Zur Kenntniss der Mikropie und Makropie.

Von

Prof. Dr. W. Koster Gzn.
in Leiden.

Aus dem Laboratorium von Herrn Professor Sattler zu Leipzig.

Bei der 18. Versammlung der Ophthalmologischen Gesellschaft zu Heidelberg 1886 streifte Donders das Problem der Mikropie, und gab dabei seiner Meinung Ausdruck, dass die früher von ihm gegebene Erklärung dieser Erscheinung, worin er dieselbe mit der Accommodationsparese in Verbindung brachte, ihn nicht mehr befriedigen könne (Sitzungsber. S. 82). Bei der nachfolgenden Discussion theilte Javal einen Versuch mit, woraus hervorgehen sollte, dass unser Urtheil über die Distanz des Gegenstandes zu dem Auftreten der Mikropie in keiner Beziehung stehe, und zugleich sprach er als seine Ueberzeugung aus, dass das Phänomen des Kleinsehens wirklich auf einer Verkleinerung des Netzhautbildes beruhen müsse und zwar in Folge einer Verschiebung der Linse nach hinten. Reddingius und Snellen¹⁾ haben dann nachgewiesen, dass die Vermuthung von Javal nicht richtig war, und dass die Mikropie als Folge der Accommodationsparese durch Mydriatica eine rein subjective Ursache haben müsse; sie bestimmten die Distanz des Fixationspunktes bis zur nasalen Grenze des

¹⁾ Reddingius: Over Micropie. Proefschrift. Groningen 1894.

blinden Fleckes im Gesichtsfelde, bei constanter Distanz des Auges zur Projectionsfläche und fanden, dass dieselbe unverändert blieb vor und während des Bestehens der Mikropie. Auf den Versuch von Javal und die früher von Donders gegebene Erklärung der Mikropie werde ich am Ende dieses Aufsatzes zurückkommen, wenn ich im Anschluss an die folgenden Experimente meine Meinung über die Ursache der Mikropie und Makropie anführen werde; dabei wird auch die Inaugural-Dissertation von Reddingius kurz Erwähnung finden.

I. Mikropie und Makropie bei gleichbleibender Accommodation und Aenderung der Convergenz.

Das Haploskop von Hering ist ein sehr geeignetes Instrument zur Untersuchung der scheinbaren Grössenveränderungen der Gegenstände, welche durch alleinige Aenderung der Convergenz auftreten. Zu demselben Zweck hat man das Spiegelstereoskop¹⁾ und auch gewöhnliche Glasprismen²⁾ in Anwendung gebracht; allein bei dem ersteren Instrument ist die Messung nicht so einfach, und die Prismen sind auch weniger zweckmässig, weil diese verzogene Bilder geben und überdies wegen der stereoskopischen Vereinigung der symmetrisch gekrümmten Bilder das Phänomen der scheinbaren Distanzänderung nicht ohne Weiteres auf die Aenderung der Convergenz zurückgeführt werden darf. Bekanntlich besteht das Haploskop aus zwei langen Armen, welche in einer horizontalen Ebene um die Projectionen der Augendrehpunkte auf diese Ebene als Mittelpunkte gedreht werden können; ein kleines Spiegelchen, das dicht vor jedem Auge vertical unter einem Winkel von 45° zu der Axe des betreffenden Armes, auf dem es unbeweglich fixirt ist, aufgestellt ist, gestattet dem Beob-

¹⁾ H. Meyer: Poggend. Ann. 85. Bd.; pag. 198. 1852.

²⁾ Panum: v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. V. 1.

achter, zwei ähnliche Gegenstände, welche auf gleicher Distanz von den beiden Augen sich auf den Armen des Instrumentes befinden, zu einem, scheinbar vor ihm gelegenen Bilde zu vereinigen. Wenn nun der Winkel, welchen jeder Arm des Haploskops mit der Basallinie der Augen bildet, gleich dem halben Winkel der Convergenz ist, welche die Augen haben müssten, um einen Gegenstand zu fixiren, der auf derselben Distanz in der Medianebene sich befindet, so ist weder Verkleinerung noch Vergrößerung des Objectes zu constatiren; sobald aber die Arme einander genähert werden, in der Weise dass die Augen bei gleichbleibendem Abstand des Objects von denselben viel stärker als gewöhnlich bei dieser Accommodation convergiren, tritt sofort die Mikropie auf; und wenn man die Arme so stellt, dass die Convergenz kleiner ist als unter normalen Verhältnissen demselben Grade der Accommodation entspricht, scheint der Gegenstand uns vergrößert zu sein. In dem ersten Falle scheint das Object zugleich näher zu stehen, im letzten entfernter. Es zeigt sich, dass wir, so lange gewisse Grenzen nicht überschritten werden, uns den Gegenstand vorstellen, als ob er dort stehe, wo die Blicklinien sich schneiden. Man beweist dies dadurch, dass man den Kopf in der Weise aufstellt, dass die Augen theilweise in die Spiegelchen, theilweise über deren oberen Rand hinweg sehen können; wenn man dann ein Stäbchen vertical in die Medianlinie bringt, kann man es dort aufstellen, wo es keine Doppelbilder mehr erzeugt; auch kann man das Stäbchen schnell dort hinbringen, wo man das haploskopische Bild stehen sieht; in beiden Fällen stimmt die Distanz von der Nasenwurzel ungefähr überein mit dem Stande der Convergenz der beiden Augen. Stellt man einen Maassstab horizontal und senkrecht auf der Medianlinie auf, in der Weise, dass die Augen für die Distanz accommodirt sind, so sieht man bei verschiedenen Graden der Convergenz das Bild des Haploskops auf dem Stab projecirt, und

man kann sich dabei überzeugen, dass die Mikropie oder die Makropie eine rein subjective Erscheinung ist, da der Gegenstand immer einen gleichen Theil des Maassstabs deckt. Dieses Messen des haploskopischen Bildes ist im Anfang etwas schwer, weil der Maassstab in Doppelbildern gesehen wird, welche theilweise übereinander fallen.

Wenn der Gegenstand zweimal kleiner gesehen wird, was sich ziemlich genau beurtheilen lässt, wenn man die Arme schnell einander nähert, scheint auch die Distanz von dem Beobachter zweimal kleiner zu sein.

Ich sagte oben, dass innerhalb gewisser Grenzen der Gegenstand dort zu stehen scheint, wo die Blicklinien sich schneiden; für Distanzen grösser als ungefähr $1\frac{1}{2}$ m ist dies nämlich für meine Augen nicht mehr richtig; der Gegenstand scheint dann näher zu stehen als dieser Schnittpunkt, wiewohl immer noch weiter als in Wirklichkeit; andere Factoren, welcher wir uns bedienen, um uns über die Distanz ein Urtheil zu bilden, machen hier ihren Einfluss geltend; und dazu ist besonders zu rechnen die paralaktische Verschiebung der Gegenstände in Bezug zu einander, hauptsächlich zur Wand des Zimmers, bei sehr geringen Bewegungen des Kopfes. Demnach bekommen wir bei parallelen Blicklinien und einer Entfernung des Objectes von den Augen $= 1$ m nicht die Vorstellung der sehr grossen Entfernung, sondern nur einer mässig grösseren von 1,25—1,50 m. Und ebenso bei divergenten Blicklinien, wobei die scheinbare Vergrösserung wieder mit der Vorstellung der Distanz übereinstimmt.

Sobald die Arme des Haploskops einander so weit genähert, oder so weit auseinander gerückt sind, dass die Grenzen überschritten werden, wo die Convergenz noch eben mit der nothwendigen Accommodation zusammengehen kann, rücken die Bilder im Haploskop auseinander; noch einen Augenblick bleibt dann die Mikropie oder Makropie bestehen, während die beiden Bilder in der Nähe von einander

bleiben, dann aber entfernen sie sich weiter von einander, und jedes der Bilder giebt uns eine Vorstellung von der wahren Grösse des Objects.

Eine Erscheinung, welche bei dieser Form der Mikropie und Makropie auftritt, verdient noch eine kurze Erwähnung. Hat man als Objecte auf die Arme des Haploskops weisse Dreiecke von Pappe aufgestellt, so scheint, wenn das Vereinigungsbild klein gesehen wird, die Beleuchtung stärker geworden zu sein, und zugleich erscheint auch die Faserung des Papiers viel feiner; sehen wir dagegen ein vergrössertes Bild, so scheint die Beleuchtung schwächer als wenn das Bild in seiner wirklichen Grösse gesehen wird. Ebenso erschien mir, wenn schwarze Dreiecke benutzt wurden, das scheinbar kleinere Object dunkler schwarz, das scheinbar grössere mehr graulich. Bei diesen Versuchen wurde die beleuchtende Lampe über dem Kopf des Beobachters aufgestellt und zwar ein wenig hinter der Mitte der Basallinie der beiden Augen: die objective Beleuchtung der Dreiecke bleibt bei dieser Anordnung des Versuchs constant. Ich habe weiter als Objecte grössere viereckige Stücke schwarzer Pappe genommen, aus welchen in der Mitte ein gleichseitiges Dreieck ausgeschnitten war, welche Oeffnung wieder mit Seidenpapier zugeklebt wurde. Mittelst einer auf jedem Arm hinter diesem Schirm aufgestellten Kerze wurde das Dreieck beleuchtet und bei Bewegung der Haploskoparme blieb die Beleuchtung constant. Ich fand hierbei, dass die scheinbare Helligkeit stark beeinflusst wurde von der Art der Faserung des Seidenpapiers; waren die dickeren dunkleren Streifen überwiegend oder sehr zahlreich, so sehen wir das kleingesehene Bild dunkler, das grösser gesehene dagegen heller; und umgekehrt wenn die Faserung des Papiers sehr zart war. Uebrigens muss ich hierbei erwähnen, dass die Erscheinung der scheinbaren Helligkeit individuell verschieden zu sein scheint, da ein College keinen Unterschied in der Beleuchtung wahrnehmen

konnte. Weiter muss ich noch darauf hinweisen, dass die Pupille während der stärkeren Convergenz ein wenig enger wird, jedoch sehr unbedeutend, so lange die Accommodation constant dieselbe bleibt. Dies ist ein Moment, das die objective Beleuchtung der Netzhautbilder während des Kleinsehens herabsetzt. Sobald man die Arme des Haploskops so weit einander nähert, dass die genaue Accommodation nicht mehr möglich ist, verengern sich die Pupillen bedeutend und damit treten auffallende Aenderungen in der Helligkeit ein; um Fehler, welche hierdurch entstehen können, zu vermeiden, muss man immer genau auf die richtige Accommodation achten; wie oben angedeutet wurde, rücken dann die Bilder auseinander, sobald die Grenze der relativen Convergenzbreite überschritten ist.

II. Mikropie und Makropie bei asymmetrischer Convergenz und Accommodation.

Wenn man eine kleine Visitenkarte in einer Distanz von 25 cm senkrecht auf der horizontalen Blicklinie vor einem Auge hält, und sie in dieser Stellung um das Auge als Mittelpunkt nach der Peripherie des Blickfeldes der gleichnamigen Seite hin bewegt, so bemerkt man zuerst keine Aenderung in der Grösse der Karte, auch die Distanz, in welcher sie sich von uns zu befinden scheint, bleibt dieselbe; nähert man sich aber der Grenze, wo das binoculare Sehen noch möglich ist, so scheint sie grösser als im Anfang und zugleich etwas entfernter zu stehen. Geht man noch weiter, indem man fortwährend dieselbe Distanz zum näher stehenden Auge beibehält, so wird die Grenze des binocularen Sehens überschritten und die Karte erscheint in gekreuzten Doppelbildern; das Bild, welches dem näherstehenden Auge angehört, scheint uns etwas näher zu stehen, als das andere, welches überdies mehr nach der Rückenseite zu liegen scheint; fixirt man das Erstere so ist der Abstand der beiden Bilder gering; wenn der Blick aber

auf das Letztere gerichtet wird, so bewegt sich dies noch mehr nach der Rückenseite des Beobachters, während das Erstere ungefähr seine Stelle beibehält. Das Bild des näherstehenden Auges scheint uns viel grösser, als das Bild des weiter entfernten Auges; das Letztere ist aber auffallend heller, und die darauf gedruckten Buchstaben scheinen viel tiefer schwarz. Vergleicht man die Grösse der Doppelbilder mit dem Eindruck, welchen wir über die Grösse der Karte erhalten, wenn wir diese in der Medianlinie halten, so zeigt sich, dass wir nach dem Bilde des näherstehenden Auges die Karte zu gross, und nach dem Bilde des entfernteren Auges dieselbe zu klein geschätzt hatten; für das erstere Auge besteht also Makropie, und zugleich scheinbare Herabsetzung der Beleuchtung, für das letztere Mikropie, mit der Vorstellung der stärkeren Leuchtkraft. Man kann den Versuch auch so anstellen, dass man gleichgrosse kreisrunde Stückchen weisser Pappe auf einem dunkeln Grunde hinlegt und mit unbeweglichem Kopfe nacheinander fixirt. Um unser Urtheil über die Distanz eines Gegenstandes bei seitlicher Blickrichtung zu prüfen, lässt sich eine Reihe von Stecknadeln verwenden, welche eine gegenseitige Distanz von 1,5 cm haben und auf einer kreisförmigen Linie von 20 cm Radius eingepflanzt sind. Stelle ich den Kreis horizontal und in der Weise, dass meine Nasenwurzel sich im Mittelpunkt derselben befindet, so erscheint mir der grösste mittlere Theil der gebogenen Linie sehr wenig gekrümmt, während an den Enden, so weit das binoculare Sehen noch möglich ist wieder mehr Krümmung auftritt; einige sehen den mittleren Theil ganz gerade oder sogar nach dem Beobachter hin convex. Eine hübsche Erscheinung ist dann und wann bei diesem Versuch zu verzeichnen, wenn die Augen zu viel oder zu wenig convergiren als für die richtige Fixation einer Stecknadel nothwendig ist; es fallen dann die Bilder von Stecknadeln, welche nicht zusammen gehören, auf identische Netzhautstellen, und da

die Stellungen derselben natürlich nicht ganz genau die gleichen sind, entsteht durch Stereoskopie der Eindruck, als wären die Stecknadeln kreuz und quer auf dem Kreise eingestochen. Bringe ich eins der Augen in den Mittelpunkt, z. B. das rechte, so erscheint der Bogen sowohl bei binocularer als bei Betrachtung mit dem rechten Auge allein derartig zum Gesichte zu liegen, als ob der rechte Theil mit einem grösseren Radius beschrieben wäre. Stellt man ein kleines Stäbchen vertical zur Seite des Kopfes auf, in der Weise, dass es dem Beobachter in Doppelbildern erscheint, so bemerkt man erstens, dass die Doppelbilder immer etwas divergiren nach oben hin, einerlei ob man das Stäbchen höher oder niedriger aufstellt; weiter zeigt sich, dass das Bild des weiter entfernten Auges niedriger steht, besonders bei dem Blick nach oben. Stösst man schnell mit dem Finger nach dem Bilde des näherstehenden Auges, so trifft man gewöhnlich die gehörige Richtung, fährt aber ein wenig nach aussen an dem Stäbchen vorbei; macht man dasselbe für das Bild des weiter entfernten Auges, so bringt man den Finger immer zu viel nach der Rückenseite und auch etwas zu weit nach aussen.

III. Mikropie bei maximaler Accommodationsanstrengung.

Man bringe gedruckte Schrift in das Punctum proximum der Accommodation eins der Augen, und bedecke das andere mit der Hand; das Urtheil über die Grösse der Buchstaben ist in dem Falle richtig; dann rücke man die Schrift noch eine Spur näher an das Auge, z. B. 2 mm und versuche mit möglichst grosser Anstrengung die Buchstaben noch scharf zu sehen; es tritt dann ein sehr geringer Grad von Mikropie auf. Lässt man während der stärksten Accommodationsanstrengung das zweite Auge frei, so zeigt sich, dass die Augen viel stärker convergiren als für die Buchstaben; das Punctum prox. liegt für meine Augen in 14 cm, und ich convergire bei diesem Versuch

auf einen Punkt in 8 cm vom Auge, wie ich mittelst des Verschwindens der Doppelbilder eines kleinen Stäbchens bestimmen kann. Die Schrift scheint bei der geringen Mikropie auch nur wenig näher herangerückt zu sein. Diese Form des Kleinsehens gehört zu derselben Kategorie wie jene, welche bei beginnender Presbyopie auftritt, wenn ein Gegenstand in die Nähe des Punct. prox. gebracht wird.

IV. Mikropie durch Accommodationsparese.

Diese Form des Kleinsehens ist oft Gegenstand der Untersuchung gewesen. Man kann die Accommodationsparese leicht hervorrufen, indem man eine Lösung von 1% Homatropin in den Conjunctivalsack träufelt; nach Verlauf von 15 bis 20 Min. tritt die Erscheinung schon auf, wenn man einen Gegenstand mit dem Auge fixirt und in die Nähe des Punct. prox. bringt. Mit dem Haploskop lässt sich der Grad der Mikropie vollkommen genügend bestimmen. Man stellt auf die Arme dieses Instrumentes congruente gleichseitige Dreiecke aus weisser Pappe; über dem einen wird eine feine horizontale, über dem anderen eine gleiche verticale Linie gezogen. Man schiebt dann das Dreieck, das mit dem homatropinisirten Auge gesehen wird, so nahe an das Auge, dass der Strich noch vollkommen scharf wahrgenommen werden kann; das zweite Dreieck stellt man dann auf dem anderen Arme in derselben Distanz vom zweiten Auge auf; die Richtung der Haploskoparme lässt man übereinstimmen mit dem Convergenzwinkel für dieselbe Distanz in der Medianlinie; man sieht dann die zwei Dreiecke neben einander, wenn man mit dem homatropinisirten Auge scharf fixirt, und in derselben Richtung, wenn man mit dem zweiten Auge scharf einstellt. Der Richtungsunterschied wird bewirkt durch die Drehung des normalen Auges nach innen bei der stärkeren Accommodationsanstrengung. Man kann die Arme auch so stellen, dass die Bilder immer nebeneinander liegen. Durch ab-

wechselndes Fixiren der Gegenstände mit den beiden Augen kann man jetzt die Abstände, in welchen sie zu stehen scheinen, und ihre scheinbaren Grössen vergleichen. Es zeigt sich dann, dass diese beiden sich in demselben Verhältniss und demselben Sinne zu ändern scheinen; scheint das eine Bild zweimal kleiner zu sein, so scheint es auch halb so weit entfernt zu stehen. Schiebt man jetzt, indem man das klein erscheinende Bild fixirt, das andere Dreieck näher an das normale Auge, so kann man es in eine Entfernung bringen, wo auch die feine Linie auf diesem Gegenstand scharf gesehen wird; am besten lässt man dabei die Bilder über einander fallen; dadurch ist also gemessen, welche Accommodationsanstrengung das homotropinisirte Auge leisten muss, um ein scharfes Bild von dem Dreieck zu erhalten. Zugleich zeigt sich, dass für nicht zu grosse Distanzen das Urtheil über den Abstand ungefähr übereinstimmt mit dem Maass der Accommodationsanstrengung. Z. B.: 35 Min. nach der Einträufelung von Homatropin in *OS* liegt das Punct. prox. in 30 cm; dabei scheint das Dreieck zweimal kleiner zu sein, und in der halben Distanz zu stehen; das Dreieck vor *OD* wird näher an das Auge geschoben und die beiden feinen Linien erscheinen scharf, wenn die Distanz von *OD* 14 cm beträgt; *OS* hatte also auch eine Accommodationsanstrengung wie für einen 14 cm entfernten Punkt unter normalen Verhältnissen, und das klein erscheinende Dreieck schien, wie wir gesehen haben, in 15 cm Abstand zu stehen; also fast völlige Uebereinstimmung. Nach 55 Min. finde ich bei diesem selben Versuch aufgezeichnet: Punctum prox. *OS* (homotropinisirtes Auge) = 47 cm; Mikropie wie 1:3; Accommodationsanstrengung dabei so stark, dass *OD* auf 14 cm eingestellt ist; auch hier genügende Uebereinstimmung. Desgleichen geht aus meinen Aufzeichnungen, wie aus den hier angeführten hervor, dass bei der maximalen Accommodationsanstrengung für das homotropinisirte Auge auch das andere

auf seinen Nahepunkt eingestellt ist; ein neuer Beweis also für die Unmöglichkeit der ungleichen Accommodationsanstrengung auf beiden Augen, wenn auch nicht ganz einwandfrei, da es möglich wäre, dass der Impuls stärker gewesen ist, als für die richtige Einstellung des normalen Auges nothwendig ist. Wenn der Nahepunkt des homotropinisirten Auges sich noch weiter entfernt, wird die Mikropie wieder geringer; bei 60 cm fand ich dieselbe wieder wie 1:2; doch auch hier verhielten sich wieder die scheinbaren Abstände ebenso. Es scheint also, dass auch bei dieser Mikropie andere Factoren ihren Einfluss auf das Urtheil über die Distanz geltend machen, sobald eine gewisse Grenze überschritten ist; dass jedoch das Kleinsehen nur abhängt von der Vorstellung über den Abstand, worin sich der fixirte Gegenstand befindet, zeigt sich auch hier wieder, wenn man in den Nahepunkt des normalen Auges einen kleinen Schirm mit einigen feinen Linien hinstellt; das Bild des homotropinisirten Auges wird dann wieder zugleich mit dem Schirm scharf gesehen, und sofort in unserer Vorstellung auf denselben projicirt, wobei die Mikropie auf einmal sehr stark wird und der Gegenstand sehr nahe herangerückt scheint.

Dass auch bei dieser Mikropie durch Accommodationsparese die Grösse des Netzhautbildes sich gar nicht geändert hat, kann man dadurch beweisen, dass man in den Nahepunkten des normalen und des homotropinisirten Auges (d. h. natürlich in dem jetzigen Nahepunkt) ähnliche Dreiecke aufstellt, deren Seiten sich verhalten wie ihre Abstände zu den beiden Augen; immer fallen die Bilder dieser Figuren ganz zusammen. Diese Versuche scheinen mir auch von einiger Wichtigkeit für die Frage der Identität der beiden Netzhäute, besonders der centralen Theile; dass wir auch hier, wo die Schlüsse über die Grösse und die Abstände der beiden Gegenstände so vollkommen unabhängig von einander sind, doch immer noch mit gleich gelegenen Netz-

hautparthieen einfach sehen, scheint mir wohl für die von Hering vertheidigte Ansicht der Identität zu sprechen. Lässt man die Bilder von zwei gleichen Dreiecken, welche in gleichem Abstand zu den Augen aufgestellt sind und also ungleich gross und ungleich weit entfernt erscheinen, und auch nicht zur gleichen Zeit scharf wahrgenommen werden können, einander decken, so bekommt man oft den Eindruck, dass man das eine durch das andere hindurch sehe und weiter entfernt; dies ist aber kein Beweis gegen die Identität der Netzhäute, da man auch mit einem Auge durchsichtige Gegenstände, welche unter demselben Gesichtswinkel wahrgenommen werden, als in verschiedenen Distanzen befindlich erkennen kann.

Auch bei der Mikropie durch Accommodationsparese nimmt die Helligkeit des Gegenstandes zu; diese ist hier nicht Folge der grösseren Pupillenweite, da sie noch sehr deutlich bleibt, wenn ein Diaphragma von 3 mm vor dem Auge aufgestellt wird. Auch nimmt die scheinbare Helligkeit zu im Verhältniss zu der Mikropie, während dabei die Weite der Pupille schon ziemlich unveränderlich geworden ist.

Der Versuch von Javal, wovon am Anfang dieses Aufsatzes die Rede war, ist sehr lehrreich für die Kenntniss der Mikropie. Er besteht darin, dass man vor einem Blatte mit gedruckter Schrift, welche man binoculär liest, ein Stäbchen hält von ungefähr 1 cm Breite; dieses verbirgt für jedes Auge einen Theil der Schrift, doch in der Weise, dass diejenigen Buchstaben, welche dem rechten Auge unsichtbar sind, mit dem linken gelesen werden können, und umgekehrt. Wenn der Versuch bei Accommodationsparese brauchbare Resultate geben soll, muss man sicher sein, dass die Augen unter normalen Verhältnissen vollkommen isotrop sind; denn wenn dies nicht der Fall ist, könnte es vorkommen, dass bei der Accommodationsparese auf einem Auge der ungleiche Effect des gleich

starken Accommodationsimpulses auf beiden Augen zur Folge hätte, dass beide für denselben Abstand richtig eingestellt wären. Ein solcher Anisometrop würde also die Buchstaben, welche von den Doppelbildern des Stäbchens verdeckt werden, zur gleichen Zeit scharf sehen können, während diejenigen, welche mit dem homotropisirten Auge wahrgenommen werden, ihm auch kleiner erscheinen könnten. Zu diesem letzten Resultate kam Javal, und da normale isometropie Augen zu ganz verschiedenen Ergebnissen gelangen, liegt es auf der Hand, zu vermuthen, dass Javal den Versuch von einem Anisometropen hat anstellen lassen. Meine Augen sind beide ganz normal und emmetropisch; wenn ich in mein linkes Auge Homotropin einträufle, so sehe ich schon nach zehn Minuten links einen Nebelstreifen auf den Buchstaben erscheinen; dieser Streif correspondirt mit der Lage des Bildes von dem Stäbchen in dem rechten Auge. Schliesse ich dieses, so verschwindet der Nebelstreifen und ich kann alle Buchstaben wieder scharf wahrnehmen, ausgenommen natürlich diejenigen, welche von dem Stäbchen verdeckt werden. Sobald ich aber das rechte Auge wieder öffne, ist der Nebel wieder da; die Buchstaben in dem Streifen sind diffus, und wer die echte Mikropie niemals beobachtet hat, könnte meinen, hier das Kleinsehen vor sich zu haben, da bei oberflächlicher Wahrnehmung die Buchstaben auch kleiner erscheinen; dies ist aber dadurch zu erklären, dass bei der grossen Pupillenweite die Zerstreuungskreise der Buchstaben sehr breit sind und in einander übergehen, wodurch die dunkleren Kernschatten sich nun wie kleinere Buchstaben darstellen. Die echte Mikropie tritt nur ein, wenn das Auge ein scharfes Bild des Gegenstandes erhält, und weil die Accommodationsanstrengung für beide Augen immer gleich ist, können während der Accommodationsparese des einen Auges niemals beide Augen zur selben Zeit für dieselbe Schrift richtig eingestellt sein.

Wenn ich meine Aufmerksamkeit gänzlich dem Nebelstreifen zuwende und versuche die Buchstaben, scharf zu sehen, so gelingt dies im Anfang der Parese noch, doch zur selben Zeit sehe ich an der rechten Seite des Blattes einen anderen Nebelstreifen auftreten, dessen Lage mit dem Theil der Buchstaben übereinstimmt, welcher nur mit dem rechten Auge wahrgenommen werden kann; es besteht dabei ein sehr geringer Grad von Mikropie der scharf gesehenen Buchstaben. Entwickelt sich die Parese weiter, so nimmt auch die Mikropie zu, aber bald geht die stärkere Accommodationsanstrengung wieder Hand in Hand mit stärkerer Convergenz, wodurch die Schrift in Doppelbildern gesehen wird. Denselben Versuch kann man wiederholen, wenn die Wirkung des Homotropin zum grossen Theil nachgelassen hat; dies tritt gewöhnlich nach 15 Stunden ein; man hat dann noch besser Gelegenheit zur Beobachtung der Erscheinungen der Mikropie, da derselbe Grad der Parese viel länger bestehen bleibt als im Anfangsstadium der Einwirkung des Mydriaticums. Sehr interessant scheint es mir nun, dass man feststellen kann, dass sogar 24 Stunden und länger nachdem das Homotropin eingeträufelt worden ist, noch immer eine leichte Accommodationsparese bestehen bleibt, und dass niemals der Einfluss derselben durch ungleiche Accommodationsanstrengung in beiden Augen ausgeglichen werden kann; wenn irgendwo das binoculare Sehen Interesse daran haben würde, ungleiche Accommodationsimpulse auszulösen, so wäre es in diesem Falle, denn dadurch würden die Netzhautbilder einander völlig gleich werden. Dass dieses aber niemals eintritt, beweist der Nebelstreifen, der sofort sichtbar wird, wenn man ein Stäbchen vor die Schrift hält.

Wenn die Accommodation völlig gelähmt ist, kann die Mikropie nicht mehr wahrgenommen werden; ein scharfes Netzhautbild ist also nothwendig, um die Vorstellung der grösseren Nähe zu erwecken, was auch ohne Weiteres zu

verstehen ist; dagegen scheint ein in Zerstreuungskreisen gesehener, nicht zu weit entfernter Gegenstand mir zuweilen etwas grösser und weiter entfernt; gedruckte Schrift scheint aber kleiner zu sein, ebenso thun dies sehr kleine Gegenstände. Wie ich aber schon andeutete, ist diese Art der Mikropie wohl zu unterscheiden von derjenigen, welche auftritt als Folge der Accommodationsparese. Es scheint mir jedoch ganz gut möglich, dass durch die Erscheinungen bei völliger Lähmung des Accommodationsmuskels Verwirrung in den Mittheilungen über das Kleinsehen entstanden sei, und dass diejenigen Fälle, wo die Mikropie angeblich mit der Vorstellung der grösseren Distanz verbunden sein soll, auf diese Ursache zurückgeführt werden müssen. Nicht jeder kann willkürlich stark accommodiren und dies ist für die Wahrnehmung der echten Mikropie durchaus nothwendig.

Wenn man in beide Augen Homotropin einträufelt, kann mit jedem Auge gesondert in der gewöhnlichen Weise die Mikropie beobachtet werden. Im Anfang der Accommodationsparese kann man auch binocular einen Gegenstand noch scharf sehen, so lange nämlich die Accommodationsanstrengung nicht grösser ist, als das Maximum, welches mit dem Grade der Convergenz zusammen gehen kann. Wie man weiss, ist der Spielraum der Accommodation nach dieser Seite hin nicht gross, und beim Weiterschreiten der Parese tritt bald der Augenblick ein, wo binoculares Scharfsehen nicht mehr möglich ist. Bevor dieses Stadium eingetreten ist, scheint binocular keine, oder wenn, nur sehr geringe Mikropie zu bestehen; bei unocularem Sehen ist sie dann schon deutlich, wiewohl noch gering; sobald die Mikropie sehr ausgesprochen ist, kann man binocular nicht mehr scharf sehen. Die richtige Convergenzstellung ist aber meist zwingender, als die richtige Accommodation; wir stellen also beide Augen auf das fixirte Object ein und verzichten auf ein scharfes Netzhautbild:

durch die Convergenzstellung wird dann der Abstand des Gegenstandes richtig beurtheilt; sobald aber eins der Augen mit der Hand verdeckt wird, accommodiren wir stärker, bis ein scharfes Netzhautbild entworfen wird; doch mit der stärkeren Accommodation muss nothwendig ein stärkerer Convergenzimpuls zusammen gehen, und die Folge ist, dass das Auge hinter der Hand sich nach innen dreht, bis Accommodations- und Convergenzimpuls wieder harmoniren. Reddingius scheint sich hierüber etwas gewundert zu haben; doch ist es dieselbe Erscheinung, welche eintritt bei dem Sehen durch Convexgläser bei Verdeckung eines der Augen. Donders beobachtete dies schon, und die Thatsache wurde als ein wichtiger Beweis für die Richtigkeit seiner Theorie des Schielens angeführt. Auch so lange das binoculare scharfe Sehen bei der Accommodationsparese auf beiden Augen noch möglich ist, wird Verdeckung eines Auges eine kleine Bewegung desselben nach einwärts zur Folge haben, da die Convergenzanstrengung auch dann, wie wir schon hervorhoben, etwas kleiner war, als gewöhnlich bei derselben Accommodationsanstrengung.

Da man, um die Mikropie zu beurtheilen, wenn die Accommodation auf beiden Augen paretisch ist, kein normales Urtheil über die Grösse der Objecte zur Verfügung hat, ist man gänzlich auf die Erinnerung an die Grösse angewiesen. Man muss daher völlig bekannte Objecte betrachten; die geringen Grössenunterschiede lassen sich durch Betastung der Gegenstände natürlich nicht abschätzen; das Beurtheilen der Distanz durch schnelles Zugreifen nach dem Object mit dem Finger ist auch für kleine Unterschiede nicht genau genug; ich versuchte die Mikropie festzustellen, indem ich bemüht war, die Länge eines Centimeters, die ich stets ziemlich genau anzugeben im Stande bin, auch während der beiderseitigen Parese abzapassen; es zeigte sich, dass ich den Abstand zu gross nahm, was für eine Mikropie sprechen würde. Ich muss aber hervorheben,

dass die grosse Pupillenweite und die dadurch bedingte Ungenauigkeit der Netzhautbilder vielleicht hier einen Einfluss hat.

Alle Alkaloide, welche die Accommodation lähmen, geben im Anfangsstadium ihrer Wirkung und auch wieder beim Nachlassen derselben Mikropie. Im Gegensatz zu der gewöhnlichen Annahme, dass Cocain keinen oder nur einen sehr geringen Einfluss auf den Accommodationsapparat hat, und auch die Mikropie von ihm nicht hervorgerufen wird, muss ich betonen, dass sowohl das Eine als das Andere der Fall ist. Es hängt nur davon ab, ob man das Cocain in genügender Menge von dem Auge aufnehmen lässt; drei Tropfen einer 5 procentigen Lösung verursachen in meinem Auge eine sehr deutliche Parese der Accommodation; dieselbe Menge einer 10 proc. Lösung lähmt dieselbe fast vollständig, in der Weise, dass bei Untersuchung auf einem Diaphragma von 2 mm Durchmesser nur noch 1,5 bis 2 D Accommodation übrig bleiben, während ich sonst noch über 7 D verfüge. Ein Tropfen von einer 5proc. Lösung hat keinen Einfluss auf die Lage des Nahepunktes; die Pupille wird dadurch aber wohl weiter als diejenige des anderen Auges. Um Fehlerquellen zu vermeiden, wurden die Lösungen ganz frisch hergestellt, so dass eventuelle Verunreinigung mit auch noch so wenig Atropin ausgeschlossen werden kann.

V. Mikropie und Makropie bei gleichbleibender Convergengz und Aenderung der Accommodation.

Ueber die Ursache der Mikropie, welche auftritt, wenn man vor beide Augen Concavgläser bringt, sind die Meinungen noch etwas getheilt. Wenn die Gläser richtig centriert stehen, ändert sich hierbei nur die Accommodationsanstrengung; die Convergenz bleibt dieselbe. Da weiter aber die Grösse des Netzhautbildes bei diesem Versuch wesentlich kleiner wird, ist es schwierig zu entscheiden, ob

das Kleinsehen nur in dieser objectiven Ursache seine Erklärung findet, oder ob auch die grössere Accommodationsanstrengung einen Theil davon verursacht. Monocular ist die Mikropie viel mehr ausgesprochen, und hier muss also ohne Zweifel eine subjective Ursache mitwirken. Dasselbe gilt von der Makropie, welche bei dem Gebrauch von Convexgläsern wahrgenommen wird. Auch für die Entscheidung dieser Streitfrage kann das Haploskop gute Dienste leisten. Man kann hiermit die Accommodationsanstrengung sich ändern lassen, während die Augen dieselbe Convergenzstellung beibehalten. Allerdings ist es nothwendig, damit der Versuch ganz einwandfrei sei, als Object auf die Arme des Haploskops solche Figuren hin zu stellen, deren Netzhautbilder immer gleich gross bleiben, wenn man sie auch in verschiedene Entfernung von den Augen bringt. In v. Graefe's Archiv für Ophthalmologie XLII. 1. habe ich eine derartige Einrichtung beschrieben. Die unter I. mitgetheilten Versuche lassen mit Bestimmtheit annehmen, dass die scheinbare Grösse des Objectes dann immer dieselbe sein wird, in welcher wirklichen Entfernung vom Auge dieses sich auch befinden möge (natürlich auch hier wieder innerhalb bestimmter Grenzen). Denn es zeigte sich dabei, dass der Gegenstand dort gesehen wurde, wo die Blicklinien sich schneiden, welche Accommodation auch immer mit jener Convergenz verbunden war. Der einzige Unterschied zwischen den Versuchsbedingungen liegt darin, dass hier die Accommodationsanstrengung während des Versuchs geändert wird, und es könnte sein, dass dadurch eher die Vorstellung der grösseren Nähe geweckt wurde. Wenn man im Haploskop auf jeden Arm zwei ähnliche Dreiecke hinstellt, und zwar das eine, das zweimal kleiner sei, zweimal näher, so sind auch die Netzhautbilder gleich, und beide Bilder, welche aus der Vereinigung der Dreieckenpaare entstehen, werden mit derselben Convergenz beobachtet, aber durch die parallactische Verschiebung ent-

steht immer die Vorstellung, dass der eine etwas näher steht, und ich finde, dass dieselbe noch unterstützt wird durch die Nothwendigkeit, die Accommodation stärker anzuspannen, wenn man das vordere scharf sehen will. Aber wie gesagt ist der Versuch, in dieser Weise angestellt, nicht beweisend für den Einfluss der Accommodationsanstrengung, denn wir haben hier zwei Objecte, und wiewohl die Netzhautbilder und die Convergenz dieselbe sind, so bestehen daneben solche zwingende Gründe, welche uns zu dem Urtheil nöthigen, dass die Bilder nicht in gleicher Entfernung stehen, dass wir uns nicht wundern müssen, wenn in diesem Falle die Vorstellung sich nicht auf die Convergenzstellung allein verlässt.

Da es für die Frage der scheinbaren Helligkeit wichtig ist zu wissen, wie die Pupillenweite sich hierbei verhält, wurde auch darauf geachtet, und ich konnte bestätigen, was Donders und de Ruijter¹⁾ fanden, indem sie willkürlich ihre Accommodation änderten, ohne die Convergenzstellung dabei ebenfalls auf einen anderen Punkt zu richten, dass nämlich die stärkere Accommodationsanstrengung von einer Verengerung der Pupille begleitet wird. Ebenfalls wurde mit dem Haploskop gefunden, dass Vergrößerung der Convergenz allein auch Pupillenverengerung zur Folge hat; wirken Accommodation und Convergenz harmonisch zusammen, so scheinen die Wirkungen auf die Pupille sich zu addiren; der Effect ist dann viel ausgesprochener.

VI. Makropie durch Miotica.

Diese habe ich nicht in der Weise wahrnehmen können, wie sie gewöhnlich beschrieben wird. Man nimmt an, dass bei dem unocularen Sehen, z. B. mit einem Auge, in welches Pilocarpin eingeträufelt worden ist, eine kleine Accommo-

¹⁾ Anomalieen der Refraction und Accommodation. Wien 1888. pag. 484.

dationsanstrengung einen grösseren Effect als gewöhnlich hat, und bringt damit das Urtheil über die Distanz in Zusammenhang. Ich finde, dass sobald die Wirkung des Mioticums anfängt, jede Accommodationsanstrengung sofort einen Krampf des Ciliarmuskels hervorruft, welcher schmerzhaft ist, und anhält, wenn ich aufhöre die Accommodation anzuspannen und nur sehr langsam wieder weicht. Während des Spasmus der Accommodation habe ich sehr deutlich Makropie, und diese hängt hauptsächlich ab von der Vorstellung, welche ich mir über die Distanz des gesehenen Objects bilde. Durch die sehr enge Pupille geben alle Gegenstände ziemlich scharfe Netzhautbilder. Während der maximalen Wirkung des Eserins oder Pilocarpins befindet sich der Ciliarmuskel fortwährend in Spasmus, was bei mir mit heftigen Schmerzen im Kopf über dem Auge verbunden ist, welche noch zunehmen bei einem Impuls zur Accommodation. Mein Punctum remotum liegt dann in 16 cm Distanz vom Auge, mein Punct. prox. in 11 cm; dieser Spielraum ist wahrscheinlich nur auf Rechnung der Miosis zu schreiben, da ich mir dabei keiner Accommodationsanstrengung bewusst werde. Mein Punct. prox. des normalen Auges liegt in 14 cm, doch bei der maximalen Accommodationsanstrengung wird die Pupille nie so eng wie durch die Wirkung des Eserins. Im Anschluss an einige höchst interessante Beobachtungen des Herrn Dr. Hèss bezüglich der Beweglichkeit der Augenlinse bei Presbyopen, wenn Eserin instillirt worden ist, bestimmte ich möglichst genau das Punct. prox. meines eserinisirten Auges bei nach oben und nach unten gerichtetem Antlitz, doch fand ich dabei keinen Unterschied in der Lage. Meine Linse sinkt also bei maximaler Miosis und nach oben gerichteter Cornea nicht nach hinten (resp. unten). Zur Bestimmung des Nahepunktes benutzte ich einen Apparat, der mit den Zähnen festgehalten wurde, und worauf mittelst Schraube und Zahnstange ein feines Haar so nahe an das

Auge gebracht werden konnte, bis es anfang undeutlich zu werden; der Stand konnte dann abgelesen werden.

Die Makropie stimmt in diesem Stadium überein mit der während des temporären Krampfes des Ciliarmuskels im Anfangsstadium beobachteten; man kann alle Stufen der Makropie hervorrufen. Halte ich z. B. kleine gedruckte Schrift vor das eserinisirte Auge und sehe ich mit dem normalen Auge in die Ferne, so werden die kleinen Buchstaben auf den fixirten Gegenstand projecirt und die Makropie ist enorm ausgesprochen. Mit dem eserinisirten Auge allein habe ich auch sehr wechselnde Makropie; wie gesagt, kommt hier alles an auf die Vorstellung des Abstandes und das Urtheil darüber wird nur durch die frühere Erfahrung und die parallactische Verschiebung beeinflusst. Ich habe nicht bemerken können, dass der Accommodationsimpuls wesentlich Einfluss hatte; und hier liegt der grosse Unterschied gegenüber Mikropie bei Accommodationsparese; bei dieser letzteren bekommen wir nur ein scharfes Netzhautbild bei einer gewissen Anstrengung, aber bei der Makropie durch Miotica erfahren wir sofort, dass die Accommodationsimpulse gar nichts an der Genauigkeit des Netzhautbildes ändern und daher haben dieselben keinen Einfluss auf das Urtheil.

Bei dem Aufhören der Eserinwirkung tritt ein Stadium ein, worin das Auge wieder richtig accommodiren kann, doch der Accommodationszustand der beiden Augen immer noch etwas verschieden ist, wie man zeigen kann, wenn wieder ein Stäbchen zwischen den Augen und einem Blatt gedruckter Schrift gehalten wird. Ist z. B. in das linke Auge eingeträufelt worden, so sieht man links den Nebelstreifen auf den Buchstaben; man kann diese Buchstaben auch wieder scharf sehen, wenn man die Aufmerksamkeit völlig auf dieselben lenkt, und es tritt dann auch rechts wieder ein Nebelstreif auf. Dieses Stadium hat Aehnlichkeit mit demjenigen bei der Accommodationsparese; aber der Unterschied in der nothwendigen Accommodations-

anstrengung, um die Schrift deutlich zu sehen ist sehr gering; wahrscheinlich besteht dann auf dem eserinisirten Auge ein Tonus des Ciliarmuskels, der ein wenig zu gross ist. Durch schnelles Wechseln der Accommodation in der Weise, dass der Nebelstreif bald rechts bald links gesehen wird, können die scheinbaren Grössen der Buchstaben miteinander verglichen werden; es besteht dann noch eine sehr geringe Makropie bei Fixation mit dem eserinisirten Auge.

VII. Mikropie durch Ermüdung der Convergenz.

Bekanntlich wird bei Paresis eines Musc. abducens die Lage eines Objects, welches im Blickfelde an derselben Seite gelegen ist, durch Zugreifen falsch angezeigt, und zugleich treten Scheinbewegungen der Gegenstände auf. Dieselbe Erscheinung können wir bei jedem normalen Menschen wahrnehmen, wenn der Blick möglichst stark zur Seite gewendet wird; wir haben dies unter II. schon mitgetheilt. Eine Visitenkarte wird dann in Doppelbildern gesehen; sobald man das kleine Bild, welches dem weiter entfernten Auge angehört, fixiren will, scheint die Karte sich mehr nach der Rückenseite hin zu bewegen, weil für das Bewusstsein nur der stärkere Impuls zur Seitenbewegung bemerklich wird, während dessen Effect auf die Stellung des Auges uns vollkommen unbekannt bleibt; und da wir gewohnt sind, dass ein Impuls zur Bewegung auch wirklich die beabsichtigte Bewegung zur Folge hat, und die Netzhautbilder sich demgemäss auf der Retina verschieben, schliessen wir, wenn das Letztere ausbleibt, dass die Gegenstände sich nach derselben Seite hin bewegen, in der Weise, dass der Stand in Bezug auf das Auge derselbe bleibt. Dieses Gesetz der falschen Projection ist für alle Muskeln gültig; sind die beiden Musc. interni durch fortwährendes starkes Convergiren, z. B. indem man während einer Viertelstunde die dicht an den Augen gehaltene Fingerspitze fixirt, erheblich ermüdet, so können wir nach

einigen Minuten deutlich eine leichte Mikropie constatiren, während auch die Stelle, wo sich das Object befindet, in der Vorstellung dichter nach der Nase hin verlegt wird. Die Mikropie kann man schätzen durch Vergleichung mit dem unocularen Sehen in etwas grösserer Entfernung; ich finde den Unterschied in der Grösse am deutlichsten einige Minuten nachdem ich mit der starken Convergenz, welche die Ermüdung hervorrief, aufgehört habe; die Ermüdung der Accommodation, welche mit der Convergenzanstrengung ebenfalls eintritt, ist dann wahrscheinlich wieder verschwunden und mit einem Auge wird die Grösse der Gegenstände wieder richtig beurtheilt.

Eine merkwürdige Thatsache entdeckte ich bei den Versuchen, welche angestellt wurden, um die Ermüdung der Interni zu bewirken; ich hatte zu dem Zwecke auch starke Glasprismen vor die Augen gestellt, in der Weise, dass ich fortwährend stark convergiren musste, um in der gewöhnlichen Distanz lesen zu können, und natürlich auch für jeden Abstand entsprechend mehr als gewöhnlich. Nachdem ich die Prismenbrille zwei Stunden getragen hatte, was nur im Anfang ein unangenehmes Gefühl von Druck in der Stirn verursachte, wurde sie abgenommen und ich erwartete jetzt dass eine latente Insufficienz der Convergenz eingetreten sein würde; zu meiner nicht geringen Verwunderung hatte ich aber einen manifesten Strabismus convergens von 7° , mit Doppelbildern, welcher erst nach zwei Stunden wieder langsam verschwunden war; indem ich Prismen, mit der Basis nach innen während zwei Stunden trug, entstand nur ein latenter Strabismus divergens von 3° beim Sehen in der Nähe bis zu 50 cm Distanz; für die Ferne waren die Muskeln im Gleichgewicht. Bei anderen Personen ergaben die Versuche ähnliche Resultate. Bei einem Collegen, der für gewöhnlich eine leichte Insufficienz der Convergenz hat, trat kein manifestes convergirendes Schielen auf, doch ein sehr deutliches latentes: bei ihm

riefen die Prismen mit der Basis nach innen kein manifestes divergirendes Schielen hervor, wie ich es für wahrscheinlich gehalten, sondern auch nur ein solches latentes. Mit der weiteren Untersuchung dieser Erscheinungen bin ich noch beschäftigt; es scheint mir, dass dieselben für das Verständniss der verschiedenen Formen des Strabismus von grosser Bedeutung sind.

Intelligente emmetropische Patienten, welche eine ausgesprochene Insufficienz der Convergenz haben, sind ziemlich selten; ich kann daher über das Vorkommen der Mikropie bei denselben nichts Positives mittheilen; bei Myopen, wo dieses Symptom so allgemein ist, wird die Beobachtung sehr complicirt, durch die Gewöhnung an corrigirende Gläser.

VIII. Mikropie durch Stereoskopie.

Durch stereoskopische Zeichnungen wird unser Urtheil über Grösse und Distanz sehr beeinflusst und zwar meist ohne dass dabei Accommodation oder Convergenz einen Einfluss ausüben. Ich will hier nur darauf hinweisen, dass auch bei der Stereoskopie mit der Mikropie die scheinbar stärkere Beleuchtung Hand in Hand geht; von zwei abgestumpften Pyramiden, deren obere Flächen auf den Zeichnungen gleich gross und gleich stark beleuchtet und dem Beobachter zugekehrt sind, scheint diejenige Fläche, welche im Stereoskop am meisten nach vorn zu stehen scheint, kleiner und heller als die andere.

IX. Mikropie bei Stereoskopie durch Farbendifferenz.

Reddingius lenkte die Aufmerksamkeit darauf, dass bei der Stereoskopie durch Farbendifferenz der scheinbare Unterschied in der Distanz zum Beobachter mit einem scheinbaren Unterschied in der Grösse verbunden sein muss, wenn das objective Maass der Gegenstände (Buchstaben oder Linien) gleich ist. Ich meine mich hiervon ebenfalls

überzeugt zu haben. Man darf bei diesem Versuch jedoch die verschieden gefärbten Buchstaben nicht mit einander vergleichen, da die wirkliche Grösse der Netzhautbilder derselben ebenfalls verschieden ist; hat man z. B. rothe und blaue Buchstaben und ist das Auge für Roth richtig eingestellt, so geben die blauen Buchstaben ein weniger scharfes, aber grösseres Netzhautbild; auch hat die Irradiation, welche abhängig ist von der Helligkeit, Einfluss auf das Urtheil über die Grösse. Man muss daher die scheinbare Grösse derselben Buchstaben vergleichen, das eine Mal wenn sie mehr nach vorn, das andere Mal wenn sie sich scheinbar mehr nach hinten von den anderen Buchstaben befinden. Wie Einthoven angegeben hat, kann man diese beiden Phasen eintreten lassen, indem man ein kleines Diaphragma vor jedes Auge bald möglichst nasalwärts hält, bald temporalwärts. Die blauen Buchstaben scheinen mir dann am kleinsten, wenn sie scheinbar am meisten nach vorn stehen, und grösser wenn sie mehr nach hinten liegen, doch sie kommen mir immer grösser vor, als die scharfbegrenzten rothen Buchstaben.

X. Mikropie bei Anisometropie.

Die hierbei auftretende Mikropie ist nicht rein subjectiv, wenigstens nicht wenn die Anisometropie, wie allgemein angenommen wird, beruht auf ungleicher Länge der Axen beider Augen. Wenn nun z. B. das eine Auge emmetropisch ist und das andere myopisch, so wird, wenn beide nach einander denselben Gegenstand fixiren (bei constanter Distanz), das Netzhautbild des Ersteren kleiner sein als dasjenige des Letzteren. Dadurch wird das Urtheil über die Grösse in beiden Fällen schon verschieden sein; wir setzen dabei voraus, dass immer nur das eine Auge für die Nähe benutzt wird, denn sonst könnte auch die Erfahrung hier einen Einfluss haben. Dass aber auch die grössere Accommodationsanstrengung in dem einen wie in dem anderen

Falle einen Einfluss auf das Urtheil über Distanz und Grösse haben wird, ist sehr wahrscheinlich.

Um alle Erscheinungen verstehen zu können, welche bei den im Vorhergehenden betrachteten Fällen von Mikropie und Makropie auftreten, ist es nothwendig, erst einige Bemerkungen zu machen in Betreff unseres Urtheils über Grösse und Abstand unter normalen Verhältnissen. Donders¹⁾ war ursprünglich der Meinung, dass ein ursächlicher Zusammenhang bestände bei der Beurtheilung der Grösse eines Gegenstandes zwischen der Grösse des Gesichtswinkels, unter welchem er gesehen wird, und dem Urtheil über die Distanz, worin er sich befindet, in der Weise, dass, wenn die Letztere n -fach zu klein oder zu gross geschätzt wird, auch der Gegenstand uns n -fach zu klein oder zu gross zu sein scheint.

Nachher ist Donders²⁾ mit Förster der Meinung, dass, wie z. B. bei der Mikropie, die Vorstellung des Kleinerseins eines Gegenstandes bestehen kann mit der Vorstellung der grösseren Distanz, und zwar dadurch, dass wenn die wirkliche Grösse der Gegenstände uns bekannt ist, wir uns das scheinbare Kleinersein derselben nur erklären können, wenn wir den Schluss ziehen, dass sie jetzt weiter von uns entfernt sind. Diese Erklärung scheint mir nicht richtig, in so weit als unter normalen Verhältnissen innerhalb gewisser Grenzen ein bekannter Gegenstand uns nicht kleiner erscheint, wenn wir ihn aus einer grösseren Entfernung betrachten. Die Vorstellung über die Grösse des Objects scheint mir hier verwechselt zu werden mit der Grösse des Netzhautbildes desselben; die Letztere ist uns als solche ganz unbekannt. Helmholtz³⁾ weist eben-

¹⁾ Nederl. Lancet. 2. serie, 6. jaarg 1850. pag. 607.

²⁾ v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. XVII. 2.

³⁾ Helmholtz: Physiologische Optik. 1. Aufl., pag. 623 u. 624.

falls auf den Zusammenhang zwischen dem Urtheil über Grösse und Distanz der Gegenstände hin. Nach seiner Meinung muss das Urtheil über diese Beziehung durch fort-dauernde Erfahrung erworben sein, und soll es uns daher gar nicht wundern, dass Kinder in dieser Hinsicht oft erhebliche Fehler machen. Dennoch beweist das Beispiel, welches Helmholtz dafür anführt, dass auch bei Kindern schon derselbe ursächliche Zusammenhang bestehen kann; denn um uns an dieses Beispiel zu halten, wurden die Menschen auf dem Thurm für Püppchen angesehen, doch zur gleichen Zeit der Thurm selbst für so niedrig gehalten, dass Helmholtz als Kind seine Mutter bat, ihm eins der Püppchen herunter zu holen, was, wie er meinte, ganz gut möglich wäre. Helmholtz sagt ausdrücklich, dass dies stattfand beim Vorübergehen an einem Thurm und nicht, indem Menschen und Thurm aus grosser Ferne gesehen wurden.

Was mich selbst anbelangt, so ist es gewiss, dass es eine Zeit gab, in welcher ich über Distanzen schon ziemlich gut urtheilen konnte, jedoch bei der Vorstellung über die Grösse von Gegenständen oder Figuren, mit welchen ich nur mittelst des Gesichtssinnes bekannt geworden war, erhebliche Fehler machte. Ich erinnere mich noch sehr lebhaft, dass ich fortwährend der Meinung war, dass die Buchstaben, welche wir als Kinder in der Schule selbst auf das Papier schrieben, gerade so gross wären wie diejenigen, welche zum Vorbild an der Tafel an der Wand geschrieben standen, und der Fehler, den ich hier machte, fiel mir erst auf, als ich selber zum ersten Mal Buchstaben an die Tafel schreiben musste. Ich gerieth in nicht geringe Verwirrung, als ich bemerkte, dass man mit der Kreide keine Buchstaben schreiben konnte, welche gerade so gross waren, wie diejenigen in unseren Heften; bei der Tafel stehend schienen meine Buchstaben mir sehr gross zu sein, doch als ich nach meinem Platz zurückgekehrt war, wunderte

es mich sehr, dass ich so klein geschrieben hatte. Dennoch war der Abstand von meinem Platz bis zu der Tafel mir ganz gut bekannt; mein Urtheil über Abstand war schon richtig, aber mein Urtheil über Grösse der Gegenstände noch durchaus falsch; ich machte noch Fehler bis zum Zehnfachen. Man kann dasselbe noch beobachten, wiewohl nicht immer gleich stark, bei Menschen, welche sich wenig mit gedruckter Schrift beschäftigen; sie beurtheilen diejenigen Buchstaben, welche dem Auge nahe gehalten werden, und dieselbe Grösse des Netzhautbildes geben wie entfernte Buchstaben, immer viel zu gross. Dies weist Alles darauf hin, dass bei der Entwicklung unseres Urtheils über Grösse die wirkliche Grösse des Netzhautbildes überwiegenden Einfluss ausübt auf die Vorstellung; dennoch machen wir auch in diesem Stadium keinen constanten Fehler, da, sobald die Grösse eines Gegenstandes uns aus anderer Erfahrung bekannt ist, wir in jedem Abstand die Vorstellung der richtigen Grösse erhalten, d. h. immer innerhalb gewisser Grenzen. Wird der Abstand verhältnissmässig gross z. B. 1000 m, so machen Kinder immer noch den Fehler, erwachsene Menschen für sehr klein zu halten, während dabei der Abstand meist sogar als sehr gross geschätzt wird. Alles scheint mir darauf hinzuweisen, dass unsere Vorstellungen über Abstand und Grösse sich unabhängig von einander entwickeln, theilweise aus denselben Factoren; bei dem Urtheil über Distanz wird anfangs besonders die Erfahrung Einfluss haben, wie viel Mühe es kostet einen bestimmten Punkt zu erreichen, beziehungsweise wie viel Schritte wir zurücklegen müssen und wie lange es dauert, ehe wir am Ziel sind; das Urtheil über die Grösse wird anfangs hauptsächlich beeinflusst werden durch die directe Erfahrung, durch Betasten und Vergleichen mit bekannten Gegenständen, wobei dann unser eigener Körper wahrscheinlich unbewusst immer als Maassstab dient.

Bei der weiteren Entwicklung des Individuums tritt

nun ohne Zweifel ein Zusammenhang auf zwischen der Vorstellung des Abstandes und der Grösse, wie Donders und Helmholtz dies beschrieben haben. Bei mir ist derselbe derartig, dass ich kein einziges Beispiel kenne, bei dem Aenderung meines Urtheils über den Abstand nicht verbunden ist mit Aenderung des Urtheils über die Grösse im selben Sinne, und wie es scheint bei kleineren Distanzen immer gleichmässig. Das Erste ist ein unentbehrlicher Factor geworden für das Letztere und umgekehrt ist, wenn die Grösse der Gegenstände mir aus Erfahrung bekannt ist, das Letztere ein Mittel zur genaueren Schätzung des Ersteren. Nothwendig ist das Eintreten dieses Zusammenhanges aber nicht, und es scheint mir möglich, dass bei vielen Personen die Vorstellungen über Abstand und Grösse unabhängig von einander gebildet werden, wenn auch meistens theilweise mittelst derselben Factoren.

Der gleichmässige Zusammenhang zwischen den Vorstellungen über Grösse und Abstand eines und desselben Gegenstandes schliesst jetzt noch nicht die Nothwendigkeit ein, dass auch für verschiedene gleichgrosse Gegenstände dasselbe Gesetz gültig ist, oder mehr allgemein ausgedrückt, dass die scheinbaren Grössen der Gegenstände sich immer verhalten müssen wie das Product der scheinbaren Distanz und der Grösse des Netzhautbildes; denn dieses würde heissen, dass wir im Stande wären, unbewusst immer ohne Fehler die Grössen der Netzhautbilder mit einander zu vergleichen, welche entweder gleichzeitig oder kürzer oder länger nach einander in den Augen gebildet werden. Es machen nun die Meisten hierin keine groben Fehler, aber diese Eigenschaft ist doch sehr unvollkommen, wie sich sofort zeigt, wenn wir den einfachsten Fall nehmen, und z. B. auf einem vor uns liegenden Blatt Papier zwei gerade Linien zeichnen wollen, welche gleiche Länge haben; so bald die Linien nicht parallel verlaufen, machen die Meisten sofort Fehler, und diese werden um so grösser,

wenn Farbe und Beleuchtung der Gegenstände verschieden sind.

Bei der Wahrnehmung von Gegenständen, welche sehr weit entfernt sind, wie die Sonne und der Mond, zeigt sich, dass für grosse Abstände der gleichmässige Zusammenhang zwischen dem Urtheil über Grösse und Abstand nicht mehr besteht; wohl ist aber noch ein Zusammenhang da; denn wenn der Mond scheinbar weiter entfernt ist, z. B. wenn er am Horizont durch Nebel hindurch gesehen wird, scheint er bekanntlich Jedem grösser zu sein. Nur ist hier der Zusammenhang zwischen den Vorstellungen sehr locker. Wenn z. B. der Vollmond am Horizont steht, und zwar in einer mir völlig bekannten Landschaft, bekomme ich unter den günstigsten Bedingungen die Vorstellung, dass sein Durchmesser ungefähr 50 cm beträgt; frage ich mich selbst dann, wie weit ich wohl gehen müsste, um den Punkt zu erreichen, wo der Mond zu stehen scheint, so ergibt sich, dass ich ungefähr eine Viertelstunde dazu zu brauchen schätze, was einem Abstand von 1500 m entsprechen würde. Die mit diesen Vorstellungen übereinstimmende Länge der Mittellinie des Netzhautbildes beträgt 0,005 mm, während die wirkliche Länge dieses Durchmessers 0,13 mm beträgt (wobei der Winkel, unter welchem der Mond gesehen wird = 30' genommen ist). Wenn die scheinbare Grösse und der scheinbare Abstand des Mondes mit der wirklichen Grösse des Netzhautbildes in Harmonie wären, so müsste entweder der Mond uns ungefähr 25fach grösser oder etwa 25mal näher erscheinen.

Förster¹⁾ liess von einer Gesellschaft von Aerzten die Grösse des Mondes zeichnen, wie sie dieselbe sahen, und zwar auf einem Blatt Papier in 30 cm Entfernung. Er meinte, dass man erwarten könnte, dass dabei ein Kreis gezogen werden würde, dessen Durchmesser dem Gesichts-

¹⁾ Aubert in Graefe-Saemisch's Handbuch. Physiol. Optik.

winkel entspräche, unter welchem der Mond gesehen wird, also von 2,6 mm. Er fand, dass Alle sehr viel grössere Kreise zogen von 4 bis 20 cm Durchmesser. Meiner Ansicht nach war dieses Resultat im Voraus zu erwarten, da jeder die scheinbare Grösse des Mondes gezeichnet haben wird. Ich würde in dem Falle für den Mond am hellen Himmel einen Kreis zeichnen von 25 cm Durchmesser. Die Distanz des Papiere ist hierbei von keinerlei Bedeutung. Ganz verschieden aber gestaltet sich die Sache, wenn man verlangt, dass auf einem Blatt Papier, welches 30 cm von den Augen entfernt ist, ein Kreis gezogen wird, der unter demselben Gesichtswinkel erscheint wie der Mond; ohne Messen oder Rechnen ist es uns nicht möglich, dies auszuführen, weil dies ein Problem ist, welches zu unserer tagtäglichen Erfahrung in keiner Beziehung steht; die Grösse der Netzhautbilder macht unbewusst ihren Einfluss geltend auf die Vorstellung der Grösse der betreffenden Gegenstände; an und für sich sind ihre Grössen uns durchaus unbekannt und nur, wenn wir sie zur gleichen Zeit auf eine und dieselbe Stelle der Netzhaut fallen lassen, können wir sie sofort mit einander vergleichen.

Da wir also annehmen können, dass bei den meisten Erwachsenen die Vorstellung der Grösse der Objecte, welche sich in nicht zu grosser Entfernung befinden, gebunden ist an die Grösse des Netzhautbildes und die Vorstellung über die Distanz des Objects, so haben wir jetzt zu fragen, durch welche Factoren die Letztere bestimmt wird.

Besonders durch die Untersuchungen von Donders ist nachgewiesen, dass die meisten Personen sich die Gegenstände dort denken, wo die Richtungslinien der beiden Augen sich schneiden, oder, da wir uns hier nur mit dem directen Sehen beschäftigen, können wir sagen in dem Durchschnittspunkt der Blicklinien. Nach der Beschreibung von Donders haben wir uns dies in der Weise zu denken, dass der Innervationsimpuls der Muskeln, welcher noth-

wendig ist, um den Augen denjenigen Stand zu geben, worin jedes Auge in seiner Fovea ein Bild empfängt, zum Bewusstsein durchdringt; unter normalen Verhältnissen ist dieser Impuls für dieselbe Distanz in der Medianebene immer derselbe, und wir kennen die Abstände durch Erfahrung, und zwar durch Fassen mit unseren Händen und Bewegungen unseres ganzen Körpers. Besonders die Beziehungen zwischen den Grössen der verschiedenen Impulse scheinen uns tief eingeprägt zu sein, da bald nachdem in künstlicher Weise, z. B. durch vor den Augen stehende Prismen die gewöhnliche Beziehung zwischen Convergenzimpuls und Abstand geändert worden ist, die Abstände doch wieder ziemlich gut geschätzt werden, wenn wir uns nur erst durch einen concreten Fall von der eingetretenen Aenderung durch Wahrnehmen und Fassen überzeugt haben. Donders nannte diese Innervation zur Convergenz die Entfernungsinervation und stellte sie neben die von Hering als Richtungsinervation bezeichneten Impulse für die Muskelgruppen, welche dazu dienen, die beiden Augen nach oben, nach unten, oder nach den Seiten hin zu bewegen.

In einer anderen Arbeit¹⁾ habe ich darauf hingewiesen, dass auch bei seitlicher Blickrichtung die Entfernungs- und die Richtungsinervation für beide Augen gleich gross und dieselben bleiben können, wenn der Gegenstand denselben Abstand zum Beobachter beibehält, obwohl dabei der Convergenzwinkel der Blicklinien kleiner wird, und die seitlichen Ausschläge eines jeden Auges verschieden gross sind. Ich kam dort zu dem Resultat, dass mechanische Hindernisse in der Beweglichkeit der beiden Augen diese Einrichtung bedingten. Ich hob damals schon hervor, dass dieser Mechanismus von Bedeutung sei, weil dadurch mit

¹⁾ Ueber Accommodation und Convergenz bei seitlicher Blickrichtung. v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. XLII. 1. 1896.

demselben Maass der Accommodationsanstrengung innerhalb ziemlich weiter Grenzen dieselbe Convergenzanstrengung wie für die Medianebene verbunden sein könne; wir sehen jetzt, dass für das Urtheil über die Entfernung die Einrichtung noch von viel mehr Interesse ist, da in dieser einfachen Weise die Möglichkeit gegeben ist, mit denselben Impulsen für die Convergenz, welche uns die Abstände in der Medianebene kennen lehren, auch über die Entfernung der seitlich von uns gelegenen Gegenstände ein richtiges Urtheil zu fällen. Wiewohl also der Convergenzwinkel bei seitlicher Blickrichtung kleiner ist als für dieselbe Distanz des Objects von der Nasenwurzel in der Medianebene, brauchen wir denselben Convergenzimpuls, weil die Widerstände grösser geworden sind. Auf die Erscheinungen an der Grenze des binocularen und monocularen Blickfeldes werde ich nachher zurückkommen; hier muss ich aber noch auf Folgendes hinweisen. Hering hat bekanntlich dargethan, dass wir uns die Richtung, in welcher wir die Gegenstände sehen, nicht vorstellen in Bezug zu einem der Augen sondern zu der Nasenwurzel; daraus folgt, dass wir auch die Entfernung in Bezug auf diesen selben Punkt beurtheilen. Aus dem Versuch auf S. 140—141 geht nun hervor, dass bei Accommodation und Convergenz für sehr nahe gelegene Gegenstände, welche so aufgestellt sind, dass für Alle derselbe Accommodations- und Convergenzimpuls nothwendig ist, nicht die Vorstellung entsteht, dass diese Gegenstände sich in der gleichen Entfernung von einem und demselben Punkte befinden; wir sehen den Kreis nicht als Kreis, sondern als ein Oval. Es scheint mir dies darauf hinzudeuten, dass in diesem Falle das Urtheil beeinflusst wird von unserer Kenntniss der räumlichen Verhältnisse, der Lage unserer Augen und unseres Kopfes. Auch die leichte Makropie (resp. Mikropie) in diesem Falle scheint mir hiermit zusammen zu hängen, indem das Netzhautbild verhältnissmässig grösser (resp. kleiner) ist, als mit

der Vorstellung des Abstandes des Gegenstandes zu der demselben zugekehrten Seite des Kopfes übereinstimmt.

Man muss sich besonders gegenwärtig halten, dass für das richtige Urtheil durch die Entfernungsinervation die Anwesenheit eines Bildes in der Fovea centralis der Netzhaut beider Augen eine nothwendige Bedingung ist. Wenn nur ein Auge ein Bild in seiner Fovea empfängt, so ist das Urtheil viel mehr schwankend, wiewohl bei allen Personen mit normalen Muskelverhältnissen das verdeckte Auge ebenfalls auf den Gegenstand gerichtet ist, der in dem anderen Auge ein scharfes Bild entwirft. Wir sagen in dem Falle, dass das Urtheil über die Distanz bestimmt wird durch die nothwendige Accommodationsanstrengung; wir können aber, um die Sache möglichst einfach zu machen, gerade so gut sagen, dass auch bei dem monocularen Sehen die binoculare Entfernungsinervation die Vorstellung des Abstandes bedingt, dass hier jedoch die Controle fehlt, ob die Einstellung der Augen die richtige ist, weil in einem Auge das Netzhautbild fehlt, und dass daher das Urtheil viel ungenauer ist. Dass weder der Accommodationsimpuls, noch derjenige für die Convergenz in allen Fällen beim unocularen Sehen das Urtheil über die Distanz bestimmt, geht hervor aus der nur sehr geringen Mikropie bei maximaler Accommodationsanstrengung (III.); beide Impulse sind dort viel stärker, als mit der scheinbaren Distanz des Gegenstandes übereinstimmen würde; es beweist dies, dass auch in unserer Vorstellung die Thatsache verwerthet wird, dass wir kein deutliches Netzhautbild empfangen können von einem Object, welches näher an unseren Augen steht, als ein Punkt, der ungefähr mit unserem Nahepunkt übereinstimmt.

Donders wies schon darauf hin (v. Graefe's Archiv f. Ophthalm. XVII. 2), dass die Entfernungsinervation nicht das einzige Mittel ist zur Beurtheilung des Abstandes; für weiter entfernte Gegenstände brauchen wir ganz ver-

schiedene Hilfsmittel, wie die Parallaxe durch Kopfbewegung, die Helligkeit der Objecte u. s. w.; auch für die Nähe haben diese und auch noch andere Factoren einen Einfluss. Einer von diesen ist das stereoskopische Sehen, und der Einfluss desselben kann so stark sein, dass durch künstliche Verhältnisse, wie sie im Stereoskop erzeugt werden, der Einfluss der Entfernungsinervation ganz aufgehoben wird, wenn die stereoskopischen Zeichnungen damit in Streit sind. Dass aber die Stereoskopie nicht der maassgebende Factor ist bei unserem Urtheil über die Entfernung, geht hervor aus der gleichgrossen Genauigkeit über die Vorstellung der Distanz bei seitlicher Blickrichtung: nur eins der Augen empfängt dann ein scharfes Netzhautbild, das andere bekommt ein kleineres und diffuses Bildchen; und überdies, wenn die Bilder auch gleich wären, müsste die Thatsache, dass die Abstände der Augen von der Linie, welche das Object mit der Nasenwurzel verbindet, dabei viel kleiner sind, ganz andere stereoskopische Vorstellungen zur Folge haben. Wir sehen also, dass für das genaue Urtheil über den Abstand nur die Entfernungsinervation übrig bleibt, und diese giebt uns auch eine ganz befriedigende Erklärung.

Die unter I. beschriebene Mikropie und Makropie bei Aenderung der Convergenz kann durch die Entfernungsinervation vollkommen erklärt werden. Man bedenke nur, dass bei grösserer Entfernung, d. h. für meine Augen grösser als 1 m, dieser Factor schon einen geringeren Einfluss ausübt, und dass unter diesen abnormen Verhältnissen, wo unser Urtheil so zu sagen zu wählen hat zwischen den verschiedenen Einflüssen, welche sonst harmonisch zusammenwirken, die parallactische Verschiebung dort schon anfängt, überwiegenden Einfluss zu haben. Die Parallaxe entsteht nicht nur bei kleinen Kopfbewegungen, sondern auch bei kleinen Drehungen des Auges um seinen Mittelpunkt, weil der Knotenpunkt vor dem Drehpunkt gelegen

ist. Wir müssen uns also nicht wundern, dass bei parallelen Blicklinien und Accommodation für einen Punkt in 1 m Entfernung die Makropie nicht enorm gross wird. Und dasselbe gilt von den divergirenden Blicklinien, was sonst zu einer Unmöglichkeit führen müsste. Innerhalb des Abstandes von 1 m scheint das Object aber immer dort zu stehen, wo die Blicklinien sich schneiden.

Auch die Mikropie durch Ermüdung der Convergenz (VII.) wird durch die Entfernungsinervation leicht erklärt. Derselbe Impuls hat einen kleineren Effect, und für denselben Effect brauchen wir einen stärkeren Impuls; doch wir werden uns nur des Impulses bewusst, und wir müssen daher die Vorstellung des kleineren Abstandes, und durch den Zusammenhang zwischen dem Urtheil über Abstand und Grösse auch die Vorstellung der Verkleinerung bekommen.

Die Mikropie durch Parese der Accommodation hat so wie die Meisten sie wahrnehmen nichts Unverständliches mehr an sich; bei dem monoculareren Sehen bekommen wir die Vorstellung des kleineren Abstandes durch den grösseren Impuls der Entfernungsinervation (oder wenn man vorzieht, durch die zu grosse Accommodationsanstrengung); damit verbunden ist wieder die Vorstellung eines kleineren Objectes, da nur dieses in jener Distanz ein gleich grosses Netzhautbild erzeugen kann. Wenn das binoculare Sehen noch möglich ist und wir beide Augen auf den Gegenstand richten, so ist unsere Vorstellung des Abstandes richtig und folglich auch diejenige der Grösse, weil der Entfernungsimpuls unverändert ist; oder wenn man den Accommodationsimpuls als Mittel zur Beurtheilung der Entfernung beibehalten will, kann man sagen: das Urtheil über den Abstand mittelst der Convergenzanstrengung ist viel genauer als mittelst des Accommodationsimpulses, und wenn beide nicht mehr harmonisch zusammenwirken, ziehen wir das Erstere vor. Wenn wir die leichte Mikropie bei binocu-

larer Accommodationsparese und binocularem Sehen als bewiesen annehmen wollen, so müssen wir voraussetzen, dass die stärkere Accommodationsanstrengung verbunden ist mit kräftigerem Impuls zur Convergenz, dessen Effect aber durch gleichzeitige stärkere Divergenzanstrengung aufgehoben wird, welche Letztere dann aber auf das Urtheil über den Abstand keinen Einfluss ausüben müsste. Wie ich aber schon hervorgehoben habe, bin ich vielmehr geneigt, hier einen Einfluss der grossen Pupillenweite auf die Genauigkeit des Sehens anzunehmen, und wir wären demnach nicht gezwungen, (ohne Weiteres) diese neue Hypothese hier gelten zu lassen.

Wir haben uns jetzt noch zu beschäftigen mit den Fällen, in welchen die Mikropie durch Accommodationsparese angeblich verbunden sein soll mit der Vorstellung der grösseren Distanz. Ich muss zunächst nochmals meinem Zweifel Ausdruck geben, ob diese Beobachter wirklich die wahre Mikropie gesehen haben. Im Anfang geben viele Personen an, klein zu sehen, wenn sie einfach nicht für den Gegenstand (meist gedruckte Schrift) accommodirt sind, wiewohl sie für denselben convergiren; wie ich schon hervorgehoben habe, rufen die Kerne der Zerstreuungskreise von kleinen Gegenständen, wie Buchstaben, den Eindruck der Verkleinerung hervor; wenn nun aber dieselben Beobachter ein Auge schliessen und durch willkürliches starkes Accommodiren ein scharfes Netzhautbild empfangen, überzeugen sie sich, dass sie erst jetzt die echte Mikropie wahrnehmen, und während sie sich vorher die diffusen Bilder wohl als weiter entfernt vorstellen konnten, versichern sie jetzt positiv, dass das Bild auch näher stehe. Meiner Ansicht nach können nur diejenigen, welche noch eine beträchtliche Accommodationsbreite haben, über diese Mikropie an sich selber Versuche anstellen. Sobald man nur noch 2 oder 2 D Accommodation besitzt, bleibt bei der stärksten Accommodationsanstrengung während der Parese das Punc-

tum proximum zu weit vom Auge entfernt. Wünschenswerth wäre es jedenfalls, dass eine jugendliche Person, die die Erscheinung von der Mikropie mit der Vorstellung der grösseren Entfernung zeigt, sich selber genau darauf prüfte. Denn wäre dies mit Sicherheit festgestellt, so wäre damit der Beweis geliefert, dass auch bei Erwachsenen nicht immer der Zusammenhang zwischen der Vorstellung des Abstandes und der Grösse besteht. Solche Personen müssen sich dann ein Urtheil über die Grösse bilden durch die Empfindung des Netzhautbildes in Verbindung mit dem Impuls zur Convergenz (resp. Accommodation), während das Urtheil über den Abstand hervorgehen muss aus der Parallaxe, aus der Lage der Doppelbilder der anderen nicht fixirten Gegenstände und auch aus dem Impuls zur Convergenz; aber wiewohl die Vorstellungen des Abstandes und der Grösse beide auf demselben Factor, der Convergenzanstrengung, beruhen können, muss trotzdem angenommen werden, dass die beiden Vorstellungen immer getrennt bleiben, wie dies bei Kindern der Fall ist, und auch noch einigermassen bei Jedem beobachtet werden kann, sobald es sich um sehr entfernte Gegenstände handelt. Wenn dann bei diesen Personen durch Accommodationsparese die Anstrengung zur Accommodation (resp. Convergenz) für eine bestimmte Distanz viel grösser sein muss, kann die Erscheinung des Kleinsehens eintreten, während das Urtheil über die Distanz unverändert bleiben kann, wenn nämlich unter allen Factoren, welche letzteres beeinflussen, der Accommodationsimpuls wenig Gewicht hat; dass der Abstand sogar grösser scheinen kann, hätten wir uns dann zu erklären durch den Einfluss der Mydriasis auf die Schärfe des Bildes. Wie gesagt fehlen hier aber positive Angaben.

Eine Person mit dieser abweichenden Mikropie würde einen entscheidenden Versuch anstellen können über die Frage der Identität der Netzhäute; denn brächte er im Haploskop auf identisch gelegene Netzhautstellen Netzhaut-

bilder von gleicher Grösse und wäre es ihm auch dann noch möglich, die Mikropie mit der Vorstellung der grösseren Distanz zu beobachten, d. h. könnte er das kleinere Bild durch das grössere hindurch sehen unter einem kleineren Gesichtswinkel, so wäre damit die Identität der Netzhäute widerlegt, und bewiesen, dass die Netzhautindrücke ganz gesondert zum Centrum geleitet werden, und dass unsere Vorstellung sie erst zur Vereinigung bringt; drängte sich aber einer solchen Person, so bald die Centra der Netzhautbilder zusammenfielen, sofort die Vorstellung der gleichen Grösse und des gleichen Abstandes auf oder wenigstens des gleichen Gesichtswinkels, so wäre dies ein neuer schlagender Beweis für die Annahme des Zusammenhanges der Innervation der beiden Retinae.

Nicht stichhaltig scheint mir die Auseinandersetzung, welche Schirmer¹⁾ und Aubert²⁾ von der vorher beschriebenen Erscheinung geben. Sie meinen, dass bei der Accommodationsparese der gesteigerte Impuls zur Accommodation erst die Vorstellung des kleineren Abstandes giebt, dass dadurch das Urtheil über die Grösse in Verbindung mit der Empfindung des Netzhautbildes bestimmt wird, und also Mikropie wahrgenommen wird mit scheinbar kleinerem Abstand, und dass jetzt diese Vorstellung der kleineren Distanz wieder losgelassen wird („unter die Schwelle tritt“), um derjenigen von grösserem Abstand Platz zu machen, unter dem Einfluss der gewöhnlichen Erfahrung, dass das successive Kleinerwerden eines Gegenstandes nur mit wachsender Entfernung verbunden sein kann. Ich habe schon darauf hingewiesen, dass dies nicht richtig ist; ein Gegenstand wird oder scheint nicht kleiner, wenn ich ihn statt in 1 m in 10 m Entfernung hinstelle; das Netzhautbild wird kleiner, doch bei der Mikropie bleibt sogar dieses constant,

¹⁾ Schirmer, Real-Encycl. der ges. Heilkunde XII. pag. 486.

²⁾ Aubert, Physiol. Optik im Handb. von Graefe-Saemisch.

und haben wir nur die Vorstellung eines kleineren Gegenstandes. Ueberdies ist es nicht logisch, einen sei es nun bewusst oder unbewusst gemachten Schluss wieder zur Seite zu schieben, ohne die damit gewonnenen Vorstellungen ebenfalls fallen oder sich ändern zu lassen. In dieser Weise könnte man Vieles erklären. Aubert ist dann auch der Meinung, dass die Vorstellung hier sehr willkürlich verfährt.

Unter II. wurde beschrieben, dass an der Grenze des Blickfeldes gekreuzte Doppelbilder entstehen, welche verschieden gross sind und in verschiedener Entfernung zu stehen scheinen. Unser Urtheil über die Distanz durch die Convergenzanstrengung (oder wenn man will durch die Accommodation) ist hier weniger genau, da nur eins der Netzhautcentra ein scharfes Bild empfängt. Jene Impulse sind aber, wenn das Bild des näher befindlichen Auges scharf gesehen wird, grösser, als wenn das Bild des weiter entfernten Auges scharf eingestellt ist, und daher scheint uns das Letztere etwas entfernter zu sein, in Bezug auf unsere Nasenwurzel. Das Netzhautbild des näher stehenden Auges ist aber viel grösser, als dasjenige des anderen und dies muss, in Verbindung mit der Vorstellung über den Abstand, oder allgemeiner gesagt, in Verbindung mit den nothwendigen Impulsen zum Deutlichsehen zur Folge haben, dass wir mit dem näher stehenden Auge ein zu grosses Object, und mit dem anderen ein zu kleines sehen. Die Ursache der gegenseitigen Entfernung in sagittaler Richtung der beiden Bilder habe ich schon S. 155 besprochen; dass das Bild des näher stehenden Auges etwas höher zu stehen scheint, beweist, dass dieses Auge etwas niedriger steht als das andere; und dass die beiden Bilder nach oben divergiren, beweist, dass das näher stehende Auge eine geringere Rollbewegung ausgeführt hat, als das weiter entfernte.

Zum Schluss haben wir noch Rechenschaft zu geben über die scheinbar stärkere Beleuchtung, welche mit dem Auftreten der Mikropie zusammen geht.

Wenn wir uns in verschiedener Entfernung von einem gleichmässig beleuchteten Gegenstande hinstellen, bekommen wir immer den Eindruck der constanten Beleuchtung, so lange es sich wenigstens nicht um helle Flammen handelt, da hier die totale Lichtmenge, welche das Auge empfängt, einen Einfluss ausübt, und besonders bei grosser Nähe die Empfindung des Lichtschmerzes erregt. Bekanntlich bleibt die objective Intensität der Beleuchtung des erhellten Netzhauttheiles hierbei ungefähr constant; wir nehmen an, dass die grössere Absorption des Lichtes durch die dickeren Luftschichten bei zunehmender Entfernung compensirt wird durch die Vermehrung der Lichtmenge in Folge der grösseren Weite der Pupille. Natürlich auch hier wieder innerhalb gewisser Grenzen, da, sobald die Entfernung verhältnissmässig gross wird, die Absorption durch die Luftschichten ein Uebergewicht hat. Diese Unveränderlichkeit der objectiven Beleuchtung des Netzhautbildes lässt sich leicht erklären; abgesehen von Pupillenweite und Absorption des Lichtes auf seinem Weg zum Auge schickt ein und derselbe Gegenstand aus n fach kleinerer Entfernung n^2 fach mehr Licht ins Auge, aber auf der Netzhaut wird diese Lichtmenge auch auf eine n^2 fach grössere Oberfläche vertheilt; es bleibt also die absolute Beleuchtung der Flächeneinheit der Retina dieselbe. Wir setzen hierbei voraus und dies giebt keinen nennenswerthen Fehler, dass die Winkel der Lichtkegel in umgekehrtem Verhältniss stehen zu den Entfernungen vom Auge. Es liegt nun auf der Hand anzunehmen, dass wir die Beleuchtung eines Objectes einfach danach beurtheilen, dass wir uns der Erregungsstärke der einzelnen percipirenden Elemente bewusst werden. Diese Erklärung schliesst aber jeden Einfluss der Vorstellung der Entfernung oder der Grösse des Objectes aus, und da dieser nicht gelegnet werden kann, wie aus den Erscheinungen bei der Mikropie hervorgeht, werden wir auch zu der Annahme geführt, dass das Urtheil über die Beleuchtung

nicht in dieser einfachen Weise gebildet werden kann. Wie der Zusammenhang zwischen scheinbarer Beleuchtung und scheinbarer Grösse und Distanz dann wohl aufzufassen ist, ist eine andere Frage, die mir schwer zu lösen scheint. Für mich hat die folgende Vorstellung die meiste Wahrscheinlichkeit. Durch die constante Erregung eines einzelnen percipirenden Elementes bekommen wir eine Vorstellung über die Leuchtkraft von so zu sagen jedem mathematischen Punkte der Oberfläche eines Gegenstandes. Aus welcher Entfernung wir die leuchtenden Punkte der Oberfläche auch betrachten, immer geben sie uns die Vorstellung derselben Leuchtkraft. Wenn nun aber bei der Mikropie die leuchtenden Punkte der Oberfläche viel gedrängter zu liegen scheinen, wie aus der Betrachtung der sogenannten Zeichnung der Oberfläche hervorgeht, entsteht dadurch auch die Vorstellung der grösseren Helligkeit. Ein Blatt Papier, das scheinbar näher liegt, sieht ganz anders aus als ein solches Blatt, das wirklich näher steht; ersteres scheint von viel feinerer Qualität, weil natürlich auch alle Unebenheiten und Fasern im Verhältniss verkleinert gesehen werden. Für diese Erklärung scheint nun der folgende Versuch zu sprechen; wenn ich in ein Stück Pappe eine kreisförmige Oeffnung schneide von ungefähr 2 cm Durchmesser und diese Oeffnung in der Weise seitlich von den Augen halte, dass ich durch dieselbe den klaren Himmel sehe, und nun die ungleich grossen Doppelbilder auftreten, so sehe ich fast keinen Unterschied in der Leuchtkraft der beiden Oberflächen; der kleine Kreis ist nur noch etwas heller, aber so wenig, dass dies ohne Weiteres durch die Gesetze der Contrastwirkung erklärt werden kann. Ich habe besonders die Mikropie und Makropie bei seitlicher Blickrichtung als Beispiel gewählt, weil hierbei die Einflüsse der Pupillenweite sogar noch im ungünstigen Sinne für das kleinere hellere Bild wirken; bei Fixirung des Bildes mit dem näher stehenden Auge ist die Pupillenweite auf dem anderen

Auge relativ zu eng, und bei Fixation mit dem weiter entfernten Auge ist diese auf dem zweiten Auge relativ zu weit.

Wenn diese Erklärung richtig ist, würde also auch das Urtheil über die Beleuchtung mit den Vorstellungen über Abstand und Grösse in eine gewisse Beziehung getreten sein und würden wir, wenn wir uns über die Beleuchtung der bekannten Gegenstände ein richtiges Urtheil gebildet hätten, mit Hilfe desselben über Abstand und Grösse von anderen Gegenständen eine Vorstellung gewinnen können.

Vielleicht nimmt Jemand Anstoss daran, dass bei dieser Beweisführung die Rede ist von mathematischen Punkten, während das Netzhautbild Flächenausdehnung hat; man bedenke aber, dass diese optischen Verhältnisse dem Bewusstsein durchaus unbekannt sind, und dass dem mathematischen Punkte des Objectes sehr wohl ein mathematischer Punkt in unserer Vorstellung entspricht.

Ueber die scheinbare Grösse von kleinen kreisrunden leuchtenden Flächen, deren Netzhautbilder noch gänzlich auf ein percipirendes Element fallen können, sind ebenfalls noch einige Bemerkungen zu machen, aber diese Frage würde uns zu weit von dem hier gesetzten Ziel abführen.

Bei der vorhergehenden Auseinandersetzung habe ich mich hauptsächlich an die von Helmholtz und besonders von Donders vertretene Lehre der Tiefenwahrnehmung gehalten; es bot sich dabei keine Gelegenheit, auch die von Hering vertheidigte Ansicht über die Raumvorstellungen in Betracht zu ziehen, ohne die Beweisführung dadurch undeutlich zu machen; es kann dies daher erst am Ende dieses Aufsatzes geschehen. Herr Professor Hering hatte die grosse Liebenswürdigkeit, mir persönlich seine Meinung aus einander zu setzen; ich spreche ihm dafür auch hier meinen besten Dank aus.

Hering betrachtet die Vorstellung des Raumes als Etwas, das mit der Empfindung als solcher gegeben ist. Gerade so wie ein Körper eine gewisse Farbenempfindung erregt, ruft auch das Netzhautbild in der Fovea eines oder beider Augen die Vorstellung einer gewissen Lage im Raum, eine bestimmte Farbenvorstellung hervor. Ueber die gegenseitige Lage der Objecte im Raum werden wir unterrichtet durch die Anwesenheit der Doppelbilder, in dem Sinne, dass wenn beim binocularen Sehen die Doppelbilder gekreuzte Disparation zeigen, die Vorstellung der grösseren Nähe geweckt wird, während die gleichseitige Disparation die Vorstellung der grösseren Entfernung hervorrufft. Die gekreuzte Disparation leitet die Convergencebewegung ein, die gleichseitige Disparation die Divergenzbewegung, d. h. die Verminderung der Convergence. Nach Hering ist also die Convergencebewegung Folge der Nähevorstellung, während nach Donders die Nähevorstellung die Folge des Convergenceimpulses ist. So lange es sich um die relative Lage der Gegenstände im Raum handelt, ist der Unterschied zwischen diesen beiden Auffassungen nicht wesentlich; ja wenn man die Ansicht von Donders theilt, kann man sogar auch nicht umhin, die Grösse der gekreuzten oder gleichseitigen Disparation als Ursache unserer Tiefenvorstellung aufzufassen, da wir auch bei momentaner Beleuchtung, wobei keine Aenderung der Convergence eintreten kann, im Stande sind, eine richtige Raumvorstellung zu gewinnen; Donders hat dies selber nachgewiesen. Sobald aber die Rede ist von der Beurtheilung der absoluten Distanz des fixirten Objectes, ist die Differenz zwischen den beiden Auffassungen von grosser Bedeutung, da sich mit der Donders'schen Hypothese auch diese erklären lässt. Wenn Hering gegen die Theorie, welche unsere Vorstellungen über den Abstand abhängig sein lässt von der Grösse der Convergenceimpulse, einwendet, dass er sich nicht vorstellen könne, wie solche verschiedene Grössen

in ursächlichem Zusammenhang mit einander stehen könnten, so sei es mir erlaubt dazu zu bemerken, dass man nicht die Tiefenvorstellung an und für sich als Folge des Impulses zu betrachten braucht, sondern einfach ihre Grösse als abhängig anzusehen hat von der Grösse der psychischen Anstrengung. Begreifen können wir zwar den Zusammenhang der Processe nicht, aber dass ein solcher besteht, scheint mir eben aus den Erscheinungen der Mikropie und Makropie unzweifelhaft hervorzugehen; ohne diese Hypothese oder besser Folgerung bleiben die Erscheinungen der Mikropie durch Accommodationsparese völlig unverständlich, und auch die übrigen Formen lassen nur eine viel complicirtere Erklärung zu.

Eben wegen dieser Annahme der Entfernungsinervation wollte Donders die Theorie von dem Sehen nach den Richtungslinien noch einigermaassen beibehalten, nicht weil er der Ansicht war, dass wir in allen Fällen den beobachteten Gegenstand dort sehen, wo die Blicklinien einander schneiden, denn er wies selber darauf hin, dass wir z. B. mit parallelen Blicklinien ein Object in verhältnissmässig kleine Entfernung projiciren können, sondern weil die Darstellung der Verhältnisse sich dadurch so viel einfacher gestaltet, während die Abweichungen von der Regel nicht derartige sind, dass dadurch nach der Meinung von Donders eine völlige Umwälzung unserer Begriffe nothwendig gemacht wäre. In diesem Sinne sind auch die in obigem Aufsatz vorkommenden Ausdrücke, welche diesen Gegenstand berühren, aufzufassen.

Am Ende dieser Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Sattler meinen herzlichen Dank zu sagen für seine werthvollen kritischen Bemerkungen zu meinen Versuchen; auch Herr Prof. Dr. Hess und Herr Dr. Mertens haben mich durch ihre liebenswürdige Hilfe sehr verpflichtet.