Augenmuskeln im Dienste des Deutlichsehens verrichten lernen, und welche allein die Lichtempfindung der Netzhaut mit solchen Eigenschaften versieht, dass unsere Seele zu Vorstellungen gelangen kann, welche der Körperwelt entsprechen. Ohne diese Unterscheidung scheint mir jede genügende Erklärung

des Sehactes überhaupt unmöglich. Durch dieselbe wird aber auch die Annahme einer Identität der Netzhäute im Sinne der Schule vollkommen überflüssig; diese Annahme, weit entfernt, irgend etwas zur Erläuterung des Sehens mit beiden Augen beizutragen, im Widerspruch mit vielen physiologischen und pathologischen That-sachen, erscheint nur noch als ein Irrthum, der der richtigen Einsicht in den Zusammenhang an unendlich vielen Orten hindernd im Wege steht.

II.

Die Aerzte und das Medicinalwesen der Schweiz im Mittelalter.

Von Dr. Meyer-Ahrens in Zürich.

(Schluss aus Bd. XXIV. S. 502.)

Bis jetzt haben wir nur von denjenigen Aerzten — Klerikern und Laien — gesprochen, welche als Doctoren oder auch bloss als Meister (Empiriker) unabhängig ihre Kunst ausübten. Wenden wir uns nun zu jenem Theile der ärztlichen Laien (Nichtkleriker), die zu Innungen verbunden, unter bestimmten Vereins-, Gesellschafts-, Innungs-, Zunftgesetzen, oder wie man ihre Statuten immer heissen mag, einen Theil der empirischen Heilkunst ausübten, den Schärern und Badern.

Nach dem ersten geschworenen Brief der Stadt Zürich (vom Jahre 1336) bildeten ursprünglich die Schärer und Bader zu Zürich mit den Schmieden, Schwertfegern, Kannengiessern, Glockengiessern, Klempnern und Sarwürkeln ¹⁾), zu denen später (nach dem VII. Brief) noch die Kupferschmiede, Schlosser, Büchsenschmiede, Sporer,

¹⁾ Eine Art Kultschmiede, welche, wie die Plattner oder Plattenschläger Theile der Rüstungen fertigten (Bayerisches Wörterbuch. Von J. Andreas Schmeller. Dritter Theil. Stuttgart und Tübingen, 1836. S. 278).