

in senkrechter Blickrichtung benutzt werden, tritt eine punktförmige Abbildung ein: ein Punkt wird wieder als Punkt abgebildet. Bei schiefer Blickrichtung außerhalb der Achse dagegen müssen die in das Auge dringenden Lichtstrahlen das gleichseitige Brillenglas schief durchsetzen. Dabei erfahren die schief auftreffenden Strahlen eine Verformung, indem sie sich nicht mehr in einem Punkte, sondern in zwei getrennt liegenden, aufeinander senkrecht stehenden Linien, den Brennlinien, schneiden. Ein solches Strahlenbündel ist astigmatisch: es bildet einen Punkt nicht wieder als Punkt, sondern in verschiedenen Entfernungen hinter der Linse als mehr oder weniger strichförmiges Zerstreuungsbild ab (vgl. Abb. 61).

Läßt man ein im Querschnitt kreisförmiges Strahlenbündel schief auf eine gleichseitige Linse auffallen, und verschiebt man hinter der Linse einen Aufgangschirm, so erhält man in der Nähe der Linse einen elliptischen Lichtfleck als Querschnitt des gebrochenen Bündels. Fällt das Strahlenbündel oberhalb der Achse auf, so hat die Ellipse einen größeren waagerechten Durchmesser; beim Abdrücken des Schirmes wird sie kleiner und schließlich zu einer schmalen Ellipse, die weiter entfernt von der Linse in die erste Brennlinie übergeht. Bei weiterer Entfernung von der Linse entsteht zuerst ein kleiner Lichtkreis auf dem Schirm, den man den Kreis kleinster Verwirrung nennt. Schließlich wird bei noch weiterer Entfernung des Schirmes die zweite Brennlinie, die zur ersten senkrecht steht, auftreten, die bei weiterer Abdrücken in eine Ellipse übergeht.

Man findet also nirgends einen Punkt als Bild einer punktförmigen Lichtquelle. Diese Einstellung des Strahlenbündels hat zur Folge, daß die Bilder beim schiefen Durchsehen durch flache Brillengläser eine merkbare Unschärfe bekommen. Beim Betrachten einer strichförmigen Strahlenfigur bemerkt man, daß einzelne Linien deutlich hervortreten als die senkrecht dazu liegenden, während Sterne strichförmig verzerrt erscheinen. Die Folge dieser Verzerrung beim schiefen Durchblick ist eine Beschädigung des nutzbaren Gesichtsfeldes, denn die durch die Randeile erhaltenen Bilder sind mehr oder minder unscharf. Der astigmatische Fehler wächst, je schief das Licht einfällt, und mit der Dicke und Brechkraft des gleichseitigen Brillenglases.

Durchgebogene Gläser und punktuelle Abbildung

Diesen Übelstand erkannte schon im Anfang des 19. Jahrhunderts der Physiker Wollaston, der gleichzeitig periskopische Gläser empfahl, die den Fehler stark verminderten. Bei Brillengläsern kann man diesen Fehler nur durch die Flächengestaltung beseitigen.

Ostwald und Tscherning gaben schon Formeln für die Errechnung der günstigsten Form solcher durchgeboenen Gläser an. Diese Theorien wurden später von den führenden optischen Firmen weiter entwickelt und technisch in die Praxis umgesetzt. Die besten heute im Handel befindlichen punktuell abbildenden Gläser der deutschen Firmen sind: Punktiken (NG. und Busch), Perla-Punktuell (Rodenstock), Punktal (Zeiss).

Den größten Betrag an Astigmatismus weisen die Bi-Gläser auf. Dabei nimmt der Astigmatismus zu, je schief die Blickrichtung ist. Er ist ferner, was die Richtung der Brennlinien anbelangt, verschiedener Art, je nachdem seitlich oder oberhalb bzw. unterhalb der Achse durchgesehen wird. (Daneben haben die Seitenteile der Bi-Gläser schon infolge ihres größeren Abstandes vom Augendrehpunkt allgemein eine schärfere Wirkung. Die Brechkraft nimmt also bei schrägem Durchsehen in allen Richtungen zu.) Ist das Auge des Brillenträgers selbst astigmatisch, so kann unter Umständen bei geeigneter Blickrichtung ein Ausgleich des Astigmatismus eintreten; andererseits ist natürlich auch eine Verstärkung desselben denkbar. Diesen Umstand machen sich die Träger von Bi-Gläsern zunutze, indem sie sich vorzugsweise eine solche Blickrichtung suchen, in der ihr Augenastigmatismus ausgeglichen wird. Werden in solchen Fällen die Bi-Gläser durch nur sphärische punktuell abbildende Gläser ersetzt, so vermindert naturgemäß zuerst der Brillenträger den willkommenen Ausgleich, und er empfindet seinen Augenastigmatismus als störend. Es ist dann für ihn nahe liegend, die flachen Gläser als die besseren zu bezeichnen. Erst die sorgfältige Refraktionsbestimmung und Korrektur des Astigmatismus durch torische Gläser bringen einem solchen Kunden dann den wahren Vorteil der durchgeboenen Gläser.

Eine weitere Eigentümlichkeit der durchgeboenen Gläser besteht darin, daß sie am Rande durchweg schwächer wirken als in der Mitte, so daß u. U. beim Ersatz von Bi-Gläsern die punktuell abbildenden negativen Gläser etwas schärfer zu nehmen sind, doch ist der Unterschied kaum größer als $\frac{1}{4}$ dptr. Bei konvexen Punktuellgläsern wird diese schwächere Randwirkung in der Regel leicht durch Akkommodation ausgeglichen, während dem Kurzsichtigen dieses Mittel nicht zur Verfügung steht, wenn das Punktuellglas nicht entsprechend schärfer gewählt wird.

Geringeren Astigmatismus als die Bi-Gläser weisen die periskopischen (Umblick-) Gläser auf. Sie haben je eine Fläche, deren sogenannte Grundkurve 1,25 dptr beträgt und bei samenden (+) Gläsern dem Auge zu-, bei zerstreuenden (—) Gläsern vom Auge abgewendet liegt.

Stärker durchgebogen sind die Halbmu-schelgläser, deren feste Grundkurve 6 dptr beträgt. Von ihnen sind die zersprengenden Gläser von $-4,25$ streng punktuell abbildend, während alle anderen Schärten einen geringeren Astigmatismus aufweisen. Plankonkavgläser sind bei -20 dptr punktuell abbildend. Die periskopischen Gläser sind bei $-13,5$ dptr punktuell abbildend.

Aus diesen beiden Beispielen ergibt sich schon das Kennzeichen punktuell abbildender Gläser: sie zeigen für jede Schärfe eine besondere Durchbiegung und sind nur in den angegebenen Schärten von Plan- bzw. Halbmu-schellgläsern nicht zu unterscheiden. Die Abbildung 62 zeigt die sogenannte Tscheringssche Kurve, aus der für jeden in der waagerechten Teilung (Abszisse) bezeichneten Scheitelbrechwert in der senkrechten Teilung (Ordinate) die erforderliche Vorderflächenbrechkraft zu entnehmen ist, die für eine

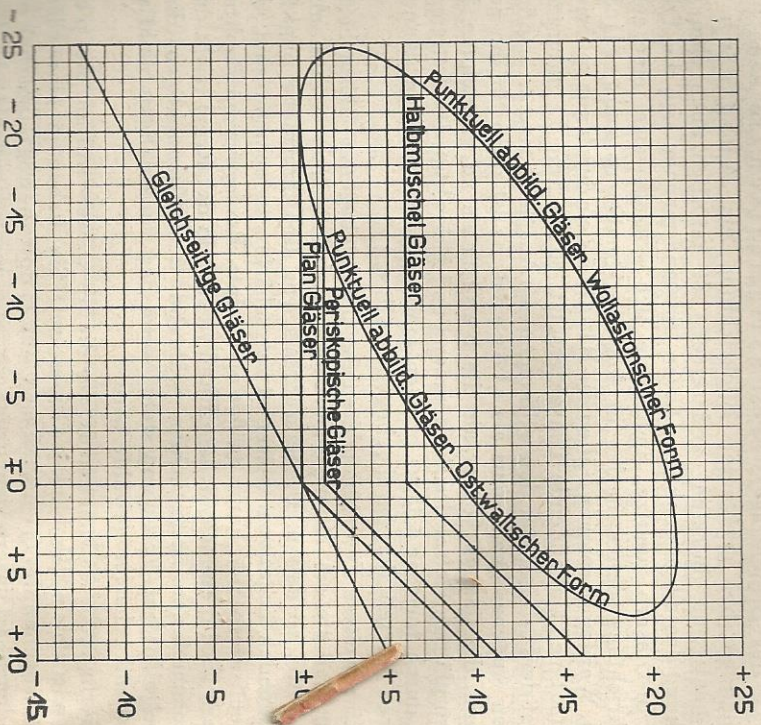


Abb. 62. Tscheringssche Kurve der Durchbiegung der punktuell abbildenden Gläser

punktuell Abbildung nötig ist. Die erstrebte punktuell Abbildung der Gläser wird dann erreicht, wenn die der Berechnung zugrunde liegenden Maße beachtet und eingehalten werden. Dazu gehört die zentrische Benutzung; es muß die Achse des Brillenglases durch den Augendrehpunkt gehen. Wird bei einer Nahbrille der Mittelpunktabstand kleiner gewählt als der Fern-Pupillenabstand, so sind punktuell abbildende Gläser nicht mehr punktuell abbildend, wenn sie nicht gleichzeitig geschwenkt werden. Ferner liegt der Berechnung ein Hornhautsichelabstand von 12 mm, entsprechend einem Drehpunktabstand von etwa 25 mm, zugrunde. Für diesen Abstand sind alle Büschel, die sich in einer im Augendrehpunkt angenommenen Blende schneiden, frei von Astigmatismus. Der Augendrehpunkt liegt etwa 13 mm hinter dem Hornhautsichel.

Während bei negativen Gläsern die Möglichkeit der Herstellung punktuell abbildender Gläser bis -25 dptr besteht, ist sie bei sammelnden Gläsern auf $+8,0$ dptr beschränkt. Für sammelnde Gläser höherer Schärfe (Star-gläsern) ist das einfache Mittel der Durchbiegung nicht mehr brauchbar. Unter der Bezeichnung Gullstrandsche Star-gläser bringt die Firma Zeiss in Jena punktuell abbildende positive Brillengläser auf den Markt, bei denen die augennahe Fläche nicht sphärisch gekrümmt ist, sondern nach dem Rande zu eine sehr geringe, aber mit dem Sphärometer nachweisbare Zunahme der Krümmung zeigt (Kratallgläser). Eine solche aufgetragene Fläche nennt man asphärisch (nichtkugelig).

e) Die astigmatischen Gläser (Zylinder- und torische Gläser)

Die zum Ausgleich des Augenastigmatismus dienenden Brillengläser werden zweckmäßig als astigmatische Brillengläser bezeichnet, da sie die gleichen Eigenarten der Brechung besitzen wie die astigmatischen Augen. Der Astigmatismus der flachen Gläser ist durch die Krümmung der Zylinderfläche bzw. bei torischen Gläsern durch die torische Fläche bestimmt.

Die flachen astigmatischen Brillengläser zeigen, was die Abbildung außerhalb der Achse angeht, die gleichen Fehler wie die sphärischen Bi-Gläser.

Bei schieferm Durchblick tritt, wie bei den sphärischen Bi-Gläsern, auch Astigmatismus schiefer Büschel auf, der also zu der beabsichtigten astigmatischen Wirkung hinzutritt.

Dreht man ein Sphärometer über die Fläche eines Zylinder-glases, so zeigt es in seiner tiefsten Stellung die Krümmung 0. Diese Richtung nennen wir den ersten Hauptschnitt oder die Achse des Zylinders (vgl. Abb. 63). Von der Achse aus nimmt die Krümmung allmählich zu und erreicht senkrecht zur Achse, im