Durch welche Hilfsmittel orientiren wir uns über den Ort der gesehenen Dinge?

Von
Dr. Classen.

Die Antwort ist im Grunde sehr einfach: Wir machen einen Schluss aus zwei Prämissen, der Grösse des Bildes, welches wir durch die Erregung der Netzhaut empfinden und der Entfernung des Dinges, welche wir durch die Innervation der Augenmuskeln kennen lernen. Das Verhältniss zwischen beiden Grössen bestimmt den Ort der gesehenen Dinge und giebt uns damit die Möglichkeit, uns im Raum zu orientiren. Lernen wir durch die Innervation der Augenmuskeln die Entfernung eines gesehenen Dinges kennen, so kann das nur unter der Voraussetzung geschehen, dass zugleich die Richtung, in welcher es gesehen wird, zum Bewusstsein kommt.

Dass das Sehen wesentlich ein Schlussverfahren ist, ganz analog dem logischen Schliessen, welches sich nach dem Causalitätsgesetz vollzieht und alle unsere geistigen Operationen, bewusste wie unbewusste, beherrscht, ist von der empiristischen Seite der Physiologen erkannt und näher begründet worden. Dagegen wehren sich gegen diese Erkenntniss noch immer die Forscher, die einer nativistischen Auffassung huldigen, und diejenigen, welche

den ganzen Sehact allein in mathematischen Rechnungen aufgehen lassen. Eine Theorie, welche Alles, was uns das Auge für das Sehen leistet, also das Erkennen der Richtung, Entfernung, Grösse u. s. w. aller gesehenen Objecte, aus anatomischen angeborenen Eigenschaften ableitet, reicht heutzutage nicht mehr aus, um die mannigfachen Thatsachen zu erklären, welche die Beobachtung über die Uebung und Entwicklung und pathologische Störung des Sehvermögens und über die Combination der Netzhauterregung mit Muskelempfindungen geliefert hat. Donders*) macht diesen Vorwurf meiner Meinung nach mit vollem Recht der Theorie von Hering. Die Empiristen sind auch zuweilen zu weit gegangen, indem sie jede präformirte Anlage leugneten, und das Organ der Gesichtsempfindung gradezu als tabula rasa betrachteten, welches die Fähigkeit, irgend eine Form aufzufassen, erst erwerben müsse. Dem gegenüber nimmt von Hasner**) einen vermittelnden Standpunkt ein, indem er darauf dringt, dass man nur aus beiden, der angeborenen Anlage und dem, was die Uebung im Sehen leiste, eine genügende Erklärung des Sehactes geben könne. Unter der angeborenen Anlage versteht er die Fähigkeit der Netzhaut, Lichteindrücke in einer bestimmten Ordnung in der sogenannten Projectionssphäre oder reciproken Netzhaut zu empfinden, und die hinzukommende Uebung ist ihm die Combination dieser Empfindung mit der Muskelthätigkeit in Form eines geometrischen Calcul. Es liegt in der ganzen Darstellung der Theorie des Sehens von Hasner sehr viel Bestechendes. Sie hat vor der von Hering, welche auch in der selbstbewussten Sicherheit streng mathematischer Deduction einhergeht, noch das voraus, dass sie auf den Einfluss der Uebung

*) v. Gräfe's Archiv, 17. 2. p. 6.

**) Beiträge zur Physiologie und Pathologie des Auges. 1873.

mit Hülfe der Augenbewegung und auf den Unterschied der beiden doch nicht ganz identischen Netzhäute grössere Rücksicht nimmt. Aber sie giebt leider auch eines der hervorragendsten Beispiele von der Täuschung, in die man fällt, wenn man rein mathematische Begriffe und Methoden ohne Weiteres an die Stelle von wirklichen Dingen und physischen oder psychischen Processen setzt. Ich kann diesen Irrthum nicht prägnanter ausdrücken als durch ein wörtliches Citat aus von Hasner's*) Arbeit über „Sinnenleben und Sehen“, woselbst es nach sehr vielen richtigen und werthvollen Bemerkungen heisst: „So geben, um ein Beispiel anzuführen, 452 Billionen Zeitintervalle in der Sekunde (einschliesslich bestimmter Wellenlänge und Schwingungsdauer) den Begriff Roth. Wo immer irgend sich so viele und solche Schwingungen geltend machen, sind sie nichts Anderes und können nichts Anderes sein, als dasjenige, was wir roth nennen.“ Es ist das leider weder logisch noch mathematisch, sondern widerspricht ganz direct dem Satz, dass Gleiches zu Gleichem addirt immer nur wieder Gleiches giebt, niemals aber etwas qualitativ Verschiedenes. Man verzeihe mir den trivialen Vergleich, wenn ich jenen Satz für ebenso unmöglich erkläre, als dass vier Stücke Geld zusammenaddirt ein Brod geben, wenn freilich auch für den Geniessenden unter Umständen das Brod denselben Werth haben mag wie vier Stücke Geld. Diese vollkommene Identificirung mathematischer Begriffe mit physischen Processen ist im folgenden bei v. Hasner auch der Grund, dass er nichts weiter gewinnt als einen adäquaten mathematischen Ausdruck für die Analyse des Schactes. Aber wenn wir uns einstweilen noch besinnen, ehe wir unser ganzes Sein und Thun für eine reine mathematische Abstraction erklären, so müssen wir

*) l. c. p. 7.

sagen, dass das Problem, welches v. Hasner geometrisch und psychologisch gelöst zu haben glaubt, nur geometrisch aber nicht psychologisch gelöst ist, und das letztere ist es eben, worauf es uns doch vor Allem ankommt.

Wenn man mit Recht behaupten kann, dass man alle Dinge und Processe um so besser verstehen kann, je mehr man mathematische Rechnung auf sie anzuwenden im Stande ist, so darf man doch niemals ausser Augen setzen, dass die Mathematik zunächst immer nur mathematische Wahrheiten und Lehrsätze enthüllt, dass aber die Dinge und Processe selbst etwas qualitativ anderes sind, als der Maasstab mit dem sie verglichen und gemessen werden. Diese Unterscheidung strenge festzuhalten ist unsern bedeutendsten Gelehrten keineswegs immer gelungen, und ganz besonders ist ein Gebiet wie die Optik, welches so sehr wie kaum ein anderes der mathematischen Behandlung sich zugänglich erweist, sehr verlockend, um die Grenze gelegentlich zu vergessen.

Wenn wir zum Zwecke der Analyse unsrer Gesichtserscheinungen mit mathematischen Punkten, Linien und Flächen rechnen, so verschaffen wir uns einen Einblick in manches verwickelte Phänomen, aber wenn wir in weiterem Fortschreiten annehmen, dass die Retina ursprünglich zu nichts weiterem befähigt sei, als einzelne leuchtende Punkte wahrzunehmen, die erst durch Uebung in einen gegenseitigen Connex zu setzen seien, so ist hier die Ueberschreitung jener Grenze ganz deutlich nachweisbar. Ein mathematischer Punkt ist eine reine Abstraction unseres Verstandes und kann daher niemals die Nervensubstanz unserer Retina in Erregung setzen. Der kleinste Lichteindruck, den wir empfinden können, mag derselbe nun dem Durchmesser eines Zapfens der Retina entsprechen oder nicht, ist immer eine messbare Grösse, also qualitativ von einem mathematischen Punkt ver-

schieden. Wird aber die Annahme nur darauf begründet, dass die Retina aus lauter discreten Nervelementen und Fasern zusammengesetzt ist, so ist doch zunächst der Beweis zu führen, dass überhaupt der Eindruck eines Nervelementes jemals allein für sich percipirt werden könne. Und ist es etwa schon bewiesen, dass es gerade ebenso viel Nervenfasern im Stamm des Sehnerven als Zapfen in der Retina giebt?

Suchen wir uns in die Zeit unserer eigenen frühesten Erinnerungen zu versetzen, oder beobachten wir die ersten Sehversuche neugeborner Kinder, oder analysiren wir die Berichte über glücklich operirte blind Geborne, so müssen wir finden, dass nicht leuchtende Punkte, sondern überhaupt helle leuchtende Gegenstände die erste Aufmerksamkeit erregen, und zwar um so mehr, je grösser sie sind, und wenn sie sich bewegen. Unzweifelhaft kann ein Kind am ersten Tage nach der Geburt einen hellen Gegenstand, der sich seinem Auge abwechselnd nähert und entfernt, mit fixirenden Augen verfolgen. Diese Thätigkeit findet mithin statt, bevor von einer Erfahrung, von einer Orientirung im Raum und von Ausbildung des Bewusstseins die Rede sein kann. Sie kann nur zu Stande kommen durch die Erregung der Retina-Elemente, welche durch Nervenfaserverbindung auch im unbewussten Zustande den Antrieb in den Muskeln erregen, das Auge der leuchtenden Ursache zuzuwenden. So wirkt unsere in anatomischen Verhältnissen präformirte Anlage als ein Zwang zum Erkennen eines Causalzusammenhanges, denn der unbewusste Zweck jener Fixirung leuchtender Objecte kann nur der sein, das Object als die Ursache des sinnlichen Eindruckes zu erkennen, welches allerdings erst durch fortgeschrittene Uebung gelingt. Halten wir nur die Reihenfolge fest, in welcher die einzelnen Elemente des Sehactes auf einander folgen müssen, so haben wir

immer das Primäre, was beim Neugeborenen jeder Erfahrung voraufgehen muss, die Erregung der Retina durch Lichteindrücke, für deren Perception kein anderes Organ die Anlage besitzt. Daran schliesst sich sofort die Innervation der Augenmuskeln zur Bewegung des Auges zu dem Zwecke, dass die Erregung länger dauere und ihre Ursache möglichst deutlich werde. Offenbar kann sich erst aus diesen beiden voraufgegangenen Elementen als drittes die Vorstellung entwickeln, denn ohne das Zusammenwirken von Retinabild und Muskelinnervation ist kein Urtheil über Ort, Grösse und Entfernung des Dinges möglich. Nicht aber liegt irgend ein Grund vor, anzunehmen, dass die Vorstellung schon auf Grund der Retinaerregung allein sich bilden könne, und nun als Zwischenglied zwischen Lichtempfindung und Fixation vermittele. Dem widerspricht die Thatsache, dass alle Vorstellungen, die wir durch das Gesicht gewinnen, nachweislich nur unter dem Einfluss beider Elemente, der Muskelinnervation wie der Netzhautempfindung zu Stande kommen, und dass eben Kinder und Operirte blind Geborne fixiren, bevor sie Erfahrungen gemacht haben können. Viel einfacher erklärt sich die Fixationsbewegung durch die Verbindung der Nervenfasern, des Sehnerven und der Muskeln im optischen Centralorgan als eine Reflexbewegung.

Wenn wir somit constatiren, dass die Vorstellung oder das sinnliche Anschauungsbild sich aus der sinnlichen Erregung von Netzhaut und Augenmuskeln entwickelt, indem es durch einen logischen Schluss nach dem Gesetz der Causalität aus ihnen gefolgert wird, so kommt es nun darauf an, den Einfluss jedes der beiden sinnlichen Elemente möglichst getrennt von einander zu erkennen. Die empiristische Theorie behauptet, dass die Retina allein für sich nichts könne, als einzelne Lichtpunkte empfinden, deren Zusammenhang im Ge-

sichtsfeld erst durch die Beziehungen jedes einzelnen empfindenden Elementes mit den Augenbewegungen zum Bewusstsein gebracht werden könne. Hat aber die Zusammensetzung der Retina aus einzelnen Stäbchen und Zapfen u. s. w. wirklich die Bedeutung, dass die primitive Empfindung, welche durch sie erregt wird, in lauter einzelne Lichtpunkte zerfällt, sowie es etwa für eine geometrische Abstraction bequem ist? Man bedenke doch, dass wir erstens überhaupt keine geometrischen Punkte sehen, und zweitens, dass die Stäbchen und Zapfen zwar, wie Merkel's Untersuchungen gezeigt haben, durch eine membranöse Scheide isolirt sind, aber dass eine Ganglienzelle sehr oft die Verbindungsfäden mehrerer Stäbchen und Zapfen vereinigt, so dass also da, wo aus dem physischen Process der Aetherwellen Nervenenerregung geworden ist, keine Isolation der kleinsten Eindrücke mehr stattfindet. Es muss offenbar zur Unterscheidung feinsten Raumgrössen sehr vortheilhaft sein, wenn diese möglichst kleine isolirte Eindrücke auf die Nerven machen, aber ehe diese Eindrücke zum Bewusstsein kommen, sind sie qualitativ etwas anderes, Psychisches geworden, und haben aufgehört als Einzelheiten von selbstständigem Werth zu existiren. Der Satz, auf den es hier ankommt, und den ich schon früher ausgeführt habe, ohne verstanden worden zu sein, ist der, dass eine Netzhautempfindung gar nicht anders möglich ist als nur in Form räumlicher Ausdehnung. Die Fähigkeit, feine isolirte Lichteindrücke zu bekommen, wird in der Empfindung zur Fähigkeit, feine Raumunterschiede zu erkennen.

Das ist die natürliche Anlage der Netzhaut, dass sie fähig ist, zwar sehr feine Einzelheiten zu unterscheiden, aber dieselben nur in ganz bestimmtem Zusammenhang mit einander zum Bewusstsein zu bringen. Wir haben keinen Grund anzunehmen, dass beim Neuge-

bornen, sobald zum ersten Mal Licht ins Auge fällt, zuerst nur einige Retinaelemente erregt würden, im Gegentheil es ist nothwendig, dass sofort alle Stäbchen und Zapfen, die vom Licht getroffen werden, auch die bezügliche Nervenirregung veranlassen, dass mithin sich gleich anfangs ein Gesichtsfeld bildet, welches der Ausdehnung der erregten Retina entspricht. In diesem Gesichtsfeld aber erregen erst einzelne hellere Objecte die Aufmerksamkeit, und am frühesten dann, wenn man dieselben der reizbarsten Stelle, der Macula lutea gegenüberstellt. Dies Gesichtsfeld entspricht ganz dem, was v. Hasner die Projectionssphäre jedes Auges oder die reciproken Netzhäute genannt hat. Aber dieser geometrische Ausdruck ist nur eine Umschreibung der Thatsache, keine psychologische oder sonstige Erklärung und Begründung. Wenn jemand behaupten wollte, dass diese Empfindung der Retina, wenn sie unmittelbar auf der präformirten Anlage derselben beruht, nothwendig zuerst im Innern des Auges selbst localisirt und umgekehrt gegenüber den wirklichen Dingen sein müsse, dass aber eine solche Täuschung niemals während der Entwicklung unsres Bewusstseins vorkomme, so brauchen wir nur darauf hinzuweisen, dass die erste bewusste Vorstellung erst die Folge aus der Combination der Lichtempfindung mit der Muskelthätigkeit ist, dass also von jener Localisation und Umkehr der Bilder nur vor der Entwicklung der ersten Anfänge des Bewusstseins die Rede sein könne, dass sie folglich nicht vorkomme, weil sie ohne Bewusstsein keinen Sinn hätte. Halten wir nur den einmal erkannten Zusammenhang fest, wie aus den Elementen der sinnlichen Erregung, der Lichtempfindung und dem Innervationsgefühl der Muskeln, welche sich durch anatomische Verbindung der zugehörigen Nervenfasern mit einander combiniren, die Anschauung hervorgeht nach logischen Gesetzen, dann sind wir im Stande, erst durch die richtige Würdigung der präformirten An-

lage der Retina die nativistische und empiristische, die Projectionstheorie und Identitätstheorie zu verstehen und zu ergänzen.

Es ist also die Projectionssphäre oder das zu jeder Retina zugehörige Sehfeld nichts Wirkliches, sondern nur der geometrische Ausdruck für die präformirte Vorbedingung, unter welcher unser Sehorgan thätig wird, wenn es uns die Erkenntniss der Dinge um uns her erwerben will. Es ist gewiss nicht die angeborene Eigenschaft jedes Stäbchens oder Zapfens der Retina, seine Lichteindrücke nothwendig in der Richtung durch den sogen. optischen Mittelpunkt nach aussen zu projiciren, denn eine angeborene Eigenschaft würde keine Ausnahmen zulassen, und doch kommen nachweislich besonders beim seitlichen und excentrischen Sehen Irrthümer genug vor über die Richtung der gesehenen Dinge. Diese Eigenschaft liesse sich auch überhaupt gar nicht erklären, da die Richtung, in welcher Dinge gesehen werden mit zu den Elementen des Schlusses gehört, aus denen das Urtheil über den Ort der Dinge hervorgeht, und daher, wenn sie nicht anatomisch erklärt werden kann, eine psychologische Erklärung verlangt. Eine mathematische Erklärung ist nicht möglich, weil die Mathematik wohl einen adäquaten Ausdruck für gewisse Thatsachen geben, aber nicht ihren Zusammenhang nach der Causalität aufklären kann. Also die angeborenen Sehrichtungen Hering's können wir nicht gelten lassen, sondern finden nur in der Combination der Lichteindrücke mit Muskelthätigkeit das Motiv für unsere Fähigkeit, die Richtung der Lichteindrücke zu bestimmen. Dass es sich dabei nicht um das Contractionsgefühl der Muskeln, sondern um eine Schätzung des Bewegungstriebes, um ein Innervationsgefühl handelt, halte ich für eine von Allen anerkannte und besprochene Thatsache. Dass aber das Resultat der Richtungsbestimmung in der Regel so ausfällt, dass man einen geometrischen Ausdruck dafür finden

kann, wie die Projectionssphäre von Hasner's als das genaue Gegenbild der Retina, das ist die Folge davon, dass sich nicht einzelne zusammenhanglose Lichteindrücke mit der Muskelinnervation combiniren, sondern ein durch die anatomische Lage und Construction der Retina bedingtes räumlich ausgedehntes Bild, welches die empiristische Theorie bisher nicht anerkennen wollte.

Man hat meinen früheren Ausführungen in diesem Sinne wohl vorgeworfen, dass ein solches Bild, welches alle Contouren der gesehenen Gegenstände perspectivisch enthalten soll, undenkbar sei, wenn nicht die bestimmte Ordnung aller darin enthaltenen räumlichen Einzelheiten vom Bewusstsein erkannt sei und da eben dieses sich nicht eher entwickelt, als bis die Muskelthätigkeit in Uebung getreten ist, die Muskelthätigkeit aber erst alle Lichteindrücke an ihrem richtigen Ort lokalisire, so sei folglich vor der Entwicklung der Muskelthätigkeit und des Bewusstseins eine bestimmte Ordnung im Retina-bilde unmöglich. Die primitive Thätigkeit der Retina könne man sich nicht anders vorstellen, als das Empfinden einzelner ungeordneter Lichtpunkte. In diesem Einwurf beruht das Irrige auf der Verwechslung von dem, was im Sehact subjective Anlage und objectives Erkennen ist. Ich gebe zu, dass man sich die primitive Retinaempfindung nicht als zum Bewusstsein gekommenes und erkanntes Bild vorstellen darf, es darf nur als Motiv zum Erkennen von Objecten, als einen in unsrer Anlage begründeten Trieb aufgefasst werden, gerade so, wie es von dem Muskelgefühl bereits nachgewiesen ist. Es dient auch vor der Entwicklung des Bewusstseins als Richtschnur für die Thätigkeit der Muskeln, welche sich absolut nicht zu der Genauigkeit entwickeln könnte, die wir als Augenmass bewundern, wenn nicht jede Bewegung so sehr genau durch die feinen Unterschiede in der Netzhautempfindung bestimmt würde. Das ist ja

gewiss, dass die Begriffe von rechts, links, oben und unten in dem, was wir sehen, erst durch Uebung im Gebrauch der Augen sich ausbilden können; daher kann die bestimmte Ordnung aller Einzelheiten in der primitiven Retinaempfindung nichts anders bedeuten, als die unverrückbare Stellung aller erregten Nervenelemente gegen und unter einander, wobei dann sofort einleuchtet, wie gross der Vortheil sein muss, wenn zum ersten Mal ein fester Punkt als Centrum für die erste Raumanschauung benutzt wird, zu welchem alle andern in unveränderlichem Verhältniss stehen. Wegen dieser hervorragenden Bedeutung für das Orientiren im Raum ist die Macula lutea durch natürliche Anlage der reizbarste Theil der Retina. Ohne diese Anlage der Retina, die sich in der primitiven Empfindung als ein Trieb zum deutlichen Sehen und zum Orientiren im Raum ausspricht, könnten die Muskeln allein niemals Ordnung in die räumliche Anschauung bringen, die sich die empiristische und Projectionstheorie als ein Chaos zusammenhangloser Lichtpunkte vorstellt.

Warum sträubt sich aber die empiristische Theorie gegen die Anerkennung des räumlichen Zusammenhangs aller Einzelheiten im Retinabilde vor der Erfahrung, die wir durch Muskelübung gewinnen? Es sind doch auch schon eine Menge von pathologischen Beobachtungen vorgebracht worden, die beweisen, dass Störungen der Innervation der Muskeln niemals den Zusammenhang des Retinabildes in sich unterbrechen, sondern stets nur Täuschungen über die Lage des ganzen Gesichtsfeldes mit ungestörtem inneren Zusammenhang veranlassen; dass dagegen alle Unterbrechungen oder Verzerrungen der Contouren des Retinabildes stets durch Lageveränderungen der nervösen Retinaelemente bedingt werden. Es ist dies wirklich eine reiche Auswahl von Bestätigungen der oben ausgeführten Theorie, denen höchstens das

fehlt, dass sie nicht von Physiologen auf experimentellem Wege hervorgerufen sind. Aber es muss ein tieferer Grund sein, der bis jetzt die Physiologen abgehalten hat, den Process des Sehaktes so aufzufassen, wie ich es auseinandergesetzt habe. Ich vermuthe, dass es die Ueberlegung ist: Sehen ist ein psychischer Process, verwandt mit dem bewussten Denken, und Denken und Ausdehnung, diese zwei unvergleichbaren Begriffe, die zu allen Zeiten das Problem veranlasst haben, wie wir überhaupt die Dinge dieser Welt erkennen können, sie dürfen nicht vereinigt gedacht werden in einem psychischen Process, wie die Retinaempfindung ist. Nun denn, diese Ueberlegung ist es, die in meine frühern Arbeiten viel von der Kantischen transcendentalen Aesthetik hineingebracht hat, was ich hier sorgfältig vermeiden will, weil gerade das wahrscheinlich die Veranlassung wurde, dass man meine Absichten nicht verstanden hat. Ich will nur kurz andeuten: Kant hat die Entdeckung gemacht, dass unser Geist der Erkenntniss der Welt gegenüber sich nicht als *tabula rasa* verhält, in welche die Eindrücke der Dinge nur so eindringen könnten, sondern dass er mit gewissen Anlagen von Natur ausgerüstet ist, welche den äusseren Eindrücken eine ganz bestimmte Form geben. Als solche Anschauungsformen erscheinen zunächst Raum und Zeit. Alles Andere, was damit zusammenhängt, können wir hier bei Seite setzen. Aber es heisst nun nichts Anderes, als die weitere, eingehende Begründung dieser Kantischen Entdeckung, wenn wir nachweisen, dass in den Elementen, aus denen die Anschauung hervorgeht, d. h. in der Erregung unserer Sinnesorgane und speciell des Auges die Form räumlicher Ausdehnung als natürliche Anlage gegeben ist. Wäre die Retinaempfindung ein rein psychischer Process, so könnte man noch Einwendungen machen, aber es ist ja der elementare Vorgang, in welchem

physische Bewegung in psychische Erregung umgesetzt wird, und muss daher ein psychophysischer Process genannt werden. Die rein psychische oder logische Thätigkeit beginnt im Sehacte erst, indem wir die Elemente der Retinaerregung und Muskelinnervation zu einem Schluss zusammenfassen. Wenn wir aber nur daran festhalten, dass die primitive Retinaempfindung als psychophysisches Motiv zum Sehen dem Sehen selbst vorausgeht, so steht nicht nur nichts im Wege, ihr diejenige Form zuzugestehen, die Helmholtz das subjective Sehfeld nennt, sondern das ist sogar der einzige Weg, auf welchem wir den Zusammenhang der Erscheinungen uns klar machen können.

Von diesem Standpunkt aus sehen wir leicht ein, warum sich die sogen. Identitätstheorie und die Projectionstheorie noch immer so unvermittelt und verständnisslos gegenüberstehen. Leider habe ich es schon einmal auseinandergesetzt, aber weil Donders in seiner Arbeit (die Projection der Gesichterscheinungen nach den Richtungslinien) keine Notiz davon genommen hat, so muss ich es nochmals und wo möglich klarer wiederholen. Ein öfter besprochenes Beispiel diene zur Erläuterung. Hering beobachtet, dass zwei gleich-grosse Münzen, die er vor sich auf den Tisch legt, so dass sie nicht weiter auseinanderliegen, als der Abstand seiner beiden Augen beträgt, ihm in ein Bild verschmelzen, wenn er jede derselben gegenüber der macula lutea eines Auges bringt. Vereinigt er die beiden Bilder mit parallelen Sehachsen, so erscheint ihm das vereinigte Bild grösser, vereinigt er sie mit gekreuzten Sehachsen durch convergirendes Schielen, so erscheint ihm dasselbe kleiner, ohne dass er dabei einen Irrthum über die Entfernung der Münzen von seinen Augen bemerkt. Er schliesst daraus, dass zur Bestimmung der Entfernung eines gesehenen Dinges die Stellung der

Sehachsen ganz einflusslos ist. Urtheil über Grösse und Entfernung gesehener Dinge hängt allein von der Grösse des Netzhautbildes und der vorausgegangenen Erfahrung ab, die Richtung, in der wir die Dinge sehen, ist unabänderlich angeboren. Man wird mir an diesem Orte wohl erlassen, die zahlreichen in ähnlichem Sinne angestellten Experimente des fleissigen Forschers aufzuzählen. Es handelt sich hier nur darum, an einem möglichst einfachen Beispiel den Sinn der ganzen Hering'schen Theorie klar zu machen. Ganz entgegengesetzt beweist Donders durch zahlreiche Experimente, dass die gesehene Dinge wirklich da liegen, wo unsere Sehachsen sich schneiden, dass mithin die Localisation der Objecte (die Projection der Netzhautbilder) abhängig ist von der Stellung unsrer Sehachsen, und gerade jener Versuch mit den beiden neben einander gelegten Münzen, hat für ihn ganz entschieden das Resultat, dass das vereinigte Bild bei Kreuzung der Sehachsen vor die Tischplatte hervor und näher zu treten scheint, bei parallelen Sehlinien aber sich weiter entfernt. Von der Veränderung der scheinbaren Grösse hat er auch zugleich Notiz genommen. Die Lösung des Widerspruchs liegt nur in der Analyse des psychologischen Processes. Die Localisation eines Sehobjectes ist ein Schluss aus der Grösse seines Netzhautbildes und der Entfernung, die wir durch das Innervationsgefühl der Muskeln kennen lernen. Willkürlich ist es, ob man das eine oder andere dieser beiden Elemente beim physiologischen Experiment vorzugsweise beobachten will oder nicht. Unmöglich ist es bei gleichbleibender Entfernung des Objectes einen Unterschied seiner Bildgrösse zu beobachten, wenn nicht das Innervationsgefühl der Muskeln gerade das falsche Urtheil veranlasst. Denn das Netzhautbild selbst hat ja seine Grösse nicht verändert. Sah Hering bei seiner Verschmelzung der beiden Bilder eine Veränderung der

Grösse, so wirkten bei ihm die Convergenzgefühle der Muskeln ebenso wie bei jedem andern, nur dass er nicht darauf achtete, aus Vorliebe für seine Erklärung aller optischen Erscheinungen aus dem Netzhautbild allein. Man kann also nicht die Vermuthung von Helmholtz und Donders rechtfertigen, dass bei Hering die Convergenzgefühle besonders wenig ausgebildet seien, seine eigene Darstellung beweist, dass sie ganz normal bei ihm den Seheact influiren, aber er hat seine Aufmerksamkeit nicht darauf gerichtet. Er bleibt freilich für viele Erscheinungen die Erklärung schuldig, und namentlich dafür, wie wir denn die Erfahrung machen können, welche überall unser Sehen bestimmt und leitet und das gerade wäre die Aufgabe gewesen, die eine Theorie des Sehens lösen soll.

Es ist doch ganz klar, dass wir die Grösse eines Netzhautbildes recht gut der anderer Netzhautbilder vergleichen können, ohne im mindesten dabei nach der Grösse des Dinges zu fragen, von welchem die Netzhautbilder herrühren. Ich halte z. B. die flache Hand in 8 Zoll Entfernung vor ein Auge, während das andere geschlossen ist, und beobachte, wie viel von dem Bilde des gegenüberliegenden Hauses von dem Bilde der Hand verdeckt wird, indem ich das Bild der Hand auf das Haus an der andern Seite der Strasse projicire. Es fällt mir dabei gar nicht ein, einen Vergleich zwischen der Grösse des Hauses und der Hand zu ziehen, obwohl vielleicht die Hälfte des Hauses durch die Hand verdeckt wird. Richte ich den Blick aber auf das Haus, so erscheint mir die excentrisch gesehene Hand grösser; fixire ich die Hand, so erscheint mir das Haus kleiner, als wenn ich es fixire. Da sich das Netzhautbild selbst nicht geändert hat, so muss ein psychologisches Motiv dieser Erscheinung zu Grunde liegen. Hering erklärt dasselbe so, dass er behauptet: wir machen das fixirte Object, dessen wirk-

liche Grösse wir aus Erfahrung kennen, zum Massstab für die Grösse aller gleichzeitig im Sehraum erscheinenden Dinge. Anstatt dieser Erklärung wäre es wichtiger gewesen, wenn er diese Erscheinung benutzt hätte, um daraus den Weg zu erklären, auf welchem wir zu der Erfahrung, die er voraussetzt, gelangen. Ich leugne vollständig, dass wir bei diesem Versuch die Grösse der Hand als Massstab gebrauchen, um die Grösse des Hauses zu beurtheilen, oder umgekehrt. Das Grösser- und Kleiner-Erscheinen der Bilder der Hand und des Hauses bei wechselnder Fixation ist keine Beurtheilung der wirklichen Grösse beider Objecte, sondern ist nur ein Motiv, welches wir benutzen können zur Beurtheilung der Grösse, wenn wir wollen, welches wir aber in diesem Falle nicht dazu benutzen, sondern selbst als eignes Phänomen studiren. Es entspringt aus dem Innervationsgefühl der Muskeln, welche sich bei der wechselnden Fixation des Hauses und der Hand bald für eine grössere, bald für eine geringere Entfernung einrichten. Das Gefühl, welches der Fernstellung entspricht, combinirt mit dem Netzhautbild der nahegelegenen Hand, lässt uns die Hand grösser erscheinen, als wenn wir sie mit dem richtig der Entfernung entsprechenden Innervationsgefühl fixiren, weil das Urtheil über ihre Grösse ein Schluss ist aus dem Innervationsgefühl der Muskeln und der Grösse des Netzhautbildes. Das Muskelgefühl ist gleich einem Trieb, das Bild in solche Entfernung zu setzen, wie sie der Stellung des Auges entspricht. Würde die Hand, ohne ihre Bildgrösse auf der Netzhaut zu ändern, in der Entfernung des Hauses gesehen, so wäre sie eine wirkliche Riesenhand. Dass wir nicht vollkommen in diese Täuschung verfallen, davor schützt uns wohl das unserer Kenntniss zu sehr widersprechende Resultat, was in diesem Fall dabei herauskommen würde, also die Erfahrung, die wir durch solche Schlüsse vor-

her schon gewonnen haben. Nichtsdestoweniger ist das Motiv, welches die Muskeln zum Sehacte beitragen, deutlich zu beobachten, indem uns die Hand sehr viel grösser erscheint bei der Augenstellung für die Ferne. Machen wir ganz dasselbe Experiment mit Objecten, von denen wir keine Kenntniss durch vorausgegangene Erfahrung haben, so wird die Täuschung über die Grösse der Objecte vollständig. Das können wir freilich nicht jeden Augenblick, sondern nur dann, wenn wir die Gelegenheit benutzen, die sich uns in dem Augenblick bietet, wo wir irgend ein neues unbekanntes Object sehen. Wenn wir z. B. das subjective Nachbild einer Kerzenflamme, welches wir uns bei einem Abstand der Flamme von 2 Fuss von unserm Gesicht erzeugt haben, mit einer Augenstellung, die auf 10 Fuss accommodirt ist, betrachten, also auf eine Wand projiciren, die 10 Fuss entfernt ist, so erscheint es ungefähr 5 mal grösser als die Kerzenflamme war, weil dasselbe gleichgebliebene Netzhautbild mit einer Innervation für eine 5 mal grössere Entfernung combinirt wird. Man kann sogar ganz objectiv messen, dass sich das genau so verhält, wenn man an der Wand, auf welche man das Nachbild projicirt, eine Scala anbringt und abmisst, wie viel Theile dieser Scala von dem Nachbild verdeckt werden. Eine Kerzenflamme von etwa 1 Zoll Höhe, in 2 Fuss Distance fixirt, erscheint als Nachbild in 10 Fuss Distance 5 Zoll gross, d. h. sie deckt auf der Scala wirklich eine Fläche von 5 Zoll Höhe. Das Nachbild accommodirt seine Grösse vollständig derjenigen Entfernung, in welche wir es durch die Stellung unserer Augen projiciren wollen, weil es keinen festen Ort im Raum hat, vielmehr dieser ihm ganz durch unsre Muskeln angewiesen wird. Anders ist es beim objectiven Sehen, da müssen sich die Muskeln dem Ort des Objectes anpassen, und der Schluss aus dem Muskelgefühl und der Grösse des Ge-

sichtswinkels führt uns zum objectiven Urtheil über Ort und Grösse des Objectes. Der Schluss ist in der That gleich einer trigonometrischen Rechnung, in welcher der Gesichtswinkel durch das Netzhautbild und die Länge der Seiten durch das Innervationsgefühl der Muskeln gegeben ist, und gefunden wird die Grösse des wirklichen Objectes, welches dem Netzhautbild zu Grunde liegt.

Das Netzhautbild, welches dem objectiven Sehen dient, bedeutet psychologisch die Erregung der Seele, durch welche sie eine Fähigkeit erhält, Formen aufzufassen und zugleich den Trieb, die Ursache dieser Formen zu erkennen. Dieser Trieb verbunden mit dem Trieb, der aus dem Innervationsgefühl der Muskeln entspringt, und auf die Erkennung des Ortes und der Entfernung jener Formen gerichtet ist, setzt die Seele in den Stand, zu Urtheilen über die Objecte zu gelangen, d. h. dieselben zu sehen.

Es erhellt nun auch von selbst, was wir von dem Worte: „Projiciren der Netzhautbilder“ zu halten haben. Im eigentlichen Sinne des Wortes projiciren wir lediglich die subjectiven Nachbilder, wenn wir ihnen irgend einen Platz durch Verbindung mit einem wirklichen Object im Raum anweisen, oder indem wir sie in der Luft schweben lassen, da, wo unsere Sehachsen sich schneiden. Im geometrischen Sinne kann man das Wort ausserdem auch anwenden, wenn wir beobachten, wie viel ferner gelegene Objecte von einem nahe vorgehaltenen verdeckt worden, z. B. wie viel von dem Haus jenseits der Strasse von meiner Hand verdeckt wird. Dann darf man sagen, dass die Hand auf das Haus projicirt wird. Beim normalen Sehen hat sich aber die Thätigkeit der Muskeln dem Einfluss des Netzhautbildes unterzuordnen. Die Stellung der Augen hat sich danach zu richten, dass die Macula lutea beider Augen dem Object gegen-

übersteht, welches gesehen werden soll; da aber die Richtung, in der die Lichtstrahlen von den Objecten in unser Auge fallen, nicht von uns abhängt, sondern von den wirklichen Raumverhältnissen um uns her und speciell von der Lage des Sehobjectes zu unserm Gesicht, so können wir nicht sagen, dass wir unserm Gesichtseindruck durch das Muskelgefühl seine Stellung im Raum anweisen. Vielmehr verhalten wir uns nur receptiv in Bezug auf den Lichteindruck. Nach der Richtung, in welcher der Eindruck kommt, regeln wir die Stellung der Augen; und durch das Gefühl des Bewegungstriebes, welches dabei in den Muskeln entsteht, beurtheilen wir, ob die Ursache des Lichteindrucks weiter oder näher entfernt ist. Wenn wir dann uns geübt haben, das Verhältniss der Grösse des Lichteindrucks, also der Netzhautbilder zu der Entfernung, auf die wir die Sehachsen einstellen, richtig zu beurtheilen, so erkennen wir den richtigen Ort der Objecte. Wo diese Uebung aber fehlt, da kommen Täuschungen im Sehen vor, wie wir auch als Erwachsene und vielerfahrene Männer oft erleben, sobald wir in einen Raum treten, dessen Dimensionen unsere Gewohnheit zu sehr überschreiten. Man kann aber ein solches Beurtheilen eines Verhältnisses, dessen Gründe rein in uns liegen, gewiss nicht Projiciren des Netzhautbildes nennen.

Was beweisen denn die Versuche von Donders über die Projection der Gesichterscheinungen nach den Richtungslinien? Ein direct gesehener Punkt zeigt sich da, wo die willkürliche Bewegungsinervation die Gesichtslinien zur Kreuzung bringt; für die indirect gesehenen Punkte gilt, dass sie, sobald sie binoculär einfach erscheinen, im Kreuzungspunkt der Richtungslinien liegen. Diese Resultate sind ganz unanfechtbar, aber folgt etwa aus ihnen, dass die Localisation aller Objecte im gesehenen Raum nur und allein von unserer willkürlichen

Bewegungsinervation abhängt? Man hat im Gegentheil das Recht, den Satz umzukehren: unsere willkürliche, aber doch unter normalen, gewöhnlichen Verhältnissen ohne bewusste Absicht ausgeführte Bewegung und das davon abhängige Innervationsgefühl richtet sich nach der Lage der gesehenen Objecte im Raum. Wenn wir nicht das Verhältniss zwischen Gesichtswinkel des gesehenen Objectes und dem Innervationsgefühl der Muskeln richtig erkennen, so bekommen wir keine richtige Localisation des Objectes. Um dies experimentell zu bestätigen, eliminire man aus dem Versuch die eine der beiden Bedingungen, aus denen wir das Urtheil über den Ort eines Dinges erhalten. Also zunächst können wir Donders' Versuche heranziehen, in denen er die Möglichkeit, den Gesichtswinkel zu schätzen, auf ein Minimum reducirte, indem alle Vergleichsobjecte durch die Dunkelheit des Raumes ausgeschlossen wurden und als Beobachtungsobject ein kleiner, durch schnell auf einander folgende Inductionsfunken hervorgebrachter Lichtpunkt diente, der die umliegenden Gegenstände nicht erhellte. Der Funke befand sich in wechselnder Entfernung, aber stets innerhalb des Bereichs der Hand, so dass durch den tastenden Zeigefinger der Ort aufgesucht werden konnte, auf welchem jedesmal der Lichtpunkt erschien. In einer grösseren Reihe von Versuchen verschiedener Personen über die Genauigkeit, mit welcher auf diese Weise der Ort des Lichtpunktes vom Finger gezeigt wurde, ergab sich, dass durchschnittlich der Finger etwas mehr als 1 Centimeter an dem wirklichen Orte vorbei zeigte. In diesem Resultat liegt nun wohl der Beweis, dass das Innervationsgefühl der Augenmuskeln dazu beiträgt, uns den Ort der gesehenen Gegenstände beurtheilen zu lassen, denn es war überhaupt kein anderes Hilfsmittel des Sehaktes in dem Versuche zugelassen, aber es liegt auch der ganz stringente Beweis darin, dass nicht dies Innervationsge-

fühl ganz allein im gewöhnlichen Sehen die Objecte localisirt, denn ein Irrthum von 1 Centimeter Abweichung innerhalb des Bereichs des menschlichen Arms würde im normalen Sehen immer schon eine auffallende Störung veranlassen, wie sie uns gewöhnlich nicht vorkommt. Nun deutet Donders allerdings noch einige Hilfsmittel an, welche den Convergenzgefühlen zu Hülfe kommen, als perspectivische Projectionen mit Licht und Schatten, die correspondirenden Neigungen der Meridiane und die Parallaxen, aber es ist ihm vor Allem die Vorstellung und die bereits erworbene Kenntniss der Dinge, welche sich harmonisch mit den Convergenzgefühlen vereinigt, während ich behaupte, dass ein jeder Vorstellung und Erfahrung vorausgehendes Netzhautbild erst im Verein mit den Convergenzgefühlen die Vorstellung erzeugt.

Entfernen wir, um dies zu beweisen, aus dem Versuche jedes Motiv, welches zu einer vernünftigen Vorstellung von dem Sehobject führen könnte, indem wir mit Nachbildern experimentiren, von denen wir von vorn herein wissen, dass sie kein fixirtes Object zur Ursache haben. Haben wir z. B. das Nachbild einer Kerzenflamme in der Mitte unsrer beiden Netzhäute erzeugt, so können wir es projiciren in jede beliebige Entfernung, wo immer ein anderes Object sich findet, welches wir mit dem Nachbild verbinden wollen. Z. B. Donders pflegt das Nachbild einer Flamme auf eine nicht brennende Kerze zu versetzen, und sieht es scheinbar grösser werden, sobald er sich von der Kerze entfernt, und kleiner, wenn er sich ihr nähert. Wenn man es, wie oben erwähnt wurde, in eine 5mal grössere Entfernung versetzt als die wirkliche Flamme, von der es stammt, so erscheint es 5mal grösser als diese. Genug, es ist unmöglich, die wirkliche Grösse eines Nachbildes zu bestimmen; dieselbe ist ganz von unsrer Willkür abhängig, je nachdem wir es in grössere oder geringere Entfernung ver-

setzen. So sehr nun bei diesem Projiciren in wechselnde Entfernung unsere Convergenzgefühle mitwirken müssen, so dürfen wir doch nicht schliessen, dass diese allein zu bestimmen haben über die Entfernung und Grösse des Nachbildes. Denn diese lässt sich in der jedesmaligen Lage, in die wir es willkürlich versetzen, genau nach den Objecten messen, auf welche es projecirt wird, so dass wir sogar auf einer Scala, die wir als Projectionsfläche benutzen, die scheinbare Grösse ablesen können. Wäre das Convergenzgefühl die alleinige Ursache der Entfernung und mithin der Grösse des Nachbildes, so müsste nach Donders' Versuche bei diesem Abmessen in einer Entfernung über 5 Fuss mindestens ein Irrthum von mehreren Centimetern in der Ausdehnung der Nachbilder häufig vorkommen, aber nichts ist genauer möglich, als in jeder beliebigen Entfernung abzulesen; wie viel Theilstriche der Scala von dem Nachbilde jedesmal bei fester Fixation verdeckt werden. Die Grösse des Nachbildes hängt also ab von dem Vergleich derselben mit andern objectiven Netzhautbildern. Die Entfernung ist mit dem Urtheil über die Grösse zugleich gegeben und das Convergenzgefühl passt sich derselben an.

Wenn man über diese Erscheinung einen Moment nachdenkt, so wird man sofort sagen, dass dies auch gar nicht anders sein könne, denn schon die physikalischen Bedingungen des Nachbildes, die ganz von uns unabhängig sind, verlangen es so, dass es genau so viel Objecte verdecken muss, als in den zugehörigen unabänderlichen Gesichtswinkel zu liegen kommen. Aber warum hat man denn nicht beim objectiven Sehen auch schon längst diese psycho-physischen von unsrer Willkür unabhängigen Bedingungen des Netzhautbildes anerkannt? Wahrscheinlich weil man immer wieder und wieder beim physiologischen Experiment das Beobachten der Netzhautbilder zum Zwecke des Experimentes mit dem Be-

nutzen von Netzhautbildern zum Zwecke des objectiven Sehens verwechselt hat.

Geben wir unsern Versuchen noch eine solche Form, dass wir die Einwirkung unsrer Convergenzgefühle auf das Erkennen von Ort, Grösse und Entfernung der Objecte vollständig ausschliessen, so können wir das dadurch thun, dass wir in unendliche Entfernung blicken, und z. B. den Mond als Object wählen. Können wir dabei sagen, dass wir seine Grösse und Entfernung absolut nicht zu erkennen im Stande seien? Ganz gewiss nicht in genügendem Maasse, denn ein Hülfsmittel, das der Convergenzgefühle, fehlt uns. Aber dennoch bildet sich jeder eine ungenügende Vorstellung von der Grösse des Mondes aus den Hülfsmitteln, die ihm geblieben, d. h. aus dem Vergleich des Mondbildes auf der Netzhaut mit andern Netzhautbildern; und diese ungenügende Vorstellung wird um so bestimmter, als der Vergleich mit nahe gelegenen Objecten leichter erfolgen kann, also wenn der Mond dicht über dem Horizont erscheint und nun grösser aussieht, als alle andern Objecte, die neben ihm auf der Erde sich befinden. Oben am Himmel, nahe am Zenith, erscheint er wohl nicht wesentlich kleiner, als vielmehr in unbestimmter Grösse, weil man ihn nicht leicht mit andern Bildern vergleichen kann. Jedenfalls geht daraus hervor, dass das Netzhautbild von fixirten Objecten in seinen psycho-physischen Bedingungen und Eigenschaften ein sehr wichtiges Motiv bildet zur Beurtheilung der Grösse von Objecten, welche allerdings erst dann richtig beurtheilt werden kann, wenn das Convergenzgefühl in Harmonie zu der Entfernung des Objectes gesetzt ist.

Nun gibt es eine grosse Reihe von Experimenten über die Scheinbewegung indirect gesehener und namentlich Doppelbilder, die zu dem Zwecke verwerthet worden

sind, die Abhängigkeit der sogenannten Projection der Netzhautbilder von der Thätigkeit der Augenmuskeln zu beweisen, weil diese Bewegungen jedenfalls von derselben abhängen. Es ist eine zu alte Anschauungsweise: das Netzhautbild erzeugt eine Vorstellung des Objectes, und diese Vorstellung wird projecirt in den Raum, gleichsam ein bestimmter Ort wird ihr durch die Muskelthätigkeit angewiesen. Dabei wird dann oft nur der Ausdruck Projection der Netzhautbilder gesagt, um einen so psychologischen Ausdruck wie Vorstellung vermeiden zu können in einer streng physiologischen Abhandlung, aber man verwechselt unwillkürlich doch sehr oft Netzhautbild mit der Vorstellung, die man sich durch dasselbe erzeugt denkt, und indem man nun Bewegungen der Netzhautbilder in Folge von Augenbewegungen beobachtet, schliesst man, dass nicht nur der Ort der Netzhautbilder, sondern der durch sie erzeugten Vorstellungen der Objecte durch die Muskelthätigkeit bestimmt wird, dass also das Sehen wesentlich darin besteht, dass den durch die Netzhautbilder erregten Vorstellungen ihr richtiger Ort im Raum durch die Muskeln angewiesen wird. Diese Verwechslung wird nicht aufhören, als bis man sich ganz klar darüber geworden ist, dass die Netzhautbilder nur ein Motiv zur Bildung von Vorstellungen sind, und dass zum normalen Sehen noch ein zweites Motiv in der Muskelthätigkeit hinzutreten muss, ehe überhaupt eine Vorstellung zu Stande kommt. Man kann also an Netzhautbildern sehr gut etwas beobachten, was noch nichts mit der Vorstellung zu thun hat, die sich erst aus der Harmonie zwischen dem Netzhautbild und der Muskeliinnervation entwickelt. Das ist namentlich wichtig zu wissen, wenn man Bewegungen der Netzhautbilder beobachtet, die nicht ihren Grund in Bewegung der entsprechenden Objecte haben. Wenn man z. B. die Doppelbilder eines Objectes sich gegen einander bewegen sieht, bis sie zusammenfallen

unter der Bewegung, welche allmählig zum Fixiren des Objectes führt, so nähern sich wirklich die beiden Bilder einander, während das Object unbewegt bleibt. Diese Bewegung hat aber mit dem normalen Sehen, d. h. der Beurtheilung der Lage des Objectes gar nichts zu thun, weil sich nur zwei Netzhautbilder einander genähert haben vor ihrer harmonischen Combination mit dem Muskelgefühl, welche allein zum normalen Sehen führen kann. Erst wenn man im künstlichen Experiment zu Objecten möglichst isolirte Punkte oder fadenförmige Linien wählt, und jeden Anhalt zum Vergleich mit andern Netzhautbildern aus der Umgebung entfernt, kann man die Täuschung so weit treiben, dass man die Doppelbilder, die doch nur reine Netzhautbilder sind, mit richtig beurtheilten Objecten kurze Zeit verwechselt. Daraus kann man aber für den normalen Sehakt höchstens den Schluss ziehen, dass unter ganz seltenen Umständen zuweilen selbst die trefflichsten Hilfsmittel, die wir in der Combination von Netzhautbildern mit Muskelgefühlen haben, doch in die Irre führen können.

Es kommt nur darauf an, den Grund einzusehen, warum von gewissen Objecten im Raum Doppelbilder entstehen müssen, um sofort auch den Grund der Bewegung der Doppelbilder gegen einander zu verstehen. Dann wird man diese Bewegung aber auch nicht mehr zur Erklärung des normalen Sehens verwerthen, sondern nur zur Erklärung des Sehens im physiologischen Experiment. Aus den psycho-physischen Eigenschaften des Netzhautbildes vor seiner Combination mit Muskelinnervationen, wie wir sie oben auseinander gesetzt haben, ergiebt sich der Grund der Doppelbilder ganz unmittelbar. Um das Netzhautbild mit Muskelthätigkeit zum Zwecke des Erkennens von Objecten verwerthen zu können, ist die erste und nothwendigste That des Instinktes oder unbe-

wussten Seelenlebens, dass ein Centrum zum Ausgangspunkt aller Orientirung gewählt wird. Daher die enorme Bedeutung der *Macula lutea* für den Sehakt, mag sie nun bereits bei den ersten Menschen durch Häufung der Zapfen bevorzugt sein, oder erst während der Entwicklung der folgenden Generationen zu dieser Bevorzugung gelangt sein durch das dringende Bedürfniss, den Punkt, von dem aus die Orientirung über alle andern Objecte ausgehn muss, auch als empfindlichsten Punkt zu haben, so dass seine Auswahl von der Natur gleichsam prädestinirt ist. Dass, wenn in der abnormen Beschaffenheit der Augenmuskeln ein Auge verhindert ist, seine *Macula lutea* demselben Object gegenüber zu stellen, auf welches das andere Auge seine Sehachse richtet, dass dann auch, vielleicht nach längerem Kampf, ein anderer Punkt der Retina zum Ausgang aller Orientirung in diesem Auge gewählt werden kann, dafür sprechen manche pathologische Erfahrungen, und es liegt in meiner Auffassung kein Grund, die Annahme zu bestreiten. Wenn Nagel neuerdings*) seine grosse Verwunderung darüber äussert, dass ich davon geredet habe, wie ein vicariirendes Netzhautcentrum in einem Auge mit dem normalen Centrum des andern zusammenwirken könne, so kann ich nur erwidern, dass ich mich noch viel mehr darüber wundere, mit welcher Sorglosigkeit er immer noch alle Localisation der Gesichtseindrücke allein vom Stellungsbewusstsein des Auges abhängen lässt, nachdem doch besonders von Hering, aber auch von manchen andern Seiten ihm verschiedene Irrthümer seiner Theorie nachgewiesen sind, namentlich die Projection der Doppelbilder auf die Projectionssphären, auf denen sie im gewöhnlichen Leben nie liegen.

Wenn also zum ersten Mal fixirt worden ist, indem

*) Jahresbericht über die Leistungen und Fortschritte im Gebiete der Ophthalmologie. 1872.

die Netzhautcentra beider Augen auf ein Object eingestellt sind, so ist damit die Möglichkeit gewonnen, alle andern Lichteindrücke nach ihrer räumlichen Lage im Verhältniss zum Netzhautcentrum zu schätzen, je nachdem sie oben, unten, rechts oder links, näher oder weiter vom Centrum liegen, und zwar weil die Unterscheidungsfähigkeit für kleinste Lichteindrücke beim Menschen höchst bedeutend ist, so kann diese zunächst nur subjective Localisation der Lichteindrücke sehr genau sein, um so genauer je näher dem Centrum. Nie kommt es vor, dass wir einen Lichteindruck, der rechts von dem fixirten Objecte herkäme, anders als rechts von ihm empfänden, so lange wir ihn mit einem Auge betrachten und diese Sicherheit haben wir, ehe sich der Begriff rechts ausbilden konnte. Dieser entwickelt sich erst auf Grund der räumlichen Empfindung, wie wir oben schon ausgeführt haben. Wenn nun das andere Auge denselben Lichteindruck aber von links her neben seinem Centrum empfängt, dann ist es nicht möglich, dass sich das Muskelgefühl mit diesen zwei Eindrücken harmonisch verbinde. Diese Harmonie tritt erst ein bei der Fixation und damit die richtige Beurtheilung der Lage des Objectes und der ganzen Natur des Objectes überhaupt. Ist aber das Muskelgefühl zu jenen Doppelbildern nicht hinzugetreten, so sind sie nicht dasselbe wie unsere normalen Gesichtseindrücke, sondern allein von der Retina abhängig, und zwar wegen deren Eigenschaft, nur räumlich ausgedehnt zu empfinden. Sie sind also gar nicht in eine falsche Entfernung oder eine falsche Richtung projicirt, sondern nur deswegen getrennt, weil jede Retina sie in einem andern räumlichen Verhältniss zum Centrum aufgefasst hat, d. h. weil jedes Auge dasselbe Object von einer andern Seite in einer andern Reihenfolge der Einzelheiten des Gesichtsfeldes gesehen hat, und das tritt gemäss der einfachsten geometrischen Construction

im sogen. parallaktischen Winkel zwischen den Sehachsen am entschiedensten hervor. Hier wie in den Fällen, wo mehr excentrische Bilder doppelt gesehen werden, entspricht die Empfindung ganz genau der geometrischen Construction, und wir finden darin eine neue Bestätigung, dass die Form der Retinaempfindung ganz unabhängig ist von der Innervation der Muskeln. Es fehlt den Doppelbildern, wie Meissner eigentlich mit vollem Recht behauptet hat, die Dimension der Tiefe, wenigstens in sofern, als sie ohne Zuthun der Muskelinnervation entstehen, und die normale Beurtheilung der Tiefendimension erst durch Hinzutreten der Muskelthätigkeit gewonnen wird.

Wenn nun also die Doppelbilder reine Producte der Retina sind in Folge ihrer angeborenen Eigenschaft, nur in räumlicher Form empfinden zu können, so ist weiter nichts Wunderbares, dass sie sich gegen einander nähern und entfernen können, sobald die Retinae ihre Stellung verändern. Es verschieben sich die subjectiven Sehfelder (die reciproken Netzhäute nach v. Hasner) gegen einander mit allen ihren Einzelheiten an verschiedenen Lichteindrücken, und der aufmerksame Beobachter dieser subjectiven Erscheinung kann derselben eine grosse Ausdehnung und Deutlichkeit geben, während der gewöhnliche Mensch, dem es auf das Erkennen wirklicher Dinge ankommt, sobald wie möglich dem unbefriedigenden Zustand durch Fixation desjenigen Objectes ein Ende macht, über welches er sich orientiren will. Die Doppelbilder bewegen sich also mit der Bewegung der Netzhäute einfach darum, weil sie ihr gegenseitiges räumliches Verhältniss im gemeinschaftlichen Gesichtsfeld ändern, ohne dass sie dabei in eine falsche Richtung oder Entfernung projecirt werden. Ihre Bewegung ist von dem gemeinschaftlichen Wirken beider Netzhäute abhängig, während niemals ein ruhendes Sehobject seinen

Ort verlässt, wenn es nur von einem Auge gesehen wird, es sei denn, dass es eine Scheinbewegung macht, die man durch den Begriff des Muskelschwindels erklären kann.

Donders scheint der Meinung zu sein, ebenso wie sich zwei Doppelbilder oder sogen. Halbbilder gegen einander bewegen, so bewege sich ein jedes derselben auch unabhängig von dem andern, wenn das eine Auge verdeckt wird. Er erläutert dies an einem Versuch, den Hering zu dem Zweck angegeben hat, um zu beweisen, dass wir die Gegenstände nicht nothwendig auf den Gesichtslinien projeciren, und an dem Donders zu zeigen versucht, dass die Projection der Netzhautbilder von unsrer Muskelinnervation abhängig ist. Auch Helmholtz zieht aus demselben Versuch den Schluss, dass die Richtung der Gesichtslinien nach den Innervationen, welche auf beide Augen gleichzeitig geübt werden, und nicht allein nach der des geöffneten Auges bei Schluss des andern bestimmt wird. Der Versuch ist der: man visire mit einem Auge, während das andere bedeckt ist, abwechselnd nach einem Visir und einem entfernten Gegenstand, dann machen beide, Visir und Gegenstand, beim Wechsel der Fixation eine Scheinbewegung, und zwar bei Fixation des naheliegenden Visirs nach der Seite des geöffneten Auges, bei Fixation des entfernten Gegenstandes nach der Seite des geschlossenen. Dieser Versuch wollte mir anfänglich gar nicht gelingen; ich bedeckte das linke Auge, und versuchte auf die verschiedenste Art mit dem rechten mich von der erwähnten Scheinbewegung zu überzeugen. Um alle angegebenen Bedingungen möglichst genau zu erfüllen, sah ich durch das Loch eines kleinen Rüte'schen Augenspiegels in 8 Zoll Entfernung auf ein an einer sehr entfernten Wand hängendes Porträt, dessen Kopf gerade durch die Oeffnung zu erkennen war. Bei der Ac-

commodation für den Kopf erschien mir der Spiegel grösser, bei der Accommodation für das Loch des Spiegels erschien mir der Kopf kleiner, aber nie bemerkte ich die geringste seitliche Verschiebung beider Objecte. Ich nahm darauf den Unterschied in der Distance noch grösser und fixirte abwechselnd einen Fleck in meiner Fensterscheibe und den Zweig eines Baumes, der über 50 Schritt entfernt sein mochte, aber wiederum erhielt ich ein so entschieden negatives Resultat, dass mich ein höchst unbehagliches Gefühl überkam, weil ich nicht begreifen konnte, wie so viel ausgezeichnete Forscher das Gegentheil konnten behauptet haben. Da achtete ich erst auf die Angabe von Donders und Helmholtz, dass dieser Versuch mit dem rechten Auge bei weitem nicht so gut gelinge wie mit dem linken, dass Leute, die gewohnt wären, zu visiren, wie Jäger und Schützen, nichts davon merken, und dass Einäugige ganz unfähig seien, ihn an sich hervorzu-bringen. Ich schloss also das rechte Auge, visirte nach denselben Dingen mit dem linken, und bemerkte nun allerdings die Scheinbewegung bei jedem Wechsel der Fixation und Accommodation. Ich war aber auch sofort klar über die Erklärung. Es ist diese Scheinbewegung specifisch verschieden von der der Doppelbilder gegeneinander. Sie erscheint blitzähnlich schnell, um so auffallender, je schneller der Wechsel der Fixation ist, und kann ganz vermieden werden durch langsamere Bewegung der Augen, ebenso wie durch Uebung eines Auges im scharfen Visiren bei Verschluss des anderen. Denn eine Bewegung, die das eine Auge gar nicht wahrnehmen kann, während sie für das andere deutlich ist, muss durch Uebung und Gewohnheit beeinflusst werden. Ganz anders ist es mit den Doppelbildern, die man nach Belieben sich langsam oder schneller nähern oder von einander entfernen kann, die sich sofort nicht mehr be-

wegen, wenn man ein Auge zudeckt, weil sie nur im Verhältniss gegen einander ihren Ort wechseln. Da Uebung und Gewohnheit im Sehact aber nicht ohne Thätigkeit der Muskeln gedacht werden kann, so werden wir die obige Scheinbewegung von den Muskelinnervationen abhängig machen; es fragt sich nur, ob das normale Sehen dadurch erklärt werden kann, oder nur das der physiologischen Beobachter, die unter ganz abnormen Bedingungen gesehen haben. Man muss sich nur über den Begriff „Scheinbewegung“ klar sein. Die Doppelbilder bewegen sich wirklich gegen einander und machen also eigentlich keine Scheinbewegung, sondern eine reelle Bewegung, indem sie ihr gegenseitiges Ortsverhältniss ändern. Der Schein entsteht nur dann, wenn man die Doppelbilder mit den Objecten verwechselt, von denen sie herrühren, was höchstens physiologischen Beobachtern zu begegnen pflegt, und zu dem unpassenden Namen Halbbilder Veranlassung gegeben hat, als wenn nicht jedes ein ganzes Netzhautbild von einem ganzen Objecte wäre. Aber bei dem Visirversuch überzeugt man sich sehr bald, dass die Bewegung der gesehenen Objecte wirklich nur Schein war, den man durch Uebung und festeren Willen, langsamere Bewegung bekämpfen kann, was bei den Doppelbildern nicht möglich ist. Es ist also jene Scheinbewegung ein vorübergehender Muskelschwindel durch die abnorme Anstrengung der Innervation hervorgerufen, da man die sonst gleichmässig auf beiden Seiten vertheilte Convergenzbewegung gezwungener Weise nur dem einen Auge zumuthet und das andere in derselben Richtung festhält. Daraus erklärt sich auch, dass das rechte Auge bei den meisten Beobachtern mehr oder weniger frei bleibt von solchem Schwindel, da es sich übt, wie Helmholtz richtig anführt, mit dem Mikroskop, Teleskop, Augenspiegel und bei andern Gelegenheiten, die

Richtung unabhängig von dem linken Auge richtig zu beurtheilen. Es steht diese Scheinbewegung in Analogie mit manchen andern, die durch ungewöhnliche Muskelinnervation hervorgerufen werden, z. B. wenn man lange Zeit Objecten, die sich in derselben Richtung bewegen, zugesehen und fortwährend gegen den unwillkürlichen Trieb, der Bewegung mit dem Blick nachzufolgen, gekämpft hat, und wenn man dann bei Fixation eines ruhenden Objectes dieses scheinbar nach der entgegengesetzten Richtung fliehen sieht. Wenn die Innervation eines oder einiger Augenmuskeln ungewöhnlich und in höherem Grade gesteigert ist, als das Netzhautbild verlangt, so äussert sich der Schwindel in Scheinbewegung der Objecte, ganz ähnlich wie es einem vorkommen kann, als bewege sich der Boden, auf den man tritt, aufwärts, wenn man darauf gefasst war, tiefer hinunter zu treten, und dies nicht kann, weil der Boden unerwartet eben ist. Wir finden also in dem obigen Versuche nur eine Bestätigung dessen, was wir schon wussten, dass die Innervation der Augenmuskeln sehr grossen Einfluss haben muss auf die Erkenntniss des Ortes der Gesichtsobjecte, denn sonst würde eine abnorme Steigerung derselben keine Störung darin veranlassen.

Wenn man nun aber darüber klar ist, dass die Erscheinung von Doppelbildern daraus folgt, dass die Empfindung der Netzhaut eine geometrische Form hat mit einem Centrum, von dem aus alle anderen empfindenden Punkte in Bezug auf ihre subjective Localisation bestimmt werden, dann hat man durchaus keinen Grund, anzunehmen, dass nur die ihrer Lage nach correspondirenden Punkte der Netzhaut einen gemeinsamen Licht-eindruck empfinden könnten. Diese berühmte Lehre von den identischen Netzhautstellen hatte nur so lange einen Sinn, als man den Sehact so auffasste, dass das

Netzhautbild allein schon eine Vorstellung erzeuge, welche nur gleichsam hinausgetragen würde mit Hilfe der Muskeln. Diese Anschauungsweise, die dem rein idealistischen Standpunkt unserer älteren Physiologie entspricht, liegt heute noch der sogen. nativistischen Theorie des Sehens zu Grunde und ist in ähnlicher Weise auch von der empiristischen Theorie festgehalten worden, nur mit dem Unterschied, dass die Identität nicht angeboren, sondern durch Gewohnheit erworben sein soll. Es kommt Alles auf die Vorbegriffe an: tragen wir unsere Vorstellungen, die wir durch's Netzhautbild gewonnen haben, durch die Muskelinnervation in den gesehenen Raum hinaus, dann müssen wir in den Netzhäuten selbst die geometrischen Eigenschaften suchen, welche genügen, um eine Vorstellung zu bilden, und die Muskeln spielen beim Sehsact nur eine ganz secundäre Rolle. Wir könnten uns sogar vorstellen, dass wir ohne Musculatur mit Hilfe angeborener Sehrichtungen, wie Hering sie construiert, eine gewisse Raumanschauung, wenn auch der Wirklichkeit wenig entsprechend, erhielten.

In diesem Sinne ist die Hering'sche Theorie ganz consequent durchgeführt worden. Die Lehre von den identischen Stellen oder identischen Sehrichtungen ist nur eine weitere Vertiefung dieser idealistischen Anschauungsweise. Wenn man aber das Netzhautbild nur als ein Motiv ansieht, welches allein noch nicht genügt, um irgend eine Vorstellung zu erzeugen, welches vielmehr erst in seiner Combination mit Muskelinnervationen eine Vorstellung erzeugen kann, dann kann man wohl, wie wir es eben gethan haben, die geometrischen Eigenschaften dieses Motivs auch anerkennen und auch von correspondirenden Punkten reden, die in jedem Sehfeld die gleiche Lage im Verhältniss zum Centrum haben, aber man kann nur nicht sagen, dass

diese correspondirenden Stellen stets nur eine und dieselbe Empfindung auslösen müssten, oder dass sie auch nur gewohnt seien, mit einander dieselbe Empfindung zu erregen. Denn sie bekommen ja nur von einem sehr beschränkten Theil des gemeinschaftlichen Gesichtsfeldes gleiche Eindrücke. Sie entstehen erst durch die Wahl eines Centrums zum Ausgangspunkt der Orientirung, die erst mit der ersten Fixation geschieht, und freilich durch die Bevorzugung der Macula lutea in ihrer anatomischen Anlage vor allen andern Stellen durch die Natur einigermassen prädestinirt ist, aber doch auch unter abnormen Verhältnissen der Musculatur einmal einen andern Punkt der Netzhaut treffen kann. Sie sind also freilich von der geometrischen Eigenschaft der Netzhaut und ihrer Empfindung abhängig, aber doch erst nach der Vereinigung der Netzhautempfindung mit Muskelinnervationen, wie sie die Bewegung des Fixirens hervorbringt. Fände diese Vereinigung gar nicht statt, so gäbe es keine correspondirenden Stellen, kein Centrum der Sehfelder, keine Beurtheilung der gesehenen Dinge im Raum, keine Raumanschauung, kein Sehen.

Ich könnte nun alle Experimente, die jemals gemacht worden sind, um den Einfluss der Innervationsgefühle oder der Netzhautbilder auf unsere Beurtheilung der Richtung, Grösse und Entfernung der Objecte zu beweisen, kritisch durchgehen, und überall meinem Schema gemäss der Netzhaut geben was der Netzhaut gehört und der Muskelinnervation, was ihr zukommt, aber ich fürchte mich, zu wiederholen, und wer mir bis hierher gefolgt ist und nicht beigestimmt hat, der wird es auch nicht thun, wenn ich noch einige Seiten weiter dasselbe Thema verhandle. Wer mir aber zustimmt, wird es leicht finden, alle Phänomene des Sehens sich klar zu machen, in-

dem man einfach alles, was Auffassung von Formen ist, aus den geometrischen Eigenschaften der Netzhaut ableitet, die Localisirung der Formen im Raum und damit die Beurtheilung der Grösse und Entfernung der Dinge durch das Zusammenwirken der Muskeln mit der Netzhaut erklärt. Nur durch den logischen Schluss, die trigonometrische Ausrechnung des Verhältnisses zwischen der Grösse der Formen und ihrer Entfernung vom Auge, kommt das zu Stande, was wir Sehen nennen, d. h. Orientiren im Raum mit den uns zur Disposition gestellten natürlichen Hilfsmitteln.