

Über BRÜCKES Theorie des körperlichen Sehens.

Von

Dr. C. DU BOIS-REYMOND.

(Habitationsrede, gelesen vor der med. Fakultät der Berl. Universität
am 3. März 1891.)

Wenn auch das Stereoskop zu den verbreitetsten optischen Apparaten zählt und eine ganze Flut von Streitschriften veranlaßt hat, kann man doch nicht behaupten, daß seine Erklärung in befriedigender Weise abgeschlossen ist. Es ist eine Eigenheit dieses Werkzeugs, daß es, anscheinend überaus einfach und verständlich, unmittelbar an die letzten Fragen der Sinnesphysiologie führt, wenn man die Wirkung sich begreiflich zu machen sucht. Aber schon die äußeren Bedingungen, unter welchen es gelingt, flache Bilder körperlich zu erblicken, sind nicht hinreichend erforscht.

Aus dem gewaltigen Umfang der vom Stereoskop handelnden Schriften muß ich mich beschränken, einige auszuheben, welche eine einzelne, heut noch unentschiedene Frage zu beantworten suchen. Es ist streitig geblieben, ob Augenbewegungen die Erkenntnis der Tiefendimension ergeben, oder nicht. Die Ansichten der Forscher sind geteilt, weil die vorliegenden Versuchswege zur Entscheidung nicht genügten, und die Besprechung hat, wesentlich aus diesem Grunde, lange Zeit hindurch geruht. WHEATSTONE selbst legte den Grund für diese Erörterungen in der sehr eingehenden Abhandlung über sein Stereoskop. In dieser schönen Arbeit, welcher wohl manche Nachfolger nicht ganz die gebührende Anerkennung gezollt haben, finden wir schon alle die wichtigsten Erscheinungen des stereoskopischen Sehens beschrieben. Durch eine große Reihe von Versuchen, deren viele später eine gewisse Berühmtheit erlangt haben, suchte der Erfinder sich die Wirkung zu erklären.

Es ist nicht zu verwundern, daß er den Doppelbildern zu geringe Beachtung schenkte. Er lehrte und erforschte grade die Vereinigung der Bilder, er war noch nicht durch Gegner auf die Nebenerscheinungen aufmerksam gemacht, und er besaß, wie man aus seinen Tafeln erkennen kann, eine ungewöhnlich hohe Fähigkeit, sehr ungleiche Bilder zu vereinigen.

Eine viel wiederholte Stelle, welche seinen Standpunkt kennzeichnet, habe ich wortgetreu übersetzt:

„Ich habe genügende Beweise dafür geliefert, daß Objekte, deren Bilder nicht auf korrespondierende Netzhautpunkte fallen, dennoch einfach erscheinen können. Ich will jetzt einen Versuch anführen, der beweist, daß ähnliche Bilder, auf korrespondierende Netzhautpunkte fallend, doppelt und an verschiedenem Orte erscheinen können. Man biete im Stereoskop dem rechten Auge eine senkrechte und dem linken eine um einige Grad vom Lote ab geneigte Linie dar, so wird der Beobachter, wie oben dargethan wurde, eine Linie erblicken, deren Enden in ungleicher Entfernung vom Auge erscheinen. Man zeichne auf das linke Bild senkrecht eine schwache Linie, welche in Länge und Richtung genau mit der dem rechten Auge gebotenen übereinstimmt, und lasse die beiden Linien dieses linken Bildes sich in ihren Mittelpunkten schneiden. Betrachtet man nun diese beiden Bilder im Stereoskop, so fallen die zwei starken Linien, jede mit einem Auge gesehen, zusammen, und die entstehende Raumlinie wird sich scheinbar in der früheren Lage befinden. Aber die schwache Linie, obwohl sie jetzt auf einen Strich der linken Netzhaut fällt, der einem Strich der rechten Netzhaut entspricht, auf den eine der vereinigten starken Linien, die senkrechte nämlich, fällt, erscheint an einem verschiedenen Orte. Diese schwache Linie erscheint da, wo die Blickebene des linken Auges, in welcher sie liegt, sich schneidet mit der Blickebene des rechten Auges, welche die starke Linie enthält.

Dieser Versuch bringt einen neuen Beweis, daß eine notwendige physiologische Verbindung zwischen den korrespondierenden Punkten der zwei Netzhäute nicht besteht, — obwohl viele Autoren diese Lehre verteidigt haben.“

Der Versuch ist nicht gut. Er ist seither von VOLKMANN und v. HELMHOLTZ durch den Nachweis widerlegt, daß die senkrechten Meridiane in den meisten Augenpaaren nicht als

streng korrespondierende Netzhautlinien anzusehen sind. Vollends wird seine Beweiskraft gänzlich hinfällig, sobald man kleine Raddrehungen zur Erleichterung der Verschmelzung eintreten läßt, wie sie PANUM nachgewiesen hat. Aber ich führe die Stelle an, um zu zeigen, daß WHEATSTONE bewußt, mit vollem Verständnis die Lehre von den korrespondierenden Punkten anfocht. Im letzten Abschnitt, wo er seine eigene Anschauung darstellt, bespricht WHEATSTONE auch die Augenbewegungen:

„Daß eine gewisse Undeutlichkeit in den Teilen des Blickfelds, auf welche die Augen nicht unmittelbar gerichtet sind, besteht, und daß diese mit dem Abstand vom Fixierpunkt zunimmt, kann nicht bezweifelt werden, und es ist auch wahr, daß die so undeutlich gesehenen Objekte häufig sich verdoppeln. Beim gemeinen Sehen, mag man sagen, werde diese Undeutlichkeit und Verdoppelung darum nicht beachtet, weil die Augen stetig von Punkt zu Punkt schweifend alle Teile des Objekts nacheinander deutlich machen. Die Wahrnehmung des Objekts sei nicht Folge eines einzigen Blicks, wobei nur ein kleiner Teil davon deutlich gesehen wird, sondern bilde sich durch Vergleichung aller nacheinander gesehenen Bilder, während die Augen von einem Objektpunkt zum andern wechseln.

In gewissem Maße ist dies alles richtig, wäre es jedoch vollkommen so, dann dürfte kein körperliches Scheinbild sich zeigen, wenn die Augen gespannt auf einen Punkt eines Bino-kularbildes im Stereoskop fixiert bleiben. Wenn man aber sorgfältig diesen Versuch ausführt, wird man finden, sofern die Bilder nicht allzuweit von den Mitten des deutlichen Sehens hinwegreichen, daß das Bild doch noch einfach und körperlich erscheint, wenn diese Bedingung erfüllt wird. Wäre die Theorie der korrespondierenden Netzhautpunkte wahr, so müßte es das Aussehen zweier aufeinandergelegten Zeichnungen darbieten, womit es aber nicht die geringste Ähnlichkeit hat. Die folgenden Versuche sind ebenfalls entscheidend gegen diese Theorie. Erster Versuch: Man ziehe zwei etwa zwei Zoll lange gegeneinander geneigte Linien auf ein Blatt Papier, und nachdem man sie durch Konvergieren der Sehaxen auf einen Punkt, näher als das Papier, zum Zusammenfallen gebracht hat, betrachte man gespannt das obere Ende der entstandenen Linie, ohne die Augen einen Moment davon abweichen zu lassen.

Die ganze Linie wird einfach und in richtigem Hervortreten gesehen werden, und es kann, ohne die geringste Schwierigkeit, eine Stecknadel oder ein grader Draht genau in die Lage gebracht werden, daß er damit zusammenfällt. Oder, während die Sehaxen auf das obere und nähere Ende dauernd gerichtet bleiben, kann eine Nadelspitze mit dem unteren und fernerem Ende, oder irgend einem Zwischenpunkt zum Zusammenfallen gebracht werden; die Berührung wird sich genau gleich bleiben, wenn die Sehaxen bewegt werden und dort sich begegnen. Zuweilen werden die Augen müde, und aus diesem Grunde erscheint die Linie verdoppelt in den Teilen, auf welche die Sehaxen nicht geheftet sind, aber in diesem Falle schwindet aller Schein der Körperlichkeit. Derselbe Versuch kann mit mannigfaltigeren Zeichnungen erprobt werden, doch sollten die Bilder nicht zu weit aus den Netzhautmitten sich erstrecken.“

Als zweiten Versuch nennt dann WHEATSTONE die Verschmelzung binokularer Nachbilder, die auch ihm schon gelungen ist. Gegen diesen läßt sich kaum etwas einwenden, es müßte denn sein, daß er allzu subjektiv und nur für den beweisend ist, dem es gelingt, ihn nachzumachen.

Die übersetzten Stellen zeigen, daß dieser zuverlässige und höchst sorgfältige Beobachter die Doppelbilder wohl bemerkt und gekannt, sogar BRÜCKES spätere Theorie von den Augenbewegungen schon reiflich erwogen hatte, und daß theoretische Gründe ihn veranlaßt haben, diese Ansicht zu verwerfen. Aus dem Satz, wo er von der Ermüdung bei den fixierenden Versuchen spricht, möchte ich fast die Gewißheit schöpfen, daß eine außergewöhnlich starke Raddrehung bei ihm, wie bei PANUM, das Verschmelzen divergenter Linien erleichterte. So erklärt sich auch ungezwungen die Bemerkung von HELMHOLTZ, daß die meisten Beobachter die Linien in WHEATSTONES Figur leicht in Doppelbildern sehen, weil der Neigungsunterschied zu groß ist.

Zwei Jahre später erschien die Verteidigung der angegriffenen Identitätslehre von BRÜCKE. Ich brauche sie nicht genauer darzustellen, denn im wesentlichen besteht sie darin, daß er die in der angeführten Stelle von WHEATSTONE selbst verworfene Theorie etwas gründlicher entwickelt und von neuem in das Feld führt. BRÜCKE meint, daß WHEATSTONE im Fixieren nicht hinreichend geübt gewesen sein müsse und die Doppel-

bilder übersehen habe. Mit ausführlicher Begründung verfißt er die Ansicht, daß beim Sehen körperlicher Dinge und stereoskopischer Bilder kleine Schwankungen der Blickrichtung und Konvergenz, ohne empfunden zu werden, gleichsam automatisch stattfinden. Dadurch werden nach und nach alle Punkte der ungleichen Bilder je einmal zur Deckung gebracht, und die Tiefenanschauung unbewußt aus der Größe dieser Bewegungen gewonnen. Es sei sehr schwer, vielleicht unmöglich, sich für längere Zeit vollkommen dieser Bewegung zu erwehren und einen Punkt so genau zu fixieren, daß die stereoskopische Täuschung schwindet. Diese Bewegungen könnten nach Art der Reflexbewegungen geschehen, indem die Sehnervenerregung beim Anblicken eines Gegenstandes, ohne Vermittelung des bewußten Willens, motorische Antriebe für die Augenmuskeln auslöst. Von selbst verfolgen die beiden Netzhautmittelpunkte die sichtbarsten Umrisse und Linien des Körpers, wie zwei tastende Fingerspitzen, Konvergenz und Accommodation passen sich fortwährend dem Bedürfnis, einfach und scharf zu sehen, an. Die Größe der Augendrehung berechnete BRÜCKE für eins der Bilder WHEATSTONES auf 2 Grad 13 Minuten, um zu zeigen, daß sie sehr wohl unserer Aufmerksamkeit entgehen könne.

In seiner Kritik WHEATSTONES hat BRÜCKE unbestritten recht behalten. PREVOST und BREWSTER traten ganz seinen Ansichten bei. Andere, vor allem DOVE, bekämpften aber die Annahme von Augenbewegungen, und die Mehrzahl der späteren Autoren, auch VON HELMHOLTZ erklären, er habe zu großes Gewicht auf diese gelegt.

DOVE, der sich viel mit dem Stereoskop beschäftigte und eine Reihe von wichtigen Anwendungen beschrieben hat, widerlegte die Erklärung BRÜCKES. Er fand, daß beim Lichte einer in regelmäßigen Zeiträumen stattfindenden Elektrizitätsentladung er selbst, wie auch andere, die Bilder körperlich sahen. Diese Beobachtung ist von VOLKMANN, AUGUST, RECKLINGHAUSEN und HELMHOLTZ, auch in mancherlei Abänderungen, wiederholt und im wesentlichen bestätigt worden. Von Bewegungen der Augen während der Funkendauer kann natürlich keine Rede sein. Dem Einwand, daß vielleicht Phosphoreszenz der Papierbilder eine längere Beleuchtung bewirkte, ist durch DOVE selbst, wie auch durch AUGUST und RECKLINGHAUSEN, übrigens ohne daß er gemacht worden wäre, dadurch begegnet worden, daß

ein Teil ihrer Versuche an einfachen Spiegelbildern der Lichtquelle angestellt wurde. Es kann wohl nicht füglich mehr bestritten werden, daß ohne die geringste Bewegung der Augen ein stereoskopisches Sehen möglich ist.

In VON HELMHOLTZ' „*Physiologischer Optik*“ wird eine abschließende Darstellung der Frage gegeben, in welcher dann der Verfasser eine vermittelnde Stellung einnimmt. Er giebt zu, daß BRÜCKES Augenbewegungen beim unbefangenen Sehen eine Hauptrolle spielen, daß sie entschieden die Tiefenanschauung genauer und lebendiger machen, und sogar, daß durch längeres genaues Fixieren nur die fast an der Grenze der Trennbarkeit liegenden Doppelbilder nicht gelöst werden, woran möglicherweise die unvermeidlichen kleinen Schwankungen Schuld haben. Aber er hat selbst die Versuche mit momentaner Beleuchtung wiederholt und sich überzeugt, daß Zeichnungen mit nicht allzugroßen Unterschieden einfache körperliche Wahrnehmung gestatten. Dennoch ist die Funkenbeleuchtung kein absolutes Hindernis für die Trennung der Doppelbilder. Bei wiederholten Funken, wenn man sich vorher deutlich vorstellt, wie sie aussehen müssen, fängt man an, sie zu sehen. Auch Nachbilder hat HELMHOLTZ plastisch gesehen, bemerkt aber, daß eine Neigung besteht, sie als bloße Flecke auf die Unterlage zu projizieren.

BRÜCKE selbst ist in neuerer Zeit in seinen Vorlesungen über Physiologie auf den Gegenstand zurückgekommen. Er bespricht die Einwände und Versuche der Gegner und räumt ein, daß die Bewegungen nicht notwendig sind, um die Raumvorstellung zu erregen. Aber er setzt hinzu, daß sie doch eine sehr merkliche Vertiefung und Belebung dieser Vorstellung hervorbringen, während dem momentanen Eindruck immer etwas Schemenhaftes, Unwirkliches anhafte. Diese letzte Darstellung BRÜCKES scheint mir allen Widersprüchen der früheren Beobachtungen gut Rechnung zu tragen und den Thatsachen am besten zu entsprechen.

Zurückgreifend muß ich hier auch noch DONDERS' erwähnen, der einige neue Gesichtspunkte hinzugebracht hat. Er führt die wichtige Beobachtung an, daß in manchen Fällen von abnormer Augenstellung die Bedeutung der korrespondierenden Netzhautpunkte durch Übung verloren geht, während eine Anpassung an die neuen Verhältnisse erworben wird. Die

zweiäugig Sehenden besitzen eine eigentümliche, vollkommenere Empfindung des Körperlichen, die den einäugig Sehenden unbekannt zu sein scheint. Er läßt diese aus zwei Ursachen entstehen. Erstens, aus der Wahrnehmung der Doppelbilder, wobei aber, wenn weitere Hilfsmittel ausgeschlossen sind, die pseudoskopische Umkehrung auftreten kann, und zweitens aus den BRÜCKESchen Bewegungen, Blickwendung und Konvergenzänderung. Aus beiden gewinnen die Augen, mit großer, durch die lebenslange Übung erworbener Sicherheit, erst die eindeutige, zwingende Vorstellung einer bestimmten Form.

Es ist gewiß berechtigt, das Sehen bei Momentlicht oder bei strenger Fixierung als künstliche Ausnahmefälle zu betrachten, nach denen über den gewöhnlichen Gebrauch des Organs nicht abzuurteilen ist. Doch enthalten diese künstlich isolierten Paare, wie schon die mathematische Betrachtung im voraus ergibt, alle notwendigen Data für eine richtige Raumvorstellung und für eine zweite, nämlich die pseudoskopische Umkehrung, welche denn auch, unter diesen Umständen, von vielen Beobachtern gesehen worden ist. Die Vorstellung eines Raumgebildes wird für die Seele eine mögliche und wohl immer die wahrscheinlichste Deutung des Gesehenen bleiben, sobald nicht in prüfender Absicht die Aufmerksamkeit den im indirekten Sehfeld gelegenen Doppelbildern zugewandt ist. —

Es mag auffällig scheinen, daß in allen den genannten Arbeiten durchweg die Beweise für und wider die Augenbewegungen auf Umwegen gesucht wurden. Niemand hat durch unmittelbare Beobachtung die Frage endgültig zu beantworten gesucht. Ich habe in Gemeinschaft mit Herrn Prof. A. KÖNIG in dessen Laboratorium, der Abteilung für physik. Physiologie (physiol. Optik) im hiesigen Physiologischen Universitätsinstitut, Anstalten getroffen, um diesen Versuch selbst anzustellen. Dabei stießen wir alsbald auf die Hauptschwierigkeit. Es ist wohl kaum ausführbar, und würde jedenfalls sehr umständliche Vorrichtungen erfordern, den Kopf eines Menschen so festzustellen, daß kleine Bewegungen eines Auges mit Genauigkeit gemessen werden könnten. Wir benutzten eine Stütze, welche, an einen schweren Tisch geschraubt, dem Kinn eine wagrechte Unterlage darbietet, von der aus ein dem Profil angepaßtes Brett aufragt, mit einem eisernen, Stirn und Schläfen umfassenden Bügel. In diesem Apparat fanden sich nun überall, wo

man die Hautoberfläche bei etwa 25facher Linearvergrößerung einstellte, kleine vorwiegend wagrechte Schwingungen des Kopfes von 0,1 bis 0,125 mm Weite, ungefähr 2 bis 3 Hin- und Hergänge in der Sekunde. Durch Willensanstrengungen ließen sich diese Bewegungen nur für eine kurze Dauer und kaum merklich vermindern. Vermehrung der Stützpunkte, indem durch einen schweren Körper auf zwei Stellen des Hinterkopfes ein sanfter Druck ausgeübt wurde, veränderte gar nichts an dieser Bewegung. Freie Seitenlage auf der Tischplatte, mit fester Unterlage für den Kopf auch nicht, nur daß hier eine sehr deutliche Pulswelle als Ausdruck einer Schwingung des ganzen Körpers hinzukam. Festbeißen an ein Holzbrettchen gab der Bewegung eine überwiegende Vertikalrichtung. Vielleicht würde man zum Ziel kommen, wenn man einen entsprechend konstruierten Vergrößerungsapparat durch einen festen Verband am freien Kopf selbst anbrächte. Indessen für die Entscheidung der vorliegenden Frage war es nicht notwendig; die einfache, zuerst beschriebene Stütze gab eine für den Zweck ausreichende Ruhelage, wegen der Kleinheit und Gleichmäßigkeit der Kopfschwingungen.

Ich wählte das einfachste aller Stereoskopbilder, welches auch v. RECKLINGHAUSEN benutzt hat, 2 Nadelstich-Paare in dunkeltem Papier, 6 und 7,5 mm voneinander entfernt. Sie wurden in einem gewöhnlichen Prismen-Stereoskop vor dem Untersuchten aufgestellt und von hinten diffus erleuchtet. Man glaubt zwei im dunkeln Raum schwebende, ungleich entfernte Lichtpunkte zu sehen. Fixiert man den einen, so gelingt es, wenn man im indirekten Beobachten geübt ist, leicht, den andern in deutlich getrennten Doppelbildern zu sehen. Auf der Sklera, nahe dem äußern Augenwinkel, wurde das Bild einer entfernten Lampenflamme mit Hülfe einer kleinen Sammellinse entworfen und die so erleuchtete Stelle unter das Mikroskop genommen. Die feineren Bindehautgefäße auf dem hellglänzenden Grunde erlauben eine sehr beträchtliche Vergrößerung anzuwenden und würden auch viel kleinere Bewegungen deutlich erkennen lassen. So war es möglich, die Fixation während des stereoskopischen Sehens zu überwachen und jede subjektive Täuschung auszuschließen. Die Bewegung, welche die Doppelbilder zum Verschwinden brachte, die willkürliche Bewegung des Untersuchten von einem Punkt zum

ändern, betrug etwas mehr als 0,5 mm, konnte also mit vollkommener Sicherheit von allen anderen Schwankungen unterschieden werden, welche nur ein Fünftel bis ein Viertel dieser GröÙe erreichen. Bewegungen dieser GröÙenordnung beobachteten wir niemals während der beabsichtigten Fixation; im Gegenteil konnte meist eine eben erkennbare Mäßigung der kurzen Schwingungen wahrgenommen werden.

Ob das, was wir Fixation nennen, nicht dennoch eine Bewegung des Netzhautbildes über eine oder mehrere Zapfenbreiten sei, muß ich freilich unentschieden lassen. Aus mehreren Gründen erscheint es mir kaum zweifelhaft, daß eine solche Bewegung wirklich alles Fixieren begleitet. Gewiß ist aber, daß sie stets unter den größeren Schwingungen des Kopfes verschwindet und nicht bis zum Verschmelzen getrennter Doppelbilder ausgedehnt zu werden braucht, um die Raumvorstellung zu bewirken. Beide Bewegungen können aber trotzdem nicht ganz ohne Wert für die Auslegung des Gesehenen sein. Bei unserer sehr ausgebildeten Fähigkeit, auch im excentrischen Sehen kleinste Ortsveränderungen zu erkennen, schützen sie uns vielleicht mit Erfolg in vielen Fällen vor dem pseudoskopischen Fehlschluß. So würde es verständlich, daß die Pseudoskopie im allgemeinen nicht leicht, am besten an etwas fernen Gegenständen und viel leichter bei Bildern gelingt.

Wenn ich mir nun im Sinne der empiristischen Theorie das räumliche Sehen zu erklären suche, so will es mir erscheinen, als ob einige Schwierigkeiten mehr künstlich hineingetragen worden wären. Der Begriff der korrespondierenden Punkte und die Lehre vom Horopter haben als anziehende geometrische Frage eine eingehende Behandlung gefunden, hinter welcher die eigentliche physiologische Bedeutung des Gegenstandes zurücktritt.

In strenger Wirklichkeit benutzen wir zwei Deckpunkte, die Fixierpunkte. Dem sehr erklärlichen Bedürfnis des Einfachsehens folgend wählen wir weiterhin die Lage des Objektes oder unsere eigene so, daß in möglichst weitem Umkreise alle Doppelbilder sich so nahe als möglich kommen. Man kann es so auffassen, als ob sich die Doppelbilder mit zunehmender Kraft anzögen. Diese Anziehung, von PANUM als Macht der Kontur bezeichnet, kann zum völligen Zwang werden. Jeder im Doppeltsehen Geübte wird zugeben, daß es bei starker

Annäherung der Bilder unmöglich wird, sie unbeweglich und getrennt zu halten. Beim Betrachten eines wirklichen Doppelbildes, wie es entsteht, wenn durch Verschieben des Papiers eine Druckseite oder Photographie sich verdoppelt, wird ein ganz eigentümliches Unbehagen empfunden. Diese Unlust, welche auch beim Sehen mit einem Auge fortbesteht, entspringt offenbar aus den fruchtlosen Anstrengungen, die sehr nahen parallelen Umrisse zu einem einzigen zusammenzuziehen. Wie schon das Stereoskop in der Augenklinik seine Stelle gefunden hat, könnte man vielleicht solche verdoppelte Drucke in zweifelhaften Fällen als Probe auf das Vorhandensein eines Fusionstriebes verwerten. Etwas mehr getrennte Doppelbilder erregen diesen Trieb nur wenig; dagegen, weil gröfsere Ungleichheiten übereinander fallen, ein Gefühl von Verwirrung. Wir erkennen sie nicht mehr sicher als zusammengehörig; von ihnen gilt, was WHEATSTONE behauptet, dafs das Tiefengefühl verloren geht. Die Gesamtheit der korrespondierenden Punkte, der Horopter, ist nun der durch die beiden Augen gegebene Ort, wo jene Anziehung der Doppelbilder gleichzeitig völlige Deckung herbeiführen könnte. Abgesehen von diesem idealen Fall sehen wir also stets einen Teil unserer Bilder doppelt. Lebenslange Erfahrung hat uns ferner gelehrt, dafs Doppelbilder an einem bestimmten Ort und von bestimmtem Abstände zu einem Ganzbilde zusammengehen, wenn wir eine gewisse synergische Augenbewegung, die für uns einen wohlbekannten Tiefenwert hat, ausführen. Jeder willkürlichen Bewegung, wenn wir sie mit einiger Überlegung ausführen, geht eine solche abschätzende Vorstellung zeitlich voraus, in welcher wir die räumliche Gröfse, Kraft und Zeitfolge der erforderlichen Impulse gewissermafsen abwägen, um die Bewegung richtig und zweckmäfsig zu vollziehen. Ein Hieb wird zuerst mit dem Gedanken und dem Auge ausgeführt, so dafs geübte Fechter ihn manchmal im voraus erraten. Bei der wunderbaren Genauigkeit unserer Beherrschung der Sehaxen ist es nicht so erstaunlich, dafs wir auch beim Blitz des Funkens, wo die Bewegung eben nur gedacht, aber nicht ausgeführt werden kann, mit Hilfe der Anschauung allein, eine Raumvorstellung gewinnen. BRÜCKE fragt mit Recht, welche andere Deutung wir einem richtig gezeichneten Stereoskopbilde geben sollten, wie wir es von einem Raumgebilde unterscheiden könnten?

Beim längeren unbefangenen Betrachten des Stereoskopbildes, noch mehr aber, sobald der Beobachter den Tiefenabstand abzuschätzen sucht, findet fortwährend ein periodisches Schwanken von einem Punkt zum andern statt, ganz in der Weise, wie es BRÜCKE durch Selbstbeobachtung gefunden hatte. Dies konnten wir unter dem Mikroskop vollkommen bestätigen. Zugleich glaubten wir zu bemerken, daß die Lebhaftigkeit und das Augenmaß der scheinbaren Tiefenausdehnung durch die Augenbewegungen unterstützt wird.

Es entspringt also die zwingende Erkenntnis oder Täuschung des räumlichen Sehens aus nur zwei gleichartigen Bedingungen: Entweder durchläuft ein Auge nacheinander mehrere Orte, oder zwei Augen nehmen zugleich zwei verschiedene Orte ein. Allen übrigen Hilfsmitteln kommt nur eine geringere, die Raumanschauung etwas steigernde Nebenwirkung ein.

Litteratur.

- WHEATSTONE: *Philos. Transact. of the London Roy Soc.* 1838. P. II. S. 371—394.
(Deutsch: *Poggendorffs Annalen*, Ergänzungsbd. I. S. 1. 1842; i. Auszug: Bd. 47. S. 625. 1839.)
- BRÜCKE: *Über die ster. Erscheinungen und Wheatstones Angriff auf die Lehre v. d. id. Stellen d. Netzhäute.* *Müllers Archiv f. Anat., Physiol. u. wiss. Med.*, 1841. S. 459—476.
- DOVE: *Darstellung der Farbenlehre u. opt. Studien.* Berlin, 1853. S. 162, 163.
— *Verhandl. d. Akad. zu Berlin*, 29. Juli 1839. S. 252.
- RECKLINGHAUSEN, v.: *Zur Theorie des Sehens.* *Poggendorffs Annalen*, Bd. 110. S. 84. 1860.
- DOVE: *Über Stereoskopie.* *Poggendorffs Annalen*, Bd. 110. S. 496. 1860.
- AUGUST, F.: *Über eine neue Art stereoskop. Erscheinungen.* *Poggendorffs Annalen*, Bd. 110. S. 583. 1860.
- RECKLINGHAUSEN, v. *Zum körperlichen Sehen.* *Poggendorffs Annalen*, Bd. 114. S. 170. 1861.
- PANUM, P. L.: *Reichert u. du Bois-Reymonds Archiv*, 1861. S. 68 u. a.
- DONDERS: *Anom. of the Accom. and Refr. of the Eye*, 1864. S. 165.
- HELMHOLTZ: *Physiol. Optik.* 1. Aufl. Leipzig, 1867. S. 739.
- BRÜCKE: *Vorles. über Physiologie.* S. 223.
-