nachdem die Linse entfernt worden ist, noch willkürlich und wechselnd verschieden entfernte Gegenstände verschieden deutlich sehen könne.

Es fragt sich nun weiter: Gibt es in der That keine Accommodation für die Ferne? Durch den Volkmann'schen Versuch haben sich nicht Alle vollständig befriedigt erklärt. Namentlich Kurzsichtige sagen, dass sie auf kurze Zeit in die Ferne deutlicher sehen können als gewöhnlich, nur müssen sie dabei eine Anstrengung machen, die sie auf die Dauer nicht fortzusetzen vermögen. Wenn man nun beachtet, was die Kurzsichtigen thun, wenn sie in die Ferne sehen wollen, so wird man bemerken, dass sie den Orbicularis palpebrarum zusammenziehen, dabei aber durch den Levator palpebrae superioris die Lidspalte offen erhalten, so dass sie eine verkleinerte Lidspalte haben, und mit dem Orbicularis palpebrarum einen Druck auf die Cornea ausüben. Es scheint, dass sie auf diese Weise durch momentane Abflachung der Cornea, vielleicht auch dadurch, dass sie auf der Oberfläche derselben einen Flüssigkeitsmeniscus zu Stande bringen, ihr Auge für kurze Zeit für eine grössere Entfernung einstellen. Es ist dies aber jedenfalls ein Act, der mit der inneren Accommodation, wie wir sie behufs der Einstellung des Auges für die Nähe kennen gelernt haben, nicht verglichen werden kann.

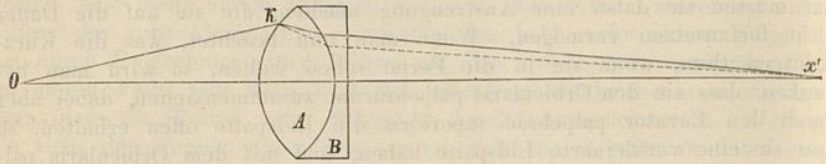
Mängel des dioptrischen Apparates.

Chromasie.

Bis jetzt haben wir immer angenommen, dass das Auge, wenn es einmal genau eingestellt ist, alle Strahlen, welche von einem deutlich gesehenen Punkte kommen, auch wieder auf einen Punkt der Netzhaut vereinige. Das erleidet aber bedeutende Einschränkungen. Zunächst werden im Auge, wie überall, die Strahlen von kurzer Wellenlänge stärker gebrochen als die Strahlen von grösserer Wellenlänge. Letztere werden sich deshalb voraussichtlich später vereinigen. Bei unseren künstlichen, aus Glas gebildeten optischen Instrumenten vermeiden wir diesen Uebelstand dadurch, dass wir eine Sammellinse von Crownglas mit einer Zerstreuungslinse von Flintglas verbinden. Der Brechungsindex von Flintglas ist allerdings höher als der des Crownglases, aber das Farbenzerstreuungsvermögen des Flintglases ist beinahe doppelt so gross als das des Crownglases, und dadurch wird es möglich, dass wir zwei solche Linsen zusammensetzen können, die mit einander noch eine Sammellinse bilden und die doch die rothen und die violetten Strahlen in einer und derselben Entfernung vereinigen. Es geschieht dies dadurch, dass die Zerstreuungslinse von Flintglas, indem sie eben stark genug ist, die ganze Farbenzerstreuung aufzuheben, welche durch die Crownglaslinse bedingt wird, nur einen Theil der gesammten Ablenkung wieder aufhebt, welche die einzelnen Strahlen durch die Crownglaslinse erlitten haben. Es sei Figur 40 A die Crownglaslinse, B die Flintglaslinse, O der Lichtpunkt und x' der Vereinigungspunkt der von diesem ausgehenden Strahlen, so bezeichnet $O\,K$ einen auffallenden Strahl gemischten Lichtes. Der weitere Weg desselben nach der ersten Brechung ist für die Strahlen von der grössten Wellenlänge

ausgezogen, für die Strahlen von der kleinsten Wellenlänge punktirt dargestellt. Die Möglichkeit dieser achromatischen Combinationen wurde zuerst von Euler dargethan, und von Dollond in London wurden die ersten achromatischen Objective ausgeführt.

Fig. 40.

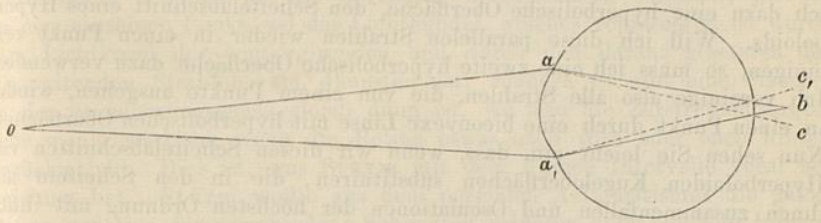


Es fragt sich nun: Ist das Auge auch nach diesem oder nach irgend einem andern Principe achromatisirt, und zwar in der That in so vollkommener Weise, dass die brechbarsten und die am wenigsten brechbaren Strahlen sich wirklich in einer und derselben Entfernung hinter der Linse vereinigen? Wir wissen durch die Untersuchungen von Fraunhofer, dass letzteres nicht der Fall ist. Wollaston hatte im Sonnenspectrum eine Reihe dunkler Linien aufgefunden, und mit der Untersuchung dieser Linien beschäftigte sich später Fraunhofer. Vermöge seiner vortrefflichen optischen Instrumente entdeckte er noch eine grosse Anzahl schwächerer Linien, die der Beobachtung von Wollaston entgangen waren. Alle diese Linien im Spectrum werden jetzt nach Fraunhofer mit dem Namen der Fraunhofer'schen Linien bezeichnet. Bei diesen Arbeiten bemerkte er, dass er sein achromatisches Fernrohr verstellen musste, wenn er die Linien im Roth beobachtet hatte und nun zur Beobachtung der Linien im Gelb, Grün, Blau übergehen wollte. Da er wusste, dass sein Fernrohr achromatisch sei, so schloss er daraus, dass sein Auge nicht achromatisch sein könne, und dies zeigte sich auch in der That. Man kann auch mit anderen Hilfsmitteln, z. B. dadurch, dass man Theilungen mit verschiedenfarbigem Lichte beleuchtet, oder die Theilungen auf verschiedenfarbigen Gläsern einritzt, zeigen, dass das Auge jedesmal weitsichtiger ist für die rothen Strahlen und kurzsichtiger ist für die blauen und violetten, weil eben im Auge die kurzwelligen Strahlen stärker gebrochen werden als die langwelligen. Man kann auch die Farbenzerstreuung für das Auge sichtbar machen, wenn man ein Netzwerk aus weissen Fäden in einer solchen Entfernung ansieht, dass die Fäden vermöge der gebildeten Zerstreuungskreise nicht mehr scharf gesehen werden; dann findet man die Ränder der Fadenbilder farbig.

Warum sieht man für gewöhnlich von dieser Farbenerscheinung nichts? — Die Zerstreuung ist keine so bedeutende, dass die Farben des Spectrums vollständig von einander getrennt würden. Bei dem eben erwähnten Versuche sieht man nur blaue und gelbrothe oder rothgelbe Säume. Nun sei in Figur 41 $o\,a$ ein weisser, $a\,b$ ein gelber, $a\,c$ ein blauer Strahl, so würden von der andern Seite gleichfalls zwei Strahlen kommen a, b und $a, c,$. Wenn die Netzhaut zwischen dem Vereinigungspunkte für die violetten Strahlen und dem für die rothen Strahlen liegt, so schneidet sie an einer Stelle durch, an der die langwelligen Strahlen, die von der einen Seite kommen, auf die kurzwelligen fallen, die von der andern Seite

kommen, und umgekehrt. Nun ist, wie gesagt, die Farbenzerstreuung zu gering, als dass die Farben vollständig von einander getrennt wären, sie beschränkt sich darauf, dass man auf der einen Seite mehr Gelbroth

Fig. 41.



und auf der andern mehr Blau hat. Fallen also die Strahlen von beiden Seiten her übereinander, so compensiren sich die Farben und heben einander auf. Wenn aber die Retina entweder durch den Vereinigungspunkt der violetten Strahlen oder durch den der rothen fällt, dann ist dies nicht der Fall, und deshalb sehen wir die farbigen Säume an Gegenständen, für welche das Auge nicht eingestellt ist. Ferner, wenn wir mit einem Gegenstande unsere halbe Pupille verdecken, so sehen wir sofort an weissen Gegenständen, die sich auf dunklem Grunde absetzen, farbige Säume, weil wir nun die Compensation aufheben, indem wir die Strahlen, die durch die eine Hälfte des Auges gehen, abblenden.

Von der Verminderung der Sehschärfe, welche die Farbenzerstreuung des normalen Auges bedingt, merken wir für gewöhnlich nichts. Dass sie dennoch vorhanden ist, davon kann man sich in folgender Weise überzeugen. Man wählt auf die Seite 176 beschriebene Art zwei gleich helle farbige Gründe, z. B. ein rothes und ein blaues Papier, von denen das eine, sagen wir das rothe, nur Farben von wenig verschiedener Wellenlänge, etwa nur Farben bis zu den *D*-Linien zurückgibt, das andere aber Strahlen aus allen oder fast allen Theilen des Spectrums. Nun projiciren wir auf beide ein schwarzes Gitter und suchen den kleinsten Gesichtswinkel, unter dem wir die Stäbe desselben unterscheiden. Wir werden finden, dass das Unterscheidungsvermögen bei Anwendung des rothen Grundes besser ist. Jetzt mischen wir beide Farben auf optischem Wege, so dass wir drei gleich helle Gründe erhalten, einen rothen, einen purpurfarbenen und einen blauen. Wir werden jetzt finden, dass das Unterscheidungsvermögen auf dem purpurfarbenen Grunde noch schlechter ist als auf dem blauen. Dieser Versuch zeigt zugleich, dass man das Unterscheidungsvermögen nicht allgemein als Mass für die Helligkeit einer Beleuchtung anwenden kann, sondern nur für gewisse praktische Zwecke.

Polyopia monophthalmica.

Der Mangel an Achromasie ist nicht die einzige Unvollkommenheit des optischen Apparates des Auges. Bekanntlich gibt es an unseren künstlichen Instrumenten noch eine zweite Unvollkommenheit, welche wir mit dem Namen der sphärischen Aberration bezeichnen. Wenn auf eine Linse

mit sphärischen Oberflächen von irgend einem Punkte aus Strahlen fallen, so kommen die Strahlen, welche durch den Randtheil einfallen, früher zur Vereinigung als diejenigen, welche durch die Mitte einfallen. Das hängt folgendermassen zusammen. Wenn ich Strahlen, die von einem Punkte ausgehen, durch eine Brechung unter sich parallel machen will, so brauche ich dazu eine hyperbolische Oberfläche, den Scheitelabschnitt eines Hyperboloids. Will ich diese parallelen Strahlen wieder in einen Punkt vereinigen, so muss ich eine zweite hyperbolische Oberfläche dazu verwenden. Ich vereinige also alle Strahlen, die von einem Punkte ausgehen, wieder in einen Punkt durch eine biconvexe Linse mit hyperbolischen Oberflächen. Nun sehen Sie leicht ein, dass, wenn wir diesen Scheitelabschnitten von Hyperboloiden Kugeloberflächen substituiren, die in den Scheiteln mit ihnen zusammenfallen und Osculationen der höchsten Ordnung mit ihnen haben, diese Kugeloberflächen um so mehr nach innen zu von den hyperbolischen Oberflächen abweichen, je mehr ich mich von der Axe entferne, und folglich fallen die Strahlen, die weiter von der Axe entfernt einfallen, immer schiefer auf, haben einen grösseren Einfallswinkel und werden also stärker abgelenkt, als sie abgelenkt werden müssten, wenn sie sich mit den gegenüber liegenden correspondirenden in demselben Punkte vereinigen sollten, in dem sich zwei der Axe ganz nahe einfallende Strahlen vereinigen. Sie werden sich früher vereinigen.

Speciell auf diese Art der Abweichung, das heisst auf die sphärische Aberration, haben wir im menschlichen Auge nicht zu rechnen, weil im Auge sphärische Oberflächen nicht vorkommen. Daraus folgt aber nicht, dass nicht anderweitige Abweichungen wegen Gestalt der Oberflächen im Auge vorkommen, auch solche, die von der Textur der Medien, speciell von der Textur der Linse herrühren. Man kann sich in der That überzeugen, dass selbst Strahlen monochromatischen Lichtes, die von einem leuchtenden Punkte ausgehen, auch wenn derselbe in die Entfernung des deutlichen Sehens gebracht worden ist, dennoch nicht genau in einen Punkt vereinigt werden. Wäre dies der Fall, so müssten solche leuchtende Punkte, dem durch die Pupille kreisförmig begrenzten Strahlenkegel entsprechend, einfach kreisscheibenförmige Zerstreuungskreise geben, wenn sie diesseits und jenseits der Grenzen des deutlichen Sehens gebracht werden. Das ist aber nicht der Fall: sie geben eine grössere Anzahl von sich theilweise deckenden Bildern nebeneinander und übereinander, die man noch einzeln von einander unterscheiden kann. Diese Erscheinung bezeichnet man mit dem Namen Polyopia monophthalmica. Sie kann eine physiologische sein, indem sie sich auf das gesunden Augen gemeinsame Mass beschränkt, und eine pathologische, wenn sie dieses überschreitet und ungewöhnliche Gesichtserscheinungeu verursacht.

Astigmatismus.

Eine Unregelmässigkeit in der Gestalt der Oberflächen, die den Augenarzt ganz besonders interessirt, ist der sogenannte Astigmatismus. Wir haben bis jetzt die brechenden Oberflächen im Auge als Rotationsoberflächen angesehen, als Oberflächen, die durch Umdrehung einer Curve um ihre Axe entstanden sind. Das sind sie aber im strengen Sinne des

Wortes nicht, und speciell ist es die Hornhaut nicht. In der Regel ist der Krümmungshalbmesser der Hornhaut im verticalen Durchschnitt etwas kleiner als der Krümmungshalbmesser der Hornhaut im horizontalen Durchschnitt. Dies bedingt den sogenannten normalen oder physiologischen Astigmatismus. Indem die vertical divergirenden Strahlen früher zur Vereinigung kommen als die horizontal divergirenden Strahlen, gibt es keinen einzelnen Punkt, wo das Lichtbündel, welches repräsentirt ist durch den Lichtkegel der convergirenden und durch den darauf gesetzten der divergirenden Strahlen, am dünnsten ist; sondern es gibt eine Strecke, in der es näherungsweise gleich dünn ist, wo also die Zerstreuungskreise sehr wenig wachsen, wenn die Retina etwas nach vorn oder nach hinten zurückweicht. Dies ist, was Sturm mit dem Namen Intervalle vocal bezeichnet hat. Sturm wollte aus dem normalen Astigmatismus die ganze Accommodation für verschiedene Sehweiten erklären oder vielmehr hinweg erklären. Er sagte: Das Auge braucht gar keine Accommodation, es ist vermöge dieser Asymmetrie der Oberflächen um die Axe schon von vorneherein so eingerichtet, dass es in verschiedenen Entfernungen deutlich sieht. Es ist hinreichend dargethan, dass zwar das Intervalle focal existirt, aber ausserdem noch eine Accommodation durch Gestaltveränderung der Linse. Das Intervalle focal erklärt nur die Accommodationsbreite, oder richtiger die Breite des deutlichen Sehens, welche übrig bleibt, wenn die Linse aus dem Auge entfernt worden ist. Der Astigmatismus kann anomal sein durch die Richtung, insofern als die Ebene der kürzesten Vereinigungsweite nicht nur die verticale Ebene, und die Ebene der grössten Vereinigungsweite nicht die horizontale Ebene ist. Es kann aber auch ungewöhnlich sein durch seinen Grad, und zwar in solcher Weise, dass dadurch das Sehen wesentlich beeinträchtigt wird.

Der Astigmatismus war schon Thomas Young bekannt, der ihm selbst in bedeutendem Grade unterworfen war. Ebenso der königliche Astronom Airy, der durch Astigmatismus wesentlich am deutlichen Sehen gehindert wurde und ihn deshalb mit einer Cylinderlinse corrigirte. Sie sehen leicht ein, dass, wenn ich eine Convexcylinderlinse so vor das Auge lege, dass die Axe der Cylinderfläche in der Ebene der kürzesten Vereinigungsweite liegt, ich dadurch die Asymmetrie des Auges compensiren kann. Ich kann machen, dass die horizontal und die vertical divergirenden Strahlen sich in einer und derselben Entfernung vereinigen. Das ist zu thun, wenn das astigmatische Auge weitsichtig ist; ist es aber kurzsichtig, dann werde ich eine Concavcylinderlinse vor das Auge setzen und hiemit den Astigmatismus corrigiren, indem ich nun die Axe der Cylinderfläche in die Ebene der grössten Vereinigungsweite verlege. Ich kann auch, wenn die Cylinderlinse noch nicht den Accommodationsfehler in der wünschenswerthen Weise corrigirt, sie noch mit einer sphärischen Sammel- oder Zerstreuungslinie combiniren. Die ausgedehntesten Arbeiten über den Astigmatismus hat Donders gemacht, und seitdem ist auch die Lehre von demselben und die Art und Weise, wie man ihn ermittelt und corrigirt, allgemein in die Augenheilkunde übertragen. Ein bedeutender Grad von Astigmatismus wird schon merklich, wenn man zwei unter rechtem Winkel gekreuzte Linien dem Auge nähert und wieder entfernt. Man findet dann, dass nicht beide gleichzeitig undeutlich und nicht gleichzeitig deutlich werden. Deutlicher noch tritt der Einfluss der

Richtung an Figur 42 hervor, und noch deutlicher an Figur 43, weil sich hier grauschimmernde Sectoren bilden, da, wo die Kreislinien aufhören scharf begrenzt zu sein.

Fig. 42.

Fig. 43.

Wandtafeln zur Untersuchung des Astigmatismus sind von O. Becker angegeben.

Mangelhafte Centrirung.

Der optische Apparat des Auges hat noch einen andern Fehler, er ist nicht richtig centrirt. Wenn ich ein System von optischen Medien habe, welche alle genau um eine Axe centrirt sind, so werden, wenn es nicht achromatisch ist, die Vereinigungspunkte für die verschiedenfarbigen Strahlen, die von einem Punkte der Axe ausgehen, zwar nicht zusammenfallen, aber sie werden alle in der Axe liegen, zuvorderst der für die violetten Strahlen, dann der für die blauen und zuletzt der für die rothen Strahlen. Wenn aber ein solches System nicht richtig centrirt ist, dann werden auch diese Vereinigungspunkte nicht in solcher Weise liegen, sondern das ganze System wird sich wie eine Linse verhalten, an die ein Prisma angesetzt ist. Die Strahlen, die in der Axe der ersten brechenden Fläche eingefallen sind, werden sämmtlich aus derselben abgelenkt werden, und die Bilder von Punkten in der Axe werden ausserhalb der Axe liegen. Da der Brechungsindex der Medien für kurzwellige Strahlen ein grösserer ist als für langwellige Strahlen, so werden auch die kurzwelligen Strahlen mehr abgelenkt werden, und in Folge davon wird die seitliche Ablenkung für die Bilder eine verschiedene sein. Wenn wir nachweisen können, dass sich auch im menschlichen Auge eine ähnliche Erscheinung beobachten lasse, so geht daraus mit Sicherheit hervor, dass das menschliche Auge nicht richtig centrirt ist, wenigstens nicht um die Gesichtslinie, wenn wir die Erscheinung im directen Sehen wahrnehmen. Um nun dies zu beobachten, klebt man ein rothes Papier zwischen zwei blaue und schneidet aus dieser Zusammenstellung schmale Streifen, so dass sich in der Mitte ein rothes Stück und zu beiden Enden ein blaues befindet. Nun hält man einen solchen Streifen in einiger Entfernung gegen einen möglichst dunklen Grund. Es ist klar, dass das rothe Stück etwas verbreitert erscheinen muss, wenn man ihn in eine solche Entfernung bringt, dass das Auge genau für die blauen Stücke eingestellt ist, und umgekehrt, wenn man den Streifen so weit entfernt hält, dass das Auge für das rothe Stück eingestellt ist, die blauen verbreitert erscheinen.

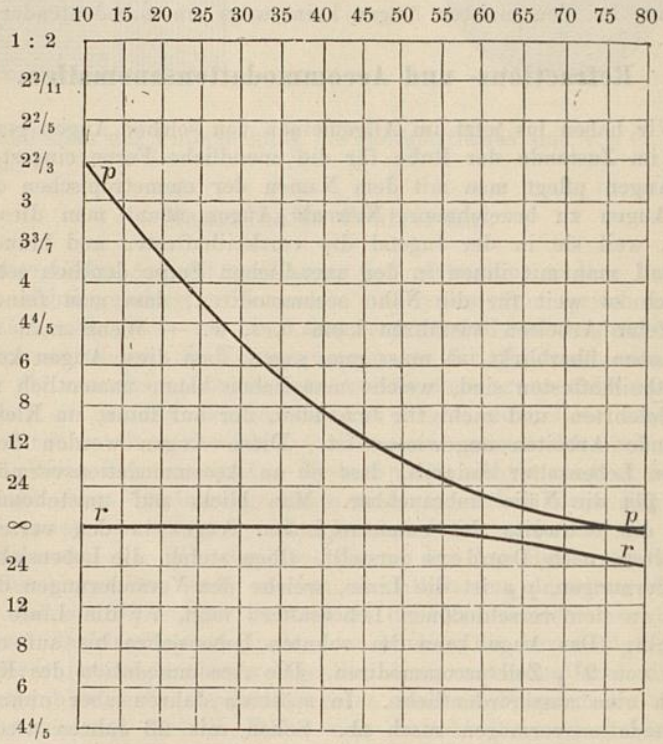
Wäre das Auge genau centrirt, dann müssten zwar die Stücke ungleich breit sein, aber in einer Linie liegen, das heisst das breitere Stück müsste nach beiden Seiten symmetrisch über das schmalere hinübergreifen. Dies ist aber nicht der Fall, sondern sie weichen, bei dem einen Auge mehr, bei dem andern weniger, seitlich aus, und zwar sind die Richtungen, in denen sie ausweichen, bei den verschiedenen Augen verschieden. Daraus geht hervor, dass das menschliche Auge nicht um die Gesichtslinie centrirt ist, und wenn man bedenkt, dass die Farbenzerstreuung nur ein Bruchtheil von der ganzen Ablenkung ist, welche die Strahlen erfahren, denn sie ist ja nur die Differenz zwischen der Ablenkung der kurzwelligen und der langwelligen Strahlen, so bemerkt man, dass dieser Mangel an Centrirung bei den meisten Augen keineswegs ein unbedeutender ist.

Refractions- und Accommodationsanomalien.

Wir haben bis jetzt im Allgemeinen von solchen Augen gesprochen, welche im Zustande der Ruhe für die unendliche Ferne eingestellt sind. Diese Augen pflegt man mit dem Namen der emmetropischen oder normalen Augen zu bezeichnen. Normale Augen nennt man diese Augen deshalb, weil sie in der Jugend die vortheilhaftesten und brauchbarsten sind, weil man mit ihnen in der unendlichen Ferne deutlich sehen kann und auch so weit für die Nähe accommodiren, dass man feine Schrift lesen, feine Arbeiten ausführen kann u. s. w. — Wenn man aber das ganze Leben überblickt, so muss man sagen, dass diese Augen keineswegs die vortheilhaftesten sind, welche man haben kann, namentlich nicht für einen Gelehrten, und nicht für Jemanden, der auf feine, im Kleinen auszuführende Arbeiten angewiesen ist. Diese Augen werden bereits im mittleren Lebensalter dadurch, dass sie an Accommodationsvermögen verlieren, für die Nähe unbrauchbar. Man blicke auf umstehende Tafel, welche die Sehweite des emmetropischen Auges in den verschiedenen Lebensaltern nach Donders darstellt. Oben stehen die Lebensjahre, links die Entfernungen, *p p* ist die Linie, welche den Veränderungen des Nahepunktes in den verschiedenen Lebensaltern folgt, *r r* die Linie für den Fernpunkt. Das Auge kann im zehnten Lebensjahre bis auf eine Entfernung von $2^2/_3$ Zoll accommodiren. Die Accommodation des Kindes ist demnach eine ausserordentliche. In späteren Jahren aber nimmt dieses Accommodationsvermögen rasch ab. Schon mit 23 Jahren accommodirt das Normalauge nur noch auf 4 Zoll, mit 40 Jahren nur noch auf 8 Zoll, und vor Anfang der fünfziger Jahre weicht der Nahepunkt auf 12 Zoll zurück, also auf eine Entfernung, in der man schon recht feine Arbeiten nicht mehr gut vornehmen kann und feine Schrift nur noch mit Anstrengung liest. Für diese Entfernung wird jetzt schon die ganze Accommodationsanstrengung, die man nur für kurze Zeit erträgt, gebraucht, während der Jüngling für diese Entfernung noch mit einem Bruchtheile seiner Accommodation ausreichte. Es muss bemerkt werden, dass dies noch keineswegs die ungünstigsten Fälle sind, bei denen das Normalauge gegen Ende der vierziger Jahre seinen Nahepunkt 12 Zoll entfernt hat; es kommt vor, dass die Accommodation noch rascher verloren geht und der Nahepunkt in diesem Alter schon bis nahe auf 24 Zoll hinausgerückt ist. Nach späteren Untersuchungen von Donders stellt sich sogar das

Mittel ungünstiger, als es die Tafel zeigt, indem der Nahepunkt rascher hinausrückt und die Accommodationsbreite alter Leute etwas überschätzt worden ist. Mit 60 Jahren ist er nach unserer Tafel normal auf mehr als 24 Zoll hinausgerückt, eine Entfernung, in der man nur noch grosse Schrift lesen kann, und in der es ganz unmöglich ist, feinere Arbeiten auszuführen. Später rückt er hinaus bis in die unendliche Ferne und kann im hohen Alter bis über die unendliche Ferne hinausgerückt sein, das heisst das Auge bringt dann häufig nur noch schwach convergirende Strahlen zur Vereinigung.

Fig. 44.



Um das fünfzigste Jahr herum oder früher wird also ein normales Auge einer Brille bedürfen. Es bedarf natürlich einer Convexlinse, die die Strahlen weniger divergirend macht, so dass Strahlen, die sonst erst hinter der Netzhaut zur Vereinigung gekommen wären, nun in derselben zur Vereinigung kommen.

Eine andere Frage ist es, wie früh soll man einem solchen Presbyopischen eine Brille geben. Dies soll man dann thun, wenn er findet, dass er nicht mehr wie sonst dauernd und ohne Anstrengung ohne Brille lesen kann. Bei den Laien herrscht ein Vorurtheil gegen die Brillen. Sie sagen, wenn sie einmal eine Brille nehmen, so müssen sie dann zu immer stärkeren übergehen. Sie wollten ihr Auge nicht verwöhnen u. s. w. Dass die Betroffenen eine immer stärkere Brille nehmen müssen, ist

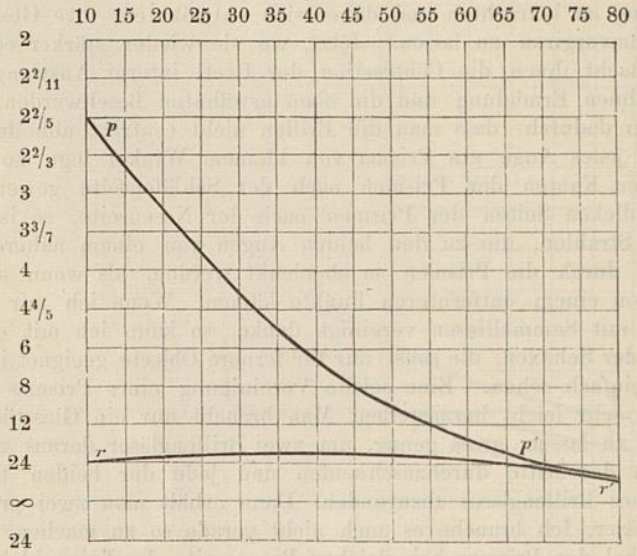
richtig: das rührt aber nicht von der Brille her, sondern davon, dass die Leute immer älter werden. Durch den Gebrauch der Brille wird man der unnützen Anstrengungen, die man behufs Accommodation zu machen genöthigt ist, überhoben; schon hierin liegt ein Vortheil und überdies braucht man nicht mehr die Objecte in so grosser Entfernung vom Auge zu halten, erhält dadurch und durch die Wirkung, welche das Brillenglas selbst auf die Lage des hinteren Knotenpunktes ausübt, grössere Netzhautbilder und erzielt somit einen Gewinn, dem gegenüber man sich den Lichtverlust durch die zweimalige Reflexion am Brillenglase gefallen lassen kann. Nicht selten kommt es vor, dass solche Presbyopische, die längere Zeit gewöhnt waren, in grösserer Entfernung zu lesen, wenn sie eine Brille bekommen und die Objecte dem Auge nun näher halten als früher, sich beklagen, dass die Brille sie anstrenge, dass sie Schmerzen in der Supraorbitalgegend, Schwindel bekommen, dass sie schliesslich doppelt sehen u. s. w. Das rührt davon her, dass sie gewohnt waren, Alles in grösserer Entfernung zu betrachten und daher sich entwöhnten, ihre Gesichtslinien stärker convergiren zu lassen. Jetzt, wo sie wieder stärker convergiren sollen, macht ihnen die Contraction der Recti interni Anstrengung, verursacht ihnen Ermüdung und die oben erwähnten Beschwerden. Diesem kann man dadurch, dass man die Brillen nicht centrirt, abhelfen. Wenn man vor jedes Auge ein Prisma von kleinem Winkel legt, so dass die brechenden Kanten der Prismen nach der Schläfenseite gewendet sind, also die dicken Seiten der Prismen nach der Nasenseite, so ist es klar, dass die Strahlen, die zu den beiden Augen von einem näheren Punkte kommen, durch die Prismen so abgelenkt werden, als wenn sie zu den Augen von einem entfernteren Punkte kämen. Wenn ich mir also diese Prismen mit Sammellinsen vereinigt denke, so kann ich mit einer Convergenz der Sehaxen, die sonst nur für fernere Objecte geeignet ist, nähere Objecte einfach sehen. Eine solche Vereinigung eines Prismas mit einer Linse ist sehr leicht herzustellen. Man braucht nur ein Glasstück convex schleifen zu lassen, gross genug, um zwei Brillengläser daraus zu machen, dieses in der Mitte durchzuschneiden und jede der beiden Hälften in Form eines Brillenglases abzurunden. Dann erhält man zwei prismatische Convexgläser. Ich brauche es auch nicht gerade so zu machen. Wenn ich den Winkel des Prismas bei gleicher Brennweite der Linse kleiner haben will, kann ich die Brillengläser etwas grösser schleifen, als ich sie anwenden will, und aus diesen etwas grösser geschliffenen Brillengläsern nicht das mittlere Stück, sondern ein excentrisch liegendes verwenden. Diese Stücke lege ich nun wieder so an, dass sie mit der dicken Seite gegen die Nasenseite, mit der dünnen gegen die Schläfenseite gewendet sind; dann habe ich wieder Gläser, die mir den Dienst einer Vereinigung von Prismen und Linsen leisten, sogenannte prismatische Gläser. Sie sind von ausgedehnter Anwendung, weil die Fälle, in denen dauernde Contraction der Interni nicht ertragen wird, nicht blos bei Presbyopen, sondern auch bei anderen Individuen gar nicht selten vorkommen. Man bezeichnet diesen Zustand als Insufficenz der Recti interni.

Sie sehen leicht ein, dass ein wesentlicher Nachtheil daraus entstehen muss, wenn umgekehrt die Brillengläser in der Weise mangelhaft centrirt sind, dass die dünnere Seite derselben nach der Nasenseite, die dickere nach der Schläfenseite liegt, dass also die Gesichtslinie nach innen

von der Axe des Brillenglases fällt. In diesem Falle müssen die Recti interni stärkere Anstrengungen machen als im normalen Zustande, und dies führt noch einen anderen Nachtheil mit sich. Der Tensor chorioideae hat wie der Sphincter pupillae Mitbewegung mit dem Rectus internus. Wenn also der Rectus internus stärker zusammengezogen wird, so ist damit auch eine unwillkürliche Accommodationsbewegung und somit eine ganz unnöthige Anstrengung für das Auge gegeben.

Nach der Tafel Figur 44 verändert sich auch der Fernpunkt in den späteren Jahren, so dass er über die unendliche Ferne hinausgeht. Das Auge bringt also, wenn auch der Nahepunkt im späten Alter sozusagen die Grenze der Unendlichkeit überschreitet, nur noch Strahlen zur Vereinigung, die convergent auf das Auge fallen. Das ist nun beim Normalauge nicht immer der Fall. Es lässt sich über den Gang des Fernpunktes

Fig. 45.

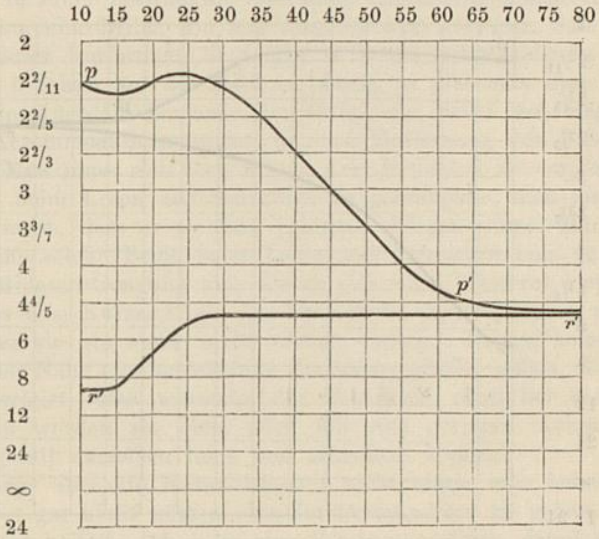


nichts Sicheres angeben. Manchmal geht der Fernpunkt über die unendliche Ferne hinaus, manchmal bleibt er in der unendlichen Ferne, manchmal wird er etwas herangezogen. Leute, bei denen letzteres statt hat, sehen im Alter in einer bestimmten endlichen Entfernung vollkommen scharf, so wie sie in ihrer Jugend gesehen haben, während sie in der unendlichen Ferne nicht so scharf wie früher sehen. Diese Fälle gehören zu den Seltenheiten und kommen vielleicht nur bei Augen vor, die vorherrschend mit nahen Gegenständen beschäftigt waren.

Ein Auge, das im Zustande der Ruhe nicht mehr für die unendliche Ferne, sondern für irgend eine endliche Entfernung eingestellt ist, nennen wir ein kurzsichtiges. Bei diesem müssen wir nach Donders drei Arten unterscheiden, die nicht allein durch den Grad der Kurzsichtigkeit, sondern auch durch die Veränderungen, die die Kurzsichtigkeit in den verschiedenen Lebensjahren erleidet, von einander abweichen. Das erste ist das stationär kurzsichtige Auge. (Figur 45 gibt ein Bild seiner Lei-

stungen.) Es ist im Zustande der Ruhe in der Kindheit auf eine Entfernung von 24 Zoll eingestellt und kann bis auf $2^2/_5$ accommodiren. Das Accommodationsvermögen nimmt natürlich mit den Lebensjahren ab. Im Alter von 40 Jahren kann ein solches Auge noch auf 6 Zoll accommodiren und in einem Alter von 60 Jahren noch auf 12 Zoll, während das normale Auge in diesem Alter nur noch auf 24 Zoll accommodiren kann. Ein Individuum mit solchen Augen kann also im Alter von 60 Jahren gewöhnliche Schrift noch ohne Brille lesen. In den früheren Lebensjahren brauchte es beim Lesen und Schreiben bei Weitem nicht so grosse Accommodationsanstrengungen wie der Normalsichtige, sondern nur einen Bruchtheil seiner Accommodation. Das sind deshalb die unverwüstlichen Augen, die Nächte hindurch arbeiten, ohne davon besonders angestrengt zu werden.

Fig. 46.



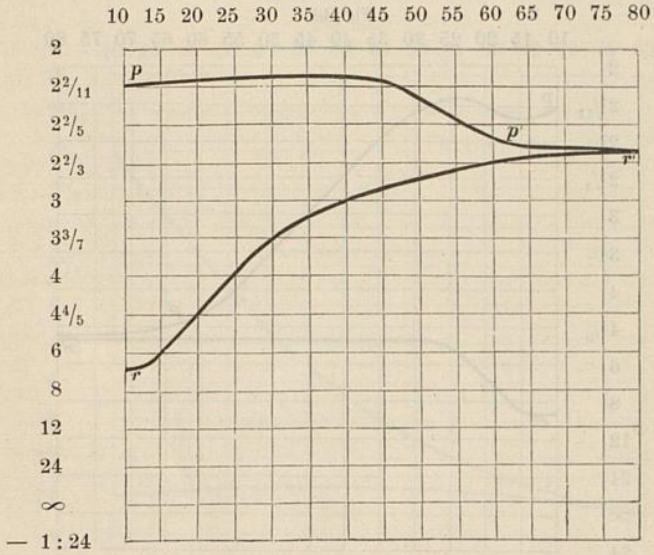
Das sind ferner die Augen, die im Alter insofern die besseren Dienste leisten, als sie für das Sehen in die Nähe länger als Normalaugen ohne Brille gebraucht werden können.

Ein anderes Auge, schon weniger beneidenswerth, ist das zeitlich progressiv kurzsichtige Auge, wie es Donders nennt. Das ist (wie Figur 46 zeigt) von vorneherein mit einem höheren Grade von Kurzsichtigkeit behaftet. Der Fernpunkt liegt in der Kindheit zwischen 8 und 12 Zoll und es kann auf $2^2/_{11}$ Zoll accommodirt werden. Der Nahepunkt nähert sich noch im mittleren Lebensalter zwischen 20 und 30 Jahren, aber auch der Fernpunkt; das Auge wird also kurzsichtiger. In einem Alter von 30 Jahren kann das Auge auf keine viel grössere Entfernung als etwa 5 Zoll eingestellt werden. Die Accommodation nimmt im zunehmenden Alter fortwährend ab, so dass zuletzt eine bleibende Sehweite von 5 bis 6 Zoll entsteht. Begreiflicher Weise ist ein solches Auge nicht nur unbrauchbar zum Sehen in die Ferne, sondern auch schon ungünstig für das

Sehen in die Nähe. In so geringer Entfernung kann meist nicht mehr dauernd und ohne Anstrengung binoculär gesehen werden, weil man die Recti interni zu stark contrahiren muss, um noch von beiden Augen in einer solchen Entfernung einfache Bilder zu haben.

Das bleibend progressiv kurzsichtige Auge ist das schlechteste von allen. Es ist das kurzsichtigste schon in der Jugend, der Fernpunkt liegt nach dem von Donders gegebenen Schema (s. Figur 47) zwischen 6 und 8 Zoll, der Nahepunkt bei $2^2/_{11}$ Zoll. Der Nahepunkt rückt noch heran in den Jünglingsjahren, später rückt er hinaus mit schwindender Accommodation. Der Fernpunkt rückt mit zunehmenden Jahren heran. Er ist mit 60 Jahren auf $2^2/_3$ Zoll herangerückt und nähert sich dann allmälig

Fig. 47.



noch mehr. Dies sind die Augen, in denen sich Staphyloma posticum und Gesichtsschwäche in Folge beginnender Netzhaut-Atrophie ausbildet, und die häufig im hohen Alter ganz erblinden.

Ausser diesen verschiedenen Formen von Kurzsichtigkeit, die Folgen des Baues des Auges, der Krümmungshalbmesser der brechenden Flächen und der Länge der Augenaxe sind, gibt es noch eine erworbene Kurzsichtigkeit, oder richtiger eine angewöhnte Kurzsichtigkeit. Diese beruht darauf, dass Leute, die schon in ihrer Jugend viel in der Nähe arbeiten, Gymnasiasten, die viel Texte mit kleiner Schrift lesen, Stickerinnen, die sehr feine Arbeiten machen, zuletzt das Vermögen verlieren, ihren Accommodationsapparat vollständig zu entspannen. Sie lassen ihr Auge dauernd für die Nähe eingestellt, sie wissen nicht mehr, wie sie es machen sollen, um ihr Auge so weit für die Ferne einzurichten, dass sie es für den wahren Fernpunkt, der der Gestalt der optischen Medien und der Tiefe des Auges entspricht, einstellen.

Es fragt sich, was soll man mit einem kurzsichtigen Auge thun? Mit was für einer Brille soll man ihm nachhelfen? Es ist gelehrt worden, man solle ein kurzsichtiges Auge auf ein normales Auge corrigiren, mit anderen Worten, man solle ihm dauernd ein Brillenglas vorlegen, das mit seinem Auge zusammen ein optisches System bildet, welches im Zustande der Ruhe des Auges für die unendliche Ferne eingestellt ist. Diese Lehre ist nicht zu rechtfertigen; denn ich verwandle dauernd ein kurzsichtiges Auge in ein Normalauge, während es in meiner Macht steht, das kurzsichtige Auge nur zeitweise in ein Normalauge zu verwandeln, nur dann, wenn es als Normalauge gebraucht werden soll, wenn es eben in der unendlichen Ferne deutlich sehen soll. Ich kann also allerdings einem kurzsichtigen Auge eine Brille geben, die sein Auge auf ein normales Auge oder doch nahezu auf ein normales Auge corrigirt, aber nur zu dem Zwecke, die Brille zum Sehen in die Ferne zu gebrauchen. Braucht Jemand eine Brille, um in einer bestimmten endlichen Entfernung genau zu sehen, so gibt man ihm eine Brille, die sein Auge so weit corrigirt, dass sein Fernpunkt in dieser Entfernung liegt. Hat z. B. ein Schulknabe in einem Abstande von 5 Schuh auf die Tafel zu sehen, so gibt man ihm eine Brille, mit der sein Auge im Zustande der Ruhe, das heisst bei möglichst entspanntem Accommodationsapparat, in einer Entfernung von 5 Schuh deutlich sieht. Man muss sich aber hüten, dem Patienten zu empfehlen, diese Brille auch beim Lesen und Schreiben zu gebrauchen, man muss ihm im Gegentheil sagen, dass er sie dazu jedesmal ablegen müsse. Man ladet ihm ja durch eine solche Brille beim Lesen und Schreiben eine ganz unnütze Accommodationsanstrengung auf, die er sich ohne Weiteres ersparen kann. Nun gibt es aber Kurzsichtige, die ohne Brille die Objecte so nahe halten müssen, dass sie sie nicht mehr einfach sehen. Diesen kann man zum Sehen in der Nähe eine schwächere Zerstreuungsbrille geben, die ihr Auge so weit corrigirt, dass nunmehr der Fernpunkt etwa bei 9 bis 12 Zoll liegt. Dann werden sie ohne oder mit nur geringer Accommodationsanstrengung mit derselben lesen und schreiben können.

So lange aber die Kurzsichtigkeit nicht einen sehr hohen Grad erreicht, ist es gar nicht nöthig eine Zerstreuungslinse zu geben, man kann viel einfacher helfen. Ich gebe eine Zerstreuungslinse, damit der Patient das Buch weiter vom Auge entfernt halten könne. Sie hat für ihn den Nachtheil, dass die Lichtintensität, wie dies bei jeder Brille der Fall ist, wegen der Reflexionen an den beiden Flächen der Gläser geschwächt wird. Ausserdem hat er kleinere Netzhautbilder, als er sie haben würde, wenn er nicht durch Zerstreuungsgläser sähe. Diesen letzteren Nachtheil vermeide ich, wenn ich statt der Zerstreuungslinsen plane Prismen vor das Auge lege. Ich gebe Brillen, in welche statt der Linsen Prismen eingesetzt sind, mit der dicken Seite gegen die Nase, mit der dünnen gegen die Schläfe gewendet. Diese bringen die Strahlen so zu beiden Augen, als ob sie von einem entfernteren Punkte kämen. Nun kann der Patient das Buch so nahe bringen, wie er es zum Sehen mit seinen kurzsichtigen Augen nöthig hat. Er braucht jetzt nicht mehr die Gesichtslinien so stark convergiren zu lassen und hat dabei die grossen Netzhautbilder seines kurzsichtigen Auges. Ich habe diesen Versuch an einem jungen Manne gemacht, der behauptete, binoculär nicht ohne Brille lesen zu können. Er fand, dass er durch eine solche Brille besser und mit weniger Anstren-

gung las, als durch eine Zerstreuungsbrille. Er konnte später die Brille weglegen und auch mit blossen Augen binoculär lesen. Ich halte es aber für besser, die Brille beizubehalten. Denn wenn es später dahin kommt, dass der Patient auch ohne Brillen binoculär lesen kann, so muss er doch eine stärkere Anstrengung der Interni und wegen der Mitbewegung, die zwischen Rectus internus und Tensor chorioideae besteht, eine Accommodationsanstrengung machen, die vermieden wird, wenn er sich dauernd dieser Prismen bedient.

Man kann sich indessen bei höheren Graden von Kurzsichtigkeit gezwungen sehen, Zerstreuungsgläser auch für die Nähe zu geben, weil es namentlich beim Schreiben lästig ist, das Auge dem Papier sehr nahe bringen zu müssen. Dann ist es von Wichtigkeit, dass diese so gestellt sind, dass die Gesichtslinie in keinem Falle nach aussen von der Axe der Linse fällt, sondern dass sie etwas nach innen von der Axe zu liegen kommt. Würde die Gesichtslinie nach aussen von der Axe der Linse durchgehen, so würde die Zerstreuungslinse vor dem Auge prismatisch wirken in einem solchen Sinne, dass nun eine grössere Convergenz der Gesichtslinien nothwendig wäre als bei genau centrirter Linse. Wenn dagegen die Gesichtslinie nach innen von der Axe der Linse, nach der Nasenseite zu, fällt, so wirkt die Linse zugleich als ein Prisma, dessen dicke Seite der Nasenseite, und dessen dünne Seite der Schläfenseite zugewendet ist. Sie verlangt also von dem Betreffenden eine geringere Convergenz der Gesichtslinien, als wenn wirklich die beiden Linsen mit den Augen richtig centrirt worden wären. Dies ist deshalb von Wichtigkeit, weil ja mit der grösseren Convergenz auch immer eine unwillkürliche Accommodationsanstrengung für die Nähe verbunden ist, die der Correction entgegenwirkt, welche wir durch die Brille anstreben, und ausserdem im Laufe der Zeit die Myopie steigert.

In späteren Jahren, wo gerade bei den hohen Graden der Kurzsichtigkeit oft zugleich auch Schwachsichtigkeit, mangelhaftes Unterscheidungsvermögen wegen beginnender Atrophie der Netzhaut eintritt, geschieht es nicht selten, dass solche Individuen keine Zerstreuungsbrille mehr finden, mit der sie überhaupt noch etwas lesen können, wenigstens keine, mit der sie noch feineren Druck zu lesen im Stande wären. Solchen Augen kann man für einige Zeit noch durch Brillengläser helfen, welche ihr Auge für einen brauchbaren Abstand einstellen und dabei ein etwas vergrössertes Bild geben. Diese Brillen, die jetzt in ziemlich ausgedehntem Gebrauche sind, scheinen zuerst hier in Wien von dem verstorbenen Optiker Prokesch, vielleicht schon von dessen Vorgänger, verfertigt worden zu sein. Denken Sie sich, ich könnte an mein Auge vorn ein Stück ansetzen, ich könnte es unter Beibehaltung der vorderen convexen Fläche nach vorne zu vergrössern, so möchte es mir dadurch gelingen, den hinteren Knotenpunkt weiter nach vorne zu rücken, und ich würde dadurch ein entsprechend grösseres Netzhautbild erhalten. Nun kann ich zwar dem Auge nicht direct ein Stück ansetzen, aber ich kann ihm eine Linse vorlegen, die in ähnlicher Weise wirkt, als ob ich nach vorne zu ein Stück an das Auge angesetzt hätte. Denken Sie sich eine Linse, welche nach vorne convex ist, und welche die aus einer endlichen Entfernung, z. B. aus einer Entfernung von 10 Zoll, kommenden Strahlen aufnimmt, so werden diese durch die vordere convexe Oberfläche der Axe zugebrochen werden. Die hintere

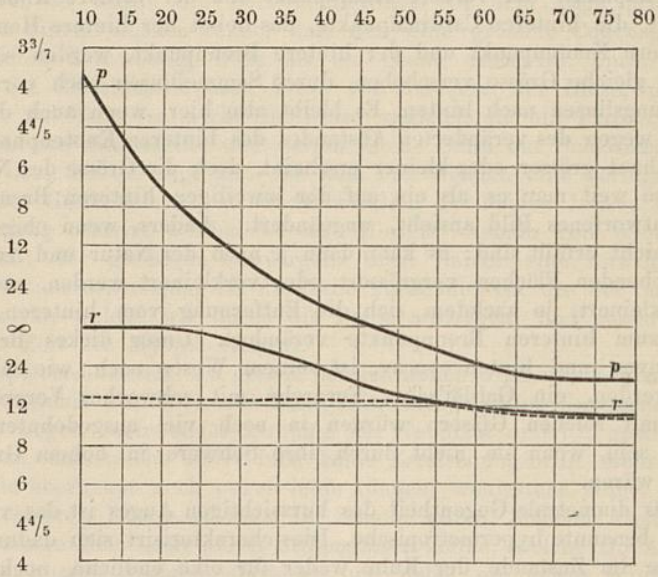
Oberfläche sei concav, sie wird also die austretenden Strahlen wieder stärker divergirend machen. Sie sei nun so abgepasst, dass diese austretenden Strahlen so divergiren, als ob sie von einem nur 4 Zoll entfernten Punkte ausgegangen wären. Sie werden dann auf der Netzhaut eines in so hohem Grade Kurzsichtigen, dass sein Fernpunkt bei 4 Zoll liegt, noch zur Vereinigung kommen. Das Bild aber ist, wenn das Glas hinreichend dick ist, nicht wie bei einem gewöhnlichen Zerstreuungsglase verkleinert, sondern vergrössert. Es beruht dies, wie ich schon angedeutet habe, darauf, dass vor das Auge gelegte Linsen mit diesem zusammen ein optisches System mit neuen Cardinalpunkten bilden, deren Lage für die verschiedenen Fälle von Mauthner, Knapp und Donders erörtert worden ist. Der einfachste Fall ist der, wo die Linse in der vorderen Brennpunktsebene des unbewaffneten Auges liegt und so dünn ist, dass der örtliche Unterschied ihrer brechenden Flächen vernachlässigt werden kann. Dann behalten die vorderen Cardinalpunkte des Auges, das heisst der vordere Brennpunkt, der vordere Hauptpunkt und der vordere Knotenpunkt, ihren Ort, die hinteren Cardinalpunkte, das heisst der hintere Hauptpunkt, der hintere Knotenpunkt und der hintere Brennpunkt, werden sämmtlich um eine gleiche Grösse verschoben, durch Sammellinsen nach vorn, durch Zerstreuungslinsen nach hinten. Es bleibt also hier, wenn auch das Netzhautbild wegen des veränderten Abstandes des hinteren Knotenpunktes von der Netzhaut grösser oder kleiner erscheint, doch die Grösse des Netzhautbildes, so weit man es als ein auf der jeweiligen hinteren Brennpunktsebene entworfenes Bild ansieht, ungeändert. Anders, wenn obige Bedingungen nicht erfüllt sind: es kann dann je nach der Natur und Anordnung der brechenden Flächen vergrössert oder verkleinert werden, vergrössert und verkleinert, je nachdem sich die Entfernung vom hinteren Knotenpunkte zum hinteren Brennpunkte verändert. Unser dickes Brillenglas, vorn convex und hinten concav, ist seinem Wesen nach, wie wir später sehen werden, ein Galiläi'sches Fernrohr mit schwacher Vergrösserung. Brillen mit solchen Gläsern würden in noch viel ausgedehnterem Gebrauche sein, wenn sie nicht durch ihre Schwere in hohem Grade unbequem wären.

Das diametrale Gegentheil des kurzsichtigen Auges ist das von Donders so benannte hypermetropische. Dies charakterisirt sich dadurch, dass das Auge im Zustande der Ruhe weder für eine endliche, noch für die unendliche Ferne eingestellt ist, dass es im Zustande der Ruhe nur convergirende Strahlen zur Vereinigung bringt. Bei den geringeren Graden von Hypermetropie wird dies gar nicht bemerkt. Die Hypermetropen können ihr Auge im Zustande der Ruhe niemals gebrauchen, sie sind immer darauf angewiesen zu accommodiren, auch für die unendliche Ferne, sie verlernen es vollständig, ihre Accommodation zu entspannen. Wenn man ihnen ein schwaches Convexglas gibt, so sehen sie deshalb meistens durch dasselbe in der Ferne nicht besser als mit blossen Augen. Es gibt aber ein Mittel, um zu zeigen, dass bei ihnen das Auge im Zustande der Ruhe wirklich für convergirende Strahlen eingestellt ist. Man entspannt den Accommodationsapparat künstlich, indem man ihn durch Einträufeln von Atropin in das Auge lähmt.

Figur 48 zeigt nach Donders die Sehweiten des in geringem Grade hypermetropischen Auges. Der Fernpunkt liegt in der Jugend in unend-

licher Ferne. Dabei ist aber schon die Accommodation wirksam. Bei Atropineinträufelung ist der Fernpunkt auf fast — 12 Zoll zurückgegangen (siehe die punktirte Linie), das heisst, es würden jetzt Strahlen zur Vereinigung kommen, welche so zum Auge gelangen, dass sie, wenn sie nicht in die optischen Medien des Auges hineingingen, sondern in der Luft fortschritten, sich 12 Zoll hinter dem Auge vereinigen würden. Da in der Jugend die Accommodationsbreite gross ist, so merkt ein solches Individuum, das nur in geringem Grade hypermetropisch ist, von seinem Fehler in der ersten Jugend nichts. Erst in den zwanziger Jahren bemerkt es, dass es beim Lesen eher ermüdet, weil es jetzt schon, um sein Auge auf eine Entfernung von etwa 10 Zoll einzustellen, seine ganze Accommodationsbreite braucht. Wenn das Individuum aber 30 Jahre alt ist, kann es selbst mit seiner ganzen Accommodationsanstrengung das Auge nicht mehr auf

Fig. 48.



12 Zoll einstellen. Mit 35 Jahren liegt der Nahepunkt bei 24 Zoll: das Individuum ist also schon in den Blüthejahren darauf angewiesen, eine Brille zu gebrauchen. In späteren Jahren rückt der Nahepunkt immer weiter hinaus und endlich auch über die unendliche Ferne, so dass das Auge nur noch convergirende Strahlen zur Vereinigung bringt.

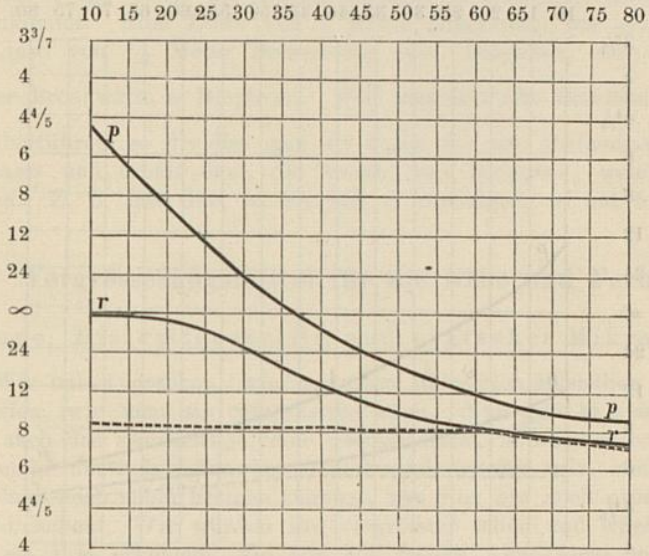
Einen höheren Grad der Hypermetropie besitzt das von Donders mittelmässig hypermetropisch benannte Auge (dessen Schweiten in Figur 49 dargestellt sind). Da liegt schon in der Jugend der Fernpunkt nach Ausschliessung der Accommodation durch Atropin (siehe die punktirte Linie) zwischen — 8 und — 12. In der Kindheit kann noch fürs Lesen und Schreiben accommodirt werden; aber schon mit dem fünfundzwanzigsten Lebensjahre ist der Nahepunkt über 12 Zoll hinausgerückt. Von jetzt an ist schon die ganze Accommodationsanstrengung nöthig, um eine kleinere

Schrift noch lesen zu können: es tritt also schon jetzt die Zeit ein, wo das Auge relativ unbrauchbar wird.

Ein noch höherer Grad von Hypermetropie ist nach Donders in Figur 50 dargestellt, das stark hypermetropische Auge. Da liegt der Fernpunkt des Auges unter Mitwirkung des Accommodationsapparates schon in der Jugend bei — 12 Zoll, nach deren Ausschliessung zwischen — 6 und — 5 Zoll. Es kann hier selbst in der Kindheit nicht auf 12 Zoll accommodirt werden. Im Alter von 21 Jahren kann aber noch für die unendliche Ferne eingestellt werden. Von da ab werden nur noch Strahlen zur Vereinigung gebracht, die convergirend zum Auge gelangen.

Die Hypermetropie ist ein Gesichtsfehler, der lange Zeit verkannt wurde, und dessen Verkennung und Vernachlässigung schwere Nachtheile nach sich zieht. Selbst diejenigen Hypermetropen, die noch für eine Ent-

Fig. 49.



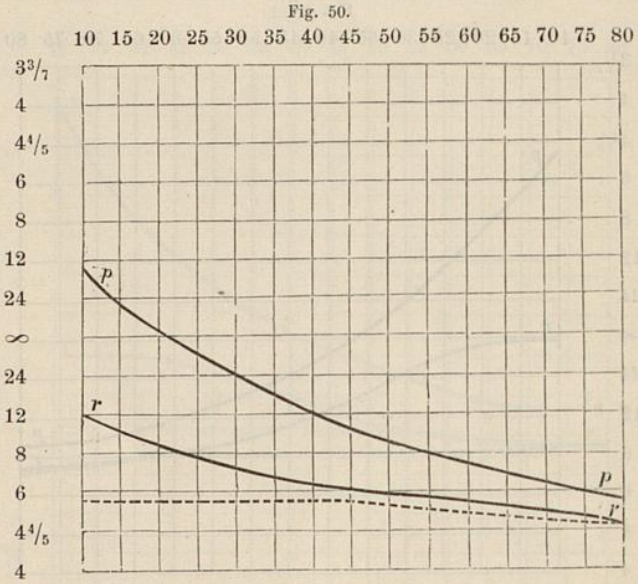
fernung accommodiren können, in welcher man zu lesen pflegt, brauchen, wie wir gesehen haben, schon ihre ganze Accommodationsanstrengung, um das Auge für diese Entfernung einzustellen. Dies halten sie aber nur verhältnissmässig kurze Zeit aus; es tritt bald ein Zustand ein, wo sie anfangen doppelt zu sehen, wo ihnen, wie sie sagen, die Buchstaben ineinanderfliessen, wo sie ein Gefühl von Schwindel, Schmerzen in der Supraorbitalgegend u. s. w. bekommen.

Es führt ferner die Hypermetropie, abgesehen von der Unmöglichkeit, die später eintritt, feinere Arbeiten auszuführen, noch einen andern Nachtheil nach sich, nämlich den, dass die Betroffenen häufig schielen. Es wurde bereits mehrfach erwähnt, dass der Tensor chorioideae Mitbewegungen hat mit dem Rectus internus. Die Hypermetropen sind nun darauf angewiesen, sehr starke Accommodationsanstrengungen zu machen, und helfen sich dabei, indem sie zugleich ihre Sehaxen für einen sehr

nahen Punkt convergiren lassen. Da sie aber ihr Auge für diesen nahen Punkt nicht mehr einstellen können, da sie die Objecte nicht so nahe, sondern entfernter halten müssen, und sie beim Sehen mit beiden Augen Doppelbilder haben würden, so sehen sie nur mit einem Auge und schielen mit dem andern nach innen, indem sie dasselbe ganz vernachlässigen. So entsteht habituelles Schielen bei Hypermetropen.

Um alle diese Nachtheile zu verhüten, gibt es kein anderes Mittel, als den Hypermetropen zur rechten Zeit Brillen zu geben. Es versteht sich von selbst, dass diese keine anderen als Convexbrillen, Sammelbrillen sein können. Bei den Kurzsichtigen hatten wir den Grundsatz, dem Patienten jedesmal die schwächste Brille zu geben, mit der er für den gegebenen Zweck auskommen kann, um unnöthige Accommodationsanstrengungen zu ersparen. Bei Hypermetropen gilt dieser Grundsatz nicht, man darf

Fig. 50.



ihnen nicht die schwächsten Brillen geben, mit denen sie auskommen, weil sie dann noch immer die ganze Accommodation bei ihren Arbeiten gebrauchen müssten. Wir sind deshalb genöthigt, Brillen zu geben, die stark genug sind, um ohne grosse Accommodationsanstrengung mit denselben zu arbeiten. Es ist auch keineswegs rathsam, zu warten, bis der Zustand unerträglich wird oder bereits Schielen eingetreten ist. Im Gegentheile, wenn ein hypermetropisches Auge als ein solches erkannt wurde, so soll man ihm eine Brille geben, durch welche es rechtzeitig auf ein normales Auge corrigirt wird. In späteren Jahren, wenn zur Hypermetropie noch Presbyopie hinzutritt, ist es nothwendig, in der Correction noch weiter zu gehen, sobald es sich um das Sehen in die Nähe, um Lesen und Schreiben u. s. w. handelt. Man muss dann durch die Brille das hypermetropische Auge wie das Normalauge in ein kurzsichtiges verwandeln.

Die Auswahl der Brillen geschieht mittelst geordneter Sammlungen von Brillengläsern, sogenannter Brillenkästen. In den älteren derselben entspricht die Nummer des Brillenglases entweder der empirisch ermittelten Brennweite in Zollen, oder bei biconvexen auf beiden Seiten auf derselben Schale geschliffenen Gläsern dem Radius der Oberfläche in Zollen. Beides kommt auf dasselbe hinaus unter der Voraussetzung, dass der Brechungsindex des Glases gleich 1·5 ist, denn wir haben bei Vernachlässigung der Dicke der Gläser $\frac{1}{F} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$, worin F die Brennweite ist, n der Brechungsindex, r_1 der Radius der vorderen und r_2 der Radius der hinteren Oberfläche des Glases, also $\frac{1}{F} = \left(\frac{3}{2} - 1\right)\frac{2}{r}$, woraus $F = r$ folgt. Für die hellsten Strahlen des Spectrums ist aber n thatsächlich etwas grösser, etwa 1·528 bis 1·530. In neuerer Zeit hat man Brillenkästen, in denen die Nummer des Glases die Anzahl sogenannter Dioptrien anzeigt, welche ihm zukommt. Eine Linse von 1 Meter Brennweite hat eine Dioptrie, eine Linse von $^1/_2$ Meter Brennweite zwei Dioptrien, eine Linse von $\frac{1}{n}$ Meter Brennweite n Dioptrien. Will man die alte Bezeichnung in die neue überführen, so dividirt man 40 durch die alte Brillenkastennummer des Glases und erhält dann die Anzahl von Dioptrien, welche ihr zukommen. Z. B. das Glas ist alt mit 8 bezeichnet, es hat 5 Dioptrien.

Vergrösserungsmittel für die Nähe und Ferne.

Lupe, Dissectionsbrille und einfaches Mikroskop.

Wir haben gesehen, wie man den Refractionsanomalien des Auges nachhelfen, wie man sie compensiren kann. Nun gibt es aber für jedes Auge, auch das kurzsichtige, eine gewisse Nähe, in welcher es überhaupt nicht mehr deutlich sehen kann, und doch würden wir, wenn wir den Gegenstand noch näher bringen könnten, von ihm ein noch grösseres Netzhautbild haben. Wir würden ihn vergrössert sehen und würden Einzelheiten an ihm erkennen, die wir mit freiem Auge nicht mehr unterscheiden. Zu diesem Zwecke legen wir eine Sammellinse vor das Auge und nennen diese eine Lupe. Diese verschafft uns ein grösseres Bild, erstens weil wir den Gegenstand näher vor das Auge bringen können, und zweitens weil die Sammellinse mit unserem Auge ein neues optisches System bildet, in welchem der hintere Knotenpunkt weiter nach vorn liegt, als er früher in unserem Auge lag.

Da sich eine solche Lupe von einem Convexbrillenglase nur durch die kürzere Brennweite unterscheidet, so würden wir auch vor jedes der beiden Augen eine Lupe legen können, wenn wir die M. recti interni stark genug zu contrahiren vermöchten, um damit noch einfach zu sehen. Das gelingt aber nur, wenn wir die Lupen prismatisch machen. Wir schleifen ein Glas, gross genug, um zwei Brillengläser zu geben, auf der einen Seite convex, so dass es eine Brennweite von 6 bis 7 Zoll bekommt, schneiden es in zwei symmetrische Stücke und setzen diese mit der convexen Seite dem Auge zugewendet und mit dem dicken Rande