

M. von Rohr / H. Boegehold

Das Brillenglas als optisches Instrument



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH



Alward L. L. L.

DAS BRILLENGLAS ALS OPTISCHES INSTRUMENT

VON DEN WISSENSCHAFTLICHEN MITARBEITERN
AN DER OPTISCHEN WERKSTÄTTE
VON CARL ZEISS, JENA

Dr. MORITZ VON ROHR

A. O. PROFESSOR AN DER JENAER UNIVERSITÄT

UND

Dr. HANS BOEGEHOLD

MIT EINEM BEITRAGE VON

Dr. HANS HARTINGER

VÖLLIGE NEUBEARBEITUNG DES BUCHES
„DIE BRILLE ALS OPTISCHES INSTRUMENT“

MIT 119 ABBILDUNGEN
UND EINEM BILDNIS VON
ALLVAR GULLSTRAND



SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG GMBH

1934

ISBN 978-3-662-24390-9 ISBN 978-3-662-26511-6 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-26511-6

ALLE RECHTE,
INSBESONDERE DAS DER ÜBERSETZUNG
IN FREMDE SPRACHEN, VORBEHALTEN.
COPYRIGHT 1934 BY SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG
URSPRÜNGLICH ERSCHIENEN BEI JULIUS SPRINGER 1934
SOFTCOVER REPRINT OF THE HARDCOVER 1ST EDITION 1934

Vorwort zur Auflage von 1934.

Je weniger ich hoffen konnte, noch eine neue Auflage zu bearbeiten, um so größer ist meine Freude darüber. Ich habe meinen Freund, Herrn H. BOEGEHOLD, als Mitherausgeber hinzugezogen, weil er als treuer Mithelfer bei den jährlichen Übersichten in der Z. ophthalm. Opt. über die Arbeiten der Fachpresse verschiedenen Abschnitten des Buches nähersteht als ich. — Die Beiträge Herrn H. HARTINGERS auf den von ihm so erfolgreich bearbeiteten Gebieten werden gleichfalls den Wert dieser Darstellung erhöhen.

Die Kenntnis der Entwicklung wird für viele Abschnitte gefördert worden sein; eine besonders erfreuliche Fortbildung der Brillenlehre findet sich in den schönen Arbeiten H. HARTINGERS zu der Wirkung dezentrierter astigmatischer Brillengläser.

Der Titel dieses Buches ist gelegentlich <21 185> bemängelt worden, und mir liegt daran, mich im Hinblick auf diese Wahl zu verantworten. Im Jahre 1911 lag bei der Titelwahl der Wunsch vor, kurz die Eigenschaften des Brillenglases anzudeuten, die bei Berücksichtigung des Augendrehpunktes als Hauptstrahlenkreuzpunkt und nach Verfolgung schiefer Bündel von endlicher Neigung zum erstenmal einer strengen, auf trigonometrischer Rechnung ruhenden Beschreibung zugänglich wurden. Jetzt wird es wohl bei dem 20 Jahre gebrauchten Titel bleiben müssen, sonst wäre eine Benennung etwa wie

Das Brillenglas im Lichte strenger Betrachtung

bezeichnender. Sie wäre auch einer Mißdeutung weniger ausgesetzt, während auf die alte leicht — s. <28 86> — ein (wirtschaftlicher) Streit hätte übergreifen können, indem der alte Titel in einem von unserer ersten Auffassung abweichenden Sinne verstanden worden wäre.

Bei der Quellenangabe ist in weitem Maße von der umfassenden Zusammenstellung genau angegebener Titel Gebrauch gemacht worden, die sich in den Bänden der Z. ophthalm. Opt. finden. Die dort erschienenen oder besprochenen Arbeiten sind hier meistens nur durch einen kurzen Hinweis im Text aufgezeigt worden, namentlich auch, um das Quellenverzeichnis nicht unnötig anschwellen zu lassen. Dies Verzeichnis wird nun besonders für ältere Arbeiten aus dem hier behandelten Gebiet als brauchbare Titelsammlung gelten können, an deren Vervollständigung freilich immer weiterzuarbeiten ist. In der

Natur der Sache liegt es, daß scheinbar die ältere Zeit so besser wegkommt, da andere Zusammenfassungen davon nicht bestehen. Von einer ungehörigen Bevorzugung ist aber tatsächlich nicht zu reden, weil sowohl die viel zahlreicheren Arbeiten der neueren Zeit in den Fachblättern zu finden sind, als auch in unsern regelmäßigen Jahresberichten allgemeine eingehende Übersichten bestehen.

Zum Schluß möchte ich meinen Lesern die leider selten beachtete Bitte wiederholen, mir bei der Ausfüllung der Lücken dieser Darstellung durch öffentliche oder briefliche Mitteilungen behiflich zu sein: eine so wichtige Vorkehrung wie die Brille verdient es schon, daß man an die Vollständigkeit ihrer Geschichte einige Mühe wendet, zumal wenn man, sei es als Träger oder Verordner, sei es als Anpasser oder Hersteller, in mehr oder minder hohem Maße auf sie angewiesen ist.

Die stete Hilfsbereitschaft des Herrn Ingenieurs E. RICHTER habe ich auch diesmal dankend anzuerkennen. Wenn die Patentangaben in der kleinen Zeitschrift und in dieser Darstellung zuverlässig sind, so ist das seiner sorgfältigen Nachprüfung in hohem Maße zuzuschreiben.

Jena, im Juni 1934.

MORITZ VON ROHR.

Inhaltsverzeichnis.

Die §-Nummern der Ausgabe von 1921 sind beibehalten und Zusatzabschnitte je durch beigeseztes a (und b) kenntlich gemacht worden.

Sind in einem § bezifferte Gleichungen vorhanden, so steht die erste in runden Klammern hinter der Überschrift. Auf diese Weise kann der Leser unnötiges Suchen nach solchen Gleichungen vermeiden.

Einleitende Bemerkungen.

	Seite
§ 1. Die Schwierigkeiten für die Entwicklung der Lehre von der Brille . . .	1
§ 2. Brillenzeitschriften	2
§ 3. Vorbemerkungen über das Brillenglas als optische Vorkehrung . . .	2
§ 4. Die Schutzbrillen. I (gegen äußere Angriffe)	3
§ 5. Geschichtliche Bemerkungen dazu	4
§ 6. Die Schutzbrillen. II (gegen zu starke Bestrahlung)	5
§ 7. Geschichtliche Bemerkungen dazu	6
§ 8. Die Schutzbrillen. III (gegen bestimmte Strahlengruppen)	9
§ 9. Geschichtliche Bemerkungen dazu	10
§ 10. Vorrichtungen zur Erweiterung des Gesichtsfeldes	11
§ 11. Geschichtliche Bemerkungen dazu	11
§ 12. Brillen zur Unterstützung fehlsichtiger Augen	11
§ 13. Die Erhöhung des Sehvermögens durch Verengerung der Öffnung . .	11
§ 14. Geschichtliche Bemerkungen dazu	12
Die nicht beiderseits an Luft grenzenden Brillen	12
§ 15. Die Taucherbrillen	12
§ 16. Geschichtliche Bemerkungen dazu	13
§ 17. TH. LOHNSTEINS Hydrodiaskop	13
§ 18. Geschichtliche Bemerkungen dazu	15
§ 19. Die FICKSchen Kontakt- oder Haftgläser	15
§ 20. Geschichtliche Bemerkungen dazu	16
§ 21. Die Erhöhung des Sehvermögens mittels durchsichtiger Mittel mit optisch bearbeiteten Grenzflächen	17
§ 22. Geschichtliche Bemerkungen dazu	18
§ 23. Die Nebenbilder durch Spiegelung	19
§ 24. Geschichtliche Bemerkungen dazu	20
§ 24a. Allgemeines zur Herstellung	20
§ 24b. Geschichtliche Bemerkungen dazu	21

Die Brillenlinsen aus Glas.

§ 25. Die Grenzflächen im allgemeinen	22
§ 26. Die Begrenzung der Gläser durch den Rand	22
§ 27. Geschichtliche Bemerkungen dazu	25
§ 28. Die hauptsächlichen Grenzflächen der Brillengläser	28

	Seite
I. Anastigmatische Linsen	29
1. Achsensymmetrische Linsen	29
§ 29. Achsensymmetrische Linsen im allgemeinen	29
a) Die Brillengläser (ohne Rücksicht auf punktmäßige Abbildung außer der Achse)	29
§ 30. Die Probier- und die Zielgläser	29
§ 31. Geschichtliche Bemerkungen dazu	30
§ 32. Die Herbeiführung eines deutlichen Netzhautbildes	31
§ 32a. Bezeichnungen und Vorstellungen aus der Augenheilkunde (1)	32
§ 32b. Geschichtliche Bemerkungen dazu	33
§ 33. Die Brillen mit einer einzigen Brennweite	33
§ 34. Der Scheitelbrechwert S' und S'_{∞} des Brillenglases (2)	33
§ 35. Geschichtliche Bemerkungen dazu	38
§ 36. Die Hauptpunktlage und die Bildgröße beim brillenbewaffneten Auge (9)	39
§ 37. Geschichtliche Bemerkungen zur Dioptrienrechnung	42
§ 38. Die Folgen der Änderung des Brillenabstandes (14a)	42
§ 39. Geschichtliche Bemerkungen dazu	44
§ 39a. Geschichtliche Bemerkungen zu Linsen mit großem Abstände (16)	45
§ 40. Die Einführung des Hauptpunktsbrechwerts in die Formeln (18)	45
§ 41. Der Ausgleich linsenloser oder aphakischer Augen	50
§ 42. Geschichtliche Bemerkungen dazu	50
§ 42a. Der Augenheilkunde entnommene Bezeichnungen und Vorstellungen zur Akkommodation (27)	51
§ 43. Der äußere Akkommodationserfolg des Brillenträgers (29)	52
§ 44. Geschichtliche Bemerkungen dazu	54
§ 45. Die Änderung des äußeren Akkommodationserfolges durch ein LOHNSTEINSches Hydrodiaskop	54
§ 46. Geschichtliche Bemerkungen dazu	55
§ 47. Einfache Brillengläser für Augen mit ungenügendem Akkommodationsvermögen	55
§ 48. Geschichtliche Bemerkungen dazu	56
§ 49. Die Sehschärfe (31)	56
§ 50. Geschichtliche Bemerkungen dazu	62
§ 51. Die Nah- (Presbyopen-) Brillen	63
§ 52. Geschichtliche Bemerkungen dazu	63
§ 53. Die Bildgröße beim akkommodierenden Auge (48)	63
§ 54. Geschichtliche Bemerkungen dazu (56)	65
§ 55. Die Lupenbrillen	66
§ 56. Die Änderung der Abbildungstiefe	67
§ 57. Die Bestimmung des Fernbrillenglases; die Dioptrie (58)	67
§ 58. Geschichtliche Bemerkungen dazu	69
§ 59. Die Durchbiegung und ihr Einfluß auf die Verschiedenheit von Schnitt- und Brennweite. Der Scheitelbrechwert	71
§ 60. Geschichtliche Bemerkungen dazu	71
§ 61. Die Bestimmung der Brechkraft eines vorliegenden Brillenglases (59)	71

	Seite
§ 62. Geschichtliche Bemerkungen dazu	72
§ 63. Die Abstufung der Brillengläser nach Scheitelbrech- werten	73
§ 64. Geschichtliche Bemerkungen dazu	75
§ 65. Die üblichen Formen der einfachen Brille	76
§ 66. Geschichtliche Bemerkungen dazu	77
§ 67. Brillen aus zwei Linsen (namentlich Fernrohrbrillen) (60)	78
§ 68. Geschichtliche Bemerkungen dazu	81
Die Brillen mit verschiedenen Brennweiten	82
§ 69. Die Vorhängebrillen	82
§ 70. Geschichtliche Bemerkungen dazu	83
§ 71. Die Zweistärkenbrillen (61)	84
§ 72. Geschichtliche Bemerkungen dazu	90
b) Die punktmäßig abbildenden Brillen	91
§ 73. Die Berücksichtigung des Augendrehpunkts in der Brillenlehre	91
§ 74. Geschichtliche Bemerkungen dazu	92
Das Sehen mit bewegtem Auge	93
§ 75. Die Schärfenflächen	93
§ 76. Die Lupenbrillen	95
§ 77. Die Verzeichnung im allgemeinen (63)	95
§ 78. Geschichtliche Bemerkungen dazu	97
§ 79. Die Bildfeldfehler im allgemeinen. Die Scheitelkugel (65)	98
§ 80. Geschichtliche Bemerkungen dazu	102
§ 81. Die Hebung des Zweischalenfehlers bei der Lupenbrille	103
§ 82. Die Form der Bildfläche bei der Lupenbrille (66) .	104
§ 83. Geschichtliche Bemerkungen dazu	106
§ 84. Die Verzeichnung der Lupenbrillen	107
§ 85. Die Nahbrillen	107
§ 86. Geschichtliche Bemerkungen dazu	109
§ 87. Die Fernbrillen	109
§ 88. Der Zweischalenfehler bei den Fernbrillen	110
§ 89. Geschichtliche Bemerkungen dazu	113
§ 90. Die Arbeiten F. OSTWALTS und M. TSCHERNINGS . .	114
§ 90a. Weitere Untersuchungen seit OSTWALT und TSCHER- NING (67)	118
§ 91. Die Herstellung der neuen Formen und ihre Prüfung	120
§ 92. Die Form der Bildfläche bei den Fernbrillen (68) .	121
§ 92a. Versuche zur Verbesserung der Bildfeldfehler (70) .	123
§ 93. Geschichtliche Bemerkungen dazu	126
§ 94. Die Folgen einer Verschiebung des Augendrehpunkts längs der Achse	126
§ 95. Geschichtliche Bemerkungen dazu	129
§ 95a. Die Verwendung der nämlichen Brille als Fern- und Nahbrille	129
§ 95b. Geschichtliche Bemerkungen dazu	130
§ 96. Auge und Fernbrille bei schiefer Blickrichtung . .	130
§ 97. Die Verzeichnung bei Fernbrillen (72)	132
§ 98. Geschichtliche Bemerkungen dazu	135

	Seite
§ 99. Besondere Formen der punktmäßig abbildenden Brillen	135
§ 100. Punktmäßig abbildende Starlinsen mit sphärischen Grenzflächen	135
§ 101. Geschichtliche Bemerkungen dazu	136
§ 102. Asphärisch-sphärische Starbrillen (GULLSTRANDSche Starbrillen) (74)	137
§ 103. Geschichtliche Bemerkungen dazu	140
§ 104. Die Fernrohrbrillen für stark kurzsichtige Augen	141
§ 105. Geschichtliche Bemerkungen dazu	142
§ 106. Die Fernrohrbrille als Lupenbrille	144
§ 107. Geschichtliche Bemerkungen dazu	144
§ 108. Umgekehrte Fernrohrbrillen für Lichtspiele	144
§ 109. Geschichtliche Bemerkungen dazu	144
Die Brillen mit mehreren Brennweiten	145
§ 110. Die Vorhänger	145
§ 111. Geschichtliche Bemerkungen dazu	146
§ 112. Die Zweistärkengläser für das blickende Auge	146
§ 113. Geschichtliche Bemerkungen dazu	146
2. Nur zweifach symmetrische Gläser	147
§ 114. Ihre Anlage im allgemeinen	147
§ 115. Geschichtliche Bemerkungen dazu	147
3. Einfach symmetrische Gläser (Schielbrillen)	148
a) Die gewöhnlichen Brillen (ohne punktmäßige Abbildung)	148
§ 116. Der Zusammenhang zwischen brechendem und Ablenkungs- winkel; Centradian und Prismendioptrie (75)	148
§ 117. Geschichtliche Bemerkungen dazu	152
§ 118. Die Dezentrierung achsensymmetrischer Linsen (77)	152
§ 119. Geschichtliche Bemerkungen dazu	154
b) Die Berücksichtigung der Augendrehung	154
§ 120. Die punktmäßig abbildenden prismatischen Brillen	154
§ 121. Geschichtliche Bemerkungen dazu	159
II. Astigmatische Linsen	159
§ 122. Der Augenastigmatismus	159
§ 123. Geschichtliche Bemerkungen dazu	159
1. Zweifach symmetrische Gläser	160
a) Die astigmatischen Brillen für das ruhende Auge	160
§ 124. Die Zylindergläser (79)	160
§ 125. Geschichtliche Bemerkungen dazu	162
§ 126. Torische Gläser; das Umsetzen (Transponieren); die gekreuz- ten Zylinder (80)	165
§ 127. Geschichtliche Bemerkungen dazu	167
b) Die Brille in Verbindung mit dem astigmatischen bewegten Auge	169
§ 128. Das Blicken durch eine astigmatische Brillenlinse	169
§ 129. Die Beschränkung der Behandlung auf die beiden Symmetrie- ebenen (81)	171
§ 130. Geschichtliche Bemerkungen dazu	179

	Seite
§ 131. Die Form der Bildflächen bei astigmatischen Gläsern . . .	180
§ 132. Geschichtliche Bemerkungen dazu	181
§ 133. Die Verzerrung des astigmatischen Brillenglases beim blickenden Auge	181
§ 134. Geschichtliche Bemerkungen dazu	183
§ 135. Asphärisch-torische Starlinsen	183
§ 136. Geschichtliche Bemerkungen dazu	183
§ 137. Zur Strahlenvereinigung außerhalb der Symmetrieebenen .	184
§ 138. Geschichtliche Bemerkungen dazu	185
§ 139. Ein Nachtrag zu den zweifach symmetrischen anastigma- tischen Linsen	185
§ 140. Astigmatische Nah- und Lupenbrillen	187
2. Astigmatisch-prismatische Gläser	187
§ 141. Zur Dezentrierung zweifach symmetrischer Linsen im achsen- nahen Raum (84)	187
§ 142. Geschichtliche Bemerkungen dazu	193
§ 142a. Der Richtungsunterschied zwischen Ablenkung und Dezentra- tion (89)	193
§ 143. Der Einfluß des Öffnungsfehlers (90)	196
III. Die Farbenfehler der Brillen	199
§ 144. Die Farbenfehler einer Einzellinse im achsennahen Raum (97)	199
§ 145. Die Achromasie der Brechkraft (99)	202
§ 146. Geschichtliche Bemerkungen dazu	203
§ 147. Die Achromasie der Hauptstrahlneigung (102)	204
Achromatische Linsenfolgen mit gleichzeitiger Hebung des Zweischalen- fehlers	205
§ 148. Die achromatischen punktmäßig abbildenden Star- brillen	205
§ 149. Geschichtliche Bemerkungen dazu	206
§ 150. Die achromatischen Fernrohrbrillen	207
§ 151. Die Hilfsgläser für Farbenblinde	207
§ 152. Geschichtliche Bemerkungen dazu	208
IV. Die Änderungen der Raumerfüllung durch die Brille	208
§ 153. Die Folgen der Bewaffnung eines Einzelauges durch ein voll- kommenes Brillenglas	208
1. Die Änderung der Perspektive durch die Brille	208
§ 154. Die Änderung des Verlaufs der Hauptstrahlen	208
§ 155. Geschichtliche Bemerkungen dazu	210
§ 156. Die Tiefenänderung durch die Brille (103)	210
§ 157. Geschichtliche Bemerkungen dazu	214
§ 158. Die Vorführung der Tiefenänderung durch die Brille . . .	214
§ 159. Geschichtliche Bemerkungen dazu	216
2. Die Brille als Sehhilfe für beide Augen	216
§ 160. Das Vorkommen der beidäugigen Brille	216
§ 161. Geschichtliche Bemerkungen dazu	216
§ 162. Eine Aufgabe bei der Anpassung einer beidäugigen Brille .	217
§ 163. Geschichtliche Bemerkungen dazu	218

	Seite
§ 164. Die Tiefenfälschung (Porrhallaxie) der vollkommenen Brille	218
§ 165. Geschichtliche Bemerkungen dazu	220
§ 166. Das beidäugige Sehen durch die gewöhnliche Fernbrille	220
§ 167. Geschichtliche Bemerkungen dazu	221
§ 168. Das beidäugige Sehen durch eine Nahbrille	221
§ 169. Geschichtliche Bemerkungen dazu	222
§ 170. Das beidäugige Sehen durch eine Zweistärkenbrille	224
§ 171. Geschichtliche Bemerkungen dazu	224
§ 172. Die beidäugigen Brillen für Schielende	225
§ 173. Geschichtliche Bemerkungen dazu	225
§ 174. Die beidäugigen Brillen für astigmatische Augen	226
§ 175. Geschichtliche Bemerkungen dazu	227
§ 176. Die Brillen für Ungleichsichtige (Anisometropen)	228
§ 177. Geschichtliche Bemerkungen dazu	229

Die Entwicklung der Lehre von der Brille.

§ 178. Allgemeines zu dieser Aufgabe	230
§ 179. Die Entstehung einer Brillenkunde um den Ausgang des 16. Jahrhunderts	231
§ 180. Das Aufkommen des Brillenhandwerkers und seine Schriften zur Belehrung der Käufer	231
§ 181. F. C. DONDERS und die Schulung der Augenärzte in der Brillenbestimmung	232
§ 182. Die Entstehung der großen amerikanischen Brillenwerke und die Bildungsbestrebungen der Ladenoptiker in Amerika und England	233
§ 183. Die Entwicklung und der gegenwärtige Stand der Belehrungsmöglichkeiten auf dem Festland. a) In Deutschland	235
b) In Frankreich	237
§ 184. Zusammenfassung	237
§ 185. Neuere Bestrebungen zur Brillengeschichte	239

Eine Zusammenstellung öfter gebrauchter Bezeichnungen 240

Sachverzeichnis 243

Quellen- und Namenverzeichnis 249

Wegen der im Text häufig vorkommenden Zahlenangaben in eckigen < > Klammern wolle man Anmerkung ¹ auf S. 2 nachlesen.

Wo die Buchstaben B., & B., Htr. hinter den Paragraphen-Überschriften auftreten, bedeuten sie der Reihe nach: die Verfasserschaft von BOEGEHOLD, die Mitverfasserschaft von BOEGEHOLD, die Verfasserschaft von HARTINGER.

Einleitende Bemerkungen.

§ 1. Die Schwierigkeiten für die Entwicklung der Lehre von der Brille. Die Brille ist ein optisches Instrument, das auf eine sehr alte Geschichte zurückblicken kann. Wenn auch aus dem Altertum keine deutlichen Spuren der Brille erhalten sind, so kann man doch, ohne Widerspruch zu finden, die Behauptung aufstellen, daß nach 1300 zuerst die Brille unter den optischen Vorkehrungen auftrat. Daß sie jetzt die verbreitetste optische Einrichtung ist und bleiben wird, darüber kann kein Zweifel bestehen. Und doch kann man kaum bestreiten, daß bis auf die neuere Zeit keine optische Vorkehrung seltener in wissenschaftlichem Geiste behandelt worden ist. Auch heute noch mangelt sehr häufig das Verständnis für die Leistung, die man von der Brille erwarten darf¹. Der Grund für diese eigentümliche Erscheinung liegt in der engen Verbindung, in der die Brille zum Auge steht, und es ist unmöglich, eine zutreffende Lehre von der Brille zu geben, solange ein Verständnis der Vorgänge beim freien Sehen nicht vorausgesetzt werden kann. Es liegt in der Natur der Sache, daß die Ophthalmologen am meisten berufen waren, sich mit dem Gebrauch des Auges zu befassen, aber sie waren in der Regel keine Optiker, und die Optiker ihrerseits haben diese Aufgabe sonderbarerweise sehr lange vernachlässigt. Sie haben sich durch die mannigfachen Ähnlichkeiten, die sich zwischen dem Auge und einer dunklen Kammer (*Camera obscura*) finden, bewegen lassen, das Auge als ein Dunkelkästchen zu betrachten und sich bei dieser, zwar nicht falschen, aber unvollständigen Ansicht zu beruhigen. Da ferner die Herstellung von Brillen, die tatsächlich an die Sorgfalt der Ausführung nicht die höchsten Anforderungen stellt, auch für die Anwendung von Rechenverfahren nicht geeignet schien, so sind von Optikern bis in das 19. Jahrhundert hinein auch nicht einmal Versuche gemacht worden, die Brille durch wissenschaftliche Verfahren auf eine höhere Stufe theoretischer Vollkommenheit zu heben, wieviel auch für die Ausbildung und Verfeinerung der Herstellung geschehen sein mag.

Nach dem Vorhergegangenen ist es verständlich, daß die Verbesserung der Brille recht häufig auf einen Anstoß von ophthalmologischer

¹ Es sei bemerkt, daß diese Darstellung den Boden der geometrischen Optik nicht verlassen wird. Der Vollständigkeit halber werde aber darauf hingewiesen, daß K. STREHL den Versuch gemacht hat, auch die Beugung bei der Abbildung durch Brille und Auge zu berücksichtigen. Man sehe dafür etwa (19 138 und 21 ¹³¹⁹²) ein.

Seite zurückging, und in dem vorliegenden Falle darauf, daß eine eingehende Theorie des Sehvorganges beim freien Sehen von einem Ophthalmologen gegeben wurde, der zugleich ein gelehrter Optiker von höchstem Range war. Dieser Ophthalmologe war ALLVAR GULLSTRAND.

§ 2. **Brillenzeitungen.** In der letzten Zeit haben sich die Verhältnisse insofern gebessert, als es möglich war, die neuen Ansichten auch in der Fachpresse zu vertreten. Zunächst wurde zu diesem Zweck im April 1913 die *Zeitschrift für ophthalmologische Optik* (Z. ophthalm. Opt.)¹ begründet, und ferner zeigen jedenfalls im deutschen Sprachgebiet auch die eigentlichen Optikerblätter eine wirkliche Teilnahme an den Fortschritten der neueren Brillenkunde. Dies sind die seit 1880 bestehende *Centralzeitung für Optik und Mechanik* (Centr.-Ztg. Opt. Mech.), die seit dem 1. Juli 1910 erscheinende, im Oktober 1931 eingegangene *Optische Rundschau* (Opt. Rdsch.) und die im Oktober 1915 begründete *Deutsche optische Wochenschrift* (Dtsch. opt. Wschr.), wozu (32 73) in neuester Zeit noch die *Optische Rundschau und Photo-Börse* (Opt. Rdsch. u. Photo-Börse) gekommen ist. Von ausländischen Zeitschriften ist namentlich das im April 1891 begründete, sehr wichtige englische Fachblatt *The Optician* (32 10687) zu erwähnen². — Die erstgenannte Zeitschrift legte von vornherein Gewicht auf regelmäßige Berichte über solche Fortschritte und hat für den Zeitraum von 1911 ab Patente und Gebrauchsmuster im Anschluß an die Einteilung dieses Buches besprochen sowie auch Zusammenfassungen über die optischen Aufsätze namentlich der Optikerzeitungen gebracht. Man wird zugeben können, daß dadurch — bei allen Lücken im einzelnen — ein Überblick über das Brillengebiet geschaffen worden ist, wie er früher nicht bestand, und wird der Opferwilligkeit des SPRINGERSCHEN Verlages aufrichtigen Dank wissen.

§ 3. Vorbemerkungen über das Brillenglas als optische Vorkehrung.

Unter einem Brillenglas hat man ursprünglich allein verstanden eine aus durchsichtigem Werkstoff bestehende sphärische Linse, die zur Verbesserung des Sehvermögens vor das Auge gebracht wurde.

¹ Um Knappheit und Eindeutigkeit zu verbinden, werden die Hinweise auf dieses Fachblatt durch die abgekürzte Jahreszahl sowie die Seitenziffer in eckigen < > Klammern — also etwa (32 73) — gegeben werden; handelt es sich um eine Besprechung in einer unserer Übersichten, so tritt noch die hinaufgesetzte Anmerkungs- (oder Patent-) Zahl — also etwa (32 10687) — mitten hinein. Ähnlich verfährt man, wenn ein Bild (+) anzuführen ist wie bei (23 +5 169). — Sollte etwa die Seite einer in der Z. ophthalm. Opt. besprochenen Urschrift anzuführen sein, so könnte das beispielsweise durch ((24⁸ 56) 175) deutlich und kurz geschehen. — Den Zusammenhang zwischen Jahreszahl und Bandnummer kann man der folgenden Liste entnehmen:

1. 13/14	6. 18	11. 23	16. 28
2. 14/15	7. 19	12. 24	17. 29
3. 15/16	8. 20	13. 25	18. 30
4. 16	9. 21	14. 26/27	19. 31
5. 17	10. 22	15. 27/28	20. 32

² Die Titel dieser Zeitschriften wechseln gelegentlich. So heißt die umfangreichste deutsche Fachschrift jetzt *Optische Rundschau und Photo-Optiker*; bei dem englischen Fachblatt *The Optician* hat sich der Untertitel mehrfach geändert: seit dem 9. Sept. 1932 heißt es *The Optician, the British Optical and Instrument Journal*.

Im Laufe der Zeit ist man von dieser Bestimmung nach mehreren Richtungen abgewichen, so daß der neue Begriff viel weiter und darum unbestimmter werden muß. So wurde der Zweck der Brille durch die Aufnahme der Schutzbrillen erweitert¹, der Werkstoff war in einzelnen Fällen nicht durchsichtig, und schließlich paßt der Begriff einer sphärischen Linse schon seit einiger Zeit auch nicht mehr, so daß man richtiger die folgende Bestimmung annimmt: Unter einem Brillenglas² sei verstanden ein optisches Zusatzglied, das geeignet ist, einige Zeit oder dauernd vor dem Auge getragen zu werden.

Selbstverständlich bleibt die alte Bestimmung auch heute noch in einer großen Anzahl von Fällen gültig, und es seien daher in dieser Darstellung zunächst die minder wichtigen Zusätze erledigt, mit denen man in der neueren Zeit dies Gebiet erweitert hat.

§ 4. Die Schutzbrillen. I (gegen äußere Angriffe). Der Schutz betrifft zunächst äußere Angriffe auf das Auge, wie sie von gröberen oder feineren Splintern, Regen, Staub, Luftzug, Wind usw. ausgeübt werden können. Ein weiterer Einfluß der Witterung zeigt sich in dem Beschlagen des Brillenglases vor dem Auge, und man hat verständlicherweise gelegentlich auch das Eintreten dieser Störung verhindern wollen.

Wenn man von der rohen Hilfe der Schutzgitter absieht, so kommen sowohl ebene als auch gekrümmte Grenzflächen durchsichtiger Mittel in Betracht. Soll bei sphärischen Krümmungen jede Linsenwirkung vermieden werden, und beschränkt man sich auf den achsennahen Raum, so ergibt sich unter Berücksichtigung der Brennweitenformel für Linsen endlicher Dicke d die hintere Krümmung $1/\bar{r}$ aus der vorderen $1/\bar{r}$ und dem Brechungsverhältnis n des Werkstoffs zu

$$1/\bar{r} = 1/\bar{r} : 1 - (n - 1) d/n\bar{r}$$

oder umgeformt

$$\bar{r} = \bar{r} - (n - 1) d/n.$$

Als Werkstoff für Schutzbrillen findet sich sowohl *Glas* und *Bergkristall* als auch (*Marienglas*) *Glimmer*, *Zellhorn* und in neuerer Zeit *Cellon*, *Triplexglas* u. a. m. Für Glimmer sei auf S. THOMPSON (2.) und H. P. WIGGINS (1., 2.) verwiesen, während für andere Stoffe die regelmäßigen Übersichten in der Z. ophthalm. Opt. zu berücksichtigen sind.

Als Träger kommen für diese Instrumente in Frage sowohl Arbeiter verschiedener Berufszweige (z. B. Schweißer, Steinarbeiter) als auch Flieger, Kraftwagen- und Radfahrer.

¹ Ausgeschlossen sind hier die Brillen, die E. H. OPPENHEIMER (I. 119; 3. 80) *kosmetische* und *orthopädische* genannt hat, weil bei diesen Einrichtungen nicht das durch die Gläser tretende Licht die Hauptsache ist, sondern weil ihre Leistungen im wesentlichen durch die Brillenfassung ausgeübt werden.

² Wir nehmen an, daß hiermit den in (21 185) erhobenen Bedenken Genüge geschehen ist.

§ 5. Geschichtliche Bemerkungen zu den Schutzbrillen gegen äußere Angriffe.

Was die mit Gläsern versehenen Schutzbrillen angeht, so reichen ihre ersten Spuren in Schriftwerken auf die Mitte des 16. Jahrhunderts zurück, wo der Zusatz zur Regensburger Brillenmacherordnung <20 81 b> die in ihre Lederfassung fest eingebauten Gläser der *Windbrillen* erwähnt. In <25 105> ist ein altes Stück dieser Art von A. v. PFLUGK abgebildet worden. Ferner erscheinen sie 1618 bei H. SIRTURUS (*I.*) als *Konservationsgläser* ohne Brechkraft und ebenso nach A. v. PFLUGK und M. v. ROHR (38. 60) bei DAZA DE VALDES 1623. Für Reisen scheinen sie sich nach <25 106> im 17. und 18. Jahrhundert im Gebrauch erhalten zu haben und treten als *Eisenbahnbrillen* wieder auf, da die offenen Wagen der alten Züge einen solchen Schutz nötig machten. Siehe <27/28 90> für England und <25 103> für Deutschland. Sie müssen stark begehrt gewesen sein, denn sie haben 1844 bereits in einem DUNCKERSCHEN Händlerflugblatt (*Centr.-Ztg. Opt. Mech.* 38 188) ihren Platz. Leider fehlt die Abbildung. Ältere Schutzbrillen zeigten noch ziemlich



Abb. 1. Eine feinere Eisenbahnbrille vom Jahre 1843. Nach A. v. PFLUGK <25 +4 106>.

spät gelegentlich für jedes Auge zwei hufeisen- oder dachsteinförmige Gläser. Sie waren an der geraden Kante zusammengelenkt¹, so daß das eine Glas zum Schutz nach vorn, das andere zum Schutz nach der Schläfenseite diente. Die Zeichnung <25 106> (Abb. 1) wird eine Vorstellung davon geben.

Später suchte man das Auge durch ein stark durchgebogenes Glas von allen Seiten zu schützen. Das mag hier erwähnt werden, obwohl der Schutz auch auf die Einstrahlung von Licht ausgedehnt worden sein wird. Solche seit 1855 hergestellte Formen finden sich bereits in einem BUSCHSICHEN Preisblatt vom Januar 1858 als *Uhrglasbrillen*² in blauer Stahlfassung mit großen, sehr stark gewölbten „periskopischen“ Gläsern ohne Brennweite. Später, in den 60er Jahren, werden sie dem Einfluß A. v. GRAEFES, und zwar als afokale „*Muschelgläser*“ zugeschrieben, worüber M. v. ROHR (18. 414) gehandelt hat. Sie sind sicherlich 1867 unter diesem Namen bekannt gewesen und haben sich nach einer ziemlich eingehenden Darstellung <14/15 123> dauernd am Leben erhalten. Hierher gehören auch die neueren Formen <14/15 1483 u. 22183>, die das Auge mehr oder minder vollständig umgeben und in einem Falle sogar die Spiegelbilder erster Ordnung ausschließen.

Recht alt werden auch die Steinschläger- und überhaupt die Arbeiterschutzbrillen sein, denen K. HARTMANN (*I.*) und VILLARET früh eine besondere Arbeit gewidmet haben.

Wendet man sich nunmehr zu den verschiedenen Neuerungen seit der Abstattung regelmäßiger Brillenberichte, so sind von Untergruppen der Reihe nach zu nennen

¹ Diese Angabe geht auf eine freundliche Auskunft des Herrn K. STEGMANN zurück, der solche Eisenbahnbrillen noch in seiner Lehrzeit kennengelernt hat.

² Zum Verständnis dieses Ausdrucks muß wohl eine kleine Bemerkung gemacht werden, da unsere heutigen Uhrgläser über ebenen Zifferblättern ziemlich flach sind. Das war bei den damals noch viel getragenen *Spindeluhren* nicht der Fall, da dort der Zapfen zur Zeigerstellung mitten über dem schildförmigen Zifferblatt aufragte und so eine noch stärkere Wölbung des Uhrglases verlangte. — An der Spindeluhr in meinem Besitz beträgt die Brechkraft der Außenfläche 10 dptr, und man versteht nunmehr die Verwendung dieser Bezeichnung zu einer kurzen Beschreibung. — Solche Uhrgläser aus geblasenen Glaskugeln wurden zu sehr früher Zeit nur in England gemacht, um das Ende des 18. Jahrhunderts <26/27 4719> auch schon in Deutschland.

Kriegsbrillen gegen Geschoßteile sowie Splitter und zum Gasschutz,
 Arbeiterbrillen gegen Splitter,
 Sportbrillen gegen verirrte Bälle und schließlich
 Kraftfahrer- und Fliegerbrillen gegen Zug, Staub und Regen.

In verwandten Gruppen ist unter § 22 nach splitterfreien Brillengläsern, gegebenenfalls solchen mit gehärteter Außenschicht, zu fahnden.

Man sieht ohne weiteres, daß bei einzelnen dieser Gruppen eben wirtschaftlich begünstigte Käuferkreise vorhanden sind, deren Bedürfnisse die weitere Ausbildung dieser Hilfsmittel lohnend erscheinen lassen.

Gegen das störende Beschlagen der Brillengläser ist man wohl überhaupt erst in der Zeit der regelmäßigen Berichterstattung vorgegangen. Als Untergruppen der *nicht beschlagenden* Brillen stellten sich dabei heraus:

Glasfolgen mit luftleeren Zwischenräumen,
 Oberflächenbehandlung mit chemischen Mitteln, meist Seife oder Glycerin,
 Wasser ansaugende Stoffe nahe am Brillenglas,
 lebhaftere, zum Teil künstlich beförderte Lüftung an der gefährdeten Fläche vorbei; gelegentlich wird auch die vorbeigetriebene Luft vorher erwärmt,
 erwärmte Brillengläser,
 besondere Wischereinrichtungen,
 Vorbringung immer neuer Teile, wenn die Schutzschicht in biegsamen Streifen — etwa aus Gelatine — vorliegt,
 Verminderung der Oberflächenspannung, gelegentlich unter Verwendung von Gelatineblättern,
 Benutzung einer gewissen Wassermenge in einem abgeschlossenen Luft-raum, um mit einer einfachen Neigung des Kopfes die Innenflächen klarzuspülen.

Ohne optischen Zweck sind:

bloße Abkühlungsbrillen meist mit merklich befördertem Luftwechsel für Schweißer.

Hierfür ist auch unter § 7 bei Blendungsbrillen für Schweißarbeiter nachzuforschen.

§ 6. Die Schutzbrillen. II (gegen zu starke Bestrahlung). Ein anderes Schutzbedürfnis ergibt sich aus der Reizung des Auges durch eine zu starke Bestrahlung. Dem entgegenzuwirken gibt es hauptsächlich zwei Mittel.

1. Die Verminderung der eintretenden Lichtmenge durch eine Verringerung des Raumgebietes der in das Auge strahlenden Punkte, also durch Gesichtsfeldbegrenzung. Hier kann die Brille sehr wohl allein durch strahlenbegrenzende Blenden gebildet sein, die ohne Brillengläser wirken und manchmal als *Augenschirme* bezeichnet werden.

2. Die Verminderung der eintretenden Lichtmenge durch Schwächung der Leuchtkraft des einzelnen Strahls infolge der *Dämpfung*-(Absorptions-) Wirkung des Glases. Der Leitgedanke ist dabei der einer möglichst im ganzen Blickfelde *gleichen* Dämpfung.

3. Eine Verbindung der beiden vorher erwähnten Möglichkeiten mit den gewöhnlichen Gläsern führt auf Brillen, die entweder allein

an einem einzelnen Teile des Blickfeldes das Licht zurückhalten oder dort eine stärkere Dämpfungswirkung ausüben als an den andern, *zwei-* oder *mehrdämpfige* (dichromatische) Brillen. Dabei ist das Gebiet starker Schwächung nach oben gerichtet, um das Himmelslicht abzuschwächen, und nach unten, wenn das Schneelicht oder die Spiegelung an Straßen, Wasserflächen u. a. gedämpft werden soll.

§ 7. Geschichtliche Bemerkungen zu den Schutzbrillen gegen allzu starke Bestrahlung. 1. Eine sehr frühe Form der blickfeldbeschränkenden Brille vertritt Ungenannt (*I.*) vom Jahre 1668, worauf zuerst hingewiesen zu haben ED. PÉRGÈNS (7 282, 8) das Verdienst hat. Es scheint übrigens, als ob von dieser Vorkehrung die *Leipziger Röhrenbrillen* abstammten, von denen G. J. BEER (*2.*) berichtet hat. Auch in dem BERNSTEINschen (*I.*) Handbuch von 1819 spielen diese Vorkehrungen noch eine Rolle. — Um die Mitte des 18. Jahrhunderts, 1756, brachte der damals gut bekannte Optiker B. MARTIN (*I.*) seine Randbrillen (*visual glasses*) heraus, die anscheinend sofort großen Beifall fanden und sich namentlich auch in Deutschland weit verbreiteten, wovon uns dieselben beiden älteren Schriftsteller berichten. Wie die Abbildung dieser Anlage zeigt — sie steht leicht zugänglich bei M. v. ROHR (<21²³⁵⁹> 431 + 13) —, handelt es sich bei B. MARTIN um gewöhnliche, gleichseitige Brillengläser, deren ursprüngliche Öffnung von 3,8 cm durch einen breiten, das Blickfeld beschränkenden Hornrand auf $2\frac{1}{2}$ cm vermindert worden war. Möglicherweise im Zusammenhang damit stand CH. H. L. JACHAU (*I.*), der 1839 ein amerikanisches Patent auf eine Brille mit breitem gemattetem Rande erhielt, und ein Anklang an die Röhrenbrillen mag sich bei FR. YEISER (*I.*) finden, der 1875 Schattenschilder über der Brille anbrachte. Übrigens werden früh, 1815, auch die als Hilfsmittel für schwachsichtige Augen seit 1623 bekannten *Loch- und Schlitzbrillen* durch J. SKINNER (*I.*) zum Lichtschutz empfohlen. Aus neuerer Zeit wäre auf CL. BECKERS (<20¹⁶¹⁷⁹>) hinzuweisen.

Ziemlich alle diese Mittel finden sich in neuerer Zeit bei den *Lichtspielbrillen* verwendet, die einen Schutz des Auges vor grellem Licht zum Ziele haben. Man findet hier

- die breiten, dunklen Ränder,
- enge Spalten und Schlitz,
- die Lochbrille, wobei die Öffnungen gelegentlich auch durch die Fäden eines lockeren Gewebes begrenzt werden.

Auch unter den einfachen Dämpfungsbrillen findet sich gelegentlich der Vorschlag, sie für Zuschauer bei Lichtspielen zu verwenden.

2. Die Aufgabe einer Minderung der Leuchtkraft des einzelnen Strahls — farbige Brillen waren schon im 16. Jahrhundert bekannt und wurden 1623 von DAZA DE VALDES behandelt — führte in erster Linie auf Lösungsversuche der Aufgabe, wie die wünschenswerte Gleichmäßigkeit der Dämpfung erreicht werde. Das geschah in alten Brillen — gegen Ende des 18. Jahrhunderts — durch farbige Planscheiben, die beliebig vor die eigentlichen Brillengläser geschlagen werden konnten; dafür ist auf J. RICHARDSON (*I.*) zu verweisen, der 1797 um einen Schutz darauf nachsuchte. Eine Färbung der Glasmasse selbst empfiehlt sich bei Gläsern stärkerer Wirkung darum nicht, weil bei den an stärkeren Gläsern unvermeidlichen Dickenunterschieden zwischen Mitte und Rand im Blickfelde eine Verschiedenheit der Dämpfung eintreten muß. Brillen, wo das Farbglas plan begrenzt ist und über die ganz Fläche hin die gleiche Färbung zeigt, nennt schon 1829 G. S. PLÖSSL *isochromatische*, und wir hören schon zwei Jahre später (<26/27 3>), daß in Wien solche Schutzplatten den Brillen entweder angeleckt oder Gläsern

mit einer Planfläche dauernd angekittet wurden. Wohl in einer Weiterführung dieses Gedankens hat J. M. JAMIN (*I.*) 1838 und nach E. PERGENS (*5.*) N. J. LEREBOURS schon vor 1841 zu dem Aushilfsmittel gegriffen, eine geeignet gekrümmte brechkraftlose dünne Linse vor das eigentliche Brillenglas zu kitten oder sie mit ihm durch das Überfangverfahren unlöslich zu vereinigen, einem Kunstgriff, den die neuzeitliche Brillentechnik dann mehrfach wiedergefunden hat. Auf der gleichen Stufe steht die Zusammensetzung des isochromatischen Glases aus drei Schichten, von denen die mittlere dämpfende ohne Brechkraft ist. Dieses Hilfsmittel kommt zuerst bei E. BUSCH (*I.*) 1868/9 vor und ist dort durch Kittung verwirklicht. — Andere Verfahren führen, wie die von W. PUGH und H. FIELD (*I.*) 1868, zur Färbung der Trägerschicht; nach der ungewöhnlich knapp gehaltenen Patentschrift wünschten sie die schweren Brillengläser von großer Brechkraft (etwa solche für Linsenlose) dadurch zu erleichtern, daß sie sie aus zwei Teilen zusammensetzten: aus einer leichten Trägerschicht ohne Brechkraft und einem eingekitteten Hauptglase, das nunmehr von kleinerem Durchmesser, also leichter, gemacht werden konnte. Waren gefärbte Gläser vorgeschrieben, so wurde die Färbung in der gleichmäßig dicken Trägerschicht angebracht. Auf andere Weise ging E. FL. COURVOISIER (*I.*) 1869 vor. Um Farbgläsern ein gleichmäßiges Aussehen zu verschaffen, ohne doch das etwas umständliche Verfahren von J. M. JAMIN oder N. J. LEREBOURS zu verwenden, schlug er vor, Linsen durch einen gefärbten Kitt miteinander zu verbinden. Schließlich sei auch noch auf den Vorschlag von H. W. DOVE (*I.*) hingewiesen, die Vorderfläche dünn zu versilbern oder zu verplatinen. Die obenerwähnten afokalen Muschelgläser sind gleich bei ihrem ersten Erscheinen auch farbig, namentlich blau und grau, ausgeführt worden.

Die neuzeitliche Technik hat sich mit der Gleichmäßigkeit der Dämpfung nur gelegentlich, etwa mit den Trilux-Gläsern (13/14 ¹²⁰; 14/15 ²¹¹¹) befaßt, im allgemeinen waren die Aufgaben völlig verschieden von denen der alten Zeit mit ihren schwachen künstlichen Lichtquellen.

Des Blendungsschutzes bedürftig waren namentlich

Schweißarbeiter an künstlichen Lichtquellen von ungewöhnlich hoher Leuchtkraft und

Kraftwagenführer, sei es gegen das Sonnenlicht, sei es gegen die Scheinwerfer gegenfahrender Wagen.

Besonders, aber nicht ausschließlich, für die Angehörigen der zweiten Gruppe hat man sehr verschiedene Möglichkeiten vorgeschlagen. Hält man hier an den einfach dämpfenden Vorkehrungen fest, so erwies es sich bald als notwendig, sie nur zeitweilig zu verwenden, und das führte zu den beiden Möglichkeiten

der wegklapp- oder wegschiebbaren und
der abnehmbaren Schutzgläser.

In dem ersten Falle hat man — hier kommen mehr die Schweißarbeiter in Betracht — mechanische Mittel zur Vor- und Rückschaltung ersonnen, wovon hier angeführt werden mögen die Betätigungen durch

Kinnbewegungen,

Einbeißen,

Kopfschwenkungen,

Bewegung der Brauen und der Stirnhaut,

Saugen oder Blasen mittels eines Röhrens.

Gelegentlich wird auch für kaufkräftige Benutzer

Farbflüssigkeit zwischen zwei Glasplatten gepreßt oder aus ihnen herausgesaugt.

Die abnehmbaren Schutzgläser sind einförmiger: fast allein kommen Vorschaltformen vor, nur ganz gelegentlich trifft man auf Nachsteckgläser.

Man wird verstehen, daß die neuzeitliche Technik die angelenkten farbigen Schutzteile in umfangreichem Maße verwandt hat; dafür sollte jeder, den dies angeht, die Patentberichte der Z. ophthalm. Opt. in den letzten Jahren durchsehen.

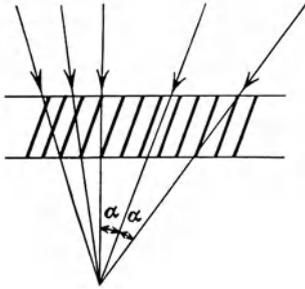


Abb. 2. Waagrechter Schnitt durch ein DURIERSESCHES Geschirm (31 + 5 22) zur selbsttätigen Ablenkung des Scheines von gegenfahrenden Kraftwagen, während die andere Straßenseite noch überschaubar werden kann. (Für das Fahren auf der rechten Wegseite gezeichnet.)

Überfangschicht zuerst gehörig dünn. Man erkennt, daß hier in gewisser Weise eine Verbesserung des alten JAMIN-LEREBOURSCHEN Verfahrens durchgeführt worden war, die später unter anderem Namen wieder auftreten sollte. — In neuerer Zeit liegt — hier kommen wieder die gleichen Gruppen der Schweißarbeiter und der Kraftwagenführer (33 129) in Betracht — der Hauptgrund für die Zwei- oder Mehrdämpfbarkeit in der größeren Geschwindigkeit, deren Vorteile auszunutzen. Denn die Betätigung der Wirkung einer derartigen Brille geht schnell

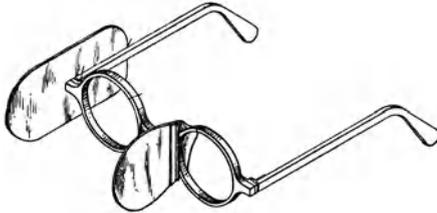


Abb. 3. Eine Schirmbrille nach J. R. GALES (26/27 + 4 168).

(Für das Fahren auf der linken Wegseite gezeichnet.)

und gleichsam unbewußt in die Richtungen gebracht werden, wo eine Blendungswirkung auftritt oder erwartet wird. — Auch die verlaufende Dämpfung ist schon früh angebracht worden.

Natürlich gibt es sehr verschiedenartige Möglichkeiten für die Verwirklichung, und hier können nur eine begrenzte Zahl davon erwähnt werden.

3. Allen diesen einfach dämpfenden Gläsern stehen die zwei- oder mehrdämpfgen¹ (*dichromatischen*) gegenüber, für die sich schon früh das Überfangverfahren ebenfalls als zweckmäßig erwies. CH. ALT (*I.*) wollte 1876 ein Brillenglas herstellen, das nur gegen die von oben einfallende Strahlung schützen sollte. Er brachte zu diesem Zwecke auf dem oberen Teile des Brillenglases eine Schmelzdecke auf und verstand es, so zwei Teile des Brillenglases durch hohe Temperatur fest miteinander zu verbinden. — Es ließ sich nicht entscheiden, ob der Nürnberger J. FR. ALT (*I.*) in einer verwandtschaftlichen Beziehung zu dem soeben erwähnten Erfinder gestanden hat. Im Jahre 1877 meldete er ein deutsches Patent auf einen sehr ähnlichen Gegenstand an; er benutzte zur Herstellung seines Brillenglases bereits überfangenes belgisches Spiegelglas und schliß die

und gleichsam unbewußt vor sich: Man muß sich eben vergegenwärtigen, daß einer Dämpfungsvielfachheit — die zwei oder mehr Gebiete könnte man sich zunächst auf die Vorderseite der Einheitskugel um den Augendrehpunkt bezogen vorstellen — mehrere Blickwinkelkegel entsprechen mit verschiedener Dämpfung der eintretenden Strahlen. Ein solcher Dämpfungskegel von Blickrichtungen kann nun durch Kopfbewegungen schnell und

¹ Es erscheint mir geboten, von dem alten Ausdruck (dichromatisch) ab- und zu den neuen zwei- und mehrdämpfgen überzugehen, weil ein *zweifarbigen* Schutzglas, wenn überhaupt, ganz ungemein selten vorgeschlagen wird.

Für die Sonnenblendung handelt es sich häufig um waagrecht begrenzte Blendungsgebiete mit

Schutz gegen Licht von oben, doch wird gelegentlich auch Schutz gegen Licht von unten verlangt, wenn Spiegelung an Wasser- oder Straßenflächen stört.

Für den Schutz gegen künstliche Lichtquellen gibt es auch

die waagrechte Begrenzung, doch kommt ebenfalls

die senkrechte Begrenzung, etwa für Kraftfahrer, vor;

der Rand ist gelegentlich dunkel, oder

der Rand ist gerade hell.

Manchmal wurden auch die Schirme zu mehr oder minder völliger Abschattung ziemlich weit nach vorn verlegt. Eine besondere (namentlich für die Scheinwerfer gegenfahrender Kraftwagen verwandte) Anordnung stellt die Schattenschirme einigermaßen in die Bewegungsrichtung des Blendlichts, weil sich dessen Strahlung dann beim Näherkommen von selbst abblendet (Abb. 2).

Eine gewissermaßen verwandte Form stellen Schirme an den Schläfen $\langle 26/27 + 4 168 \rangle$ (Abb. 3) oder mitten auf der Nase (Abb. 4) dar; dabei wird gelegentlich das $\langle 28 + 5 26 \rangle$ weniger geschützte Auge auch noch mit einem Dämpfungsglase ausgerüstet.

Ein Hinweis auf die vorgeschriebenen Fahrtregeln zum Verständnis der verschiedenen Schutzschriften entnommenen Abbildungen wird nicht unnötig sein, denn während auf dem europäischen Festland meistens und in den Vereinigten Staaten rechts gefahren wird, hält man sich in England und früher jedenfall in Österreich auf der linken Straßenseite.

§ 8. Die Schutzbrillen. III (gegen bestimmte Strahlengruppen).

Handelte es sich bis jetzt in der Regel um das gewöhnliche weiße Licht, das mehr oder minder gleichmäßig geschwächt werden sollte, so hat man bei bestimmten künstlichen Lichtquellen die Augen auch gegen besondere, als schädlich angesehene Strahlengruppen, namentlich solche kurzer Wellenlänge, durch farbige oder farblose Gläser schützen müssen.

Der zeitweilig sehr heftige Streit um die Ausblendung der kurzwelligen Strahlung ist durch die Arbeiten A. VOGTS und seiner Schüler so entschieden worden, daß unter gewöhnlichen Umständen keine Dämpfung der kurzwelligen Strahlung notwendig ist. Man sehe in $\langle 26/27 148 \rangle$ H. HARTINGERS zusammenfassenden Bericht über jene wichtigen Arbeiten. Unter Umständen — z. B. für Glasarbeiter vor dem Schmelzofen — wird vielmals eine Dämpfung der kürzerwelligen infraroten Strahlen nötig, um Schädigungen der Kristalllinse zu verhüten.

Bei ungewöhnlich hoher Leuchtkraft der Strahlen wird man zweckmäßig an eine möglichst gleichmäßige Dämpfung aller Strahlenarten denken; dann wird mit der Schutzwirkung auch die geringste Farben-

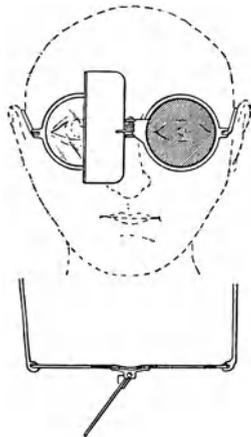


Abb. 4. Eine Schirmbrille nach A. DELABOST & G. DEBES mit einem Dämpfungsglase für das linke Auge $\langle 28 + 5 26 \rangle$. (Für das Fahren auf der rechten Wegseite gezeichnet.)

änderung der betrachteten Gegenstände verbunden sein. — Um solche Farbenänderungen bei Beleuchtung mit künstlichem Licht zu vermeiden, hat man daraus durch besondere Filterschichten bestimmte Farbengruppen zu entfernen gesucht. Alsdann kann der Brillenträger auch bei künstlichem Licht ein richtiges Urteil über Farben wie bei Tageslicht abgeben.

§ 9. Geschichtliche Bemerkungen zu den Schutzbrillen gegen Gruppen schädlicher Strahlen. Zu älteren Bestrebungen dieser Art ist A. v. PFLUGK nach (29 127) heranzuziehen, wobei grüne Schutzgläser überwiegen. Mehr die neuere Zeit wurde 1897 durch ED. PERGENS (*I.*) berücksichtigt. Man erkennt den Einfluß von L. BOEHM (*I.*), der unter Einwirkung DOVEScher Vorstellungen 1862 für kranke Augen blaue Schutzgläser empfahl; ein Widerspruch zugunsten der Rauchgläser blieb nicht aus; in Deutschland vertrat ihn namentlich H. MAGNUS (*I.*) seit 1875. Zur neueren Zeit leiten die Arbeiten FIEUZALS (*I., 2.*) in den Jahren 1885—87 hinüber, der schon früh die unter seinem Namen bekannten gelblichen Gläser empfahl. In neuester Zeit sind dann zur Ausschaltung der kurzwelligen Strahlen namentlich auf Grund der Arbeiten von O. HALLAUER (*I.*) sowie F. SCHANZ (*I.*) und C. STOCKHAUSEN ziemlich stark gelbgrün gefärbte Gläser vorgeschlagen worden. — Zu den Sanoskopgläsern sind Mitteilungen enthalten in Centr.-Ztg. Opt. Mech. 33 126, 147, 159, 163 sowie (14/15 81; 15/16 124, 185; 22 849; 26/27 7).

Sehr umfangreiche Arbeiten zur Dämpfung der kurz- und der langwelligen Strahlen hat 1914 W. CROOKES (s. (14/15 112; 19 66; 21 55)) veröffentlicht. Namentlich in England hat sich eine große Vorliebe für Augengläser mit Ausblendung der kürzestwelligen Strahlen entwickelt. Für Äußerungen dazu, die selbstverständlich nicht auf England beschränkt blieben, sehe man die regelmäßig abgestatteten Übersichten über optische Arbeiten ein. In der letzten Zeit mehrten sich auch in England die Stimmen, die im VOGTSchen Sinne von einer besonderen Schädlichkeit der kürzestwelligen Strahlen nichts wissen wollen.

Was die Abstufung der Dämpfungswirkung durch farbige Gläser angeht, so hat man in den 60er Jahren an eine Färbungsleiter gedacht, die von E. BUSCH (*I.*) in Rathenow in 6 Abstufungen von

$$\begin{array}{cccccc} A^I & A^{II} & A & B & C & D \\ \frac{1}{2} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{array}$$

angeboten wurde. Nach MOSERSchen Bestimmungen von Probeplättchen hatten die Stufen 1—5 nacheinander die Schwächungswerte von

$$20 \quad 30 \quad 40 \quad 50 \quad 65\%.$$

Demgegenüber hat C. ZEISS eine Abstufung von

$$25 \quad 50 \quad 65 \quad 80\%$$

für die von ihm als *Umbralgläser* in den Handel gebrachten Rauchglasbrillen vorgeschlagen. — In neuerer Zeit hat P. SENSS (21 455) eine ganze Reihe von Bezeichnungen angegeben und bei einigen auch die Durchlässigkeitszahlen mitgeteilt. Es findet sich dort noch die Angabe, daß bei Brillengläsern aus gleichmäßig in der Masse gefärbtem Glase, die nach S. 6 ω bei stärkerer Brechungswirkung das Licht nicht gleichmäßig zurückhalten können, die Dämpfung in der Mitte der waagrechten Halbachse als gültig für die Dämpfungswirkung überhaupt angenommen werde.

Solche Vorrichtungen, die dem Brillenträger einen vom künstlichen Licht beleuchteten Gegenstand wie im Tageslicht erscheinen lassen, sind 1913 zuerst

wohl von H. WEISS vorgeschlagen worden, worüber man (18 92) das Nähere nachlesen mag. Andere Erfindungen auf diesem Gebiete wird man in (24 169; 26/27 58) und in späteren Patentberichten finden.

Als Merkwürdigkeit sei zum Schluß noch auf die Polarisationsbrille A. BRYSOVS (*I.*) hingewiesen, wodurch die Wirkung der an einer Wasserfläche gespiegelten Strahlen durch NICOLSche Prismen ausgelöscht werden soll, man könne dann durch eine solche spiegelnde Wasserfläche hindurchsehen. Man hat gelegentlich auch versucht, durch Polarisationsprismen das Scheinwerferlicht eines Kraftwagens so zu ändern, daß ein unbelegter Spiegel am Führersitz eines gegenfahrenden Wagens den größten Teil der Leuchtkraft gar nicht in das Auge des Kraftwagenführers treten läßt. — Wegen der Blendwirkung glatten Papiers sei auf (19 '66) verwiesen.

§ 10. Vorrichtungen zur Erweiterung des Gesichtsfeldes. Kommt man nun zur Erhöhung der Sehleistung, so kann diese auf die Menge des Gesehenen gehen und in der Erweiterung des Gesichtsfeldes liegen, wie sie durch eine Spiegelung ermöglicht wird. Sie kann sich sowohl auf seitlich als auch auf rückwärts gelegene Teile des Gesichtsfeldes erstrecken. In dieser Absicht sind *Seiten-* und *Rückblick*brillen geplant worden.

§ 11. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Die erste hier angeführte Seiten- und Rückblickbrille ist die, die sich A. ALLARD DE LA COURT (*I.*) 1826 schützen ließ, doch scheint aus dem Titel seiner Anmeldung hervorzugehen, daß einfachere Einrichtungen für den gleichen Zweck schon seit langem bekannt gewesen seien. Dieselben Gedanken tauchen 60 Jahre später wieder auf, sollen hier aber nicht wieder erwähnt werden. Stets handelt es sich dabei um gesondert angebrachte Spiegelflächen, die zum Rückwärtssehen verwandt werden, und auch die Aufgaben, wie sie die Entwicklung der Kraftwagen stellt, ändern daran zunächst nichts (14/15 182). Eine Verwendung derselben Fläche zum Seiten- und Rückblick und zur Durchsicht geht auf NITSCHKE und GÜNTHER (15/16 124, 185) zurück, wobei für die ersterwähnten Richtungen die Spiegelbilder erster Ordnung (s. § 23) verwandt werden.

§ 12. Brillen zur Unterstützung fehlsichtiger Augen. Hierbei soll zunächst nur die Wirkung auf das Einzelauge¹ untersucht werden, und erst zum Schluß mag eine Zusammenstellung der Forderungen folgen, die bei der Vereinigung zweier Brillengläser zu einer Hilfe für das beidäugige Sehen zu berücksichtigen sind.

§ 13. Die Erhöhung des Sehvermögens durch Verengerung der Öffnung. Dieses natürliche Mittel, das Kurzsichtige von selbst anwenden, indem sie die Lidspalte zusammenkneifen, und das sich auch in der die Akkommodation begleitenden Verengerung der Pupille zeigt, findet sich bei den *Loch-* oder *Spalt-* (*stenopäischen*²) Brillen, wobei der Spalt auch durch eine Reihe enger Löcher ersetzt sein kann.

¹ Man spricht dann von einem *Brillenglas*. Unserer heutigen Sprache ist die alte allgemeine Bezeichnung für die Sehhilfe des Einzelauges, *der Brill* (von Beryll), leider abhanden gekommen; ihre Wiederbelebung erscheint allzu kühn, obwohl diese Bezeichnung bei zusammengesetzten Sehhilfen, wie Fernrohrbrillen, zweifellos recht bequem sein würde.

² Von *στενος* = eng und *όπαιον* = Loch.

Zur Hilfe bei Fehlsichtigten finden sie nur sehr beschränkt Anwendung, häufiger kommen sie als *Schieß-, Loch- oder Diopterbrillen* (engl. *orthoptics*) vor, wo sie allerdings auch einen andern Zweck haben, nämlich den, durch die auf Kosten der Helligkeit erfolgende Steigerung der Tiefe der deutlichen Wahrnehmung dem Schützen Ziel, Kimme und Korn gleichzeitig scharf zu zeigen. Da sich dies zwar weniger einfach, aber viel vollkommener durch ein Zielfernrohr erreichen läßt, so verschwinden die Schießbrillen dieser Art mehr und mehr aus dem Gebrauch des Jägers. Wegen der Brillengläser, die für Schützen häufig in einer besonderen Fassung angebracht und auch als *Zielbrillen* bezeichnet werden, sehe man unter § 30. Wegen der Vergrößerung des Netzhautbildes s. <22 165β>.

§ 14. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Die umfassendste Zusammenstellung der Erfindungen auf diesem Gebiet geht auf ED. PERGENS (7.) zurück, demzufolge diese Einrichtungen ein sehr hohes Alter haben; so führt er eine Belegstelle aus dem 6. Jahrhundert unserer Zeitrechnung an. Verbunden mit einem der eigentlichen Brillengestelle erscheint eine Vorkehrung zur Verengung der abbildenden Bündel bei dem Spanier DAZA DE VALDES 1623 in der Form einer Reihe enger Löcher, und so führt unser Gewährsmann dankenswerterweise mit zahlreichen Abbildungen versehen eine große Anzahl von Loch- und Schutzbrillen auf, vor und nach F. C. DONDEERS, der 1854 die Lochbrille für Hornhauttrübungen verwandte. Die Zusammenstellung geht bis zu dem Anfang des 20. Jahrhunderts und ist zur Übersicht über die Menge der Erscheinungsformen sehr zu empfehlen. Die 1677 von CHÉRUBIN D'ORLEANS (I. 108) vorgeschlagene Lochbrille, und die vorher erwähnte SKINNERSCHE (I.) Vorkehrung könnte man vielleicht in den Text noch einschließen sowie auf CL. BECKERS von S. 6β verweisen. — In neuerer Zeit hat C. MÜLLER <21 756> einige Angaben namentlich über englische Diopterbrillen zusammengestellt, und R. GREEFF <23 4373> hat 1922 eine recht umfassende Sammlung herausgebracht.

Eine sehr erfreuliche Verbesserung der Leistung einer Lochbrille bei Hornhauttrübungen geht auf R. G. RIJKENS <20 72> und das Jahr 1920 zurück. Er verlegte bei der Benutzung einer Fernrohrlupe ihre nötigenfalls verkleinerte Austrittspupille in die klare Stelle der Hornhaut und erreichte namentlich im Hinblick auf die Größe des Bildfeldes einen entschiedenen Vorteil.

Die nicht beiderseits an Luft grenzenden Brillen.

§ 15. Die Taucherbrillen. Um die Sonderfälle der nicht beiderseits an Luft grenzenden Brillen zu erledigen, bevor der Hauptteil eingeführt wird, sei bemerkt, daß in gewissen Fällen das Brillenglas mit Wasser in Berührung kommt. Hierbei sind zunächst die *Taucherbrillen* zu erwähnen. Von geringer Bedeutung ist dabei der Fall, der bei den Helmen der Taucher schon früh verwirklicht war, wo ein ebenes Glas das Auge des Tauchers vor der Berührung mit dem Wasser schützt. Da aber das Auge eines helmlosen Tauchers einen starken Verlust an Brechkraft erleidet, weil die Wirkung der Hornhautvorderfläche nahezu ausgeschaltet wird, so muß für eine Vermehrung der Brechkraft gesorgt werden, eine Aufgabe, die schon um den Anfang des 17. Jahrhunderts

gelöst wurde. In späteren Zeiten hat man die Forderung gestellt, es möge die Taucherbrille dem rechtsichtigen Träger beim Auftauchen nicht hinderlich sein, und in dieser Art werden heutigentags wohl die Taucherbrillen hergestellt. Das geschieht nach R. DUDGEON (1.) durch die Verwendung einer in Luft brechkraftlosen Folge von 2 Menisken

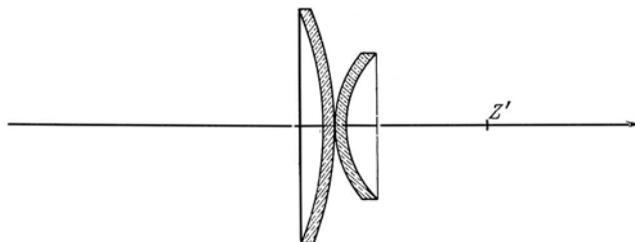


Abb. 5. ZEISSische Taucherbrillenfolge DUDGEONScher Art mit Angabe des Ortes Z' für den Augendrehpunkt ($14/15 + 7$ 183).

genügender Durchbiegung, die ihre erhabenen Seiten einander zuzekhren und beim Gebrauch nur an ihren hohlen Außenflächen vom Wasser bespült werden. Dadurch wird die zerstreue Wirkung dieser Flächen stark vermindert, und beim Tauchen ergibt sich von selbst der gewünschte Wirkungsüberschuß der inneren Sammelflächen.

§ 16. **Geschichtliche Bemerkungen dazu.** Zu den Taucherbrillen von CHR. HUYGENS hat sich M. v. ROHR (28.) 1916 geäußert. Dieser alte Vorschlag scheint dann in Vergessenheit geraten zu sein, wurde aber 1865 von P. GALTON (1.) in derselben einfachen Form aufgenommen. Er bemerkte übrigens damals schon die Abnahme des Akkommodationsvermögens des mit der Taucherbrille bewaffneten Auges. Die neuzeitige Aufgabe wird 1871 gestellt und gelöst von R. DUDGEON (1.), weitere Lösungsversuche wird man in $\langle 15/16$ ¹⁰124; 19 ⁸66) finden.

§ 17. **TH. LOHNSTEINS Hydrodiaskop.** Die beiden andern Möglichkeiten sehen ein nur einseitig an Wasser grenzendes optisches Gerät vor, und zwar handelt es sich hier in erster Linie um den Ausgleich von Hornhautkegeln, wo durch die Einschaltung einer Wasserschicht zwischen Hornhaut und Brillenglas die Wirkung der ungünstig geformten Hornhaut nahezu aufgehoben wird. Die Wasserschicht kann, wie bei TH. LOHNSTEINS (1.) Wasserkammer, von großer Dicke oder, wie bei den FICKSchen Haftgläsern, fast rein flächenhaft ausgedehnt sein.

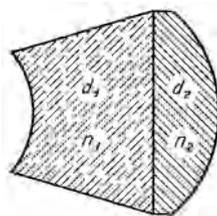


Abb. 6. Ein Achsenschnitt zur Berechnung der LOHNSTEINSchen Wasserkammer. (Man beachte die durch die Anlage der Rechnung geforderte Umkehrung der Lichtrichtung.)

Geht man zunächst auf die Theorie der LOHNSTEINSchen Wasserkammer ein, so stellt man mit TH. LOHNSTEIN (6.) am besten die Aufgabe in nebenstehender Weise (Abb. 6).

Es ist die Flächenfolge 1, 2, 3 der Wasserkammer so anzusetzen, daß der Halbmesser der ersten Fläche mit dem Krümmungshalbmesser

der Hornhaut¹ übereinstimmt, die zweite Fläche ist eben, und für die dritte ist r_3 so zu bestimmen, daß dem Bildpunkt auf der Netzhaut der unendlichferne Achsenpunkt entspricht. Das Mittel n_1 ist 0,85proz. Kochsalzlösung mit der Brechzahl des Wassers

$$n_1 = 1,333.$$

n_2 ist die Brechzahl für gewöhnliches Glas

$$n_2 = 1,52.$$

Dem Bildpunkt auf der Netzhautgrube entspricht im Augenraum ein Punkt von der Hauptpunktsentfernung

$$-a_{,,} = -1/A_{,,},$$

wo $A_{,,}$ der *Hauptpunktsbrechwert* (die *Refraktion*) des Auges bei entspannter Akkommodation ist. Die negativen Zeichen sind hier einzuführen, weil ja die Lichtrichtung im Auge gerade umgekehrt verläuft wie gewöhnlich, indem eben der Punkt der Netzhautgrube als strahlend gedacht wird.

Setzt man mit LOHNSTEIN (6.) zur bequemen Bildung einer richtigen Vorstellung voraus, daß die Wasserkammer durch eine unendlich dünne Luftschale von der achsensymmetrischen Hornhaut getrennt wäre, so ist die Dingweite des vorliegenden Auges wie oben angegeben, also bei Kurzsichtigkeit, von positivem $a_{,,}$ -Wert, wenn man zunächst die unstrenge Annahme macht, daß der Hauptpunktsabstand von etwa 1,5 mm zu vernachlässigen sei. Bei genaueren Rechnungen muß man durch Anbringung dieser Größe aus dem Hauptpunktsbrechwert den Scheitelbrechwert berechnen. Man erhält dann leicht für den Halbmesser r_3 der den Einstellfehler $-A_{,,}$ aufhebenden Wasserkammer

$$\frac{r_3}{n_2 - 1} = \frac{1}{-A_{,,} + (n_1 - 1)/r_1} - \frac{d_1}{n_1} - \frac{d_2}{n_2},$$

eine Formel, die mit der von LOHNSTEIN gegebenen nach der nötigen, auch das Zeichen von r_1 berücksichtigenden Umformung übereinstimmt.

Setzt man ein rechtsichtiges Auge mit

$$A_{,,} = 0$$

voraus, so handelt es sich bei der so berechneten Wasserkammer um eine brechkraftlose Folge, und zwar ergibt sich, wie ebenfalls LOHNSTEIN bereits bestimmte, als seine Vergrößerungswirkung

$$\begin{aligned} \Gamma &= 1 - (d_1/n_1 + d_2/n_2)(n_1 - 1)/r_1 \\ &= 1,478, \end{aligned}$$

¹ Hier ist der Einfachheit wegen ein einziger bestimmter Krümmungshalbmesser r_1 am Kegelscheitel angenommen.

wenn man $r_1 = -7,7$; $d_1 = 10,0$; $d_2 = 5,4$ mm
ansetzt.

Es würde übrigens möglich sein, die Krümmungen der Außenlinse an der Wasserkammer so zu wählen, daß sie auch für ein bewegliches Auge punktmäßige Bilder gebe.

Wegen der Akkommodationsänderung durch die Wasserkammer sehe man unter § 45.

§ 18. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Was das LOHNSTEINSche *Hydrodiaskop* angeht, so wurde es 1896 von den am Hornhautkegel leidenden Berliner Arzt TH. LOHNSTEIN (*I.*) aus dem 1851 vorgeschlagenen CZERMAKSchen (*I.*) Orthoskop¹ entwickelt sowie in der Fachpresse beschrieben, und im Jahre darauf gab der Erbauer (*6.*) eine sehr eingehende Theorie der Berechnung, wie der Leser aus dem Vorhergehenden weiß, und schlug eine Abänderung seines Instruments vor, bei dem nunmehr verschiedene starke Plankonvexlinsen vor die mit einer Planfläche endende Wasserkammer gebracht werden konnten. Diese Form der optischen Teile verwandte 1899 C. V. MAJEWSKI (*I.*) für seinen Bericht über 14 das Hydrodiaskop zum Teil mit dem glänzendsten Erfolge tragende Kranke. Und schließlich ist es auch im wesentlichen diese Form, über die S. FATER (*I.*) 1906 handelte. In Bern hatte A. SIEGRIST 1897 mit der Hilfe des Baseler Optikers H. STRÜBIN zunächst eigene Versuche gemacht, sie aber dann an der von SYDOW aus Berlin bezogenen LOHNSTEINSchen Form mit großem Erfolge fortgesetzt. Er ist es auch gewesen, der lange Zeit lebhaften Anteil für dieses optische Hilfsmittel bei Hornhautkegel behielt und die FATERsche Arbeit anregte. Hier wurden die optischen Mittel durch die Einführung kreisförmiger Lochblenden vermehrt und wieder auf die Verminderung der Akkommodationsbreite durch die Wasserkammer hingewiesen. Weitere zehn Jahre später hat indessen A. SIEGRIST (*I.*) im wesentlichen aus Gründen der Bequemlichkeit und Unauffälligkeit die Anwendung dieser Vorkehrung zugunsten der MÜLLERSchen geblasenen Haftgläser verlassen.

§ 19. Was nun die FICKSchen **Kontakt- oder Haftgläser** in theoretischer Hinsicht betrifft, so ist bei M. v. ROHR (*14.* 192) und W. STOCK einiges darüber zu finden, was $\langle 30\ 135, 161 \rangle$ von H. HARTINGER noch erweitert worden ist. Es handelte sich bei A. E. FICK (*I.*) um eine dünne, parallelwandige Glasschale, die sowohl der Sehnen- wie der Hornhaut mittels einer dünnen Flüssigkeitsschicht anliegen und den Ausgleich des Brechungsfehlers, namentlich aber die Hebung der Störung bei Hornhautkegel durch eine fast vollständige Ausschaltung der Hornhautwirkung und ihre Ersetzung durch die optisch bearbeitete, der Hornhaut vorliegende Fläche erzielen sollte. Die oben angeführte Behandlung zeigt, daß der Ausgleich des Einstellfehlers durch eine Verkürzung oder eine Verlängerung der Brennweite, also durch eine Änderung der Brechkraft, erfolgt. Man ersieht ferner, daß sich bei diesem Verfahren

¹ Unmittelbar im Anschluß an J. CZERMAKS Einführungsaufsatz hat — nach einer freundlichen Mitteilung von Herrn A. LOEWENSTEIN — VON HASNER (*I.*) als die Hauptwirkung des CZERMAKSchen Orthoskops hervorgehoben, daß es die richtigen räumlichen Verhältnisse im vorderen Augenabschnitt erkennen lasse.

des Ausgleichs eine Größenänderung der Netzhautbilder ergibt, und zwar für alle unter $+1$ dptr bleibenden Grade der Fehlsichtigkeit eine Vergrößerung, die bei -10 dptr bis auf 19% steigt, und für alle Übersichtigkeiten über $+1$ dptr eine Verkleinerung, die bei $+5$ dptr den Betrag von 5% erreicht. Dabei ist bereits eine sehr geringe Mitteldicke der Haftlinse von 0,4 mm angenommen worden. Die relative Sehschärfe (s. § 49) wächst nach M. v. ROHR (14. 196) und W. STOCK für die schwächsten Sammel- und für alle Zerstreuungsgläser. Eine Reihe neuzeitlicher Haftgläser ZEISSischer Herstellung zeigt Abb. 7.

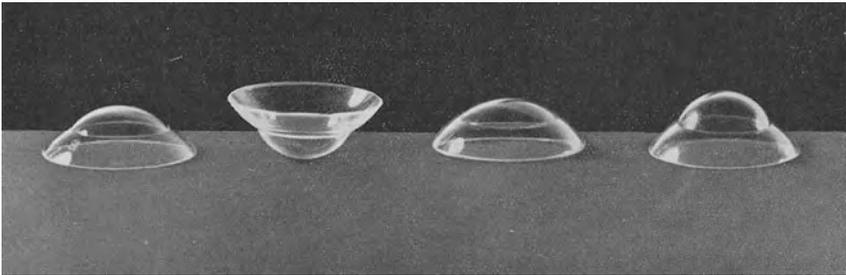


Abb. 7. Vier verschiedene ZEISSische Haftgläser nach H. HARTINGER (30 +3 139).

§ 20. Geschichtliche Bemerkungen zu den Haftgläsern. Ein entscheidender Versuch zur Ausschaltung der Hornhautwirkung durch das Eintauchen in Wasser wurde bereits 1801 von TH. YOUNG (I. 57) und (23 127) bekanntgegeben; er benutzte dafür die hohle, mit Wasser angefüllte Endfläche einer geeigneten Linsenverbindung, worein er das Auge tauchte. — Was die Möglichkeit des Ersatzes von Brillengläsern angeht, so ist hier zuerst J. FR. W. HERSCHEL (I. 398 Nr. 359) zu nennen; doch erschwerte er sich 1827 die Aufgabe damit, daß er (mindestens aus einer gallertigen Masse) einen Abklatsch oder eine Hohlform (*intaglio, fac-simile, mould*) der auszuschaltenden Hornhaut-Vorderfläche forderte. Daher scheint sein Vorschlag damals auch nirgends verwirklicht worden zu sein. — Zu einer wirklichen Anwendung in der Medizin kam es erst 60 Jahre später, als zunächst A. E. FICK (I., 2.) [auch bald nach und unabhängig von ihm A. MÜLLER (I.)] diesen Gedanken selbständig wieder aufnahm, es aber der Flüssigkeit überließ, die optische Verbindung zwischen Hornhaut und Glas herzustellen. Für diese FICKschen Haftgläser ist auf die geschichtliche Behandlung bei M. v. ROHR (13/14 115) und W. STOCK hinzuweisen, wonach A. E. FICK den etwa gleichzeitigen Bestrebungen E. KALTS zu Paris mit seiner frühesten Veröffentlichung zuvorkam. — Nunmehr handelte es sich um die wirklich brauchbare Ausführung der FICKschen Form, die sich aus einem Korneal- und einem Skleralteil zusammensetzte. Man versuchte sie zunächst — nach A. E. FICK (6.) auch bei CARL ZEISS in Jena — durch Blasen zu verwirklichen, doch bemühte sich, durch A. MÜLLER angeregt, der Berliner Optiker O. HIMMLER um die Herstellung durch Schleifen, was aber 1892 noch nicht vollkommen und nur zu einem (damals als zu hoch bemängelten) Preise von 38 M. gelang. Infolge der Anforderungen von D. E. SULZER beschäftigten sich 1892 Pariser und Genfer Optiker mit der Herstellung geschliffener Haftgläser und verminderten die Preise merklich — bis auf 24 M. das Stück, doch forderte H. STRÜBIN in Basel 1893 wieder 32 M. —, aber auch

dann scheinen diese Gläser nicht in größerer Zahl verwandt worden zu sein. — Daran schloß sich 1893/4 ein Streit zwischen A. E. FICK (3., 4.) und D. E. SULZER (I.) sowie 1897 eine kurze Bemerkung von A. E. FICK (5.) und TH. LOHNSTEIN (5.), Äußerungen, aus denen man manche Einzelheiten zu dem Geschick der Haftgläser entnehmen kann. — In der ziemlich ausgedehnten Zeit der Ruhe konnte bei unvollständiger Kenntnis der Geschichte solcher Bestrebungen die Erfindung der Haftgläser späteren Fachleuten zugeschrieben werden, wie sich eine derartige Sage für das Jahr 1901 um einen Angestellten eines damals weit bekannten optischen Werkes gebildet hat. Die Schleifung von Haftgläsern mit einem 6 mm breiten Skleralteil gelang in Jena nach W. STOCK (20 177) bereits 1920, doch wurden daneben auf Anregung von A. WIGAND (25^{536/7} 158) Versuche mit neuen (beispielsweise aus Zellhorn gepreßten) Formen gemacht. — Daß sich die aus Glas geschliffenen Haftgläser nicht ganz leicht den sehr verschieden geformten Skleralabschnitten der Träger anpassen ließen, war in der langen Zwischenzeit klargeworden, und man versuchte es (namentlich ist hier die Werkstätte F. AD. MÜLLER Söhne in Wiesbaden zu nennen), im vorliegenden Falle besser passende Skleralteile vor der Glasbläserlampe zu gewinnen. Dabei fand man aber Schwierigkeiten, der oberen Fläche des Kornealteils die dem vorliegenden Einstellfehler entsprechende Krümmung zu geben. — Seit 1928 wurden nach H. HARTINGER (30 1367) auf Anregung und nach Angaben von L. HEINE eine große Anzahl von sehr verschiedenen Formen von Haftgläsern hergestellt, so daß die richtige Wahl der günstigen Form für den gerade zu behandelnden Träger viel eher möglich wurde.

Im Jahre 1912 schlugen M. v. ROHR (13/14 115) und W. STOCK vor, die — nur aus einem Kornealteil bestehenden — Haftgläser nicht zu einer Hebung von Augenfehlern zu verwenden, sondern im Gegenteil mit ihrer Hilfe solche (einfache Fehlsichtigkeiten und astigmatische Fehler) von bestimmtem Betrage hervorzurufen. Mit diesem Mittel konnte ein Fachmann verschiedene, anders schwer zu beurteilende Wirkungen bestimmter Augenhilfen wirklich prüfen.

§ 21. Die Erhöhung des Sehvermögens mittels durchsichtiger Mittel mit optisch bearbeiteten Grenzflächen. Der allgemeine Ausdruck „durchsichtige Mittel“ läßt sich leicht begrenzen, denn wenn auch für verschiedene Zwecke *Zellhorn* und *Bernstein* sowie *Schmucksteine* wie *Beryll* vorgeschlagen worden sind, so kommt für Brillen mit einer endlichen Brechkraft im Leben des Tages außer Glas nur noch *Quarz (Bergkristall)* ernsthaft in Frage. Nachteile hat dieses Mittel nur insofern, als es doppelbrechend ist, doch spielt das beim Gebrauch kaum eine Rolle, wenn nur senkrecht zur Achse geschnittene Stücke verwandt werden. Als wesentliche Vorzüge sind jedoch zu erwähnen die große Härte, die die Quarzlinse gegen Verkratzung schützt, und die geringe Farbenzerstreuung, die ziemlich weit unter den Werten bleibt, die sich bei den in der Regel für Brillen verwendeten Glasarten finden. Hinzu kommt ein großes Wärmeleitungsvermögen, dem ein geringeres Beschlagen beim Übergang von niedrigeren zu höheren Temperaturen entspricht, und eine große Gleichmäßigkeit ohne Blasen, Steinchen, Schlieren und Spannungen. Dagegen wird die Schutzwirkung gegen kurzweilige Strahlen durch die große Durchlässigkeit vermindert, die dem Quarz vor Glaslinsen eigen ist.

§ 22. **Geschichtliche Bemerkungen zu dem Werkstoff.** Von diesen Mitteln kommt zuerst *Bergkristall* oder *Quarz* vor; für optische Linsen überhaupt wird dieser Stein schon im letzten Drittel des 17. Jahrhunderts verwertet, für Brillengläser im besonderen findet er sich — wohl im Anschluß an die uralte Verwendung von Beryll — bereits gegen den Ausgang des 16. Jahrhunderts, wo ihn TH. GARZONI 1585 erwähnte. DAZA DE VALDES wußte 1623 schon, daß sich Quarzlinen kühler anfühlen als gläserne. — Genaueres zum Brillenwerkstoff in früherer Zeit mag man bei M. v. ROHR (17 1) nachlesen. Übrigens findet sich der Bergkristall bei Brillen wieder häufig im 18. Jahrhundert, wo ihn z. B. 1797 J. RICHARDSON (1.) bei Gelegenheit eines Patents erwähnt. Im 19. Jahrhundert begegnet man Quarzlinen als Brillengläsern ebenfalls oft, und es sei darum von der Anführung von Belegstellen hier abgesehen. — Die COHNschen *Glimmer-* und die HÄNSELschen *Zellhornbrillen* sind gelegentlich als Schutzbrillen empfohlen worden, und ihnen haben sich in neuester Zeit *Cellon-* und *Triplexbrillen* angeschlossen. Der *Bernsteinbrillen* sei wenigstens gedacht; sie wurden möglicherweise (14/15 94 ε) gelegentlich schon in alter Zeit angefertigt. Im Jahre 1921 hat R. GREEFF (22 4753) allgemein über solche Linsen gehandelt und auf den Vorschlag von CHR. PORSCHIN um 1691 aufmerksam gemacht, den Bernstein vorher in Öl klar zu kochen. Ein englisches Patent, auch auf Bernsteinbrillen, nahmen G. und E. SOLOMONS (1.) noch 1832 allem Anschein nach für einen Ausländer, den man nach W. MENSERT (1. 115) vielleicht in dem Brillenhändler LEWENBERG [LOEWENBERG?] suchen möchte.

Geht man nun zu den Brillen aus *Glas* über, so ist dafür schon im 13. Jahrhundert Venediger Spiegel- und seit dem 15. Jahrhundert deutsches geblasenes Glas verwandt worden. Durch A. v. PFLUGKS Bemühungen (29 128) sind für bayrisch-böhmisches Glas — z. B. aus dem Anfang des 18. Jahrhunderts — genaue Messungswerte mitgeteilt; das Mittel liegt etwa bei $n_D = 1,531$ und $\nu = 55,5$. Man sehe auch (31 11394), wo $n_D = 1,5161$ für Nürnberger Brillen aus der Mitte des 18. Jahrhunderts mitgeteilt wird. Für Venediger Glas scheint allerdings — nach ziemlich neuen DUTIROUSchen Messungen — $n_D = 1,531$ und $\nu = 58,0$ gegolten zu haben. Indessen wird schon früh, so von J. AYSOUGH (2.) vor 1752, auf die Verwendung besseren Werkstoffs, wahrscheinlich des alten Kronglases, Wert gelegt. Auch J. T. HUDSON (1.) folgt ihm 1840 darin und verweist namentlich auf das deutsche Glas. In älterer Zeit scheint man vielfach Flintglas für Brillengläser verwandt zu haben, wie M. v. ROHR z. B. (15/16 79) ein solches Vorkommen für 1805 belegen konnte. K. ALBRECHT (26/27 4118) hat auf S. 28 jener Schrift eine alte Anzeige von 1803 mitgeteilt, wonach Flintglas bei Kurzsichtigen seiner Dichtigkeit wegen verwandt wurde. Man wird annehmen müssen, daß man sich eben von den schwächeren Außenkrümmungen viel versprach. Diese Ansichten hatten wohl ein zähes Leben, denn noch 1857 spricht G. T. FRONMÜLLER (1. 7) von der Vorliebe mancher Ärzte für Flintglasbrillen, und F. C. DONDEERS (3. 118) erwähnt solche noch 1866. Es ist vorläufig unbekannt, wann diese unzumutbare Wahl aufgegeben wurde, doch kann man vielleicht darauf hinweisen, daß in dem BUSCHischen (1.) Preisverzeichnis von 1868/9 hartgeblasenes Tafelglas als hauptsächlichster Rohstoff auftritt, dem man vor dem damals immerhin noch verwendeten Spiegelglas den Vorzug gab.

Seit dem Jahre 1896 wurden die Isometropgläser marktschreierisch angepriesen. Nach einem Bericht von J. GALEZOWSKI (2.) sind sie eben um diese Zeit von einem Pariser Optiker REVERARD in den Handel gebracht worden. Er verwandte dazu Bariumkron von $n_D = 1,5778$ und $\nu = 58$ und tat sich ganz in der Art der alten Vorgänger auf die schwächeren Außenkrümmungen viel zugute, die er bei dem höheren Brechungsverhältnis erhielt, wenn er die gewohnten Werte der

Flächenbrechkkräfte herbeiführte. Es scheint also, daß auch damals noch Überlegungen der älteren Art durchgeführt wurden; der höhere ν -Wert des Bariumkrons wird sich beim Gebrauch, gegen Flintlinsen gehalten, angenehm bemerkbar gemacht haben. Wie in § 88 gezeigt werden wird, ist jener Vorteil der verringerten Außenkrümmung nicht wirklich vorhanden, denn bei den richtigen Formen zur Unterstützung blickender Augen spielt die Erhöhung der Brechzahl keine merkliche Rolle, während sich die Kosten wegen des hohen Werkstoffpreises hoch gestellt haben würden. Eine sorgsame Beurteilung mit guten Quellenangaben zu der damaligen Neuheit stammt von H. Krüss (2.); auch er kommt zu einem ablehnenden Urteil.

In neuerer Zeit ist gelegentlich (1914/15 113, 121) *optisches Glas*, Borosilikatkron, für Brillengläser vorgeschlagen worden, doch ist man anscheinend zu dem seit langem verwandten Tafelglas zurückgekehrt, dessen Angaben die Ziffernwerte etwa $n_D = 1,523$ und $\nu = 59,6$ zeigen.

§ 23. Die Nebenbilder durch Spiegelung. Da bei der Brechung an optisch bearbeiteten Flächen immer auch noch eine Spiegelung eintritt, so gelangen in das Auge, das zunächst der Brillenachse entlang blickend vorausgesetzt sei, nicht nur das eigentliche Brechungsbild des in der Achse liegenden Gegenstandspunktes, sondern auch noch *Nebenbilder*, an denen ein- oder mehrfache Spiegelungen einen Anteil haben.

Nebenbilder erster Ordnung oder solche mit einmaliger Spiegelung können nach E. WEISS (17 123) von dem hellbeleuchteten Auge selbst ausgehen oder bei etwas schiefem Einfall von Gegenständen seitlich hinter dem Kopfe des Brillenträgers, sobald sie an einer der Brillenflächen entsprechend gespiegelt werden; ihre Helligkeit entspricht einem verhältnismäßig großen Bruchteil des ausgesandten Lichtes. Ausgeschlossen ist die Möglichkeit der Spiegelung äußerer Dingpunkte bei stark durchgebogenen Formen (s. S. 4 β), die sich an den Schläfenrand anlegen, oder bei Schutzbrillen, die das Seitenlicht durch Leder- oder Zeugbalgen oder auf andere Weise (s. S. 6 β) am Zutritt zum Auge hindern.

Nebenbilder zweiter Ordnung oder solche mit zwei Spiegelungen — also entsprechend geringerer Helligkeit — treten bei einfachen Brillengläsern (Abb. 8) in der Zahl von dreien auf, indem das lichtstärkste durch die beiden Glas- und eine Hornhautspiegelung geliefert wird. — Nebenbilder höherer Ordnung sind bei sehr großen Helligkeitsunterschieden (bei künstlicher Beleuchtung) zwar unter Umständen noch wahrnehmbar, haben aber, gegen die vorhergehenden gehalten, eine immer mehr abnehmende Helligkeit.

Da die Linsenflächen, wie noch gezeigt werden wird, mit Rücksicht auf die Unterstützung des blickenden Auges gewählt werden, so können unter Umständen die Nebenbilder bei vollkommeneren Brillen deutlicher

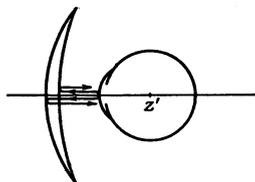


Abb. 8. Ein Übersichtsbild für die beiden unter Beteiligung der Hornhaut entstehenden Spiegelungen zweiter Ordnung (13/14 142).

wahrgenommen werden, also mehr stören, als bei einfacher geformten. Indessen wird sich diese Störung durch geringe Durchbiegungen meistens beseitigen lassen, und ferner gewöhnt sich der Träger bei dauerndem Gebrauch einer solchen Brille an diesen Mangel.

§ 24. **Geschichtliche Bemerkungen dazu.** Wendet man sich der Geschichte dieser Störungen zu, so hat H. ERFLE (20⁶⁵⁶) in einer gründlichen Untersuchung nachgewiesen, daß die an den Linsenflächen entstehenden Nebenbilder bereits 1765 in einer ausgezeichneten Arbeit von dem Jesuiten R. BOSCOVICH untersucht worden waren und daß die späteren, ihres Vorgängers unbewußten Bearbeiter über ihn meistens nicht weit hinausgekommen sind. Zu den dort aufgeführten Abhandlungen sei noch auf die von G. KREBS (*I.*) um 1874 hingewiesen. Spiegelbilder an stark durchgebogenen Meniskengläsern tadelte J. B. BIOT bereits 1813. — Die Nebenbilder gerade bei Brillen sind wohl nicht vor M. v. ROHR (13/14 137) allgemein behandelt worden; dort wurde auch die Bedeutung der Hornhautspiegelung hervorgehoben. Eingehende Formeln für die Nebenbilder höherer Ordnung lieferte E. WEISS (17 123) 1917 zugleich mit dem Versuch einer bildlichen Darstellung durchgebogener Formen mit gefährlicher Lage der Nebenbilder, und in (17 126) hat auch H. BOEGEHOLD zu diesem Gegenstande seinen Beitrag geliefert. — Eine Verwertung der Nebenbilder schlug 1892 A. SZILY (*I.*) vor, während nach WEISSISCHEN Gedanken NITSCHKE und GÜNTHER (15/16¹²⁴, 185) die Spiegelungen an den Brillenflächen (*Katadi-Gläser*) für Rückblickbrillen verwandten. Obgleich kaum etwas Neues vorzubringen war, konnte die Angelegenheit nicht zur Ruhe kommen; vgl. daher auch (22^{30, 163}51), (30²²122), (31 155).

§ 24a. **Allgemeines zur Herstellung.** In neuerer Zeit sind von verschiedenen Seiten — hier sei an R. LINCKE (*I.*) vom Hause ZEISS und an NITSCHKE und GÜNTHER (30⁸²147) erinnert — gemeinverständliche Beschreibungen davon veröffentlicht worden, wie in einem neuzeitlichen Großbetriebe die Brillengläser hergestellt werden. Hier, wo es sich nur um ein ganz allgemeines Bild handeln kann, soll nur darauf hingewiesen werden, daß es sich einmal um Vorformungen handelt, wobei aus Planscheiben ausreichender Dicke unter hohen Wärmegraden mittels Senk- und Preßverfahren Preßlinge hergestellt werden, die den endgültigen Formen schon ziemlich nahekommen. Bei den Zweistärkengläsern wird in § 72 noch eine weitere Verwendung der Hitzeverfahren vorkommen. Da es sich dabei um die Verbindung von zwei verschiedenen Glasarten, sei es an der Stirnfläche, sei es an einer optisch wirkenden Innenfläche, handelt, so sind auch noch Rücksichten auf die Ausdehnungsziffern, auf die Härtezahlen und anderes zu nehmen. Auch darüber geben die Schutzschriften gelegentlich Auskunft. Was die optisch wirkenden Innenflächen angeht, so findet sich in (26/27 161) der BUGBEESCHE scharfe Angriff auf die üblichen Verfahren. Es sei noch bemerkt, daß an den Innenflächen verschmolzener Linsen nicht immer ein Sprung von der Brechzahl N zu der n stattfindet, sondern daß man sich dabei eine (vermutlich dünne) Zwischenschicht mit stetigem Übergang von N zu n vorstellen muß.

Die Bearbeitungsgänge, das Schleifen und Polieren, erfolgen auf kaltem Wege. Um die teure Einzelarbeit auszuschließen, werden die Flächen auf Körpern gearbeitet, deren Tragflächen kuglig oder walzenförmig gestaltet sind, je nachdem es sich um allseitig- oder nur zweiseitig-symmetrische Flächen handelt.

Daß Bestrebungen bestehen, womöglich ohne die Schleif- und Poliergänge auszukommen, wird ein Blick auf die entsprechenden Schutzschriften zeigen, die gelegentlich in den Patentberichten aufgeführt worden sind. — Auch in Mitteilungen an die Fachpresse läßt sich manches Wissenswerte finden, das hier aus Mangel an Raum unbesprochen bleiben muß; man sehe dafür die regelmäßig erstatteten Jahresübersichten zu den Fachzeitschriften ein.

§ 24b. Geschichtliche Bemerkungen zur Brillenherstellung. Was die Senk- und Preßverfahren angeht, so wird man die erste Spur ihrer Anwendung für die Herstellung von Brillengläsern nach (15/16 76) wohl auf das letzte Drittel des 18. Jahrhunderts setzen, wo in Fürth um 1773 die allerschlechtesten Brillen mit bloß gepreßten Gläsern geliefert wurden. Die dabei in der Glashütte verwandte Schöpfpzange wird wohl nach der Beschreibung von CHR. G. HERTEL um 1716 hergestellt worden sein, der sie aber seinerseits jedenfalls einem Vorschlage des Paters DECHALES entnommen hat. Über alte Senkverfahren sehe man (26/27 66); sie sind nach jener Beschreibung von 1716 schon dem Grafen F. W. v. TSCHIRNHAUS geläufig gewesen. — Was die Schleifverfahren angeht, so hat man zunächst die Linsen einzeln geschliffen und poliert, wobei anscheinend in Venedig besonders gute Arbeit geleistet wurde. Die Schleifschale stand dabei ruhig, und die auf ein Heft gekittete oder gegipste Linse wurde bewegt (*gerieben* in der alten Fachsprache). Man hört 1618 von der in Regensburg aufgekommenen Unsitte, zwei schwache Sammelgläser von demselben Arbeiter in der feststehenden Hohlchale schleifen zu lassen, ein Brauch, der namentlich in Fürth im 18. Jahrhundert ins ungeheuerliche übertrieben wurde (12—15 Hefte waren von einem Arbeiter gleichzeitig zu bedienen). Bei diesen grundschlechten Verfahren ist man dort lange geblieben. In London wurde schon 1694 von J. MARSHALL das Körperschleifen erfunden und geübt; es verbreitete sich unter den Londoner Gesellen, so daß WOLLASTON um 1804 dieses Arbeitsverfahren als allgemein bekannt voraussetzen konnte. Dabei stand, wie man von TH. H. COURT und M. v. ROHR (29 63) weiß, der Körper mit den Linsen still, und der Arbeiter trieb die Schleifschale darauf um. Im Ausland scheint dieses Verfahren zuerst (30 46) von Venediger Handwerkern — dort bestanden alte Beziehungen zu Londoner Brillenmeistern — geübt worden zu sein; später — um den Anfang des 19. Jahrhunderts — hat es J. FR. VOIGTLÄNDER von London nach Wien gebracht, doch mußte es 1845 von E. BUSCH in Rathenow in seinen Betrieb erst eingeführt werden, und zwar nach Pariser Mustern. — Ziemlich spät, nach TH. H. COURT und M. v. ROHR (29 62) erst in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts, hat man in den westlichen Hauptstädten auch das Arbeitsstück um eine senkrechte Achse umlaufen lassen, wozu man (25 ¹¹¹71) aber umständlicher Weise eine besondere Arbeitskraft brauchte. Anscheinend früher wurde auf den schwachen, nur für Einzellinsen eingerichteten Schleifbänken in Deutschland nach H. KESSLERS (26/27 ³²16) sorgfältiger Untersuchung der Umlauf des Werkstücks um die senkrechte Achse durchgeführt. Es wurde übrigens von dem Arbeiter mit der linken Hand angetrieben. — C. A. CROMMELIN [s. Z. Instrumentenkde 51, 335 (1931)] hat das Verdienst, darauf hingewiesen

zu haben, daß schon 1702 in J. ZAHNS zweiter Auflage seines *Oculus artificialis* ein zweckmäßiger Schnurlauf beschrieben wurde. Er sollte den Umtrieb um eine waagrechte Achse, wie ihn die Trittbewegung des Schleifers lieferte, in den für die Arbeit erwünschteren Umlauf um eine lotrechte Achse überführen. Es scheint indessen nicht, daß diese Erfindung früh von den Gewerbsleuten des 18. Jahrhunderts übernommen worden sei. — Die Entwicklung der Optiker-Schleif- und -Polierbänke mit Fußantrieb im 19. Jahrhundert ist wohl noch nicht zum Gegenstand einer Veröffentlichung gemacht worden. Auf K. ALBRECHTS (25¹⁰¹⁶⁹) Beschreibung der DUNCKERSchen Mehrspindelmaschine von 1801 sei hingewiesen. Zu den Einrichtungen für die Herstellung zweifach-symmetrischer Flächen wird in § 127 noch einiges zu sagen sein.

Doch sei jetzt der weitaus wichtigste Teil behandelt, nämlich

Die Brillenlinsen aus Glas.

§ 25. Die Grenzflächen im allgemeinen. Es wird zweckmäßig sein, hier zuerst auf die Begrenzung einzugehen. Im allgemeinen sind die Brillengläser als *Linsen* zu bezeichnen, und wenn man als allgemeinen Lehrbegriff der Linse nur den angeben kann, daß sie durch ein Stück Glas gebildet wird, das in den Bewegungsrichtungen des in das Auge gelangenden Lichtes mindestens durch zwei optisch bearbeitete Flächen begrenzt wird, so ist hier bei achsensymmetrischen Augen häufig schon eine Beschränkung auf achsensymmetrische Flächen, d. h. auf *Drehflächen*, eingetreten. Die Flächen dehnen sich, wie man leicht einsieht, quer zu den im Augenraum durch den Drehpunkt gehenden Lichtrichtungen aus, bilden also mit ihnen endliche, nicht verschwindende Winkel. Als eine im optischen Sinne weniger wichtige Begrenzungsfläche kommt noch der Rand des Brillenglases hinzu, der unter alleiniger Berücksichtigung der optischen Wirkung aus Teilen von Lichtwegen gebildet sein könnte, meistens aber auch endliche Winkel mit den für ihn in Betracht kommenden Lichtrichtungen bildet, da er bei Fassungsbrillen der Metallfassung einen Halt geben muß und zu diesem Zwecke in der Regel *zugeschrägt* (facettiert) ist. Er hat keine abbildende Aufgabe, wohl aber fällt ihm die Begrenzung des Gesichtsfeldes zu. Da auch dies zweifellos eine wichtige Obliegenheit ist, so seien hier die verschiedenen Formen des Randes beschrieben.

§ 26. Die Begrenzung der Gläser durch den Rand. Es sei zunächst von den *Fassungsbrillen* gesprochen, deren Gläser gewöhnlich von einem um die *Winkellante* (Facette) herumgreifenden Brillenrand oder auch wohl von einem in eine Rille oder Nute eingreifenden einfachen Draht (Nutenbrillen) getragen werden. Die sich aus der Herstellung am leichtesten ergebende und für die Genauigkeit der Fassung auch geeignetste Form der Begrenzung ist die kreisrunde. Sie ist jetzt auch wieder vorwiegend im Gebrauch.

Die durch zwei gerade Kreiskegel gebildete *Winkelkante* ist bei drehrunden Gläsern aus Gründen der Symmetrie ein Kreis. Aber auch bei astigmatischen Gläsern läßt sich eine kreisförmige Winkelkante erzielen. Sie steht in den beiden Symmetrieebenen verständlicherweise verschieden (Abb. 9) weit von der Schnittkurve der astigmatischen Fläche ab. Die Kreisform der Winkelkante hat in allen Fällen den großen Vorzug, daß die käuflichen ebenen Brillenfassungen ohne Gefährdung durch Spannung verwandt werden mögen, wie sie mit der Biegung der Fassung für eine Raumkurve als Winkelkante verbunden sein könnte.

Die Größe der Scheiben — ovale Scheiben verschwinden mehr und mehr — ist $\langle 27/28\ 172 \rangle$ wenigstens für Kreisscheiben festgelegt. Danach gelten die Bezeichnungen

00	000	38	40	42	44
für die wirklichen Durchmesser in Millimetern					
35,7	36,9	38,0	40,0	42,0	44,0

als *Festmaße* (Kalibermaße).

Eine weltgültige Festsetzung für Maße der ovalen Scheiben war nach jener Quelle vorläufig nicht zu erreichen, da die in Amerika entscheidenden Stellen eine bindende Regelung nicht förderten. Mit Rücksicht auf die älteren deutschen Brillenwerke und ihren Absatz nach Amerika hat man eine abschließende Normung auch in der Heimat unterlassen.

Als die zu normende Größe stellt sich die Länge der *Firstlinie* der Winkelkante dar auch dann, wenn man den First bei der Ausführung etwas bricht, um das Ausspringen möglichst zu vermeiden. Die Längenzahlen für den First sind der Länge der Nutkante an den Brillenfassungen anzugleichen, wenn gleichzeitig gelockerter Sitz und Spannung vermieden werden sollen.

Als wichtigere Randform ergibt sich in der Sprache der Technik noch die pantoskopische Randform; man wird für Brillenränder wohl guttun, diesen sehr belasteten Ausdruck — in der optischen Technik ist er für zwei bis drei gänzlich verschiedene Vorrichtungen üblich — mit G. KLOTH durch *schuppenförmig* zu ersetzen. Man hat sich diese Form aus der kreisförmigen dadurch entstehend zu denken, daß man (Abb. 10) an die Stelle des oberen Halbkreises ein halbes Oval treten läßt. Etwa vorgeschriebene Firstlängen sind nach dem Vorhergehenden auch hier einzuhalten.

Von sonstigen, weniger wichtigen Randformen seien noch die *halbrunden*, die *dachstein-* und die *hufeisenförmigen* erwähnt.



Abb. 9. Eine kreisförmige Winkelkante an einem astigmatischen Glase (aus H. ERGGELET (33 157) 748). Die innere astigmatische Hohlfläche steht in den beiden Symmetrieebenen verschieden weit von der Winkelkante ab.

Ganz ähnlich verhält es sich mit den Gläsern für *Glasbrillen*. Diese müssen etwas größer gearbeitet werden als die vorher besprochenen, für Fassungsbrillen bestimmten, weil sie Platz für kleine Verschraubungen bieten sollen, die sie an den Nasen- oder den Nasen- und Schläfenseiten festhalten.

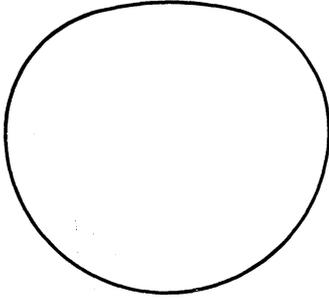


Abb. 10. Die schuppenförmige (pantoskopische) Randform.

Man hat hier den Rand sehr verschiedenartig gestaltet, um den Halte- teilen einen möglichst festen Sitz zu geben. Da kommen besondere Zapfen, Löcher, Kerben, Einschliffe und andere Formungen der Randteile vor, worüber man Einzelheiten in den regelmäßigen Brillenberichten finden kann. Eine genauere Besprechung gehört in eine Darstellung der Brillenfassung.

Bei starken zerstreuen Brillengläsern, wo zu einem hinreichenden dingseitigen Blickfeld nur eine verhältnismäßig kleine Brillenscheibe gehört, hat man schon seit langer Zeit, um an Gewicht zu sparen, das Brillenglas in anderer Weise ausgeführt. Dort umgibt die verhältnismäßig kleine Innenscheibe ein mehr oder minder breiter Tragrand.

Es handelt sich in unserer Ausdrucksweise um *Tragrandgläser* (Handelsname *lentikulare Gläser*).

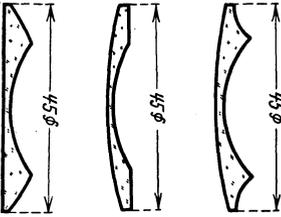


Abb. 11. Abb. 12. Abb. 13.

Abb. 11–13. Drehrunde Tragrandgläser mit kugligem, planem, hohlgekehlttem Innenrand. Die Grenzkannte ist ein Kreis. Wenn die Vorderfläche eine torische ist, so ändert sich an der Kreisform der Grenzkannte nichts, dagegen wird die Randdicke ungleichmäßig. Die Zeichnungen stammen von R. LINCKE.

Die Einteilung wird man zweckmäßig nach der Form des Bearbeitungswerkzeuges treffen, mit dem die überflüssigen Randteile entfernt werden. Man kann von einem ebenen, kugligen, kegel-, zylinderförmigen und hohlgekehltten Rande (Abb. 11, 12, 13) sprechen. Häufig läßt man die Randteile der Innenseite matt, um Störungen durch Glanzlicht zu vermeiden.

Unter allen Umständen wird (auf der Augenseite eines solchen Brillenglases) durch eine Grenzkannte das zur Innenscheibe gehörende Gebiet von dem zum Tragrand gehörigen geschieden. Die Grenzkannte ist natürlich ein Ort der Unstetigkeit, da sich in einer beliebigen Achsenebene an jedem Punkte der Grenzkannte zwei Tangenten mit endlichem Richtungsunterschiede voneinander ziehen lassen.

Welche Anpassungsfähigkeit namentlich dem hohlgekehltten Rande innewohnt, werden die Abb. 13 und 14 erkennen lassen. Aber auch ein bloß zylindrischer Rand könnte dazu verwandt werden, das Innenfeld

auch bei torischer Innenfläche einigermaßen kreisrund begrenzt erscheinen zu lassen.

Die Tragränder kommen gelegentlich auch bei starken sammelnden (Star-) Linsen vor, doch muß darauf hingewiesen werden, daß damit eine merkliche Abnahme der Ausdehnung des Blickfeldes verbunden ist.

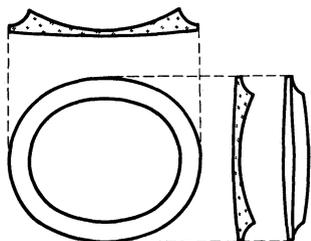


Abb. 14. Ein astigmatisches Tragrandglas mit höhlgekehltm Rande. Der First des Brillenglases ist ein Oval, ebenso die Grenzante der Innenscheibe. Die Zeichnung stammt von R. LINCKE.

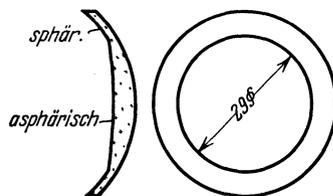


Abb. 15. Ein drehrundes Starglas mit schalenförmigem Tragrand. Die Grenzante ist ein Kreis. Die Zeichnung stammt von R. LINCKE.

Diese machte zwar bei den alten, gleichseitigen Formen mit ihrer schlechten Bildbeschaffenheit in den Seitenteilen nichts aus, führt bei den Katralgläsern (s. Abb. 15) aber zum Verzicht auf ein Randgebiet von durchaus befriedigender Brauchbarkeit. Aus Abb. 15 wird man erkennen, daß hier der Tragrand schalenförmig ausgebildet ist.

§ 27. Geschichtliche Bemerkungen zur Randbegrenzung. Ganz allein stehend machte H. HART (I.) 1896 für die Gestaltung des Randes einen Vorschlag, worin ein richtiger Kern enthalten ist. Er schlug vor, den Rand durch einen von der Pupillenmitte aus zu beschreibenden und das Gesichtsfeld umfassenden Kegel ausschneiden zu lassen. Besser wäre es gewesen, er wäre dabei vom Augendrehpunkt ausgegangen. Aber man sieht nicht ein, wie er im allgemeinen ohne eine Zusrägung für die Linsenfassung hätte auskommen können.

Den Rand zur Vermeidung von Spiegelung dunkel zu färben, kommt in den von mir durchgesehenen Schriften 1879 bei G. RODENSTOCK (I.) als Verbesserung an den schon lange bekannten Nutenbrillen vor.

Geht man nun auf die geschichtliche Entwicklung innerhalb der einzelnen Gruppen ein, so ist über die Entwicklung der Glasgröße im regelmäßigen Betriebe der Brillenoptiker wenig bekannt geworden. Nach B. MARTIN (I.) hat das gewöhnliche runde Brillenglas um die Mitte des 18. Jahrhunderts die uns heute geläufige Größe von 3,8 cm im Durchmesser gehabt. Schon MARTIN blendete davon einen großen, bei den damaligen gleichseitigen Formen doch für scharfe Wahrnehmung wenig nützen Teil weg, und weiter ging darin noch W. STORER (I.). Er suchte 1783 einen Schutz für besonders klein gerandete Gläser nach, die im wesentlichen nur die Strahlen von der nächsten Umgebung des ins Auge gefaßten Punktes hindurchlassen sollten. Dadurch wurde das Blickfeld auf seine deutlichen Teile beschränkt, und ihn scheint die Folge davon, daß der Kopf fortwährend bewegt werden mußte, nicht weiter gestört zu haben. Ob diese Männer von allgemeinem Einfluß waren, ist mir nicht bekannt, Tatsache ist, daß zunächst einmal die Engländer W. KITCHNER (I. u. 2.) 1824 und noch 1840 J. T. HUDSON (I.) sehr kleine Maße mitteilen. Der erstgenannte gab (109) als Mindestwerte der Ellipsenachsen für den Rand des Brillenglases 28 : 23 mm an, Grenzen, die man heute als recht niedrig ansehen würde, während die Form als sehr hoch ($a : b = 1,22$) auffallen

dürfte, wogegen der zweite die Ausmaße von 2,5—3,2 cm. für vollständig ausreichend hielt. Aus dem von England damals stark beeinflussten Auslande liegen namentlich von dem Wiener Augenarzte G. J. BEER (2.) um 1813 damit übereinstimmende Aussagen vor; so erwähnt er mit allen Zeichen der Entrüstung die kleinen Brillengläser, die „kaum die halbgeöffnete Augenlidspalte“ deckten und deswegen ein sehr kleines Gesichtsfeld hätten. Auch C. H. WELLER (I. 195 β) kennt „die kleinen, ovalen, englischen jetzt sehr beliebten Brillen“. Man wird danach vielleicht zu der Annahme berechtigt sein, es hätte sich gegen das Ende des 18. Jahrhunderts bis in das 19. hinein unter englischem Einfluß eine Verkleinerung der Glasdurchmesser eingestellt, die erst allmählich überwunden wurde. Aber Einzelheiten zu einer genaueren Schilderung fehlen vorläufig noch.

Was die neuere Zeit betrifft, so zeigen zwar schon ziemlich früh die Preisbücher der heimischen Brillenbetriebe Muster ihrer Begrenzungen, doch waren diese immer nur für das eigene, nicht auch für fremde Häuser gültig. Eine frühe Anregung zu einer für Deutschland allgemein gültigen Maßordnung findet sich 1903 bei J. FABER (I.) und hat endlich im Jahre 1917 zu einer allgemeinen Annahme durch die deutschen Optiker geführt, wobei durch O. HENKER (17 49) die Behandlung der ganzen Frage auf eine erfreuliche Höhe gehoben wurde. An den zuletzt angeführten Stellen finden sich alle hier bekannten geschichtlichen Einzelheiten zu der nicht immer ganz einfachen Festlegung brauchbarer Randmaße.

Hinsichtlich der besonderen Brillenformen sei bemerkt, daß die Bezeichnung *pantoskopische* Randform auf das Jahr 1834 und den sie in allgemeinerem Sinne verwendenden G. R. ELKINGTON (I.) zurückgeht und daß sich die heutige Form — s. auch (16 + 8 92) — aus der ursprünglich von ihm für alterssichtig gewordene Personen mit normalem Augenbau bestimmten entwickelt hat, die zusammen mit den *halbrunden* und *nierenähnlichen* Formen eigentlich zum Abschnitt der Doppelstärkengläser gehört. Man darf aber nicht vergessen, daß die bloße halbrunde Begrenzung, und zwar sowohl mit dem Glasstück vor dem oberen als auch vor dem unteren Augenlid, viel älter ist und für Staubbrillen bestimmt schon 1821 bei C. H. WELLER (I. 231 Anm.) vorkommt. Die heutige *pantoskopische* oder nach G. KLOTH *schuppenförmige* Randform aber hat diesen, dem der Doppelstärkengläser verwandten Zweck nicht; sie soll vielmehr ihrem Träger ein besonders großes Blickfeld verschaffen, indem von der Kreisform nur die Teile weggefallen sind, die nach dem Bau der Augenhöhle doch kein Licht in das blickende Auge treten lassen würden. Die *dachstein-* und *hufeisenförmigen* Begrenzungen sind schon vorher auf S. 4 α bei den *Eisenbahnbrillen* erwähnt worden. *Besonders große* Randformen hat man für Benutzer von Kraftwagen (14/15 ²³183, auch später) und gelegentlich für Jagd- und Sportbrillen eingeführt. Aus dem Jahre 1902 stammte eine *streifenförmige* Glasform, die auf E. RIBARD (I.) zurückgeht und gelegentlich auch als *Schmetterlingskneifer* bezeichnet wird. Offenbar wünschte er den Träger eines solchen Klemmers in den Stand zu setzen, an seinem Glas sowohl oberhalb als auch unterhalb vorbeizusehen; man geht kaum in der Annahme fehl, daß es sich meistens um schwächere Gläser gehandelt hat, die als Lupen- oder auch als Nahbrillen verwendet wurden. Indessen ist auf die Vorgängerschaft von P. HANNAY (16 98) hinzuweisen, der bereits 1876, allerdings mit weniger Erfolg, ähnliche streifenförmige Gläser einzuführen bestrebt war. Heute ganz verschwunden sind die *achteckigen* Randformen, die sich noch in dem BUSCHISCHEN Preisbuch von 1866/9 finden. Sie lassen sich im deutschen Sprachgebiet bei C. H. WELLER (I. 202 β , 2.) bereits für 1821 belegen und stehen nach der letzten Angabe tatsächlich, wie auch D. E. SULZER (2.) annimmt, mit den Bestrebungen von GALLAND und CHAMBLANT in einer gewissen Verbindung, so daß hier der Hinweis auf die später in § 125 zu gebende Behandlung dieser Optiker

genügt. Noch früher erscheinen sie in England, wo sie zusammen mit den ziemlich frühen ovalen Formen 1797 in einer Patentschrift vorkommen, die D. ADAMS (*I.*) zum Verfasser hat. Die erste ovale Randform überhaupt trat nach ED. PERGENS (*8.*) im ersten Viertel des 18. Jahrhunderts auf. Hier sind später weiter zurückliegende Fälle bekannt geworden: A. v. PFLUGK hat die langrunden Gläser der Reisebrille bei BARTISCH von Königsbrück 1583 aufgezeigt, während R. GREEFF <22 67> noch weiter, bis auf 1510, zurückdeutet.

Was die *Glasbrillen* angeht, so sei auf M. v. ROHR <19¹⁸⁹⁴; 20²¹⁵⁸>, A. v. PFLUGK und M. v. ROHR <21²²⁵⁹> sowie R. GREEFF <19¹⁸⁹⁴> hingewiesen, wonach man annehmen kann, daß die unzweckmäßigen Ausführungen zerstreuer Brillen aus *einem* Glasstück zuerst nach <25 40> um 1824 von J. F. VOIGTLÄNDER angeboten wurden. Sie kamen dann wiederum durch den Wiener Optiker J. WALDSTEIN etwa um 1840 auf den Markt und wurden drei Jahre später in Rathenow und sechs Jahre später in Paris nachgeschliffen. Um 1848 brachte der Stuttgarter Optiker S. FR. TROSTEL zunächst noch ohne Erfolg *verschraubte* Glasbrillen an die Öffentlichkeit, ein Erfindungsgedanke, der sich später als fruchtbar erweisen sollte. Solche und ähnliche Anlagen wurden nämlich in den Jahren von 1852 bis 1857 in Wien namentlich durch die Optiker W. WINTERA und C. MÜLLER sehr sorgfältig durchgearbeitet, während die englische sammelnde Glasbrille aus *einem* Stück vom Jahre 1851 anscheinend ganz vereinzelt blieb. Die Handelsbezeichnungen der Glasbrillen als *Wiener Brillen* und als *Patentbrillen* werden also hiermit erklärt sein, und es ist vielleicht nicht völlig ausgeschlossen, daß sich gelegentlich noch bei der Durchforschung der Schriften von Augenärzten eine ältere Bemerkung mit einigen Einzelheiten findet. Der alte Gedanke ist im Laufe der Zeit sehr häufig wieder aufgenommen worden, und zur Festhaltung der Gläser finden sich die verschiedensten Möglichkeiten der Lochung, Kerbung, Schlitzung und Kittung verwirklicht; all dies hat hier aber nur nebensächliche Bedeutung, es gehört in eine Geschichte der Brillenfassung und ihrer Abarten.

Gelangt man nun zur Ausbildung der *Trägerschicht*, so kommt sie schon bei DAZA DE VALDES 1623 vor, und ferner hat R. GREEFF (*I.*) 1912 nachgewiesen, daß auch die besseren Arten der alten Nürnberg-Fürther Brillengläser — in der Regel eine üble Ramschware — diese Trägerschicht als „*Facett-Brillen*“ führten. M. v. ROHR <15/16 73> hat das im allgemeinen und für die MAYERSCHEN Erzeugnisse im besonderen bestätigt sowie auch auf einen alten Tadel vom Jahre 1783 gegen diese Ausführungsform hingewiesen. Übrigens ist diese Trägerschicht noch 1819 bei J. G. BERNSTEIN (*I.*) nachzuweisen, ist also erst langsam verschwunden. Sie tritt dann in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts von neuem auf, und zwar findet sie sich in den hier benutzten Schriften zunächst 1868 bei dem bereits erwähnten Patent von W. PUGH (*I.*) und J. FIELD sowie bald danach bei E. FL. COURVOISIER (*I.*). Es handelt sich hier bei dem Letztgenannten um mehrere Erfindungen, die in späterer Zeit häufig benutzt, aber immer andern Urheber zu geschrieben werden. Die Zerlegung des Brillenglases in zwei Teile nutzte er dazu aus, die Farbenhebung im Bildpunkt herbeizuführen, und zwar beschränkte er sich auf verhältnismäßig kleine, kreisrunde Augengläser. Nach seiner früheren Beschreibung setzte er sie mitten in einen gewölbten dünnen Metallhalter, kam aber schon 3 Monate danach auf den schönen Gedanken, die Zerstreungslinse einer solchen Verbindung, also das Flintglas bei Sammel-, das Kronglas bei Zerstreungslinsen, als richtigen Träger auszubilden. Er schliiff nämlich in eine genügend große, später oval zu randende Planplatte Flächen von vorgeschriebener Krümmung, aber kleinem Durchmesser ein. Er erzielte damit die gleiche optische Wirkung wie in dem ersten Falle, gab aber dem neuen Glase ein weniger auffälliges Aussehen.

Es ist das Verdienst von ED. PERGENS (6. 507), auf E. LORINGS Anregung hingewiesen zu haben, der 1871 offenbar für Amerika erfolgreich eine leichte Form eines Starglases einfuhrte: auf ein dünnes Zylinderglas oder Planglas wurde vorn mittels Kanadabalsam eine möglichst scharf ausgeschliffene Plankonvexlinse aufgekittet. Die entsprechende, durch Einschliff in eine dickere Planplatte entstandene Negativlinse stammt nach der gleichen Quelle ebenfalls aus Amerika, und zwar 1880 von J. GREEN. Später — ich weiß nicht wann — werden diese Gläser im Auslande als *Lentikulare*, in Deutschland unter dem tiefsinnigen, vorläufig für Anfang 1893 belegten Namen der „*Gläser neuer Schleifart*“ vertrieben. Demgegenüber meldete F. NITSCHMANN (1.) ein Gebrauchsmuster auf eine Gestaltung der Trägerschicht an, die anscheinend viel Beifall gefunden hat: Er kittete an die *Innenseite* einer plankonvexen oder einer meniskenförmigen Trägerschicht von schwacher Wirkung ein kleineres ovales Brillenglas, das die eigentlich vorgeschriebene Brechkraft herbeiführte. Auch durch die Veröffentlichungen des Verfertigers R. NEUMANN (1.) sind diese NITSCHMANNschen Formen wohl bekannt geworden. — Die Herstellung einer LORINGSchen Linse aus einem einzigen Glasstücke bildete den Gegenstand einer von M. BENTZON (2.) 1907 veranlaßten Eintragung. — Ebenfalls im Zusammenhange mit einer besonderen Gestaltung des Randes stand ein 1908 von E. KLEIN (1., 2.) nachgesuchter Schutzanspruch, wo von einem stark durchgebogenen Meniskus verschwindender Brechkraft vorn eine Sammellinse abgeschliffen wurde. Dadurch ergab sich eine starke Zerstreungslinse an einer meniskenförmigen Trägerschicht.

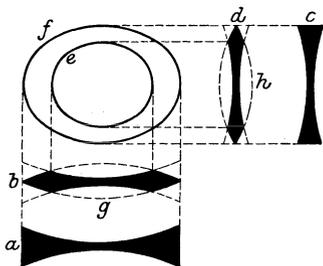


Abb. 16. Die KOSTERSche Gestaltung der Trägerschicht zwischen f und e durch die Verwendung torischer Werkzeuge (14/15 80).

Eine Gewichtsverminderung der GREENSchen Form ohne Aufgabe der runden Begrenzung stammt 1912 von F. TORNIER (13/14 13120). Eine noch stärkere Gewichtsverminderung mit Herbeiführung einer elliptischen Begrenzung des optisch wirksamen Teils ließ sich 1909 CARL ZEISS (7.) schützen.

Bei der NITSCHMANNschen Verwendung oval begrenzter sphärischer Kittlinsen war es selbstverständlich unmöglich gewesen, den Rand der Kittlinse auf dem ganzen Umfang scharf zu halten, da sich zwei Kugelflächen eben nur in einem Kreise schneiden können. Dem abzuhelpen, gestaltete J. FABER (13/14 121) 1912 die Kittfläche zylindrisch und erreichte damit eine langrunde und doch randscharfe Begrenzung der Trägerschicht. In der Gegenwart ist dieses Hilfsmittel entsprechend (Verwendung einer *torischen* Kittfläche) von amerikanischen Erfindern nicht selten für den Nahteil bei Zweistärkengläsern angewandt worden, worauf in § 113 noch näher einzugehen sein wird. — Eine entsprechende Umwandlung der GREENSchen Form nach Abb. 16 mit Hilfe von zwei torischen Flächen empfahl W. KOSTER (14/15 80) Ende 1914.

§ 28. Die hauptsächlichlichen Grenzflächen der Brillengläser. In diesem Teile handelt es sich um die Entwicklung der wesentlichsten Eigenschaften der Brille, und es ergibt sich dadurch eine Einteilung von allgemeiner Bedeutung, daß man feststellt, ob für die Brillengläser einem Dingpunkt in der Achse wiederum ein solcher Bildpunkt im Sinne der GAUSSSchen Abbildung entspricht oder nicht. Wenn das der Fall ist, so handelt es sich um *anastigmatische*, wenn nicht, um *astigmatische* Brillen.

I. Anastigmatische Linsen.

1. Achsensymmetrische Linsen.

§ 29. **Achsensymmetrische Linsen im allgemeinen.** Es seien zunächst die beiden Begrenzungsflächen als Umdrehungsflächen angenommen, und zwar sei eine einzige Achse als vorhanden vorausgesetzt, so daß es sich um *achsensymmetrische* oder *drehrunde* Brillengläser handelt.

Die weitere Einteilung soll unter dem Gesichtspunkte erfolgen, ob noch für andere Blickrichtungen als die der Achse eine *punktmäßige* Abbildung vorhanden ist oder nicht; doch wird das erst auf der nächsten Stufe geschehen können.

a) Die Brillengläser (ohne Rücksicht auf punktmäßige Abbildung außer der Achse).

§ 30. **Die Probier- und die Zielgläser.** Wenn zunächst diese behandelt werden, so geschieht das nicht bloß deshalb, weil dieser Klasse noch eine große Zahl der Brillengläser angehört, sondern weil hier zwanglos der wichtige Teil der Lehre von der Brille behandelt werden kann, der sich auf das ruhig und in der Achsenrichtung gehaltene brillenbewaffnete Auge bezieht. Dieser Fall sollte verwirklicht sein bei den Probierbrillen und den alten Zielbrillen.

Es ist also darauf zu achten, daß das zu prüfende Auge wirklich entlang der Achse des Probierglases blicke. Das sucht man bei vervollkommenen Probiergestellen dadurch zu erreichen, daß man die Probiergläser sowohl seitlich als auch nach oben und unten senkrecht zu der geradeausgerichteten Waagrechten durch den Augendrehpunkt verschiebt. Noch vorteilhafter ist es, wenn man dem Probierglas einen verhältnismäßig kleinen Durchmesser gibt und so bei einiger Aufmerksamkeit eine merkliche Schiefe des Durchblicks verhindert. Denn die Folge schiefen Durchblicks ist, wie später noch genauer gezeigt werden wird, das Auftreten vom Zweischalengefähr im Augenraum, wodurch die Feststellung des richtigen ausgleichenden Glases sehr erschwert werden kann. — Ferner ist es zwar nicht üblich, aber sehr wünschenswert, eine Vorrichtung an der Probierbrille anzubringen, um die Größe δ zu messen, deren Betrag nach § 34 großen Schwankungen ausgesetzt ist und die man doch zur Auswahl eines passenden Brillenglases von anderer Entfernung kennen muß.

Auf die Form des Glases der Probierbrille kommt es auf dieser Stufe der Darstellung nicht an, da man den Einfluß des Öffnungsfehlers auf das Bild eines Achsenpunktes vernachlässigen kann. Wenn man in neuerer Zeit von den sonst üblichen gleichseitigen Formen abgewichen ist und Planflächen eingeführt hat, so geschah das, soweit der achsen-

nahe Raum in Betracht kommt, allein zu dem Zwecke einer einfacheren Beschreibung der in dem Probiergestell etwa verwandten Gläserfolge.

In der Benutzung einer fertigen Brille gibt es wohl nur einen Fall, bei dem man versucht hat, sich auf den achsensnahen Raum zu beschränken, und das geschieht bei einer bestimmten Art von Zielbrillen. Beim Anschlag an den Kolben eines Gewehrs wird der Kopf des Schützen stark gesenkt und das Zielauge entsprechend gehoben. Bei einer gewöhnlichen Brille würde also der Schütze schief durch den oberen Rand blicken und dementsprechend durch den so entstehenden Zweischalenfehler gestört werden. Um dies zu vermeiden und gleichzeitig die Zielrichtung im Augen- und im Dingraum übereinstimmen zu lassen, richtete man vielfach das Brillengestell so ein, daß beim Zielen das Auge entlang der mit der Absehensrichtung zusammenfallenden Brillenachse blickte. Hierfür sind die Brillenberichte der *Z. ophthalm. Opt.* einzusehen.

§ 31. Geschichtliche Bemerkungen zu Probier- und Zielgläsern. Die Probierbrillen werden sich bei brillenanpassenden Optikern und Händlern schon früh, jedenfalls im 18. Jahrhundert, von selbst entwickelt haben, wozu man zunächst auf M. v. ROHRs (16 87) Anführung der ZAHNSchen Hilfsmittel, sodann auf seine Erinnerung an J. G. LEUTMANN 1719 und etwa noch auf J. AYS COUGH (2.) vor 1752 verweisen kann; bei dem Letztgenannten probierten anwesende (nicht brieflich behandelte) Kunden in seinem Laden das beste Glas aus „über 30 verschiedenen Brillenarten“ aus. Inzwischen war es M. v. ROHR (30 44) möglich, auf dem freilich schwanken Grunde einer Schlußreihe Angaben über das Aussehen des AYS COUGHschen Probierkastens zu machen. — In Deutschland scheint im 18. Jahrhundert die Brillenanpassung recht tief gestanden zu haben, da der Krebschaden der Wanderhändler die Entwicklung des Brillenwesens noch lange niederhielt. Später hat sich das sicherlich geändert, und hier sei auf eine Angabe von F. H. DU BOIS (*I.*) aus dem Jahre 1826 hingewiesen, wo — allerdings für brillenanpassende Optiker — bestimmte Regeln für die Verwendung einer Reihe von Probiergläsern mitgeteilt werden. Aus medizinischen Kreisen gehört nach M. v. ROHR (14/15 100) — was auch noch weiter benutzt werden wird — G. T. FRONMÜLLER vom Jahre 1843 hierher, während der damals wohlbekannte Münchener Optiker G. MERZ 1849 eine Verminderung der Gläserzahl durch den Gedanken der Zusammensetzung oder Schaltung befürwortete. Merklieh später beschäftigte sich mit dem Brillenkasten der Königsberger Mediziner K. A. BUROW, dem der Hauptanteil an der neuzeitigen Ausgestaltung dieses Hilfsmittels zur Brillenbestimmung gebührt. Auf seine Verdienste in der Wahl der Abstufung wird in § 58 zurückzukommen sein, hier muß aber darauf hingewiesen werden, daß er die vollständige Gläserreihe durch zwei ganz schwache Hilfsgläser, ein sammelndes und ein zerstreues, zu ergänzen vorschlug, die schnell vor das mit der Probierbrille ausgerüstete Auge gehalten und von ihm entfernt werden konnten. Natürlich drang er nicht sofort mit seinen Ansichten durch — in den Jahren unmittelbar nachher wurden von W. v. ZEHENDER, A. STEINHEIL sowie SCHULEK vereinfachte Kästen nach dem Schaltungsgedanken empfohlen —, aber er schlug nach M. v. ROHR (15/16 69) möglicherweise als Gegenwirkung gegen die Schaltungskästen wegen der besonders raschen Wechselung die Einrichtung vor, die als REKOSZISCHE Scheibe bekannt geworden ist. Dabei war von selbst der Durchmesser der Brillengläser etwa von der Größe der Augenpupille, und es bestand die später von H. ERGGELET erkannte Gefahr, daß bei einer Verschiebung

der Pupille mit der unbemerkt bleibenden Ablendung der abbildenden Bündel eine Erhöhung der Sehleistung eintrete. Jedenfalls aber kam er 1870 auf den alten Gedanken des vollständigen Brillenkastens zurück. Die weiteren Schicksale des Probiersatzes sind dem Verfasser vorläufig nicht genau genug gegenwärtig; er kennt wohl aus der Folgezeit eine sehr große Zahl von Probiergestellen, die hier nicht besprochen werden sollen, sie haben alle auch den Zweck, das Brillenglas zentrisch vor das Auge zu bringen; wann aber der BUROWSche Gedanke einer möglichst vollständigen Gläserreihe allgemein angenommen wurde und den Schaltgedanken verdrängte, wäre noch festzustellen. Wann mit der Beschränkung des freien Durchmessers des Probierglases begonnen wurde, ist hier ebenfalls noch nicht genügend genau bekannt, und es sei an dieser Stelle auf die Kritik hingewiesen, die H. ERGGELET (3. 327) 1916 an dieser damals wohlbekannten Verengerung geübt hat. Er schlägt ganz eng geöffnete Brillengläser auf einer optisch bearbeiteten Trägerschicht vor, damit bei einer Verschiebung der Pupille das durch die prismatische Wirkung des Randes entstehende Doppelbild dem Prüfling auffallen und von ihm vermieden werden könne.

Ganz entsprechend verhält es sich mit den alten Zielbrillen, bei denen das Auge im Anschlag an der Achse entlang durch ein einfaches Brillenglas hindurchsehen sollte.

Ihre frühere Geschichte ist noch ganz ungeklärt, und es mag sein, daß man an dem alten auf die Armbrust oder die Büchse gesetzten Zielglas noch lange festgehalten hat. Immerhin bin ich durch eine freundliche Auskunft von Herrn TH. H. COURT in der Lage mitzuteilen, daß in England zwischen 1790 und 1793 zerstreute Gläser in neu geplanten Gestellen für Jäger angeboten wurden; danach wird man also die ersten Versuche zur Herstellung von Zielbrillen bis auf das letzte Jahrzehnt des 18. Jahrhunderts zurückschieben müssen, doch ist man vorderhand über das Äußere der Fassung noch nicht unterrichtet.

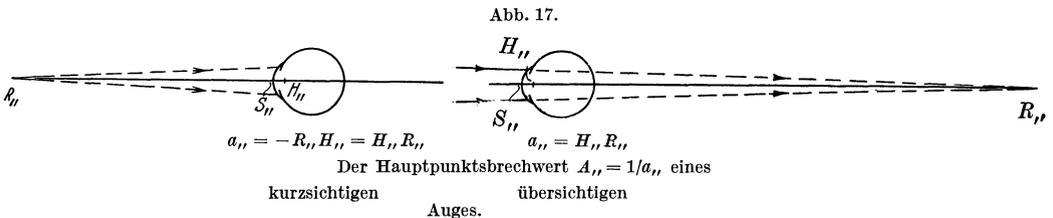
In einer eigenen Darstellung hat M. v. ROHR (16 22) die neuere Entwicklung dieses Gedankens mindestens für Deutschland einigermaßen ausführlich geschildert. Danach hat man zunächst wahrscheinlich schon in den 80er Jahren des 19. Jahrhunderts die Ebene der beiden Gläser einer Fernbrille aus der Vertikalen gekippt, als wenn das Auge zur Anschlaglage nur um einen Hubwinkel bewegt würde. Später hat man dann am Brillengestell für das Brillenglas des Zielauges auch noch die Berücksichtigung eines Wendewinkels vorgesehen und hat dann etwa zur gleichen Zeit aus einer abweichenden Überlegung heraus einer Brille innen oben ein Zusatzglas beigegeben, das ein für allemal in eine feste Schiefstellung gebracht wurde. Diese ganze Entwicklung ist dann nach 1912 immer mehr zugunsten der Brillengläser mit erweitertem Blickfelde verlassen worden, wie sie später (in § 87 f.) behandelt werden sollen. Auf spätere Darstellungen in der Z. ophthalm. Opt. sei hier ebenfalls hingewiesen.

§ 32. Die Herbeiführung eines deutlichen Netzhautbildes. Die auf der Netzhaut stattfindende Strahlenvereinigung des von einem fernen Dingpunkt ausgehenden Bündels ist an keinem Punkte von hoher Vollkommenheit, soweit dieser Begriff an die Vorstellungen eines technischen Optikers anknüpft. Wegen der nach den Seiten hin rasch abnehmenden Empfindlichkeit der Netzhaut seien zunächst alle größeren Neigungen ausgeschlossen, und man beschränke sich allein auf die Nachbarschaft der *Visierlinie*, genauer der Strahlenrichtung, die nach dem Durchgang durch die Flächenfolge des Auges die Netzhautgrube trifft. Als Öffnung des parallelstrahligen Bündels sind je nach der Beleuchtung 2–6 mm

anzusetzen. Aber auch für diese ausgezeichnete Richtung ist die Strahlenvereinigung unvollkommen; es ergibt sich auf der Netzhaut ein Zerstreuungsscheibchen von großem Umfange, allerdings mit einer gegen den Rand hin rasch abnehmenden Beleuchtungsstärke. Die stärkste Lichtverdichtung findet sich etwas vor dem Vereinigungspunkt der achsennahen Strahlen.

§ 32a. Bezeichnungen und Vorstellungen aus der Augenheilkunde.

Die Augen werden nach ihrer *Einstellung* unterschieden, und zwar mißt man die Entfernung $a_{,,}$ des auf der Mitte der Netzhautgrube abgebildeten Einstellpunktes $R_{,,}$ längs der Visierlinie von dem vorderen Augenhauptpunkt $H_{,,}$, $a_{,,} = H_{,,}R_{,,}$. Dabei rechnet man als positiv die Bewegungsrichtung des Lichtes, die auf den Zeichnungen dieses Buches stets von links nach rechts gehend vorausgesetzt ist.



Alle in endlicher Entfernung $a_{,,}$ vor dem Auge liegenden zugänglichen Punkte $R_{,,}$ (man vgl. Abb. 17 links) haben also einen *negativen* ($a_{,,} < 0$) Hauptpunktsabstand, alle unzugänglichen Punkte $R_{,,}$ (die bei endlichem Abstand $a_{,,}$ hinter dem Auge [man vgl. Abb. 17 rechts] zustande kommen würden, wenn die auf sie zielenden Strahlen nicht schon an der Hornhaut eine Richtungsänderung erführen) haben dagegen einen *positiven* ($a_{,,} > 0$) Hauptpunktsabstand.

Setzt man zunächst das Auge in entspannter Akkommodation oder, nach ERGGELET, in *Rasteinstellung* voraus, so nennt man es *rechtsichtig* (emmetropisch), wenn $R_{,,}$ (der Fernpunkt = *punctum remotissimum*) in weiter Ferne liegt oder $a_{,,} = \pm \infty$ ist.

Demgegenüber stehen die Fälle, wo der Fernpunkt $R_{,,}$ eine endliche Entfernung von $H_{,,}$ hat, die *fehlsichtigen* (ametropischen) Augen, und zwar ordnen sie sich in die beiden Untergruppen ein:

- $a_{,,} < 0$, zugängliche Fernpunkte $R_{,,}$: *kurzsichtige* (myopische) Augen,
- $a_{,,} > 0$, unzugängliche Fernpunkte $R_{,,}$: *übersichtige* (hypermetropische oder hyperopische) Augen.

Gemessen wird die Rasteinstellung durch den Kehrwert $A_{,,}$ des Hauptpunktsabstandes $a_{,,}$

$$A_{,,} = 1/a_{,,} = 1/H_{,,}R_{,,} \quad (1)$$

und ausgedrückt in Dioptrien: 1 dptr = 1/1 m.

Man bezeichnet diese Größe $A_{,,}$ als den *Hauptpunktsbrechwert* (die axiale Refraktion) des Auges und weiß nach den vorausgeschickten Bestimmungen, daß zu

$A_{,,} = 0$ die *Rechtsichtigkeit* (Emmetropie) gehört und zu

$A_{,,} \leq 0$ die *Fehlsichtigkeiten* (Ametropien) gehören, die ihrerseits wieder zerfallen in die Gruppen der

- $A_{,,} < 0$ *Kurzsichtigkeit* (Myopie),
- $A_{,,} > 0$ *Übersichtigkeit* (Hypermetropie).

Nebenbei sei bemerkt, daß hier im wesentlichen nur *Längenfehler* (Achsenametropien) behandelt werden sollen. *Brechkraftfehler* (nach ERGGELET = *Krümmungametropien* + *Indexametropien*) werden hier nur da auftreten, wo *linsenlose* (aphakische) Augen zu berücksichtigen sind.

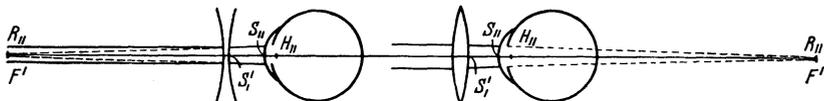
§ 32b. **Geschichtliche Bemerkungen zu diesen Bezeichnungen und Vorstellungen.** Es kann nicht bezweifelt werden, daß die heutigen Fachausdrücke im wesentlichen auf F. C. DONDERS zurückgehen; selbst HELMHOLTZENS Vorschlag mit *hyperopisch* tritt heute gegen das DONDERSISCHE Wort *hypermetropisch* zurück.

Die Einteilung selbst nach der Augenlänge in zu kurze, recht gebaute und zu lange Augen ist nach M. v. ROHR in <25 36> für 1685 zweifelsfrei belegt. Man kann aber mit Recht darauf hinweisen, daß der Jesuitenpater CHR. SCHEINER schon 1619 <19 123> die beiden möglichen Längenfehler erkannt hatte.

§ 33. **Die Brillen mit einer einzigen Brennweite.** Es sei zunächst die fast selbstverständlich erscheinende Voraussetzung gemacht, daß es sich nur um eine einzige Brennweite des Brillenglases handelt. Es wird sich später zeigen, daß die Abnahme der Akkommodationsbreite mit dem Lebensalter zur Aufgabe dieser Voraussetzung führen kann.

§ 34. **Der Scheitelbrechwert S' und S'_∞ des Brillenglases.** Nimmt man ein durch den endlichen Hauptpunktsbrechwert (Abb. 18) $A_{,,}$ ge-

Abb. 18.



$$a_{,,} = H_{,,} R_{,,}; \quad \vartheta = S' H_{,,} \quad s' = S' R_{,,}$$

Das Fernbrillenglas für ein
kurzsichtiges übersichtiges
 Auge.

$$S' R_{,,} = S' H_{,,} + H_{,,} R_{,,} \quad s' = \vartheta + a.$$

kennzeichnetes Auge an, so bezeichnet man ein Brillenglas als *Fernbrillenglas* (korrigierendes Glas), wenn das damit bewaffnete Auge den unendlich fernen Punkt deutlich sieht.

Dazu ist es nötig, daß der bildseitige Brennpunkt F'_I des Brillenglases mit dem Fernpunkt $R_{,,}$ des Auges zusammenfällt, sobald das Auge in der Achsenrichtung des Brillenglases visiert.

Auf dieser Stufe der Behandlung beschränkt man sich auf kugelige (sphärische) Grenzflächen des Brillenglases. Der Linsendurchmesser möge 40 mm betragen, dann können alle schwachen Sammelläser (und von selbst alle zerstreuen Linsen) mit geringer Mitteldicke ausgeführt werden. Das gilt aber für stärkere Sammellinsen, z. B. für die meisten Brillengläser für Linsenlose (Aphakische) nicht. Darauf wird weiter unten noch einzugehen sein.

Es sei nun nach unserer Abb. 18 in den beiden Fällen der Kurz- und der Übersichtigkeit ein Fernbrillenglas nach der obigen Forderung gezeichnet, so erkennt man schon hier, daß dieses Brillenglas nur mit einem endlichen Abstand $\vartheta = S', H_{,,}$ dem Auge vorgeschaltet werden kann. Über die Größe von ϑ wird weiter unten noch einiges zu bemerken sein.

Bei dem Brillenglase ist die Entfernung

$$s'_1 = S', F'_1$$

als bekannt vorauszusetzen, die nach dem Brauch der optischen Rechenstuben als *Schnittweite* zu bezeichnen ist.

Alsdann ergibt sich ohne weiteres die für beide Glaswirkungen übereinstimmende einfache Beziehung

$$\begin{aligned} S', F'_1 &= S', H_{,,} + H_{,,} R_{,,}, \\ s'_1 &= \vartheta + a_{,,}. \end{aligned} \quad (2)$$

Das ist die *Lagenbeziehung* für das Fern- (korrigierende) Brillenglas. Sie sagt aus, daß das Fernbrillenglas richtig gewählt ist, dem fehlsichtigen Auge den fernen Punkt deutlich zu machen. Ob für nähere Dingpunkte O das im Bildraum des Brillenglases stehende Auge etwa merklichen Änderungen ausgesetzt sei, ist aus dieser Lagengleichung noch nicht zu ersehen. Weiter unten wird darauf noch einzugehen sein.

Beachtet man nun, daß der Abstand $H_{,,} R_{,,} = a_{,,}$ sowohl ein positives als auch ein negatives Zeichen haben kann, während ϑ positiv sein muß, wenn das Brillenglas eher als das Auge vom Licht durchsetzt werden soll, so ergibt sich aus dieser noch ganz allgemeinen Beziehung, daß die Schnittweite des Fernbrillenglases für kurzsichtige Augen um den Brillenabstand *kürzer*, für übersichtige um eben diesen Betrag *länger* sein muß als der Dingabstand des unbewaffneten Auges. Es ist von Wichtigkeit, daß in dieser allgemeinen Beziehung nur Abstände vom vorderen Augenhauptpunkt und Schnittweiten auftreten.

Hält man den Dingabstand $H_{,,} R_{,,} = a_{,,}$ fest, so ergibt sich beim Anwachsen des Abstandes ϑ , daß eine negative Brillenschnittweite von immer kleinerem Betrage das deutliche Sehen ermöglicht, während positive Schnittweiten unter entsprechenden Umständen immer größer werden müssen. Andererseits können bei festgehaltener Brillenschnittweite S', F'_1 innerhalb gewisser Grenzen um so kleinere Dingabstände

erreicht (um so höhere Fehlsichtigkeiten ausgeglichen) werden, je näher am Auge das zerstreuende und je weiter vom Auge entfernt das sammelnde Fernbrillenglas angebracht wird. Bei der Brillenverordnung mit Hilfe einer Probierbrille wird ϑ durch die Fassung der Brille und die Lage der Hornhautscheitel zur Nasenwurzel des Untersuchten beeinflusst. Dabei schwankt im allgemeinen, wenn mit O. HENKER <14/15 132> als äußerste Grenzen für die Entfernung S', S'' , 2,5 und 20 mm angenommen werden und nach dem GULLSTRANDSchen strengen Übersichtsauge

$$S'', H'', = 1,35 \text{ mm}$$

anzusetzen ist, ϑ zwischen den Grenzwerten in Millimetern

$$3,85 < \vartheta < 21,35.$$

Man kann also hier von einer Benutzung der *äußeren* Bezugspunkte S' und S'' , reden, die für die Anpassung nicht verschwindend dünner Brillen (also etwa stärkerer, durchgebogener Sammelgläser, Starbrillen, Fernrohrbrillen, Anisometropenbrillen u. a.) ganz unerlässlich ist.

Ihr gegenüber steht die Verwendung der *inneren* Bezugspunkte $H',$ und H'' . Dann verwendet man die Brennweite des Brillenglases

$$H', F', \quad \text{und} \quad f', = 1/D, \quad (3)$$

sowie den Hauptpunktsabstand

$$\bar{d} = H', H'', .$$

Der Rechenkundige eines Brillenwerks vermag natürlich leicht von den äußeren zu den inneren Bezugspunkten überzugehen, für den Brillenverordner und -anpasser wird das meistens nicht angehen, weil er keine genügend sichere Kenntnis von der Anlage eines vorliegenden Brillenglases hat.

Die beiden nachfolgenden Ziffernbeispiele für die beiden Mitteldicken $d = 4 \text{ mm}$ und $d = 6 \text{ mm}$ werden zeigen, daß bei Festhaltung der (für die Anpassung wichtigen) Größe s' die Werte von $f',$ und von $D,$ um Beträge schwanken können, die nicht vernachlässigt werden dürfen, dabei ist angenommen, daß die plankonvexen Linsen dem Auge ihre Planfläche zuwenden und die schwach durchgebogenen Linsen ihre Hohlfläche, für die ein Radius von 12 cm Länge gültig sei; die Brechzahl betrage 1,51.

		Gleichseitige Form	Eben-erhabene Form	Schwach durchgebogene Form
$d = 4,0 \text{ mm}$	$s', = 0,1 \text{ m}$	$f', = 0,1013$	0,1026	0,1038 m
	$1/s', = 10 \text{ dptr}$	$D, = 9,87$	9,74	9,64 dptr
$d = 6,0 \text{ mm}$	$s', = 0,067 \text{ m}$	$f', = 0,069$	0,071	0,072 m
	$1/s', = 15 \text{ dptr}$	$D, = 14,56$	14,16	13,93 dptr

Nimmt man jetzt an, daß es sich um dünne Linsen handele, so wird die zu dem entfernten Dingpunkt gehörige Schnittweite $s',$ zur Brenn-

weite f' des Brillenglases, und da man deren Kehrwert als *Brechkraft* oder *Stärke* des Brillenglases bezeichnet, so läßt sich in die obige Aussage über den Einfluß des Brillenabstandes auch die Brechkraft des Brillenglases einführen. Unter diesen Umständen wird ϑ zu \bar{d} , dem Abstände H', H'' , und $s' = f' = 1/D$. Gleichung (2) geht also über in

$$f' = \bar{d} + a_{,,}; \quad 1/D = \bar{d} + 1/A_{,,}; \quad D = A_{,,}/(1 + \bar{d}A_{,,}); \quad (4)$$

$$A_{,,} = D/(1 - \bar{d}D).$$

Wie man sieht, hängt D , eben von den beiden Veränderlichen \bar{d} und $A_{,,}$, ab. Man erkennt leicht, daß man diese Beziehung auch schreiben kann

$$A_{,,} - \bar{d}D, A_{,,} - D = 0. \quad (5)$$

Multipliziert man diese letzte Gleichung mit der sicherlich nicht verschwindenden Größe \bar{d} , so kann man auch auf folgende Form kommen:

$$1 = 1 + \bar{d}(A_{,,} - \bar{d}D, A_{,,} - D); \quad 1 = (1 + \bar{d}A_{,,})(1 - \bar{d}D), \quad (6)$$

und das ist eine Beziehung, die bei wichtigen Überlegungen zur Sehschärfe auftreten wird.

Die dem Hauptpunktsbrechwert $A_{,,}$ in dieser Weise zugeordnete Brillenstärke D , kann man den *Ausgleichswert*, nach ERGGELET kurz den *Glaswert* (nach C. HESS den Korrektionswert) nennen.

Diese Formeln sind darum sehr bequem, weil sich in ihnen die Brechkraft D , der Brille findet und man mit ihrer Hilfe leicht in erster Annäherung die Vergrößerung des Brillenglases im Augenraum ermitteln kann.

Wie man bei Brillengläsern endlicher Dicke in einem solchen Falle zu verfahren hat, ist oben bemerkt worden.

Man erkennt aus dem Vorhergegangenen, daß bei allen Brillengläsern, die nicht als dünne Linsen behandelt werden können, zweckmäßig ein Ausdruck für den Kehrwert der Schnittweite $1/s'$ einzuführen ist. Es sei in Zukunft diese Größe nach M. v. ROHR (8. 561) als *Scheitelbrechwert* (*Brillenscheitelrefraktion*)

$$S' = 1/s' \quad (7)$$

bezeichnet. Für Fernbrillen wird S' verständlicherweise zu S'_{∞} .

Als Wert für ϑ findet sich häufig aus sogleich zu erörternden Gründen 15 mm angegeben, d. h. etwa der bräuchliche Abstand zwischen dem vorderen Brennpunkt und dem vorderen Hauptpunkt des Auges, der dem DONDERSISCHEN reduzierten Auge entnommen ist. Für die Anpassung wird man diesen Abstand zweckmäßig nur so groß wählen, daß das Brillenglas von den Wimpern nicht mehr berührt wird. Es muß aber die Festlegung dieses Wertes für die Lehre von der Brille noch bis zu dem Zeitpunkt aufgeschoben werden, wo das Sehen mit bewegtem Auge behandelt werden kann. Bei der Probierbrille kann ϑ nach S. 35

schwanken, so daß der gegebenen Refraktion $A_{,,} = 1/a_{,,}$ andere und andere Werte von s' entsprechen. Man vermag also die Beziehung

$$S'_{\infty} = 1/(a_{,,} + \partial) = A_{,,}/(1 + \partial A_{,,}) \tag{8}$$

in ihrer Abhängigkeit von zwei Veränderlichen durch ein Schichtenbild der Linien gleicher S'_{∞} -Werte zu veranschaulichen. O. HENKER (14/15 132) hat das getan, und zwar für Brillenabstände ∂ zwischen 3,85 und 21,35 mm sowie für Hauptpunktbrechwerte (axiale Refraktionen) $A_{,,}$ zwischen -20 und $+20$ dp_{tr}.

Ich sehe diesmal davon ab, diese Schichtenbilder beizugeben, und wende mich zu einer von A. BRÜCKNER (22 151) vorgeschlagenen Darstellungsform Abb. 19. Man kann die (eigentlich einen einzigen langen Streifen — zwischen -20 und $+20$ müßte bei dem Maßstab der Zeichnung ein Abstand von 100 mm eingehalten werden — bildende) Darstellung ebenfalls als ein Schichtenbild für $f' = \partial + a_{,,}$ (mit den ∂ -Werten als Abszissen, den $a_{,,}$ -Werten als Ordinaten) ansehen. Dabei ist allerdings an 2×2 Stellen (bei ± 7 und bei ± 14) eine Maßstabsänderung für $a_{,,}$ so eingeführt worden, daß die Höhenausdehnung unbeschadet der Sicherheit der Ablesung nicht übermäßig groß ausfällt. Die Ordinaten umfassen die Werte ($-5 \geq a_{,,} \geq -50$) cm und ($50 \geq a_{,,} \geq 5$) cm, doch sind die Teilungspunkte nach Dioptrien beziffert. Die Schichtlinien für f' ergeben sich nach der einfachen Form der Grundgleichung — in jedem Gebiet mit dem gleichen Maßstab für $a_{,,}$ — als parallele Geraden — sie gehen von der zu $\partial = 0$ gehörigen Ordinate aus — und sind also auch nach den Kehrwerten von f' (also nach D -Werten) beziffert.

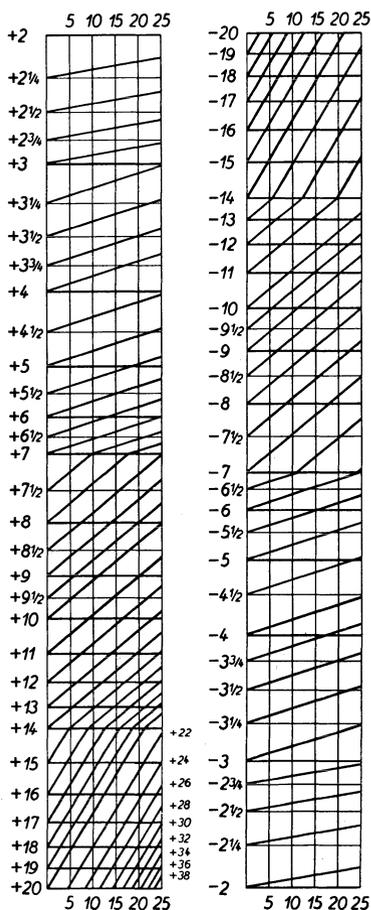


Abb. 19. Schichtenbild BRÜCKNERScher Art für den Zusammenhang zwischen $A_{,,}$ und D . Die beiden Stücke eigentlich einen langen zusammenhängenden Streifen von kleinen positiven Werten ($+2$) durch $\pm\infty$ hindurch zu kleinen negativen Werten (-2), wobei zwischen $+20$ und -20 ein Abstand von 100 mm einzuhalten wäre. Als Abszissen sind die ∂ -Werte ($H', H_{,,}$), als Ordinaten die $a_{,,}$ -Werte, gemessen in 2×3 verschiedenen Maßstäben, beziffert nach Dioptrien, aufgetragen. Abgelesen wird der Wert von D . Die Zeichnung und namentlich die planmäßige Verfüzung über die Maßstäbe für $a_{,,}$ verdanken wir Herrn W. BISCHOFF.

Man ersieht aus der Darstellung ohne weiteres, daß bei Festhaltung einer Schichtenlinie (also eines bestimmten D -Wertes) diesem D , in der positiven Hälfte mit wachsendem \bar{d} immer stärkere Fehlsichtigkeiten $A_{,,}$, in der negativen Hälfte mit wachsendem \bar{d} immer schwächere Fehlsichtigkeiten zugeordnet sind.

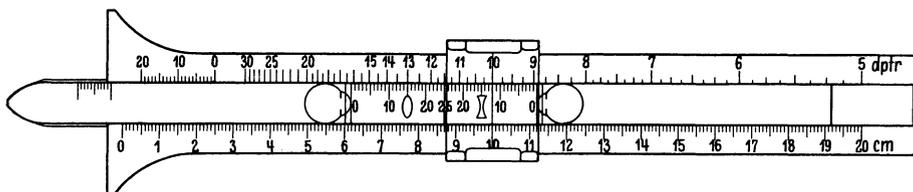


Abb. 20. Der ROCHATSche Rechenschieber ZEISSIScher Herstellung nach der Abbildung bei H. ERGGELET (<33 157> 756).

Auf derselben Gleichung beruht auch die Teilung des Rechenschiebers nach G. F. ROCHAT (Abb. 20). Mit Hilfe der Millimeterteilung lassen sich die Grundgleichungen

$$f'_1 = \bar{d} + a_{,,} \quad \text{oder} \quad s'_1 = \bar{d} + a_{,,}$$

ungemein leicht lösen, und an der Kehrwert-Teilung auf der andern Seite der Zunge liest man die Brechkraften oder die Brechwerte ohne weiteres ab.

Es scheint, als ob beide Verfahren das Einschalten leichter gestatteteten als die Schichtenlinien in dem alten HENKERSchen Schichtenbilde.

§ 35. Geschichtliche Bemerkungen zum Scheitelbrechwert. Bemerkenswert ist, daß die augenseitige Schnittweite ohne Rücksicht auf die Form des Glases in ihrer Wichtigkeit bereits von J. ZAHN (s. <19 21> 2673) im Jahre 1686 hervorgehoben wurde.

Im allgemeinen kann man sagen, daß die Einführung der Scheitelbrechwerte keinen besonderen Widerständen begegnet ist, wenngleich Einsprüche wie die von E. MAYER etwa <21 4161>, vgl. auch die Zusammenfassung in <33 83>, nicht ganz fehlten. Daß in der Tat beim Ausgleichs- (Neutralisierungs-) Verfahren die Brillengläser schon in den alten Probierkästen allgemein nach Scheitelbrechwerten (die sammelnden nach dingseitigen Scheitelbrechwerten) geordnet waren, hat O. HENKER <14/15 137 u. 154> gezeigt. So brauchte für gleichseitige Brillengläser nichts geändert zu werden, doch scheint der augenseitige Scheitelbrechwert selbst von den älteren Brillentheoretikern nirgends als eine neue Größe eingeführt worden zu sein, vielleicht weil sie, einigermaßen an den einfachen, meistens ziemlich dünnen und früher wohl auch selten durchgebogenen Brillengläsern haftend, eine Abweichung von dem besonders einfachen Falle der dünnen Linse scheuten. Weiteres über den Unterschied zwischen S'_{∞} und D , wird sich in § 67 bei der Fernrohrbrille finden.

Zur Annahme der Gläserordnung nach den Scheitelbrechwerten im Auslande sehe man CH. F. PRENTICE (& 25), wonach das Brillenwerk von BAUSCH & LOMB wohl schon vor dem Kriege damit in Nordamerika den Anfang gemacht hat. Über entsprechende Bestrebungen in England gibt H. BOEGEHOLD <21 59> einen kurzen Überblick.

Schon F. C. DONDERS (3. 122) hob deutlich hervor, daß man nur bei schwachen Brillengläsern den Abstand (also ϑ in der hier gebrauchten Bezeichnung) vernachlässigen dürfe, und A. STEINHEIL hat nach <14/15 105> ebenfalls auf die Bedeutung dieses Abstandes hingewiesen, was ja bei einem rechnenden Optiker ganz selbstverständlich ist.

Damit die Berechnung des $S'_$ -Wertes zu den Angaben bei der Untersuchung durch den Augenarzt stimme, forderte C. ZEISS im Frühjahr 1911 für die GULLSTRANDSchen Star- (Katal-) Gläser eine ziemlich eingehende Beschreibung der Einzelglieder in dem Probegestell und ihrer Anordnung. — Auf die in einem solchen Falle vorliegenden Schwierigkeiten hatte bereits 1891 F. DIMMER (I.) hingewiesen, als er auf die Übelstände aufmerksam machte, wie sie sich ergäben, wenn man auch starke Sammelgläser wie dünne Linsen betrachte. Wenn dort gerade an astigmatische Gläser gedacht wurde, so kann man diese Überlegung selbstverständlich auch auf den einfacheren Fall der kuglig begrenzten Linsen anwenden.

§ 36. Die Hauptpunktlage und die Bildgröße beim brillenbewaffneten Auge. &B. Von besonderer Wichtigkeit ist neben der Deutlichkeit die Größe des Bildes y'' , in der ein gegebener Gegenstand auf der Netzhaut wiedergegeben wird. Sind a und a' die zugeordneten Luftabstände (reduzierten konjugierten Abstände) von den Hauptpunkten und¹

$$A = 1/a; \quad A' = 1/a'; \quad D = 1/f' \quad (9)$$

die Hauptpunktbrechwerte (reduzierten Konvergenzen) sowie die Brechkraft $1/f'$ in Luft, so gelten die auf die Hauptpunkte bezogenen GULLSTRANDSchen Grundgleichungen

$$A' = A + D, \quad (10)$$

$$yA = y'A'. \quad (11)$$

Dabei ist, wenn auf der Dingseite wie hier Luft angenommen wird, yA der Ziffernwert der trigonometrischen Tangente, also bei den im achsensnahen Raum auftretenden Neigungswinkeln auch des Strahl-Achsenwinkels im dingseitigen Hauptpunkt H . Handelt es sich bei den Fernbrillen um einen unendlich fernen Gegenstand y , so kann seine Ausdehnung nur durch die scheinbare Größe angegeben werden, nämlich den Winkel σ , unter dem er von dem Hauptpunkt aus erscheint, und (11) geht über in

$$\sigma = -y''/f'''; \quad -y'' = f'''\sigma. \quad (11 a)$$

¹ Um Irrtümer zu vermeiden, sei bemerkt, daß man sich daran gewöhnt hat, die Bezeichnungen A und A' aus den allgemeinen Formeln (10), (11) auch für das mit dem Fernbrillengläse ausgerüstete Auge zu verwenden. Dann werden die Strecken a, a' nicht auf den Glaskörper, sondern auf Luft bezogen. (Wäre die Augenlänge $H''O'' = \bar{a}''$ gegeben, so würde man hier immer $a'' = \bar{a}''/n''$ zu setzen haben.) Nur selten — wie etwa in § 43 — müssen die verschiedenen Akkommodationszustände durch die Einführung von $R'' = 1/r''$ und $P'' = 1/p''$ auseingehalten werden.

Zur Erleichterung der Auffassung sind durchweg die Brillenbrechwerte A, A', D , durch einen einfachen, die Augenbrechwerte $A'', A''', D'' = 1/f'''$ durch einen doppelten Weiser hervorgehoben worden. Auch die Grundpunkte des Auges $H'', H''', \bar{F}'', F'''$ führen diesen doppelten Weiser.

Man erkennt also, daß es bei der Ermittlung der Netzhautbildgröße $y_{,,}'$ darauf ankommen wird, die Brennweite f' für die Folge¹ aus Fernbrillenglas und Auge zu ermitteln. (Dieselbe Überlegung gilt übrigens bei der beschränkten Genauigkeit, mit der die Grundpunkte am Auge bestimmt werden können, auch dann, wenn a ein großes Vielfaches von f' ist, so daß auch in einem solchen Falle gilt

$$A' = 1/f'.$$

Für die folgende Untersuchung sollen zunächst nur Augen mit *Längenfehlern* (achsenametropische Augen) berücksichtigt werden, d. h. es wird angenommen, daß die Flächenfolge eines solchen Auges der genau entspreche, die A. GULLSTRAND (8.) für sein strenges Übersichtsauge ermittelt hat.

$$D_{,,} = 58,64 \text{ dptr} = 1/0,017055 \text{ m},$$

$$n_{,,} = 1,336,$$

der Ort des ersten Hauptpunkts $H_{,,}'$, gemessen vom Hornhautscheitel $S_{,,}$

$$a_0 = 1,348 \text{ mm},$$

der Ort des zweiten Hauptpunkts $H_{,,}$, gemessen vom Hornhautscheitel $S_{,,}$

$$a'_0 = 1,602 \text{ mm}.$$

Aus den von A. GULLSTRAND (2.) angegebenen und (9.) in aller Strenge abgeleiteten Formeln der Dioptrienrechnung sei der Ausdruck für die Brechkraft D der aus den beiden Einzelteilen je mit der Brechkraft D , und $D_{,,}$ gebildeten Folge¹ entnommen;

$$D = D, + D_{,,} - \bar{d} D, D_{,,}, \quad (12)$$

wo D , die Brechkraft des im folgenden als verschwindend dünn angenommenen Fernbrillenglases in Dioptrien ist und \bar{d} wie auf S. 35 der auf Luft bezogene Abstand zwischen dem zweiten Hauptpunkt von D , und dem ersten von $D_{,,}$. Die Hauptpunktabstände der Folge ergeben sich zu

$$e = \bar{d} D_{,,}/D; \quad ne' = -n \bar{d} D,/D, \quad (13)$$

wobei e vom ersten Hauptpunkt des Brillenglases zum ersten der Folge und e' vom zweiten Hauptpunkt des Auges zum zweiten der Folge gerechnet ist.

Fordert man, daß die Folge von gleicher Brechkraft sei wie $D_{,,}$, so ergibt sich aus (12) ohne weiteres die Bedingungsgleichung

$$D,(1 - \bar{d} D_{,,}) = 0, \quad (12a)$$

was bei einem Fernbrillenglase, das selbstverständlich nicht von verschwindender Brechkraft ist, auf

$$\bar{d} = 1/D_{,,} = f_{,,}' \quad (12b)$$

¹ Um die Häufung von Weisern zu sparen, haben wir für diese Verbindung die Weiser ganz weggelassen; mit den allgemeinen Formeln werden die Beziehungen nicht verwechselt werden.

führt, und das läßt sich in folgender Weise ausdrücken: Die Flächenfolge des mit einem Fernbrillenglas bewaffneten Auges fehlerhafter Länge hat stets die gleiche Brechkraft wie im rechtsichtigen Auge, wenn der hintere Hauptpunkt $H',$ des Brillenglases mit dem vorderen Augenbrennpunkt \bar{F}'' , zusammenfällt.

Nach den GULLSTRANDSchen strengen Werten ist

$$\bar{d} = 17,055 \text{ mm}$$

und der Abstand des hinteren Hauptpunkts $H',$ der Brille vom Hornhautscheitel

$$H', S'', = \bar{d} - a_0 = (17,055 - 1,348) \text{ mm} = 15,707 \text{ mm}$$

zu setzen.

Für die Hauptpunktsabstände ergeben sich aus (13) die Beziehungen

$$e = \bar{d}; \quad n e' = -n \bar{d} D_1 / D \begin{cases} < 0 & \text{für } D_1 > 0 \\ > 0 & \text{,, } D_1 < 0, \end{cases} \quad (13a)$$

woraus sich zunächst ergibt, daß der erste Hauptpunkt H stets die gleiche Entfernung von dem ersten Brillenhauptpunkt einnimmt. In

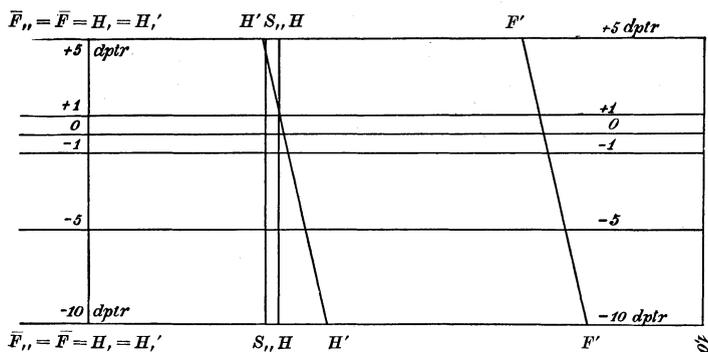


Abb. 21. Eine Darstellung für die Lage der Grundpunkte der aus Vollauge und Brillenglas (von D , dptr) gebildeten Folge. $H', S'', = 15,707 \text{ mm}; \quad 5 \geq D, \geq -10.$

dem hier behandelten Falle dünner Brillen bleibt er also unverändert 1,348 mm hinter dem Hornhautscheitel. Der zweite Hauptpunkt der Folge entfernt sich dagegen der Brechkraft des Brillenglases entsprechend vom zweiten Hauptpunkt des Auges, und zwar nach vorn für Sammel-, nach hinten für Zerstreuungsgläser. Da die Brennweite unverändert bleibt, so liegt er bei den verschiedenen Augen immer in einer und derselben Entfernung $-f''$ von der Netzhaut, und es wird somit der Längenfehler (die Achsenametropie) ganz und gar durch diese Verschiebung des zweiten Hauptpunkts ausgeglichen.

Die Abb. 21 wird diese Verhältnisse für die Brillengläser zwischen -10 und $+5$ dptr verdeutlichen.

§ 37. **Geschichtliche Bemerkungen zur Dioptrienrechnung.** Die tatsächliche Einführung der Luftbrechwerte und der Brechkraft in den Gebrauch der Ophthalmologen geht unzweifelhaft auf A. GULLSTRAND (2.) 1899 zurück. Zuerst aufgefallen sind sie mir bei A. SCHOEN (I. 270) 1893 und (2. 2) 1897, wo sich der schöne Ausdruck *Vollauge* findet; er hat mit seinen Vorschlägen aber nicht durchdringen können. Früher, z. B. in den Handbüchern von H. HELMHOLTZ (I.) und F. C. DONDERS (3.) hat man die Brennweite von Flächen- und von Linsenfolgen zu ermitteln gesucht, worauf hier hingewiesen sei. Man vermag für diesen Zweck auch Zeichenverfahren zu verwenden, die namentlich in England ziemlich weit entwickelt worden sind, wozu Näheres bei H. ERGGELET (I.) und bei M. v. ROHR (21^{101, 102}90) zu finden ist. — Die Berücksichtigung des Luftabstandes ist in dem Anfange der 60er Jahre von verschiedenen Seiten als notwendig hingestellt worden; mit dem größten Nachdruck wohl von F. C. DONDERS (3. 122), der in der ihm eigentümlichen Weise den Abstand $H, K_{,,}$ zwischen den hinteren Brillenhauptpunkt und dem vorderen Augennotenpunkt in seine Rechnungen einführte. Man wird heute dieser Art der Rechenanlage nicht nachfolgen.

Gleichung (12) wurde, wie gesagt, streng analytisch von GULLSTRAND (9. 244) abgeleitet. Sehr bequeme Beweise auf Grund der von ABBE bevorzugten Beziehung auf die Brennpunkte finden sich leicht zugänglich bei CZAPSKI-EPPENSTEIN (I. 58). Geometrische Herleitungen, namentlich auf dem Grunde des SAMPSONSchen Verfahrens, kann man in den oben angeführten Arbeiten bei H. ERGGELET 1913 und bei M. v. ROHR einsehen. — Lehrversuche, die Lage des Fernpunkts bei kurz- und bei übersichtigen Augen einem größeren Zuschauerkreise bequem vorzuführen, gab 1919 O. HENKER (19 25) an.

§ 38. **Die Folgen einer Änderung des Brillenabstandes.** Es läßt sich aber nicht voraussetzen, daß diese Annahme (das dünne Brillenglas stehe im vorderen Augenbrennpunkt) durchweg verwirklicht wäre. Die Betrachtung ist also noch dadurch zu vervollständigen, daß auch abweichende Stellungen des dünnen Brillenglases berücksichtigt werden.

1. Das Brillenglas stehe dem Auge näher, doch kann es selbstverständlich den Hornhautscheitel nicht erreichen; es sei also

$$1,348 \text{ mm} < \bar{d} < 17,055 \text{ mm},$$

dann ist

$$D, (1 - \bar{d} D_{,,}) = D, \omega^2, \quad (14a)$$

wobei durch die Bezeichnung ω^2 veranschaulicht werden soll, daß es sich um eine positive Größe handle.

2. Das Brillenglas stehe dem Auge ferner; es sei also

$$\bar{d} > 17,055 \text{ mm},$$

dann ist

$$D, (1 - \bar{d} D_{,,}) = -D, \omega^2, \quad (14b)$$

wobei mit dem entsprechenden Mittel ausgedrückt wird, daß es sich um eine negative Größe handelt.

Mit der Einführung dieser Ansätze in (12) ergibt sich in beiden Fällen:

$$1) \quad D = D_{,,} + D, \omega^2; \quad 2) \quad D = D_{,,} - D, \omega^2, \quad (12c)$$

und man kann dann leicht feststellen, wie sich D bei positiven oder negativen $D_{,,}$ -Werten ändert. Damit sind aber nach (10) auch die

Änderungen von e und ne' abzuschätzen. Die Ausdrücke und ihre Ableitungen finden sich auf S. 38 der vorigen Ausgabe des vorliegenden Buches.

Diese Ergebnisse lassen sich kurz so beschreiben: Ist der Abstand \bar{d} zwischen Brillenglas und vorderem Hauptpunkt des Auges kleiner

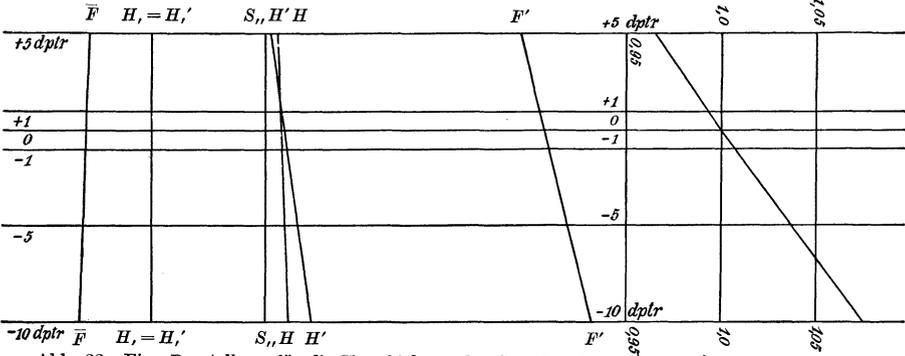


Abb. 22. Eine Darstellung für die Verschiebung der Grundpunkte der aus Vollauge und Brillenglas (von D , dptr) gebildeten Folge.
 $H', S,, = 8,652 \text{ mm}$; $5 \geq D, \geq -10$.

(größer) als die vordere Augenbrennweite, so ist die Brechkraft der Verbindung größer (kleiner) als die der Flächenfolge im unbewaffneten Auge, wenn es sich um Sammellinsen, und kleiner (größer), wenn es sich um Zerstreuungslinsen handelt. Die Verschiebung des vorderen Haupt-

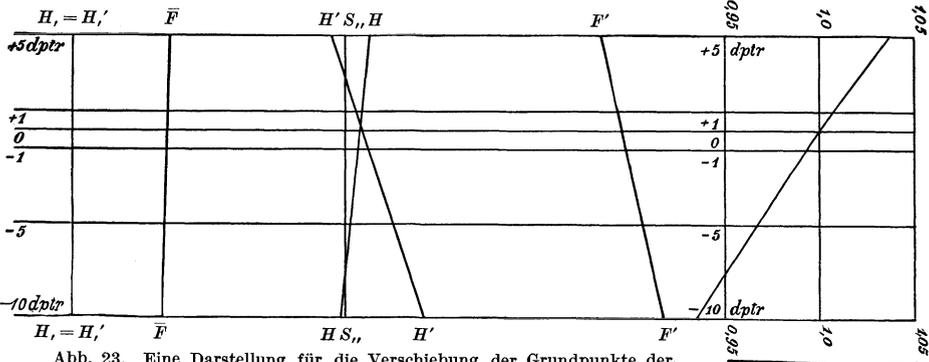


Abb. 23. Eine Darstellung für die Verschiebung der Grundpunkte der aus Vollauge und Brillenglas (von D , dptr) gebildeten Folge.
 $H', S,, = 22,772 \text{ mm}$; $5 \geq D, \geq -10$.

punkts bei kleinerem (größerem) \bar{d} erfolgt nach vorn (hinten) für Sammellinsen und nach hinten (vorn) für Zerstreuungslinsen. Der hintere Hauptpunkt der Verbindung wandert in allen drei Fällen nach vorn bei Sammellinse und nach hinten bei Zerstreuungslinsen, und die drei Fälle unterscheiden sich hierbei nur durch den Betrag der Verschiebung voneinander.

Die beiden Darstellungen 22 und 23, die die gleich weit vom ersten, normalen abstehenden Fälle für

$$\bar{d} = 10 \quad \text{und} \quad \bar{d} = 24,12 \text{ mm}$$

erläutern, lassen das Bestehen der soeben ausgesprochenen Regeln erkennen und zeigen sehr deutlich, in wie verschiedener Weise die Längenfehler (Achsenametropien) ausgeglichen werden. Man sieht sodann, daß mit einer ziemlich großen Genauigkeit angenommen werden kann, der Hornhautabstand von \bar{F} , dem vorderen Brennpunkt der Verbindung, sei stets derselbe wie beim unbewaffneten Auge.

Den Darstellungen ist an der rechten Seite noch eine Darstellung für

$$D_{,,}|D = f'/f_{,,}' \quad (15)$$

beigegeben, womit nach (11a) das Verhältnis der Bildgrößen auf der Netzhaut des emmetropischen und des korrigierten Auges übereinstimmt, wenn es sich um genügend weit entfernte Sehproben handelt. Es zeigt sich, daß eine Annäherung oder Entfernung des Brillenglases die Größe des Netzhautbildes bei Sammellinsen gerade umgekehrt beeinflusst wie bei Zerstreuungslinsen. Man kann den Abb. 22 und 23 natürlich auch die Beträge der oben angeführten Brennweitenänderungen entnehmen. Es mag auch noch ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß die Linien keine Geraden sind, wie es nach den beiden Abbildungen scheinen könnte. Bei genauerer Ausführung würden sich für HH , $H'H'$, $\bar{F}\bar{F}$, $F'F'$ Kurven ergeben.

§ 39. Geschichtliche Bemerkungen zur Bedeutung des Brillenabstandes. B.

Die hier erörterten Fragen sind nach H. BOEGEHOLD in einer Anzahl Abhandlungen aus der Zeit um 1870 besprochen worden (22 129, 161). Als Ergebnis können die beiden folgenden Sätze angesehen werden:

1) Für ein dünnes Brillenglas ist die Brennweite der Folge Brille + Auge dann gleich der eines Auges von gleicher Brechkraft, aber andrer Achsenlänge, wenn sich das Glas im Dingbrennpunkt des Auges befindet. Daher ist bei einem fehlsichtigen Auge mit Längenfehler, das mit einer solchen Brille bewaffnet ist, das Netzhautbild ebenso groß wie das eines rechtsichtigen Auges. (Satz von H. KNAPP und F. GIRAUD-TEULON.) Für ein dickes Brillenglas gilt dasselbe, wenn sein Bildhauptpunkt H' mit dem Dingbrennpunkt des Auges $F_{,,}$ zusammenfällt. (Auch die Verschiebung der bildseitigen Grundpunkte durch die Brille [§ 36] ist damals schon bestimmt worden.)

2) Eine dünne Fernbrille von der Brennweite f'_r kann durch eine andre von der Brennweite f'^{*} ersetzt werden, die um $f'^{*} - f'_r$ weiter vom Auge absteht (für $f'^{*} < f'_r$ also zu nähern ist). Die Bilder auf der Netzhaut verhalten sich wie die Brennweiten, d. h. sie werden bei weiterer Entfernung der Brille für kurzsichtige Augen kleiner, für übersichtige größer. (Satz von F. C. DONDEERS.) Zusammen mit 1) folgt daraus: Ist eine Fernbrille für ein fehlsichtiges Auge mit Längenfehler um $H'\bar{F}_{,,} = d_r$ aus der KNAPPSchen Stellung verschoben (d_r für Verschiebung nach vorne positiv), so ist das Netzhautbild einem rechtsichtigen Auge gegenüber im Verhältnis $\frac{f'_r + d_r}{f'_r}$ vergrößert, wenn f'_r die Brennweite der in der KNAPPSchen Stellung nötigen Brille ist.

Neuerdings sind die Fragen gelegentlich wieder behandelt worden, man vgl. auch (27/28 ³⁶⁹⁵) und (30 ²⁶⁻²⁸123) (dort die zugehörigen Arbeiten zu § 49 gezogen).

§ 39a. Geschichtliche Bemerkungen zu Linsen mit großem Abstände. Im wesentlichen handelt es sich dabei um Sammellinsen; sie treten als *perspective glasses* sehr früh auf, z. B. bei W. BOURNE schon um 1585, wo sie vergrößerte Bilder ferner Gegenstände entwerfen. In (<30⁷³¹⁴> 12) findet man die näheren Einzelheiten zusammengestellt; ein solcher Gebrauch der schwachen Sammellinse und die überraschend frühe Erkenntnis von der für Über- und Kurzsichtige verschiedenen Bildlage — Kurzsichtigen scheint das vergrößerte Bild auf dem Kopfe zu stehen — machen es wahrscheinlich, daß diese Verwendung in der dunklen Kammer als Schauraum durch Versuche gefunden worden ist. Für Kurzsichtige treten solche Sammellinsen bei J. KEPLER (1611) (I. Prop. 78) auf und werden dann, wie M. v. ROHR (<16 126>) zeigte, 1681 von R. HOOKE und 1719 von J. T. DESAGULIERS wieder empfohlen. Das für Kurzsichtige eben auf dem Kopfe stehende Bild versuchte G. POUILLAIN nach L. DE WECKER (I.) und J. MASSELON durch Prismen umzukehren. DESAGULIERS, der von W. BOURNE sicher nichts wußte, wies auch auf die Verwendung einer schwachen Sammellinse mit großem Abstände für Übersichtige hin und hob die Ähnlichkeit mit der Verwendung eines holländischen Fernrohrs hervor. Die Leistung dieser Hilfsmittel kann man leicht ausdrücken, wenn man beachtet, daß — die Sammellinse dünn angenommen — nach (4) gilt

$$\tilde{d} = f' - a_{,,} = 1/D, - 1/A_{,,},$$

was in (12) eingesetzt auf

$$D = D, (A_{,,} + D_{,,})/A_{,,} \tag{16}$$

führt, und entsprechend ergibt sich als Vergrößerung Γ des Netzhautbildes im Vergleich mit dem unbewaffneten rechtsichtigen Auge

$$\Gamma = \frac{D_{,,}}{D} = \frac{D_{,,}}{D,} \frac{A_{,,}}{A_{,,} + D_{,,}}. \tag{17}$$

Man erkennt sofort, daß D mit $A_{,,}$ sein Zeichen ändert, da $A_{,,} + D_{,,}$ stets eine positive Größe ist. Nach M. v. ROHR (<16 126> 211) sieht es so aus, als seien solche Linsen gelegentlich noch im 18. Jahrhundert gebraucht worden, aber unsere Kenntnis von der Verwendung dieser Vorrichtung bei Vollaugen ist noch sehr dürftig. F. C. DONDERS (3. 265) gibt, vermutlich ohne die alten Vorgänger zu kennen, einen kurzen Hinweis auf die vergrößernde Wirkung solcher Linsen bei stark übersichtigen Augen. In neuer Zeit hat zunächst E. PERGENS (6.) 1906 auf die Arbeit von R. HOOKE hingewiesen, und es hat B. BADEN-POWELL (I., 2.) sogar mehrere englische Patente auf die Verwendung dieser Einrichtung ehrwürdigen Alters genommen.

Gerade die entgegengesetzte, verkleinernde Wirkung eines solchen größeren Abstandes bei Zerstreuungslinsen benutzte 1914 J. KAUSEN nach (<15/16¹⁰⁵⁴>), um mit einfachen Mitteln eine Bildverkleinerung für billige Plätze in Lichtspielhäusern herbeizuführen.

§ 40. Die Einführung des Hauptpunktsbrechwerts in die Formeln. So allgemein gültig und durchsichtig diese Ausdrücke (12) und (13) gebildet sind und so bequem sie gestatten, den Einfluß des Brillenglases D , auf die Lage der Grundpunkte der Verbindung zu durchschauen, so wird man doch gut tun, hier noch eine zweite Form mitzuteilen, bei der man von der oben abgeleiteten Beziehung (4) Gebrauch macht.

Setzt man also (4) in (12) und (13) ein, so ergibt sich, wenn man in jedem Ausdruck alles auf einen gemeinsamen Nenner bringt,

$$D = \frac{A'' + D''}{1 + \bar{d}A''} = D'' \frac{1 + f''A''}{1 + \bar{d}A''}, \quad (18)$$

$$e = \bar{d} \frac{1 + \bar{d}A''}{1 + f''A''}; \quad e' = -\bar{d} \frac{A''f''}{1 + f''A''} = -\frac{\bar{d}f''}{f'' + a''}.$$

Führt man nun mit GULLSTRAND in $\bar{d} = H' H''$, den Abstand \bar{d}_f des Fernbrillenglases vom Augenbrennpunkt ein, so gilt die Beziehung allgemein

$$H' H'' = H' \bar{F}'' + \bar{F}'' H'', \quad (19)$$

$$\bar{d} = \bar{d}_f + f'',$$

dabei wird im allgemeinen $|\bar{d}_f| < f''$ und meistens sogar klein dagegen sein. Benutzt man (19) zur Umgestaltung jener Ausdrücke (18), so wird

$$D = D'' - \bar{d}_f \frac{A'' D''}{1 + \bar{d}A''}; \quad e = \bar{d} + \bar{d}_f \frac{\bar{d}A''}{a'' + f''}; \quad (20)$$

$$e' = -\frac{f''^2}{a'' + f''} - \bar{d}_f \frac{f''}{a'' + f''}.$$

Alle diese drei Beziehungen haben das Gemeinsame, daß sie aus zwei Teilen bestehen, deren zweiter \bar{d}_f als Faktor enthält und also mit ihm zugleich verschwindet.

Setzt man nun $\bar{d}_f = 0$, nimmt also an, daß $\bar{d} = f''$ werde, weil die Punkte H' und \bar{F}'' zusammenfallen, so erhält man aus (20)

$$D = D''; \quad e = \bar{d}; \quad e' = -f''^2/(a'' + f''). \quad (20a)$$

Zu e' sei bemerkt, daß gilt

$$f'' + a'' = \bar{F}'' H'' + H'' R'' = \bar{F}'' R'' = l'', \quad (21)$$

und dieser Ausdruck mithin den Brennpunktswert des Fernpunkts R'' bedeutet, mithin $e' = -f''^2/l''$ nach der NEWTONSchen Beziehung auf die Brennpunkte dem Luftabstände (reduzierten Abstände) der Netzhautgrube von dem hinteren Brennpunkte der Flächenfolge des Auges gleichkommt.

Berücksichtigt man diesen Umstand, so kann man in Übereinstimmung mit dem Vorhergehenden sagen: Bringt man den hinteren Hauptpunkt H' des Fernbrillenglases im vorderen Augenbrennpunkt \bar{F}'' an, so wird die Brechkraft D des brillenbewaffneten Auges und der vordere Hauptpunkt H für die neue Abbildung unverändert erhalten, und der Luftabstand des hinteren Hauptpunkts der Verbindung verschiebt sich mit dem Zeichen und um den Betrag des auf Luft bezogenen Längenfehlers der Augenachse.

Verschwindet indessen \bar{d}_f nicht, so bleiben auch diese \bar{d}_f enthaltenden Glieder von (20) bestehen, und man kann die Folgen leichter in Worte

fassen, da bei den dem Augenzarzt vorkommenden $A_{,,}$ -Werten der Nenner $(1 + \bar{d}A_{,,})$ stets positiv bleibt und unter den gleichen Umständen $a_{,,} + f_{,,}'$ stets das Zeichen von $a_{,,}$ annimmt. Aus der Form von D in (20) erkennt man, daß die Brechkraft der Verbindung von Auge und Fernbrille kleiner (größer) wird als die der Flächenfolge des Auges, wenn d_f und $a_{,,}$ von gleichem (verschiedenem) Zeichen sind.

Ersetzt man in dem zweiten Gliede von e in (20) wieder \bar{d} durch den Ausdruck (19), so wird es zu

$$e = \bar{d} + \frac{d_f f_{,,}'}{a_{,,} + f_{,,}'} + \frac{\bar{d}_f^2}{a_{,,} + f_{,,}'}, \quad (22)$$

und man erkennt, daß die Abweichung gegen den Musterwert für $d_f = 0$ bei e in zwei Teile zerfällt, deren größerer, vom Zeichen abgesehen, gleich der Abweichung von e' wird. Sind also d_f und $a_{,,}$ von gleichem (verschiedenem) Zeichen, so verschiebt sich — von dem Musterwert $\bar{d} = f_{,,}'$ aus gerechnet — H nach hinten (vorn) und H' nach vorn (hinten).

Ist, was auch möglich wäre, nicht der Hauptpunktsbrechwert $A_{,,}$, sondern die auf Luft bezogene Augenlänge $a_{,,}'$ vom hinteren Augenhauptpunkt gegeben, so gilt für ein Brillenglas in beliebigem Abstand gewiß, wenn man schließlich (4) berücksichtigt:

$$a_{,,}' = -\frac{\bar{d}D}{D} + \frac{1}{D} = \frac{1 - \bar{d}D}{D_{,,}(1 - \bar{d}D) + D} = \frac{1}{D_{,,} + D_{,,}/(1 - \bar{d}D)}, \quad (23)$$

$$A_{,,}' = D_{,,} + D_{,,}/(1 - \bar{d}D) = D_{,,} + A_{,,},$$

so daß also mit der Erledigung des Falles von $A_{,,}$ auch die von M. v. ROHR (17.) verwirklichte Möglichkeit erledigt ist, daß $a_{,,}' = 1/A_{,,}'$ gegeben wäre.

Ganz allgemein läßt sich die Vergrößerung $\Gamma = D_{,,}/D$ des Netzhautbildes durch die Fernbrille D , bei beliebigem \bar{d} in der folgenden Weise behandeln.

$$\Gamma = D_{,,}/D = 1/[D_{,,}(1/D_{,,} - \bar{d}) + 1] = 1/[1 - (\bar{d} - f_{,,}')D_{,,}].$$

Unter Berücksichtigung von (19) wird das zu

$$\begin{aligned} \Gamma &= 1/(1 - d_f D_{,,}) \\ &= f_{,,}'/(f_{,,}' - d_f). \end{aligned} \quad (24)$$

Beachtet man nun aber, daß für Fernbrillen gilt

$$f_{,,}' - d_f = H'F' - H'\bar{F}_{,,} = \bar{F}_{,,}H' + H'R_{,,} = \bar{F}_{,,}R_{,,} = 1/L_{,,},$$

so kann man mit H. ERGGELET (4. 150) schreiben

$$\Gamma = L_{,,}f_{,,}' = L_{,,}/D, \quad (25)$$

oder in Worten sagen, die Vergrößerung Γ einer Fernbrille D , bei einem und demselben, durch $L = 1/\bar{F}_{,,}R_{,,}$ gekennzeichneten Auge ändert sich ihrer Brennweite entsprechend.

Bleibt man bei (24), so handelt es sich um Vergrößerungen, wenn d_f und D , von gleichem, um Verkleinerungen, wenn sie von verschiedenem Zeichen sind.

Führt man auch hier für D , den Ausdruck (4) ein, so wird

$$I = D_{//} / D = 1 / \left(1 - \frac{d_f A_{//}}{1 + \bar{d} A_{//}} \right) = \frac{1 + \bar{d} A_{//}}{1 + (\bar{d} - d_f) A_{//}} = \frac{1 + \bar{d} A_{//}}{1 + f'_{//} A_{//}}. \quad (26)$$

Dieser Ausdruck für die Vergrößerung hängt also nur von dem Brechungsfehler $A_{//}$ eines gerade vorliegenden Auges und von \bar{d} ab. Er eignet sich dann besonders zu einer Schichtendarstellung, wenn man die Änderungen der Vergrößerung I übersehen will, die für ein und dasselbe durch $A_{//}$ bestimmte Auge auf irgendeine Wahl von \bar{d} folgen (Abb. 24). Hier liegen wieder gleichseitige Hyperbeln vor, die allerdings keinen gemeinsamen Mittelpunkt haben, sich aber alle in dem Punkte der Unbestimmtheit schneiden, der durch die Koordinaten

$$\bar{d} = f'_{//}; \quad A_{//} = -D_{//}$$

gegeben ist. Da dieser Punkt in die untere Hälfte des Schichtenbildes fällt und innerhalb des umrandeten Gebiets nach rechts verschoben ist, so erkennt man den Grund, warum die links unten liegenden Teile (langgebaute Augen mit kleinem Glasabstande \bar{d}) hinsichtlich der Vergrößerung besonders bevorzugt sind.

Wählt man für kurzsichtige Augen ein negatives \bar{d} , steigert dabei also die Brennweite ($f' = \bar{d} + a_{//}$) des Brillenglases über seine Schnittweite ($s' = a_{//} + \varrho$) hinaus, so entfernt man sich nach links hin von dem umrandeten Gebiet der gewöhnlichen Probebrillen. Für negative Brechwerte $A_{//}$ befindet man sich dann in dem Gebiete der Fernrohrbrillen und sieht aus dem Schichtenbilde, daß bei einigermaßen großen negativen Beträgen von \bar{d} einem vorgeschriebenen $A_{//}$ -Werte ein viel größeres I entspricht, als es bei dünnen Zerstreuungslinsen möglich wäre. Es sei erwähnt, daß man mit brauchbaren (auch das blickende Auge unterstützenden) Fernrohrbrillen etwa bis zu $I = 1,8$ kommt.

Aus $\left(D_{//} = \frac{A_{//}}{1 + \bar{d} A_{//}} \right)$ folgt, daß die Brechkraft $D_{//}$ des Fernrohrbrillenglases hier bei negativem \bar{d} um so mehr unter dem $A_{//}$ -Wert bleibt, je höher dessen ziffernmäßiger Betrag ist. — Vergrößerungen des Netzhautbildes lassen sich, wie oben bemerkt, auch durch die Verbindung eines positiven \bar{d} mit einem positiven $A_{//}$ erreichen. Solche Fälle kommen bei den alten schwachen Sammellinsen großen Abstandes oder (bequemer zu tragen) bei Fernrohrbrillen für Übersichtige vor. — Die beiden Quadranten, in denen \bar{d} und $A_{//}$ verschiedenes Zeichen haben, werden für Brillenzwecke verständlicherweise nicht häufig in Anspruch genommen, da sie ja auf Verkleinerungen des Netzhautbildes führen.

Immerhin sei bemerkt, daß bei einer Brille für Einseitig-Aphakische eine solche Wirkung benutzt wurde, um die Netzhautbildgröße im

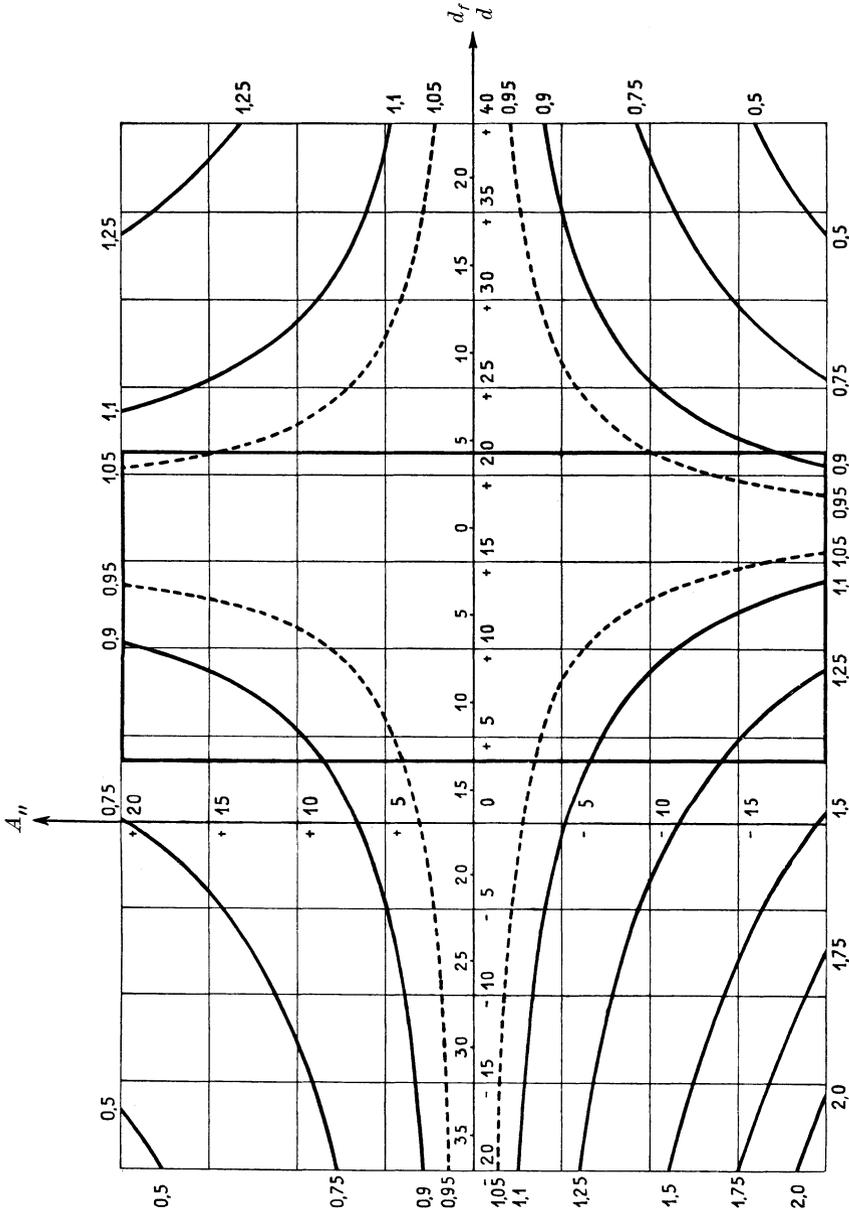


Abb. 24. Schlechtbild für die Vergrößerung Γ des Netzhautbildes in ihrer Abhängigkeit von \bar{d} und A_H . Es sind die inneren Bezugspunkte H' und H'' gewählt. In der Mitte ist durch stärkere Grenzgerade das alte HENKERSCHE Gebiet herausgehoben.

linsenlosen mit der im Vollaage in bessere Übereinstimmung zu setzen. Im § 176 mag man darüber Näheres nachlesen.

§ 41. **Der Ausgleich linsenloser oder aphakischer Augen.** Mit dieser Feststellung der Grundpunkte des durch ein Brillenglas korrigierten achsenametropischen Auges ist der Weg gezeigt, den man auch bei Augen mit *Krümmungs- und Indexametropien* einschlagen könnte, doch ist nicht beabsichtigt, hier näher auf diesen Gegenstand einzugehen. Nur der oben erwähnte Fall einer Krümmungametropie soll kurz behandelt werden, wo es sich um die Bewaffung von *Staraugen* (*linsenlosen* oder *aphakischen* Augen) durch Starbrillen handelt.

Setzt man hier wieder nach A. GULLSTRAND (8.) voraus

$$D_{,,} = 43,05 \text{ dptr}$$

und nimmt man ferner beispielsweise an

$$\bar{d} = 12,05 \text{ mm},$$

so ergibt sich mittels einer dem Falle $\bar{d} = 10 \text{ mm}$ s. S. 43 ganz entsprechenden Rechnung für

$A_{,,\text{Vollauge}} =$	7,76	-0,25	-7,19	-13,16	-18,40 dptr
$D_{,,} =$	+15	+10	+5	0	- 5 dptr
$S_{,,}H_{,,}' =$	-4,855	-3,416	-1,822	- 0,051	+ 1,930 mm
$S_{,,}F_{,,}' =$	21,721	24,483	27,571	30,978	34,807 mm
$\frac{58,64}{D}$	= 1,17	1,23	1,29	1,36	1,44

Der einzige Unterschied gegen jenen Fall liegt bei der Berechnung der Bildgröße vor, wobei an Stelle von $D_{,,} = 43,05 \text{ dptr}$ die Brechkraft der Flächenfolge im normalen emmetropischen Auge eingesetzt wird.

Es steht mit diesem Ergebnis in guter Übereinstimmung, daß nicht selten nach Entfernung der Kristalllinse des Auges eine Erhöhung der Sehschärfe festgestellt werden konnte. Man müßte nach der vorstehenden Überlegung einen um so größeren Vorteil dieses Eingriffs erwarten, je stärker die Achsenverlängerung bei dem betreffenden Auge ist.

Ein anderes sehr gefälliges Verfahren zur Vergleichung der Netzhautbildgröße im linsenlosen Auge mit der Bildgröße im Vollauge hat K. BJERKE (I. 2.) schon 1902/3 angegeben. Er geht davon aus, daß die Strahlachsenwinkel in dem optischen Zentrum der Kristalllinse durch ihre Entfernung nicht geändert werden. Der scheinbare Ort dieses Punktes liegt 5,4 mm vom Hornhautscheitel entfernt. Während also der Verlauf der zu diesem Punkte gehörigen Strahlen im Bildraume des Brillenglases ungeändert bleibt, sind die Neigungswinkel im Raume der entfernten Sehprobe für das Vollauge und für das brillenbewaffnete linsenlose Auge ganz verschieden. Eine Darstellung dieses Verlaufs findet sich bei M. v. ROHR (39. 62).

§ 42. **Geschichtliche Bemerkungen zur Bewaffung linsenloser Augen.** Für Linsenlose ist die Verwendung schwacher Sammellinsen in einem entsprechend großen Abstände bereits von F. C. DONDERS (3. 265) empfohlen worden. Er hob,

wie seinerzeit J. T. DESAGULIERS, die Ähnlichkeit mit der Verwendung eines holländischen Fernrohrs hervor, die auch für die Verkleinerung des Gesichtsfeldes bei steigender Vergrößerung gilt. Die beiden Formeln (16) und (17) von S. 45 werden, wenn man die Brechkraft der Hornhaut mit D_H bezeichnet und die schwache Sammellinse mit der Brechkraft D , als dünn voraussetzt:

$$D = D, \frac{A'' + D_H}{A''}; \quad \frac{D''}{D} = \frac{D'' \cdot A''}{D, A'' + D_H},$$

wo der zweite Ausdruck das Verhältnis der Bildgrößen ferner Gegenstände für das mit abgerückter Linse bewaffnete Starauge und für ein Durchschnittsauge bedeutet. Man erkennt ohne weiteres, daß diese Vergrößerung der Brennweite der abgerückten Linse entspricht. Auch wenn man die abweichenden GULLSTRANDSchen Grundwerte benutzt, erhält man in den DONDERSischen Fällen sehr beträchtliche Vergrößerungen. — Ohne seine beiden Vorgänger zu kennen, empfahl P. LANDSBERG (I.) 1892 diese Ausgleichsmöglichkeit wieder und bemerkte von neuem die Ähnlichkeit mit dem holländischen Fernrohr.

§ 42a. Der Augenheilkunde entnommene Bezeichnungen und Vorstellungen zur Akkommodation. Die Änderung der Einstellung (Refraktion), s. S. 32, eines noch nicht greisenhaften Auges heißt *Akkommodation*. Heute wird dabei in der Regel eine Einstellung von der Ferne auf die Nähe verstanden oder mit den ERGGELETSchen Bezeichnungen von der *Rast-* zur *Krafteinstellung* hin.

Das Mittel zu dieser Änderung der Einstellung ist die Verkürzung der Linsenbrennweite (nach dem strengen Übersichtsauge GULLSTRANDS nimmt aus diesem Grunde die Luftbrennweite des Vollauges bei einem Zwanzigjährigen von 17,1 mm auf 14,2 mm ab). Den Punkt *äußerster Krafteinstellung*, den *Nahpunkt*, bezeichnet man mit P'' (*punctum proximum*) im Gegensatz zu dem auf S. 32 eingeführten *Fernpunkt* R'' , der *Rasteinstellung*.

Bezeichnet man $H'', P'' = p''$, und $H'', R'' = r''$, und läßt ihnen für die Gleichungen entsprechen

$$\begin{aligned} P'' &= 1 : p''; & R'' &= 1 : r'', \\ \text{so ist} & & P'' - R'' &= A_k, \end{aligned} \tag{27}$$

in Worten: der Brechwert des Nahpunkts vermindert um den des Fernpunkts ergibt die *Akkommodationsbreite*, eine negative Größe.

Ihr Ziffernbetrag wird mit dem Alter immer kleiner, und er erreicht

bei	40	50	60	Jahren
in der Regel	-4,5	-2,5	-1	dptr.

Diese Abnahme der Akkommodationsbreite macht sich für die meisten Leute in den 40er Jahren merkbar. So wählte F. C. DONDERS (3. 179) mit Rücksicht auf den gebräuchlichen Buchdruck nach ERGGELET (<33 156> 699) einen Nahpunktsabstand.

$$p'' = 8'' \text{ P.M.} = 22 \text{ cm} = 1/4,6 \text{ dptr.}$$

Nach der obigen Tafel entspricht das bei Rechtsichtigen einem Alter von etwa 40 Jahren.

Geht man wieder auf die Längen $p_{,,}$ und $r_{,,}$ ein, so spricht man von dem *Akkommodationsgebiet* und kann sich merken, daß Abb. 25 bei Betätigung der Akkommodation der Nahpunkt im Sinne der Lichtrichtung vom Fernpunkt *abrückt*.

Da beim Rechtsichtigen der Fernpunkt im Unendlichen liegt, so ist das Akkommodationsgebiet hier sicher unendlich groß.

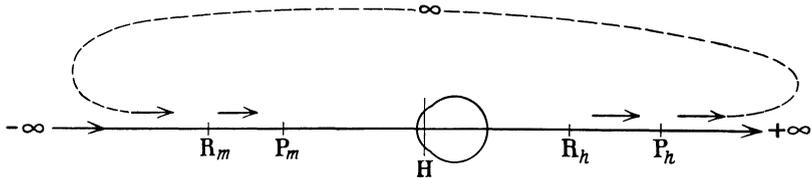


Abb. 25. H. ERGGELETS Schaubild (33 156) 524 für die Bewegung des Nahpunkts $P - P_m$ bei kurzsichtigen, P_h bei übersichtigen Augen — mit der Betätigung der Akkommodation. H würde in unserer Beziehung durch $H_{,,}$ wiedergegeben werden.

Für Fehlsichtige empfiehlt sich eine genauere Überlegung, um zu weitgehende Aussagen zu vermeiden.

Drückt man mit Hilfe von (27) das Akkommodationsgebiet mit Formelzeichen aus, so erhält man

$$r_{,,} - p_{,,} = \frac{1}{R_{,,}} - \frac{1}{R_{,,} + A_k} = \frac{A_k}{R_{,,}(R_{,,} + A_k)}. \quad (28)$$

Und die rechte Seite dieses Ausdrucks bleibt endlich, wenn $(R_{,,} + A_k)$ bei der Akkommodationsbetätigung nicht durch Null hindurchgeht, d. h. wenn ein in Rasteinstellung übersichtiges Auge nicht etwa durch die Akkommodation bei einer bestimmten Kräfteinstellung zu einem rechtsichtigen wird.

Schließen wir diesen Fall zunächst aus, so ist die rechte Seite von $r_{,,} - p_{,,}$ bei kurz- wie bei übersichtigen Augen entsprechend Abb. 25 negativ, doch ist für dasselbe A_k und $|R_{,,}|$ der Nenner bei Kurzsichtigen größer, der Wert des Bruches für $r_{,,} - p_{,,}$ also kleiner als bei Übersichtigen.

Geht aber beim Akkommodieren der Einstellungspunkt durch ∞ hindurch, so hat ein solcher Übersichtiger wie ein Rechtsichtiger ein unendlich großes Akkommodationsgebiet.

§ 43. Der äußere Akkommodationserfolg des Brillenträgers. Bildet man mit rückkehrender Lichtrichtung durch die Brille den Fernpunkt $R_{,,} = R'_$ in den scheinbaren Fernpunkt R , und den Nahpunkt $P_{,,} = P'_$ in den scheinbaren Nahpunkt P , ab, so entspricht dem Akkommodationsbereich $R_{,,}P_{,,}$ des Brillenträgers für den Dingraum das *scheinbare* Akkommodationsbereich R, P , das größer oder kleiner sein kann als

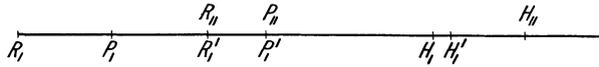


Abb. 26. Die Lage der äußeren (R, P) und der inneren oder wahren (R', P') Grenzpunkte des Akkommodationsgebietes. (Eine grobe Übersichtszeichnung nach $\langle 21 + 1 \ 2 \rangle$.)

das augenseitige (Abb. 26). M. v. ROHR hat $\langle 21 \ 1 \rangle$ diese Aufgabe genauer behandelt und mit einfachen Mitteln gezeigt, daß bei einem Hauptpunktsbrechwert A'' , der Akkommodationsbreite A_k im Dingraum ein vergleichbarer Wert $\mathfrak{A}_k - H$. ERGGELET hat ihn $\langle 20 \ 163 \rangle$ recht glücklich den *äußeren Akkommodationserfolg* genannt — entspricht, wo für gilt:

$$\left. \begin{aligned} \mathfrak{A}_k &= A_k \mathfrak{R}; \\ 1/\mathfrak{R} &= (1 + \bar{d} A'')^2 \\ &\quad + A_k (A'' \bar{d}^2 - i). \end{aligned} \right\} (29)$$

Im Falle dünner Gläser mit $i = 0$ wird der letzte Ausdruck zu

$$\left. \begin{aligned} 1/\mathfrak{R} &= (1 + \bar{d} A'')^2 \\ &\quad + A'' A_k \bar{d}^2, \end{aligned} \right\} (29 a)$$

und zwar hat man bei den üblichen Brillengläsern zu setzen

$$\bar{d} = 0,0133 \text{ mm.}$$

Das Schichtenbild der Abb. 27 läßt erkennen, daß in diesem einfachen Falle der äußere Akkommodationserfolg \mathfrak{A}_k für Übersichtige ($A'' > 0$) kleiner, für Kurzsichtige ($A'' < 0$) größer ist als der Akkommodationsaufwand A_k des unbewaffneten Auges.

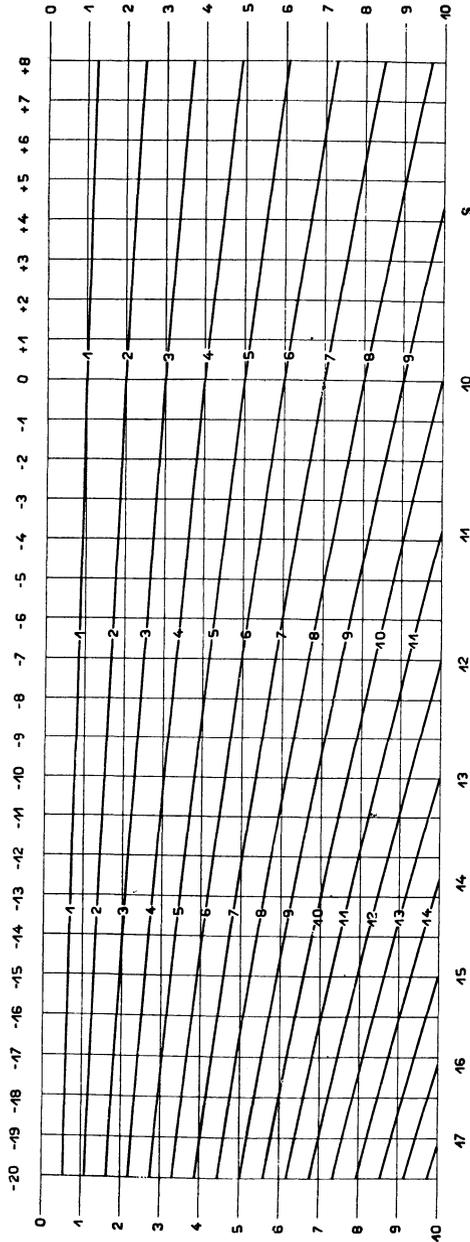


Abb. 27. Die Kurven gleichen äußeren Akkommodationserfolges für dünne Brillengläser im Abstände $\bar{d} = 0,0133 \text{ m}$ vom Augenhauptpunkt H'' . Bezifferung der Abszissen: ganzzahlige Augenbrechwerte A'' ($-20 \text{ dptr} \leq A'' \leq +8 \text{ dptr}$). Bezifferung der Ordinaten: ganzzahlige Akkommodationsbreiten $-A_k$ ($0 \leq -A_k \leq 10 \text{ dptr}$) des unbewaffneten Auges nach $\langle 21 + 2 \ 6 \rangle$.

Setzt man die Grenze der Alterssichtigkeit bei rechtsichtigen Augen auf etwa $-4,5$ dptr, so erkennt man, daß ein Kurzsichtiger mit seiner Fernbrille erst später alterssichtig wird. Bei höheren Graden der Kurzsichtigkeit kann dadurch das Eintreten der Alterssichtigkeit sogar merklich hinausgeschoben werden.

H. HARTINGER hat 1923 <23 161> die Untersuchung des äußeren Akkommodationserfolges auf Fernrohrbrillen ausgedehnt und dabei besonders die ZEISSISCHEN Fernrohrbrillen mit den Vergrößerungen von 1,3 und 1,8 behandelt. Das Schichtenbild zu der letzten Anlage sei in Erinnerung gebracht. Man erkennt, daß der äußere Akkommodationserfolg mit zunehmender Kurzsichtigkeit auch hier wächst, doch verlangt die Fernrohrbrille stets eine stärkere Akkommodationsanspannung. Nimmt man nach <23 170> an, es sei $S'_\infty = -12$ dptr ($A_{\infty} = -10,34$ dptr) und $A_k = -6$ dptr, so ergibt sich alsdann noch ein äußerer Akkommodationserfolg von nahezu -3 dptr. Mit andern Worten kann ein nicht über 32 Jahre alter Träger einer solchen Fernrohrbrille damit noch Dinge deutlich wahrnehmen, die etwa 33 cm von seinem Hornhautscheitel abstehen; er ist also für den ersten Überblick nicht genötigt, zu den Aufstecklinsen von Abb. 72a auf S. 144 zu greifen.

§ 44. Geschichtliche Bemerkungen zum äußeren Akkommodationserfolg durch die Brille. Zuerst hat wohl F. C. DONDERS (3. 123ff.) die Einwirkung des gewöhnlichen Brillenglases auf die Akkommodationsbreite hervorgehoben. — Eine gründliche Darstellung mit Hilfe des SAMPSONSCHEN Verfahrens gab in neuester Zeit H. ERGGELET (5.), und ferner hat M. v. ROHR (47.) die hier wiedergegebenen Formeln abgeleitet. — H. HARTINGER <23 161> hat Ableitungen für die gleichen Verhältnisse an den ZEISSISCHEN Fernrohrbrillen mit $V_k = 1,3$ und $V_k = 1,8$ gegeben, von denen das Schichtenbild der letzten Art einzusehen ist. Der äußere Akkommodationserfolg wächst dabei zwar mit zunehmender Kurzsichtigkeit, verlangt aber stets eine gesteigerte Anspannung der Akkommodation.

§ 45. Die Änderung des äußeren Akkommodationserfolges durch ein LOHNSTEINSCHES Hydrodiaskop. Untersucht man die LOHNSTEINSCHES Wasserammer (s. S. 13ff.) mit Hinblick auf ihre Beeinflussung der Akkommodation, so hat schon ihr Erfinder darauf hingewiesen, daß die Einstellungsbreite beim Gebrauch seines Geräts abnimmt. Er ist aber in gewisser Weise durch die Bemerkung GALTONS bei den ähnlich wirkenden Taucherbrillen vom Jahre 1865 um das volle Recht an seiner Entdeckung gebracht worden. Bezeichnet man nun mit A_k die Akkommodationsspannung, so erhält man nach einigen nicht weiter anziehenden Zwischenrechnungen für eine als Fernbrille dienende Wasserammer den Ausdruck

$$\frac{1}{s'_3} = \frac{-A_k}{\{1 - (d_1/n_1 + d_2/n_2)(-A_{\infty} + (n_1 - 1)/r_1)\} \{1 - (d_1/n_1 + d_2/n_2)(-A_{\infty} - A_k + (n_1 - 1)/r_1)\}},$$

woraus man den Einfluß der auf ihren Luftwert gebrachten Dicken entnehmen kann. Wegen der unter Umständen notwendigen Um-

rechnung der $A_{,,}$, A_k -Werte auf den Hornhautscheitel ist auf das oben gesagte zu verweisen. Zu der Formel ist zu bemerken, daß das negative Glied $(n_1 - 1)/r_1$ gegenüber $-A_{,,}$ und $-A_k$ auch bei hohen Graden von Kurzsichtigkeit überwiegt. Durch die Multiplikation mit dem sehr kleinen Faktor $(d_1/n_1 + d_2/n_2)$ ergeben sich Brüche, die zu der Einheit hinzuzufügen sind.

Diese auf den Scheitel des Hydrodiaskops bezogenen Werte sind zweckmäßigerweise, um vergleichbare Werte zu erhalten, auf den vorderen Augenhauptpunkt umzurechnen, was in seinem Beispiel TH. LOHNSTEIN (6. 270) ebenfalls schon getan hat. Hier soll, da sich

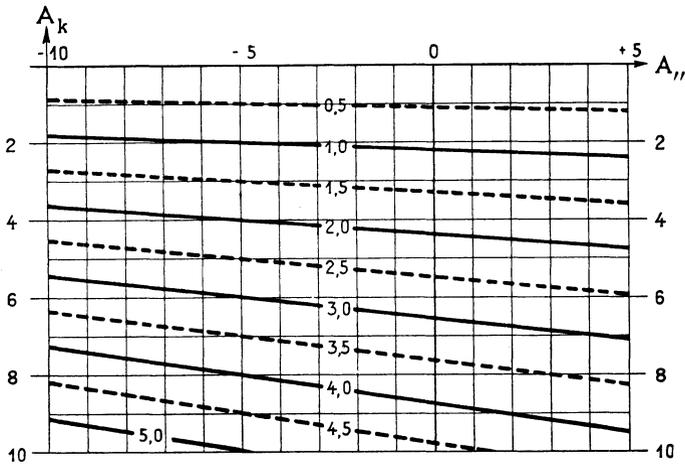


Abb. 28. Schichtenbild des äußeren Akkommodationserfolges $A_{,,}$ bei einer LOHNSTEINschen Wasserkammer für $0 \leq -A_k \leq 10$ dptr; -10 dptr $\leq A_{,,} \leq +5$ dptr.

nicht jeder Leser die Mühe geben kann, diese Formel auszuwerten und umzurechnen, eine Schichtendarstellung der vergleichbaren Brechwerte beim Gebrauch der Wasserkammer gegeben werden, wenn man verschiedene Brechungsfehler $A_{,,}$ und verschiedene Werte der Akkommodation A_k berücksichtigt, die d -Werte aber immer ungeändert läßt (Abb. 28).

Man erkennt, wie es nach der vorhergehenden Darstellung zu erwarten war, deutlich den Einfluß des Einstellfehlers $A_{,,}$ in dem Sinne wirkend, daß für die gleiche Akkommodationsanstrengung A_k der äußere Akkommodationserfolg mit wachsendem $A_{,,}$ -Wert abnimmt.

§ 46. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Auf die GALTONsche Bemerkung ist schon hingewiesen worden; nach der LOHNSTEINschen (6.) Arbeit wurde auch die Aufmerksamkeit anderer auf die Einschränkung der Akkommodationsbreite hingelenkt; so widmete ihr auch S. FATER (I. 103) einige Seiten ihrer zusammenfassenden Arbeit.

§ 47. Einfache Brillengläser für Augen mit ungenügendem Akkommodationsvermögen. Mit hierher gehören die *Vorschiebebrillen*, die

Linsenlosen das Lesen mit der auf dem Nasenrücken hinabgeschobenen Fernbrille gestatten sollen, also gleichsam dem Starauge auf eine bequeme Weise die Akkommodation ermöglichen. Eine Untersuchung der hier gebotenen Möglichkeiten findet sich bei M. v. ROHR (16 113). Das dorthier entnommene Schichtenbild (Abb. 29) für die äußeren Brechwerte $\mathfrak{A}_{,,}$ zeigt, daß mit der Verschiebung allein nur ziemlich geringe Wirkungen erreicht werden können. Wenn diese Vorkehrung bei den mit gleichseitigen Starlinsen ausgerüsteten Brillenträgern besser wirkt, so liegt das mehr an der eigentümlichen Krümmung der Bildfläche der Zerstreuungskreise und der Verwendung schiefer Bündel beim Lesen.

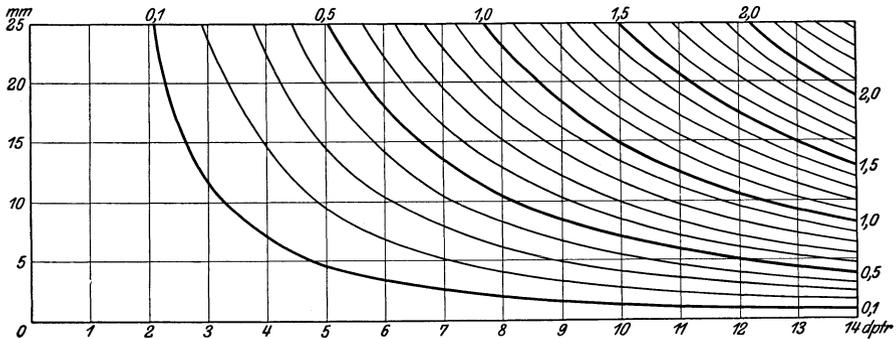


Abb. 29. Schichtenbild der äußeren Brechwerte $\mathfrak{A}_{,,}$ für verschiedene Sammellinsen und $\bar{d} = 13,3$ mm für Übersichtigkeiten $A_{,,}$ (Abszissenachse) $0 \leq A_{,,} \leq 14$ dptr, und Verschiebungen e (Ordinatenachse) $0 \leq e \leq 25$ mm nach (16 + 64 115).

An der angeführten Stelle ist Näheres darüber zu finden. — Verständlicherweise kann man für die Lösung der vorliegenden Aufgabe auch zu Doppellinsen mit trennbaren Gliedern greifen. Man erzielt damit theoretisch annehmbare Ergebnisse; freilich wird die Ausführung der besten Formen ziemlich teuer werden. — Der RUDINSchen Vorwölbungsbrillen mag als einer optischen Merkwürdigkeit ebenfalls gedacht werden.

§ 48. **Geschichtliche Bemerkungen zu den Vorschiebrillen.** Die Vorschiebrillen waren F. C. DONDERS (3. 268) bekannt. — Doppelbrillen mit trennbaren Gliedern wurden schon 1824 von W. KITCHINER (I. 48) sowie neuerdings von J. MAYER empfohlen. — Eine sehr sorgfältig geplante Form einer Akkommodationsbrille mit trennbaren Gliedern, die zusammen eine Fernrohrbrille bildeten, empfahl 1915 H. LAUBER (15/16 37, 61) und auch (18 31). Einzelheiten finden sich eben in dem ROHRschen (29.) Aufsätze.

§ 49. **Die Sehschärfe. B.** Die Sehschärfe des (hier zunächst ohne Sehhilfe angenommenen) Auges wird durch den Kehrwert der scheinbaren Größe ε bestimmt, die ein Gegenstand haben muß, um erkennbar (nicht bloß sichtbar) zu sein. Als Einheit dient die Sehschärfe, bei der zwei dunkle Punkte auf hellem Grunde getrennt werden können, wenn ihr scheinbarer Abstand $1'$ beträgt. Die tatsächlich verwandten Sehproben (Buchstaben, Zahlen, LANDOLTSche Ringe) werden erfahrungs-

gemäß so bestimmt, daß sie dieser Auffassung entsprechen. (Vgl. C. HESS 3. 249.) Danach ist die Sehschärfe $S = \mu/\varepsilon$, wobei $\mu = 1$, wenn ε in Minuten; $\mu = 0,000291$, wenn ε in Bogenmaß ausgedrückt wird¹.

Es ist nun noch festzusetzen, wo man den Scheitel des Winkels ε annimmt, gleichgültig ist dies nur dann, wenn man die Entfernung der Probe als unendlich betrachten kann.

Um einen Wert zu erhalten, der für ein gegebenes Auge vom Akkommodationszustande unabhängig ist, bestimmt A. GULLSTRAND (9. 311, 313) den Winkel ε_h (Abb. 30) am Dinghauptpunkte $H_{,,}$ des Auges. Er setzt dann

$$S_n = \mu/\varepsilon_h \quad (31)$$

und nennt S_n die *natürliche Sehschärfe*.

Die Bildgröße auf der Netzhaut ist gegeben durch:

$$y' = -a_{,,}' \varepsilon_h = -\varepsilon_h/A_{,,}', \quad \text{also wird} \quad \varepsilon_h = -y'A_{,,}'. \quad (32)$$

Hier ist $a_{,,}' = 1/A_{,,}'$ die auf Luft bezogene Bildweite im Augeninnern; der Abstand der Netzhaut vom Bildhauptpunkte $H_{,,}'$. Beim GULL-

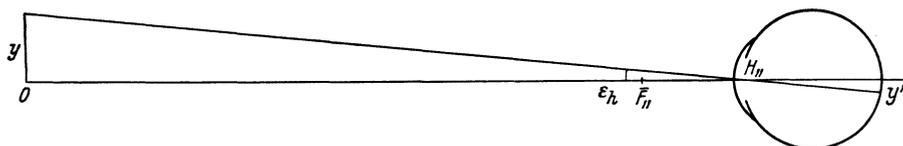


Abb. 30. Der Hauptpunktswinkel ε_h zur Bestimmung der natürlichen Sehschärfe S_n .

STRANDSchen Übersichtsauge nähert sich dieser Punkt $H_{,,}'$ für eine Akkommodation von 10,6 dptr um $(2,086 - 1,602)$ mm = 0,484 mm der Netzhaut. Bei regelrechter Achsenlänge ändert sich hierdurch $a_{,,}'$ um 2,1%. Da die Sehschärfe längst nicht mit dieser Genauigkeit zu messen ist, so kann man sagen, daß für ein bestimmtes Auge zu einem festen Werte von ε_h eine feste Netzhautbildgröße y' gehört; und wenn man weiter annimmt, daß sich die Leistungsfähigkeit der Netzhaut bei der Akkommodation nicht ändert, so wird S_n die Leistungsfähigkeit des Auges unabhängig von der Akkommodation darstellen. Mit dieser GULLSTRANDSchen Forderung stimmt der Sache nach die Bemerkung von M. SUNDQVIST (<<31 159> 641) überein, die natürliche Sehschärfe sei die Sehschärfe, die bei scharfer Einstellung ohne Glas erhalten wird.

Auf die Dingseite bezogen erhält man (Abb. 30) für fehlsichtige Augen:

$$\varepsilon_h = y/R_{,,}H_{,,} = -y/a_{,,} = -yA_{,,}. \quad (33)$$

¹ Bei der Bestimmung der Sehschärfe geht man entweder so vor, daß man die Entfernungen a, \bar{a} miteinander vergleicht, wo dieselbe Sehprobe für die gesuchte Sehschärfe und die Sehschärfe 1 erkennbar werden, oder die entsprechenden Ausmaße y, \bar{y} für zwei Sehproben und dieselbe Entfernung. Es ist dann

$$S = a/\bar{a} = \bar{y}/y. \quad (30)$$

Um die Leistungsfähigkeit der Netzhaut verschiedener Augen zu vergleichen, ist die natürliche Sehschärfe nicht zu gebrauchen, da α_n' bei verschiedenen Augen durchaus verschiedene Werte hat. GULLSTRAND

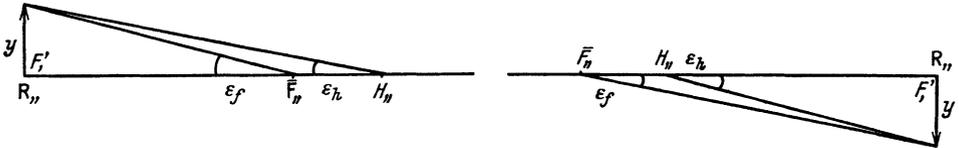


Abb. 31. Eine Zusammenstellung von Brennpunktswinkel ϵ_f und Hauptpunktswinkel ϵ_h für zerstreue Fernbrillengläser. sammelnde Fernbrillengläser.

greift daher auf einen von F. C. DONDERS (3a.) 1872 geprägten Begriff zurück und mißt den Winkel $\epsilon(\epsilon_f)$ am vorderen Brennpunkte (Abb. 31). Die auf diese Weise erhaltene Sehschärfe

$$S = \mu|\epsilon_f \tag{34}$$

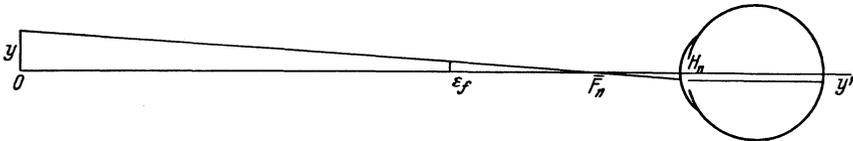


Abb. 32. Der Brennpunktswinkel ϵ_f zur Bestimmung der absoluten Sehschärfe S' .

wird als absolute Sehschärfe bezeichnet. Für die Größe des Netzhautbildes hat man (Abb. 32)

$$\epsilon_f = y' / H_n \bar{F}_n = -y' D_n \tag{35}$$

unabhängig von der Lage des Gegenstandes. Ein gleiches ϵ_f ist also mit gleicher Bildgröße verbunden, wenn die Brechkraft des Auges dieselbe bleibt: Man kann nur dann von absoluter Sehschärfe eines

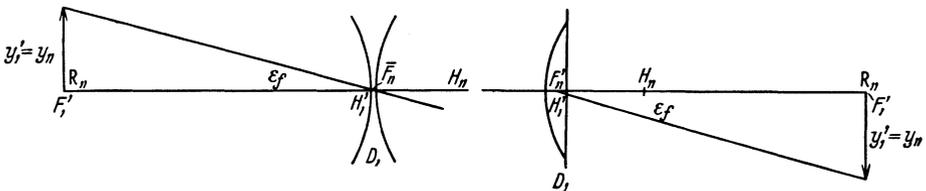


Abb. 33. Der Brennpunktswinkel ϵ_f bei Erhaltung der Netzhautbildgröße des Musterauges für zerstreue Fernbrillengläser. sammelnde Fernbrillengläser.

Auges sprechen, wenn man seinen Akkommodationszustand festhält, selbstverständlich nimmt man Akkommodationsruhe an. Da andererseits D_n bei verschiedenen Augen viel weniger verschieden ist als die Achsenlänge (von linsenlosen Augen wird vorläufig abgesehen), so kann man näherungsweise annehmen, daß gleiche ϵ_f und gleiche y' einander

entsprechen, also daß S die Leistungsfähigkeit der Netzhaut mißt. Dingseitig hat man:

$$\begin{aligned} \varepsilon_f &= \frac{y}{R_{,,} \bar{F}_{,,}} = -\frac{y}{R_{,,} H_{,,} + H_{,,} \bar{F}_{,,}} = -\frac{y}{a_{,,} + f_{,,}'} = -\frac{y}{\frac{1}{A_{,,}} + \frac{1}{D_{,,}}} \\ &= -\frac{y A_{,,} D_{,,}}{A_{,,} + D_{,,}}. \end{aligned} \quad (36)$$

Und für die Beziehung zwischen beiden Sehschärfen geben die Gleichungen (31), (32), (34) und (35):

$$\frac{S}{S_n} = \frac{\varepsilon_h}{\varepsilon_f} = \frac{A_{,,}'}{D_{,,}} = 1 + \frac{A_{,,}}{D_{,,}}, \quad (37)$$

wo $A_{,,}$ der Hauptpunktsbrechwert für Akkommodationsruhe ist.

Für das brillenbewaffnete Auge nennt A. GULLSTRAND *relative* Sehschärfe den Wert

$$S_r = \mu / \varepsilon_H, \quad (38)$$

wo ε_H im vorderen Brillenhauptpunkt H , gemessen ist. Die relative Sehschärfe bei Akkommodationsruhe weicht meist nicht viel von der absoluten, stärker aber von der natürlichen ab.

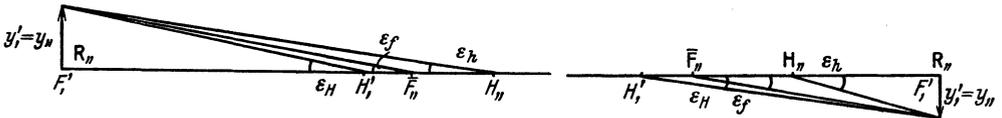


Abb. 34. Eine Zusammenstellung von Brennpunktswinkel ε_f , Hauptpunktswinkel ε_h und Brillenhauptpunktswinkel ε_H für zerstreue Fernbrillengläser. sammelnde

Fällt der Dingbrennpunkt des Auges mit dem Bildhauptpunkt der Brille zusammen, so ist (Abb. 33) $\varepsilon_H = \varepsilon_f$, $S_r = S$. Dies entspricht der KNAPPSchen Stellung der Brille (s. § 39), beim GULLSTRANDSchen Übersichtsauge einem Abstände $H'_1 S_{,,} = 15,707$ mm. Setzt man aber allgemein

$$H'_1 \bar{F}_{,,} = d_f,$$

so hat man (s. auch Abb. 34)

$$\varepsilon_H = \frac{y}{R_{,,} H'_1} = \frac{y}{R_{,,} \bar{F}_{,,} + \bar{F}_{,,} H'_1} = -\frac{y}{l_{,,} + d_f}, \quad (39)$$

wo der Brennweitenabstand des Fernpunktes $l_{,,} = 1/L_{,,}$ eingeführt ist. Man kann dann für (36) auch schreiben:

$$\varepsilon_f = -\frac{y}{l_{,,}}$$

und deshalb:

$$S_r/S = \varepsilon_f/\varepsilon_H = (l_{,,} + d_f)/l_{,,} = 1 + d_f L_{,,}. \quad (40)$$

Setzt man weiter:

$$l_{,,} = \bar{F}_{,,} R_{,,} = \bar{F}_{,,} H'_1 + H'_1 R_{,,} = \bar{F}_{,,} H'_1 + H'_1 F'_1 = 1/D_{,,} - d_f = (1 - d_f D_{,,})/D_{,,}$$

so kann man in (40) $L_{,,}$ fortschaffen und erhält

$$S_r/S = \varepsilon_f/\varepsilon_H = 1/(1 - d_f D_f). \quad (41)$$

Schreibt man

$$S/S_r = 1 - d_f D_f, \quad (42)$$

so kann man für ein passendes Fernbrillenglas D_f am Probegestell d_f angenähert ablesen. Die relative Sehschärfe S_r liest man an der Probetafel ab und kann dann mit Hilfe von (42) die absolute Sehschärfe S bestimmen. Sie ist also größer als S_r , wenn D_f und d_f verschiedenes, kleiner, wenn D_f und d_f dasselbe Vorzeichen haben. Abb. 35 gibt eine Schichtendarstellung für dasselbe Gebiet wie die alten HENKERSCHEN Schichtenbilder, d_f also entsprechend S. 35 für

$$3,85 \text{ mm} < \bar{d} < 21,35 \text{ mm}$$

oder

$$-13,2 \text{ mm} < d_f < 4,3 \text{ mm}.$$

Die obere und die untere Begrenzung entspricht je den Werten $A_{,,} = +20 \text{ dptr}$ und $A_{,,} = -20 \text{ dptr}$. Da diesen aber je nach dem d_f -Werte andere und andere (aus den HENKERSCHEN Schichtenbildern zu entnehmende) D_f -Werte entsprechen, so verläuft weder der obere noch der untere Rand gerade, sondern sie werden je von einem Stück einer bestimmten Hyperbel geliefert. Die Schichtenlinien für bestimmte Werte von S/S_r — hier sind die um ganze Zehntel verschiedenen Gleichen gewählt mit Einschaltung der gestrichelten Linien für das erste halbe Zehntel — sind gleichseitige Hyperbeln zu dem Anfangspunkte als

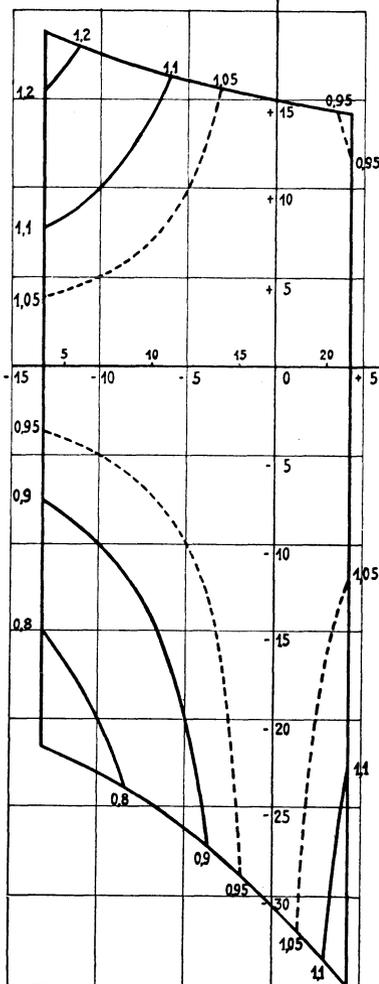


Abb. 35. Schichtenbild für S/S_r . Das alte HENKERSCHE Gebiet ist durch stärkere Umrandung hervorgehoben.

Mittelpunkt. Jeder Hyperbelast ist bezüglich der trennenden Achse das Spiegelbild seines Nachbarn mit der ziffermäßig gleichen Abweichung von der Einheit. Man erkennt, daß das herausgegriffene Be-

reich ziemlich ungleichmäßig von den Linien bedeckt wird, denn für positive d_r -Werte sind die beiden Sehschärfenwerte viel weniger verschieden als für negative, und der Teil mit positiven D_r -Werten zeigt geringere Unterschiede zwischen S und S_r , als der Teil mit negativen. Im ungünstigsten Falle ist $S = 0,71 S_r$, also wird eine merkbare Verkleinerung der Prüfungsergebnisse in diesem Falle nötig.

Um die Beziehung auf andere, mit \bar{d} als Abszisse entworfene Tafeln zu erleichtern, sind nebenbei auf der Achse auch die \bar{d} -Werte kenntlich gemacht worden.

Indessen kann man die Größe $L_{r'}$ auch noch auf eine andere Weise entfernen, wenn man gleich oben bei (39) schreibt

$$\varepsilon_H = \frac{y}{R_{r'} H'} = \frac{y}{R_{r'} H_{r'} + H_{r'} H'} = -\frac{y}{a_{r'} + \bar{d}} = -\frac{y A_{r'}}{1 + \bar{d} A_{r'}}, \quad (43)$$

und man erhält mit Hilfe von (36)

$$S_r/S = \varepsilon_f/\varepsilon_H = \frac{a_{r'} + \bar{d}}{a_{r'} + f_{r'}} = \frac{1 + \bar{d} A_{r'}}{1 + f_{r'}' A_{r'}}. \quad (44)$$

Vergleicht man (44) mit (26) und (15), so erkennt man:

$$S_r/S = D_{r'} : D = f' : f_{r'}'. \quad (45)$$

Aus (33) und (43) hat man mit Hilfe von (6):

$$S_r/S_n = \varepsilon_h : \varepsilon_H = 1 + \bar{d} A_{r'} = 1 - \bar{d} D_r. \quad (46)$$

Faßt man diesen Ausdruck in Worte, so kommt man auf die GULLSTRANDSche (9. 315) Regel: „Wenn \bar{d} in Zentimetern gemessen wird, so erhält man die natürliche Sehschärfe allgemein aus der bei großem Objektabstande ermittelten relativen Sehschärfe durch Abziehen von $\bar{d}\%$ für jede Dioptrie des angewendeten Glases, wobei es gleichgültig ist, ob das Auge akkommodiert oder nicht.“

Bequemer wird die Entnahme der entsprechenden Werte von S_n/S_r aus dem zugehörigen Schichtenbild, wie es in Abb. 36 angegeben ist. Es gilt wieder für das alte HENKERSche Bereich

$$\begin{aligned} 3,85 \text{ mm} &\leq \bar{d} \leq 21,35 \text{ mm} \\ -20 \text{ dptr} &\leq A_{r'} \leq +20 \text{ dptr}, \end{aligned}$$

und die Schichtlinien sind in der Weise wie vorher ausgezogen worden.

Man erkennt, daß man hier bei der Prüfung mit den gewöhnlichen sammelnden Probebrillen für S_n/S_r Werte unter 1 erhält und solche über 1 bei zerstreuenden Probegläsern. Das ist selbstverständlich nur der zahlenmäßige Ausdruck dafür, daß für sammelnde Gläser gilt $\varepsilon_H < \varepsilon_h$ und für zerstreuende $\varepsilon_H > \varepsilon_h$. Nebenbei sei bemerkt, daß nach (37) gelten muß

$$\begin{aligned} (S/S_r : S_n/S_r) - 1 &= A_{r'}/D_{r'} \\ S/S_r - S_n/S_r : S_n/S_r &= A_{r'} : D_{r'}, \end{aligned} \quad (47)$$

so daß man nur einen dieser Brüche zu kennen braucht, um mit Verwertung von $A_{,,}$ und $D_{,,}$ auch den andern zu ermitteln.

Doch geht man auf Abb. 36 zurück, so handelt es sich bei den verschiedenen Schichtlinien wieder um gleichseitige Hyperbeln mit dem Anfang als Mittelpunkt. Die Abweichungen der beiden Seh-

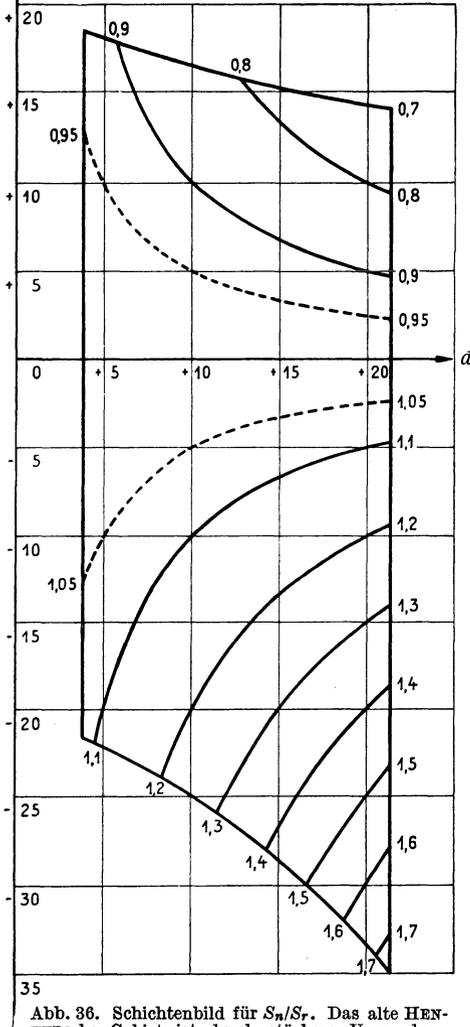


Abb. 36. Schichtenbild für S_n/S_r . Das alte HENKERSCHE Gebiet ist durch stärkere Umrandung hervorgehoben.

schärfenwerte voneinander sind hier wesentlich größer als im vorigen Falle und steigen an der Grenze für weit abstehende starke Zerstreungsgläser bis zu $S_n/S_r = 1,75$.

§ 50. Geschichtliche Bemerkungen zur Sehschärfe. B.

Die verschiedenen Begriffe der Sehschärfe sind in den Abhandlungen aus der Zeit um 1870 vorbereitet, die H. BOEGEHOLD (22 129, 161) benutzt hat. F. C. DONDERS erklärt die absolute Sehschärfe als die Sehschärfe, die erreicht wird, wenn eine Fernbrille im Dingbrennpunkt des Auges steht, was mit GULLSTRANDS Begriffserklärung übereinstimmt. Einen der natürlichen Sehschärfe ähnlichen Begriff kannte man auch, doch ging man nicht von den Hauptpunkten, sondern von den Knotenpunkten des Auges aus. Ähnlich wie in Gleichung (32) kann man setzen:

$$y' = -z_k' \varepsilon_k.$$

Hier ist z_k' der natürliche, nicht der auf Luft gebrachte Abstand vom hinteren Knotenpunkt bis zur Netzhaut. Dieser Abstand wird beim GULLSTRANDSchen Übersichtsauge für eine Akkommodation von 10,6 dptr um (7,332 — 6,847) mm = 0,485 mm vergrößert; da der Knotenpunkt aber der Netzhaut näher liegt als der Hauptpunkt, so macht man mit Vernachlässigung seiner Verschiebung einen größeren Fehler (3,9%). Doch hat man in der damaligen Zeit die Verschiebung gekannt und berücksichtigen wollen.

Es sei bemerkt, daß die falsch be-

gründete Verbesserung der Sehschärfenbestimmung brillenbewaffneter Augen bei H. KNAPP und L. MAUTHNER auf eine falsche Benutzung von ε_k herauskommt.

Die Sehschärfenbestimmung brillenbewaffneter Augen ist damals fast nur für ferne Gegenstände behandelt worden, wobei es denn gleich ist, wo man die Spitze

des Winkels ε annimmt. Nur F. C. DONDERS hat einen allgemeinen Begriff der relativen Sehschärfe, der aber mit dem GULLSTRANDSchen nicht übereinstimmt (s. auch H. BOEGEHOLD (22 162) (24 106)).

GULLSTRANDS Eingreifen verdankt man also außer der Einführung der Hauptpunkte die Klärung und Scheidung der Begriffe. Für die Frage, ob an Stelle der Hauptpunkte ein anderes Punktepaar theoretische Vorteile hätte, mag H. GERTZ (24 89) erwähnt werden.

Schichtenbilder der Vergrößerung des Netzhautbildes in ihrer Abhängigkeit von der Achsenlänge $a,'$ des ausgleichenden Auges und von d finden sich zuerst bei M. v. ROHR (17.). Später hat derselbe Verfasser (40.) eine Darstellung erscheinen lassen, der sich die soeben mitgeteilte ziemlich genau anschließt.

Nach R. KIRSCH (1.) scheint indessen die Nahsehschärfe recht merklich — um 12—27% — hinter der Fernsehschärfe zurückzubleiben.

§ 51. Die Nah-(Presbyopen-) Brillen. Die mit der Verminderung der Akkommodation verbundene Verschiebung des Nahpunkts macht es für Alterssichtige in der Regel (s. aber § 43 auf S. 52) notwendig, ein Brillenglas zu tragen, das als *Nah-* oder *Presbyopenbrille* bezeichnet werden soll.

Die Brechkraft $D,$ die der Augenarzt dafür vorschreiben muß, richtet sich nach dem Einstellfehler der Flächenfolge des zu bewaffnenden Auges und der bei der Naharbeit noch anzuwendenden Akkommodation. Mithin gehören hierher nicht nur die Nahbrillen für Fehlsichtige, sondern auch die Arbeitsbrillen für alterssichtig gewordene Rechtsichtige, da beim Gebrauch der Nahbrillen fast immer akkommodiert werden soll.

Es wird sich also darum handeln, aus der von dem verordnenden Augenarzt angegebenen Bildentfernung $a,'$ und der ebenfalls in m gemessenen Dingweite $a, < 0$

$$0,2 \text{ m} < -a, < 0,75 \text{ m}$$

die Brechkraft $D,$ der Nahbrille zu bestimmen. Sie ergibt sich zu

$$D, = A, ' - A, ,$$

und man sieht ein, daß $D,$ von positivem Zeichen ist, wenn es sich bei Rechtsichtigen von 60 Jahren und darunter noch um einen Nahpunktsabstand $-a, ' > -a,$ handelt, wo

$$-a, ' > -a,$$

gilt. Bei Kurzsichtigen wird das Vorzeichen von $D,$ je nach der Größe der Ametropie auch negativ ausfallen können.

§ 52. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Einen Vorschlag für eine allgemeingültige Formel zur Bestimmung der Nahbrille machte 1875 F. MONOYER (2.). Er ließ dabei nicht nur den Einstellfehler $A, ,$ und den Brechwert $P, ,$ der Arbeitsentfernung, sondern auch einen Bruchteil des noch vorhandenen Betrags A_k der Akkommodationsbreite erscheinen. Die angekündigte, ausführlichere Begründung dieses Vorschlages hat hier nicht vorgelegen.

§ 53. Die Bildgröße beim akkommodierenden Auge. B. Der Gegenstand $y, = O, \tilde{O},$ werde durch das Brillenglas $D,$ mit den Hauptpunkten

H, H' nach $y, y' = O, \tilde{O}'$ abgebildet (Abb. 37). Im achsennahen Raume hat man für das unbewaffnete Auge als Hauptpunktswinkel:

$$\sigma_h^* = \frac{O, \tilde{O}_i}{O, H_{,,}} = \frac{O, \tilde{O}_i}{O, H, + H, H' + H', H_{,,}} = \frac{y,}{-a, + i + d}, \quad (48)$$

für das bewaffnete:

$$\sigma_h' = \frac{O', \tilde{O}'_i}{O', H_{,,}} = \frac{O', \tilde{O}'_i}{O', H, + H', H_{,,}} = \frac{y',}{-a', + d}. \quad (49)$$

Die scharfe Beobachtung des nämlichen Gegenstandes mit und ohne Brille ist dem Auge nur möglich, wenn es inzwischen seinen Akkommo-

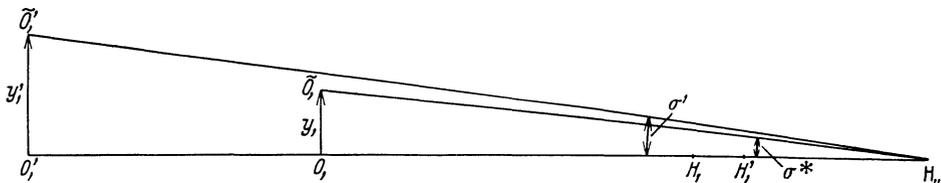


Abb. 37. Zur Ableitung der Bildgröße beim akkommodierenden Auge $a^* = H,, O,,$ $a,, = H,, O',$

datationszustand ändert. Dabei verschieben sich die Hauptpunkte. Die Änderung des Dinghauptpunkts kann gegen den Dingabstand sicher vernachlässigt werden, nach § 49 nimmt man das nämliche auch für den Bildhauptpunkt an. Dann ist das Verhältnis der Netzhautbildgrößen gleich dem der Winkel, und man hat für die Vergrößerung durch die Brille:

$$\bar{I} = \frac{\sigma_h'}{\sigma_h^*} = \frac{y',}{y,} \frac{-a, + i + d}{-a', + d}. \quad (50)$$

Setzt man hier $\frac{y',}{y,} = \frac{a',}{a,}$, $\frac{1}{a',} = \frac{1}{a,} + \frac{1}{f',}$ und vernachlässigt $H, H' = i$, so kann man schreiben:

$$\bar{I} = \frac{-1 + \frac{d}{a,}}{-1 + \frac{d}{a,} + \frac{d}{f',}} = 1 : \left\{ 1 - \frac{d a,}{f', (a, - d)} \right\}. \quad (51)$$

Diese Formel ist wegen der geschichtlichen Rolle, die sie gespielt hat, kurz abgeleitet worden.

Man kann aber σ_h^* und σ_h' auch durch die entsprechenden Abstände vom Augenhauptpunkte $a,,^* = H,, O, = a, - (i + d)$ und $a,, = H,, O', = a', - d$ ausdrücken, worauf dann

$$\sigma_h^* = -\frac{y,}{a,,^*}, \quad \sigma_h' = -\frac{y',}{a,,}$$

wird und für $\bar{I} = \sigma_h' / \sigma_h^*$ nach einigen Umformungen zu erhalten ist

$$\bar{I} = a,,^* \{ A,, (1 - d D_1) - D, \}. \quad (52)$$

Als Vergrößerungsvermögen (vergrößernde Kraft) V bezeichnet **ABBE** das Verhältnis des bildseitigen Winkels zur Dinggröße

$$V = \sigma_n' / y, = \bar{\Gamma}' - a_n, *^1. \quad (53)$$

Aus (52) folgt also die **GULLSTRANDS**che Formel

$$V = D, - A_n, (1 - dD_1) \quad (54)$$

(*individuelles* Vergrößerungsvermögen).

Für rechtsichtige Augen in Akkommodationsruhe ($A_n, = 0$) hat man

$$V = D,$$

(*absoluter* Wert des Vergrößerungsvermögens).

Die Formel ist auch von Bedeutung für die Anwendung einer Lupe, bei der $D, > 0$ ist und ein Gegenstand in endlicher Entfernung beobachtet wird.

Das individuelle Vergrößerungsvermögen ist beispielsweise für einen Kurzsichtigen ($A_n, < 0$) größer als das absolute, wenn $1 - dD,$ positiv ist oder wenn $f', > d$ ist, $F',$ hinter $H_n,$ liegt; entsprechend in den übrigen Fällen.

Statt der Brillenvergrößerung $\bar{\Gamma}$ oder dem Vergrößerungsvermögen gibt man bei Lupen und Fernrohrbrillen auch gerne die Vergrößerungszahl an, die man erhält, indem man die scheinbare Größe mit der vergleicht, die entstände, wenn sich der mit bloßem Auge beobachtete Gegenstand in der Entfernung der deutlichen Sehweite $l = 250$ mm befände.

Die Formel erhält man, wenn man in (52) a^* durch $-l$ ersetzt:

$$\bar{\Gamma} = l \{ D, - A_n, (1 - dD,) \}. \quad (55)$$

§ 54. Geschichtliche Bemerkungen dazu. B. Die ersten Behandlungen stammen aus den 50er Jahren des vorigen Jahrhunderts; damals wurde von D. F. **ESCHRICHT** und P. L. **PANUM** die Formel (51) abgeleitet, nur bezog man sie dem damaligen Gebrauch entsprechend auf die Knotenpunkte. In der Tat folgt aus der Ableitung, daß man sie auf jedes Punktepaar beziehen kann, für das man annimmt, daß es unabhängig von der Akkommodation mit festem Maßstabe, daher auch festem Winkelverhältnis, abgebildet werde (vgl. § 50 und A. **GULLSTRAND** 9. 313).

Des weitern beschäftigen sich die von H. **BOEGEHOLD** (s. § 39) zusammengestellten Arbeiten mit der vorliegenden Frage, besonders ist auf eine Anzahl Bemerkungen von F. C. **DONDERS** zu verweisen. **HOCK** verglich die Größe des Netzhautbildes bei einem brillenbewaffneten Auge mit der eines unbewaffneten von gleichem Brechwert, aber anderer Achsenlänge. Seine Formel kann man schreiben:

$$\bar{\Gamma}^* = 1 : \left\{ 1 - \frac{d_r a_r}{f_r' (a_r - d_r)} \right\}, \quad (56)$$

¹ **GULLSTRAND** gibt $V = -\sigma_n' / y,$. Der Unterschied erklärt sich durch die abweichende Bestimmung der Winkel, in Deutschland werden diese bei den rechnenden Optikern in entgegengesetztem Sinne gewählt wie in der Mathematik.

ist also (51) sehr ähnlich. Da a , negativ, d , klein ist, folgt aus (56), daß auch bei Beobachtung naher Gegenstände ein sammelndes Brillenglas die Gegenstände verkleinert, wenn es näher am Auge steht als dessen Dingbrennpunkt, vergrößert, wenn es ferner steht, umgekehrt ein zerstreues Brillenglas. A. GULLSTRAND macht (9. 310) darauf aufmerksam, daß seine Formel (54) mit der von ABBE (I.) 1884 für das Vergrößerungsvermögen einer Lupe abgeleiteten übereinstimmt, nur bezieht sich die ABBESche Formel auf ein Sehfeld von endlicher Ausdehnung, infolgedessen tritt bei ihr statt des Augenhauptpunkts H , der Hauptstrahlenkreuzpunkt Z auf. Abgesehen davon hätten wir die ABBESche Formel zu schreiben:

$$\frac{\operatorname{tg} \sigma'}{y'} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{f'} \cdot \frac{d^*}{a_{,,}^*}. \quad (57)$$

Hier ist

$$d^* = F'Z = -f' + d^*, \quad a_{,,}^* = ZO.$$

Von neuern Arbeiten sei die von M. SUNDQVIST (31 156) erwähnt, die von den Erfahrungen des Augenarztes ausgehend, eine große Zahl Beispiele mit Formeln und Rechnung verfolgt.

§ 55. Die Lupenbrillen. Handelt es sich aber um den Fall, daß bei weiter Entfernung des Fernpunkts die Akkommodation vollständig aufgehört hat, und solche Fälle werden bei Rechtsichtigen im Alter von mehr als 70 Jahren und bei Linsenlosen vorkommen, so ergibt sich für Gegenstände in der Entfernung a , aus der Forderung, das von der Brille entworfene Bild solle in den unendlich entfernten Fernpunkt fallen, das Vorzeichen der Brennweite als positiv und nach (11a), wenn man berücksichtigt, daß hier die weite Entfernung für das Bild gilt, die Gleichung

$$\sigma' = y/f'; \quad \sigma'/y = 1/f' = D.$$

Man erkennt also, daß der Gesichtswinkel σ' , unter dem ein kleiner Gegenstand y , dem greisenhaften rechtsichtigen Auge erscheint, in derselben Weise von der Brechkraft des Brillenglases abhängt, wie er sich bei der Verwendung einer Lupe ergeben würde. Aus diesem Grunde seien so benutzte Brillengläser als *Lupenbrillen* bezeichnet; sie gehören demnach auch zu den *Nahbrillen*.

In diesem Falle eines greisenhaften Rechtsichtigen ist es übersichtlicher, nicht die Grundpunkte der aus Brillenglas und Auge zusammengesetzten Verbindung aufzusuchen, sondern allein die Wirkung des Brillenglases zu betrachten. Da das Bild im Unendlichen entworfen wird, so hat die Wahl eines bestimmten Abstandes d auf die Größe von σ' keinen Einfluß; wenn man aber auch bei einer Lupenbrille die Einhaltung eines vorgeschriebenen Abstandes von dem Hornhautscheitel fordert, so liegen die Gründe dafür anderswo, nämlich in der Berücksichtigung des Sehens mit bewegtem Auge.

Als Brechkraft der Lupenbrille ergibt sich der obigen Ungleichung auf S. 63 entsprechend

$$5 \text{ dptr} \geq D, \geq 1,33 \text{ dptr},$$

doch liegt auf der vorliegenden Stufe der Untersuchung kein Grund vor, die Reihe gerade bei +5 dptr abzubrechen. Gibt man aber diese Ein-

schränkung auf, so führt die Reihe stetig zu den eigentlichen Lupen hinüber.

§ 56. Was die Änderung der Abbildungstiefe durch die Vorschaltung eines Brillenglases angeht, so sei darauf hingewiesen, daß sich diese Aufgabe wegen der großen Abweichungen bei der Abbildung im Auge wenig zur Behandlung auf dieser Stufe eignet. Die abzuleitenden Ergebnisse sind also nur auf ganz kleine Pupillendurchmesser anzuwenden. Hier sei auf die Darstellung bei M. v. ROHR (*Z.* 326) verwiesen, wo eine solche Ableitung durchgeführt worden ist. Danach ist man zu der folgenden, angenähert gültigen Aussage berechtigt:

Man übersieht die in der Abbildungstiefe des Auges durch das Brillenglas hervorgebrachte Änderung am leichtesten, wenn man die (Schein-) Annahme macht, die Brille verändere den Pupillendurchmesser im quadratischen Verhältnis der linearen Vergrößerung und berühre den Wert der Sehschärfe im Gegenstandsraum des Brillenglases gar nicht. Zerstreue Linsen vergrößern daher die Abbildungstiefe, sammelnde vermindern sie.

§ 57. Die Bestimmung des Fernbrillenglases; die Dioptrie. Es folgt aus dem oben eingeschalteten Abschnitte über die Verbindung des ruhenden Auges mit der dünnen Brille, daß die Radien des Brillenglases in den Formeln überhaupt nicht auftreten, sondern nur seine Brechkraft D , und (bei merklicher Dicke) seine Schnittweite s' .

Da die Farbenfehler vorläufig außer Betracht bleiben, so wird der Rohstoff durch eine einzige Brechzahl n genügend gekennzeichnet, und dafür gilt etwa

$$1,51 \leq n \leq 1,53,$$

denn in der Tat werden die meisten Brillengläser aus Glasarten dieser Beschaffenheit hergestellt. Höhere Brechzahlen — z. B. 1,58 — kommen zwar auch vor, sind aber ziemlich selten. Sie gestatten, verglichen mit den ersterwähnten, etwas geringere Krümmungen bei gleicher Brechkraft, doch ergibt sich im allgemeinen kein merklicher Vorteil.

Die Krümmungen werden, wie schon bemerkt, so gewählt, daß sich eine bestimmte Schnittweite s' ergibt, wie sie durch den Einstellfehler A_{11} des Auges und die Entfernung δ gefordert wird. Ist nach (2)

$$s' = \delta + a_{11},$$

so ergibt sich für die Schnittweite s' , die beiden Radien $\bar{r} \bar{r}'$, die Brechzahl n und die Glasdicke d , der folgende Zusammenhang:

$$s' = 1/D, \quad e' = 1/D, \quad -dD'/D,$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{D}{1 - dD'}, \tag{58}$$

indem

$$d = d_1/n$$

den Luftwert der Glasdicke,

$$D' = (n - 1)/\bar{r}; \quad D'' = (1 - n)/\bar{r}$$

die Brechkraft der ersten und der zweiten Grenzfläche, D , die Brechkraft der Brille darstellen und außerdem nach (12) und (13)

$$D, = D' + D'' - \frac{d,}{n} D' D''; \quad e' = - \frac{d,}{n} D' / D, .$$

Vernachlässigt man in dem Nenner von $1 : s',$ nach Formel (58) $dD',$ gegenüber 1, nimmt also $d, = 0$ an, so wird wegen $e' = 0$

$$1/s', \text{ angen.} = D,; \quad s', = f', ,$$

und man konnte so nicht nur die richtige Regel aussprechen, daß die Schnittweite des dünn angenommenen Brillenglases gleich seiner Brennweite ausfalle, sondern glaubte auch stillschweigend annehmen zu können, daß die gebräuchlichen Brillengläser als dünne Linsen anzunehmen seien.

Den Kehrwert der Brennweite, die *Brechkraft*, hatte man entsprechend abzustufen, und zwar dient jetzt allgemein als Einheit der Brechkraft die *Dioptrie*, deren ganz allgemeine Bestimmung nach dem Vorgange von A. GULLSTRAND (2. 66) in der folgenden Weise zu geben ist. „Die Dioptrie ist die Einheit des reziproken Wertes einer durch Division mit dem betreffenden Brechungsindex reduzierten, in Meter gemessenen Haupt- oder Konjugatbrennweite.“

In früheren Jahren wurden die Linsen verschiedener Brechkraft durch Nummern bezeichnet, die in Zollen die Länge des Radius angaben, der unter Verwendung eines Brechungsverhältnisses von 1,5 für eine gleichseitige Linse dieser Brennweite verwendet werden mußte. Unter diesen Umständen stimmte für dünne Linsen die Länge dieses Radius überein mit der Länge der Brennweite, und man erkennt, wie man die alte in die neue Bezeichnung überführen kann. Es ist eben

$$1/f', = D, = (n - 1) 2/r, .$$

Setzt man nun $D, = M_{\text{dptr}} \cdot \text{dptr}$ und $r, = M_{\text{Zoll}} \cdot 0,02615 \text{ m}$ für rheinländische (preußische) Zolle sowie

$$n = 1,528 ,$$

so ergibt sich die Regel

$$M_{\text{dptr}} = \frac{1,056}{0,02615 M_{\text{Zoll}}} = \frac{40,4}{M_{\text{Zoll}}}$$

für die Überführung der Maßzahlen der einen in die der andern Bezeichnungsart.

Da man nun unmöglich sämtliche vorkommenden Brechwerte durch besondere, in aller Strenge passende Fernbrillengläser ausgleichen kann, sondern sich auf eine bestimmte endliche Zahl von Stärken beschränken

muß, so wird man dafür Abstufungen wählen, die für schwache Brechkräfte klein sind und für stärkere allmählich an Größe zunehmen. Nach M. v. ROHR (19. 107) hat man im Jahre 1874 (kurz vor der entscheidenden Abstimmung wegen der Dioptrierteilung) drei verschiedene Stufengrößen eingeführt, nämlich $\frac{1}{4}$ dptr zwischen $\frac{1}{4}$ und $3\frac{1}{2}$ dptr, $\frac{1}{2}$ dptr zwischen $\frac{1}{2}$ und 11 dptr und schließlich 1 dptr zwischen 1 und 20 dptr. Mit einer solchen Abstufung hatte 1868 K. A. BUROW den Anfang gemacht.

§ 58. Geschichtliche Bemerkungen zur Bestimmung des Fernbrillenglases und zur Einführung der Dioptrie. Wie die Bezifferung der Brillengläser in den ältesten Zeiten durchgeführt wurde, ist nicht ganz einfach zu sagen. Zuerst scheint man den schwachen Sammelgläsern, die Alterssichtige für die Naharbeit bedurften, mit wachsender Stärke zunehmende Alterszahlen wie 50—60, 60—70 Jahre aufgeschrieben zu haben, ein Brauch, den man auch, noch weniger glücklich, auf Zerstreuungsgläser ausdehnte, die bald allgemein als *junge* Gläser bezeichnet wurden. Diese auf die Wanderhändler zugeschnittene Übung hat sicher um das Ende des 15. Jahrhunderts in voller Kraft gestanden. — Sie wurde im letzten Drittel des 16. Jahrhunderts anscheinend in Venedig für den Innenbetrieb der Brillenwerke durch eine Bezifferung ersetzt, die nach der *Wirkung* der Gläser, also nach einem bestimmten Bruchteil einer Dioptrie, fortschritt, und zwar scheint es, als habe der Wert der Einheitsstufe etwa 0,6 dptr betragen. Deutliche Angaben über die Ausführung einer nachträglichen Messung finden sich bei dem Gewährsmann TH. GARZONI im Jahre 1585 zwar nicht, immerhin ließe sich manches dafür beibringen. Auf das spanische Stärken-Meßverfahren von 1623 mit Stufen von etwa 1 dptr wird in § 62 einzugehen sein.

Leider wurde dieses den geringen Anforderungen jener Massenbetriebe zur Not genügende Meßverfahren schon 1618 von H. SIRTURUS, dem ersten Vertreter einer sorgfältigeren Brillenherstellung, nicht übernommen: er führte vielmehr eine Abstufung nach der *Länge des Halbmessers* der Schleifschale ein, während doch die Anforderungen des täglichen Lebens gerade dessen *Kehrwert* abzustufen geboten. Man kann wohl sagen, daß die verschiedenen Reihen von Brillennummern mehr oder minder unbewußt einer Lösung zustrebten, wie sie bei den alten Massenbetrieben mindestens für den inneren Dienst in Kraft gestanden hatte. — Die unglückliche Radienteilung ist dann weiter zu beobachten 1716 bei CHR. G. HERTEL (1.) und nach M. v. ROHR (15/16 111) bei J. G. LEUTMANN 1719, nach W. KITCHINER (1. 33, 98) bei J. RAMSDEN († 1800) sowie auch bei J. T. HUDSON (1.) 1840. Ein Jahr später, 1841, schlug CH. CHEVALIER, wie E. PERGENS (2.) mitteilt, vergeblich vor, die Schleifschalen nach Zentimetern abzustufen. So hatten sich verschiedene Reihen von Brillennummern herausgebildet, wovon M. v. ROHR (14/15 97; 15/16 65) mehrere Beispiele gibt. Sie hatten alle den Nachteil, daß bei den niedrigen Nummern viel Auswahl vorhanden war, was nach den höheren zu immer mehr aufhörte. — Ferner sei hier auf des französischen Optikers SOLEIL *Fils* Vorschlag vom Herbst 1857 hingewiesen, den M. v. ROHR (15/16 67) bespricht. Hier wurde tatsächlich zum zweiten Male eine Abstufung nach der Brechkraft, nicht nach der Brennweite, vorgeschlagen, und zwar war der Stufenwert in heutigem Maß 0,4 dptr. Indessen scheint dieser seiner Zeit weit voraufeilende Vorschlag damals gar keine Beachtung gefunden zu haben. — Von den gebräuchlichen Gläserfolgen am günstigsten in Hinsicht auf die Abstufung war wohl (14/15 99) die von dem Rathenower Hause BUSCH vor 1863 erfahrungsmäßig angenommene Reihe. Hier setzten die Verbesserungsvorschläge K. A. BUROWS

(die Titel seiner hierhergehörigen Arbeiten sehe man in <14/15 109; 15/16 71> ein), der zuerst 1863 ein einheitliches „Refraktionsintervall“ — in der heute üblichen Bezeichnung von $\frac{1}{3}$ dptr — vorschlug, ein. Schon 1864 erkannte er, daß man diese kleine Stufe nur etwa für Gläser bis zu 6 dptr hin brauche, für stärkere komme man mit dem doppelt so großen Unterschied von $\frac{2}{3}$ dptr aus. Im Jahre darauf schenkte er seine Aufmerksamkeit dem Einfluß des Brechungsverhältnisses und stellte fest, daß für den damaligen Rathenower Brillenwerkstoff der Wert von n zwischen 1,527 und 1,533 (s. a. S. 67) läge. — Etwas später wurden von französischer Seite ähnliche Bestrebungen einer allgemein gültigen Regelung laut, und zwar haben sich hier F. GIRAUD-TEULON und E. JAVAL beteiligt, und namentlich der letzterwähnte hat die Rechnung mit Brechkraften sehr gefördert, dazu auch <14/15 104+> 1865 ein zur Umrechnung von Brennweiten in Brechkraften sehr bequemes Gerät, einen *Rechenschieber*, angegeben, der noch vier Jahre danach zu 8 fr. (6,40 RM) von Pariser Häusern angeboten wurde. Zu einer Einigung über den Stufenwert kam es aber nicht, sondern man blieb trotz allen wohlbekanntem Einwänden bei dem Zoll als Grundlage, und dabei störte es auch, daß die Zolllänge in den verschiedenen Ländern nicht dieselbe war. Es ließen sich Mißverständnisse kaum vermeiden, da mindestens drei verschiedene Zolle in Betracht kamen, die in den Ländern der metrischen Ordnung für die gewöhnliche Längenmessung entweder schon längst verschwunden waren oder doch um diese Zeit außer Gebrauch kamen. Es handelte sich dabei vornehmlich um den *englischen* Zoll mit 25,40 mm, den *Pariser* mit 27,07 mm oder 106,6% des englischen und den *rheinländischen* oder *preußischen* mit 26,15 mm oder 103,0% des englischen. — Die erste Andeutung der Absicht, die metrische Ordnung auch in die Brillenlehre einzuführen, findet sich 1866 bei A. NAGEL (2. 30), und 1867 wurde dem in Paris tagenden Ophthalmologischen Kongreß ein dahingehender Antrag von A. NAGEL (3.) und E. JAVAL vorgelegt.

Die Augenärzte nahmen nach der im Jahre 1875 erfolgten Zustimmung von F. C. DONDERS (4.) diese Regelung im Laufe der 70er Jahre an, nur wurde nach dem zweckmäßigen Vorschlage von F. MONOYER (1.) die Einheit der Brechkraft seit 1872 mit einem besonderen Namen als *Dioptrie* bezeichnet und nicht mit Hilfe des Ausdrucks *Meterlinse* umschrieben, wie es A. NAGEL (4.) gewünscht hatte. Genauerer läßt sich dazu den mehrfach genannten ROHRschen Aufsätzen <14/15 97; 15/16 65> entnehmen. — Natürlich wurde die neue Abstufung nach Dioptrien nicht überall sofort angenommen, namentlich hat sich L. MAUTHNER unter den bekannteren Ophthalmologen nicht mit ihr befreunden mögen. Immerhin wird man annehmen können, daß sich um die Jahrhundertwende die Dioptriordnung bei den Ärzten völlig eingebürgert hatte, bei kleineren Optiker-geschäften mag sich die Brennweitenbezeichnung nach Zollen noch länger erhalten haben.

M. v. ROHR (17. 45) hat den Versuch gemacht, die allmählich zunehmende Stufengröße aus der Vorschrift zu begründen, daß der Einstellfehler O, F' des abgestuften Brillenglases zur Achsenverlängerung $F, O,$ des fehlsichtigen Auges in einem bestimmten kleinen Verhältnis K stehen solle. In seinem Beispiel war $K = 0,0323$, und die erfahrungsmäßig gewählten Stufengrößen von S. 69 α würden nicht eben schlecht zu den auf diese Weise bestimmten passen.

Etwas andere Grundsätze hat A. GLEICHEN <22²⁵³84> aufgestellt. Auch nach seiner Darstellung ist in erster Linie die mit wachsender Fehlsichtigkeit abnehmende Sehschärfe maßgebend, doch besteht ein gewisser Unterschied zwischen gleich starker Kurzsichtigkeit und gleich starker Übersichtigkeit (aus geometrisch-optischen Ableitungen geschlossen). Im ganzen ist die GLEICHENSche Abstufung enger als die übliche.

§ 59. Die Durchbiegung und ihr Einfluß auf die Verschiedenheit von Schnitt- und Brennweite. Der Scheitelbrechwert. Geht man auf die Formel (2) zurück, und führt man die Glasdicke d nicht als eine willkürlich zu wählende Veränderliche ein, sondern beschränkt man ihren Betrag so sehr als möglich, setzt also $d \text{ ang.} = 0$, was mindestens bei zerstreuenden Gläsern möglich ist, so sieht man leicht ein, daß man entsprechend (58) und (12) nur die Brechkraftsumme der beiden Flächen erhält, wenn man die Schnittweite s'_1 des Glases vorschreibt. Man kann dann noch über einen Radius, etwa den ersten, frei verfügen. Eine solche Änderung der Form des Brillenglases, wobei die Brechkraftsumme der beiden Flächen unverändert bleibt, bezeichnete man ursprünglich mit dem bereits auf S. 20 α vorausgenommenen Fachausdruck *Durchbiegen*. Später hat man allerdings diesen Ausdruck auch für solche gleichzeitigen Änderungen beider Radien verwandt, bei denen eine andere Größe, etwa die Schnittweite s'_1 oder die Brennweite f'_1 einer Linse endlicher Dicke, ungeändert bleibt.

Bei sammelnden Gläsern, wo $d > 0$ gelten muß, wenn das Glas den üblichen Durchmesser von etwa 40 mm haben soll, wird aber s'_1 stets von f'_1 abweichen, und zwar entsprechend $1/s'_1 = D_1/(1 - dD_1)$ um so stärker, je größer D_1 , d. i. die Durchbiegung, gewählt wurde. Eine Verwechslung beider Größen muß, wie namentlich O. HENKER (I., 8.) betonte, zu ungünstigen Ergebnissen bei der Brillenanpassung führen. Man hat die Größe $S'_1 = 1/s'_1$ als *Scheitelbrechwert* eingeführt, da sie bei der Brillenanpassung besonders wichtig ist.

§ 60. Geschichtliche Bemerkungen zum Scheitelbrechwert. Dieser doch recht merkliche Unterschied zwischen s'_1 und f'_1 oder zwischen ihren Kehrwerten, dem Scheitelbrechwert S'_1 und der Brechkraft D_1 , war vor 1910 nicht hervorgehoben worden, wo M. v. ROHR (8. 563) die Größe S'_1 einführt und eine besondere Bezeichnung dafür vorschlug. Abgesehen von der gelegentlichen Bemerkung der Gebrüder MITTELSTRASS (I.) vom Jahre 1890 ist mir kein Hinweis auf diese Verschiedenheit bekannt geworden, was für jene Zeit auf ein ziemlich geringes Verständnis bei der Anpassung von Fernbrillen schließen läßt. Vielleicht nicht viel später hat nach (28¹³⁷¹⁴³) G. A. ROGERS eine ähnliche Beobachtung gemacht, sie aber erst in unserer Zeit veröffentlicht, als längst die Aufmerksamkeit darauf gerichtet war.

Daß man sich in der Jenaer Brillenabteilung gleich von Anfang an der Verschiedenheit dieser Größen bewußt war, folgt aus den oben erwähnten HENKERschen Äußerungen. Derselbe Fachmann (19²⁸⁹⁵) hat ein Schaubild zeichnen lassen, worin für drei wichtigere Gruppen sammelnder Brillengläser (eben-erhabene, periskopische und Halbmuschelgläser) der Zusammenhang zwischen den ding- und den augenseitigen Scheitelbrechwerten angegeben wird.

§ 61. Die Bestimmung der Brechkraft eines vorliegenden Brillenglases. Da nach dem vorigen die Brechkraft einer dünnen Linse gegeben ist durch

$$D_1 = D'_1 + D''_1 = (n - 1)/\bar{r} + (1 - n)/\bar{r}'$$

so kann man, an dieser Annahme festhaltend, in gebräuchlicher Weise mit einem *Sphärometer* oder *Flächentaster* die Brechkraft der Grenzflächen bestimmen und daraus die Gesamtbrechkraft ermitteln. Dabei muß aber die Voraussetzung gemacht werden, daß die Brechzahl n eine bekannte Größe sei. Der Flächentaster kann ja nur den Wert von $1/r$ angeben, und zwar dadurch, daß an einer vorliegenden Kugelfläche durch Tasten die Pfeilhöhe bestimmt wird, die zum Durchmesser des Tasterkreises gehört. Der Taster mißt also die Krümmung $1/r$, und man kann seine Teilung nur dann mit den Dioptrienwerten der Brechkraft

$$D'_1 = (n - 1)/\bar{r}; \quad D''_1 = (1 - n)/\bar{r}$$

bezeichnen, wenn man für n einen bestimmten Wert einsetzt. Dieser Wert sollte als eine der Bestimmungsgrößen auf dem Taster angegeben sein.

Hat das abgetastete Glas aber eine Brechzahl n_1 , so gilt für die beiden Flächen

$$D'_1 = (n_1 - 1)/\bar{r}; \quad D''_1 = (1 - n_1)/\bar{r},$$

und bezeichnet man die am Werkzeug abgelesenen, zu einem nicht zutreffenden Brechungsverhältnisse gehörigen Zahlen mit \bar{D}' , \bar{D}'' , so ergibt sich leicht

$$D'_1 = \bar{D}'_1(n_1 - 1)/(n - 1); \quad D''_1 = \bar{D}''_1(1 - n_1)/(1 - n),$$

und man erhält für das ganze Brillenglas die Brechkraft

$$D_1 = \bar{D}_1(n_1 - 1)/(n - 1). \quad (59)$$

Setzt man beispielsweise

$$n = 1,54; \quad n_1 = 1,52,$$

so ist

$$(n - 1)/(n_1 - 1) = 0,54/0,52 = 1,038,$$

und man erhält, wenn ein Glas aus dem Mittel von 1,52 und einer Brechkraft von ± 6 dptr vorliegt, durch Tasten mit einem Sphärometer, das für einen Werkstoff mit 1,54 bestimmt ist, den unrichtigen Wert

$$\bar{D}_1 = \pm 6\frac{1}{4} \text{ dptr}.$$

§ 62. Geschichtliche Bemerkungen zur Bestimmung der Brechkraft vorliegender Brillengläser. Ganz vereinzelt steht eine 1623 in Spanien veröffentlichte Meßvorschrift für die Stärke von Brillengläsern. Im Jahre 1623 beschrieb der spanische Lizentiat DAZA DE VALDES ein solches Verfahren genauer, das man <22 4> aber ihm nicht wohl zuschreiben, sondern eher auf eine Venediger Vorgängerschaft zurückführen möchte, da er es offenbar an verschiedenen Stellen grob mißverstanden hatte. Bei diesem Verfahren wurde die Vergrößerung bestimmter Meßkreise durch sammelnde und ihre Verkleinerung durch zerstreuende Linsen dazu benutzt, um die Brechkraft der Linse in der Anzahl der Einheitsstufen zu ermitteln, deren Betrag hier größer als in Venedig (S. 69 β), etwa zu einer Dioptrie, gewählt gewesen zu sein scheint. Einige durchdachte Angaben darüber finden sich bei A. v. PFLUGK und M. v. ROHR <19 21>. Auch ist <22 33> hinzuzuziehen, wo M. v. ROHR versucht hat, einen von DAZA DE VALDES vermutlich begangenen Irrtum richtigzustellen. — In der folgenden Zeit hat man, wohl der Anregung

von H. SIRTURUS (s. S. 69 γ) folgend, meistens Wert auf die Brennweite gelegt und hat anscheinend stets zu ihrer Bestimmung das reelle Bild eines fernen Gegenstandes entworfen, obwohl sich dabei nur die Schnittweite s' ergab, was aber bei den damaligen geringen Ansprüchen an Genauigkeit genügte. — Bei den zerstreuenden Gläsern hat man manchmal die Hohlfläche als Spiegel benutzt und so ihren Radius ermittelt, meistens aber wohl mit Hilfe eines bekannten Sammelglases eine Verbindung mit positiven Zeichen hergestellt, was denn auch früh auf das *Ausgleichs-(Neutralisations-)Verfahren* geführt haben wird. — Bemerkenswert ist der von F. H. DU BOIS (I.) 1826 gemachte Vorschlag, aus der scheinbaren Verschiebung von Sehzeichen, also einer *optischen* Wirkung, auf die Brennweite zu schließen, doch scheint er nicht zum Bau eines marktgängigen Geräts geführt zu haben. — Die Aufstellung eines solchen wurde mit einem jeden Jahre wichtiger, und so findet sich wenigstens ein Ansatz bei dem Königsberger Optiker GOLDSCHMIDT (I.) um 1850. Es handelt sich dabei in alter Art um ein rein optisches Einstellverfahren für Sammelgläser, während die Zerstreuungsgläser durch *Ausgleichung* ermittelt werden sollten. — Von einer wesentlich tiefer gehenden Begründung ist der Vorschlag eines *Phakometers*, den H. SNELLEN (I.) 1876 machte, doch ist es nicht wahrscheinlich, daß diese Vorrichtung bei den Brillenoptikern eine weite Verbreitung fand. — Da also die Geräte zur optischen Messung fehlten, entwickelte man den *Flächentaster* (das Sphärometer). In den durchgesehenen Schriften findet sich der erste Taster nach Art der heutigen, allerdings noch mit den alten Zollnummern bezeichnet, bei G. PAUS (I.) 1882. L. LAURENT (I.) teilte, auf die frühere Aufgabe zurückgreifend, 1885 ein auf der Beobachtung optischer Bilder begründetes Gerät mit, das auch die Messung von Zylindergläsern gestattete. Später verbindet sich die Aufgabe, einen Taster zu bauen, mit der Absicht, der neuen Teilung Eingang zu verschaffen, und hier ist auch S. P. THOMPSON (I.) vom Jahre 1889 zu nennen. Auch J. T. BRAYTON um 1891 mag nach einer amerikanischen Darstellung hier noch auftreten. Eine weitere Behandlung soll unterlassen werden, da weder ausreichende Vorarbeiten vorliegen, noch hier zu einer eingehenden Bearbeitung dieses Seitengebiets Raum genug ist.

Daß sich bei der Tastermessung von Meniskengläsern unrichtige Werte für die Brechkraft ergäben, haben, wie oben (S. 71 γ) bemerkt, in den hier berücksichtigten Schriften zuerst die Gebrüder MITTELSTRASS (I.) 1890 mitgeteilt. Auf die Bedeutung der Brechzahl bei der Tastermessung wies H. KRÜSS (I.) hin. — Merkwürdigerweise scheint nach F. OSTWALT (3. 43) noch 1899 bei manchen Herstellern die Tasterteilung rein nach den Werten der Krümmung $1/r$ vorgenommen worden zu sein. Da diese Größe für Glas von der bequemen Brechzahl $n = 1\frac{1}{2}$ gleich wird $2(n-1)/r$, so konnte man diesen Brauch auch so ausdrücken, wie es F. OSTWALT an jener Stelle tut, daß man sagt, die Schleifschalen seien nach der Brechkraft des zugehörigen gleichseitigen Glases zu beziffern. — Eine rein optische Feststellung des Scheitelbrechwertes geht auf O. HENKER (14/15 129) zurück, wo ein besonderes Gerät zur unmittelbaren Messung von s' beschrieben wird. Bei diesem Vorgange ist eine Kenntnis der Brechzahl des Werkstoffs ebenso wenig nötig wie die der Krümmungen an den einzelnen Grenzflächen des Brillenglases. Es ist nicht erforderlich, auf spätere Scheitelbrechwertmesser des gleichen Grundgedankens, aber anderer Herkunft näher einzugehen. Einiges dazu ist aus TH. GRAFF (32 98, 135) zu entnehmen.

§ 63. Die Abstufung der Brillengläser nach Scheitelbrechwerten.

Ein anderes Verfahren, die Brechkraft eines Glases zu bestimmen, ist eingeschlagen worden, wenn man im Besitze eines Brillenkastens mit einer genügenden Anzahl von zuverlässig bezeichneten Bestandteilen

ist. Hat man ein Probierringlas D , gefunden, das, dicht vor das unbekannte mit D_x gehalten, eine brennpunktlose Verbindung ergibt, wo demnach eine seitliche Verschiebung der Verbindung keine Bewegung eines durch die beiden Gläser gesehenen Gegenstandes nach sich zieht, so findet sich nach (12) auf S. 40

$$0 = D, + D_x - \bar{d}_{,x} D, D_x,$$

und man erhält die einfache Beziehung

$$D_x = -D, ,$$

wenn man die meistens unzutreffende Annahme macht

$$H, H_x = \bar{d}_{,x} = 0.$$

Diesen Vorgang nennt man, wie oben erwähnt, *Neutralisieren* oder *Ausgleichen*.

Eine solche Annahme führt bei schwachen Gläsern zu befriedigenden Ergebnissen, erlaubt aber die Bestimmung von starken nur mit Fehlern, da hier gilt, auch wenn die Verbindung afokal ist,

$$\bar{d}_{,x} \geq 0.$$

Eine genauere Untersuchung, wie sie O. HENKER (1., 8.) vorgenommen hat, zeigt, wie schon auf S. 38 ψ angegeben, daß die allgemein angenommenen Vorschriften für das Ausgleichen nicht, wie man stillschweigend angenommen hatte, auf die Bestimmung der Brechkraft, sondern auf die Feststellung des *dingseitigen Scheitelbrechwertes* des untersuchten Glases führen. Diese Größe ist im allgemeinen als solche gleichgültig, doch ist sie in dem Falle gleichseitiger Formen verständlicherweise gleich dem *augenseitigen Scheitelbrechwert* und ergibt also für gleichseitige Brillengläser, d. i. solche der ältesten Form, den für die Anpassung der Brille wichtigen Wert. Bei nicht gleichseitigen Formen aber, und dazu gehören die neueren Arten der Brillengläser, entfernt sich nach O. HENKER (9.) der Betrag des dingseitigen Scheitelbrechwertes um so mehr von dem der Brechkraft und besonders dem des hier allein wichtigen augenseitigen Scheitelbrechwertes $S',_{\infty}$, je stärker die Durchbiegung und die Linsendicke ist. Infolgedessen bedarf es zu befriedigendem Ersatz gleichseitiger sammelnder Brillengläser namentlich der 6 dp μ r übersteigenden Wirkungen durch neuere Formen mit stärkerer Durchbiegung einer auf theoretische Kenntnisse gestützten Achtsamkeit.

Es ist auch möglich, nach Art der bei photographischen Linsen üblichen Verfahren die Brennweite $f, '$ zu bestimmen, doch scheinen sich diese Verfahren auf dem Brillengebiet nicht eingebürgert zu haben.

Stehen die Hilfsmittel eines Meßraums zur Verfügung, so empfiehlt sich am meisten (s. S. 34) die Bestimmung von

$$1/s, ' = S',_{\infty},$$

weil diese Größe nach (1) für die Anpassung einer Brille von besonderer Wichtigkeit ist, und weil sie auch bei starken Sammellinsen (Starbrillen) und verwickelter gebauten Brillen (Fernrohrbrillen) merklich von D , abweicht.

§ 64. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Dem Verfasser ist es unbekannt, wer als Erfinder des Ausgleichsverfahrens bei Brillengläsern zu gelten hat. Es mag indessen auf eine verwandte Beobachtung hingewiesen werden. Es war DAZA DE VALDES 1623 bekannt, daß hohle und erhabene Brillengläser gleicher Nummer eng zusammengelegt jede Brechkraft verlören und wie einfache Schutzgläser wirkten. Beachtet man die Tatsache, daß die Brillengläser damals vielfach mit einer Planfläche ausgeführt wurden, wo die Brechungswirkung wegen $d_{1,x} = 0$ wirklich in aller Strenge verschwindet, so wird man diese Bemerkung in der Brillengeschichte nicht übergehen dürfen.

Die Wichtigkeit der hier angestellten Überlegungen ist den Fachkreisen lange entgangen, und es scheinen neben G. A. ROGERS von unbestimmter Zeit zuerst die schon auf S. 717 erwähnten Gebrüder MITTELSTRASS (I.) 1890 auf Schwierigkeiten hingewiesen zu haben, die sich ihnen beim Ersatz gleichseitiger Gläser ergaben. Die von ihnen in Aussicht genommene Tafel ist dem Bearbeiter nicht zu Gesicht gekommen, und er weiß nicht, ob sie überhaupt erschienen ist. Daß es den großen in- und ausländischen Brillenfabriken nicht gelang, für ihre durchgebogenen Gläser den Gebrauch solcher Hilfsmittel zu empfehlen und durchzusetzen, nimmt etwas wunder, doch mag ihre geflissentlich beobachtete und oft betonte Fernhaltung von der Privatkundschaft zur Erklärung herangezogen werden.

Zu erwähnen ist hier, daß 1895 CH. F. PRENTICE (I.) darauf hingewiesen hat, nur die zerstreuen Linsen des Brillenkastens ließen sich mit der Formel für gleichseitige Linsen

$$r = 2(n - 1)f'$$

bestimmen. Schreibe man vor, wie man es bei den Brillenkästen wirklich tue, daß die sammelnden Linsen nach den zerstreuen beziffert werden sollten, die ihre Wirkung gerade aufhoben, so ergäbe das für die gleichseitigen Sammellinsen stets schwächere Brechkraft, als sie der Bezeichnung entsprächen. Merklich würde der Einfluß der Mitteldicke für Linsen über +8 dptr Brechkraft.

Die oben erwähnte Möglichkeit, photographische Verfahren anzuwenden, geht auf M. TSCHERNING (2.) zurück. Er beschrieb zur Messung der Brennweite eines Brillenglases 1904 ein Gerät, das nach dem PORROSCHEN Phozometer¹ gebaut ist, wonach man dicht vor die zu messende Linse einen Kollimator bringt, der das Bild einer Marke im Unendlichen unter einem genau bekannten Winkel entwirft. Mißt man die Ausdehnung des Bildes, das die zu messende Linse entwirft, so kann man unter Vernachlässigung der Verzeichnung sehr einfach die Brennweite f' ermitteln.

Für weitere Kreise hat erst O. HENKER (I. 131) im Januar 1914 in einer ZEISSISCHEN Druckschrift solche oben vermißte Hilfstafeln herausgegeben und sich (I. 135) 1915 kritisch zu dem Ausgleichsverfahren geäußert. Auf ihn gehen dann die erfolgreichen Bestrebungen zurück, die Abstufung nach Scheitelbrechwerten durchzuführen, und er (2.) hat schon früh den *Scheitelbrechwertmesser* dafür veröffentlicht. In neuerer Zeit hat er (8. 14) weiterhin die Wichtigkeit dieser Vorschriften für die Brillenanpassung betont. Zum Teil im Zusammenhang mit

¹ Es ist möglich, daß dieser seinerzeit gebrauchte Ausdruck einem Druckfehler sein Leben verdankt und für Focometer steht.

HENKER wie E. WEISS oder in der Anlehnung an ihn wie A. KLUGHARDT haben sich zu diesem Gegenstand auch andere vernehmen lassen.

Hinzuzufügen ist noch, daß die Arbeiten auf diesem Gebiete weitergehen und daß man gut tun wird, die entsprechenden Teile in den jährlichen Berichten einzusehen. Auch sollte gelegentlich auf § 34 zurückgegriffen werden.

§ 65. Die üblichen Formen der einfachen Brille. Auf der gegenwärtigen Stufe der Behandlung, wo nur die Brechkraft des Brillenglases in der Achsenrichtung maßgebend war, kann man im 19. Jahrhundert, als einer Zeit ziemlich weit entwickelter Technik, als entscheidend für die Wahl der Durchbiegung die Rücksichten auf die Anfertigung gelten lassen. Da die auf großen Schleifschalen erfolgende Herstellung von kugligen Flächen um so bequemer und wirtschaftlicher ist, je mehr Linsen auf einmal bearbeitet werden, und da diese Anzahl bei gleichem Durchmesser der Brillengläser mit wachsender Krümmung der zu bearbeitenden Fläche rasch abnimmt, so lag es nahe, die beiden Krümmungsradien gleich und von entgegengesetzten Vorzeichen zu wählen, weil dann die gemeinsame Flächenkrümmung ihren kleinsten Wert annimmt. So ergaben sich die gleichseitigen Sammel- und die gleichseitigen Zerstreungslinsen. Wählt man die plankonvexe oder plankonkave Form, so wird zwar der eine Krümmungsradius wesentlich kürzer — etwa halb so lang —, der andere aber unendlich, und die dann zu bearbeitende Planfläche bietet einem großen Betriebe sehr merkbliche Vorteile. Es sei vorgreifend gleich hier bemerkt, daß die im allgemeinen nicht vollkommene Form der plankonvexen und -konkaven Brillengläser dem Benutzer etwas bessere Dienste leistet als die vorher besprochenen gleichseitigen.

Aus einem ebenfalls erst später zu erörternden Grunde schliff man schließlich noch *meniskenförmige* (*periskopische*) Brillengläser und ging dabei in den Großbetrieben häufig so vor, daß man der Fläche von einer dem Zeichen der Brillenbrechkraft entgegengesetzten Wirkung einen Radius von etwa 40 cm erteilte. Die Wirkung wurde im allgemeinen auch tatsächlich gesteigert, aber für die verschiedenen Brillennummern in einem ganz verschiedenen Maße und fast überall nicht in ausreichendem Betrage.

Später hat man auch noch andere Meniskenformen hergestellt, nämlich solche mit den festen Radien $r = 17\frac{1}{2}$, $11\frac{1}{2}$, 9 und 6 cm. Die Gläser mit den beiden letzterwähnten, schon recht starken Durchbiegungen sind als *Halbmuschel-* und als *Muschelgläser* (s. S. 4β) beschrieben worden. (In den englisch-amerikanischen Preislisten begegnet uns gelegentlich die Übersetzung *Mi-Coquille*, *Coquille*.) In ⟨32 9784⟩ ist sogar von regelmäßiger Herstellung mit einem Krümmungshalbmesser von 4,35 cm zu lesen. — Unter all diesen Formen befinden sich, wie schon hier bemerkt sei, hier und da für bestimmte Scheitelbrechwerte

gute Gläser, doch scheinen in der Zeit des Pröbelns keinerlei Angaben darüber veröffentlicht worden zu sein, welche aus der großen Zahl der angebotenen vor anderen vorzuziehen seien. Wie schon manchmal bemerkt, läßt sich auf dieser Stufe der Untersuchung eine solche Entscheidung auch noch nicht fällen; für die bevorzugte Achsenrichtung allein sind alle Brillengläser brauchbar.

§ 66. Geschichtliche Bemerkungen zu den Brillenformen. Der Leser sei gleich hier auf § 89 hingewiesen, wo zu einem merklichen Teil dieselben Angaben, aber mit Rücksicht auf die Steigerung des Gesichtsfeldes besprochen worden sind. — Die alte Geschichte der Brillengläser ist allmählich etwas deutlicher geworden. Es scheint, daß man in sehr alter Zeit neben gleichseitigen Gläsern auch solche mit einer Planfläche verwandte, nach DAZA DE VALDES wegen der besseren Abbildung eines größeren Feldes. H. SIRTURUS übernimmt 1618 diese Kenntnis nicht, sondern bevorzugt gleichseitige und ungleichseitige Formen, stets mit gleichen Vorzeichen der Wirkung. Neben dem Optikerhandwerk bestehen im 18. Jahrhundert in Venedig und in den süddeutschen Reichsstädten ausgedehnte, mit Arbeitsteilung und sehr billig arbeitende Großbetriebe (s. etwa <29 65> und <31 33, 65>), die zu ihrem Absatz auf Wanderhändler angewiesen waren. Über die nach der Güte sehr verschiedene Arbeit an diesen großen Mittelpunkten wolle man auf S. 21 ω in § 24 b nachlesen. Die Hauptlieferung bezog sich wohl auf Nahbrillen für Alterssichtige, doch versah man auch Kurzsichtige mit Sehhilfen, unter Einfluß der französischen Mode in großem Umfange mit gestielten *Eingläsern*, die rasch vor das Auge und von ihm fort gebracht werden konnten. Im deutschen Sprachgebiete nannte man sie *Ferngläser*, und zwar ist bis jetzt dieser Ausdruck zwischen 1687 und 1834 in Druckwerken nachzuweisen. — Der Absatz schlecht ausgeführter, empörend billiger Brillen (man sehe <24 454>, wo gegen Ende des 18. Jahrhunderts die „ordinäre Brille“ im Großhandel mit $2\frac{2}{3}$ Pfg. abgegeben wurde) durch Wanderhändler hielt sich sehr lange. Deren Tätigkeit ist durch Kupferstiche <30 95148; 31 10793; 32 10286> seit dem Beginn des 16. Jahrhunderts zu belegen. Im 19. Jahrhundert mehren sich die Klagen der Augenärzte, der Brillenoptiker und der besser geleiteten Brillenfabriken über dieses nur sehr allmählich aussterbende Wandergewerbe.

Der Meniskus wurde 1611 von J. KEPLER (*I.* 71 CXXX; *2.* 77) beschrieben, und er trat auch gelegentlich, s. § 89, im 17. Jahrhundert auf; ihm werden zwar von J. G. LEUTMANN ernsthafte Vorteile nachgesagt, doch erst W. H. WOLLASTON verschafft ihm eine weitere Verbreitung. Durch D. BAXANDALL ist <28 133143; 30 8717> einiges über seine Verbreitung in England um 1808 und 1819 mitgeteilt worden. Zu dem Absatz dieser periskopischen Gläser in Frankreich und im deutschen Sprachgebiet wolle man wieder § 89 einsehen. — Daß auch das eben-erhabene Glas vor 1831 in Birmingham und Sheffield auf Maschinen in Mengen <24 46> hergestellt wurde, sollte nicht vergessen werden.

Mit der Zeit nahm in Deutschland im 19. Jahrhundert sicherlich die Bedeutung der Ladenoptiker als Brillenhersteller mehr und mehr zugunsten der großen Fürther und Rathenower Betriebe ab, und die Ware ward gleichmäßiger, wohl auch besser und billiger, aber die Fachkenntnis der Ladenoptiker verringerte sich, wie es scheint. In Rathenow scheint die Grundwirkung von $1\frac{1}{4}$ dptr (Halbmesser von etwa 40 cm) um 1866 eingeführt worden zu sein. An anderen Stellen, so nach F. COBLITZ (*I.*), sind für die periskopischen Gläser auch stärkere Grundwirkungen (2—3 dptr entsprechend Halbmessern von etwa 25 und 17 cm) verwandt worden.

Stärkere Durchbiegungen scheinen zuerst bei brechkraftlosen Schutzbrillen (*S.* 4 β) um 1858 aufgetreten zu sein; ihnen verwandt waren offenbar nach K. STELL-

WAG v. CARION (I. 10) die auf GRAEFESchen Einfluß zurückgeführten Muschelbrillen mit einer Grundwirkung von 11 dptr. Daß um die Mitte der 70er Jahre ähnlich tief durchgebogene Brillengläser in den häufiger verlangten Brechkräften angeboten wurden, kann in § 89 genauer nachgelesen werden, ebenso wie ein frühes Auftreten der Halbmuschelgläser mit 6 dptr Grundwirkung (Halbmessern von etwa 9 cm).

§ 67. Brillen aus zwei Linsen (namentlich Fernrohrbrillen). Schon gegen Ende des 17. Jahrhunderts kam man auf den Gedanken, anstatt eines einzigen, zwei hintereinander geschaltete Brillengläser anzuwenden, um die Bildgüte zu erhöhen. Dabei hat man sowohl die Ver kittung beider Bestandteile vorgeschlagen als auch einzelstehende Linsen ins Auge gefaßt.

Eine derartige Anordnung von zwei Linsen geringer Dicke in einem kleinen Abstände voneinander liefert eine Verbindung, bei der die Hauptpunkte in der Nähe der Linsenscheitel liegen. Es zeigt sich also auch hier nur eine geringe Verschiedenheit zwischen Schnittweite s' und Brennweite f' , und dieser Unterschied kann allein bei Linsen höherer Brechkraft merklich werden. — Bei etwas größeren Abständen kann man durch Verschiebung der Linsen gegeneinander die beste Einstellung für den vorliegenden Fall finden.

Ein anderer Gedankengang führte auf zwei Einzelglieder von verschiedener Wirkung, die zu einer Art von schwach vergrößerndem holländischem Fernrohr vereinigt wurden. Im 17. Jahrhundert, wo dieser Gedanke zuerst in etwas größerem Umfange und in Durchführung der Brillenform auftrat, blieb man dabei, später schlug man auch eine Art GREGORYSchen Spiegelobjektivs vor, so daß diese Anlage nur uneigentlich hier, wo es sich um durchsichtige Mittel handelt, erwähnt werden kann. Schon damals legte man großes Gewicht darauf, daß der Abstand der beiden Bestandteile veränderlich sei. Nicht lange danach wurden die gleichen Bestrebungen mit zwei Linsen verschiedenen Zeichens sowie auch an einer dicken Einzellinse mit sammelnder Vorder- und zerstreuernder Hinterfläche wieder aufgenommen, doch scheint auch dann ein Erfolg, den man für kurzsichtige Augen erwartete, ausgeblieben zu sein. Verbindungen dieser Art sollen fernerhin als *Fernrohrbrillen* bezeichnet werden, und sie verlangen eine etwas größere Beachtung, da sich ihre Wirkung nicht auf den ersten Blick übersehen läßt. In neuerer Zeit stellen auch die Übersichtigen — man sehe etwa W. STOCK (1., 2.), J. RAEFLER (1.) und H. WOLFF (2.) — eine nicht geringe Zahl von Augenleidenden, die einer solchen schwachen Vergrößerung bedürfen. Unter allen Umständen kommt es dabei für ferne Gegenstände darauf hinaus, die schließliche Brennweite f' der Folge Brille + Auge über den Wert $f_{,,}'$ der Flächenfolge des Auges allein hinaus zu steigern, und man hat in der Tat auch Fernrohrbrillen mit Vorteil für schwach kurzsichtige oder gar für übersichtige Augen mit den gleichen Vergrößerungs-

betragen hergestellt, die sich bei hochgradig kurzsichtigen Brillenträgern als zweckmäßig erwiesen hatten. Immerhin wird im folgenden an dem Musterbeispiel der Fernrohrbrille für Kurzsichtige festgehalten werden. Ähnlich wie die aus den entsprechenden Teilen, aber in größerem Abstände voneinander, zusammengesetzte sammelnde Verbindung, die unter dem Namen des photographischen *Teleobjektivs* bekannt ist, sind auch bei einer solchen zerstreuenden Fernrohrbrille die Hauptpunkte ziemlich weit von den Linsenscheiteln entfernt, doch sind sie hier umgekehrt angeordnet wie dort, nämlich gegen das zerstreuende Glied hin verschoben und in gekreuzter Lage.

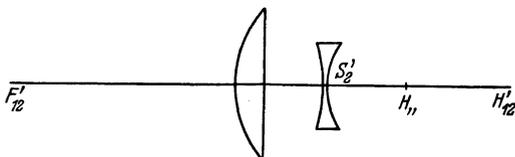


Abb. 38. Ein Achsenschnitt durch eine Fernrohrbrille; zu leichterem Übersicht sind die hauptsächlichsten Achsenpunkte hervorgehoben, in dem zugehörigen Beispiel gilt:

$$\begin{aligned} 1/S'_2 F' &= S'_2 = -18 \text{ dptr}; & 1/H_{11} F' &= -14,64 \text{ dptr}; \\ 1/H' F' &= D = -11,42 \text{ dptr}. \end{aligned}$$

In einem besonderen Aufsatz über diese Fernrohrbrillen hat M. v. ROHR (8.) mehrere Beispiele angegeben, von denen eines hier in Abb. 38 benutzt sei, das sich auf ein Auge von $A_{11} = -14,64$ dptr und eine dafür passende Fernrohrbrille bezieht.

Hier sind unter Beibehaltung der dort gewählten Bezeichnungen die Brechkräfte D_1 , D_2 der beiden Bestandteile und der Abstand

$$H'_1 H_2 = \bar{d}_{12}$$

gegeben durch

$$D_1 = 26,35 \text{ dptr}; \quad D_2 = -60,20 \text{ dptr}; \quad \bar{d}_{12} = 0,01414 \text{ m},$$

und es ergibt sich die Brechkraft der Fernrohrbrille zu

$$D_{12} = -11,42 \text{ dptr}$$

und der Abstand zwischen den beiden Hauptpunkten

$$\bar{d} = H'_{12} H_{11} = -0,01923 \text{ m},$$

so daß sich die Brechkraft des aus dem kurzsichtigen Auge und der Fernrohrbrille bestehenden Folge zu

$$D = 34,35 \text{ dptr}$$

herausstellt.

Man erhält also in diesem Falle für die Vergrößerung des Netzhautbildes gegenüber einem Durchschnittsauge

$$\Gamma_k = D_{11}/D = 58,64/34,35 = 1,707.$$

Auch andere Angaben findet man an der angegebenen Stelle, so z. B. über die Wirkung von schwachen Vorhängeläsern.

Handelt es sich um die Betrachtung näherer Gegenstände, so sei der angeführten Arbeit die Angabe entnommen, daß die Akkommodations-

breite durch eine korrigierende Fernrohrbrille meistens so stark vermindert wird, daß man entweder Vorhängegläser verwendet oder zu einer besonderen *Fernrohrnahbrille* greift. Was die Vergrößerung angeht, so ist die Fernrohrbrille auch hier wieder in Beziehung zu setzen zu der Leistung einer dünnen Brille im Abstände \bar{d}^* , deren Brechkraft $D,^*$ so bestimmt werden muß, daß dem in gleicher Entfernung vom hinteren Brillenscheitel angenommenen Gegenstand die gleiche Bildentfernung entspricht, die für die Fernrohrnahbrille galt. Für die dünne Brille ergibt sich nach (54) auf S. 65

$$\sigma_k'/y, = D,^* - A,,(1 - \bar{d}^* D,^*)$$

und für die Fernrohrnahbrille von der Brechkraft D_{12}

$$\sigma_h'/y, = D_{12} - A,,(1 - \bar{d} D_{12}),$$

mithin erhält man die geforderte Änderung der Vergrößerung

$$\Gamma_p = \frac{D_{12} - A,,(1 - \bar{d} D_{12})}{D,^* - A,,(1 - \bar{d}^* D,^*)}. \quad (60)$$

Für einen viel zierlicheren, von A. GULLSTRAND selbst mitgeteilten Ausdruck für Γ_p sei auf die bereits angeführte ROHRsche Arbeit (S. 573) verwiesen, wie sich dort überhaupt die Verhältnisse für die Fernrohrbrille besonders eingehend behandelt finden.

Dieser Ableitung steht die Bestimmung der Vergrößerung gegenüber, die zuerst von F. PLEHN (1.) und A. GLEICHEN 1910 noch etwas vor der ROHRschen Arbeit niedergelegt wurde. Die Verfasser stellten sich in der hier gebrauchten Bezeichnungsweise vor, ein Brillenträger sei sowohl mit einer gewöhnlichen einfachen Lesebrille $D,^*$ als auch mit einer Fernrohrnahbrille D_{12} ausgerüstet, die beide gut bestimmt seien. Von einem in gleicher Entfernung vom Augenscheitel angenommenen Gegenstand in O , werde von beiden Brillen ein Bild in demselben Achsenpunkt O' des Augenraums entworfen, der selbstverständlich im Akkommodationsbereich des bewaffneten Auges liegen muß. Um die Vergrößerung der Fernrohrbrille zu bestimmen, denkt man sie sich in zwei Teile zerlegt; einen Vorderteil \bar{D}_{12} und die einfache dünne Lesebrille $D,^*$, dann bildet \bar{D}_{12} den Gegenstand an O , in einem Punkt \bar{O} , ab, der mit O , räumlich zusammenfällt. Die Vergrößerung in \bar{O} , ist dann eben die Vergrößerung der Fernrohrbrille, und M. v. ROHR (26. 161) hat gezeigt, daß sie mit dem GULLSTRANDschen analytischen Ausdruck genau übereinstimmt.

Will man die Fernrohrfernbrille zu den gewöhnlichen Brillen in Beziehung setzen, so muß man sie an die Beispiele des ersten Falles von § 38 (S. 42ff.) anschließen, weil auch hier

$$\bar{d} < 1/D,,$$

gilt. Da aber, gegen jenen Fall gehalten, \bar{d} sein Zeichen geändert hat, so ergeben sich gewisse Abweichungen von den dort gültigen Gesetzen.

Die hauptsächlichste ist wohl der negative Abstand des Augenhauptpunkts vom zweiten Hauptpunkt der Fernrohrbrille. In engem Zusammenhange damit steht die wesentliche Verlängerung der Brennweite f_{12} der Folge Fernrohrbrille + Auge. Genauere Hinweise auf diese Eigentümlichkeiten der Fernrohrbrille finden sich bei M. v. ROHR (17. 41) und bei H. ERGGELET (4.). Dort wird hervorgehoben, daß es der große negative Betrag von \bar{d} ist, der die Abnahme der Brechkraft D_{12} und die Zunahme der Vergrößerung nach sich zieht. Man erkennt auch, daß in dem Schichtenbild Abb. 24 zu den Koordinaten $\bar{d} = -19$ mm und $A_{12} = -14,6$ der Wert $\Gamma = 1,7$ gehört. Die sehr merkbare Zunahme der Bildgröße auf der Netzhaut um fast 71 % scheint diese Folge für gewisse Fälle hochgradiger Kurzsichtigkeit mit herabgesetzter Sehschärfe geeignet zu machen, bei denen das gewöhnliche Fernbrillenglas nicht gut vertragen wird, und das war auch E. HERTELS Gedanke, als er dem Verfasser diese Aufgabe stellte. E. HERTEL (2.) hat dann 1910 eingehend über seine Erfahrungen mit den Fernrohrbrillen berichtet. Er hat gezeigt, daß die Erhöhung der Sehleistung durch die Fernrohrbrille der Vergrößerung des Netzhautbildes entspricht, und er hat ferner darauf hingewiesen, daß man zweckmäßig die Vergrößerung nicht zu weit steigern. Denn da mit dem Wachsen der Vergrößerung das Gesichtsfeld unweigerlich abnimmt, so ist es möglicherweise für den größeren Teil der Brillenträger wichtiger, ein verhältnismäßig großes Feld zu übersehen, als in einem kleinen Teile davon eine sehr deutliche Wahrnehmung zu haben.

Hilfsmittel mit wesentlich stärkeren Vergrößerungen unter Benutzung der Prismenfernrohre sind nach A. WAGENMANN (1.) 1911 von O. HENKER als *Fernrohr Lupen* vorgeschlagen und seitdem von ihm noch weiter entwickelt worden. Man sehe deswegen § 105 ein.

§ 68. Geschichtliches zur Fernrohrbrille. Die Entwicklung hängt sicherlich nahe mit der allmählichen Ausbildung des holländischen Fernrohrs zusammen, das man verhältnismäßig bald nach seiner Erfindung (32 ¹¹³⁸⁸) mit schwacher Vergrößerung und in kurzem Rohr auszuführen lernte. Zuerst ist da 1667 (18 28) die Fernrohrnahbrille von FR. ESCHINARDI zu erwähnen, denn die optischen Kegel aus der Zeit von DESCARTES möchte ich nur als Wunschbilder für eine theoretisch begründete Möglichkeit ansehen: unseres Wissens war zu jener Zeit die Schmelzkunst noch lange nicht weit genug entwickelt, um solche Blöcke optischen Glases von brauchbarer Beschaffenheit zu liefern.

Auch im 18. Jahrhundert hat man sich für Fehl- und Schwachsichtige bei der weitverbreiteten, aus der Renaissancezeit in der französischen Sitte bewahrten Abneigung gegen die eigentlichen (an der Nase oder den Schläfen angebrachten) Brillen (25 8) mit kurzen Handgläsern geholfen und schon in der Mitte des 18. Jahrhunderts (18 25) *Glaskegel* vorgeschlagen. Da wir diese (15/16 148) als wirklich abgesetzte Waren aus zwei zeitlich verschiedenen, aber auf den Anfang des 19. Jahrhunderts zurückgehenden Quellen als *Stöpsellinsen* kennen, so wird man für sie wohl an eine Herstellung in Süddeutschland (Wien oder München?) denken können, ohne daß sie je zu einem wirklich großen Absatz kamen. Auch

bei der späteren Aufnahme durch englische Häuser, sowie STEINHEIL (15/16 5), PONTI (25 35; 33 ¹⁸⁷114), NOBERT (B. o. I 1921 77) und Pariser Werkstätten war ihnen kein wirklicher Erfolg (Abb. 39) beschieden. Natürlich besteht hier ein stetiger Übergang zu den dicken Menisken (15/16 4, 40), die in Wien 1835 zu *Perspektivbrillen* [von G. SCHÖNSTEDT (I.) in Vorhaltefassungen ausgebildet] führten.

Kehrt man zu den aus einem Sammel- und einem Zerstreungsgläse gebildeten eigentlichen Fernrohrbrillen zurück, so trifft man die ersten an den Schläfen befestigten beidäugigen Brillen wohl ein wenig eher in England (15/16 3) als in Frankreich, ohne daß ihnen zunächst eine weitere Verbreitung beschieden war, obwohl man es namentlich in Paris an Bemühungen nicht fehlen ließ. Der Hauptgrund für diesen Mißerfolg lag an dem Unvermögen der Hersteller, diesen Vorkerungen ein einigermaßen großes Feld zu geben, und das von L. SEIDEL und C. A. STEINHEIL schon um 1846 mit Fernrohrbrillen ganz schwacher Vergröße-

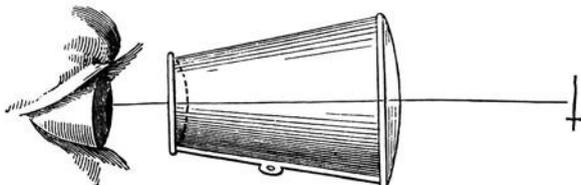


Abb. 39. Stöpsellinse von A. FRITCHARD um 1850 nachgebildet. (In seiner Abbildung ist die Lichtrichtung umgekehrt angenommen wie sonst in diesem Buche.)

rung, aber größerem Felde gewagte Vorgehen in dieser Richtung scheint aus äußeren Gründen nie ernsthaft gefördert worden zu sein. Einzelheiten möge man in der durch Jahre weitergeführten geschichtlichen Behandlung aus M. v. ROHR'S Feder (15/16 1, 33, 146, 161; 18 25; 20 33; 25 8) sowie bei H. BOEGEHOLD (22 130, ²⁰140, 167) nachsehen; man beachte auch die ausführliche Zeittafel (25 11).

Das hier mit groben Strichen entworfene Bild wird auch durch weitere Forschungen schwerlich noch merklich geändert werden.

Vielleicht verweist man an dieser Stelle gleich auf die GOLDSCHMIDT'Schen Bemühungen (14/15 85; 15/16 53) zu umgekehrten Brillenfernrohren für Lichtspiele.

Über die neueren ZEISS'Schen (3.) Fernrohrbrillen mit Hebung mancher Fehler schiefer Bündel wolle man in § 105 nachlesen.

Die Brillen mit verschiedenen Brennweiten.

§ 69. Die Vorhängebrillen. Noch ein anderes Ziel hat man dadurch zu erreichen gestrebt, daß man zwei Linsen nacheinander vom Licht durchsetzen ließ. Man wollte nämlich in den Fällen, wo die Fernbrille nicht auch zur Arbeit in der Nähe verwandt werden kann, dem Brillenträger das Lesen ermöglichen, ohne ihn die Brille abnehmen zu lassen. Dies wurde durch eine schwache Sammellinse erreicht, die mit dem Fernbrillenglas zusammenwirkte. Solche *Zusatzlinsen* sind nach einer häufig zur Verwirklichung vorgeschlagenen Möglichkeit der Anbringung *Vorhänger* oder *Vorbrillen* genannt worden, und es läßt sich wohl sagen, daß dieser Gedanke eines weiteren Ausbaus fähig ist. Verständlicherweise stehen ihnen *Nachsteckgläser* oder *Hinterleger* gegenüber, über die indessen sehr selten berichtet worden ist. Auch für Starbrillen hat man

diese Zusatzlinsen empfohlen, um das für Linsenlose besonders unangenehme Wechseln des Fern- und des Nahglases zu vermeiden. Übrigens hat man auch die Fernbrillen aus zwei Bestandteilen hergestellt und davon einen vom negativen Zeichen fortgeklappt, um eine Arbeitsbrille übrig zu behalten. Als Empfehlung für diese Einrichtungen hat man ihre größere Unauffälligkeit vorgebracht, da die getrennte Anordnung bei der Arbeit, also in der Regel in kleinen Räumen, getragen würde.

Freilich ist trotz aller Mühe, die man sich im vorigen Jahrhundert gegeben hat, die Anlage der Vorhängebrillen nicht wirklich in Aufnahme gekommen, und seit der Einführung der Zweistärkengläser schien keine Aussicht mehr dafür vorhanden zu sein, indessen hat A. SONNEFELD (*I.*) auf besondere Vorzüge dieser Anlage hingewiesen, die in § 110 besprochen werden sollen.

Wo man in unserer Zeit schon solche Zusatzlinsen empfohlen hat, sind sie mindestens im Anfang als gänzlich von dem Brillengestell getrennte Teile ausgeführt worden, die meistens nur zu Lesezwecken ihm vorgesteckt oder vorgehängt werden.

§ 70. Geschichtliche Bemerkungen zu den Zusatz- und Vorhängebrillen. 1783 ließ sich A. SMITH (*I.*) Doppelgläser schützen, die sowohl einzeln als miteinander verbunden getragen werden konnten. Seine Beschreibung ist nicht sehr deutlich, und daher bin ich über das Aussehen solcher Brillen erst durch ein aus dem Jahre 1796 stammendes Bild unterrichtet worden, das ich der Freundlichkeit von A. v. PFLUGK verdanke. Es findet sich auf S. 102 bzw. 29 der in (30⁷³14) angeführten Schrift. Ein alter Landschaftsmaler schaut bei der Betrachtung der Landschaft durch ein oberes Linsenpaar, während er bei der Wiedergabe auf der Bildfläche die stärkeren unteren Brillengläser benutzt. Durch Überklappen der Fernbrillengläser vermochte er eine ganz starke Arbeitsbrille zustande zu bringen. Merkwürdig ist es, daß sich dies Verfahren, Alterssichtige durch Zusatzgläser zu unterstützen, so von höherem Alter herausgestellt als die Veröffentlichung der Zweistärkenbrillen durch B. FRANKLIN (*I.*). Eine frühe Weiterbildung des SMITHischen Vorschlags geht auf J. RICHARDSON (*I.*) zurück, der sich 1797 ein Brillengestell schützen ließ, das Zusatzgläser vor und bei Nichtgebrauch seitlich an die Schläfen zu klappen gestattete, wovon schon auf S. 6 ω bei den farbigen Schutzbrillen die Rede war. Es scheint, daß gerade diese Anordnung auf dem europäischen Festlande um 1800 sehr viel nachgeahmt wurde (ich verdanke auch einen solchen Hinweis A. v. PFLUGKS Freundlichkeit). Dagegen sind die Vorsatzgläser W. KITCHINERN 1824 nur als Aushilfsmittel einzelner Brillenträger bekannt. Dreißig Jahre später, 1854, schlug .. VAN MINDEN (*I.*) eine Zusatzbrille vor, und zwar hatte er auch die Möglichkeit vorgesehen, gegebenenfalls an Stelle der Zusatzbrillengläser von bestimmter Brechungswirkung auch bloße Farbgläser zu verwenden. Er klappte die Nahgläser zum Lesen vor, mußte sie mithin beim Sehen in die Ferne aus dem Wege schlagen und dann also ziemlich auffällig tragen.

Die äußere Einrichtung für die Anbringung war von .. VAN MINDEN (*I.*) sehr zweckmäßig so getroffen worden, daß die Lösung einer Haltevorrichtung eine Feder wirken ließ, die dann die Gläser in die Höhe zog. In der Anbringung der Zusatzgläser liegt fast der einzige Unterschied, den spätere Erfindungen von den vorliegenden erkennen lassen. Die Zusatzgläser außer Gebrauch liegen manchmal an den Schläfen an, manchmal fallen sie nach unten oder werden zur Seite

geschlagen, oder die Gelenke befinden sich nicht an den oberen Glasrändern, sondern an den unteren oder auf dem Steg, und was dergleichen nicht optische Änderungen des ursprünglichen Planes mehr sind.

Wenn schon der nächste Erfinder von Zusatzbrillen, der Bristoler Optiker J. BRAHAM (1.), aus dem Jahre 1861 erwähnt wird, so geschieht das nicht wegen dieser Erfindung, sondern weil seine Patentbeschreibung die wichtige Form der waagrechten Schraubenfeder für Balkenklemmer enthält, die in England sehr verbreitet war und namentlich bei Klemmern für astigmatische Gläser früher schwer entbehrt werden konnte.

Gerade die umgekehrte Anordnung, eine Fernbrille mit Doppelgläsern, wobei die schwachen Zerstreuungslinsen beim Arbeiten fortgeklappt werden, wird 1885 von dem norwegischen Optiker A. J. HVALE (1.) empfohlen, doch scheint sich diese Zusammensetzung damals nicht eingeführt zu haben. In einer ganz entsprechenden Weise beschäftigte sich von 1894 ab mit den Zusatzbrillen A. BOURGEOIS (1.) zunächst unter Beschränkung auf Linsenlose, indem er in einem sehr klaren Aufsätze die Anordnung empfahl, die Fernbrille aus zwei Teilen zusammenzusetzen und nur für das Lesen das negative Zusatzglas wegzuklappen. Zwei Jahre später führte er (2.) diesen Gedanken allgemein für solche Brillen durch,



Abb. 40. Ein Hinterleger aus englischem Besitz um das Jahr 1880 in etwa $\frac{2}{3}$ der natürlichen Größe. Die langen Backen sicherten die Lage auf den Brillenfedern, die Öse diente als Griff. Nach K. STEGMANN (33 159) + 9 579).

die alterssichtige Augen unterstützen sollten. Aus dem ungefähr gleichzeitigen, A. BOURGEOIS übrigens nicht erwähnenden Artikel von J. GALEZOWSKI (1.) läßt sich erkennen, wie schwer Neuerungen Eingang finden. In neuester Zeit sieht man verschiedene Vorschläge in den regelmäßigen Berichten. Man wird an den meisten Stellen, was ja nach dem Vorhergehenden verständlich sein wird, Erfindungsansprüche auf eine geeignete Fassung dieser Zusatz- oder Vorhängegläser antreffen. Die RHEINBERGSche Form (32 ¹³⁴²46) sei als besonders gut durchgearbeitet hier angeführt.

Nachsteckgläser sind in neuerer Zeit wenig verbreitet. Sie müssen früher aber gut bekannt gewesen sein, denn sie führten nach K. STEGMANN'S Angabe (33 159) 579 + 9) um das Jahr 1880 die Fachbezeichnung *Hinterleger*. Ihre Form ist in einer umfangreichen englischen Brillensammlung nach Abb. 40 erhalten. — Die in der vorhergehenden Auflage dieses Buches auf S. 80 nach (13/14 ²⁴124 + 11) wiedergegebene Anlage stammt aus einem Gebrauchsmuster des Jahres 1913, ist also um vieles jünger.

§ 71. Die Zweistärkenbrillen. Diese Möglichkeit — der Vorhänger — wird bekämpft von den Zweistärkenbrillen, d. h. von Gläsern, bei denen verschiedene Teile verschiedene Brennweiten haben. Häufig treten nur zwei verschiedene Brennweiten auf, wonach auch der Name gebildet worden ist, doch sind auch drei oder gar vier verschiedene Brennweiten an demselben Brillengläse vereinigt. Verständlicherweise ordnet man bei den Zweistärkenbrillen die verschiedenen Brechungswirkungen den einzelnen Brillenteilen so zu, daß die Benutzung besonders bequem wird. So erhält der obere, in der Regel zum Sehen in die Ferne

benutzte Brillenteil die geringere Sammelwirkung (kleinere Konvex-, größere Konkavnummer), der untere, beim Arbeiten (Lesen) benutzte die stärkere (größere Konvex-, kleinere Konkavnummer).

Die Herstellung solcher Zweistärkengläser kann sowohl durch bloße Zusammensetzung geschehen, wobei dann für das Zusammenhalten beider Teile die Brillenfassung eine große Rolle spielt, als auch durch eine feste Verbindung der optischen Teile unter sich. Hierbei kommt sowohl das Anschleifen zweckmäßig gewählter Grenzflächen an das gleiche Glasstück vor, als auch die Verbindung zweier Linsen durch einen Kitt und schließlich durch ein Schmelzverfahren.

Unter allen Umständen tritt an den Grenzpunkten im allgemeinen ein sprunghafter oder unstetiger Übergang vom Fern- zum Nahteil ein. Das zeigt sich bei allen aus einem einzelnen Stück bestehenden Zweistärkengläsern durch das Auftreten einer Unstetigkeitskante oder einer deutlich sichtbaren Stufe. Häufig, und bei dem Schmelzverfahren immer, werden auch die verlangten Brechungswirkungen nicht durch die Abänderung der Flächenkrümmung, sondern durch die geeignete Wahl der Linsenmittel bei fester Flächenkrümmung erreicht. Hier ist natürlich die Unstetigkeit in dem sprunghaften Übergang von einer Brechzahl zur andern enthalten. Bei den aus verschiedenen Mitteln gebildeten Zweistärkengläsern kann es allerdings, wie vorgreifend bemerkt werden soll, zu unerwünschten Farbenfehlern kommen. In jedem Falle wird zu fordern sein, daß die Stellen des Brillenglases, bei denen keine Richtungsänderung auftritt (optische Zentren), nahe beieinander liegen, damit man nicht durch eine starke Bildunstetigkeit (eine Verschiebung, ein Springen der Bilder) in der Nähe der Trennungslinie gestört wird. Andererseits soll aber auch möglichst keine auffällige Unstetigkeitsstelle (Sprungschicht, Stufe) in der Oberfläche vorhanden sein.

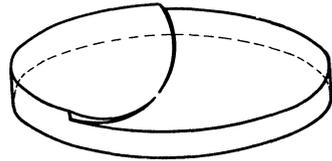


Abb. 41. Eine hohle Zweistärkenfläche mit einem Berührungspunkt der beiden Teilflächen und endlichen Stufen zu beiden Seiten der Mittellinie.

Beschränkt man sich bei den Grenzflächen auf kuglige, so kann man eine allgemeine Aussage machen. Da ein stetiger Übergang von zwei Flächen ineinander — und damit ein sprungloser Übergang der beiden von ihnen entworfenen Bilder — nur dort stattfindet, wo sie eine gemeinsame Tangente haben, und weil zwei Kugeln sich nur in einem Punkte berühren können, so folgt nach Abb. 41 für zwei einander in einem Punkt berührende Kugelflächen, daß bei allen andern Stellen zwischen zwei Flächen eine endliche Stufe bestehen muß. Anders ausgedrückt heißt das: durch Schliff hergestellte Zweistärkengläser mit kugligen Grenzflächen sind nicht unauffällig, wenn sie an einer Stelle

einen sprunglosen Übergang von dem Bilde des Fernteils zu dem Bilde des Nahteils haben. Ordnet man aber die beiden Kugelflächen so an, daß nirgendwo an der Grenze beider Flächen eine Stufe vorkommt, so ergibt sich, wie man aus der Abb. 42 ersieht, an jeder Grenzstelle

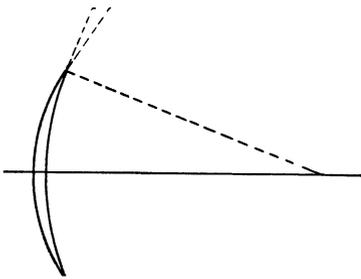


Abb. 42. Das in der Achsenebene liegende Tangentenpaar an einem beliebigen Punkte der Unstetigkeitskante für ein unauffälliges Zweistärkenglas mit kugligen Grenzflächen.

innerhalb einer beliebigen Achsenebene ein Tangentenpaar mit endlichem Richtungsunterschied, d. h. ein endlicher Sprung beim Übergang von einem Bild zum andern. Drückt man diese Erkenntnis noch etwas anders aus, so ergibt sich der Satz: durch Schliff hergestellte Zweistärkengläser mit kugligen Grenzflächen zeigen einen sprunghaften Übergang von einem Bilde zum andern, wenn sie unauffällig aussehen.

Kommt man nun noch auf die zusammengesetzten Gläser zu sprechen, so sind bei diesen die Außenflächen einheitlich bearbeitet, während, wie in der Abb. 43, die zusätzliche Brechkraft des Nebenteils — anscheinend stets des Nahteils — durch ein Sammелglas von höherer Brechung — meist aus Flintglas — herbeigeführt wird. In den älteren bekannt gewordenen Formen, z. B. den *Kryptok*-Gläsern, ist es exzentrisch im unteren Teil

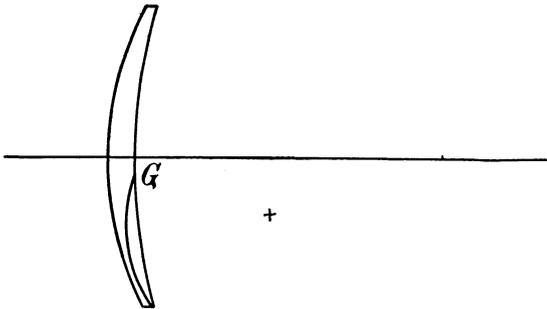


Abb. 43. Ein älteres, aus zwei Linsen verschmelztes Zweistärkenglas. Der Mittelpunkt der Schmelzfläche wurde bei + angenommen.

angebracht, und es zeigt sich also ein endlicher Sprung des Bildes an der prismatisch wirkenden Übergangsstelle.

Auch bei solcher Schmelzanlage ist übrigens (Abb. 44—46) die Möglichkeit gegeben, durch Anbringung einer *Halblinse* (von der Achse

der Trägerlinse aus gerechnet) im unteren Teile des Blickfeldes den Bildsprung beim Übergang vom Fern- zum Nahteil zu vermeiden oder zu vermindern.

Man könnte schließlich noch daran denken, die eingeschmelzte Zusatzlinse auch in endlichem Abstände von der Achse der Trägerlinse und entsprechend geneigt anzubringen. Indessen sei diese Möglichkeit hier nicht weiter ausgeführt, sondern es werde nur auf die Schwierigkeiten verwiesen, die sich aus dem Anschluß der Teile des Blickfeldes vor und hinter dem Brillenglas ergeben würden. Es handelt sich hier

um Überlegungen, die — freilich unter ganz anderen Umständen — zuerst angestellt zu haben H. ERGGELET (<33 157> 806) das Verdienst hat.

Für solche durch Schmelzverfahren hergestellte unauffällig wirkende Gläser sind verschiedene Herstellungsverfahren ausgearbeitet worden, bei denen aber nach L. W. BUGBEE <26/27 161> wohl keine mustergültige Form der inneren Grenzfläche gewährleistet ist. Abgesehen von diesem Einwand muß auch auf einen später noch genauer zu besprechenden Umstand hingewiesen werden. Bei solchen Zweistärkengläsern sammelnder Wirkung werden Farbenfehler dadurch eingeführt, daß am Nahteil häufig ein Zerstreungsglas aus Kron und ein Sammelglas aus Flint zusammenwirken,

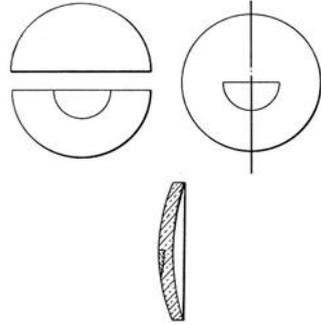


Abb. 44. Ein neueres, bildsprungfreies Zweistärkenglas nach M. LAABS, ebenfalls aus zwei Teilen verschmelzt (<30 + 7 58>). Der stärker brechende Knopf im unteren Teil ist gehäuft.

Vernachlässigt¹ man die Linsendicken und setzt genügend kleine Winkel voraus, so kann man die auf S. 152ff. anzuführenden Überlegungen zur Prismenwirkung auf die Ablenkungen im Nahteil eines Zweistärkenglases anwenden und Feststellungen machen, die auch noch für endliche Ausmaße ihren Wert als Annäherungsformeln behalten.

In neuerer Zeit sind aus dem Kreise um E. WEISS namentlich von TH. GRAFF <26/27 9985> solche Überlegungen veröffentlicht worden.

Es sei weiterhin

D_N die Stärke des Nahteils

D „ „ „ „ Fernteils.

Bedeutet ferner

h die auf der Spur der Symmetrieebene des Zweistärkenglases und in Zentimetern gemessene Höhe eines beliebigen Nahteilpunktes über dem Fernteilscheitel, und

h_0 die Höhe des Nahteilscheitels ebenfalls über dem Fernteilscheitel,

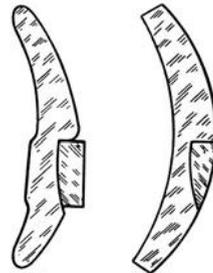


Abb. 45. Abb. 46.

Abb. 45 u. 46. Ein neueres, bildsprungfreies BUSCH'Sches Zweistärkenglas nach K. MARTIN, aus zwei Teilen verschmelzt (<31 + 9, 10 60>).

¹ Ich führe hier einen Vorschlag von E. WEISS durch, den er mir gleich nach seiner Durcharbeitung des Brillenbuches von 1921 machte. Er wies darauf hin, daß die ältere Anordnung („Zentrierung“) der Zweistärkengläser nicht mit Schweigen zu übergehen sei. Nach dem allzu frühen Abscheiden dieses namhaften Brillenfachmannes gehe ich um so bereitwilliger auf seine Anregung ein.

so ergibt sich die Ablenkung für h zu

$$\Delta_N = hD_N - h_0(D_N - D). \quad (61)$$

Ist h_N die halbe Öffnung des Nahteils und gilt also für den Rand

$$h = h_0 - h_N,$$

so ergibt sich für den Bildsprung

$$\Delta_N - \Delta = -h_N(D_N - D). \quad (62)$$

Diese Ausdrücke gelten gleichmäßig für Zweistärkengläser aus einer Glasart (Dufosingläser in der von TH. GRAFF übernommenen Rathe-
nower Bezeichnung) als auch für solche aus zwei verschiedenen (Telegläser).

Es sei hier darauf hingewiesen, daß er sich auch mit dem Farben-
unterschied der Ablenkung in einem aus zwei verschiedenen Glasarten

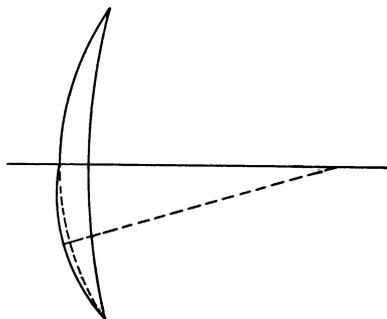


Abb. 47. Ein Achsenschnitt durch ein bildsprungbehaftetes, stufenfreies Zweistärkenglas mit großem Fernteil.

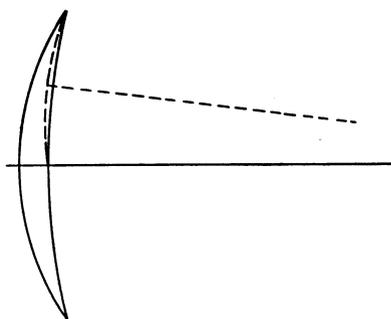


Abb. 48. Ein Achsenschnitt durch ein bildsprungbehaftetes, stufenfreies Zweistärkenglas mit kleinem Fernteil.

zusammengesetzten Nahteil beschäftigt und damit auf Bedingungen für die Farbenfreiheit oder -minderung kommt.

In der zweiten Abhandlung <29 ²³166> hat sich TH. GRAFF auch noch mit den stufenführenden Zweistärkengläsern aus einer einzelnen Glasart beschäftigt und hat zum Schluß seine Ausdrücke in einer übersichtlichen Tafel zusammengestellt.

Der Brechkraftunterschied kann in doppelter Weise angebracht werden; entweder geht man, wie das bisher meistens üblich gewesen ist, von dem Fernglas aus, dann muß der Nahteil von höherer Sammelwirkung unten gleichsam *aufgeschliffen* werden, wie in der Abb. 47, was sich nur durch eine umständliche und teure Herstellungsweise erreichen läßt. Solche Gläser werden allen Trägern gute Dienste leisten, die, wie etwa Landwirte, in der Hauptsache mit fernen Gegenständen zu tun haben, gelegentlich aber auch nahe Dinge betrachten wollen. Handelt es sich aber um Naharbeiter mit vermindertem Akkommodationsvermögen, so wird man, wie in der Abb. 48, von ihrem Nahglase

ausgehen und in seinem Oberteil eine zerstreue Wirkung durch das billigere *Einschleifen* anbringen können. Wenn der Naharbeiter dann gelegentlich aufsieht (beim Gespräch, beim Umhergehen), so bedient er sich des kleineren Fernfeldes.

Auf die Gläser mit stetigem Übergang zwischen den beiden Grenzbrechkräften, wie sie H. ORFORD (*I.*) im Anfang des Jahres 1909 unter Schutz stellte, sei hier nur hingewiesen. Sie sollen im nachstehenden als *Wahlstärkengläser* bezeichnet werden. Sie werden nicht mit sphärischen Grenzflächen hergestellt; eine der beiden Flächen ist bei den bekannt gewordenen Formen jedenfalls eine asphärische. Die Möglichkeit, eine solche Einrichtung durch eine achsensymmetrische, punktmäßig abbildende Linse zu verwirklichen, läßt sich für ein Sammelglas und ein der Akkommodation beraubtes Auge beispielsweise folgendermaßen durch Abb. 49 dartun. Im

allgemeinen werden solche Einzellinsen ein Bildfeld haben von schwächerer Krümmung als die Fernpunktskugel des zu unterstützenden Auges. Benutzt man nun einen exzentrisch gelegenen Glas-

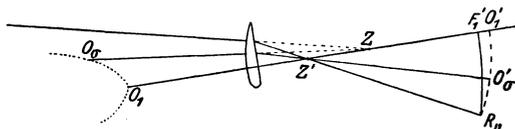


Abb. 49. Ein Übersichtsbild (<16 111+60> zur Leistung von Wahlstärkenlinsen.

- $O'_\sigma R_n$, Achsenschnitt durch die Fernpunktskugel.
- $F'_\sigma R_n$, Achsenschnitt durch das Bildfeld der Wahlstärkenlinse.
- $O_\sigma O_1$, Achsenschnitt durch die Schale der deutlich wahrgenommenen Dingpunkte.

teil zum Ausgleich für die Ferne, indem man eine in ihrem mittleren Teile zu starke Linse um den Augendrehpunkt Z' schwenkt, so wird beim Übergang zum Scheitel die Linsenwirkung stetig anwachsen. Das Auge ist also nach der Mitte des Linsenfeldes hin mehr und mehr überbessert, oder die aus Auge und Brille bestehende Verbindung hat mit andern Worten nach der Linsenmitte zu mehr und mehr die Anlage eines kurzsichtigen Auges. Eine bestimmte Annäherung des Dingpunkts auf jedem gesenkten Hauptstrahle wird also — wenn man von der Veränderung des Zweischalenfehlers absieht, wie sie eintritt, wenn man den Dingpunkt längs seinem Hauptstrahle verschiebt — den Bildpunkt auf die Netzhautgrube fallen lassen. Genauer entspricht einem jeden Hauptstrahlenkegel von bestimmter Neigung gegen die Linsenachse eine ganz bestimmte Dingweite ZO_σ , gemessen auf den schiefen Hauptstrahlen von dem scheinbaren Drehpunkt Z aus, für die der Brillenbildpunkt O'_σ auf die Fernpunktskugel fällt, womit eine deutliche Gesichtswahrnehmung vorhanden ist.

Den Zusatzlinsen gegenüber zeigen die Zweistärkengläser eine sehr fühlbare Einschränkung des Gesichtsfeldes für jede der beiden Gebrauchsmöglichkeiten. Das kann unter Umständen, z. B. beim Treppensteigen und beim Wandern auf schlechtem Wege, recht störend werden, und man hat Glasverschiebungen (Abb. 50) (<13/14 23 u. 16 112> empfoh-

len, die in solchen Fällen den Nahteil nach oben zu bringen gestatten. Trotz allen solchen Einwänden ist doch die einfache Zweistärkenbrille leichter und zierlicher und erlaubt einen schnelleren Übergang von einer der vorgesehenen Entfernungen zur andern. Daß die Gunst der

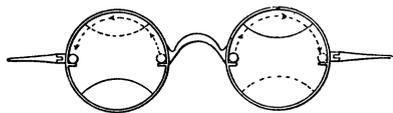


Abb. 50. Ein nach G. W. BAKER (13/14 23) in seiner Fassung drehbares Zweistärkenglas.

Käufer vorläufig auf der Seite der Zweistärkengläser steht, ist nicht zu bezweifeln.

§ 72. Geschichtliche Bemerkungen zu den Zweistärkengläsern. Diesen Brillengläsern gingen gewisse Vorkehrungen zur Vereinfachung des Probierbestecks vor-

aus, wobei auf J. ZAHN um 1686 und CHR. G. HERTEL um 1716 (16 87, + 1, 2) zurückverwiesen sei. Dabei waren im zweiten Falle sogar zwei Mehrstärken-Halblinsen durch die Fassung zusammengehalten. B. FRANKLIN (1.) veröffentlichte seine, eben dieses Mittel verwendende Zweistärkenbrille 1784, doch ist es möglich, daß sein Londoner Optiker S. PIERCE solche Formen schon 1760 hergestellt hat; sie wurden in England zunächst auch seiner Erfindungsgabe zugeschrieben. W. JONES aber kannte 1804 bereits FRANKLINS Erfindungsanspruch. Im Anfang des 19. Jahrhunderts verbreiteten sich diese Formen ein wenig, man sehe z. B. das BIETTESCHE (1.) Patent, doch erlahmte der Anteil der Käufer anscheinend bald, und auch die ganz ausgezeichnete Arbeit des Pianofortebauers J. I. HAWKINS (1.) — er schlug 1826 eine Dreistärkenbrille (s. Abb. 111/3 auf S. 222/3) vor — vermochte nicht, die Beliebtheit dieser Brillenform zu erhöhen.

Handelte es sich hier stets um Stücke verschiedener Brillengläser, die durch die Fassung vereinigt wurden, so leitete das fast gleichzeitige Vorgehen von J. F. JAMIN FILS (2.) und dem Nantenser Hause MOUSSIER & BOULLAND (1., 2., 3.) um die Mitte des vorigen Jahrhunderts einen neuen Abschnitt ein. Sie beabsichtigten, ein Zweistärkenglas aus einem einzelnen Stück einzuführen, bei dem die verschiedenen Wirkungen durch Anschleifen verschiedener Flächen hervorgebracht worden waren. Dabei kamen in der Fläche noch Absätze oder Stufen vor, doch hatten sie sich eine besondere Art von Doppelstärkenlinsen schützen lassen, bei denen in zierlicher Weise die Stufe vermieden war, indem man den kleinen Fernteil des Zweistärkenglases *oben* einschliiff. Diese von allem Gewohnten abweichende Anlage wurde aber zunächst von den Käufern verworfen, und man mußte sich noch lange Jahre mit gekitteten oder solchen geschliffenen Formen begnügen, die eine Stufe zeigten. Namentlich in Amerika wurde an der Verbesserung dieser Brillen gearbeitet, während der einzige hierher gehörige frühzeitige Erfinder im deutschen Sprachgebiet, der Baseler Optiker H. STRÜBIN, seine Gedanken (16 105 + 38) zu spät veröffentlichte. Mit der Zeit entwickelten sich zwei besondere Formen, die alle andern mehr oder minder verdrängen sollten, indem es sich bei ihnen um ein fest zusammenhängendes Stück handelt, das im Aussehen und beim Putzen gar keinen Unterschied von den gewöhnlichen Brillengläsern mit einer einzigen Brennweite zeigt. Das läßt sich entweder durch Schleifen erreichen, was dem Optiker M. BENTZON (1., 2.) gelang; vor dem Kriege waren solche Gläser unter der Bezeichnung *Uni-Bi-fo-Luxe* (s. Abb. 47) bekannt. Oder man nimmt ein Schmelzverfahren zu Hilfe, wie es seit 1897 von dem amerikanischen Optiker J. L. BORSCH (1., 2.) ausgearbeitet wurde. Solche Stücke, etwa in der Anlage von Abb. 43, sind als *Kryptok*-Gläser bekannt geworden. Eine ziemlich umfangreiche Zusammenstellung findet sich bereits in (16 85) und reicht bis in die ersten Kriegsjahre hinein. Für die neuere Geschichte sollte in den Patentberichten nachgeschlagen werden. Hier kann natürlich nur auf die allergrößten Züge ein-

gegangen werden. Einen großen Raum nehmen die Herstellverfahren ein, wobei die Erweichung eines oder beider miteinander zu verbindender Glasstücke eine große Rolle spielt; dafür ist auf S. 87 β zu verweisen. — In ziemlich großer Zahl werden *Dreistärkenlinsen* angeboten, sowie *Zweistärkenlinsen* mit solcher Anordnung des Nahteils, daß ihn der Fernteil umschließt. Offensichtlich beabsichtigt man, so den oben erwähnten Schwierigkeiten beim Treppensteigen zu begegnen. — Die Tatsache, daß die ersten durch Zusammenschmelzen vereinigten Formen — s. Abb. 43 — auf eine Verbindung mit gesteigerten Farbenfehlern führten, hat die Aufmerksamkeit verschiedener Erfinder auf das Ziel gerichtet, diese Fehler zu mindern; auch hierzu wird man in den regelmäßigen Brillenberichten Einzelheiten finden. — Die Sprungfreiheit des Bildes beim Übergang vom Fern- zum Nahteil wird in der neueren Zeit nicht selten erstrebt, freilich wird in der Regel dabei die Abhängigkeit von S. 65/7 der ersten Auflage dieses Buches verschämt verschwiegen. — Gelegentlich wird der Grenzfläche zwischen beiden Glasteilen eine torische Gestalt gegeben, sei es, um die Grenzkurve zu einer breitgelagerten Ellipse zu machen, sei es, um auf die Fehler schiefer Bündel einzuwirken. Hierauf wird noch in § 140 einzugehen sein. — Daß bei den Brillenfassungen für *Zweistärkenbrillen* Drehmöglichkeiten nach BAKER oder Höhenverstellungen vorgesehen sind, sei ebenfalls für diese Zusammenstellung kurz hervorgehoben. Solche Vorkehrungen sind wohl später auch für *Blendschutzbrillen* verwandt worden; es entspricht das den in beiden Fällen ähnlichen Forderungen, worauf in § 70 bereits unter VAN MINDEN (I.) hingedeutet wurde.

b) Die punktmäßig abbildenden Brillen.

§ 73. Die Berücksichtigung des Augendrehpunkts in der Brillenlehre.

Die vorher vorgetragenen Erwägungen bezogen sich allein auf die Grundpunkte des Brillenglases, wie sie für das Gebiet in geringer Entfernung von der Achse, den fadenförmigen achsennahen Raum, gelten. Es ist das ohne Zweifel nur eine sehr oberflächliche Art der Behandlung, aber sie ist für Jahrhunderte allein im Gebrauch gewesen, und erst seit dem Ausgange des 19. Jahrhunderts beginnt sich sehr allmählich eine etwas tiefer gehende Anschauung Geltung zu verschaffen. Es handelt sich dabei um die Berücksichtigung des Auges *im direkten Sehen*, also um die Verwendung der Kenntnis, daß sich das Auge beim gewöhnlichen Gebrauch wegen des sehr kleinen Bezirks des deutlichen Sehens unaufhörlich bewegt.

Wenn nun auch diese Tatsache sehr lange bekannt gewesen ist, so hat man doch erst recht spät die Forderung ausgesprochen, Linsen so zu gestalten, daß sie dem *bewegten* Auge, d. i. dem Auge beim Blicken, möglichst gute Dienste leisten können. Diese Forderung fällt mit der Vorschrift zusammen, verschiedene Fehler schiefer Bündel *für den Augendrehpunkt als Kreuzpunkt der Hauptstrahlen* aufzuheben.

Hierzu ist namentlich in neuerer Zeit bemerkt worden, daß man in aller Strenge für das Durchschnittsauge kaum von einem Drehpunkt sprechen könne, da das blickende Auge in den meisten bisher genauer untersuchten Fällen nicht um einen *festen* Punkt seines Innern bewegt werde. Läßt man indessen diese Abweichungen ihres geringen Betrages

wegen unbeachtet und hält an einer mittleren Entfernung von 13 mm zwischen Hornhautscheitel und Drehpunkt bei Durchschnitssaugen fest, so kann man die weitere Frage dahin stellen, wie diese mittlere Lage bei kurz- und bei langgebauten Augen anzunehmen sei. Umfangreichere Untersuchungen dazu fehlen anscheinend.

§ 74. Geschichtliche Bemerkungen zur Berücksichtigung des Augendrehpunkts in der Brillenlehre. Handelt es sich nun darum, festzustellen, wer zuerst die Bedeutung des Augendrehpunkts für die Zusammensetzung des Auges mit dem Brillenglas erkannt habe, so wird man den ersten Keim der oben behandelten Theorie bei J. KEPLER im Jahre 1611 finden. M. v. ROHR (15/16 126) machte darauf aufmerksam, daß die Bedeutung des Drehpunkts (*centrum visus* oder *centrum oculi*) sowohl für das freie Sehen als auch für das Sehen durch ein Brillenglas damals von KEPLER hervorgehoben wurde. Es ist das ganz verständlich, wenn man daran denkt, daß er 7 Jahre zuvor einen Hinweis auf die Bedeutung der Augendrehung bei der Ausführung astronomischer Messungen veröffentlicht hatte. So glänzend ferner KEPLERS Landsmann, der Jesuitenpater CHR. SCHEINER, auch die Lehre von dem direkten und dem indirekten Sehen entwickelte, so hat er doch seine Aufmerksamkeit nicht auf das mit einem Brillenglas bewaffnete Auge gerichtet, und die schöne, von den beiden großen Schwaben geschaffene Lehre von der Augendrehung sank in Vergessenheit, kaum daß sich im 18. Jahrhundert einige kümmerliche und schwerlich ganz verstandene Reste nachweisen lassen.

Daß W. H. WOLLASTON 1804 und 1812 von der Augendrehung ausgegangen sei und bewußt den Drehpunkt als den virtuellen Blendenort des Brillenglases eingeführt habe, wird hier nicht angenommen, und für die näheren Beweisgründe sei auf jene ROHRsche Arbeit (15/16 126) 210) verwiesen, in der auch von WOLLASTONS rechnenden Nachfolgern auf diesem Gebiet, G. B. AIRY und seinem Schüler H. CODDINGTON, die Rede ist.

Dagegen trat der Augendrehpunkt der Sache nach 1825/6 bei J. MÜLLER auf und erhielt von A. W. VOLKMANN 10 Jahre darauf seinen heute allgemein angenommenen Namen, ohne daß sich indessen diese beiden Forscher mit der Zusammensetzung von Auge und Brillenglas beschäftigten. Zeitlich nach der Veröffentlichung einer für die Perspektive des freien Sehens wichtigen, auf C. TH. TOURTUAL und das Jahr 1841 zurückgehenden Arbeit (die 1855 durch J. J. OPPEL eine wichtige Erweiterung erfuhr) nahm L. J. SCHLEIERMACHER, auf A. W. VOLKMANN gestützt, die hier vorliegende Aufgabe 1842 in einer sehr allgemeinen Weise auf und bemerkte auch schon, daß man bei den Brillen den Augendrehpunkt als Hauptstrahlenkreuzpunkt anzusehen habe. Diese Behandlung geriet aber völlig in Vergessenheit und wurde der Gegenwart erst 1920 von H. BOEGEHOLD (20 1) mitgeteilt. In einer viel weniger allgemeinen Weise streifte in der Zwischenzeit die hier vorliegende Aufgabe R. H. BOW im Jahre 1863, wo für ein als Lupe zu verwendendes Brillenglas von 10—11 dptr der Augendrehpunkt und seine Rolle für die Abbildung längs schiefen Bündeln berührt wird. Näheres dazu und zu dem Folgenden mag man bei M. v. ROHR (12.) nachlesen. Mit der BOWschen Arbeit kam man zuerst über die Kenntnis KEPLERS hinaus, denn verständlicherweise konnte dieser von den astigmatischen Fehlern eines im schiefen Strahlengange benutzten Brillenglases nichts Genaueres wissen.

Die Aufgabe für die eigentlichen Brillengläser stellte in einer brauchbaren Weise 1889 A. MÜLLER (1.) in seiner Doktorarbeit, doch fehlte ihm wohl die mathematische Schulung zu sehr, als daß er unmittelbar Früchte für die Brillenkunde hätte ernten können.

Damit ist diese Darstellung bei F. OSTWALT angelangt, der 1898, wie noch genauer in § 90 gezeigt werden wird, diese Aufgabe von neuem und mit bewundernswürdigem Arbeitseinsatz angriff, leider behindert durch eine Verwechslung des Augendrehpunkts mit seinem scheinbaren Ort. Diesen Fehler stellte M. TSCHERNING 1899 mit Bemerkungen richtig, die sich ihm aus seinen gemeinsam mit ROSENFELD angestellten Versuchen ergeben hatten. 5 Jahre darauf veröffentlichte er auf Grund von Vorrechenformeln eine Reihe von Tafeln für achsensymmetrische punktuell abbildende Brillengläser, was ebenfalls in § 90 noch genauer zu schildern sein wird.

Inzwischen war die Drehpunktsbedingung durch A. GULLSTRAND im Jahre 1901 zur Kenntnis der Jenaer Werkstätte gekommen und 1907 von ihm durch die Berücksichtigung der Farbenfehler erweitert worden. Somit ist es ganz verständlich, daß man bei den von 1908 ab in Jena vorgenommenen Arbeiten zur Entwicklung der Brillentheorie die erweiterte Drehpunktsbedingung ständig im Auge behielt.

E. WEISS (7.) hat unter Annahme einer der Achsenlänge des fehlsichtigen Auges entsprechenden Verlagerung ein Täfelchen für den Drehpunktsabstand angegeben, das auch bei H. BOEGEHOLD (20 14) angeführt worden ist. Setzt man aber, wie es vermutlich in der Regel geschieht, für mittlere Scheitelbrechwerte einen festen Abstand des Augendrehpunkts von dem augennahen Glasscheitel an, so wird man die in § 94 behandelten Folgen einer Verschiebung des Drehpunkts längs der Achse berücksichtigen müssen.

Aus neuerer Zeit ist eine Arbeit H. HARTINGERS (29 15) zu berücksichtigen. Er wandte sich gegen einen Ende 1927 erschienenen Angriff C. SCHAAPs, worin überhaupt das Bestehen eines Augendrehpunkts geleugnet wurde. H. HARTINGER konnte aber zeigen, daß sich unter Berücksichtigung auch der Längsverschiebung des Auges bei der Drehung (zunächst nur in einer waagrechten Ebene) die Annahme eines Drehpunkts durchaus rechtfertigen ließ, wenn man für die genügende Genauigkeit der Messungen sorgte. Die Abb. 51 wird einen Begriff von den im allgemeinen sehr geringfügigen Schwankungen der Drehpunktslage (für 24 verschiedene Blickrichtungen bis zu 30° rechts und links von der 0-Richtung) geben. — An einem Musterbeispiel hat H. BOEGEHOLD für diese Darstellung die Störungen der Strahlenvereinigung rechnerisch festgestellt, die für eine geringe Seitenverschiebung des Drehpunkts Z' bei Neigungsschiefen bis zu 30° auftreten. Der Astigmatismus schiefer Bündel änderte sich dabei zu wenig, als daß der Träger einer punktmäßig abbildenden Brille die aus dieser Verschiebung folgende Verschlechterung bemerken könnte.

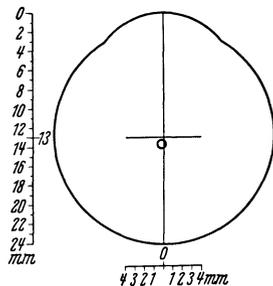


Abb. 51. H. HARTINGERS Grenzkreis im Horizontalschnitt des GULLSTRANDSchen Übersichts-auges für je 6 Drehpunktsbestimmungen an 4 aufeinanderfolgenden Tagen durch denselben rechtsichtigen Beobachter.

Das Sehen mit bewegtem Auge¹.

§ 75. Die Schärflächen. B. Die in § 73 erörterte gesetzmäßige Beweglichkeit um einen festen Punkt unterscheidet das Auge von fast allen künstlichen optischen Vorrichtungen. Das ruhende Auge kann

¹ In diesem Abschnitt ist bei den Größen, die sich auf das Brillenglas beziehen, der Zeiger nur bei D , und sonst in den wenigen Fällen angebracht worden, wo die Verbindung mit gleichartigen Größen am Auge in Frage kam.

nur in der Richtung der Achse und in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft deutlich sehen, auf weiter seitlich liegende Gegenstände wird es nur aufmerksam gemacht und dreht sich dann so, daß die Achse in ihre Richtung fällt. Dieses endlich ausgedehnte Blickfeld ist nun zu betrachten.

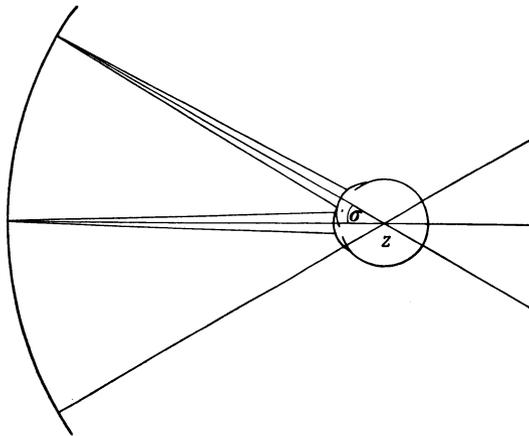


Abb. 52. Eine Übersichtsdarstellung der reellen Schärffläche eines stark kurzsichtigen Auges. Die eintretenden Bündel sind gleichmäßig divergent.

Die Richtung der optischen Achse geht (Abbildung 52 und 53) in jeder Lage durch den Augendrehpunkt Z , der 13 mm hinter dem Hornhautscheitel angenommen sei. Die so bestimmte zweifache Mannigfaltigkeit von Strahlen — das *Hauptstrahlenbündel* — ist wohl von dem früher betrachteten,

wenig geöffneten Bündel zu unterscheiden, das seine Spitze im vorderen Augenhauptpunkte hatte. — Trägt man auf jedem Hauptstrahl (für jeden Winkel σ) vom vorderen Augenhauptpunkt aus den Abstand des Fernpunkts ab, so erhält man eine Kugelfläche um den

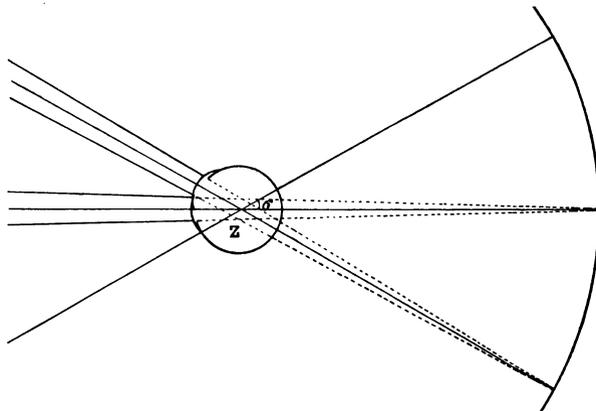


Abb. 53. Eine Übersichtsdarstellung der virtuellen Schärffläche eines stark übersichtigen Auges. Die eintretenden Bündel sind gleichmäßig konvergent.

Augendrehpunkt, auf der alle Punkte liegen, die bei entspannter Akkommodation deutlich zu sehen sind; für ein rechtsichtiges Auge geht sie in die unendlich ferne Ebene über. Die Kugelfläche heiße nach M. v. ROHR (7. 580) die *Fernpunktsfläche* des Auges, entsprechend ist

die *Nahpunktfläche* einzuführen, zwischen beiden liegt der Schärferaum des Auges. Jede im Schärferaum liegende Kugelfläche um den Augendrehpunkt entspricht einem bestimmten Akkommodationszustande; diese Flächen heißen *Schärferflächen*.

Die Abbildung durch das unbewaffnete Auge längs eines Hauptstrahls ist von dessen Neigung unabhängig, da die Gesichtslinie mit der augenseitigen Richtung des Hauptstrahls zusammenfällt.

Der Winkel, unter dem ein Gegenstand beim Blicken erscheint, ist der Winkel, um den sich das Auge dreht; er wird also nicht durch eine optische Abbildung, sondern durch die Muskeltätigkeit erhalten. Beim Blicken tritt daher für das unbewaffnete Auge keine Verzeichnung (s. § 77) ein.

Abweichungen höherer Ordnung wie *Koma* und *Öffnungsfehler* werden hier, wie auch schon in $\langle 25\ 54\ \psi \rangle$ bemerkt, nicht berücksichtigt werden. In diesem Buche beschränken wir uns auf die *Verzeichnung*, den *Zweischalenfehler* und die *Bildfeldfehler*.

Die Brillen mit einer einzigen Brennweite.

§ 76. Die Lupenbrillen. B. Nach § 55 ist die Lupenbrille eine Zusatzlinse zum rechtsichtigen, akkommodationslosen Auge. Die Fernpunktfläche fällt also mit der unendlich fernen Ebene zusammen.

Die Forderung an eine vollkommene Lupenbrille lautet: Eine reelle Dingebene, die Schreib- oder Druckfläche, ist ohne Verzeichnung und ohne Zweischalenfehler im Unendlichen abzubilden. Die Ausdrücke „Verzeichnung“ und „Zweischalenfehler“ sind zunächst zu erklären.

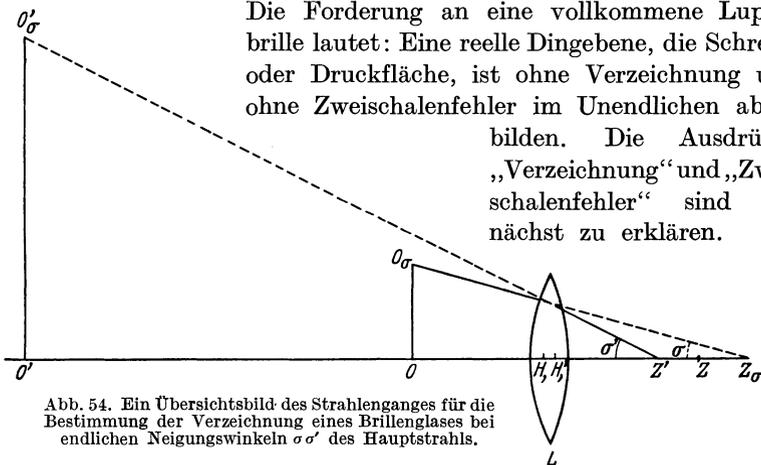


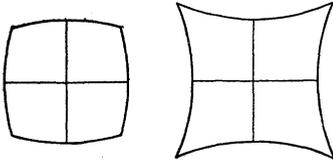
Abb. 54. Ein Übersichtsbild des Strahlenganges für die Bestimmung der Verzeichnung eines Brillenglasses bei endlichem Neigungswinkel $\sigma\sigma'$ des Hauptstrahls.

§ 77. Die Verzeichnung im allgemeinen. B. Es sei (Abb. 54) L das Brillenglas, Z' der Augendrehpunkt. Der betrachtete Gegenstand sei OO_σ . Der Hauptstrahl von O geht ungebrochen durch L hindurch, der Hauptstrahl von O_σ hingegen wird in der Linse abgelenkt werden; er wird vor dem Durchgang etwa den Winkel σ mit der Achse bilden und nach einem Achsenpunkte Z_σ hinzielen, nach dem Durchgang muß er als Hauptstrahl nach Z' zielen und mag den Winkel σ' mit der

Achse bilden. Da der Lichtweg vom Bewegungssinn unabhängig ist, kann man das dingseitige Hauptstrahlenbündel so erhalten, daß man das Licht von Z' ausgehend denkt und in umgekehrter Richtung durch die Linse verfolgt; man wird so zu einem Strahl gelangen, der von O_σ herzukommen scheint, und den Winkel σ sowie Z_σ bestimmen. Läßt man nun σ' und damit σ kleiner und kleiner werden, so wird sich der betrachtete Punkt O_σ der Achse nähern, dabei wird Z_σ im allgemeinen seinen Ort ändern, und wenn O_σ nach O rückt, wird Z_σ sich einem Punkte Z nähern. Z , der „Bildpunkt“ des Augendrehpunkts, heiße der scheinbare Ort des Augendrehpunkts. ZZ_σ ist der Öffnungsfehler (die sphärische Abweichung) des scheinbaren Augendrehpunkts für den Winkel σ .

Das Bild des Achsenpunkts O sei im Punkte O' , die dort errichtete achsensenkrechte Ebene ist die sogenannte GAUSSISCHE BILDEBENE. Der von O_σ kommende Hauptstrahl hat nach dem Durchgang durch die Linse die Richtung $O'_\sigma Z'$, scheint also von O'_σ zu kommen. In dieser Weise entspricht jedem Punkte der Strecke OO_σ ein bestimmter Punkt der Strecke $O'O'_\sigma$; nach GULLSTRANDS Bezeichnungweise besteht zwischen den beiden Ebenen eine punktuelle Korrespondenz.

Abb. 55.



Übersichtsbild der Erscheinungsform der tonnenförmigen kissenförmigen Verzeichnung für ein Quadrat bei zerstreuen den sammelnden Brillengläsern.

Der Abbildungsmaßstab des endlichen Liniensegments OO_σ ergibt sich als

$$\beta'_\sigma = O'O'_\sigma/OO_\sigma. \tag{63}$$

Der Abbildungsmaßstab eines Liniensegmentchens in der Nähe der Achse ist nach (11) in § 36 auf S. 39:

$$\beta' = y'/y = a'/a = H'O'/HO \tag{63a}$$

und, wenn für alle Werte von σ gilt $\beta'_\sigma = \beta'$, so heißt die Darstellung der

Dingpunkte in der Ebene $O'O'_\sigma$ *verzeichnungsfrei* (*orthoskopisch*). Jedes Flächenstück oder jeder Linienzug wird alsdann ähnlich wiedergegeben.

Andernfalls tritt Verzeichnung auf, der Maßstab wird nach dem Rande zu kleiner für $\beta'_\sigma < \beta'$, größer für $\beta'_\sigma > \beta'$. Im ersten Falle spricht man von *tonnenförmiger*, im zweiten von *kissenförmiger* Verzeichnung. Abb. 55 zeigt die Wiedergabe eines Quadrats in beiden Fällen.

Für die Lupenbrille ist $LO' = H'O' = \infty$. Hier kann von keiner Wiedergabe $O'O'_\sigma$ die Rede sein, man kann nur den bildseitigen Winkel σ' mit der Dinggröße OO_σ vergleichen. Die vergrößernde Kraft der Lupe wird:

$$V_\sigma = \text{tg } \sigma' / OO_\sigma. \tag{64}$$

Für ein kleines, achsennahes Liniensegment hat man:

$$\lim \text{tg } \sigma' = \lim O'O'_\sigma/O'H' = -\lim O'O'_\sigma/H'O' = -y'/a'$$

oder für die vergrößernde Kraft:

$$V_0 = -y'/a'y = -1/a = -A, = D. \quad (64a)$$

Die Verzeichnung ist gehoben für $V_\sigma = V_0$, sie ist tonnenförmig für $V_\sigma < V_0$, kissenförmig für $V_\sigma > V_0$.

Es ist zu beachten, daß bei der Bestimmung der Verzeichnung (durch die Durchstoßpunkte der Hauptstrahlen) gar keine Rücksicht darauf genommen ist, ob wirklich im optischen Sinne ein Bild von O_σ in O'_σ (oder bei der Lupebrille im Unendlichen) entsteht. In der Tat wird dies im allgemeinen nicht der Fall sein; ebenso ist es hier gleich, mit was für Fehlern ein etwa vorhandenes Bild behaftet ist; die Verzeichnung gibt nur ein Maß für die Treue der Wiedergabe, nicht für ihre (in den meisten Fällen wichtigere) Deutlichkeit.

Aus den Näherungsformeln ergibt sich, daß die Verzeichnungsfreiheit für Lupen- und Fernbrillen (vgl. § 97 ff.) auch nicht annähernd zu erreichen ist.

§ 78. Geschichtliche Bemerkungen zur Verzeichnung. Eine mathematische Behandlung der Verzeichnung von Brillengläsern scheint zuerst von M. TSCHERNING (1.) versucht worden zu sein. So hat er nach M. v. ROHR (12. 383) bereits 1899 von Formeln auch zur Verzeichnung gesprochen und solche 5 Jahre später veröffentlicht. Es handelt sich dabei um algebraische Vorzeichenformeln im Gebiete des achsennahen Raums, und auch hier ergibt sich ihm eine quadratische Gleichung für den Radius der ersten Brillenfläche, bei deren Erfüllung er von *orthoskopischen* Brillengläsern sprach.

Man kann dieser Auffassung nicht zustimmen, mindestens darf man den Ausdruck *orthoskopisch* nicht mit *verzeichnungsfrei* übersetzen. Schon die trigonometrische Durchrechnung einer Stichprobe zeigt, daß die Verzeichnungsfreiheit für endliche Hauptstrahlneigungen keineswegs erreicht ist, und der Grund dafür ist in dem Ansatz der Vorzeichenformeln zu suchen. Der von M. TSCHERNING (2. 245) vorgeschlagene Näherungsansatz gibt nämlich allein die Bedingung für die Abweichungsfreiheit des scheinbaren Drehpunkts, und er müßte noch durch einen Ausdruck ergänzt werden, der sich auf die Tangentenbedingung bei kleinen Neigungswinkeln bezieht. Behandelt man mit A. KÖNIG (1. 248) und M. v. ROHR den Ausdruck $V = 0$ für $A_{,,} = 0$, so ergibt sich für das Geltungsbereich der Annäherungsformeln die bereits erwähnte Unmöglichkeit, die obige Forderung zu erfüllen.

Ungefähr den gleichen Standpunkt nimmt eine spätere Arbeit desselben Verfassers (3.) ein, in der sich dieselben Ableitungen, zum Teil dieselben Abbildungen und dieselben Tabellenwerte finden wie in der eben besprochenen. Unter den Zusätzen ist hier die Mitteilung besonders wichtig, daß sich das Pariser Haus F. BENOIST, L. BERTHOOT et Cie. bereit erklärt habe, die WOLLASTONSche Form der punktuell abbildenden Gläser als *orthoskopische Brillengläser* (*verres orthoscopiques*) regelmäßig anzufertigen. Aus der beigegebenen Darstellung (3. 413 + 5 b) sieht man allerdings, daß ein solches Glas mit

$$D, = +10 \text{ dptr}$$

weder wirklich frei von dem Zweischalenfehler noch frei von Verzeichnung ist. Man mag also schon damals die Bezeichnung *orthoskopisch* in einem unstrengen Sinne angewandt haben. — Zu den späteren TSCHERNINGschen Ansichten über Verzeichnung von Brillengläsern sehe man unter § 98 nach.

§ 79. Die Bildfeldfehler im allgemeinen. Die Scheitelkugel. B.

Bei schieferm Durchgang durch Brillen — wie überhaupt durch ein optisches Instrument mit Umdrehungsflächen — leidet aber nicht nur die Treue, sondern auch die Schärfe der Abbildung. Es schneiden einander nämlich die von einem Dingpunkt außer der Achse kommenden Strahlen auch dann nicht, wenn man sich auf ein unendlich dünnes Bündel beschränkt. Ein solches Schneiden findet nur für zwei ebene Büschel statt. Für die theoretische Erklärung und rechnerische Fest-

stellung dieser Erscheinung sei auf die Lehrbücher der geometrischen Optik verwiesen.

Das Auge betrachte (Abb. 56) einen Gegenstand $O\tilde{O}$ — beispielsweise durch eine sammelnde Brille. Die Bedeutung der Buchstaben ist dieselbe wie in § 77. Einen Achsenpunkt O mag das Auge deutlich in O' sehen. (Es wird

O mag das Auge deutlich in O' sehen. (Es wird

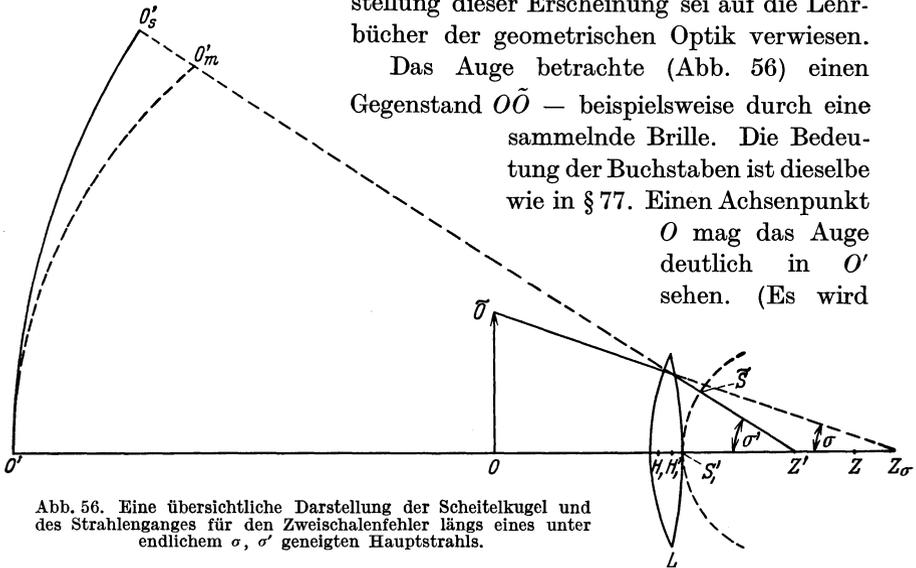


Abb. 56. Eine übersichtliche Darstellung der Scheitelkugel und des Strahlenganges für den Zweischalenfehler längs eines unter endlichem σ , σ' geneigten Hauptstrahls.

vorausgesetzt, daß die Brille zentrisch benutzt wird, d. h. daß der Hauptstrahlenkreuzpunkt auf der Achse liegt.) Will sich aber das Auge auf den Punkt \tilde{O} einstellen, so muß es schief durch L blicken, sich um den Winkel σ' drehen. Alsdann schneiden einander im allgemeinen nur zwei ebene (enge) Büschel, die von \tilde{O} ausgehen. Das eine verläuft in der Meridianebene, die den Hauptstrahl und die Achse enthält (*meridionales*, auch *tangentiales* Büschel); die Ebene des andern geht durch den Hauptstrahl und steht auf der Meridianebene senkrecht (*Sagittalebene*, *sagittales* Büschel). Die beiden Schnittpunkte, die sogenannten „astigmatischen Bildpunkte“, sind in der Abbildung mit O'_m und O'_s bezeichnet. Alle übrigen Strahlen von \tilde{O} aus schneiden bildseitig den Hauptstrahl überhaupt nicht, sondern verlaufen *windschief*. Nur dann, wenn durch die besondere Art der optischen Vorrichtung bewirkt ist, daß O'_m und O'_s in einem Punkte O'_σ zusammenfallen, gehen auch die übrigen Strahlen eines dünnen räumlichen Bündels durch O'_σ .

Wird ein Hauptstrahl an einer Reihe von Flächen gebrochen, so behält die Meridianebene (der Achsenschnitt) ihre Lage, die Sagittalebene dreht sich (Abb. 57) bei jeder Brechung um die senkrecht zum Achsenschnitt liegende Tangente der brechenden Fläche (aa), und zwar um die Richtungsänderung des Hauptstrahles (δ_k).

Fällt nun das Bündel nach dem Durchgang durch die Brille auf ein achsensymmetrisches Auge, dessen Drehpunkt Z' auf der Hauptachse liegt und dessen Flächen daher vom Hauptstrahl senkrecht getroffen werden, so kann sich das Bündel nicht wieder in einem Punkte vereinigen, d. h. das Auge kann kein deutliches Bild des Punktes \tilde{O} erhalten.

Bestimmt man die Punkte O'_m und O'_s für verschiedene Hauptstrahlneigungen σ , so hat man zwei

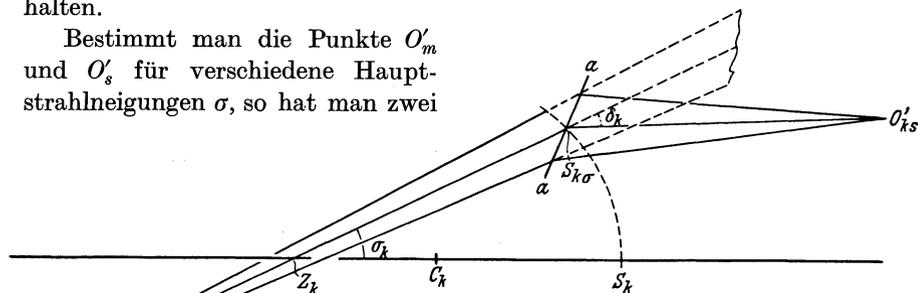


Abb. 57. Ins Endliche überhöhtes Übersichtsbild der Vorgänge in der Sagittalebene und ihrer Drehung bei der k ten Brechung des Hauptstrahls in $S_{k\sigma}$. Neigung des Hauptstrahls vor der Brechung σ_k , nach der Brechung $\sigma'_k = \sigma_k - \delta_k$; Einfallspunkt $S_{k\sigma}$; Richtungsänderung δ_k ; $a-a$ Richtung der auf der Zeichenebene senkrechten, im Einfallspunkt $S_{k\sigma}$ an die Umdrehungsfläche gelegten Tangente, um die sich die Sagittalebene bei der Brechung bewegt.

Umdrehungsflächen, die meridionale und die sagittale Bildschale, die einander in der Achse berühren (Abb 56).

Es ist nun noch für das um σ' gegen die Achse geschwenkte Auge die Größe zu bestimmen, die dem Scheitelbrechwert

$$S'_s = 1/\overline{S'_s O'_s}$$

entspricht. Das geschieht mit Hilfe der Scheitelkugel. Legt man durch den inneren Brillenscheitel S'_s eine Kugel mit dem Mittelpunkt Z' , so ist jeder auf diese Kugel bezogene Brechwert

$$S'_s = 1/\overline{S'_s O'_s}; \quad S'_m = 1/\overline{S'_s O'_m}$$

ohne weiteres mit dem Scheitelbrechwert S'_s der Brille vergleichbar. Für eine vollkommene Brille wäre

$$S'_s = S'_s = S'_m; \quad 0 < \sigma' < \bar{\sigma}, \quad (65)$$

wo $\bar{\sigma}$ der dem Brillenrande entsprechende Wert von σ' ist. Alle Zusammenhänge zwischen dem Drehwinkel σ' und den augenseitigen Brechwerten sind im folgenden auf die Scheitelkugel bezogen. — Wollte man statt des Scheitelbrechwertes den Hauptpunktbrechwert benutzen,

so müßte in allen Formeln $\tilde{S}O'_s$ durch $\tilde{S}O'_s - \partial$ ersetzt werden, da bei der Augendrehung auch der Augenhauptpunkt $H_{,,}$ sich auf einer Kugel um Z' bewegt.

§ 79a. Die Hebung der Bildfeldfehler bei verschiedenen Brillenformen. Der Astigmatismus schiefer Bündel (der Zweischalfehler). B. Die Gleichung (65) des § 79 verlangt, daß

$$S'_s - S'_m = S'_m - S'_m = 0 \quad (65a)$$

ist. Die beiden Ausdrücke nennen wir den sagittalen und den meridionalen Bildfehler. Ihr gleichzeitiges Verschwinden für alle Werte von $\sigma' \leq \bar{\sigma}'$ bedeutet, daß der Bildpunkt sich auf einer Kugel um Z' bewegt, d. h. das sich drehende Auge hat ständig ein deutliches Bild des Gegenstandes, ohne seinen Akkommodationszustand ändern zu müssen.

Im allgemeinen ist es ohne Deformation einer Fläche nur in Ausnahmefällen möglich, einen optischen Fehler für ein ganzes Feld, d. h. hier für alle Werte $\sigma' \leq \bar{\sigma}'$ zu heben. Andererseits mag als Erfahrungstatsache bemerkt werden, daß bei den meisten Brillen die Hebung eines Fehlers für einen Winkel $\bar{\sigma}'$ nur geringe Zwischenfehler (Zonen) für kleinere Winkel übrigläßt.

Eine befriedigende Erfüllung von (65a) ist aber aus einem andern Grunde nur ausnahmsweise möglich. Das Brillenglas hat zwar vier verfügbare Größen, die beiden Halbmesser, die Dicke und die Brechzahl. Die beiden letzten Werte können aber nur innerhalb verhältnismäßig enger Grenzen geändert werden. Da nun durch den Scheitelbrechwert (und bei Nahbrillen die Dingtfernung) eine Bedingung gegeben ist, so ist nur ein Halbmesser verfügbar, wodurch der andere bestimmt ist; oder die beiden Halbmesser dürfen nur so verändert werden, daß die Achsenwirkung der Brille ungeändert bleibt (Durchbiegung der Brille). (65a) ist aber eine doppelte Bedingung, kann also, wo nur ein Freiheitsgrad vorhanden ist, im allgemeinen nicht erfüllt werden. Man wird sich also mit weniger begnügen müssen. Man könnte entweder

$$S'_s - S'_m = 0 \quad \text{oder} \quad S'_m - S'_m = 0 \quad (65b)$$

machen wollen, so daß die sagittale oder die meridionale Bildschale eine Kugel um den Augendrehpunkt wäre. Da jedoch keiner der beiden sogenannten astigmatischen Bildpunkte wirklich ein enges Strahlenbündel in sich vereinigt, so hätte dies Verfahren keine besonderen Vorteile.

Hier ist auf einen doppelten Unterschied der Brille gegenüber verschiedenen optischen Instrumenten hinzuweisen. Wenn das Bild auf einer ebenen Fläche aufgefangen wird, wie z. B. in der Photographie, beim Bildwurf, so tritt an die Stelle von (65a) die Forderung, daß beide Bildschalen mit der *Auffangebene* zusammenfallen, daß (nach sogleich zu erläuternder Bezeichnung) Zweischalfehler und Bildfeldwölbung

gehoben sind. Bei der Brille ist wohl das erste, nicht das zweite erstrebenswert, vielmehr wird hier eine Wölbung von bestimmtem, bei starken Brillengläsern ziemlich beträchtlichem Werte gewünscht.

Weiter werden an den sogenannten astigmatischen Bildpunkten zwar keine Punkte, wohl aber gewisse Linien deutlich abgebildet, am sagittalen Bildpunkte Linien in der Meridianebene, am meridionalen solche in der Sagittalebene. Daher wird man z. B. bei der Aufnahme einer Teilung oder eines Spektrums mit FRAUNHOFERSchen Linien der meridionalen Bildfläche die gewünschte Form zu geben suchen (in der Regel sie ebnen), ohne auf die Form der andern Schale Wert zu legen. Da die Brille auf Gegenstände von allen möglichen Formen gerichtet wird, böte ein solches Verfahren keine Vorteile.

Macht man für den Winkel $\bar{\sigma}'$

oder $S'_s - S'_i = S'_m - S'_i$ (im allgemeinen aber nicht Null)

$$S'_s = S'_m, \quad (65c)$$

so werden die beiden Bildschalen einander für $\sigma' = \bar{\sigma}'$ schneiden; wie schon bemerkt, werden sie dann meist für $0 < \sigma' \leq \bar{\sigma}'$ nicht völlig, aber doch nahezu zusammenfallen. Das Auge kann dann bei seiner Drehung ständig ein deutliches Bild des Gegenstandes $O\tilde{O}$ erhalten, falls es in stande ist, seinen Akkommodationszustand hinreichend zu ändern. Im allgemeinen wird die nötige Änderung nicht besonders groß sein.

Den Unterschied zwischen S'_s und S'_m bezeichnet man als Astigmatismus, insbesondere als *Astigmatismus schiefer Bündel*, das Bündel selbst als *astigmatisch*. Die wörtliche Übersetzung dieses Ausdrucks ist punktlos; es gibt hier keinen wirklichen Vereinigungspunkt. Das Wort Astigmatismus wird aber auch bei solchen optischen Instrumenten gebraucht, die nicht achsensymmetrisch, sondern etwa nur zweifach symmetrisch sind und daher schon für Achsenpunkte eine ähnliche Erscheinung zeigen; insbesondere ist es ein Fehler, den viele Augen haben. Dies hat A. GULLSTRAND (4. 948) zu folgender Äußerung veranlaßt: „Was die Terminologie betrifft, so habe ich den Astigmatismus als Eigenschaft des Strahlenbündels längs einem ausgewählten Strahle bezeichnet, was immer gemeint wird, wenn kurz vom Astigmatismus eines Strahlenbündels gesprochen wird. Unter Astigmatismus eines optischen Instrumentes wird leider Verschiedenes verstanden. In der medizinischen Optik, wo Instrumente vorkommen, in welchen das axiale Strahlenbündel längs der Achse astigmatisch ist — astigmatische Augen, sphärozyklindrische bzw. torische Brillen —, wird diese Eigenschaft gemeint. In der Literatur der konstruktiven Optik dagegen versteht man darunter den Astigmatismus eines schief einfallenden

Strahlenbündels, oft auch nur den eines Strahlenbündels mit unendlich kleiner Neigung gegen die Achse, in welchem letzteren Falle der Astigmatismus des Instrumentes durch die Krümmungsdifferenz der beiden Bildflächen im Schnittpunkte mit der Achse gemessen wird. Ich kann nicht umhin, der Meinung Ausdruck zu geben, daß erstere Terminologie wissenschaftlich richtig, letztere recht unglücklich ist.“

In diesem Buche ist schon in den früheren Auflagen unter Astigmatismus schiefer Bündel der Astigmatismus längs den durch eine bestimmte Blende Z' bestimmten Hauptstrahlen verstanden worden; ein achsensymmetrisches optisches Instrument ist dann frei vom Astigmatismus schiefer Bündel oder punktuell abbildend für einen Neigungswinkel σ' , wenn längs einem durch Z' bestimmten Hauptstrahl mit der endlichen Neigung σ' ebenso wie in der Achse $S'_s - S'_m = 0$ ist.

W. VOLKMAN hat für die Trennung der beiden Bildschalen den Namen *Bildfeldspanne* vorgeschlagen, die Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik empfiehlt den Ausdruck *Zweischalenfehler*. Das astigmatische Bündel empfiehlt M. v. ROHR als *schneidenförmig* zu bezeichnen.

Es sollen zunächst die Brillenformen besprochen werden, bei denen der zuletzt behandelte Fehler möglichst gehoben ist (punktmäßig abbildende Brillen), andere Versuche werden anhangsweise erwähnt werden.

§ 80. Geschichtliche Bemerkungen über die Bildfeldfehler. B. Die beiden „Bildpunkte“ wurden im 17. und 18. Jahrhundert langsam bekannt, vgl. z. B. die Mitteilungen bei M. HERZBERGER (33 31). Formeln zur Berechnung hat vielleicht zuerst TH. YOUNG 1801 aufgestellt und sie auch zur Bestimmung der Bildfläche des (ruhenden) Auges angewandt (23 102, insbes. 107, 109, 120). Die heute üblichen Formeln hat H. CODDINGTON 1829 aufgestellt; unabhängig wurden sie um 1888 von E. ABBE entwickelt, diese Ableitung hat S. CZAPSKI 1891 veröffentlicht. Geschichtlich sind auch die Formeln von L. HERMANN (1874) von Wichtigkeit gewesen, da sich F. OSTWALT auf sie gestützt hat (s. § 90).

Ein Lehrgerät zur Bildung richtiger Vorstellungen über die möglichen Lagen der Hauptschnitte bei zentrisch benutzten Umdrehungsfolgen wurde nach (14/15 84) für C. ZEISS 1913 geschützt. — Eine sehr eingehende Darstellung der Lehrmittel zur Veranschaulichung des Zweischalenfehlers gab O. HENKER (19 25).

Auf die Brille sind die fraglichen Betrachtungen erst spät angewandt worden. Als G. B. AIRY 1827 und sein Schüler H. CODDINGTON 1829 mit Vorzeichenformeln die Gestalt einer möglichst befriedigenden Linse für die Camera obscura bestimmten, wurde die Brillenfrage durch eine flüchtige Erwähnung der Lupenbrillen nur eben gestreift, s. M. v. ROHR ((15/16 126) 213). — Die Berechnung der Bildfeldfehler einer Brille ist anscheinend erst 1898 durch F. OSTWALT (*I.*) versucht worden.

Die Scheitelkugel wurde erst 1911 durch M. v. ROHR (*10.* 86 β) eingeführt. Es erklärt sich dies daraus, daß vorher nie die Aufstellung einer vollständigen, das Blicken umfassenden Brillenlehre versucht worden war, obgleich F. C. DONDERS (3. 121) einzelne Abschnitte behandelt hatte.

Über das Wort „Astigmatismus“ vgl. man bei M. v. ROHR: *Naturwiss.* 20, 847 (1932).

§ 81. Die Hebung des Zweischalenfehlers bei der Lupenbrille. &B.
 Wenn der Augendrehpunkt den Kreuzpunkt der Hauptstrahlen festlegt, so muß man für die Rechnung, wo sonst die Blendenmitte den Kreuzpunkt der Hauptstrahlen bestimmt, diesen Kreuzpunkt genügend weit von der letzten Linsenfläche entfernt annehmen. Setzt man für den Abstand

$$S, S'' = d$$

die zunächst willkürlich gewählten Grenzen fest

$$12 \text{ mm} \leq d \leq 17 \text{ mm},$$

so ergibt sich unter Beachtung des Abstandes zwischen Drehpunkt und Hornhautscheitel

$$25 \text{ mm} \leq x' \leq 30 \text{ mm},$$

wo x' den Abstand des Kreuzpunkts der Hauptstrahlen vom benachbarten Brillenscheitel bedeutet. Bei Lupenbrillen ist das Bild stets im Unendlichen anzunehmen; für den Berechner ist es bequemer, den Strahlengang umzukehren und eine sammelnde Einzellinse zu fordern, die — mit einer Vorderblende vom vorgeschriebenen Abstände versehen — die unendlich ferne Ebene ohne Zweischalenfehler bei angegebener endlicher Hauptstrahlneigung abbilde. So gestellt entspricht diese Forderung der zwar viel später auftretenden, aber früher rechnerisch bearbeiteten Aufgabe, die Bestimmungsstücke einer möglichst vollkommenen *photographischen Landschaftslinse mit Vorderblende* anzugeben. Allerdings bleibt bei der vorliegenden Aufgabe der Unterschied bestehen, daß, verglichen mit der Brennweite der Lupenbrille, der Blendenabstand ungewöhnlich groß ist, wenn man an die Blendenabstände neuzeitlicher Landschaftslinsen denkt. Es ist das entschieden die Hauptschwierigkeit bei der Planung solcher Instrumente, die zur Unterstützung des Auges im freien direkten Sehen bestimmt sind.

Die Aufgabe ist nun, der Brille eine solche Durchbiegung zu geben, daß die gestellte Forderung erfüllt ist. Durch diese wird einer der beiden Radien und (bei gegebener Brechkraft) auch der andere bestimmt.

Hält man, die Anforderungen des Gebrauchs berücksichtigend, an dem endlichen Werte von σ fest, so gibt es kein anderes Mittel als das wiederholter trigonometrischer Durchrechnungen und Bestimmungen des Zweischalenfehlers für verschiedene Werte der Durchbiegung. Dies Verfahren ist zwar ganz streng, aber recht umständlich und ziemlich unübersichtlich.

Beschränkt man sich aber auf einer vorbereitenden Stufe der Rechnung auf kleine Winkel σ , d. h. setzt man sich zunächst zum Ziel, den Zweischalenfehler auf Hauptstrahlen *im achsennahen Gebiet* zu heben, so werden aus den schwerfälligen trigonometrischen leicht übersichtliche algebraische Formeln (*Vorrechenformeln*), aus denen man den Einfluß

der verschiedenen Bestimmungsstücke, meistens allerdings nur für verschwindende Linsendicken, leicht erkennen kann. Solche Ausdrücke finden sich beispielsweise bei A. KÖNIG (I. 264) und M. v. ROHR, und man kann daraus auch ersehen, daß die Forderung, den Zweischalenfehler auf Hauptstrahlen im achsennahen Gebiet aufzuheben, auf eine quadratische Gleichung für den einen Radius führt.

Eine solche Gleichung hat zwei reelle Wurzeln oder keine, daher erhält man für ein Wertepaar (D, x') zwei Durchbiegungen einer dünnen

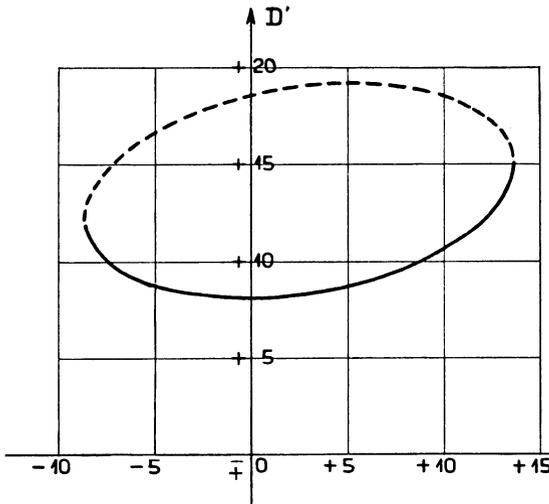


Abb. 58. Die Durchbiegung der punktmäßig abbildenden Lupenbrille D , dargestellt durch die Brechkraft D' der Außenfläche für $x' = 28$ mm und $n = 1,52$.

Linse oder keine, im Grenzfall können die beiden Durchbiegungen zusammenfallen.

Man kann die Werte der Durchbiegung (es ist für sie die Brechkraft der Außenfläche $D' = (n - 1)/r'$ als kennzeichnend angesehen worden) in ihrer Abhängigkeit von D , auftragen. Dies ist in Abb. 58

geschehen. Der obere Teil der Kurve — die stärker durchgebogenen Formen — kann als der WOLLASTONSche Zug bezeichnet werden, der andere mag der OSTWALT-

sche Zug heißen, er enthält die gewöhnlichen Lupenbrillen.

Nach Abb. 58 gibt es Durchbiegungen ohne Zweischalenfehler etwa für

$$-8\frac{1}{2} \text{ dptr} = D, = 13\frac{3}{4} \text{ dptr}.$$

Die Lösungen für negative D , haben bei Lupenbrillen keine Bedeutung, da hier die Abbildung einer greifbaren Dingenbene verlangt wird. Der Zug der Kurve ist von x' abhängig, eine sorgfältige Untersuchung findet man bei A. WHITWELL (2.). Weiter wird die Kurve auch durch die Brechzahl des Glases beeinflusst, und zwar kann durch die Wahl eines höheren n die obere Grenze für D , etwas weiter hinausgeschoben werden. Doch ist für Lupenbrillen der Wert von 13 dptr schon reichlich hoch. Bei verwandten Aufgaben, wie beim Bau schwacher Lupen, kann allerdings das optisch dichtere Mittel einen gewissen Vorteil bieten (vgl. S. 110 unten).

§ 82. Die Form der Bildfläche bei der Lupenbrille. &B. Nach Abb. 58 ist für eine gewöhnliche punktmäßig abbildende Lupenbrille

von 10 dptr Brechkraft D' etwa 10 dptr, d. h. die Innenfläche kann als eben angenommen werden. Daher ist (Abb. 59) eine plankonvexe Lupenbrille in Verbindung mit dem Auge gezeichnet, wobei der Abstand des Hauptstrahlenkreuzpunkts von der ebenen Fläche sogar zu 30 mm angenommen ist. — Die Dingfläche durch den Brennpunkt \bar{F} , deren Punkten enge parallelstrahlige Bündel (durch die Blendenöffnung Z') entsprechen, ist gekrümmt, und zwar kehrt sie dem Brillenglas die hohle Seite zu; bei einer vollkommenen Lupenbrille müßte sie eben sein.

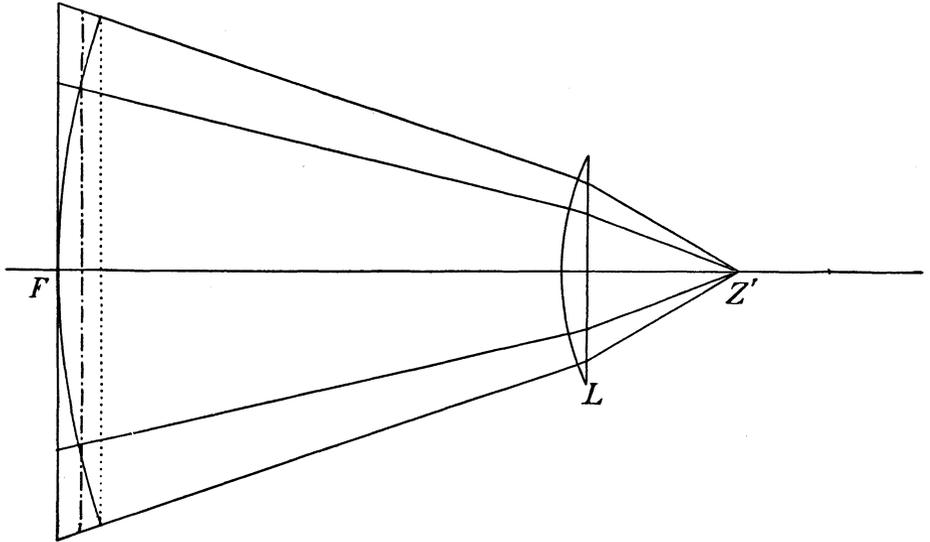


Abb. 59. Die Bildfläche einer eben-erhabenen Lupenbrille $D = 10$ dptr in $\frac{2}{3}$ der natürlichen Größe. Die Pfeilhöhe der Schärfenfläche für $\sigma' = 30^\circ$ ist $= 8,5$ mm. Bei Einstellung auf ... liegt der Rand des Blickfeldes im Unendlichen, seine Mitte 97 cm vor F (hier müßte \bar{F} stehen). Bei einer Akkommodationsbreite von $+1$ dptr kann also das ganze Feld deutlich gesehen werden. Die ausgleichende Einstellung für übersichtige Augen ist durch - - - - angedeutet.

Ist durch eine geringe Verschiebung auf das Brillenglas hin der Rand eines ebenen Gegenstandes so eingestellt, daß er im Unendlichen abgebildet wird, so ergibt sich für jede der Mitte näher gelegene Stelle der Dingebene ein virtuelles Bild, das dem Brillenglase um so näher liegt, je näher jene Stelle der Achse lag. Ein mit Akkommodation begabtes Auge wird also — selbst bei der Benutzung einer der höheren Nummern der Lupen — die Krümmung des Feldes in gewissem Grade auszugleichen vermögen, indem es für die Mitte stärker akkommodiert.

Da nun bis zum 60. Lebensjahre die Akkommodationsbreite 1 dptr beträgt, so folgt, daß für die meisten Lupenbrillen die soeben beschriebene Krümmung des deutlich gesehenen Feldes nicht schädlich ist, weil eben die Akkommodationsbreite zu ihrer Ausgleichung ausreicht. Ein Brillenträger noch höheren Alters muß sich dadurch helfen, daß er seinen

Kopf dem ebenen Gegenstand ein wenig nähert, wenn er seitlich gelegene Teile betrachten will.

Die Krümmung des im Unendlichen abgebildeten Dingfeldes einer punktuell abbildenden Lupenbrille läßt sich für verschwindende Hauptstrahlneigungen in aller Strenge geben. Nach dem CODDINGTON-PETZVALSchen Gesetz ist für Ding und Bild in Luft der Unterschied zwischen der Dingkrümmung $1/r_0$ und der Bildkrümmung $1/r'_0$, bei einer aus unverkitteten Linsen je vom Brechungsverhältnis n gebildeten Folge, gegeben durch

$$1/r'_0 - 1/r_0 = -\sum D/n, \quad (66)$$

wobei allgemein D die Brechkraft der Linsenflächen bezeichnet, bei dünnen Linsen aber für die Brechkraft der Einzellinsen steht. Dann ergibt sich für eine einzelne dünne Linse D , von der Brechzahl n und ein ebenes Bild, wo

$$r'_0 = \infty$$

ist, die Beziehung

$$1/r_0 = D/n. \quad (66a)$$

Die Feldkrümmung hat also bei dünnen Linsen stets einen endlichen, bei vorgeschriebener Brechzahl der Brechkraft entsprechenden Wert, und dieser Wert der Feldkrümmung bleibt übrigens auch für endliche Hauptstrahlneigungen und endliche Linsendicken annähernd richtig.

§ 83. Geschichtliche Bemerkungen zur Bildebenung bei Lupenbrillen. Bei der großen Bedeutung, die diese Forderung, wie oben erwähnt, auch für die einfache photographische Linse hat, kann es nicht wundernehmen, daß diese Frage nach der Herbeiführung der Bildebenung mit einfachen Mitteln schon behandelt worden ist.

E. v. HÖEGH (1.) hat 1900 darauf hingewiesen, daß man durch zweckmäßige Verfügung über die Linsendicke die Brechkraftsumme der beiden Flächen gleich Null machen und so sehr wohl der unendlich fernen Ebene ein ebenes Bild entsprechen lassen könne; er hat auch als erster ein Ziffernbeispiel dafür veröffentlicht. Später hat A. KÖNIG (2. 397) eine eingehende Theorie des HÖEGHSchen Meniskus mitgeteilt und den Weg gewiesen, der einzuschlagen ist, wenn es sich etwa nur um eine Verminderung der Bildwölbung handelt. Die Untersuchung einer solchen Annahme zeigt in Übereinstimmung mit der Bemerkung auf S. 103 α , daß, im Vergleich mit der Anlage der einfachen Landschaftslinse, für den vorliegenden Fall einer Brille eine Erschwerung insofern besteht, als es sich bei nicht ganz schwachen Brillengläsern stets um einen im Vergleich zur Brennweite sehr großen Blendenabstand handelt. Als Ergebnis stellt sich heraus, daß auch nur eine Annäherung an die Bildfeldebenung mittels der Linsendicke bei Sammellinsen nach Art der Lupenbrille nicht anders möglich ist als durch die Einführung unverhältnismäßig großer Linsendicken und damit eines unerträglich großen Gewichts. Beides kann vielleicht für Stielbrillen zulässig sein, nicht aber für Brillen in gewöhnlichen Fassungen. Somit muß die Hoffnung aufgegeben werden, die Bildkrümmung einer dünnen unverkitteten Lupenbrille mit Kugelflächen wesentlich zu verbessern, denn die Erhöhung der Brechzahl n kann keine große Wirkung haben, da dieser Wert wohl stets unterhalb von 1,61 wird bleiben müssen. — Zwei frühe Schutzschriften auf Lupenbrillen von C. ZEISS (5., 6.) sind zu erwähnen; sie beziehen sich auf die OSTWALTSche und die WOLLASTONSche Form. —

Die Aufgabe, die Bildfeldebenung bei Lupenbrillen durch die Einführung nicht-kugliger Flächen zu erreichen, wurde dem Verfasser schon 1907 von A. GULLSTRAND gestellt; die damals gefundenen Lösungen befriedigten aber noch nicht durchaus.

§ 84. Die Verzeichnung der Lupenbrillen. Erinnert man sich daran, daß die Form der verhältnismäßig dünnen Lupenbrille mit Kugelflächen durch die Forderung völlig bestimmt war, den Zweischalenfehler aufzuheben, so wird es nicht wundernehmen, daß die Verzeichnung nicht gleichzeitig gehoben ist. In der Tat ist unter den angegebenen Voraussetzungen immer ein gewisser Betrag von Verzeichnung vorhanden, und zwar ist ihr Aussehen leicht festzustellen, wenn man die Verhältnisse bei einer photographischen Landschaftslinse mit Vorderblende zum Vergleich heranzieht.

Es ist sicher, daß solche photographischen Landschaftslinsen alle tonnenförmig verzeichnen, d. h. daß einem dingseitigen Winkel σ eine zu kleine Bildhöhe $y' = O'O'_\sigma$ entspricht. Vergegenwärtigt man sich aber, daß die Lupenbrille im umgekehrten Strahlengange benutzt wird, so sieht man ein, daß für eine Achsenentfernung $y = OO_\sigma$ in der Objektebene auf der Augenseite ein zu großer Winkel σ' entstehen wird. Die Lupenbrillen verzeichnen also alle kissenförmig.

Die beiden Formen des WOLLASTONSchen Kurventeils und des OSTWALTSchen Zuges oder der gewöhnlichen Lupenbrillen unterscheiden sich hinsichtlich der Verzeichnung so voneinander, daß die ersterwähnten eine entschieden geringere Verzeichnungswirkung erkennen lassen. Es ist indessen kaum zu bestreiten, daß die durch die stärkere Durchbiegung bedingte Preissteigerung zu beträchtlich ist, um die Formen des WOLLASTONSchen Zuges allgemeiner in Aufnahme kommen zu lassen.

Gleichzeitige Hebung von Verzeichnung und Zweischalenfehler wird sich bei den Lupenbrillen nur dadurch erreichen lassen, daß man *nicht-kuglige* Drehflächen (in den Schriften der technischen Optik auch als *deformierte* Flächen bekannt) vorsieht. Diese Möglichkeit sei hier aber nicht behandelt, weil der Verzeichnungsfehler bei Lupenbrillen keine so große Bedeutung hat, daß weitere Kreise die sehr merkbare Preiserhöhung für gerechtfertigt halten würden, die vorläufig wenigstens mit der Anfertigung nicht-kugliger Flächen verbunden ist.

§ 85. Die Nahbrillen. & B. Die Brechkraft einer Nahbrille wird (§ 53) durch die vom Augenarzt bestimmten Größen a, a' festgelegt.

Der Abbildungsmaßstab für endliche Hauptstrahlneigungen σ muß nach (63)

$$\beta'_\sigma = O'O'_\sigma/OO_\sigma$$

bestimmt werden, und der Zweischalenfehler ist für die Punkte einer achsensenkrechten Ebene zu bestimmen, die hier nicht durch den

vorderen Brennpunkt \bar{F} , sondern durch einen Achsenpunkt O geht, der von dem vorderen Hauptpunkt der Nahbrille den Abstand a hat.

Bei der Berechnung eines solchen Brillenglases wählt man die Durchbiegung so, daß der endlich entfernten Dingebene eine punktmäßige Bildfläche entspricht, die aber nicht, wie bei den Lupenbrillen, durch den unendlich fernen Achsenpunkt geht. Man erhält wieder für jedes Wertepaar a, a' eine quadratische Gleichung, also im allgemeinen zwei

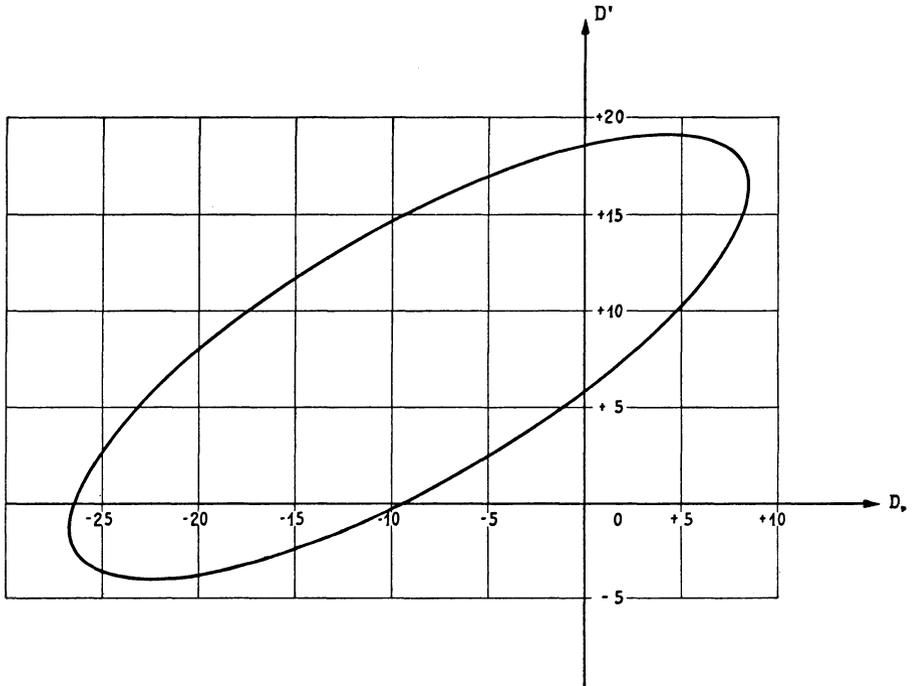


Abb. 60. Die Durchbiegung punktmäßig abbildender, dünner Nahbrillen D , nach M. TSCHERNING (2.), dargestellt durch die Brechkraft D' der Außenfläche für $a, = -0,33$ m; $x' = 28$ mm und $n = 1,52$.

Durchbiegungen, die Gleichung kann aber auch imaginäre Lösungen haben.

Bei einer vollkommenen Nahbrille müßte die Bildfläche außerdem mit der dem Werte von a' entsprechenden Schärfeebene des Auges zusammenfallen. Tatsächlich ist aber die Krümmung der deutlich gesehenen Bildfläche (genau für unendlich kleine, hinreichend genau auch für endliche Neigungen) aus der CODDINGTON-PETZVALSchen Formel abzuleiten und stimmt im allgemeinen nicht mit der der Schärfeebene überein. Doch wird der Unterschied in der Regel durch die Akkommodation des Trägers auszugleichen sein.

Durch die gewählte Durchbiegung ist dann wieder die Verzeichnung bestimmt, zu deren Hebung keine Veränderliche verfügbar ist, solange

man sich auf kuglige Grenzflächen und verschwindende Linsendicken beschränkt.

Für $a' = \infty$ wird die Nahbrille zu einer Lupenbrille.

Die Formen der Nahbrillen sind (Abb. 60) nach den TSCHERNING-schen Annahmen dargestellt. D , ist die Brechkraft der Linse, D' die der Vorderfläche¹. Das Bereich, wofür sich reelle D ,-Werte finden, ist hier bei Abb. 60 merklich weiter als bei den Fernbrillen auf Abb. 61. Man erkennt ferner auch in Übereinstimmung mit M. TSCHERNING, daß bei hohen zerstreuen Brechkraften besonders für den OSTWALT-schen Zug die Formen beidseitig hohl werden, während fast alle stärker durchgebogenen Formen und alle rechts von der Ordinate etwa durch $D, = -10$ dptr bleibenden Linsen die Form eines Meniskus haben. Vergleicht man hiermit die Abb. 61 für die Fernbrillen, so sieht man, daß bei jeweils gleicher Brechkraft D , die WOLLASTONSchen Formen für mittelstarke zerstreue und für die sammelnden Gläser ziemlich gleich durchgebogen ausfallen, während die stark zerstreuen WOLLASTONSchen und alle OSTWALT-schen Gläser eine deutliche Einwirkung der Dingweite auf die Durchbiegung erkennen lassen.

§ 86. Geschichtliche Bemerkungen zu den Nahbrillen. Schon 1898 hat F. OSTWALT (2.) bei der Schilderung seines Rechenverfahrens an Fernbrillen auf die Notwendigkeit hingewiesen, gelegentlich auch eine andere Dingweite anzunehmen. M. TSCHERNING hat ebenfalls von vornherein den Fall der Nahbrillen in seine Behandlung eingeschlossen und hat (2. und 3.) umfassende Tafeln dafür angegeben. Später, 1913, hat der englische Theoretiker A. WHITWELL (I. I. 108) diese Aufgabe in ziemlicher Ausführlichkeit behandelt und durch Schaubilder erläutert.

Die neueren Bearbeiter haben fast durchweg Fernbrillen und Nahbrillen zusammen behandelt. Es sind also die in § 90a und § 91 angeführten Stellen zu vergleichen.

§ 87. Die Fernbrillen. Die Angehörigen der zweiten, wichtigeren Klasse, die für fehlsichtige Augen bestimmten ausgleichenden oder Fernbrillen, unterscheiden sich dadurch schon äußerlich von den Lupenbrillen, daß für sie stets ein unendlich ferner Gegenstand anzunehmen ist, dessen für das Sehen mit bewegtem Auge in Betracht kommende Seitenausdehnung durch einen endlichen Winkel σ bestimmt wird. Ganz ähnlich wie für die schon behandelten Lupengläser lautet hier die Forderung an eine vollkommene Fernbrille: es ist ein unter einem endlichen Winkel σ gegen die Achse erscheinender Teil der unendlich fernen Ebene durch eine möglichst dünne Linse negativer oder positiver

¹ Ich verdanke diese Zeichnung meinem Kollegen Herrn A. SONNEFELD, der sie nach seinen Grundsätzen (I. 71) entworfen hat. Sie stimmt mit den entsprechend umgerechneten Angaben M. TSCHERNINGs (2.) gut überein, wenn man beachtet, daß dieser dort nur auf ganze Millimeter abgerundete Radienlängen angegeben und das Gebiet bis zu $D, = -20$ dptr als linke Grenze berücksichtigt hat.

Brennweite verzeichnungsfrei und ohne Zweischalenfehler auf der Fernpunktsfläche des fehlsichtigen Auges abzubilden.

§ 88. Der Zweischalenfehler bei den Fernbrillen. B. Es ist zunächst einiges über den Abstand des Hauptstrahlenkreuzpunkts zu sagen. Nimmt man die KNAPPSche Stellung der Brille an (§ 39), so hat man

$$\bar{d} = 17,05 \text{ mm}; \quad H', S_{,,} = 15,7 \text{ mm}.$$

Z' liegt um etwa 13 mm hinter dem Augenscheitel, es wäre also $H', Z' = 28,7$ mm. Der hintere Scheitel S' der Brille wird nicht allzu weit von H' entfernt liegen, also würde auch x' nahezu den erwähnten Wert haben¹. — Indessen ist es nicht zweckmäßig, die KNAPPSche Stellung festzuhalten, da die Vergrößerung oder Verkleinerung des Netzhautbildes nicht so beträchtlich ist; vielmehr wird es sich empfehlen, S', Z' und damit H', Z' möglichst klein zu machen. Mit dem Abstände des Brillenglases nimmt die Größe zu, die sein Durchmesser erhalten muß, wenn die Hauptstrahlen für einen gegebenen Augendrehwinkel σ' noch hindurchtreten sollen. Daß aber mit dem Durchmesser das Gewicht des Glases wächst, leuchtet ein. Ferner nimmt, wie sich auch aus der später folgenden Behandlung der Verzeichnung an Fernbrillen ergeben wird, die Verzeichnung unter sonst gleichen Umständen um so geringere Werte an, je geringer der Wert von x' wird. Zum Schluß kann man auch noch darauf hinweisen, daß sich, wie sogleich genauer gezeigt werden wird, die Grenze der deutlich abbildenden sphärischen Einzellinsen um so weiter in das Gebiet der höheren positiven Brechkraft erstreckt, je näher der Kreuzpunkt der Hauptstrahlen an die ihm nächste Linsenfläche heranrückt.

Gar zu klein darf $H', S_{,,}$ nur deshalb nicht werden, weil die Wimpern ein zu nahe stehendes Brillenglas verunreinigen.

Ist nun ein Wert von x' festgelegt, so kann man durch Vorrechnung den Zweischalenfehler im achsennahen Gebiet heben; bestimmt man so die Durchbiegung einer dickenlosen Linse und rechnet dann ein Linsenglas endlicher Dicke für einen endlichen Winkel σ, σ' durch, so zeigt sich, daß nur eine geringe Änderung der Durchbiegung nötig ist. Man stellt so auch leicht fest, daß über einen bestimmten positiven wie auch über einen bestimmten negativen Wert der Brechkraft hinaus keine Durchbiegung einer kugligen Einzellinse möglich ist, für die man den Zweischalenfehler heben kann. Die Grenzwerte rücken mit wachsender Brechzahl des Glases auseinander, indessen ist die Änderung des praktisch wichtigeren positiven Grenzwertes nur gering. Für gewöhnliches Tafelglas und

$$x' = 28 \text{ mm}$$

¹ Bei der üblichen Verwendung sammelnder Menisken liegt H' etwas ferner, bei zerstreuenen etwas näher am Auge als S' .

ist der Zweischalenfehler zu heben, wenn gilt:

$$-21 \text{ dptr} \leq D, \leq +6\frac{1}{4} \text{ dptr}.$$

Innerhalb des Gebietes, wo sich der Zweischalenfehler mit sphärischen Linsen überhaupt heben läßt, kann er, genau so wie vorher, für zwei verschiedene Durchbiegungen gehoben werden. Stellt man in einer entsprechenden Weise die Vorderkrümmungen in ihrer Abhängigkeit von der Brechkraft des Brillenglases dar, so ergeben sich zwei Teile (ein oberer und ein unterer) einer in sich zurücklaufenden Kurve, genauer einer Ellipse. Die Gemeinschaft der stärker durchgebogenen Formen soll den WOLLASTONSchen, die Gemeinschaft der schwächer durchgebogenen den OSTWALTSchen Zug bilden. Die Gründe für diese Benennung werden sich aus der geschichtlichen Darstellung entnehmen lassen.

In beiden Fällen ist der Zweischalenfehler auf Hauptstrahlen mittlerer Neigung gering, wenn er auf solchen von der Grenzneigung

$$\sigma = \pm 30^\circ (35^\circ)$$

gehoben worden ist, und man ist daher berechtigt, solche Linsen als *punktmäßig abbildend* oder *praktisch frei vom Zweischalenfehler* für ein Blickfeld endlicher Größe zu bezeichnen, immer vorausgesetzt, daß der Kreuzpunkt der Hauptstrahlen den vorgeschriebenen, durch x' bestimmten Ort einnimmt. Ein merkbarer Vorteil kommt bei mäßiger Ausdehnung des Blickwinkels in der Verwendung keiner der beiden Formen in dieser Richtung zu, die man etwa die Größe der *Zonen des Zweischalenfehlers* nennen könnte. Die Rechenergebnisse stellen sich allerdings für die WOLLASTONSche Form deutlich vorteilhafter, und davon wird später bei der Anlage prismatischer Brillen Gebrauch gemacht werden. Für die Fernbrillen wird mithin die Bequemlichkeit der Herstellung den Ausschlag geben können, solange es sich eben nur darum handelt, daß die Abbildung eine punktmäßige ist. Man wird also im allgemeinen die OSTWALTSche Form wählen, da bei ihr die längeren Halbmesser vorkommen. Einen weiteren Vorteil hat, wie später genauer angegeben werden soll, E. WEISS (7.) hervorgehoben.

Betrachtet man den Verlauf dieses Kurventeils — beispielsweise in Abb. 61 nach den von M. TSCHERNING (2. 249) auf Grund der Vorrechenformeln angegebenen Werten dargestellt — für

$$x' = 28 \text{ mm},$$

so erkennt man, daß seine Ordinaten der Reihe nach alle Werte annehmen, die zwischen weit entfernten Grenzen liegen. Für gewisse Werte der Brechkraft der Brillengläser müssen sie also den festen Halbmessern entsprechen, die nach S. 76 α für die Herstellung meniskenförmiger Brillengläser in Gebrauch sind oder gewesen sind. Hierdurch recht-

fertigt sich auch jene vorgreifende Aussage, daß gewisse dieser Durchbiegungen auf durchaus gute Formen führen. Man sieht aber ebenfalls ein, daß es keine einzelne Länge gibt, die, etwa als Vorderradius gewählt, stets auf ein deutlich abbildendes Brillenglas führe, vielmehr wird das Vorstehende die Erkenntnis vermittelt haben, daß der vordere Halbmesser nach einer ziemlich verwickelten Beziehung von der Brechkraft des Brillenglases abhängt.

Bei den hohen positiven Brechkraften, wie sie für angenähert rechtsichtige Augen nach der Linsenentfernung notwendig sind, kann man

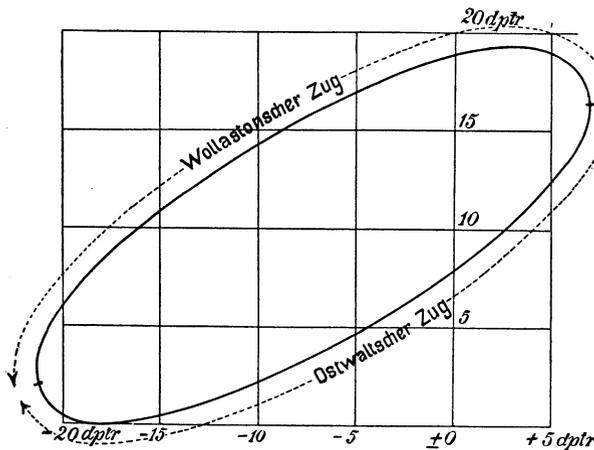


Abb. 61. Die Durchbiegung punktmäßig abbildender, dünner Fernbrillen nach M. TSCHERNING (2.) dargestellt durch die Brechkraft D' der Außenfläche (Ordinate!) in ihrer Abhängigkeit von der Linsenbrechkraft D , (Abszisse) für $x' = 28$ mm und $n = 1,52$.

an einfachen sphärischen Gläsern den Zweischalenfehler nicht heben, sondern höchstens auf einen kleinsten Wert hinabdrücken. Auch solche Linsen sind auf dem Markte.

Einen Beweis für die Erhöhung der Bildgüte hat man sowohl durch die Angabe der Ergebnisse trigonometrischer Durchrechnung als auch, seit 1908, durch photographische Aufnahmen — meistens von kleinen Sehproben —

geliefert. Die aufzunehmende Ebene wurde jeweils senkrecht zu dem unter σ geneigten Hauptstrahl (wenn nötig unter Benutzung eines Kollimators) aufgestellt und in einer um den Augendrehpunkt Z' unter σ' geschwenkten Aufnahmekammer meistens mit dem Licht der grünen Quecksilberlinie scharf durch das der Prüfung unterzogene Brillenglas hindurch aufgenommen. Dieses Verfahren liefert Belege von besonders großer Anschaulichkeit, benutzt ein wirklich ausgeführtes Brillenglas und läßt sich, worauf noch in § 137 hinzuweisen sein wird, auch da bequem anwenden, wo die trigonometrische Rechnung einen zu großen Aufwand an Zeit und Kosten erfordern würde.

Eine sehr einfache Prüfungsgrundlage würde sich darbieten, wenn sich der Beobachter für ein vorliegendes Brillenglas durch ein passendes Haftglas gerade im richtigen Betrage fehlsichtig machte und dann die Prüfung an einem Geräte vornähme, wo die Sehprobe längs einem um den scheinbaren Drehpunkt des prüfenden Auges beschriebenen Kreisbogen von 5 m Halbmesser verschoben würde. Doch sind die Vor-

bedingungen dafür ziemlich schwierig zu beschaffen. — Weitere Möglichkeiten, die Strahlenvereinigung in schieferm Strahlengange zu prüfen, können durch besondere *Vorführungsgeräte* von kleinerem Umfange und bequemer Benutzung verwirklicht werden; ihr Grundgedanke besteht darin, daß das vorliegende Brillenglas in dem Strahlengange benutzt wird, der im ständigen Gebrauch beim Blicken eintritt. Man kann die Richtung der abbildenden Strahlen dann noch bestimmen und sie sowohl in demselben als auch im entgegengesetzten Sinne verlaufen lassen wie in der Wirklichkeit. Mit andern Worten kann man entweder das im Augenraum entworfene Bild ferner Gegenstände betrachten oder die Abbildung in den Dingraum von Sehzeichen in der hinteren Brennfläche des Brillenglases. Häufig läßt sich die Einrichtung auch so treffen, daß die Bilder auf einem Schirm entworfen und so einem größeren Zuschauerkreise gleichzeitig sichtbar gemacht werden.

Waren diese Einrichtungen mehr als Vorführungsgeräte zu schneller Übersicht gedacht, so kann man auch Geräte zu genauer Untersuchung bauen, bei denen die zu beurteilenden Bilder durch ein Hilfsmikroskop noch nachträglich vergrößert werden.

§ 89. Geschichtliche Bemerkungen zur Verbesserung der Brillengläser bis zu FR. OSTWALT. Schon recht früh mag man unbewußt bestrebt gewesen sein, die Güte der Abbildung bei schieferm Durchblick zu erhöhen; so kann man die Abbildungen bei M. A. DE DOMINIS auffassen. Er hat nur Brillen mit einer Planfläche gezeichnet, die bei Zerstreuungslinsen vom Auge ab-, bei Sammellinsen ihm zugekehrt ist. Damit stimmt die Auffassung des wenig späteren B. DAZA DE VALDES, wie bei A. v. PFLUGK und M. v. ROHR (<19 21> 60) nachzulesen. — J. BOURGEOIS <17 3> empfahl 1645 in Paris Menisken mit der hohlen Seite zum Auge, doch weiß man nichts über die Aufnahme seiner Neuerung durch die Kunden. Auch dem Geistlichen J. ZAHN (3. 87) waren solche Menisken sammelnder und zerstreuer Wirkung 1686 bekannt. Im 18. Jahrhundert, wo vielfach die Sorgfalt bei den Schriften über die Brille vermißt wird, hat mindestens J. G. LEUTMANN seit 1719 <15/16 115> auf die Vorzüge dieser Form für ein größeres Feld hingewiesen. Die Stärke der schwächeren, der Brillenbrechkraft entgegenwirkenden Fläche scheint bei ihm fest = 1,84 dp_{tr} gewesen zu sein. — Auch die STEINERSche Meniskenbrille (33 ¹⁷⁷113) aus Zürich um 1748 (unter englischem Einfluß?) ist hier kurz zu erwähnen. — In London, wo seit 1694 die Brillengläser auf Körpern geschliffen wurden und also von guter Ausführung waren, versuchten gescheite Brillenmacher zunächst gegen ihre Zunftbrüder die eben-erhabenen Formen einzuführen, wie TH. H. COURT und M. v. ROHR (<29 62> 8/9) gezeigt haben. — Man muß nach <30 44> annehmen, daß dort um 1750 herum ziemlich tief durchgebogene Menisken hergestellt wurden, wofür weitere Einzelheiten sehr erwünscht wären. Die hauptsächlich in Kampfschriften durch W. JONES (1.) vertretene Ansicht von dem Vorhandensein stark durchgebogener Menisken in dieser Zeit wird schwerlich zu bestreiten sein. W. H. WOLLASTON — man sehe <23 ⁵⁵74> —, der sehr tiefe Grundwirkungen (gegen 15 dp_{tr}) mag haben einführen wollen, konnte die Durchführung von seiner ausführenden Werkstätte (dem DOLLONDschen Hause) aber nicht erreichen; vielmehr wurden der bequemerem Herstellung wegen die ersten periskopischen Brillengläser mit schwacher Durchbiegung, fast plan, herausgebracht. — Das englische Beispiel wirkte zunächst in Frankreich,

wo J. B. BIOT (*I.*, 2.) seinen Optiker R. A. CAUCHOIX (*I.*) schon 1813 Versuche mit zweckmäßiger Durchbiegung machen ließ (s. auch S. 20 β). Im deutschen Sprachgebiet ist auf A. DUNCKER ($\langle 33^{177113} \rangle$ 3671) und J. FR. VOIGTLÄNDER (*I.*) hinzuweisen, doch auch Kleinbetriebe haben sich um 1825 damit abgegeben und möglicherweise gelegentlich merklich stärker durchgebogene Formen abgesetzt. Es mag sein, daß das VOIGTLÄNDERSCHE Haus um 1829 ($\langle 25\ 39 \rangle$) mit der Warenbezeichnung „extra-periskopischer“ Gläser ebenfalls einen solchen Weg verfolgte, wie ja tatsächlich ($\langle 26/27\ 12 \rangle$) in Wien um 1831 Formen mit $6\frac{2}{3}$ dptr Grundwirkung bekannt waren. S. STAMPFERS (*I.*) Arbeit aus dieser Zeit gibt in der Tafel ($\langle 26/27\ 50 \rangle$) eine große Menge verschieden durchgebogener Formen, ohne jedoch eine Anweisung für die Auswahl der günstigsten anzufügen. —

Aus der langen Zwischenzeit sind uns brauchbare Angaben zu den periskopischen Gläsern nicht bekannt geworden. Nach ($\langle 14/15\ 123 \rangle$) wurden 1866 von dem damals jungen, heute als von NITZSCHE & GÜNTHER bekannten Unternehmen mit der Grundwirkung von $1\frac{1}{4}$ dptr periskopische Gläser vertrieben, doch läßt sich nach den beigezogenen Quellenschriften nicht sagen, ob das eine Neuerung war. Wesentlich stärkere Durchbiegungen treten 1858 unter den brechkraftlosen Uhrglasbrillen E. BUSCHENS (S. 4 β) auf, aber erst um die Mitte der 70er Jahre werden starke Durchbiegungen mit festen Grundwirkungen von 11 oder 12 dptr nach ($\langle 14/15\ 123 \rangle$) auch in häufig verlangten Brechkraften angeboten. Halbmuschelgläser sind nach den späteren Angaben H. NITZSCHES ($\langle 23\ 4673 \rangle$ 281 r γ) um 1870 herum, zunächst allerdings noch in geringer Zahl, hergestellt worden. Noch wesentlich stärkere Durchbiegungen werden von den auf 1879 verlegten Perpha-Gläsern J. RODENSTOCKS mit einer festen Grundwirkung von 26—23 dptr berichtet, doch kann man sich von einem solchen Übermaß der Durchbiegung nach der TSCHERNINGSschen Kurve keinen Vorteil für die Unterstützung des blickenden Auges versprechen. Für den MÜLLERSchen Versuch von 1889 sei wenigstens auf S. 92 ω zurückverwiesen. Die tiefe Grundkrümmung von 12 dptr findet sich in P. WINTERFELDS Angaben ($\langle 32\ 9784 \rangle$) für die Zeit nach 1901 in Übung. — Allein mit der Änderung des Gesichtsfeldes durch starke Sammellinsen beschäftigte sich 1869 R. BERLIN (*I.*), hielt dabei aber am ruhenden Auge fest; er stellte einige Überlegungen zur Strahlenbegrenzung an, was damals, noch vor der ABBESchen Arbeit von 1871, verdienstlich genug war. In seinen Einzelvorschlägen war er nicht glücklich: wollte er doch den hinteren Brillenhauptpunkt H' mit dem vorderen Augenknotenpunkt K , zusammenfallen lassen; zu diesem Zwecke sollte die durchgebogene Linse dem Auge ihre erhabene Seite zukehren.

Wendet man den Blick auf diese vor OSTWALT liegende Zeit zurück, so wird man solchen Bestrebungen der Brillenwerke die Verdienstlichkeit nicht ganz absprechen wollen, denn manche der schwächer durchgebogenen Gläser waren wohl zweckmäßig bestimmt, aber es fehlte an dem Verständnis der richtigen Auswahl aus den zahlreichen Formen. Diese Auswahl kann nur unter Berücksichtigung des blickenden Auges erfolgen, und hierin liegt das Verdienst FR. OSTWALTS und M. TSCHERNINGS.

§ 90. Die Arbeiten F. OSTWALTS und M. TSCHERNINGS. Der erste Erklärungsversuch, der auf Grund theoretischer Behandlung gemacht wurde, stammt aus dem Jahre 1898 und geht auf den damals in Paris ansässigen Augenarzt F. OSTWALT zurück. Da die Bedeutung dieses Augenarztes in dieser Schrift ohne Rückhalt anerkannt worden ist, so verlohnt es sich wohl, etwas näher auf seine Behandlungsweise einzugehen und die Gründe dafür aufzusuchen, daß seinen Veröffentlichungen doch keine Umwälzung in der Formgebung für Brillengläser folgte.

Im Mai 1898 erschien ein kurzgehaltener Aufsatz aus der Feder F. OSTWALTS (*I.*) in den Berichten der Pariser Akademie. Man lasse die Gesichtslinie

eine um 25° von der Ruhestellung abweichende Lage einnehmen, dann habe er durch eingehende Rechnungen festgestellt, daß für Konkavgläser

$$0 > D, \cong -12 \text{ dptr}$$

stets zwei Formen, eine schwächer und eine stärker durchgebogene, beständen, bei denen der Zweischalfehler für dieses Gesichtsfeld endlicher Ausdehnung gehoben sei. Proben mit

$$D, = -4 \text{ dptr} \quad \text{und} \quad D, = -9 \text{ dptr}$$

hätten die Ergebnisse der Rechnung bestätigt. Dagegen habe seine Rechnung für Brillengläser positiver Brechkraft, wenn überhaupt, dann nur einen ganz verschwindenden Vorteil ergeben.

Bei dieser ersten Mitteilung fällt es auf, daß der Augendrehpunkt nicht unmittelbar erwähnt wird. Doch erhält man eine größere Klarheit über die Ansichten des Verfassers zu diesem Gegenstand aus seiner im Herbste desselben Jahres folgenden ausführlichen Arbeit (2.).

Nach einem kurzen geschichtlichen Rückblick, der die Bedeutung W. H. WOLLASTONS erkennen läßt, wird zunächst der Öffnungsfehler von Menisken im Anschluß an S. CZAPSKIS Darstellung behandelt. Doch kommt der Verfasser (485/86) zu dem Ergebnis, daß der Betrag des Öffnungsfehlers für seine Aufgabe ziemlich wenig bedeute, und wendet sich alsdann seiner eigentlichen Aufgabe zu. Er sei von den HERRMANNschen Formeln ausgegangen und habe sich die Aufgabe gestellt, den Zweischalfehler längs schiefen Strahlen aufzuheben. Dabei habe als Kreuzpunkt ein [virtueller] Punkt gedient, der 30 mm hinter der Vorderfläche des Brillenglases gelegen sei und nach dem der dingseitige Strahl mit einer Neigung von 25° ziele. Die trigonometrische Verfolgung dieses Hauptstrahls durch das Brillenglas habe dann die Grundlagen geliefert, um nach jenen Formeln die Strahlenvereinigung längs ihm festzustellen, und es sei die Linse so lange durchgebogen worden, bis der Zweischalfehler verschwunden sei, was auf zwei verschiedene Linsenformen führe. Dabei habe er als bedeutungsvollsten Fall den Dingpunkt im Unendlichen angenommen, doch sei er sich (s. S. 109 δ) wohl bewußt, daß eine andere Festsetzung der Gegenstandsweite auf etwas andere Linsenformen führen werde.

Hiermit sind offenbar die Unterlagen der ersten Veröffentlichung wiedergegeben worden. Man muß — namentlich vom Standpunkte des Optikers aus — rückhaltlos den Arbeitsernst des Verfassers anerkennen, in den berufsfreien Stunden die für einen Nichtfachmann geradezu gewaltigen Rechnungen durchzuführen. Sein Verfahren der Durchbiegung erwies sich als recht fruchtbar, und es führte ihn zur Erkenntnis der Doppellösigkeit der Aufgabe. Da er hier wie in seinen späteren Arbeiten aus ganz verständlichen Gründen die schwächer durchgebogenen Formen bevorzugte, so schien es passend und angemessen, diesen Teil der oben (S. 104 u. ff.) behandelten Kurven mit seinem Namen zu bezeichnen, während der andere Teil, bei dem sich die Einfallsrichtungen den senkrechten viel mehr nähern, zweckmäßig W. H. WOLLASTONS Namen führt. Bei allen diesen Vorzügen darf aber nicht verhehlt werden, daß zwei grundsätzliche Fehler den Neuerer F. OSTWALT nicht an das Ziel gelangen ließen, das er sich gesteckt hatte. Einmal war ihm ein Formelfehler bei der Berechnung der Schnittweite der Sagittalstrahlen untergelaufen, den er übrigens selbst in einer späteren Arbeit (4.) richtiggestellt hat, sodann aber hatte er bedauerlicherweise den scheinbaren Augenort und das Auge verwechselt: denn nicht der scheinbare Augenort liegt bei einem Brillengläse 30 mm hinter der Vorderfläche, sondern der Drehpunkt des Auges selbst befindet sich in einer Entfernung von 25—30 mm hinter dem ihm benachbarten Flächenscheitel. Es handelt sich bei der OSTWALTSchen Zeichnung (489) darum, daß D der scheinbare Augenort, G der Ort des Augendrehpunkts ist. Für die OSTWALTSchen dicken-

losen Zerstreuungslinsen wird für achsennahe Strahlen der Augenabstand x' bei dem Abstände x des scheinbaren Augenorts und der Brechkraft D , des Brillenglases nach der Grundgleichung (10) auf S. 39 zu

$$1/x' = D + 1/x,$$

d. h. wenn man mit F. OSTWALT

$$x = 30 \text{ mm} \quad \text{und} \quad D, = -4 \text{ dptr} \quad \text{oder} \quad = -9 \text{ dptr}$$

setzt, zu

$$x'_{-4} = 34,1 \text{ mm}, \quad x'_{-9} = 41 \text{ mm}.$$

Es ergeben sich also Werte, die wahrscheinlich nicht einmal bei den Versuchen eingehalten worden sind, die aber ganz sicher nicht beim regelmäßigen Tragen der Brille vorkommen. Die Gerechtigkeit verlangt hervorzuheben, daß F. OSTWALT in einer Anmerkung (505/6) auf die Schwierigkeit hingewiesen hat, die ihm durch den Öffnungsfehler seines Augenortes G gemacht wurde. Daß sein Ansatz aber schon für die achsennahen Strahlen ein Versehen enthielt, ist ihm anscheinend entgangen.

Faßt man alles zusammen, so würde die OSTWALTSche Annahme auf einen mit Abweichungen behafteten Augenort führen und ferner das Auge bei stärkeren Zerstreuungsgläsern unzuweckmäßig weit vom Brillenglase entfernen, bei stärkeren Sammelläsern es ihm unzulässig nahe bringen. Namentlich für den zweiten Fall ist sein Versehen von einer besonderen Bedeutung.

Der 9. internationale Ophthalmologenkongreß zu Utrecht im Spätsommer 1899 gab F. OSTWALT (3.) Gelegenheit, noch einmal auf seinen Gegenstand zurückzukommen. Seine Rechenunterlagen scheint er damals noch nicht erweitert zu haben, dagegen gab er ein photographisches Prüfverfahren an, das ein wenig näher behandelt werden soll. Es findet sich übrigens auch in seiner nächsten Arbeit (4.) in deutscher Übersetzung. Er schlug eine Einrichtung vor, um mit Hilfe einer photographischen Kammer Aufnahmen durch ein Brillenglas zu machen, wobei dessen Achse entweder mit der Achse der photographischen Linse zusammenfiel oder in 30 mm Abstand von der Vorderfläche mit ihr einen vorgeschriebenen Winkel bildete. Es leuchtet ein, daß hier wirklich der Abstand von 30 mm auf den Ort von G bezogen wurde, und daß daher die Ergebnisse der photographischen Prüfung nicht notwendig mit denen der Rechnung übereinzustimmen brauchten, wo diese Maßangabe für den Ort von D galt. Diese Versuchsanlage empfahl der Verfasser zur Formbestimmung für schwache Sammellinsen.

In der Erörterung meldete sich ein zweiter Fachmann zum Wort, dessen Name mit der Anlage von punktmäßig abbildenden Brillengläsern enge verknüpft ist, nämlich M. TSCHERNING (1.). Er erhob auf Grund seiner gemeinsam mit ROSENFELD angestellten Versuche gegen die von F. OSTWALT zunächst immer noch festgehaltene Bemängelung der Strahlenvereinigung bei Sammellinsen Einspruch und wies darauf hin, daß mindestens die annähernde Rechnung zeige, daß bei mäßigen Brechkraften auch hier zwei punktmäßig abbildende Formen beständen. Bei der Anlage der Rechnung war er richtig vom Augendrehpunkt ausgegangen, für den er $x' = 28$ mm angenommen hatte, und er hob diesen Umstand schon damals deutlich hervor, was man im einzelnen M. v. ROHR (12. 383) entnehmen kann. Auch die Verzeichnung zog er in den Kreis seiner Betrachtung, und er stellte fest, daß von den beiden durch F. OSTWALT ermittelten Formen die stärker durchgebogene weniger verzeichne. Vorgeführt wurde die Verzeichnung durch photographische Aufnahmen auf ebenen Platten, bei denen dann natürlich die Bildkrümmung auffiel. Dies sah M. TSCHERNING für einen Brillenfehler an, ohne zu bedenken, daß bei der eigentlichen Benutzung der Fernbrillengläser, die sich allerdings mit der Wirkung einer photographischen Linse auf einer Ebene auch

nicht entfernt vergleichen läßt, die Bildfeldkrümmung der überwiegenden Mehrzahl der Brillengläser viel zu gering ist. Zur Erzielung eines auch bei Ausschaltung der Akkommodation vollkommen deutlichen Feldes sollte man eben die Bildfeldkrümmung des Fernbrillenglases verstärken und nicht abschwächen.

Besonderes Aufsehen scheinen diese Bestrebungen unter den Fachleuten nicht hervorgerufen zu haben, anscheinend deswegen, weil die Aufgabe selbst und ihre Behandlung noch völlig aus dem Gesichtskreis der hier als Käufer in Betracht kommenden Brillenträger herausfiel. So dauerte es noch einige Zeit, bis im Frühsommer 1900 F. OSTWALT (5.) in einer neuen und, wie es scheint, seine Bestrebungen in dieser Richtung abschließenden Arbeit den Faden noch einmal aufnahm.

In einer früheren Arbeit (2.) sei ihm bei der Ableitung der Formeln [für die Sagittalstrahlen] ein Fehler untergelaufen, der zunächst zu berichtigen sei. Danach ändere sich der Verlauf der Kurve seiner Darstellung namentlich für die schwächeren Zerstreuungslinsen, und es stelle sich weiterhin heraus, daß auch Sammelgläser bis zu 6 dptr hin durch die richtige Wahl des Vorderradius verbessert werden könnten, doch stehe hier die periskopische Wirkung merklich hinter der zurück, die bei passend geformten zerstreuen Menisken zu erreichen sei. Die am meisten geeigneten Formen seien durch Versuche zu bestimmen.

Ohne die Bedeutung der Verbesserung zu unterschätzen, muß man aber doch hervorheben, daß das Hauptversehen, die Verwechslung von Auge und scheinbarem Augenort, auch durch diesen Nachtrag nicht gehoben wurde, und vielleicht läßt sich der zum Schluß erteilte Rat, die richtigen Formen durch planmäßige Versuche zu ermitteln, durch den Mangel an Übereinstimmung erklären, in dem auch für den Verfasser die Ergebnisse der trigonometrischen Rechnung und die der photographischen Prüfung standen.

In der französischen Übersetzung hat er gegen den Schluß eine Auseinandersetzung mit M. TSCHERNINGS vorher besprochenen Äußerungen versucht, doch ist seine Abweisung nicht als gelungen anzusehen.

Verhältnismäßig kurze Zeit danach, im September 1901, ließ ein Berufsgenosse F. OSTWALTS, der Vorsteher der Augenklinik zu Newcastle-on-Tyne, A. S. PERCIVAL (1.) eine Arbeit erscheinen, die, von jener Vorgängerschaft beeinflusst, etwa auf dem Standpunkte stand, den F. OSTWALT (2.) eingenommen hatte. Als Aufgabe stellte er sich, für ein Fernbrillenglas den Durchmesser des kleinsten Zerstreuungskreises (*circle of least confusion*) im Auge kleiner zu machen als einen Zapfenquerschnitt im gelben Fleck.

Zunächst untersuchte er ziffermäßig den Einfluß des Öffnungsfehlers eines achsenparallelen Bündels auf die Verundeutlichung und fand ihn in dem betrachteten Falle verschwindend. Die Formeln, die er für die m - und s -Strahlen (1- und 2-Strahlen nach der von ihm übernommenen Bezeichnung englischer Optiker) gab, sind richtig, doch verwechselt auch er wie sein Vorgänger das Auge mit seinem scheinbaren Ort, da der (virtuelle) Punkt M , nach dem die dünnen Parallelstrahlenbündel gerichtet sind, eben der scheinbare Drehpunkt ist. Daß A. S. PERCIVAL über die Genauigkeit der Grundlagen der Rechnung im unklaren war, kann man daraus ersehen, daß er die vordere Brennweite des Auges mit 15,498308 mm bis auf $m\mu$ genau annahm. Die Rechnung wird dann mit einer solchen Stellenzahl weitergeführt, daß auch bei größeren Winkeln (über $18\frac{1}{2}^\circ$) noch hunderttausendstel Winkelsekunden angegeben werden. Auf die Richtigkeit der Rechnung sei hier nicht weiter eingegangen, da jener grundsätzliche Fehler vorliegt und das Mißverhältnis zwischen dem vorgesteckten Ziel und den dafür aufgewandten Mitteln genügend erwiesen sein wird. Eine Tafel für die Radien der den OSTWALTSchen Kurventeil bildenden Linsenformen für

$$-20 \text{ dptr} \leq D, \leq 20 \text{ dptr}$$

machte den Schluß, und sie scheint auch in England ziemlich bekannt geworden zu sein.

Einen Nachtrag ließ derselbe Verfasser (2.) im Juli 1903 erscheinen, in dem er seine frühere Annahme einer festen Linsendicke von 2 mm berichtigte und nunmehr seine Tafel für das Bereich

$$-16 \text{ dptr} \leq D, \leq 15 \text{ dptr}$$

neu bestimmte. Sie läßt sich nicht ohne weiteres mit der alten vergleichen, da er in der ersten Veröffentlichung die Radien der beiden Kugelflächen in Millimetern, in der neuen die Flächenbrechkkräfte in Dioptrien angab. In beiden Arbeiten spielte er undeutlich darauf an, daß man die beste Form der periskopischen Linsen benutzen könne, um gute Formen der sphäro-torischen Linsen für astigmatische Augen zu finden. Er scheint dabei die torische Wirkung stets auf der Außenfläche angebracht zu haben.

In dem großen französischen Sammelwerke zur Ophthalmologie vom Jahre 1904 setzte M. TSCHERNING (2.) auf Grund von Annäherungsformeln verschiedene Brillenformen fest. Er ging von dem richtigen Ansatz aus, daß sich die Hauptstrahlen nach dem Durchtritt durch das Brillenglas im Augendrehpunkt kreuzen müßten, und er entwickelte zunächst die in der Nähe der Achse geltenden Ausdrücke für die Krümmungsradien der beiden Bildschalen einer entsprechend benutzten dickenlosen Linse von vorgeschriebener Brechkraft. Es stellte sich heraus, daß man zwar das punktmäßige Bild unter diesen Umständen nicht herbeiführen, wohl aber durch zweckmäßige Verfügung über einen Flächenradius r' die beiden Bildkrümmungen im achsennahen Raum einander gleichmachen könne. Und zwar gebe es, da die Bestimmungsgleichung vom zweiten Grade sei, stets zwei Lösungen, wenn sich die Aufgabe überhaupt im Bereich der reellen Zahlen lösen lasse. Durch die Einführung geeigneter Sonderwerte

$$r' = 28 \text{ mm}; \quad n = 1,52 \text{ mm}; \quad s = \infty$$

ergäben sich als Grenzwerte für die Brennweiten, für die sich der Zweischalenfehler heben ließe,

$$-21,50 \text{ dptr} \leq D, \leq 6,94 \text{ dptr}.$$

Für Linsen außerhalb dieser Grenzen vermöge man nur die Bildfeldkrümmung dadurch günstig zu beeinflussen, daß man die Krümmungen der beiden Bildflächen möglichst klein zu machen suche.

Eine ganz ähnliche Behandlung ließ er auch der Verzeichnung zuteil werden; über seine Ansichten in dieser Hinsicht ist bereits auf S. 97 ψ gesprochen worden.

Eine Tafel von Radienwerten für punktmäßig abbildende Fern- und Nahgläser sowie für orthoskopische Brillengläser macht den Beschluß.

§ 90a. Weitere Untersuchungen seit OSTWALT und TSCHERNING. B. Die TSCHERNINGSchen Ergebnisse sind inzwischen wiederholt neu abgeleitet und hier und da ergänzt worden; es seien hier zunächst eine Anzahl von Namen zusammengestellt:

E. WEISS (21 30), A. NECTOUX (26/27 ¹⁰⁰85; 32 ⁴⁴80), HERMANN (27/28 ⁴⁷97), M. SUNDQVIST (31 156).

Es sind zwei verschiedene Arten der mathematischen Ableitung möglich, man kann einmal von den Durchrechnungsformeln für den meridionalen und den sagittalen Bildpunkt ausgehen, sie nach dem Blickwinkel entwickeln und nur das niedrigste Glied mitnehmen. Oder man kann sich an die in den Lehrbüchern gegebenen Formeln für die Krümmung der Bildflächen anschließen, wie es schon TSCHERNING getan hat. Als besonders sorgfältige Behandlung der ersten Art mag die von E. WEISS erwähnt werden, für die zweite sei noch auf M. SUNDQVIST verwiesen.

Bei der ersten Ableitungsart wurde zuweilen $\langle 23^{37792}; 26/27^{10085}; 27/28^{4797} \rangle$ ein eigenartiger mathematischer Fehler gemacht. Es ist nicht zulässig, die Dicke des Glases sowohl in der Achse wie am Rande als verschwindend anzunehmen, da der Unterschied von gleicher Größenordnung ist wie die Bildfehler. Durch Nichtbeachtung dieser Tatsache werden zwar nicht die Ergebnisse über den Zweischalenfehler beeinflusst (die TSCHERNINGSche Kurve kommt richtig heraus), wohl aber werden die beiden einzelnen Bildfeldfehler unrichtig.

Bei einer Sammellinse entspricht einer verschwindenden Mitteldicke eine negative Randdicke. E. WEISS hielt es daher für natürlicher, die Dicke bei Sammellinsen nicht für die Mitte, sondern für einen Randwinkel σ' Null zu setzen. Er erhielt für die Bildfeldfehler die nämlichen Ausdrücke wie für die Mitteldicke Null. Bei ihm sind nicht die Brechkraft des Glases D , und die der Vorderfläche D' , sondern der hintere Scheitelbrechwert und die Brechkraft der Hinterfläche als Veränderliche eingeführt.

Vorzeichenformeln lassen sich auch für beliebige endliche Dicken ableiten $\langle 32\ 39 \rangle$.

Die TSCHERNINGSche Ellipse ist für Fern- und Nahbrillen in neuerer Zeit zuweilen mathematisch untersucht worden. Man vgl. M. SUNDQVIST und außerdem H. S. NEWCOMER und W. VAN DER PIJL $\langle 27/28\ 25 \rangle$.

Die erste Einzeluntersuchung über den Einfluß der Brechzahl mag von A. WHITWELL veröffentlicht worden sein (*I. XI.*). Er zeigt dort, wie sich die Durchbiegung der punktuell abbildenden Brille von 4 dptr mit der Brechzahl ändert; andererseits aber, daß man nur einen geringen Zweischalenfehler einführt, wenn man keine Rücksicht darauf nimmt. — E. WEISS macht ebenfalls auf die Geringfügigkeit des Einflusses aufmerksam. — Genauerer findet man $\langle 27/28\ 25 \rangle$. Die beiden Grenzwerte (§ 88) sind

$$\begin{aligned} \text{auf positiver Seite } D, &= \frac{2(n-1)\{\sqrt{n(n+2)} - (n+1)\}}{n+2 - 2\sqrt{n(n+2)}} X', \\ \text{auf negativer Seite } D, &= -\frac{2(n-1)\{\sqrt{n(n+2)} + (n+1)\}}{n+2 + 2\sqrt{n(n+2)}} X'. \end{aligned} \tag{67}$$

Dies gibt für

$$\begin{aligned} n = 1,5 & \quad 0,1928 X' \text{ und } -0,5928 X' \text{ (für } x' = 25 \text{ mm also } 7,71 \text{ dptr und } 23,71 \text{ dptr)} \\ n = 1,6 & \quad 0,2 \quad X' \quad ,, \quad -0,7141 X' \text{ (,, } x' = 25 \quad ,, \quad ,, \quad 8,00 \quad ,, \quad ,, \quad 28,56 \quad ,, \quad) \end{aligned}$$

Der positive Grenzwert hat für $n = 1,92$ einen Höchstwert von $0,207376 X'$, er läßt sich also für $x' = 25$ mm nicht über 8,3 dptr steigern, selbst wenn ein Werkstoff von höherem n zu Gebote stünde.

Seitdem in den früheren Auflagen dieses Buches auf die Notwendigkeit der trigonometrischen Durchrechnung hingewiesen worden ist, sind die Ergebnisse solcher Durchrechnungen gelegentlich veröffentlicht worden, sowohl für punktmäßig abbildende Gläser wie für Brillen anderer Durchbiegung, sowohl für Fern- wie für Nahbrillen. Vgl. O. HENKER (*15. 122*), ferner $\langle 17\ 28; 21^{129, 13092}; 22^{265, 116}; 25^{5261}; 26/27^{10386}; 27/28\ 25; 31^{5387} \rangle$. M. SUNDQVIST führt ein Beispiel genau durch ($\langle 31\ 156 \rangle$ § 51). — Eine besonders große Zahl solcher Rechnungen hat A. WHITWELL gegeben. Einmal erwähnt er die Möglichkeit, die Strahlen nicht durchzurechnen, sondern durchzuzeichnen $\langle 24^{33275} \rangle$.

Um eine wohlfeilere Herstellung der Brillengläser zu ermöglichen, hat man auch die Frage erörtert, ob nicht ein gewisser Betrag des Zweischalenfehlers ohne Nachteil zugelassen werden kann. Bei Brillen für astigmatistische Augen pflegt man auf $1/4$ dptr abzustufen, will also eine Abweichung von mehr als $1/8$ dptr vermeiden. Es liegt nahe, zu fordern, daß, wo es sich erreichen läßt, auch der Zweischalenfehler am Rande diesen Betrag nicht übersteigen soll. Doch sind

auch andere Ansichten geäußert worden, die in einem gewissen Gegensatz zu einander stehenden Meinungen von J. G. RAEDER (22²⁶⁴116) und A. KÜHL (22²⁶⁵116) seien erwähnt.

§ 91. Die Herstellung der neuen Formen und ihre Prüfung. Eine Einwirkung auf die Brillenbetriebe außerhalb Paris scheint zunächst nicht eingetreten zu sein, mindestens konnte den durchgesehenen Fachschriften kein solcher Hinweis entnommen werden. Namentlich ist es dem Berichtersteller nicht möglich, zu entscheiden, wer zuerst für die Sammelgläser mittlerer Stärke bewußt die feste Grundkrümmung von 6 dptr zur Erzielung nahezu punktmäßig abbildender Brillengläser ausgenützt habe, was nach der TSCHERNINGSchen Arbeit (2.) vom Jahre 1904 nicht weiter schwierig war. — Auch an diese Stelle gehört die Bemerkung H. NITZSCHES (<23⁴⁶⁷³> 282 β), wonach 1908 NITZSCHE & GÜNTHER abgestufte Grundkrümmungen für ihre NG-Menisken versuchsmäßig eingeführt hätten.

Im Jahre 1908 begannen die Bemühungen der ZEISSischen Werkstätte um die Brillenherstellung, und es ist bereits in der ersten Ausgabe dieses Buches darauf hingewiesen worden, daß den Jenaer Fachleuten die Bedeutung des Augendrehpunkts durch A. GULLSTRAND nahegebracht worden ist; es sei hier hinzugefügt, daß sie in jener Zeit durchaus nicht alle im vorhergehenden besprochenen Arbeiten kannten, als sie ihre punktmäßig abbildenden achsensymmetrischen Brillen anboten. — Die Geschichte der Jahre 1914 und 15 hat gezeigt, daß lebhaft Auseinandersetzungen der Brillenwerke untereinander nicht vermieden worden sind; wer sie verfolgen will, findet eine ziemlich vollständige Sammlung der nötigen Nachweise in <14/15 116> und <17 110, 112>. — Hier wird es genügen, darauf hinzuweisen, daß in den letzten Jahren vor dem Kriege verschiedene deutsche Brillenwerke die folgenden nach dem Anfangsbuchstaben geordneten, punktmäßig abbildenden achsensymmetrischen Brillengläser *Isokrystar*, *Neo-Perpha*¹, *Punktal*, *Rectavist* angeboten haben.

Die Verminderung der Fehler schiefer Bündel bei starken Sammellinsen durch stärkere Durchbiegung führte M. v. ROHR (5.) 1908 mit Hilfe photographischer Aufnahmen (s. S. 112 γ) vor. Ihm lag daran, die Überlegenheit der wirklichen Hebung des Zweischalenfehlers über eine bloße Verringerung vorzuführen. — E. WEISS (I. 72) hat 1914 die Fehler einer sphärischen Starlinse mit möglichst geringem Zweischalenfehler für $D_1 = 13$ dptr veröffentlicht, und NITZSCHE und GÜNTHER haben solche Ausführungen als *Rectavist-Stargläser* angeboten.

Die Ausführung photographischer Aufnahmen, die zur Veranschaulichung des ROHRschen Vortrages (5.) erwünscht war, wurde damals von O. HENKER durchgeführt und ist seitdem vielfach zu Unterrichtszwecken verwirklicht worden. Über die verschiedenen Lehrgeräte zur Vorführung der Strahlenvereinigung an vorliegenden Brillengläsern hat O. HENKER (13.) einen zusammenfassenden Bericht

¹ Zu diesen Formen muß einer späteren Aussage halber eine geschichtliche Bemerkung aus ziemlich früher Zeit gemacht werden. Die RODENSTOCKschen Gläser bilden nämlich fast gleichzeitig den Gegenstand zweier erstaunlich verschiedenartiger Äußerungen, im einzelnen <14/15²⁰116> von J. RODENSTOCK und dem 8. Mai 1914 sowie <14/15³⁰125> von G. RODENSTOCK und dem 25. Juni 1914. J. RODENSTOCK spricht nämlich den punktmäßig abbildenden Gläsern mit ihrer Berücksichtigung des Augendrehpunkts so gut wie jeden Wert ab, während nicht ganz 7 Wochen danach G. RODENSTOCK erklären läßt, das ihm gehörige Werk bringe seit etwa zwei Jahren punktmäßig abbildende Neo-Perpha-Gläser auf den Markt. Die frühere abfällige Bemerkung des Geschäftsbegründers gegen punktmäßig abbildende Formen wird von G. RODENSTOCK nicht einmal gestreift.

abgestattet. Die einzelnen Formen sind zum Teil unter Musterschutz gestellt worden, und es sei dafür auf $\langle 14/15\ 84, 184$ sowie $16\ 186 \rangle$ verwiesen. — Das strenge Prüfgerät hat O. HENKER (7.) auf Anregung von E. KRÜCKMANN 1916 hergestellt und eingehend beschrieben.

Weitere Prüfungen durch Messung sind erwähnt $\langle 22\ 264116; 31\ 5387 \rangle$ und $\langle 32\ 52872 \rangle$.

§ 92. Die Form der Bildfläche bei den Fernbrillen. B. Wenn bei den Lupenbrillen untersucht werden mußte, wie die einem unendlich fernen ebenen Bilde entsprechende Dingfläche von der tatsächlich vorliegenden Dingebene abwich, so würde eine Untersuchung auf Bildebenung für Fernbrillen ganz zwecklos sein. Im Gegenteil ist hier festzustellen, wie die Bildfläche, die nach dem Durchgang der von der unendlich fernen

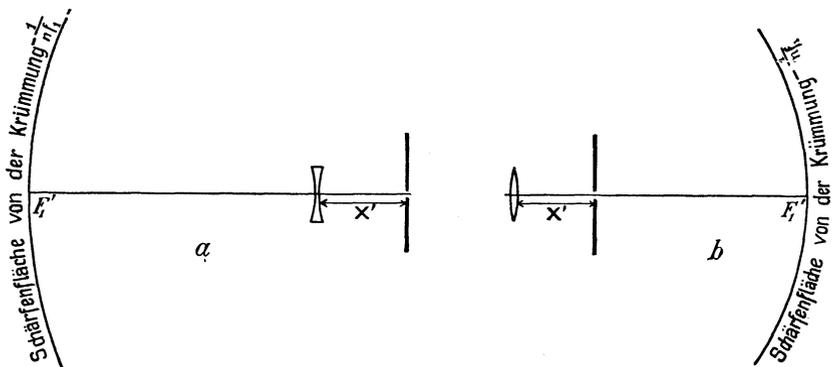


Abb. 62. Übersichtsdarstellung der Lage von Schärfen- oder Bildfläche ($-1:nf'$) und Blende mit dem Abstand x' für eine einstellfeste zerstreuende Fernbrille. sammelnde

Dingebeue stammenden Strahlen durch das Brillenglas auf der Augenseite entsteht, von der Fernpunktsfläche des Auges abweicht. Sind die Abweichungen gleich Null, d. h. fallen die Bildfläche der Brille und jene Fernpunktsfläche des Auges zusammen, so erhält das bewegte akkommodationslose Auge offenbar für endliche, unter einer gewissen Grenze bleibende Drehwinkel ein wirkliches, d. h. punktweise dem Gegenstand entsprechendes Bild von den gerade fixierten Teilen der unendlich fernen Ebene.

Beschränkt man sich wie vorher auf dickenlose Linsen, wobei man darauf hinweisen kann, daß die so erhaltenen Ergebnisse auch auf sammelnde Brillengläser von nicht zu großer Dicke anwendbar bleiben, so kann man die folgende Überlegung anstellen. Nach dem CODDINGTON-PETZVALSchen Satze ist der Krümmungsradius der Bildfläche der unendlich fernen Ebene in der Nähe des Brennpunkts gegeben durch $-nf'$, und man erhält, wie man aus den beiden für Zerstreuungs- und für Sammellinsen geltenden Abb. 62a und b ersieht, die Beziehung

dafür, daß für endliche Werte von f_1' Fernpunktsfläche des Auges und Bildfläche der Linse zusammenfallen:

$$x' - f_1' = -nf_1'; \quad f_1' = -x'/(n-1) \quad (68)$$

oder, wenn man $1/x' = X'$ setzt,

$$D_1 = -(n-1)X'; \quad X' = -D_1/(n-1). \quad (69)$$

Es gibt also, ein bestimmtes x' vorausgesetzt, nur für einen bestimmten negativen Wert der Brechkraft D_1 , punktmäßig abbildende (dünne) Brillengläser, bei denen die Brennfläche mit der Fernpunktskugel des kurzsichtigen Auges zusammenfällt, die also (§ 92a) gleichzeitig einstellfest sind; und zwar gilt dies für die OSTWALTSche wie für die WOLLASTONSche Form.

Die Gleichung für die TSCHERNINGSche Ellipse führt hier für die Vorderfläche auf:

$$D_1' = 0, \quad D_2' = -nD_1/(n+2) = n(n-1)X'/(n+2). \quad (69a)$$

Für die Hinterfläche hat man:

$$D'' = D_1 - D'$$

oder (vgl. E. WEISS <21 30> 341)

$$D_1'' = -(n-1)X', \quad D_2'' = -2(n^2-1)X'/(n+2). \quad (69b)$$

Die OSTWALTSche Form ist hier eben-hohl, und aus der Gleichung für D_1'' folgt $r_1'' = x'$; d. h. der Mittelpunkt der Innenfläche liegt im Augendrehpunkt. Die WOLLASTONSche Form hat keine besonders einfache Gestalt.

$$\text{Für } x = \begin{cases} 30 \\ 25 \end{cases} \text{ mm, } n=1,52 \text{ erhält man } f_1' = \begin{cases} -57,7 \text{ mm} \\ -48,1 \text{ mm} \end{cases} \quad D_1 = \begin{cases} -17,3 \text{ dptr} \\ -20,8 \text{ dptr} \end{cases}.$$

Leider werden so stark kurzsichtige Augen nur selten eine so hohe Sehschärfe haben, daß sie den Vorteil der gleichmäßigen Schärfe würdigen könnten.

Außerdem verschwindet die Abweichung von der Fernpunktskugel auch für Brillen ohne optische Wirkung (0 dptr). Für alle andern punktmäßig abbildenden Brillen ist die Abweichung von Null verschieden, erreicht aber für einen gewissen negativen Wert der Brechkraft (bei $x' = 25$ mm für etwa -11 dptr) einen Höchstwert, wogegen sie mit zunehmender positiver Brechkraft beständig wächst und daher für sammelnde Linsen größer ist als für entsprechende zerstreue. Eine zeichnerische Darstellung auf Grund trigonometrischer Durchrechnung findet sich bei O. HENKER (16. 185; s. a. Tafel 18 auf S. 182). Diese Tafel zeigt, daß zwischen der OSTWALTSchen und der WOLLASTONSchen Form winzige Unterschiede bestehen; die Vorrechnung für dünne Gläser und kleines Blickfeld gäbe völlige Gleichheit.

Ferner zeigen die HENKERSCHEN Tafeln, daß für eine Übersichtigkeit von 7,5 dptr die Wirkung des punktuellen Glases am Rande etwa 0,5 dptr zu schwach ist; es hat dies die Wirkung, daß das sich drehende Auge um diesen Betrag für einen fernen Randpunkt akkommodieren müßte, wenn für den Achsenpunkt die Brille genau als Fernbrille angepaßt ist. (Die Rechnung ist ausgeführt für $x' = 25$ mm, $n = 1,52$, $D_r = 7,5$ dptr, $\sigma' = 30^\circ$.) Man nimmt zumeist an, daß dies ohne Schwierigkeit geschieht. Für einen Kurzsichtigen steigt der entsprechende Betrag nicht über 0,35 dptr (für $D_r = -11$ dptr). Hier würde aber eine Akkommodationsanstrengung den Fehler am Rande erhöhen; wenn man den Unterschied also für schädlich hält, so muß für die Achse D_r , etwas zu groß negativ gewählt werden, was dann durch Akkommodation auszugleichen wäre.

Für linsenlose Augen wird die Abweichung mit wachsendem D_r , noch größer; außerdem ist hier die Akkommodation ausgeschlossen. Hier bestünde zur besseren Ausgleichung beim punktmäßig abbildenden Glase nur die Möglichkeit, D_r , etwa den halben Betrag des Unterschiedes zwischen Achse und Rand zu groß zu machen, wodurch die Wirkung der Abweichung möglichst klein wird.

§ 92a. Versuche zur Verbesserung der Bildfeldfehler. B. Die Abweichung der Bildfläche eines punktmäßig abbildenden Glases von der Fernpunktskugel hat zu Vorschlägen geführt, Brillengläser zu benutzen, bei denen unter Verzicht auf die Hebung des Zweischalenfehlers auf der Fernpunktskugel eine möglichst günstige Wiedergabe des Gegenstandes zu erzielen wäre. Die Möglichkeit, den meridionalen oder den sagittalen Bildpunkt auf die Fernpunktskugel zu verlegen, ist in § 79a erörtert worden. Es sei bemerkt, daß man hier wieder auf Gleichungen zweiten Grades, d. h. auf zwei Ellipsen kommt.

Es liegt nun nahe, keinen der beiden Bildpunkte, sondern einen passend ausgewählten Punkt zwischen ihnen auf die Fernpunktskugel zu werfen. Am meisten verhandelt ist ein der Firma C. P. GOERZ 1921 geschützter Vorschlag, der auf folgendem Gedanken beruht (22 29; 22 266117; 23 352 ff. 90). Ein senkrechter Schnitt durch das Strahlenbündel ist sowohl am meridionalen wie am sagittalen Bildpunkt mit gewissen Vernachlässigungen eine Gerade; beide Geraden liegen in zueinander senkrechten Ebenen (vgl. die Lehrbücher der geom. Optik). Zwischen den Bildpunkten wird der Schnitt elliptische Form, an einer Stelle aber die Form eines Kreises (*Kreis kleinster Verwirrung*) haben. Biegt man nun das Brillenglas so um, daß dieser Kreis auf die Fernpunktskugel fällt, so wird nach Ansicht des Patentnehmers das Auge, ohne zu akkommodieren, stets auf die Stelle des Strahlenbündels eingestellt sein, der die günstigste Wiedergabe entspricht.

Die Forderung läßt sich mathematisch in folgender Form ausdrücken:

$$\frac{1}{PO'_m} + \frac{1}{PO'_s} = \frac{2}{PO'_\sigma}, \quad (70)$$

wo O'_σ auf der Fernpunktkugel, P auf einer Kugel liegt, die um Z' beschrieben ist und durch die Eintrittspupille P_0 des Auges geht. Ferner liegen P und O'_σ beide auf dem Hauptstrahl. Die auf diesen Grundlagen bestimmten Brillengläser wurden als *isostigmatisch* bezeichnet; ihr Fabrikname war anfangs *Sinerralgläser*, später *Largongläser*.

Ein Jahr früher hatte E. WEISS auf eine Gläserform hingewiesen, die die Bedingung erfüllte (s. Abb. 56 auf S. 98):

$$\frac{1}{\bar{S}O'_m} + \frac{1}{\bar{S}O'_s} = \frac{2}{\bar{S}O'_\sigma}, \quad (71)$$

er nannte sie *refraktionsrichtig*. Hier sei für alle Formen ähnlicher Art der Ausdruck *einstellfest* vorgeschlagen.

Für einstellfeste Brillengläser kann man Vorrechenformeln ableiten, die WEISSISCHE und die GOERZISCHE Forderung führen genau zu derselben Gleichung. Diese ist in D , und D' wieder vom zweiten Grade und bestimmt eine Ellipse. Die Ellipse greift auf der positiven Seite ziemlich weit über die TSCHERNINGSCHEN Kurve hinaus, während sie auf der negativen nicht ganz so weit geht wie diese. Die Grenzwerte von D , zwischen denen die oben gestellte Bedingung zu erfüllen ist, sind nach E. WEISS ($\langle 21 \ 30 \rangle$ 340 25) für $n = 1,5$, $x' = 25$ mm zu $+12,63$ dptr und $-22,63$ dptr zu setzen; während sie für punktmäßig abbildende (vgl. § 90a) $+7,71$ dptr und $-23,71$ dptr waren. Vgl. auch M. SUNDQVIST ($\langle 31 \ 156 \rangle$ § 59). Man hat auch hier eine schwächer und eine stärker durchgebogene Form; die erstgenannte hat für die gleiche Brechkraft flachere Krümmungen als das punktmäßig abbildende Glas der OSTWALTSCHEN Form. Will man die gestellte Bedingung möglichst genau erfüllen, so muß man wieder durch trigonometrische Durchrechnung nachprüfen und kommt zur strengen Erfüllung nur für einen bestimmten Winkel σ' , doch sind die Zwischenfehler auch hier zu vernachlässigen. Die trigonometrische Rechnung zeigt, daß zwischen den WEISSISCHEN und den GOERZISCHEN Formen ein gewisser, allerdings nur für starke Brillen merklicher Unterschied besteht.

GOERZ versuchte seine Reihe einstellfester Gläser gegen die punktmäßig abbildenden Brillen durchzusetzen, der Versuch ist an äußeren Umständen schon in seinen Anfängen gescheitert. Es sei kurz auf die Gründe hingewiesen, die damals von beiden Seiten für und gegen die Neuerung angeführt wurden. Vgl. die oben angeführten Stellen, ferner M. SUNDQVIST ($\langle 31 \ 156 \rangle$ § 67).

Bei einstellfesten Gläsern hat der Schnitt mit dem Bündel an der Fernpunktskugel kreisförmige Gestalt, bei andern Durchbiegungen liegt der kreisförmige Schnitt an einer andern Stelle, der Schnitt mit der Fernpunktskugel ist elliptisch, und wenn das Auge beim Blicken nicht akkommodiert, so wird es ein ungünstigeres Bild haben. Ausgenommen sind die punktmäßig abbildenden Gläser, bei ihnen ist der Schnitt mit der Bildfläche ein Punkt, jeder andere senkrechte Schnitt ein Kreis, also auch der mit der Fernpunktskugel, doch läßt sich aus dem CODDINGTON-PETZVALSchen Gesetz ableiten, daß dieser „Zerstreuungskreis“ ungefähr den doppelten Durchmesser hat wie der „Kreis kleinster Verwirrung“ bei den einstellfesten Gläsern. Nimmt man also an, das Auge könne beim Blicken nicht gleich geschwind akkommodieren (oder eine solche Akkommodation sei schädlich), so würde das einstellfesteste Glas ein doppelt so gutes Bild liefern wie die punktmäßig abbildenden (vgl. aber den folgenden Abs.). Wie in § 92 auseinandergesetzt, ist die verbreitetere Ansicht aber die, daß eine solche Akkommodation fast immer stattfinden kann; dann aber wird das Auge beim punktmäßig abbildenden Glase auf die Bildfläche einstellen und ein deutliches Bild erhalten, während es beim einstellfesten Glase nur eine unscharfe Wiedergabe erhalten kann, allerdings die am wenigsten unscharfe ohne Akkommodation.

Für linsenlose Augen könnte man nach dem Schluß von § 92 wohl einen Vorteil einstellfester Gläser vermuten. H. BOEGEHOLD hat <22 29> darauf hingewiesen, daß infolge der Farbenfehler des Auges der Vorzug vor punktmäßig abbildenden Gläsern hier nur verschwindend gering sein kann, und <24 32> geschlossen, daß die günstigste Form für den hier betrachteten Fall wohl zwischen der punktmäßig abbildenden und der einstellfesten liegt. — Doch gehört diese Betrachtung eigentlich nicht hierher, sondern zu den Starbrillen (§ 102).

Eine besondere Bemerkung ist noch über einstellfeste Nahbrillen zu machen. Bildseitig soll eine Kugel um den Augendrehpunkt den Ort des „Kreises kleinster Verwirrung“ abgeben. Aber welche Dingfläche soll in dieser Weise wiedergegeben werden? In § 85 ist sie eben angenommen worden (als Papierfläche, Wand usw.). Eigentlich wird so aber eine unbillige Forderung gestellt, auch das rechtsichtige Auge müßte ohne Hilfsmittel beim Blicken über eine solche Fläche die Akkommodation ändern, da nicht alle Punkte einer Ebene den gleichen Abstand vom Auge haben. — M. SUNDQVIST hat (<31 156> § 60) gezeigt, daß die fragliche Forderung in manchen anscheinend einfachen Fällen (für geringen positiven Brechwert des Brillenglases) nicht erfüllbar ist. Die WEISSISchen Vorrechnungsformeln <21 30> gelten für die Forderung, daß eine um den scheinbaren Augendrehpunkt beschriebene Kugel in der angegebenen Weise wiedergegeben wird, hier kommt man

wieder auf eine Ellipse und zu ähnlichen Schlüssen wie in den behandelten Fällen¹.

§ 93. Geschichtliche Bemerkungen zur Krümmung des Bildfeldes und zu den einstellfesten Brillengläsern. B. Richtige Vorstellungen konnten erst gebildet werden, seit betont wurde, daß für Nah- wie für Fernbrillen ein gekrümmtes Bildfeld wünschenswert ist, also etwa seit 1909 (vgl. § 80). Bis dahin hat man anscheinend — s. M. TSCHERNING (3. 404) — die Bedingungen, die man an das Bildfeld photographischer Linsen zu stellen gewohnt war, ohne Bedenken auf die zur Unterstützung des bewegten Auges dienenden Brillengläser übertragen.

Die Vorrechenformeln finden sich bei E. WEISS (<21 30> 340, 24); bei M. SUNDQVIST (<31 156> § 59). Dagegen sind die von C. P. GOERZ gegebenen Formeln (<22 29> durch den § 90a angeführten Irrtum verfälscht, infolgedessen auch die WHITWELLSche Kurve (<22 266117>) (desgl. die Kurven (<27/28 5497>)). Die von GOERZ damals vorbereitete, aber nicht in den Handel gebrachte Reihe (Largongläser) hat diesen Fehler sicher nicht gehabt, da sie mittels Durchrechnung geprüft worden ist.

§ 94. Die Folgen einer Verschiebung des Augendrehpunkts längs der Achse. Da nun weder der Augendrehpunkt für alle Blickrichtungen fest, noch auch seine Lage an dem gerade vorliegenden Auge bekannt ist, so wird man die Möglichkeit zulassen müssen, daß bei einer dem Träger angepaßten, punktmäßig abbildenden Brille der Drehpunkt nicht an den bei der Rechnung angenommenen Ort falle. Macht man die Annahme, der Augendrehpunkt liege bei den lang gebauten Augen Kurzsichtiger tiefer im Augeninnern, bei den flach gebauten Augen Übersichtiger weiter vorn als 13 mm, so muß man die Frage stellen, welche Folgen eine solche Verschiebung habe. Genauer wird untersucht werden müssen, wie es mit der Punktmäßigkeit der Abbildung bei einem für $x' = 25$ mm berechneten Brillengläse steht, wenn man den Kreuzpunkt der Hauptstrahlen im ersten Falle in der Entfernung $25 \text{ mm} + \Delta x'$, im zweiten Falle in $25 \text{ mm} - \Delta x'$ annimmt, wobei $\Delta x'$ eine kleine (≤ 5 mm) Strecke von einigen Millimetern bedeutet.

Um einen Begriff von den Abweichungen zu erhalten, sei mit H. BOEGEHOLD eine trigonometrische Durchrechnung für $\sigma' = 30^\circ$ (35°) durch zerstreuende (sammelnde) Brillengläser punktmäßiger Abbildung vorgenommen; Brechkräfte und Fehler sind in Dioptrien angegeben.

Brillenstärke	-23	-20	-17	-15	-10	-5	+1	+3	+5	+7	dptr
$x' = 30$ mm	-0,60	-0,12	+0,15	+0,23	+0,25	+0,14	-0,03	-0,06	-0,05	+0,10	dptr
$x' = 20$ mm	-0,02	-0,25	-0,37	-0,41	-0,36	-0,20	+0,05	+0,13	+0,15	+0,05	dptr

Man erkennt, daß der aus falscher Lage des Drehpunkts folgende Zweischalenfehler für die schwächsten Gläser verschwindet, bei den

¹ WEISS will allerdings (a. a. O. S. 20/1), daß auf den Öffnungsfehler von Z (nach Abb. 54 auf den Unterschied von Z und Z_σ) Rücksicht genommen wird, seine Dingfläche ist also keine Kugel, sondern eine ziemlich verwickelte Fläche. Für kleine Bildwinkel — die Vorrechnungsformeln — hat dies keine Bedeutung.

stärkeren aber nicht etwa dauernd wächst, sondern einen höchsten Wert erreicht, um schließlich wieder abzunehmen; bei mäßigen Brillenstärken haben die Fehler das entgegengesetzte Zeichen, wenn der Drehpunkt zu nahe, als wenn er zu fern liegt, bei den stärksten ist das Vorzeichen dasselbe.

H. BOEGEHOLD (4.) hat ein Verfahren angegeben, mit Hilfe der TSCHERNINGSchen Kurve zu einer guten Übersicht über diese Verhältnisse zu kommen, und dieser Weg soll im folgenden eingeschlagen werden.

Die TSCHERNINGSche Kurve gibt zusammen mit der Ordinatenachse die zusammengehörigen Werte (D , D') an, wofür der Koeffizient des astigmatischen Gliedes verschwindet oder, mit andern Worten, der Zweischaalenfehler in erster Annäherung gehoben ist. Hier in Abb. 63 seien zwei solcher Ellipsen gezeichnet, die eine, gestrichelt, für $x' = 20$ mm, die andere, ausgezogen, für $x' = 28$ mm. Alsdann kann man für jeden, nicht auf eine dieser Kurven fallenden Punkt das Vorzeichen der beiden Ausdrücke ermitteln und sie beide, gestrichelt und ausgezogen, auftragen, so daß man für die verschiedenen Gebiete, in die die Zeichenebene durch die Ordinatenachse und die beiden TSCHERNINGSchen Ellipsen zerlegt wird, die in Abb. 63 angedeuteten Vorzeichenpaare erhält.

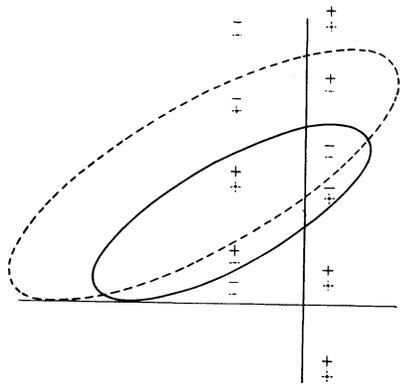


Abb. 63. TSCHERNINGSche Ellipsen ($20 + 1$ 12) für zwei Drehpunktsabstände.
 — für $x' = 28$ mm und
 - - - - für $x' = 20$ mm.

Die mathematische Untersuchung des Koeffizienten für den Zweischaalenfehler zeigt, daß die verschiedenen x' -Werten zugehörigen Ellipsen einander ähnlich sowie ähnlich gelagert bleiben und ein gemeinsames, vom Anfangspunkt ausgehendes Tangentenpaar besitzen. Wie aus Abb. 64 zu ersehen, ist die eine Tangente die Abszissenachse, die andere verläuft von 0 aus nach rechts oben.

Denkt man sich nun zwischen die beiden Ellipsen der Abb. 64 die für $x' = 25$ mm eingetragen, so wird deren OSTWALTScher Zug für mäßige Brillenstärken innerhalb der Kurve für 28 mm und außerhalb der für 20 mm liegen; mithin wird die Abweichung des mit einem größeren Drehpunktsabstände verwandten 25-mm-Glases das entgegengesetzte Zeichen haben als die Abweichung des mit einem zu kleinen Abstand benutzten. Für die stärksten Brillenwirkungen verläuft aber die 25-mm-Kurve in der Nähe der gemeinsamen Tangenten, also außerhalb beider Kurven, mithin muß nach Abb. 63 bei starken Sammelläsern die Abweichung für beide unrichtigen Drehpunkts-

abstände positiv, bei starken Zerstreuungsgläsern beidemale negativ sein, was auch die genaue trigonometrische Durchrechnung bestätigt.

Stellt man sich nach Abb. 64 einen Augenblick vor, die größere Ellipse sei die für 25 mm gezogene, so wird gegen die für 28 mm gehalten die Abweichung für sammelnde Gläser auf ihr zweimal verschwinden, nämlich einmal für $D_1 = 0$ und dann für den rechts oben gelegenen Schnitt beider Kurven — $D_1 > 6$ dptr —, dagegen für die Zwischen-

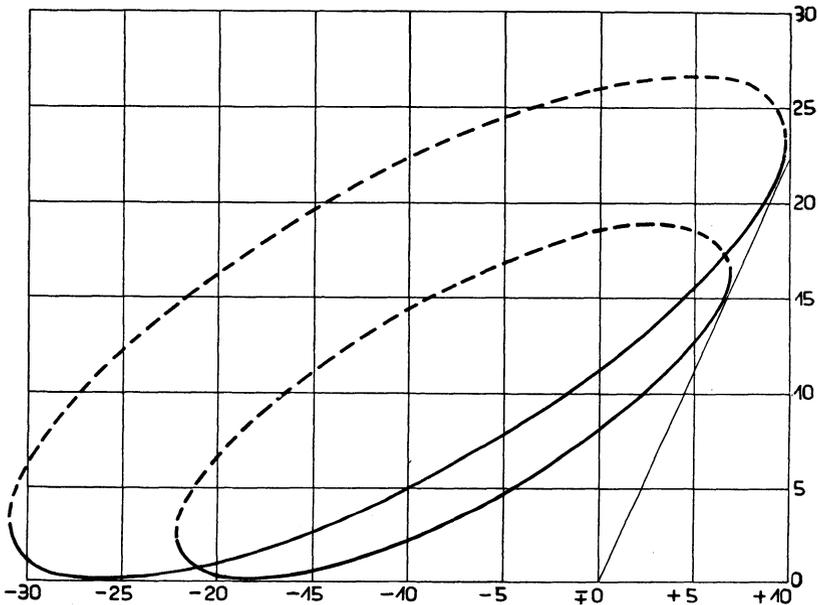


Abb. 64. TSCHERNINGSche Ellipsen (20 + 2 12) mit den beiden vom Nullpunkt ausgehenden Büscheltangenten für Drehpunktabstände von $x' = 28$ und 20 mm.

Die WOLLASTONSchen Teile sind gestrichelt, die OSTWALTSchen ausgezogen.

stärken, wenn man sich zunächst auf den OSTWALTSchen Zug beschränkt, irgendwo einen größten Ziffernwert haben. Das Entsprechende muß für zerstreue Gläser gelten, bei denen der Nullwert einmal in gleicher Weise für $D_1 = 0$ und ferner für den links unten gelegenen Schnitt beider Kurven — $D_1 < -20$ dptr — erreicht wird, während bei der Verfolgung der Zwischenpunkte des OSTWALTSchen Zuges irgendwo ein größter Abweichungswert erhalten werden muß. Es leuchtet ein, daß die Abweichungen größer ausfallen werden, wenn man sich auf dem WOLLASTONSchen Zuge von dem einen Schnittpunkt der beiden Kurven zu dem höher gelegenen Schnittpunkt auf der Ordinatenachse bewegt, und daraus kann man, ein Ergebnis E. WEISSENS bestätigend, folgern, daß die WOLLASTONSchen Formen gegen Abweichungen von dem berücksichtigten x' -Werte viel empfindlicher sind als die OSTWALTSchen.

Hinsichtlich der Nahbrillen hat A. SONNEFELD (I.) gezeigt, daß es sich auch hier für verschiedene x' -Werte wieder um ähnliche und ähnlich liegende Ellipsen handelt mit einem für den angenommenen Arbeitsabstand $1:s$, festen, allerdings nicht mehr in den Koordinatenanfangspunkt fallenden Ähnlichkeitszentrum.

§ 95. Geschichtliche Bemerkungen dazu. & B. Die erste Behandlung der vorliegenden Frage dürfte von A. WHITWELL (14/15 124 γ) herrühren. WHITWELL untersucht die Wirkung, die eine Verschiebung des Augendrehpunkts von 25 bis 30 mm bei einem Glase von 4 dptr hat. Es wird nur ein Zweischalenfehler von 0,05 dptr für $\sigma' = 30^\circ$ eingeführt. Dagegen ändert sich die Durchbiegung eines Glases mit streng gehobenem Zweischalenfehler immerhin merklich. — Besonders sorgfältig hat sich E. WEISS (19⁵⁰117) mit diesem Gegenstand beschäftigt und dabei auch die größere Empfindlichkeit der WOLLASTONSCHEN Gläser gegen Drehpunktverschiebungen hervorgehoben. Er hat außerdem noch mit trigonometrischer Rechnung die kleinen Zweischalenfehler festgestellt, die mit einer Neigung und einer Achsenversetzung bei punktmäßig abbildenden Gläsern verbunden sind. Die letzterwähnten Fehler verschwinden natürlich, wenn das betreffende Brillenglas nur um den bei der Rechnung vorausgesetzten Drehpunkt Z' geschwenkt würde. — Diese Äußerungen WEISSENS riefen die bereits angeführte BOEGEHOLDSche Arbeit (4.) hervor, die mit Hilfe der TSCHERNINGSchen Ellipse die WEISSISCHEN Rechenergebnisse erklärte. H. BOEGEHOLD kam im Verlauf der Arbeit zu dem Schluß, daß bei den WEISSISCHEN Annahmen (s. S. 93 γ) über den Drehpunktort der durch die Verlagerung des Kreuzpunkts der Hauptstrahlen eingeführte Zweischalenfehler längs einem Hauptstrahl von $\sigma' = 30^\circ$ und bei einem Drehpunktsabstande von 25 mm für alle übersichtigen Augen weniger als 0,10 dptr betragen würde, desgleichen für alle kurzsichtigen Augen von weniger als etwa -10 dptr und wieder für etwa -20 dptr. Mit dieser Frage hat sich auch E. WEISS (9. 356, 35) auf Grund seiner analytischen Behandlung eingehend beschäftigt, worauf ausdrücklich hingewiesen sei. — Man kann hier wohl darauf hinweisen, daß die Sehschärfe hochgradig kurzsichtiger Augen, die Fernbrillen von höheren Stärken als 10 dptr bedürfen, in der Regel nicht mehr ausreicht, um derartige Fehler im Betrage von 0,1 oder auch 0,2 dptr zu bemerken. — Auf die verbesserten Stargläser wird weiter unten einzugehen sein. — Die oben angeführte SONNEFELDSche Arbeit wird in § 110 näher besprochen werden. Zu verweisen ist ferner noch auf (27/28 25).

§ 95a. Die Verwendung der nämlichen Brille als Fern- und Nahbrille. B. Die bisherige Darstellung ging von der Annahme aus, das Auge verwende verschiedene Sehhilfen, je nachdem es in die Ferne blicke oder etwa lese. Solange jedoch das Auge noch akkommodiert, wird man diese Fähigkeit ausnutzen wollen, man wird dem Hilfesuchenden eine Brille geben, mit der er bei Akkommodationsruhe in der Ferne deutlich sieht und beim Lesen akkommodiert. Daß der Betrag der Akkommodation nicht derselbe ist wie beim freien Sehen, wurde in § 43 erwähnt. Aus Abb. 60 und 61 folgt aber, daß wenigstens bei der wichtigeren Form, der OSTWALTSchen, die Brille nicht in beiden Fällen punktmäßig abbildend sein wird (ebensowenig wird sie in beiden Fällen die GOERZISCHE Bedingung erfüllen können).

Im folgenden ist für eine Anzahl Fernbrillen OSTWALTScher Form der Zweischalenfehler angegeben, der entsteht, wenn man eine Fernbrille OSTWALTScher Form für einen Dingabstand von -500 mm oder -250 mm benutzt, $\sigma' = 30^\circ$ (35°).

A_∞	-20	-15	-10	-5	+3	+5	+7 dptr
$s = -500$ mm	+0,55	+0,45	+0,32	+0,14	-0,11	-0,18	-0,16 dptr
$s = -250$ mm	+1,09	+0,89	+0,62	+0,28	-0,21	-0,31	-0,30 dptr

Umgekehrt hat man für eine punktmäßig abbildende Nahbrille ($s = -250$ mm) folgende Werte des Zweischalenfehlers, wenn man sie als Fernbrille benutzt:

A_∞	-20	-15	-10	-5	+3	+5	+7 dptr
	-1,52	-1,14	-0,71	-0,31	+0,25	+0,45	+0,55 dptr

Dagegen kommt man bei der WOLLASTONSchen Form kaum auf Abweichungen von $1/8$ dptr.

Da man wegen der sonstigen Vorzüge der OSTWALTSchen Formen (§ 88 und 94) doch die WOLLASTONSche Form nicht wählen wird, so ist (s. a. $\langle 14/15$ ^{VI}120)) vorgeschlagen worden, den Zweischalenfehler für einen Abstand von etwa 500 mm zu heben, um die Werte für andere Dingabstände möglichst nicht über eine gewisse Grenze wachsen zu lassen. Eine deutsche Firma hat dies für die Reihe ihrer Sammelgläser durchgeführt ($\langle 28$ ⁶⁹137). Man kann einwenden, daß der Blickwinkel z. B. beim Lesen selten den Betrag erreichen wird wie beim Sehen in die Ferne. Eine Druckzeile von 15 cm Länge (schon über dem Durchschnitt) gibt bei 25 cm Abstand nur einen Blickwinkel $2\sigma = 34^\circ$, $\sigma = 17^\circ$; σ' nicht allzu verschieden davon. Ferner sind die hier in Frage kommenden Gegenstände verhältnismäßig grob. Dies läßt es erklärlich erscheinen, daß die punktmäßig abbildenden Gläser meist als Fernbrillen angefertigt werden.

§ 95 b. Geschichtliches. B. Die vorliegende Frage ist wohl zuerst von K. STREHL behandelt worden ($\langle 24$ 32). Weiter vgl. man ($\langle 25$ ⁵²61), ($\langle 28$ ⁶⁹137). Die Bemerkung, daß ein Brillenglas für eine Entfernung punktmäßig abbildend, für eine andere einstellfest sein kann, sei der Merkwürdigkeit halber angeführt.

§ 96. Auge und Fernbrille bei schiefer Blickrichtung. B. Bevor die Verzeichnung der Fernbrillengläser behandelt wird, soll kurz besprochen werden, wie sich ein kleines Flächenstück darstellt, wenn das Auge eine gewisse schiefe Blickrichtung festhält. Dabei beschränken wir uns auf die Annahme, daß ein unendlich ferner Punkt ohne Zweischalenfehler abgebildet wird (punktmäßig abbildendes Fernglas), d. h. daß beide Bildschalen zusammenfallen, F'_m und F'_s denselben Punkt bezeichnen.

Die scheinbare Größe hängt, wie sie in der Achse durch die Brennweite f' bestimmt wird, hier von zwei Werten, $f'_{s'}$ und $f'_{m'}$, ab, die man

wohl als Brennweiten in schiefer Richtung bezeichnet. $f'_{,m}$ bestimmt die Bildgröße, mit der eine meridionale (unendlich ferne) Dingstrecke im meridionalen Hauptschnitt wiedergegeben wird, $f'_{,s}$ hat die entsprechende Bedeutung. Wenn man einen Hauptstrahl durchgerechnet hat, so kann man $f'_{,s}$ und $f'_{,m}$ bestimmen; Formeln finden sich beispielsweise bei P. CULMANN (1. 174). Es folgt nun durchaus

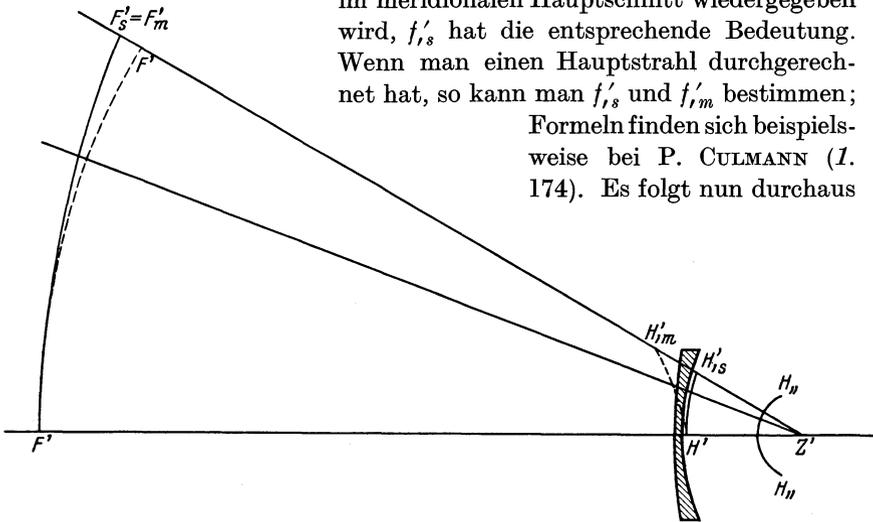


Abb. 65. Die Lage der hinteren Hauptpunkte eines zentrisch benutzten, punktmäßig abbildenden Brillenglases von -6 dptr für sagittale und meridionale Bündel bei schiefer Blickrichtung.

F' - - - F' Fernpunktskugel des kurzsichtigen Auges,
 F' ——— ($F'_s = F'_m$) Bildfläche des Brillenglases vom Achsenpunkt aus.

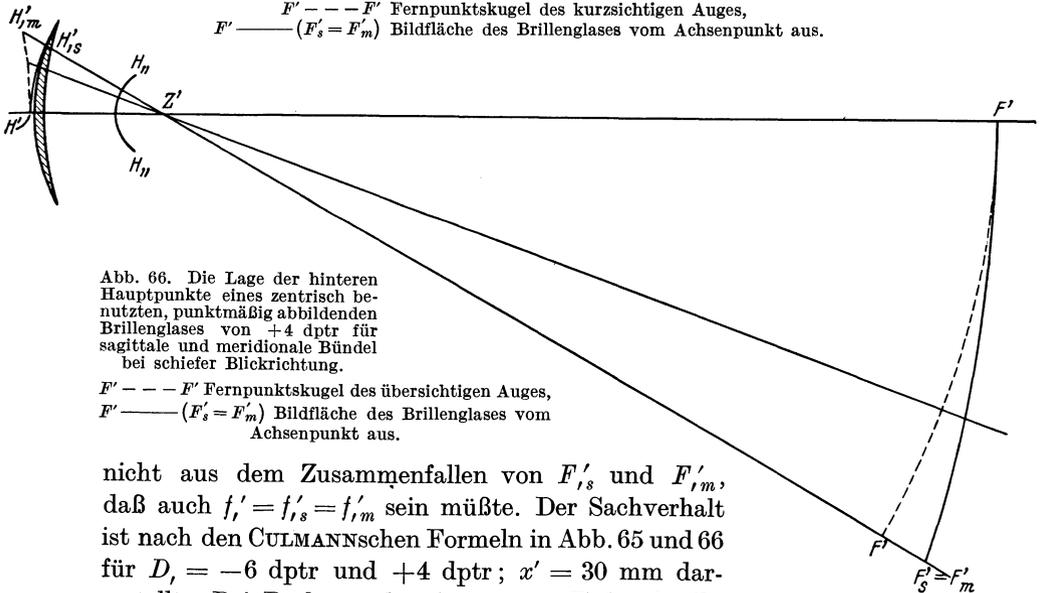


Abb. 66. Die Lage der hinteren Hauptpunkte eines zentrisch benutzten, punktmäßig abbildenden Brillenglases von $+4$ dptr für sagittale und meridionale Bündel bei schiefer Blickrichtung.

F' - - - F' Fernpunktskugel des übersichtigen Auges,
 F' ——— ($F'_s = F'_m$) Bildfläche des Brillenglases vom Achsenpunkt aus.

nicht aus dem Zusammenfallen von $F'_{,s}$ und $F'_{,m}$, daß auch $f'_s = f'_{,s} = f'_{,m}$ sein müßte. Der Sachverhalt ist nach den CULMANN'schen Formeln in Abb. 65 und 66 für $D_s = -6$ dptr und $+4$ dptr; $x' = 30$ mm dargestellt. Bei Drehung des Auges um Z' beschreibt der Dinghauptpunkt des Auges H_n einen Kreis mit dem Halbmesser $(13 - 1,35)$ mm = 11,65 mm. Da es sich um punktmäßig abbildende Gläser handelt, so beschreiben $F'_{,s}$ und $F'_{,m}$ dieselbe Kurve, allerdings

keinen zu Z' konzentrischen Kreis. Dagegen werden die Punkte H'_s und H'_m , die dem Hauptpunkte H'_1 entsprechen, zwei verschiedene Kurven beschreiben, die freilich beide von H'_1 ausgehen; wie die Abbildungen erkennen lassen, weicht die Kurve für H'_s nur wenig von einem gegen den Augendrehpunkt hohlen Kreise ab, wogegen die für H'_m sogar die entgegengesetzte Krümmung hat.

Nun kann man nach A. GULLSTRAND (2., 9. 236) auch auf schiefe Bündel die Dioptrienrechnung anwenden und also die Wirkung des Auges ebenso wie in § 36 mit der der Brille zusammensetzen. Dabei wird der Hauptpunktsabstand d sich ändern und namentlich für sagittale und meridionale Brennweite nicht derselbe sein. Die Größe D , die das Aussehen eines kleinen Gegenstandes bestimmt, ist daher auch verschieden.

Ein kleiner Kreis erscheint als ellipsenähnliches Oval, bei einem zerstreuen Glas nach der Mitte des Gesichtsfeldes zusammengedrückt, bei einem sammelnden überhöht (Abb. 68).

§ 97. Die Verzeichnung bei Fernbrillen. Die oben auf S. 95—97 angegebene Darstellung der Verzeichnung läßt sich natürlich auch auf Fernbrillen anwenden. Dieser Fehler schiefer Bündel wird alsdann durch das Brillenglas allein bestimmt, ohne daß eine andere Rücksicht auf das Auge genommen würde, als daß der Kreuzpunkt der Hauptstrahlen an einem dem Augendrehpunkte zugänglichen Achsenorte angenommen würde.

Berücksichtigt man, daß nunmehr der Gegenstand in großer Entfernung liegt, so tritt statt seiner Längenausdehnung OO_σ seine scheinbare Größe $\text{tg } \sigma$ ein; ferner ist wegen der Abweichungsfreiheit von Z' ganz allgemein

$$O'O'_\sigma = O'Z' \cdot \text{tg } \sigma', \quad (72)$$

also wird für alle Fernbrillen (63) zu

$$f'_\sigma = c \text{tg } \sigma' / \text{tg } \sigma, \quad (73)$$

und in diesem Falle ist die Freiheit von Verzeichnung erreicht, wenn das Tangentenverhältnis $\text{tg } \sigma' : \text{tg } \sigma$ innerhalb des Blickfeldes der Fernbrille einen festen Wert hat. Anschauliche Darstellungen dazu gab H. ERGGELET (2.), und ihm sei die Abb. 67 entnommen, die den Verlauf dreier Hauptstrahlen durch eine Bikonvexlinse darstellt. Er zeigt, daß den Winkeln

$$\sigma' = 19,34^\circ \quad 27,92^\circ \quad 35,00^\circ$$

die Tangentenverhältnisse entsprechen

$$\text{tg } \sigma' : \text{tg } \sigma = 1,647 \quad 1,90 \quad 2,335,$$

mithin in diesem Falle eine starke Verzeichnung zu erwarten sei.

Wertet man die oben angegebenen Formeln nach einer entsprechenden Abänderung aus, so ergibt sich, daß Zerstreungslinsen eine nach dem

Rande zunehmende tonnenförmige, Sammellinsen eine in gleicher Art wachsende kissenförmige Verzeichnung eines Gegenstandsquadrats zeigen.

Die Formen des WOLLASTONSchen und des OSTWALTSchen Zuges unterscheiden sich dadurch, daß die ersterwähnten eine schwächere Verzeichnung haben als die letzten, und zwar um so mehr, je stärker sie im Verhältnis zu diesen durchgebogen sind. Daraus folgt schon, daß gegen die Grenzwerte der Glasbrechkräfte hin, wo sich die beiden Kurventeile mehr und mehr nähern, der Unterschied zwischen beiden Formen hinsichtlich der Verzeichnung nur gering ist.

Handelt es sich jetzt darum, die soeben an punktmäßig abbildenden Brillen beschriebene Erscheinungsform der Verzeichnung mit jener in

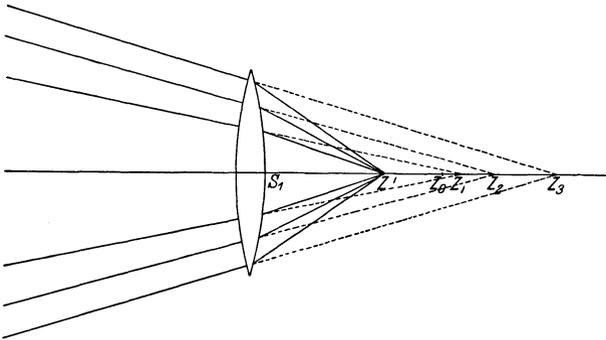


Abb. 67. Zur Verzeichnung bei Blickwinkeln endlicher Größe. Der Verlauf dreier Hauptstrahlen von $19,34^\circ$, von $27,92^\circ$ und von 35° augenseitiger Neigung bei einer gleichseitigen Sammellinse mit einem Scheitelbrechwert von 13 dptr nach H. ERGGELET (13/14 68).

Zusammenhang zu bringen, die bei der Verbindung des ruhenden Auges mit dem im schiefen Durchblick benutzten Brillengläse besprochen worden war, so ist der Unterschied nur äußerlich. Bei der üblichen Behandlung der Verzeichnung werden endliche Dingstrecken auf den Größenmaßstab ihrer Wiedergabe untersucht, und die Fehlerbestimmung läßt die Krümmung aller Geraden angeben, die nicht durch die Mitte des Blickfeldes gehen. Es ist das auch genau die Erscheinungsform, die man für diesen Fehler feststellt, wenn man einer im seitlichen Teile des Blickfeldes liegenden Kante mit dem Blicke folgt. Beim Sehen mit ruhendem Auge dagegen wird nur ein kleiner exzentrischer Teil des Feldes deutlich wahrgenommen, und dafür ist die Erscheinungsform dieses Bildfehlers ganz verschieden.

Ist ein achsensenkrecht Flächenstück, etwa ein kleiner Kreis, exzentrisch angenommen, so werden für die Abbildung durch schiefe Bündel die beiden Durchmesser in Betracht kommen, die in die meridionalen und sagittalen Hauptschnitte fallen. Sie seien in der Abb. 68 in der angegebenen Weise kenntlich gemacht. Was nun die Wiedergabe

durch die Linse angeht, so ist die Vergrößerung des Durchmessers im sagittalen Hauptschnitt offenbar gegeben durch den Abstand r des Kreiscentrums von der Mitte des Blickfeldes, und es handelt sich da bei Zerstreungslinsen um eine zu starke Verkleinerung, bei Sammellinsen um eine zu starke Vergrößerung. Bei der Wiedergabe des im meridionalen Hauptschnitte gelegenen Durchmessers liegt aber ein viel verwickelterer Vorgang vor. Für den Maßstab, in dem sich dieser

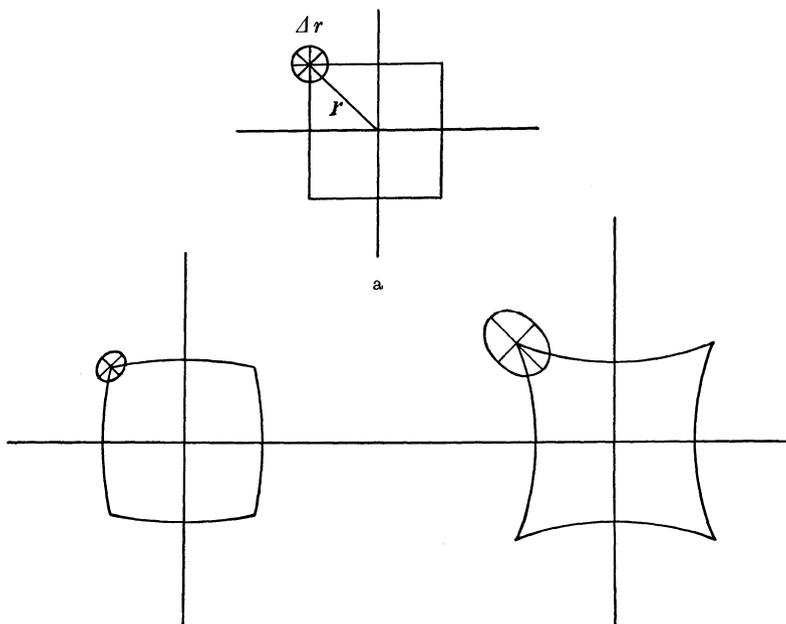


Abb. 68. Übersichtsbild für das Aussehen eines Dingkreises allgemeiner Lage bei tonnenförmiger kissenförmiger
Verzeichnung zur Erklärung der Erscheinung kleiner Kreise in den Seitenteilen des Blickfeldes von Brillengläsern bei ruhiger Augenhaltung.

Durchmesser $2\Delta r$ im Bilde darstellt, ist offenbar die Vergrößerungsänderung maßgebend, die zwischen $r + \Delta r$ und $r - \Delta r$ vor sich geht. Eine Durchrechnung zeigt, daß diese Maßstabsänderung in dem vorliegenden Falle zwar das gleiche Zeichen, aber einen höheren Betrag haben wird als die auf r wirkende, d. h. bei Zerstreungslinsen wird der meridionale Durchmesser eines exzentrischen Flächenelements wesentlich stärker verkleinert, bei Sammellinsen wesentlich stärker vergrößert als der sagittale. Es steht das vollständig in Übereinstimmung mit dem Ergebnis jener Rechnung, die auf S. 132 β erwähnt worden war. Um Mißverständnissen vorzubeugen, sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß sich diese Darstellung der Verzeichnung exzentrisch liegender achsensenkrechter Figuren auf die achsensenkrechte Schirmebene be-

zieht. Aus ihr lassen sich leicht die Gesichtswinkel im Raum entnehmen, die für das Auge gelten, dessen Drehpunkt in dem (nicht gezeichneten) Achsenorte Z' liegt und das in schiefer Richtung auf die kleine Ellipse blickt.

Über die Möglichkeit, sphärische Linsen allein auf Verzeichnung zu verbessern, soll hier nicht gehandelt werden. Obwohl man im Laufe der Zeit solche Vorschläge gemacht hat, erscheint es doch zweckmäßig, daran festzuhalten, daß man erst deutlich sehen muß, bevor man an die Hebung des Verzeichnungsfehlers gehen kann.

§ 98. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Über den Ansatz der Verzeichnung hat sich in neuerer Zeit an Stelle des Ausdrucks für $I\sigma$, in den das AIRYSche Tangentenverhältnis eingeht, der Vorschlag gefunden, σ'/σ einzuführen. Nach den hier benutzten Schriften ist er zuerst von M. TSCHERNING (4. 20) vertreten worden, doch hat ihn auch E. WEISS für wichtig genug angesehen, sich (9. 324, 11) mit ihm zu beschäftigen und die ihm entsprechenden Formeln (325, 14) abzuleiten. — Ich vermag — s. auch (21 32) — diesen Ansatz für die Verzeichnung nicht anzunehmen; er scheint mir bei der Anwendung auf eine ebene, aus verschiedenen Gesichtspunkten betrachtete Perspektive auf unmögliche Folgerungen zu führen, und ich begnüge mich mit diesem Hinweis.

Soviel dem Berichterstatter bekannt, ist die Behandlung der Verzeichnung als einer reinen Projektionsaufgabe zuerst bei R. H. BOW (1.) 1864 zu finden. 1897, ganz im Anfang seiner optischen Tätigkeit, hat dann M. v. ROHR (1.) diesen Gegenstand weiter bearbeitet, aber ebenfalls nicht an die Bedeutung für Brillen gedacht, was wohl zuerst in seiner ersten Ausgabe dieser Schrift (10. 55) geschehen ist.

J. G. RAEDER (22 ²⁶⁴118) hat die Verzeichnung verschiedener Fernbrillen durch Versuche bestimmt.

§ 99. Besondere Formen der punktmäßig abbildenden Brillen. Im Laufe der Zeit ist man zur Anfertigung weniger einfacher Formen von punktmäßig abbildenden Brillen gekommen, sei es, daß in bestimmten Fällen die Aufhebung des Zweischalengefehlers schon für sich allein die Aufwendung reicherer Mittel erforderte, sei es, daß man — beispielsweise bei den Fernrohrbrillen — die Anlage von vornherein verwickelter planen mußte. Im letzten Falle war man wohl bestrebt, die in der Anlage gegebenen Möglichkeiten zur gleichzeitigen Beseitigung mehrerer Fehler schiefer Bündel auszunutzen.

§ 100. Punktmäßig abbildende Starlinsen mit sphärischen Grenzflächen. Nach der Seite 111 ist klar, daß eine Herstellung einfacher sphärischer Brillengläser punktmäßiger Abbildung für hohe positive Werte der Brechkraft nur möglich ist, wenn der Augendrehpunkt in einer für den regelmäßigen Gebrauch unzulässigen Weise dem Brillengläse genähert wird. Hierunter fallen alle Starbrillen, die nach der Linsenentfernung für Augen verordnet werden müssen, die vorher recht- oder gar übersichtlich waren. Wenn es sich nun darum handelt, auch solchen Brillenträgern deutliche Bilder für ein endliches Blickfeld

unter Beschränkung auf sphärische Grenzflächen zu ermöglichen, so ist dazu eine Steigerung der optischen Mittel unerlässlich.

Die nächste Möglichkeit bietet sich in der Erhöhung der Linsenzahl von einer auf zwei. Und in der Tat ist man mit diesem Mittel imstande, auch für Brechkkräfte von

$$D, \leq 12 \text{ dptr}; \quad x' = 26 \text{ mm}$$

eine Hebung des Astigmatismus endlich geneigter Bündel zu erreichen, aber man hat keine Mittel, um ein solches Brillenglas auch noch von der Verzeichnung zu befreien. Die Verzeichnung ist bei solcher Anlage wohl etwas geringer, aber das bietet nicht ihren Hauptvorteil; der ist vielmehr eben in der durch dieses Mittel erreichten besseren Abbildung bei schiefer Blickrichtung zu suchen. Die Zwischenfehler des Zweischalensfehlers sind ebenso wie bei den punktmäßig abbildenden Einzelinsen bemerkenswert gering, und die Abweichung von der Fernpunktfläche des Auges hat ebenfalls die bereits auf S. 122 ω beschriebene Beschaffenheit. Bei Starlinsen noch höherer Brechkraft gelingt auch mit solchen sphärischen Doppellinsen die strenge Hebung des Zweischalensfehlers nicht mehr, doch ist es möglich, die Fehlerreste auf einen so geringen Betrag herabzubringen, daß sie beim Gebrauch ohne Bedeutung sein würden.

Als nachteilig kommt bei dieser Anlage die Gewichtserhöhung in Frage, da bei einer jeden der beiden Sammellinsen doch ein gewisser Randwert der Dicke zugelassen werden muß, um sie überhaupt anfertigen zu können. Die Einrichtung für eine elliptische Fassung ist ebenfalls nicht ohne Schwierigkeit, da die richtige Form des Metallrandes bei den beiden stark durchgebogenen Linsen nach dem Vorhergehenden die Bestimmung von vier Raumkurven erfordert. Schließlich muß die Behandlung bei der Benutzung und der Reinigung besonders sorgfältig sein.

§ 101. Geschichtliche Bemerkungen zu den punktmäßig abbildenden Starbrillen. Strenge Untersuchungen über die Möglichkeit punktmäßig abbildender Starbrillen mit sphärischen Grenzflächen wurden zuerst wohl in den beiden Vorträgen veröffentlicht, die M. v. ROHR (5.) und E. HERTEL (1.) im August 1908 vor der 35. Versammlung der ophthalmologischen Gesellschaft zu Heidelberg hielten. Es handelte sich dabei um die Vorführung einiger Formen von Starbrillen, die unter Voraussetzung achsensymmetrischer Augen den Zweischalensfehler längs endlich geneigten Hauptstrahlen ganz oder annähernd hoben. Damals wurden die Doppelbrillen und die achromatische Starbrille (s. § 148) behandelt und durch Vorstellung eines mit ihnen ausgerüsteten Patienten die Wirkung in einem Falle vorgeführt. Zweifellos kann diese Veröffentlichung, da es sich ja nur um verhältnismäßig seltene Ergebnisse bei der Entfernung der Kristalline handelte, nur als eine erste Umschau des in Betracht kommenden rechnenden Optikers auf einem ihm fremden Gebiete gelten, und es blieb besonderen Aufsätzen und Vorträgen vorbehalten, die Augenärzte mit der Steigerung der Mittel vertraut zu machen, die ihnen die neue Zeit zur Verbesserung der Sehleistung der Augenleidenden bereit halten konnte.

Die soeben erwähnten beiden Ausführungen wurden auf Grund der Patentanmeldungen des Hauses C. ZEISS (1., 2., 3.) ebenso geschützt wie die Herstellung von GULLSTRANDSchen Starlinsen, bei denen durch die Anwendung einer einzigen asphärischen Fläche nicht nur der Zweischalenfehler beseitigt, sondern auch die Verzeichnung verringert worden war.

Daß H. PARENT (1.) 1897 das Hilfsmittel der Doppellinsen für den gleichen Zweck im allgemeinen vorgeschlagen hatte, wurde gleich in jenem Vortrage mitgeteilt. Aus den oben angegebenen Gründen hat man in Jena von der Ausführung solcher doppelten Starlinsen abgesehen.

Im Jahre 1915 wurden von NITSCHKE & GÜNTHER (15/16 186) doppelte Brillengläser veröffentlicht. Genaueres über Zweck und Leistungen ist dem Bericht-erstatte nicht bekannt geworden.

A. WHITWELL gibt (33 6786) Formeln für verkittete, aber nicht achromatische Zusammensetzungen an, die nicht punktmäßig abbildend sind, sondern möglichst kleine Zerstreuungsfiguren auf der Fernpunktskugel geben, also den Largongläsern entsprechen.

§ 102. Asphärisch-sphärische Starbrillen (GULLSTRANDSche Starbrillen). B. Die Flächenkrümmung einer Kugelfläche ist in allen Punkten dieselbe, ferner sind überall beide Hauptkrümmungen gleich, und zwar gleich dem Kehrwert des Halbmessers

$$1/r_m = 1/r = 1/r_s.$$

Nach § 88 (S. 111) ist es bei einem von Kugelflächen begrenzten Brillengläse stark positiven Scheitelbrechwertes, etwa einer Fernbrille von 11 dptr, nicht möglich, den Zweischalenfehler zu heben oder auf einem Hauptstrahl endlicher Neigung die beiden sogenannten Bildpunkte zusammenzulegen, wenn man x' eine genügende Größe gibt, so daß Z' mit dem Augendrehpunkt zusammenfallen kann. Tatsächlich wird bei einer stark positiven Brille stets

$$s'_m < s'_s$$

sein.

Wenn man aber eine Kugelfläche durch eine ihr sehr nahe liegende Fläche ersetzt, bei der außerhalb der Achse des Brillenglases

$$1/r_m \leq 1/r_s$$

ist, so hat man die Möglichkeit,

$$s'_m = s'_s$$

zu machen.

Eine solche Fläche läßt sich (Abb. 69) durch die Vorschrift bestimmen, die Kugelfläche, von der man ausgeht, solle außerhalb der Achse durch eine regelmäßige Verlängerung oder Verkürzung des Radius (Abflachung oder Vertiefung) verändert werden (*deformierte, asphärische Fläche*). Für den Betrag q der Änderung nimmt man aus mathematischen Gründen ein Gesetz von folgender Form an:

$$q = \kappa l^4 \tag{74}$$

oder auch $q = \kappa l^4 + \lambda l^6$, oder mit noch weiteren geraden Potenzen von l . κ, λ usf. sind Konstanten, l ist die Bogenlänge vom Scheitel S bis zu einem Punkte der Kugel P .

In der Zeichnung ist eine Abflachung vorausgesetzt, die nur von einer Konstanten κ abhängt. Man sieht, wie sich die Fläche erst langsam, dann immer schneller von der Ausgangskugel entfernt. (Bei einem λ von entgegengesetztem Vorzeichen könnten die Flächen später einander schneiden, doch bietet dies bei Brillen sicher nie einen Vorteil.) In einem beliebigen Punkte \mathfrak{P} ist aber die Richtung $\mathfrak{P}C$ nicht mehr

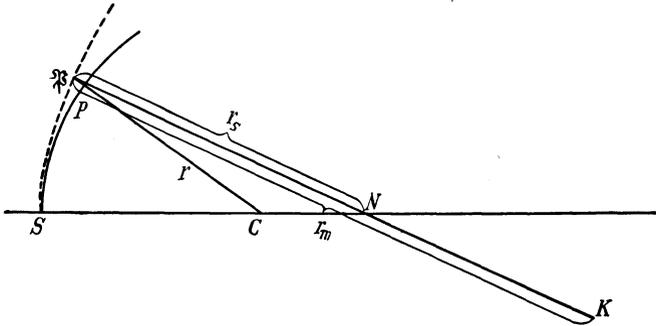


Abb. 69. Eine Übersichtsdarstellung einer unregelmäßigen (durch Auftragung deformierten) Umdrehungsfläche.

$P\mathfrak{P} = q$; $\mathfrak{P}N$ die Normale der unregelmäßigen Fläche.

die der Normalen für die neue Fläche, sondern diese Normale weicht, einer geringeren Flächenkrümmung in \mathfrak{P} entsprechend, von $\mathfrak{P}C$ ab. Dann sind die beiden Hauptkrümmungshalbmesser verschieden, und zwar reicht r_s bis zum Schnitt N der Normalenrichtung mit der Achse, r_m ist im vorliegenden Fall länger; es gilt also für die absoluten Längen die Ungleichung:

$$r_m > r_s > r.$$

Umgekehrt liegt der Fall, wenn eine Vertiefung durch eine Konstante κ bestimmt wird. Meist genügt ein einzelner Deformationskoeffizient κ , um die beiden Bildpunkte für eine gewisse Hauptstrahlneigung zusammenfallen zu lassen. Für andere Neigungen werden Zwischenfehler auftreten, die hier etwas merklicher sind als in andern Fällen (§ 88), meist aber doch unschädlich bleiben; will man sie herabdrücken, so muß man zwei richtig abgestimmte Deformationskonstanten κ und λ anwenden.

Bei Starbrillen ist zur Hebung des Zweischaalenfehlers eine Abflachung nötig, wenn man eine sammelnde, eine Vertiefung, wenn man eine zerstreue Fläche deformieren will; in beiden Fällen findet eine Auftragung von Glas statt, vgl. M. v. ROHR (39. Abb. 38/9 auf S. 64).

Man hat hier, bei festliegendem Scheitelbrechwert, die Möglichkeit, eine beliebige Durchbiegung auszuwählen, von der ausgehend man eine

der beiden Flächen deformiert. Die nötige Deformation wird dann am geringsten sein, wenn man den Fehler der Ausgangsdurchbiegung möglichst klein macht (§ 88 S. 112 β) oder wenigstens für eine wenig abweichende Durchbiegung. Andererseits ist zu fragen, ob ein anderes Verfahren nicht den Vorteil bieten kann, außer dem Zweischalenfehler noch einen weiteren Mangel zu beseitigen.

Zunächst ist es nicht möglich, die Form der Bildfläche wesentlich zu beeinflussen, da das CODDINGTON-PETZVALSche Gesetz auch für asphärische Flächen gilt (streng freilich nur für geringe Hauptstrahlneigungen). Die Abweichungen von der Schärferkugel können nach O. HENKER (15.) beurteilt werden. Natürlich könnte man unter Verzicht auf Hebung des Zweischalenfehlers die GOERZISCHE Bedingung (§ 92a) erfüllen.

Dagegen kann man mit passender Durchbiegung und Deformation außer dem Zweischalenfehler auch die Verzeichnung des Brillenglases heben. Freilich hat ein solches Glas eine so auffällige Form, daß kaum zu erwarten ist, es werde sich einmal einführen.

Man könnte übrigens, s. M. v. ROHR (10. 61 γ), auch schwächere Brillengläser passend deformieren und so gleichzeitig frei von Zweischalenfehler und Verzeichnung durchführen. Der höhere Preis der deformierten Fläche und die auch in diesem Falle stärkere Umbiegung haben bisher die Durchführung dieses Grundsatzes verhindert.

Die Hebung des Zweischalenfehlers durch eine asphärische Fläche ist von Fachleuten außerhalb der Jenaer Werkstätte zuerst von A. GULLSTRAND (vgl. M. v. ROHR 9. 187 β) vorgeschlagen worden; also soll ein asphärisch-sphärisches Brillenglas als GULLSTRANDSche Linse bezeichnet werden. Die mathematische Behandlung der Umdrehungsflächen ist bei GULLSTRAND (4. 961) eine andere als hier angedeutet. Die in seiner Lehre kennzeichnende Größe Φ (der Abflachungswert) steht mit κ in der Beziehung:

$$\Phi = -24\kappa.$$

Der Vorteil der asphärischen Brille vor dem Doppelstarglas (§ 100/1) besteht in geringerem Gewicht, bequemerer Fassung und Handhabung. Weiter kann man die Brille aus beliebigem Werkstoff, wenn man will, aus gewöhnlichem Spiegelglas, herstellen.

Da ein linsenloses Auge nicht akkomodieren kann, so scheidet hier für den Brillenträger die Möglichkeit aus, dieselbe Brille zum Fernsehen und zum Lesen zu benutzen (§ 95a). Es wäre aber auch nicht zweckmäßig, dieselbe Brille als Fernbrille und für ein weniger stark übersichtiges Auge als Lesebrille zu verwenden, da bei der hier betrachteten starken Übersichtigkeit der Zweischalenfehler sich durchaus nicht in den Grenzen halten würde, die § 95a angeführt sind. Vielmehr wird es zweckmäßig sein, eine Reihe von Fernbrillen und eine besondere Reihe von Lesebrillen zu berechnen.

§ 103. Geschichtliche Bemerkungen zu den asphärisch-sphärischen Brillen. & B.

Unkuglige Umdrehungsflächen sind für Brillengläser schon früher vorgeschlagen worden. Die aus dem Titel der Patentschrift bekannt gewordenen perisko-hyperbolischen Gläser von PLAGNIOL et MAIRE (3.) aus dem Jahre 1866 sind wohl über die Stufe des Versuchs nicht hinausgekommen, während den im Jahre 1879 veröffentlichten Gläsern E. RÄHLMANNS (1.) eine etwas längere Dauer beschieden war. Er hatte damals zur Verbesserung der Sehschärfe an Hornhautkegel leidender Augen durch den Straßburger Optiker .. MEYER (?) kegelförmige Zerstreuungsgläser schleifen lassen wollen, doch waren sie bei der Ausführung von selbst zu Formen mit einer hyperbolischen Grenzfläche geworden. Der Vortrag erregte damals ein ziemliches Aufsehen, und E. RÄHLMANN (2.) faßte einige Jahre danach die Ergebnisse derartiger Versuche zusammen. — A. ANGELUCCI (1.) hat 1884 tatsächlich solche konische Gläser mit abgerundeter Spitze angegeben. — Anscheinend aber bewährten sich die hyperbolischen, auch von anderen Optikern hergestellten Brillengläser nicht besonders, denn ein 1897/98 zwischen TH. LOHNSTEIN (2., 3., 4.) und E. RÄHLMANN (3., 4.) durchgekämpfter Streit läßt sie in keinem irgendwie günstigen Licht erscheinen. Man wird den durch gründliche mathematische Überlegungen gestützten Ausstellungen TH. LOHNSTEINS ein um so größeres Gewicht zuschreiben müssen, als er selbst in hohem Grade an Hornhautkegel litt und die Wirkung der verschiedenen Hilfsgläser am eigenen Auge (6.) ausproben konnte. Erwartungen wird man für diese Anlage nicht mehr hegen dürfen.

Kommt man nun auf die ZEISSISCHEN unkugligen Flächen zurück, so geht aus der ganzen Anlage des GULLSTRANDSchen Lehrgebäudes hervor, daß man theoretisch von ganz allgemeinen Flächen auszugehen habe, und S. CZAPSKI hat selber anerkannt, daß A. GULLSTRAND ihm schon vor 1903 briefliche Mitteilungen über optische Formeln¹ gemacht hatte, die auch für allgemeine Umdrehungsflächen gültig waren. Inzwischen war E. ABBE um 1899 ohne Beeinflussung durch GULLSTRANDSche Arbeiten auf die Forderung nichtkugliger Flächen gekommen. Dies bedeutete für ihn eine grundlegende Erweiterung seines ursprünglichen Arbeitsgebiets, was man auch schon aus der von ihm herrührenden Bezeichnungsweise „deformierte“ oder „sphäroidische“ Flächen abnehmen kann. Unter seiner Leitung wurden auch die ersten Schritte dazu getan, solche Flächen wirklich herzustellen, und der Ausfall berechtigte auch zu einiger Hoffnung. Für die Weiterführung der Versuche wurde die Berührung zwischen A. GULLSTRAND und M. v. ROHR ebenfalls von Wichtigkeit, doch muß darauf verzichtet werden, die einzelnen Staffeln dieser Arbeit zu schildern, die sich, im Spätherbst 1907 beginnend, über mehr als 2 Jahre erstreckte. Einzelheiten darüber sind nicht veröffentlicht worden. Indessen mag darauf hingewiesen werden, daß A. GULLSTRAND (7. 38) als erster 1908 den Gedanken aussprach, punktmäßig abbildende, aus einem Glasstücke bestehende Starbrillen mit Hilfe einer unkugligen Fläche herzustellen. M. v. ROHR war es bei derselben Gelegenheit möglich, von rechnerischen Vorarbeiten auf diesem Gebiete zu berichten, die günstige Ergebnisse versprächen. Diese Hoffnung konnte nach der Anstellung einer strengen photographischen Prüfung im Sommer 1909 als bestätigt gelten. Seit dieser Zeit sind

¹ Die betreffenden Formeln für die Aberrationswerte finden sich 1900 bei A. GULLSTRAND in seiner Allgemeinen Theorie der monochromatischen Aberrationen. Der Brief an S. CZAPSKI handelte von den übrigen Formeln für den achsensnahen Raum. Der wichtigste Unterschied gegenüber der ABBESchen Schule ist wohl zu erblicken in der Aufstellung von Formeln für allgemeine Flächen bei endlichen Strahlneigungen. Betreffs der Strahlenvereinigung kommt A. GULLSTRAND (1.), betreffs der übrigen Formeln (5.) in Betracht.

in Jena achsensymmetrische GULLSTRANDSche Brillen als *Katralgläser* ausgeführt worden.

Zu schwächeren Fernbrillen mit der Hebung oder Herabsetzung zweier Fehler schiefer Bündel durch eine unkuhliche Fläche gibt die ZEISSISCHE Patentschrift (2.) ein Beispiel auch für ein zerstreues Glas.

H. HARTING bespricht (22 263115) die Möglichkeit, als deformierte Fläche eine Umdrehungsfläche 2. Ordnung zu wählen. Es ist dazu noch zu bemerken: Eine Ellipse kann man sowohl um die große wie um die kleine Achse drehen, bei einer Parabel oder Hyperbel kommt für unsere Zwecke nur eine Drehung um die einzige Achse (die reelle Achse) in Frage. Nur bei Drehung der Ellipse um die kleine Achse erhält man eine Fläche, deren Krümmung im Scheitel der Umdrehungsachse (dem Pol) am schwächsten ist und nach außen wächst (Vertiefung), in allen übrigen Fällen ist die Krümmung im Pol am stärksten (Abflachung). Für den Fall der Abflachung ist der Krümmungsradius am Pole $r = p$, für eine Ellipse oder Hyperbel auch $r = a(1 - \varepsilon^2)$. Die Konstante \varkappa ist bestimmt durch

$$\varkappa = \frac{\varepsilon^2}{8r^3},$$

hier ist a die große (reelle) Achse, p der Parameter, ε die Exzentrizität (Ellipse $\varepsilon < 1$, Parabel $\varepsilon = 1$, Hyperbel $\varepsilon > 1$). Für den Fall der Vertiefung ist

$$r = \frac{a}{\sqrt{1 - \varepsilon^2}}, \quad \varkappa = -\frac{\varepsilon^2}{8(1 - \varepsilon^2)r^3} \quad (\varepsilon < 1).$$

Man kann also die Umbiegung beliebig wählen, dann ε und damit \varkappa so bestimmen, daß die beiden „Bildpunkte“ für einen bestimmten Winkel σ' zusammenfallen. Die höheren Koeffizienten λ usf. sind nicht Null, aber auch nicht mehr auswählbar, sondern durch die Natur der Fläche mitbestimmt, es ist also durch trigonometrische Nachrechnung festzustellen, ob die Zwischenfehler einen merkbaren Betrag erreichen; HARTING hat bei Nachrechnung eines Beispiels ein günstiges Ergebnis erhalten.

Die Firma BAUSCH & LOMB hat nach W. B. RAYTON (24 33475) später Brillen mit einer parabolischen und einer Kugelfläche angefertigt. Hier handelt es sich um Abflachung, es ist aber \varkappa durch den Krümmungsradius am Pol bestimmt,

$$\varkappa = \frac{1}{8r^3},$$

daher kann der Zweischalenehler nur bei bestimmten Durchbiegungen gehoben werden, und es wäre besonders festzustellen, ob eine solche Ausführung Vorteile bietet.

Bei einem früheren Patent von H. O. GOWLLAND (24 46171) sollte die Ausführung mit einer parabolischen Fläche der Herstellung von Wahlstärkenlinsen dienen.

§ 104. Die Fernrohrbrillen für stark kurzsichtige Augen. Zu dem auf S. 81 α erwähnten Vorteil dieser Anlage, wie er sich bei der Behandlung des Sehens in der Richtung der Achse herausstellte, kommt für das Sehen mit bewegtem Auge noch der weitere, daß sich hier für ein endliches Blickfeld sowohl Zweischalenehler als Verzeichnung heben lassen. Der Grund dafür liegt darin, daß man in der Durchbiegung jeder der beiden Linsen, in dem Abstand zwischen ihnen und in der Verteilung der Brechkraft unter sie Mittel genug hat, um diese beiden Fehler für ein ziemlich großes Blickfeld

$$2\sigma' \leq 24^\circ$$

zu heben. Es wird zweckmäßig sein, die Brennweite f' einer solchen Fernrohrbrille möglichst viel länger zu machen als ihre Schnittweite s' , weil man damit d negativ macht (S. 79) und also die Vergrößerung des Bildes auf der Netzhaut steigert. Wenn man an den nahen Zusammenhang denkt, der nach S. 132 β zwischen der Verzeichnung und der Lage der Hauptpunkte (H', H'_m) schiefer Bündel bestand, so wird man bei einer auf Verzeichnung korrigierten Fernrohrbrille erwarten dürfen, daß die Hauptpunkte der schiefer Bündel hier mit wachsender Hauptstrahlneigung nicht ständig auseinander rücken. In dieser Erwartung wird man auch nicht getäuscht, und es ist zu bedauern, daß sich diese Verhältnisse nicht für die Wiedergabe durch eine Zeichnung in natürlichem Maßstabe eignen. Schildert man aber mit Worten die Lage der Hauptpunkte schiefer Bündel, so liegen sie für die in der

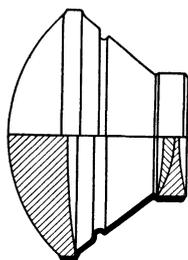


Abb. 70. Eine Fernrohrbrille für Augen von geringer Fehlsichtigkeit. In etwa natürlicher Größe.

Abb. 70 dargestellte Fernrohrbrille fast innerhalb des ganzen Blickwinkels enge zusammen und trennen sich erst am äußersten Rande des Blickfeldes. Die Kurven für H'_s und H'_m haben aber eine andere Beschaffenheit wie bei der einfachen Linse: sie durchschneiden sich nahe am Rande, weil hier Zwischenfehler der Verzeichnung auftreten, die sich der großen Brechkraft der Einzelbestandteile entsprechend fühlbar machen. Ganz allgemein hat über die Zwischenfehler der Verzeichnung bei Fernrohrbrillen M. v. ROHR (8. 577) gehandelt.

Der Vorteil, den eine Fernrohrbrille (Abb. 70) ihrem Träger bringt gegenüber dem ein holländisches Fernrohr¹ entsprechender Vergrößerung benutzenden Myopen, liegt hauptsächlich in der Vereinfachung der Anlage, der dadurch bedingten Gewichtsersparnis sowie der Möglichkeit, die Fernrohrbrille dauernd vor dem Auge anbringen zu können, und Ähnliches gilt gegenüber der Stöpsellinse (dem STEINHEILSchen Kegel). Ein weiterer Vorzug, daß nämlich die Vergrößerung des Netzhautbildchens ohne wesentliche Veränderung der Blickwinkel σ erfolgen kann, liegt auf dem Gebiete der Raumerfüllung und kann erst später besprochen werden.

§ 105. Geschichtliche Bemerkungen zur Fernrohrbrille mit größerem Blickfelde. Wie schon auf S. 82 β gesagt, ist es aus der früheren Zeit mit Ausnahme der STEINHEILSchen Erwähnung von 1846 nicht belegt, daß man versucht habe, das Gesichtsfeld der Fernrohrbrillen zu steigern. Jene auf SEIDELsche Vorarbeiten

¹ Für die neueste Zeit (34 26f) wird auf die geschäftlich bemerkenswerte Entwicklung des leichten Brillenfernrohrs (holländischer Anlage mit einem farbenlosen Objektiv und schwacher Vergrößerung) hinzuweisen sein. Den Trägern empfiehlt es sich durch seine leichte Anpaßbarkeit an den Einstellfehler, doch wird es vermutlich in der Ausdehnung des punktmäßigen Blickfeldes hinter einer guten Fernrohrbrille zurückbleiben.

zurückgehende Anlage schwacher Vergrößerung ist aber in ihren Einzelheiten ganz unbekannt geblieben. Die hier zu besprechenden Bestrebungen begannen, wie M. v. ROHR (8.) geschildert hat, nach dem Sommer 1908 und hatten zunächst das Ziel, hochgradigen Kurzsichtigen von schwachem Gesicht zu helfen. Bald stellte es sich als notwendig heraus, auch Schwachsichtige mit Übersichtigkeit zu unterstützen, wofür dann die Verwendung einer verkitteten Zerstreungslinse notwendig wurde, um störende Farbenfehler ohne eine gar zu große Erhöhung des Linsengewichts zu vermeiden. Die Erfahrungen mit den Kriegsverletzten zeigten, daß man die Fernrohrbrille von 1,8facher Vergrößerung des Netzhautbildes auch bei sehr geringen Beträgen von Sehschärfe verwenden lassen kann. H. ERGGELET (4.) setzt die Grenze gelegentlich bei $\frac{1}{20}$ an. Freilich wird man sich alsdann bei der Naharbeit starker Aufsteckgläser bedienen müssen. Die Verbindung einer Fernrohrfernbrille mit einem Aufsteckglas außen empfiehlt sich für den Träger in der Regel mehr als die Verwendung einer für einen fest vorgeschriebenen Arbeitsabstand berechneten Fernrohrnahbrille.

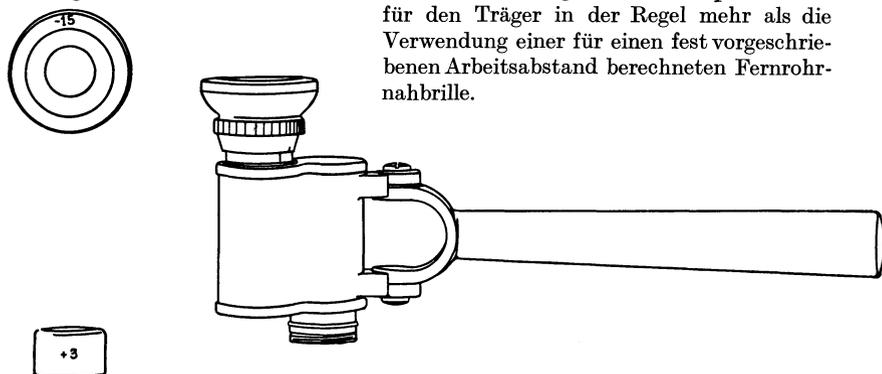


Abb. 71. Eine Fernrohrlupe mit Griff.

Links oben ein inneres Aufsteckglas für ein stark kurzsichtiges Auge mit $D_1 = -15$ dptr, links unten ein äußeres Aufsteckglas mit $D_2 = +3$ dptr, dieses zum Gebrauch für Gegenstände von $\frac{1}{3}$ m Entfernung bestimmt.

Fernrohrbrillen anderer Hersteller sind dem Bericht — von der undeutlichen SCOTTSCHE (18 32) Anlage abgesehen — nur in einem Falle bekannt geworden. Es handelte sich dabei um verschiedene Gebrauchsmuster für NITSCHKE & GÜNTHER (18 95); mindestens zu einem Teile sollte dabei das Fassungsrohr aus Glas, nicht aus Metall, hergestellt werden. Die Krümmungen, Scheitelorte und Glasarten waren aber nicht im einzelnen angegeben worden, so daß es bei diesem Hinweise sein Bewenden haben muß.

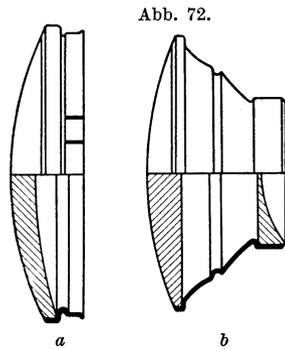
Die Vorteile der Fernrohrbrille könnten wohl einer merklich größeren Anzahl von Schwachsichtigen zugänglich gemacht werden, doch wird man zugeben, daß Verordnung und Anpassung an den Arzt, den Optiker und nicht zum wenigsten den Brillenträger ziemliche Ansprüche stellen. Die nicht selten auftretenden Bemängelungen von Auffälligkeit und großem Gewicht der Fernrohrbrille kann man schwerlich als eine förderliche Beurteilung ansehen. Wer mehr an sein Aussehen mit der Augenhilfe als an ihre Leistung denkt, wird besser der Fernrohrbrille fernbleiben; immerhin gibt es auch Schwachsichtige, denen an der Erhöhung ihrer Sehleistung wirklich etwas gelegen ist.

Für ganz starke Herabsetzungen der Sehschärfe gibt man nach O. HENKERS Vorgang, worüber 1911 A. WAGENMANN (1.) berichtet hat, dem Schwachsichtigen nach Abb. 71 eine mit der Hand vorzuhaltende *Fernrohrlupe*. Eine solche besteht aus einem 6—8fach vergrößernden Prismenfernrohr, das nach Bedarf mit äußeren und inneren Aufsteckgläsern zu versehen ist.

Ein Fernröhrchen, das zur Erhöhung der Vergrößerung im inneren Teil des Blickfeldes vor ein dünnes Fernbrillenglas gesetzt wurde, ließen sich 1914 nach $\langle 15/16^{1154} \rangle$ NITSCHKE & GÜNTHER schützen.

Für die Naharbeit muß bei der geringen Akkommodationsbreite des mit der Fernrohrfernbrille bewaffneten Auges (s. S. 54 γ) ein Aufsteckglas (S. 82 ω) nach

Abb. 72a verwandt werden, und man wählt verständlicherweise seine Brechkraft um so größer, je stärker die Vergrößerung gesteigert werden soll. Eine solche Verbindung der Fernrohrfernbrille mit einem einfachen äußeren Aufsteckglas empfiehlt sich für den Träger in der Regel mehr als die Verwendung einer für einen festen vorgeschriebenen Arbeitsabstand besonders berechneten Fernrohrnahbrille, was schon oben bemerkt wurde.



Ein Aufsteckglas *a* zu der Fernrohrbrille *b* für stark kurzsichtige Augen.
In etwa natürlicher Größe.

§ 106. Die Fernrohrbrille als Lupenbrille.

Auch für Lupenbrillen hat man in Jena die Grundanlage der Fernrohrbrille nach Abb. 73 seit 1912 verwendet und $\langle 13/14 + 5\ 22 \rangle$ geschützt. Man hat den großen, dieser Verbindung eigenen Arbeitsabstand dabei als besonders vorteilhaft erkannt; zur Herbeiführung punktmäßiger Abbildung im Blickfelde war es nötig, eine doppelte Sammellinse und eine aus zwei Teilen zusammengekittete Zerstreuungslinse zu verwenden. Als Vergrößerung wurde eine zweifache gewählt, wenngleich eine dreifache auch möglich sein würde.

Als Vergrößerung wurde eine zweifache gewählt, wenngleich eine dreifache auch möglich sein würde.

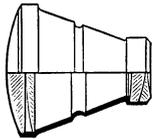


Abb. 73. Eine Lupenbrille aus zwei Bestandteilen in größerem Abstände. In etwa natürlicher Größe.

§ 107. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Eine derartige Lupenanlage aus einem sammelnden und einem zerstreudenden Bestandteil wurde zuerst 1839 von dem französischen Optiker CH. CHEVALIER beschrieben, doch wurde weder der Zustand der schiefen Bündel dabei behandelt noch auch überhaupt an so schwache Kopflupen gedacht. Ein entsprechender Vorschlag wurde 1851 von dem Physiologen E. BRÜCKE gemacht, und derartige

Lupen sind daher in der technischen Optik als CHEVALIER-BRÜCKESCHE Formen bekannt. — Die Leser dieser Schrift wird namentlich die beidäugige Benutzung solcher Lupenpaare fesseln, und dafür ist hier auf § 169 hinzuweisen, wo sich die geschichtlichen Angaben zu der WESTLIEN-ZEHENDERSCHEN Kornealuppe finden werden.

§ 108. Umgekehrte Fernrohrbrillen für Lichtspiele. Zur Verkleinerung der Reihenbilder, um auch auf nahen billigen Plätzen des Saals einen naturgetreuen Eindruck zu erhalten (s. auch S. 82 δ), hat man mehrfach die Verwendung eines umgekehrten Fernrohrs vorgeschlagen, so daß also bei der holländischen Form umgekehrt wie bei der Fernrohrbrille die Sammellinsen dem Auge zugewandt werden.

§ 109. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Auf W. GOLDSCHMIDT wurde schon auf S. 82 δ hingewiesen.

Eine andere Anlage dieser Art dient dem Sehen Ungleichsichtiger, besonders Einseitig-Linsenloser. Näheres dazu wird im § 176 zu finden sein.

Die Brillen mit mehreren Brennweiten.

§ 110. **Die Vorhänger.** Die Aufgabenstellung für diese Vorkehrungen ist leicht aus dem Früheren zu entnehmen. Man wird zuerst die ständig zu tragende Brille so durchbiegen, daß der Zweischalenfehler gehoben wird. Danach ist der Vorhänger, dessen Brechkraft nach den Besonderheiten des Falles verordnet wird, ebenfalls so durchzubiegen, daß der Zweischalenfehler verschwindet. Dabei hat als Kreuzpunkt der Hauptstrahlen der in der Regel mit Längsabweichung behaftete scheinbare Drehpunkt des mit der ständig zu tragenden Brille bewaffneten Auges zu dienen.

Die Erfüllung dieser Bedingungen für beide Teile macht keine Schwierigkeiten, vorausgesetzt, daß die beständig zu tragende Brille kein Sammelglas von besonders hoher Brechkraft ist und daß aus anderen Gründen der scheinbare Drehpunkt der ständig zu tragenden Brille nicht in eine allzu große Entfernung von ihrem vorderen Scheitel rückt.

Man kann aus dieser allgemeinen Behandlung aber nicht ersehen, daß die Lösung der Aufgabe in einer besonders einfachen Weise, nämlich durch die Verwendung schwach sammelnder, punktmäßig abbildender Ferngläser für $x' = 25$ mm möglich ist, wie sie in der Tat durch ein glückliches Zusammentreffen bei der Anpassung zuerst gefunden wurde. Den wahren Grund hat A. SONNEFELD (1.) 1920 aufgedeckt, und im folgenden wird seine Ableitung in ihren Hauptzügen wiedergegeben werden.

Versieht man nämlich ein für $x' = 25$ mm berechnetes Fernbrillenglas, das einen Vorhänger von $+3$ dptr braucht, einfach mit dem ebenfalls für $x' = 25$ mm berechneten Fernbrillenglas von $+3$ dptr, so zeigen die an der angegebenen Stelle angeführten Werte der trigonometrischen Durchrechnung ein für die in Betracht kommenden Hauptstrahlneigungen bemerkenswert günstiges Ergebnis. Zum Verständnis muß man darauf zurückgehen, daß auch bei den TSCHERNINGSchen Ellipsen für Nahbrillen ein, allerdings nur noch in die Ordinatenachse, nicht mehr in den Anfangspunkt fallendes, Ähnlichkeitszentrum besteht, ganz wie es H. BOEGEHOLD (S. 127 δ) für die Fernbrillen mit verschiedenen x' -Werten abgeleitet hatte. Zeichnet man im vorliegenden Falle der Abb. 74 die entsprechenden beiden Nahbrillenellipsen für die Grenzabstände des scheinbaren Drehpunkts bei Augen, die mit einfachen und möglichst dünnen Brillen punktmäßiger Abbildung ausgerüstet sind, nämlich für $x' = 20$ und 45 mm, so stellt es sich heraus, daß sich für einen Dingabstand von $-33,3$ cm der OSTWALTSche Zug für $x' = 20$ mm und der WOLLASTONSche für $x' = 45$ mm in einem Punkte schneiden, der fast genau mit dem Schnittpunkte der Ordinate für $D, = +3$ dptr und dem OSTWALTSchen Zuge der für $x' = 25$ mm berechneten Fern-

brillenellipse übereinstimmt. Damit ist das günstige Ergebnis für die eben angeführten Enden der Reihe erklärt, und es wird nach A. SONNEFELD (2. 105) genügen, für die Mitte der Reihe, genauer die Fernbrillen

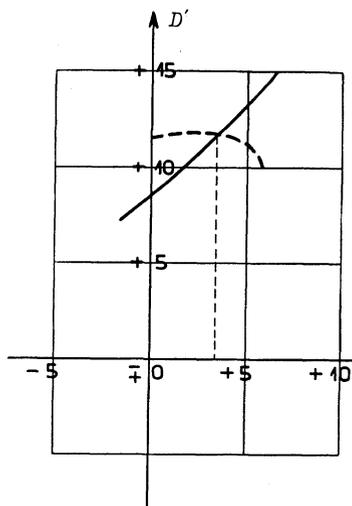


Abb. 74. TSCHERNINGSche Ellipsenbogen (20 71) für $a_s = -33\frac{1}{3}$ cm. Ausgezogener OSTWALTScher Zug für $x' = 20$ mm, gestrichelter WOLLASTONScher Zug für $x' = 45$ mm. Hier ist die Brechkraft der Linse mit D_s , die der Vorderfläche mit D' bezeichnet.

zwischen -6 und $+3$ dptr, einen besonderen Vorhänger oder eine besondere Nahbrille auszuführen.

§ 111. **Geschichtliche Bemerkungen dazu.** Die erste Erwähnung eines punktmäßig abbildenden Vorhängers geht auf E. HERTEL (2.) und das Jahr 1910 zurück, wo er über die bei C. ZEISS ausgearbeitete Fernrohrbrille handelte. — Danach scheint erst A. SONNEFELD (1., 2.) wieder diese Aufgabe aufgenommen und ihre Lösung merklich gefördert zu haben.

§ 112. **Die Zweistärkengläser für das blickende Auge.** Handelt es sich um Zweistärkengläser für das blickende Auge, so würde an sich die alte Anlage, die beiden Fassungsteile durch die Fassung zusammenzuhalten, es wohl gestatten, den einen Linsenteil einem punktmäßig abbildenden Fern-, den anderen einem solchen Nahbrillengläse zu entnehmen; indessen ist der Kosten wegen an die Wiederaufnahme dieser Verbindung nicht zu denken. — Man wird

sich daher bei den heute allein noch in Betracht kommenden, durch Anschliff oder Verschmelzung (Verkittung) entstandenen Zweistärkengläsern auf die Verbesserung der Leistung des Hauptteils — meist des Fernteils — beschränken müssen. Man sollte dafür heute die OSTWALTSchen Formen oder zweckmäßig durchgebogene astigmatische Gläser wählen.

§ 113. **Geschichtliche Bemerkungen dazu.** In der Geschichte tritt die Berücksichtigung schiefer Bündel mindestens mittelbar 1849 bei TH. PR. MOUSSIER und .. BOULLAND auf, die dafür die damals bevorzugten periskopischen Formen verwandten. Deutlich ausgesprochen hat diesen Gedanken wohl zuerst W. E. DEBENHAM (1.) im Jahre 1898. Er beanspruchte einen Schutz auf die Herstellung durchgebogener Gläser mit Verstärkung der Brechkraft des unteren Teiles sowohl durch Schleifen allein als auch durch die Verbindung eines Schmelz- und eines Schleifverfahrens. Die letztgenannte Herstellungsart sollte dann Anwendung finden, wenn die Sprungschicht zwischen den beiden Teilen zu vermeiden wäre. Einen Einfluß auf die Herstellung im großen scheinen diese Gedanken nicht ausgeübt zu haben, wohl deswegen, weil W. E. DEBENHAM den Brillenbetrieben gar zu fern stand.

Ebenfalls die Güte der Abbildung haben zum Ziel zwei Schutzansprüche von E. BUSCH (2.) und (3.). Bei dem ersten wird der außen angebrachte Nahteil besser zu der Innenfläche des Meniskus ausgerichtet, und bei dem zweiten Anspruch

wird tatsächlich der Gedanke folgerichtig durchgeführt, die beiden Teile des Zweistärkenglases zentrierte Linsen bilden zu lassen.

Eingehende Angaben über die Anbringung der dritten Fläche gibt eine Patentschrift für C. ZEISS (4.) vom Jahre 1909. Hier wurde die OSTWALTSche Form des Fernbrillenglases zugrunde gelegt, und die Zusatzwirkung des Nahteils wurde an der stärker gekrümmten der beiden Außenflächen angebracht.

Aus der letzten Zeit sind die regelmäßigen Berichte über die Brillengläser-schutzschriften einzusehen, die gelegentlich auch auf diese Fragen eingehen.

2. Nur zweifach symmetrische Gläser.

§ 114. Ihre Anlage im allgemeinen. Die deutliche Abbildung, die von selbst für Achsenpunkte einer Folge ausgerichteter Drehflächen gilt, liefert aber nicht die einzige Möglichkeit für die Ausführung von Brillen, die zur Unterstützung achsensymmetrischer Augen bestimmt sind. Man kann für diesen Zweck auch Linsen wählen, die nur *zweifach symmetrisch* oder kurz gesagt *symmetrisch* sind, wenn nur die Radien der Zylinder- oder torischen Flächen (s. S. 165) so bestimmt werden, daß sich für den Fernpunkt $F'_1 = R_1$, auf der Achse eine punktmäßige Abbildung ergibt. Als Brillenachse gilt hier die Gerade, in der sich die beiden Symmetrieebenen der Brille durchdringen.

Von solchen Formen scheinen für den Gebrauch nur *Lesegläser* bekannt zu sein, die zwei rechtwinklig gekreuzte Zylinderflächen aufweisen; sie sind gelegentlich auch als CHAMBLANTSche Gläser bezeichnet worden. Als Vorteil wird solchen als Lesegläser verwandten Ausführungen — schon seit langer Zeit, zusammenfassend von E. OPPENHEIMER (I. 110) — ein geringerer Betrag der Verzeichnung nachgerühmt.

Kommt man mit einer solchen Aussage über die seitlichen Teile des Gesichtsfeldes schon auf das Gebiet der Verbindung symmetrischer Brillengläser mit dem bewegten Auge, so mögen an dieser Stelle nur die Forderungen aufgeführt werden, denen ein solches Brillenglas genügen müßte, wenn man es mit Vorteil zur Unterstützung des Sehens mit bewegtem Auge verwenden wollte. Ganz der Behandlung entsprechend, die die astigmatischen Brillen weiter unten erfahren werden, müßte man auch diese zweifach symmetrischen Systeme längs endlich geneigten Hauptstrahlen untersuchen, die in den beiden Symmetrieebenen verlaufen und auch für diese Richtungen eine Aufhebung des Zweischalenfehlers herbeiführen. Wäre das geschehen, so könnte man von solchen symmetrischen Linsen als von zweckmäßig durchgebogenen sprechen.

Die Untersuchungen H. BOEGEHOLDS, von denen noch in § 139 die Rede sein soll, sind bis jetzt wohl die einzigen auf diesem Gebiete geblieben.

§ 115. **Geschichtliche Bemerkungen dazu.** Zur Geschichte solcher gekreuzt zylindrischer Gläser haben sich gewisse, vorher ziemlich zerstreute Angaben sammeln lassen. So findet sich um die Mitte des Jahres 1813 ein P. GALLAND (I.)

und M. N. J. CHAMBLANT erteiltes Patent, in dem Zylinderlinsen und auch eine Maschine zu ihrer Herstellung beschrieben wurden. Die beiden Erfinder werden der Reihe nach als Geometer und als Glasarbeiter (*bombreur de verres*) bezeichnet¹ und liefern so das Beispiel einer in der älteren französischen Optik ziemlich selten vorkommenden Verbindung zwischen einem Theoretiker und einem Praktiker. Der Patentschutz war auf Sonnenkraftmaschinen nachgesucht worden, und die Zylinderflächen erschienen in der Beschreibung als ein neues Mittel zur Hebung des Öffnungsfehlers. An dieser Stelle sei von einer aus dem Rahmen der vorliegenden Arbeit herausfallenden Ablehnung dieser Ansicht abgesehen, jedenfalls erscheint hier zuerst eine für den Ausgleich des Astigmatismus des Auges außerordentlich wichtige Linsenform mit einer guten Durcharbeitung ihrer Herstellungsweise. — Über die weitere Geschichte der CHAMBLANTSchen Gläser hat M. v. ROHR (18. 412) namentlich aus älterer Zeit einiges mitgeteilt, wonach diese Formen im ersten Drittel des vorigen Jahrhunderts großes Aufsehen erregten, allerdings auch Widerspruch hervorriefen. In der Zwischenzeit ist manches Weitere dazu bekannt geworden. So hört man von D. BAXANDALL (28¹³³143), daß diese CHAMBLANTSchen Gläser unter der Bezeichnung von *Konservationsgläsern* 1819 von dem Pariser Hersteller nach London eingeführt wurden, und 1822 empfiehlt sich in einer Berliner Tageszeitung ein Optiker aus Amsterdam, MORITZ BERNHARD, der neben periskopischen auch zylindrische Gläser auf seinen Schleifmaschinen herstelle. Auch C. H. WELLER (I. 202 β) geht 1821 auf diese Formen mit achteckiger Begrenzung (s. S. 26 ω) ein. So werden sich diese Gläser eine Zeitlang unangefochten gehalten haben, was man aus D. BREWSTERS Bemerkungen (25 51 γ) von 1827 entnehmen kann und aus einer Mitteilung FR. KÖRNER'S (28¹⁸⁶147 im Quellenverzeichnis unter (4.) aufgeführt), wonach um 1828 solche reisende Optiker mit Zylinderflächen auch nach Jena gekommen sind. — Daß G. B. AIRY (I.) 1825 von einem ausländischen Optiker gehört hatte, der gekreuzte Zylindergläser herstellte, ist hier anzuführen, und man wird sich nicht irren, wenn man diese Bemerkung auf (P. GALLAND und) M. CHAMBLANT bezieht. — Die Herstellung solcher gekreuzt zylindrischer Lesgläser hat sich nach der obigen Quellensammlung jedenfalls weiter gehalten, da sie sowohl von J. SICHEL 1845 als auch 1866 von F. C. DONDERS (3. 194) erwähnt wurden. Dazu paßt es ausgezeichnet, daß der aus Wien stammende S. STURM (I.) noch 1853 um einen englischen Schutz auf die Herstellung rechtwinklig gekreuzter Zylindergläser sammelnder und zerstreuer Wirkung nachsuchte. Der Vorzug von Zeichnungsfreiheit wird ihnen auch an dieser Stelle zugeschrieben. D. E. SULZERN (2.) war die regelmäßige Herstellung solcher Formen noch 1902 bekannt.

3. Einfach symmetrische Gläser (Schielbrillen).

a) Die gewöhnlichen Brillen (ohne punktmäßige Abbildung).

§ 116. Der Zusammenhang zwischen brechendem und Ablenkungswinkel; Centradian und Prismendioptrie. In gewissen Fällen, wie bei-

¹ Unter „*bombreur de verres*“ verstand man nach einer liebenswürdigen Auskunft, die ich Herrn M. DUFOUR verdanke, zu jener Zeit Glasarbeiter, die größeren Glasscheiben durch Anwendung von Hitze eine bauchige Form gaben. Glassenker würde man heute etwa dafür sagen. In einer neueren Schrift wird M. CHAMBLANT als Uhrmacher bezeichnet, wahrscheinlich weil er die Glasscheiben hauptsächlich zu Schutzkästen für Stutz-Uhren senkte. Die auch sonst verbreitete Annahme eines Streits zwischen den beiden Franzosen um die Erfindung der Zylindergläser wird nach den oben gemachten Angaben hinfällig.

spielsweise bei Schielenden, kommt es vor, daß die Gesichtslinie um einen bestimmten Winkel von der normalen Stellung abweicht. Um die Vorstellung zu erleichtern, sei angenommen, daß die Ebene dieses Winkels waagrecht liege. Alsdann besteht die Aufgabe, dieser regelwidrigen augenseitigen Richtung eine regelrechte dingseitige zuzuordnen, und das geschieht, wenn es sich zunächst um ein rechtsichtiges Auge handelt, durch ein Prisma mit ebenen Grenzflächen. Man muß dabei den Hauptschnitt des Prismas waagrecht legen, da ja nach der Voraussetzung durch die beiden Richtungen der Blicklinie, die regelrechte und die regelwidrige, eine waagrechte Ebene bestimmt worden war.

Setzt man eine solche Lage des Prismas voraus, daß es für diese beiden einander zugeordneten Richtungen im *Minimum der Ablenkung*

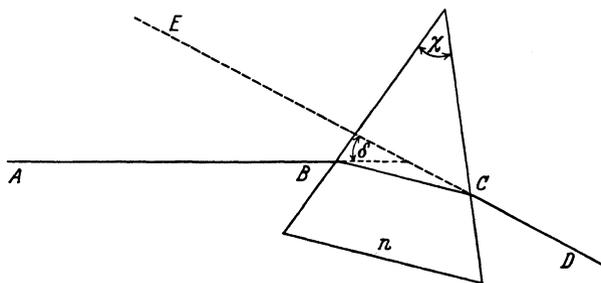


Abb. 75. Übersichtsdarstellung der Brechung in der (waagrechten) Symmetrieebene eines Prismas von der Brechzahl n und dem brechenden Winkel χ . Der Hauptstrahl $ABCD$ durchsetzt das Prisma mit der Minimalablenkung δ . Der Richtung AB im Dingraum entspricht auf der Augenseite CD , die mit AB den Winkel δ einschließt.

steht, und bezeichnet man, wie in Abb. 75, das Brechungsverhältnis mit n , den brechenden Winkel mit χ und den Ablenkungswinkel mit δ , so wird in den Handbüchern der geometrischen Optik die Formel hergeleitet:

$$\sin(\delta + \chi)/2 = n \sin \chi/2, \quad (75)$$

die eine Berechnung von δ aus n und χ leicht gestattet. Handelt es sich dagegen darum, aus δ und n den Wert von χ zu bestimmen, so muß die Formel nach χ aufgelöst werden, und es ergibt sich nach einfachen Umformungen:

$$\operatorname{tg} \chi/2 = \sin \delta/2 : (n - \cos \delta/2). \quad (76)$$

Für die Bedürfnisse der Brillenverordnung ist nun die Bestimmung einer Maßeinheit notwendig, sei es, daß die Wirkung vorhandener Prismen bestimmt oder daß die Ergebnisse der Untersuchung so angegeben werden sollen, daß sich danach Prismen von gleicher Wirkung herstellen lassen.

Als erstes Verfahren ergab sich dabei die Angabe des brechenden Winkels χ des Prismas mit dem Grad als Maßeinheit. Dieses Vorgehen ist schon darum nicht zu billigen, weil es nur dann zu den vorgeschrie-

benen Ablenkungswerten δ führt, wenn bei der Herstellung der Prismenbrille ein Mittel von demselben Brechungsverhältnis n verwendet wird, das für die Probierbrille in Betracht kam.

Ein anderes Verfahren wurde 1890 vorgeschlagen, und zwar maß man richtiger die Ablenkung δ , die ein Prisma der ursprünglichen Richtung gegenüber herbeiführt. Es wurde nämlich, wie Abb. 76 zeigt, theoretisch die Verschiebung l auf einem Schirme festgestellt, der in 1 m Entfernung senkrecht zur ursprünglichen Richtung befindlich gedacht wurde. Bezeichnet man nun als Wirkung einer einzelnen *Prismendioptrie* — hier abgekürzt *prdptr* — die, wobei eine Verschiebung von 1 cm, und die Wirkung von x Prismendioptrien die, wobei eine Verschiebung von x cm eintritt, so sieht man ein, daß es sich hier um eine Zählung nach dem Werte der trigonometrischen Tangente des Ablenkungswinkels handelt. Diese

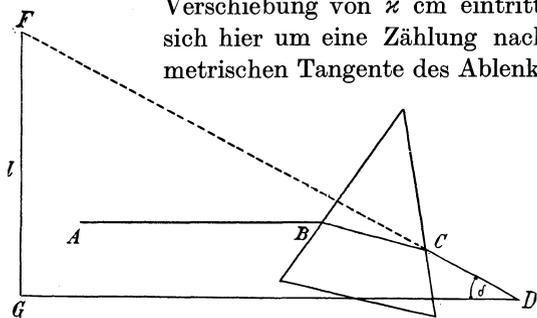


Abb. 76. Eine Übersichtsdarstellung des PRENTICESchen Meßverfahrens. $DG \parallel BA$ ist die ursprüngliche, $DC = DF$ die durch das Prisma geänderte Richtung.
 $GD = 1 \text{ m}$; $GF = l \text{ cm}$.

Zählung wird sich allerdings bei den kleinen Werten von

$$\delta < 10^\circ,$$

die bei der Verordnung meistens nur in Betracht kommen, wenig von einer Zählung der Winkel selbst unterscheiden.

Eine solche Zählung nach den Winkeln selbst

wurde schon früher, vor 1890, vorgeschlagen, und zwar ließ sich dafür nicht die große Einheit, der *Radian*, vermindern, der Winkel, der allgemein in der mathematischen Analysis die Einheit darstellt. Sein Bogen hat die Länge des Radius, und seine Größe ist im alten Gradmaß (bei einer Teilung des Quadranten in 90 Teile) durch $57,296^\circ$ gegeben. Da diese Einheit für den Gebrauch des Arztes viel zu groß ist und daher alle Angaben durch kleine Dezimalbrüche gemacht werden müßten, so schlug man den hundertsten Teil davon als *Centradian*¹ (abgekürzt *Centrad*) — hier *ctrd* — vor, dessen Wert sich also im alten Grundmaß zu $0,573^\circ = 34,4'$ ergibt.

Schon aus dem Vorhergegangenen wird klar geworden sein, daß sich die Werte in Centrad nur wenig von denen in Prismendioptrien unterscheiden werden. Aus der auf S. 151 stehenden bildlichen Darstellung, Abb. 77, geht weiterhin auch hervor, daß der Unterschied zwischen beiden Angaben erst für einen Centrad-Wert von etwa 17 *ctrd* auf 1%

¹ H. ERGGELET ((33 157) 812²) machte mit Recht darauf aufmerksam, daß man eigentlich Centiradian hätte erwarten sollen.

ansteigt. Man sieht außerdem noch, daß man für die Bedürfnisse des Augenarztes auch die Größe der Prismenwinkel χ als proportional zum Ablenkungswinkel δ ansehen kann.

Oben war darauf hingewiesen worden, daß es sich um ein recht-sichtiges Auge handele und daß das Prisma für die betrachteten beiden Richtungen im Minimum der Ablenkung stehend vorausgesetzt worden war. Eine solche Annahme hat zur Folge, daß einem unendlich fernen Dingpunkt ein unendlich entfernter, punktmäßig abgebildeter Bild-

punkt entspricht, soweit dünne Bündel in Betracht kommen, und wie zunächst stets von der Farbenzerstreuung abgesehen wird. Für Dingpunkte, die auf diesem Hauptstrahle in endlicher Entfernung liegen, ist die Brennweite zwischen den beiden Fokalkunkten von fester endlicher Länge, die einen Bruchteil der Prismendicke ausmacht. Dieser Betrag des Zweischalenfehlers ist aber deshalb ohne Belang, weil in den Fällen, wo Prismen verschrieben werden, der Dingabstand nie so klein ist, daß dieser Fehler auffiele. Näheres dazu ist aus der wichtigen Abhandlung von L. BURMESTER (I.) vom Jahre 1895 zu entnehmen. Auch darauf sei nur hin-

gewiesen, daß mit einer anastigmatischen Abbildung durch ein Prisma eine Drehung der Bildebene in der unmittelbaren Nachbarschaft des betrachteten Hauptstrahls verbunden ist; abgesehen von der Behandlung in dem allgemeinen GULLSTRANDSchen Lehrgebäude ist darüber einiges gleichsam in Einzeldarstellung in den Arbeiten von R. STRAUBEL (I.) aus dem Jahre 1902 und von A. KÖNIG (3.) aus dem Jahre 1904 zu finden.

Neben den monochromatischen Abweichungen müssen bereits auf dieser Stufe auch Farbenfehler berücksichtigt werden, und zwar sind einseitige Farbensäume bei der Anwendung von Prismenbrillen zu vermeiden, da eine Farbenhebung bei prismatischen Gläsern wegen der dann notwendigen Gewichtszunahme in den meisten Fällen ausgeschlossen sein wird.

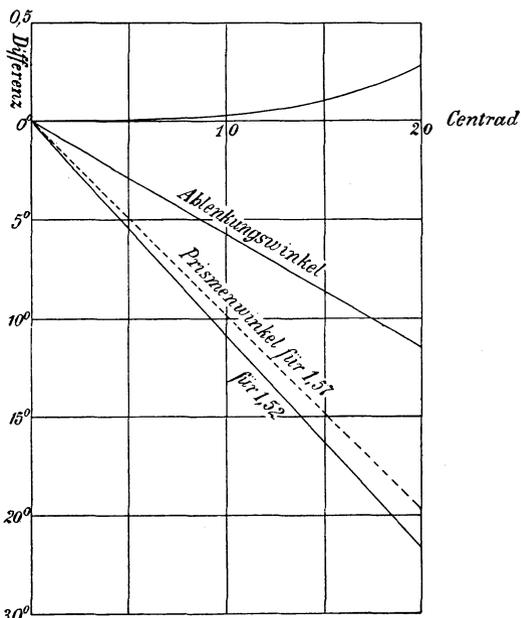


Abb. 77. Eine Darstellung der Prismenwinkel χ , der Ablenkungswinkel δ in Graden, der Differenz (Maßzahl prdpr - Maßzahl ctrd) in Dezimalen für 0 bis 20 ctrd.

§ 117. **Geschichtliche Bemerkungen zu den prismatischen Brillen.** Die ersten prismatischen Brillen wurden von E. PERGENS (3.) dem schottischen Arzte W. CH. WELLS zugeschrieben, der 1792 eine wichtige Arbeit (1.) über das beidäugige Sehen verfaßt hatte. Es ist indessen nicht sicher, ob man so weit gehen sollte, da er anscheinend keine Überlegungen darüber angestellt hat, wie die entsprechende Schielstellung zu heben sei. — Dagegen hat, wie E. PERGENS in derselben Arbeit hervorhob, CH. CHEVALIER 1844 einem Schielenden eine prismatische Brille angepaßt. F. C. DONDERS (3. 144) sah noch 1866 den holländischen Meteorologen W. KRECKE als den Erfinder dieses Hilfsmittels an. Ihm selber sei es 1847 bekannt geworden, und er habe es dann in seinem Berufe regelmäßig verwendet.

Eine Behandlung ebener Prismen mit der Basis nach innen, wobei nicht der Ablenkungswinkel δ berechnet wurde, sondern der Durchstoßungspunkt für die augenseitige und die scheinbare Blickrichtung mit der Symmetrieebene des aufrecht gehaltenen Kopfes, lieferte 1886 A. GROENOUW (1.).

Was die Einführung der Bezeichnung angeht, so ist vorläufig die Geschichte der Centrad-Benennung noch dunkel; ihr Urheber ist nach E. H. OPPENHEIMER (1. 179) W. S. DENNETT, und aus einer Anmerkung bei CH. F. PRENTICE (3. 101) geht hervor, daß diese Bezeichnung im Jahre 1890 bereits bestanden haben muß. — Wesentlich besser unterrichtet ist man gerade durch jene Arbeit von PRENTICE über die Einführung der Prismendioptrie. Dieser Name stammt nach einer späteren amerikanischen Darstellung von S. M. BURNETT und dem Jahre 1888. PRENTICE aber hat 1890 als Einheit der Brillenprismen ein solches eingeführt, das in 1 m = 100 cm Abstand eine Verschiebung von 1 cm herbeiführen würde, und hat als Abkürzung dafür Δ vorgeschlagen, ein Zeichen, das hier (ganz wie D zur Kennzeichnung der Brechkraft) zur mathematischen Bezeichnung der Prismenwirkung benutzt werden soll, was übrigens bereits A. LMBERT (1.) getan hatte. Das PRENTICESCHE Verfahren wurde 1891 von der *American Medical Association* und 1894/5 von den leitenden amerikanischen Brillenbetrieben angenommen.

§ 118. **Die Dezentrierung achsensymmetrischer Linsen.** Läßt man nun auch die Annahme fallen, daß man es mit rechtsichtigen Augen zu tun habe, so wird sich die für fehlsichtige Augen mit regelwidriger

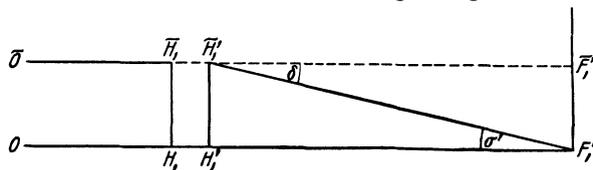


Abb. 78. Zur Beziehung zwischen Brechkraft und prismatischer Ablenkung einer dezentrierten Linse.

Richtung der Gesichtslinie notwendige Wirkung aus einer Linsen- und einer prismatischen Wirkung zusammensetzen müssen.

Ein einfaches Mittel, zu einem solchen Ergebnis zu kommen, bietet sich in der *Dezentrierung* eines achsensymmetrischen Brillenglases dar. Man sieht ohne Schwierigkeit ein, daß unter Vernachlässigung der sphärischen Abweichung die prismatische Ablenkung in eine Beziehung zur Brechkraft der dezentrierten Linse gesetzt werden kann. Wird in Abb. 78 bei einem zunächst achsenparallel einfallenden Strahl $\tilde{O}\tilde{H}$, die Einfallshöhe

$$h = H, \tilde{H},$$

in der vorderen Hauptebene ebenso wie die Brennweite f' in Zentimetern gemessen, so ergibt sich nach der Brechung in der Linse seine Neigung σ' gegen die Achse durch

$$\operatorname{tg} \sigma' = h/f'.$$

Schreibt man nun die Richtung \tilde{H}, \tilde{F}' als normale vor, so ist alsdann der Ablenkungswinkel $F', \tilde{H}, \tilde{F}' = \delta$ gegeben, für den natürlich gilt

$$\delta = \sigma',$$

so daß sich ergibt

$$\operatorname{tg} \delta = hD,.$$

Nun ist aber $\operatorname{tg} \delta$ nach PRENTICES Bestimmung eben der Ausdruck für die Anzahl der Prismendioptrien oder (mit dem oben hervorgehobenen praktisch belanglosen Vorbehalt) für die Centradzahl Δ , und es folgt die Beziehung

$$\Delta = hD, . \tag{77}$$

Daraus ergibt sich für

$$h = 1 \text{ cm}$$

sehr einfach

$$\Delta_{1 \text{ cm}} = D, .$$

d. h. die nach C. HESS (1. 159; 2. 176) angeführte Angabe, oder das PRENTICESche Gesetz, „daß jede konvexe oder konkave Linse in einem Abstände von 1 cm von der Achse eine prismatische Kraft von so vielen Prismendioptrien hat, wie sie selbst Linsendioptrien besitzt“.

Es läßt sich leicht zeigen, daß die prismatische Ablenkung eines durch \bar{H} bestimmten Linsenorts, wie sie hier für eine abweichungsfrei angenommene Linse abgeleitet wurde, unabhängig ist von der Richtung, unter der der Strahl im Dingraume verlief, solange es sich nur um verhältnismäßig kleine Winkel handelt.

Nimmt man dieselben Werte für die Kennzeichnung der Linse an wie vorher, läßt aber in Abb. 79 den Strahl $\tilde{O}\tilde{H}$, vor der Brechung den Winkel

$$\tilde{H}, PH, = \sigma$$

mit der Achse bilden, so kann man $H, P = x$ setzen und erhält $H', P' = x'$ auf Grund der bekannten Beziehung

$$1/x' = 1/x + 1/f'. \tag{78}$$

Beachtet man, daß die Gleichungen

$$h/x = \operatorname{tg} \sigma; \quad h/x' = \operatorname{tg} \sigma'$$

bestehen, so ergibt sich nach Multiplikation von (78) mit h

$$\operatorname{tg} \sigma' - \operatorname{tg} \sigma = \sigma' - \sigma = \Delta = hD,$$

ganz wie oben.

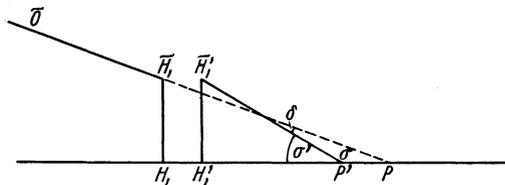


Abb. 79. Zur Unabhängigkeit des Betrages ε der prismatischen Ablenkung von der dingseitigen Achsenneigung σ des Hauptstrahls.

Mit dieser Betrachtung ist aber gleichzeitig der Fall der prismatischen Ablenkung erledigt, der eintritt, wenn eine beliebige Linse von dem in Frage kommenden Hauptstrahl schief durchsetzt wird. Man braucht dann eben nur die Höhe h zu bestimmen, in der die Hauptebenen von dem Hauptstrahl durchstoßen werden, um unter Vernachlässigung der Öffnungsabweichung des Hauptstrahls durch Multiplikation mit der Brechkraft D , der Linse die prismatische Wirkung der geneigten Linse in Centrad zu erhalten.

Ebenso wie bei dem ebenen Prisma für das rechtsichtige Auge muß auch hier bei dem Linsenprisma für das fehlsichtige Auge eine Untersuchung darüber angestellt werden, ob die Ausführung überhaupt als ein anastigmatisches Brillenglas zu gelten hat. Man wird im einzelnen untersuchen müssen, ob sich das Glas um eine zur Symmetrieebene senkrechte Achse, die durch den Punkt \tilde{H} , der vorderen Hauptebene geht, so drehen läßt, daß eine anastigmatische Abbildung längs des hier betrachteten, immer nach \tilde{H} , zielenden Hauptstrahls zustande kommt. Ist das der Fall, so tritt natürlich auch hier eine Drehung der punktmäßigen Bildfläche in der Nachbarschaft des ausgewählten Hauptstrahls ein.

Bei der Brillenverordnung muß man bei prismatischen Brillengläsern natürlich mit der Gewichtsvermehrung und den einseitigen Farbensäumen rechnen. Man wird daher über eine gewisse Ablenkung nicht hinausgehen können. Als Grenzwert kann ungefähr ein Betrag von 6 ctrd angesetzt werden.

§ 119. **Geschichtliche Bemerkungen zur Dezentrierung.** Im Jahre 1888 machte A. IMBERT (I.) darauf aufmerksam, daß bereits E. JAVAL 1865 im Besitze der Kenntnis gewesen sei, die Ablenkung eines sphärischen Glases entspreche einmal dem Kehrwert seiner Brennweite und zum andern Male dem Betrage seiner Verschiebung. Eine strenge Formel sei dafür indessen nicht angegeben worden. Mit einer sehr gewandten Ableitung erhielt A. IMBERT die Beziehung

$$\Delta = 0,06^\circ \cdot l \cdot F$$

oder in der hier gebräuchlichen Schreibweise

$$\Delta = l_{\text{cm}} \cdot D, \text{ ctrd.}$$

Es scheint aber nicht, als sei diese Arbeit damals recht beachtet worden, vielmehr sieht es nach der hier vorhandenen (auf diesem Gebiete ziemlich lückenhaften) Kenntnis so aus, als habe erst CH. F. PRENTICE 1890 die allgemeine Aufmerksamkeit auf diese Beziehungen gelenkt. Er (3. 117) veröffentlichte das oben angegebene Gesetz, wonach eine sphärische Linse von e dptr um d cm dezentriert, eine prismatische Wirkung von ed prdptr hervorbringt. Beachtet man, daß für das dem Augenarzt wichtige Bereich das Centrad der Prismendioptrie gleichzusetzen ist, so kam er damit auf die IMBERTSche Beziehung.

b) Die Berücksichtigung der Augendrehung.

§ 120. **Die punktmäßig abbildenden prismatischen Brillen.** Nimmt man nun den Fall an, der für die Brille allein Bedeutung hat, daß

nämlich das mit der prismatischen Linse versehene Auge sich für ein endlich ausgedehntes Blickfeld um seinen Drehpunkt bewegt, so ergeben sich für die Strahlenvereinigung der prismatischen Brille gewisse Forderungen.

Ein vollkommener Zustand einer für die Betrachtung ferner Gegenstände bestimmten prismatischen Brille würde es sein, wenn die unendlich ferne Ebene punktmäßig und ohne Verzeichnung auf einer Kugelfläche um den Drehpunkt Z' abgebildet würde. Dieser Zustand läßt sich allerdings zunächst nicht erreichen, doch kann man aus dem Vorhergegangenen wohl entnehmen, daß das Hauptgewicht darauf zu legen ist, die punktmäßige Abbildung herbeizuführen. Das wird wenigstens gelten, solange die Verzeichnung innerhalb erträglicher Grenzen bleibt und der Bildfeldfehler durch das Akkommodationsvermögen selbst einigermaßen bejahrter Brillenträger ausgeglichen werden kann.

Entsprechend der Form der prismatischen Brille, die nur eine einzige — hier waagrecht angenommene — Symmetrieebene zeigt, ist auch von vornherein für die Bildfläche eines solchen punktmäßig abbildenden prismatischen Glases nur eine einfache Symmetrie zu erwarten. Die Bildfläche schneidet die Symmetrieebene zwar unter einem rechten Winkel, aber sie bildet nicht mehr mit dem in der Symmetrieebene liegenden bevorzugten Hauptstrahl, der für den Brillenträger die Rolle der Achse spielt, einen Rechten, vielmehr liegt sie schief zu jenem bevorzugten Hauptstrahl. Was die Verzeichnung angeht, so ist sie nur nach oben und nach unten von der Symmetrieebene aus für entsprechend gelegene Gegenstandspunkte von gleichem Betrage. Für die Richtungen rechts und links von dem bevorzugten Hauptstrahl läßt sich über die Verzeichnung von vornherein gar keine Aussage machen, und man wird sich vorzustellen haben, daß die Verkleinerung der dingseitigen Blickwinkel bei zerstreuen und ihre Vergrößerung bei Sammelgläsern, wenn sie überhaupt auf beiden Seiten auftreten, doch auf der rechten Seite des Blickfeldes andere Werte aufweisen werden als auf der linken.

Für die Ermittlung der Zahlenwerte muß man von den Rechenregeln Gebrauch machen, die für einfach symmetrische Systeme Geltung haben; bei solchen muß man sich im allgemeinen für die außerhalb der Symmetrieebene verlaufenden Hauptstrahlrichtungen im Raume zu rechtfinden, während für die Hauptstrahlen, die in der Symmetrieebene verlaufen, nur eine Ortsbestimmung in dieser Ebene erforderlich ist.

Es soll hier eine Form der für das direkte Sehen bestimmten prismatischen Brillen mit punktmäßiger Abbildung vorgeführt werden, bei der durch einen Kunstgriff die Bestimmung der übrigbleibenden Fehler außerordentlich erleichtert wird. Es sei hinzugefügt, daß sich eine punktmäßige Abbildung nahezu ohne Zwischenfehler erreichen ließ (s. S. 157 α). Die Beschreibung soll hier an einem Beispiel erfolgen, doch

wird kein Zweifel darüber bestehen bleiben, in welcher Art man verfahren muß, wenn man Fälle zu behandeln hat, bei denen andere Anfangswerte (Brechkraft und prismatische Ablenkung der verordneten Brille) vorgeschrieben worden sind.

Im vorhergehenden war darauf hingewiesen worden, daß die WOLLASTONSche Form der Fernbrillen zwar den Nachteil einer sehr starken Durchbiegung hatte, daß sie sich aber des Vorteils erfreute, eine punktmäßige Abbildung von bemerkenswerter Geringfügigkeit der Zwischenfehler zu gestatten. In der Tat geht diese Eigenschaft sehr weit, wie man aus der Tatsache entnehmen kann, daß man durch zweckmäßige Durchbiegung einer Zerstreulinse von -3 dptr Brechkraft die zu der unendlich entfernten Dingebene gehörigen beiden Schalen der Brennfläche einander so nähern kann, daß sie an keiner Stelle um mehr als wenige zehntel Millimeter voneinander entfernt sind, selbst dann, wenn es sich um den gewaltigen Neigungswinkel von $\sigma' = 90^\circ$ handelt.

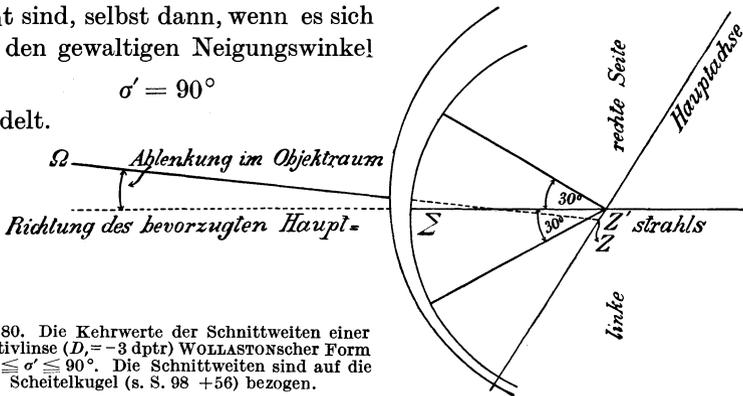


Abb. 80. Die Kehrwerte der Schnittweiten einer Negativlinse ($D = -3$ dptr) WOLLASTONScher Form für $0 \leq \sigma' \leq 90^\circ$. Die Schnittweiten sind auf die Scheitelkugel (s. S. 98 +56) bezogen.

Dieser unerwartet günstige Zustand der Strahlenvereinigung ließ den Gedanken entstehen, aus diesem übermäßig großen Gesichtsfelde der achsensymmetrischen Brille für die prismatische nur einen verhältnismäßig kleinen, unsymmetrisch gelegenen Teil zu verwenden. Man denke sich den Strahl von 60° augenseitiger Neigung gezogen, der unter einem dingseitigen Neigungswinkel von $63,14^\circ$ wieder austritt, so hat dieser als bevorzugter Hauptstrahl eine Ablenkung von $3,14^\circ$, und die prismatische Wirkung einer solchen Brille beträgt also $5,5$ ctrd. Läßt man nun vom Augendrehpunkt einen Strahlenkegel ausgehen, der zu diesem Hauptstrahl symmetrisch liegt und eine Gesamtöffnung von 60° hat, so schneidet er aus dem symmetrischen, halbkuglig gewölbten Brillengläse ein stark durchgebrogenes, prismatisches Stück heraus, dessen Symmetrieebene die den ausgewählten Hauptstrahl enthaltende Achsen-ebene der achsensymmetrischen Linse ist. Die Spuren der beiden Begrenzungsflächen mit dieser Symmetrieebene zeigen den Verlauf, der in der obenstehenden Abb. 80 dargestellt ist. Dieses Brillenglas hat den

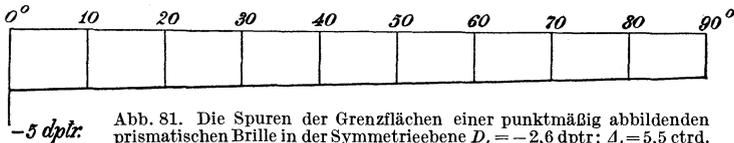
großen Vorteil, daß für eine beliebige Blickrichtung eine punktmäßige Abbildung besteht, wenn man die ganz und gar geringfügigen Zwischenfehler unbeachtet läßt, deren oben Erwähnung getan wurde. Daß die Bildfläche auch hier nicht senkrecht auf dem ausgewählten Hauptstrahl steht, ist richtig, doch liegt, wie sich aus der untenstehenden Zeichnung 81 entnehmen läßt, selbst für die äußersten Werte des augenseitigen Gesichtsfeldes, nämlich für

$$\sigma' = 30^\circ \quad \text{und} \quad \sigma' = 90^\circ,$$

die Fläche so, daß ihnen die Kehrwerte der Schnittweiten von

$$-2,9 \text{ dptr} \quad -2,3 \text{ dptr}$$

entsprechen. Der Unterschied von 0,6 dptr liegt selbst für ältere Brillenträger innerhalb der Akkommodationsbreite. Daß er überhaupt



auftritt, liegt an dem Umstande, daß das Bildfeld der als Ausgangsform dienenden achsensymmetrischen Brille eben keine Kugel um den Augendrehpunkt ist.

Was die Verzeichnung angeht, so würde sie sich hier für das ganze Bildfeld ohne besondere Schwierigkeiten ermitteln lassen, doch wurde davon abgesehen. Indessen sei doch wenigstens für die Symmetrieebene die Art und Weise kurz angegeben, wie man die Verzeichnung ermitteln kann.

Das Brillenglas verändere den Gang der Hauptstrahlen in der waagrechteten Symmetrieebene so, daß die in der Abb. 80 angegebenen Beziehungen gelten. Dann werden sich die dingseitigen Richtungen der Hauptstrahlen rückwärts verlängert nicht in einem Punkte schneiden, da die in der Symmetrieebene verlaufenden Hauptstrahlen (die Strahlenfläche) auf der Dingsseite im allgemeinen mit sphärischer Abweichung behaftet sein wird. Handelt es sich aber, wie hier angenommen, um einen entfernten Gegenstand, so spielen diese endlichen Abweichungen für die Verzeichnung keine Rolle, und man erhält, wenn man alle Winkel σ, σ' auf den mittleren Strahl $Z\Omega, Z'\Sigma$ bezieht, durch den Ausdruck $\text{tg } \sigma' / \text{tg } \sigma$ das Verhältnis der scheinbaren Größen, unter denen entfernte Gegenstände dem Brillenträger erscheinen, zu den scheinbaren Größen derselben fernen Gegenstände für einen nach der Richtung $Z\Omega$ gewandten Emmetropen am gleichen Ort.

Ein Urteil über die Verzeichnung erhält man dadurch, daß man den Gang dieses Quotienten für endliche σ, σ' verfolgt. Geschieht das in

dem vorliegenden Falle, so gilt zwar rechts und links von der ausgewählten Richtung $Z\Omega$, $Z'\Sigma$ die Ungleichung

$$\operatorname{tg} \sigma' / \operatorname{tg} \sigma < 1,$$

aber diese Werte sind für die äußere, rechte Seite größer, für die innere, linke Seite kleiner als der Wert des Bruches für verschwindende σ , σ' , und die Abweichungen von den dingseitigen Winkeln sind stets kleiner als jene, die sich zeigen, wenn man die achsensymmetrische Linse für das gleich große Blickfeld von

$$2\sigma' = 60^\circ$$

benutzt.

Die nebenstehende Zeichnung 82 zeigt den Gang des Quotienten

$$\operatorname{tg} \sigma' / \operatorname{tg} \sigma \text{ für } -30^\circ \leq \sigma' \leq +30^\circ$$

in der oberen und

$$\operatorname{tg} \sigma' / \operatorname{tg} \sigma \text{ für } 0^\circ \leq \sigma' \leq 30^\circ$$

in der unteren Kurve.

Stellt man sich etwa vor, daß der Träger dieser prismatischen Brille bei Dunkelheit aus einem Fenster im ersten Stock über einen breiten Platz hinweg eine geradlinige Reihe hoher

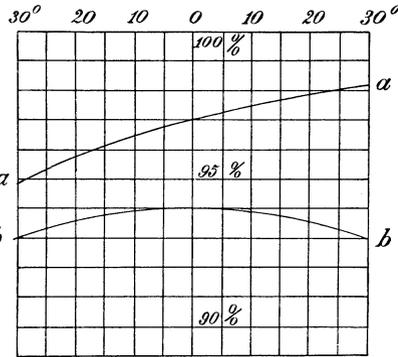


Abb. 82. Darstellung der Verzeichnung aa in der Symmetrieebene der prismatischen punktmäßig abbildenden Brille

$$D_1 = -2,6 \text{ dptr};$$

$$A_1 = 5,5 \text{ ctrd für } -30^\circ \leq \sigma' \leq +30^\circ.$$

bb bei der achsensymmetrischen Brille von gleichen Grenzflächen

$$D_1 = -3 \text{ dptr für } -30^\circ \leq \sigma' \leq 30^\circ.$$

Laternen so weit betrachtet, wie sie sich ihm unter $2 \times 30^\circ$ darbietet, so wird ihm die linke Hälfte der Reihe ebenso wie die rechte unter einem kleineren Winkel erscheinen als einem an demselben Fenster stehenden Rechtsichtigen. Indessen werden sich die Flammen auf der linken Seite — namentlich gegen den Rand hin — einander merklich stärker nähern als auf der rechten; doch werden die Gegenstände des Blickfeldes für ihn noch unter größeren Winkeln erscheinen als für den Träger einer achsensymmetrischen Brille mit den gleichen Begrenzungsflächen.

Dieser Erörterung muß die Bemerkung hinzugefügt werden, daß eine Ablenkung von 5,5 ctrd, wie hier betrachtet, etwa den Höchstwert darstellt, den man für ein Brillenglas dieser Brechkraft erreichen kann, wenn es aus einem großen achsensymmetrischen Glase durch Dezentrierung so erhalten werden soll, daß überall eine punktmäßige Abbildung gewährleistet ist. Diese Zahl stimmt übrigens befriedigend mit der äußersten Grenze überein, die auf S. 154 γ angegeben wurde.

Was nun die äußere Form angeht, so ist der Längenunterschied der Glaswege von der geforderten prismatischen Ablenkung abhängig. Es wird also nicht gelingen, eine prismatisch wirkende Glasbrille ohne einen

solchen Dickenunterschied in der Symmetrieebene herzustellen. In dem vorliegenden Falle ist eine mittlere Schicht des Brillenglases eine Kugel­fläche um den Augendrehpunkt; es scheint, daß damit die prismatische Form möglichst wenig auffällig angebracht worden ist.

§ 121. **Geschichtliche Bemerkungen dazu.** Die Herstellung punktmäßig ab­bildender prismatischer Brillen scheint vor den Bestrebungen des Verfassers nicht in Angriff genommen zu sein. Nähere Einzelheiten über diese Formen mag man aus dem ZEISSISCHEN Patent $\langle 13/14^{3026} \rangle$ von 1909 ent­nehmen. Ein anderes Bei­spiel mit $D, = -6$ dptr, $\Delta, = 5,5$ ctrd findet sich bei M. v. ROHR (39. 82); an derselben Stelle kann man Aufnahmen betrachten, die schief durch eine solche

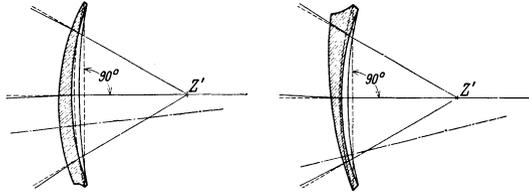


Abb. 83.

Abb. 84.

Abb. 83 u. 84. ZEISSISCHES $\langle 14/15 + 21, 22, 188 \rangle$

sammelndes

zerstreuendes

prismatisches Brillenglas mit Angabe des Drehpunkts Z' .

Brille hindurch (III der Tfl.) aufgenommen wurden. — Einige Jahre später, 1914, hat A. SONNEFELD weniger stark durchgebogene, vom OSTWALTSCHEN Zuge ausgehende prismatische Brillen nach Abb. 83 und 84 in $\langle 14/15 188 \rangle$ beschrieben, bei denen die Korrektur für Z' in der Ebene der Ablenkung festgestellt ist. An jener Stelle findet sich auch ein Hinweis auf eine Bemerkung E. WEISSENS zu prismatischen Brillen.

II. Astigmatische Linsen.

§ 122. **Der Augenastigmatismus.** Unter einem *astigmatischen* Auge versteht man (s. a. S. 101 ω) ein Auge, das *längs der Achse astigmatisch* ist. Ein solcher Zustand ist die Folge davon, daß die Flächenfolge des Auges nicht achsensymmetrisch gebaut ist, sondern mindestens eine Fläche enthält, die keine Umdrehungsfläche ist. In der Regel ist bei astigmatischen Augen die Hornhaut derart beschaffen, und man nennt einen solchen Astigmatismus *Hornhautastigmatismus*. Indessen kann auch die Beschaffenheit der Kristalllinse an dem *Totalastigmatismus* des Auges beteiligt sein. Man hat früh — gegen den Ausgang des 18. Jahr­hunderts — eine Schiefstellung der ausgleichenden drehrunden Linsen empfohlen, um diesen damals noch nicht klar erkannten Schärfenfehler behelfsmäßig zu heben. — Eine besondere Stellung nehmen auch hier wieder die linsenlosen Augen ein, indem nicht selten nach der bei dem Eingriff durchgeführten Durchschneidung der Hornhaut auch bei früher angenähert achsensymmetrischen Augen eine Formstörung zurück­bleibt, ein Zustand, der *Narbenastigmatismus* oder *postoperativer Astig­matismus aphakischer Augen* genannt wird.

§ 123. **Geschichtliche Bemerkungen dazu.** FR. KLEMM (I. 52r) hat vor kurzem den verdienstlichen Nachweis geführt, daß die erste öffentliche Beschreibung der Schärfen- und Verzerrungsabweichung dieses Augenfehlers auf E. G. FISCHER und das Jahr 1783 zurückgeht. Dem folgte 1801 TH. YOUNGS (I. 39) Darstellung,

dessen Augenastigmatismus von etwa $1\frac{2}{3}$ dptr durch die Schiefstellung der Kristalllinse entstand. Sein Optometer hat zum Nachweise dieses Augenfehlers später häufig Dienste geleistet. Übrigens scheint (25 42) TH. YOUNG kein sehr großes Gewicht auf seine Feststellung des Augenastigmatismus gelegt zu haben, da er sie unter den Hauptpunkten seiner Arbeit nicht aufzählt. Weitere Arbeiten zum Augenastigmatismus von G. H. GERSON 1810, E. G. FISCHER 1818, G. B. AIRY 1825, J. I. HAWKINS 1826, D. BREWSTER 1827 sowie schließlich von G. B. AMICI 1833 sind in (25 42 u. 111) leicht zugänglich gemacht; in (27/28 88) ist dann noch die zweite AIRYSche Mitteilung von 1846 ebenfalls in deutscher Sprache wiedergegeben worden. Diese wichtigen Zusammenstellungen wurden dann 1866 durch E. JAVAL (*I.*) weitergeführt, womit dieser Teil der geschichtlichen Betrachtung abgeschlossen sein mag. — Eine eingehende, namentlich für den Augenarzt bestimmte Behandlung des Astigmatismus und seiner Folgen für die Abbildung im Auge kann bei A. GULLSTRAND (*3.*) nachgelesen werden.

Die ersten Versuche, diesen Fehler durch Schiefstellen drehrunder Gläser zu heben, gehen auf Londoner Optiker vor 1800 zurück, da ihrer einer, W. CARY, eine solche Mitteilung vor TH. YOUNG machte, als dieser seinen großen Vortrag vorbereitete. Der gleiche Weg wurde auch seit 1833 (25 111) von G. B. AMICI beschritten, und er hat noch in den 30er Jahren Augenastigmatismus an Hunderten von Prüflingen festgestellt und möglicherweise auch ausgeglichen. — Bald nachdem die Aufmerksamkeit der Augenärzte auf den Augenastigmatismus und seine Ausgleichung gelenkt worden war, ließ C. KUGEL (*I.*) 1864 eine sorgfältige mathematische Behandlung erscheinen, die für eine schief gestellte dünne Linse gültig ist, bei der sich die Hauptstrahlen in dem Linsenscheitel kreuzen. Doch scheint dieser Darstellung damals keine besondere Aufmerksamkeit geschenkt worden zu sein. — Dagegen sieht es so aus, als sei die entsprechende Aufgabe später namentlich in Amerika aufgenommen worden, so 1875 von G. HAY (*I.*), wo eine dünne Zylinderlinse um die durch ihren Scheitel gezogene Erzeugende als Achse gedreht wird. — Auf dem Wege des Versuchs hat sich mit den Folgen dieser Schiefstellung W. v. ZEHENDER (*3., 4., 5.*) in den 80er Jahren beschäftigt. Namentlich in der mittleren Mitteilung hat er mit Hilfe photographischer Aufnahmen (*4., Taf. I*) die als Komafehler bezeichnete Abweichung dargestellt, daneben auch (*4., Taf. II*) den durch die Schiefstellung entstehenden Astigmatismus mit einer Zylinderlinse ausgeglichen und seine Ergebnisse einem Kreise von Zuschauern vorgeführt.

1. Zweifach symmetrische Gläser.

a) Die astigmatischen Brillen für das ruhende Auge.

§ 124. Die Zylindergläser. &B. Das wichtigste Mittel, den Augenastigmatismus auszugleichen, besteht in der Anwendung astigmatischer Brillengläser, zweifach symmetrischer Linsen, deren Symmetrieebenen mit denen des ruhenden Auges zusammenfallen und durch die das ruhende Auge mit den Brechungsfehlern $M_{,,}$ und $A_{,,}$ auf dieselbe Schnittweite s eingestellt wird (für Fernbrillen ist $s = \infty$). Zur Bestimmung einer solchen Linse müssen nicht nur die beiden Scheitelbrechwerte M und A , sondern auch die Lage eines der beiden Hauptschnitte angegeben werden.

M und A sind aus $M_{,,}$ und $A_{,,}$ nach Formel (4) § 34 zu bestimmen:

$$M = M_{,,}/(1 + dM_{,,}), \quad A = A_{,,}/(1 + dA_{,,}). \quad (79)$$

Hier ist d der Abstand zwischen dem dünnen Brillenglas und dem Dinghauptpunkte $H_{,,}$ des Auges. Da der Astigmatismus des Auges klein ist gegen die Brechkraft seiner Flächenfolge, so wird im allgemeinen $H_{,,}$ nur mit einem verschwindenden Astigmatismus behaftet sein, und man kann für d in beiden Gleichungen denselben Wert annehmen. Die Umrechnung der Brechungsfehler in die Scheitelbrechwerte ist etwa mit den HENKERSchen Tafeln, aber in jedem Falle für jeden Hauptschnitt einzeln auszuführen.

Das einfachste Mittel, einen Augenastigmatismus von beliebiger Größe und Richtung auszugleichen, bietet eine *Zylinderlinse* dar, d. h. eine Linse, die auf einer Seite von einer ebenen, auf der anderen von einer Zylinderfläche begrenzt wird. Zeichen und Größe des Astigmatismus bestimmen zusammen mit dem Abstände vom Auge ihre Brechkraft, und die Richtung eines Hauptschnitts schreibt die Lage der *Zylinderachse* vor, denn es ist klar, daß die Richtung des einen Hauptschnitts einer Zylinderfläche gegeben ist durch die Richtung ihrer *erzeugenden Geraden*, die der Zylinderachse parallel ist. Hiernach ist es ersichtlich, daß man auf den Brillenverordnungen für astigmatische Augen die Angabe über die Lage der Zylinderachse für jedes Auge finden muß.

Ist das astigmatische Auge in einem Hauptschnitt rechtsichtig, so läßt sich durch eine solche Plan-Zylinderlinse ein vollständiger Ausgleich in der Umgebung der Achse erreichen. Ist es aber in beiden Hauptschnitten fehlsichtig, so werden Linsen angewendet, die auf der einen Seite sphärisch, auf der andern zylindrisch geschliffen sind.

Zur Berechnung der Wirkung von Zylinderlinsen braucht nur auf S. 68 verwiesen zu werden, wo auseinandergesetzt wurde, wie man die Wirkung einer einzelnen sphärischen Linse verschwindender Dicke bestimmt. Die Anlage der Rechnung ist hier völlig die gleiche, nur gilt das Ergebnis allein für den Hauptschnitt, für den die Zylinderfläche wirksam ist.

Je nachdem man eine positive oder eine negative Zylinderwirkung wählt, muß man den Zylinder in dem einen oder dem andern Hauptschnitt wirken lassen. Wenn man nämlich durch die sphärische Fläche den Brechungsfehler M ausgleicht, so muß die zylindrische Fläche senkrecht zu dem m -Hauptschnitt ihre Wirkung ausüben — ihre Achse also in dem m -Hauptschnitt selbst liegen — und zusammen mit der sphärischen den Brechungsfehler A ausgleichen. Ihre Brechkraft muß demnach das Vorzeichen $A - M$ haben. Auf dieselbe Weise muß, wenn der Brechungsfehler A durch die sphärische Fläche ausgeglichen wird, die Brechkraft der zylindrischen Fläche das Vorzeichen der Differenz $M - A$ haben und die Zylinderachse im α -Hauptschnitt liegen. Irgendein Vorzug für die eine oder die andere Ausführungsform

ist auf dieser Stufe der Behandlung, wo allein das ruhende und in der Richtung der Hauptachse der Brille blickende Auge berücksichtigt wird, nicht zu ermitteln. Wenn in den Fachschriften ziemlich häufig eine Anordnung — in neuerer Zeit als *periskopischer Zylinder* — empfohlen wird, bei der Zylinder- und Kugelfläche dem Auge ihre hohle Seite zukehren, so versucht man damit auf das Sehen mit bewegtem Auge Rücksicht zu nehmen, ein Gebiet, das in dieser Darstellung einen besonderen Abschnitt einnehmen soll.

Auch wenn man sich auf das ruhende Auge beschränkt, wird der Fehler eines astigmatischen Auges nicht ebenso durch das Brillenglas ausgeglichen, wie dies bei einem achsensymmetrischen Auge der Fall ist. Da die Brennweiten des Auges in beiden Hauptschnitten verschieden sind, die vorderen Hauptpunkte des Auges aber nahezu zusammenfallen, so wird die Größe d_f (§§ 38/40) in beiden Hauptschnitten verschieden werden. Beispielsweise kann d_f höchstens in einem Hauptschnitt 0 sein, so daß die Größe des Netzhautbildes nur in diesem Hauptschnitt gleich der in einem rechtsichtigen Auge wird. Hierdurch wird schon in unmittelbarer Nähe der Achse eine ungleiche Vergrößerung, d. h. eine Verzerrung entstehen¹, durch die ein kleines Quadrat als Rechteck wiedergegeben wird. Man vgl. E. MAYER <22²⁹³119>, H. BOEGEHOLD <22 170f.>.

Ein weiterer Unterschied wird bemerklich, wenn das astigmatische Auge mit einer richtig angepaßten Fernbrille akkommodiert. Weil die Brechkraft in beiden Hauptschnitten verschieden ist, die Akkommodationsanstrengung aber dieselbe, so muß nach § 43 der äußere Akkommodationserfolg verschieden sein, d. h. es wird hier wieder ein gewisser Astigmatismus auftreten. Gehoben werden könnte er nur durch eine zusätzliche Zylinderlinse für den Nahgebrauch oder durch besondere Nahbrillen. Eine ausführliche Behandlung der Frage findet sich bei H. ERGGELET, der für die Erscheinung den Ausdruck „Nahastigmatismus“ prägt <25 147>.

§ 125. Geschichtliche Bemerkungen zu den Zylindergläsern. Die Brechkraft der Zylinderfläche ist lange Zeit mit den Zollzahlen des Schleifradius gekennzeichnet und erst allmählich (s. S. 70 β) mit der Gewöhnung an die Dioptrie durch die Dioptriezahlen ersetzt worden. — Die Angabe der Achsenlage ist auf dem europäischen Festlande zunächst ganz regellos gewesen. In Nordamerika hat, wie H. KNAPP berichtete, H. D. NOYES um 1874 eine nach der HELMHOLTZschen Gradzählung angelegte, für jedes Einzelauge gültige Vorschrift angegeben, die sich dort auch allgemein eingeführt hat. Sie wurde nach dem Berichte W. SALTS 1904 von den englischen Brillenoptikern angenommen. Auf dem 11. internatio-

¹ Diese Verzerrung, die schon bei gerader Durchsicht auftritt, ist also wohl von der Verzeichnung (§§ 77, 97) zu unterscheiden, die nur bei Gegenständen außer der Achse vorkommt, also in der Brillenlehre nur für das bewegte Auge, freilich auch bei achsensymmetrischen Brillengläsern in Betracht kommt. Siehe auch § 133.

nenalen Ophthalmologenkongreß 1909 wurde — wohl unter H. KNAPPS überwiegen- dem Einfluß — eine Bezeichnung durchgesetzt, aus der die symmetrische oder unsymmetrische Lage der beiden Hauptmeridiane sofort ersichtlich wird; die Abb. 85 zeigt diese für das Augenpaar angelegte Teilung. Sie hat sich im Aus- lande anscheinend nicht einführen können, da sie bei der Ausführung von Brillen- verordnungen zu vielen Irrtümern Anlaß gab. Aus diesem Grunde wurde sie auch in Deutschland von dem Technischen Ausschuß für Brillenoptik (Tabo) durch eine mit der amerikanisch- englischen Zählung überein- stimmende Vorschrift ersetzt (s. a. 19 18). Nach dem Tabo- Vordruck (Abb. 86) wird der rechtsäugige Teil der interna- tionalen Anlage für jedes der beiden Augen verwandt. Zu der Geschichte der Einheit- lichkeitsbestrebungen ist auf O. HENKER (II.) zu verweisen.

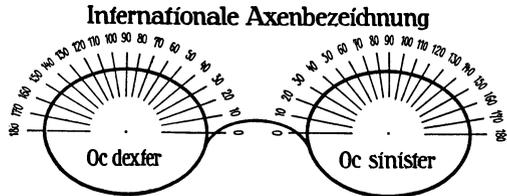


Abb. 85. Der alte, auf H. KNAPP zurückgehende Vordruck für die Achsenbezeichnung.

Näheres über das Auftreten von Zylinderlinsen in älterer Zeit ist zuerst von F. C. DONDERS (3. 453) bekannt gegeben worden. In neuerer Zeit hat M. v. ROHR (17 63) einiges darüber vom Standpunkt des Herstellers aus veröffentlicht. Nach diesen beiden hauptsächlichsten Nachweisen soll dieser Gegenstand jetzt kurz behandelt werden. Als erste Hersteller von Zylinderlinsen überhaupt kommen P. GALLAND und M. CHAMBLANT in Betracht, deren bis auf 1813 zurückgehende Bestrebungen schon auf S. 147/8 berührt worden sind. Ihre Neuerung erregte in so früher Zeit ein sehr großes Aufsehen, aber wohl mehr wegen der Eigenartig- keit der Anlage, als weil man schon den Augenastigmatismus damit hätte heben wollen. Auch auf S. STURM (s. S. 148) sei hingewiesen. — Aus dem Bericht . . GOODES vom Jahre 1848, der sowohl von F. C. DONDERS (3. 454) als auch von D. E. SULZER (2. 594) angeführt wird, weiß man, daß M. CHAMBLANT ihm zur Hebung seines Astigmatismus ein Zy- linder Glas von 9'' ~ 2,15 dptr geschliffen und auch andere, GOODE bekannte Astigmatiker mit einfachen und gekreuzten Zylindern zu diesem Zwecke ausgerüstet hat. Vielleicht kann man

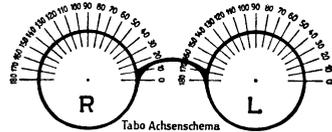


Abb. 86. Der neue, fast allgemein gültige Tabo-Vordruck.

auch einen Einfluß auf I. SCHNAITMAN (I.) annehmen, der schon 1836 von zylindri- schen Flächen an Brillengläsern gesprochen hat. Möglicherweise ist aber diese zweck- mäßige Verwendungsart dem Hersteller M. CHAMBLANT erst etwas später bekannt geworden, und damit könnte man vielleicht die von E. JAVAL (I.) bestimmt berichtete Abweisung eines Astigmatikers um 1829 sowie den Umstand erklären, daß G. B. AIRY (I.) 1825 gar nicht daran dachte, ein Glas für seinen Augenastigmatismus von jenem französischen Hause zu beziehen, obwohl er doch von dessen Erzeug- nissen gehört hatte. — AIRYS eigene Arbeit war eingehender als alles, was in dieser Hinsicht bis dahin veröffentlicht worden war. Er bedurfte zum Ausgleich seines Brechungsfehlers einer Linsenwirkung von -6,6 dptr und einer zylindrischen von -4,7 dptr. Sein erster Gedanke war gewesen, zwei gekreuzte Zylinderlinsen zu verwenden, doch ging er wegen der Schwierigkeit der Ausführung zu einer sphäro- zylindrischen Linse über, die ihm von dem Optiker . . FULLER zu Ipswich ge- liefert wurde. Mag auch die erste Bestimmung nicht ganz fehlerlos gewesen sein — s. AIRY (2.) und F. C. DONDERS (3. 453) —, so bleibt doch sein Verdienst als hervorragender Theoretiker davon unberührt. Es sieht nach M. v. ROHR ((28 133 143) 134α) so aus, als habe die erste AIRYSche Arbeit zunächst in den Ver-

einigten Staaten Amerikas gewirkt, denn schon 1828, also ein Jahr nach der AIRYSchen Veröffentlichung, hat J. McALLISTER zu Philadelphia Konkavzylinder für C. E. GOODRICH angefertigt. Auf eben dieses optische Haus und seine vor 1854 Astigmatikern geleisteten Dienste hat F. C. DONDERS (3. 455 β , γ) hingewiesen. — Die regelmäßige Verordnung astigmatischer Brillen durch den französischen Ingenieuroffizier C. M. GOULIER (1.) vor dem Juli 1852, worauf E. JAVAL (1.) 1866 hinwies, ist ungemein verdienstlich, aber sie konnte für die allgemeine Kenntnis und Anwendung verständlicherweise nicht den Erfolg haben, der ihr gewinkt hätte, wenn der Neuerer ein Facharzt gewesen wäre. — Daß in noch früherer Zeit auch andere Optiker Zylinderflächen schleifen konnten, geht aus der JAVALSchen Äußerung hervor, wonach jedenfalls N. SOLEIL dazu imstande war. Auch von dem englischen Optiker A. ROSS um 1851 wird [Optician 25, 418 (1903)] eine Veröffentlichung angeführt, wonach er sphäro-zylindrische Brillengläser für „Zylinderaugen“ verwendet habe.

Das war ungefähr der Stand der Technik, als die ophthalmologische Wissenschaft gegen das Ende der 50er Jahre diesen Gegenstand aufnahm. Es waren zuerst F. C. DONDERS (1.) und J. H. KNAPP (1.), die bei ihren Brillenbestimmungen darauf regelmäßig achteten, und dieses Beispiel fand bald lebhaftere Nachfolge, in Frankreich wohl besonders von F. GIRAUD-TEULON und E. JAVAL. Daß die französischen Optiker die Anforderungen der Augenärzte, die sich damals auf den achsensnahen Raum beschränkten, befriedigen konnten, wurde schon erwähnt. In Deutschland wird das große Schwierigkeiten gemacht haben, und als ersten Hersteller von Zylinderlinsen nannte C. SCHWEIGGER um 1862 den Berliner Betrieb von PAETZ & FLOHR. Immerhin konnten noch 1869 französische Zylinderlinsen auf der Heidelberger Tagung als besonders preiswert angeboten werden. Die von namhaften Ophthalmologen vorgeschriebenen Bedingungen — man sehe beispielsweise bei F. C. DONDERS (3. 424) — waren insofern für den Hersteller besonders störend, als für gemischten Astigmatismus ausdrücklich rechtwinklig gekreuzte Zylinder verlangt wurden. Es mag wohl sein, daß hierfür die in § 115 erwähnten Stellen geeigneter waren, die sich an der alten CHAMBLANTSchen Aufgabe geschult hatten. — Was astigmatische Brillengläser mit *gekreuzten Zylindern* (s. S. 26 ω) angeht, so ist D. E. SULZER (2.) der Meinung, daß CHAMBLANT ihnen nach 1820 darum eine achteckige Begrenzung gegeben habe, um den von den beiden Zylinderachsen eingeschlossenen Winkel in gewissen Stufen abändern zu können. Daß er in der Tat häufiger gekreuzte Zylinder geliefert habe, versichert GOODE nach D. E. SULZER (2. 402), und in einem Fall soll bei einem so gestalteten Glase ein hohler Zylinder von $7\frac{1}{2}''$ [$520 : 7,5 \times 27,07 \text{ m} = 2,6 \text{ dptr}$] und ein erhabener von $4\frac{1}{2}''$ [$4,3 \text{ dptr}$] verwandt worden sein. Solche astigmatische Gläser mit gekreuzten Zylindern seien später ganz allgemein von Pariser Optikern hergestellt worden, und in der Tat ist die Anfertigung einer derartigen Linse durch SOLEIL für den Maler CASSAS, wie oben gesagt, durch JAVAL (1.) belegt worden.

Man kann es aber verstehen, daß sich gegen die gekreuzten Zylinder ein Widerspruch der größeren Brillenhäuser erhob, als sich diese ernsthaft mit der Herstellung von Zylindergläsern zu beschäftigen angingen. Für Deutschland geschah das verhältnismäßig spät; so ist es nach M. v. ROHR (17 63) wohl sicher, daß das gut bekannte Brillenwerk von E. BUSCH in Rathenow erst 1870 von der schon früher geübten Einzelanfertigung zu der regelmäßigen Herstellung von Zylindergläsern in größerem Maßstabe überging. Sein wissenschaftlicher Berater war der damals wohlbekannte Königsberger Augenarzt K. A. BUROW, und er erklärte sich in der unzweideutigsten Weise gegen die Notwendigkeit der gekreuzten Zylinder. Wenn er sich weiter bemühte, die Brillenoptiker nach M. v. ROHR (17 63) über das Wesen des Augenastigmatismus und die Mittel zu seiner Hebung

aufzuklären, so war das sehr verdienstlich, und die weiteren Erläuterungen, die E. BUSCH 1878, mehrere Jahre nach K. A. BUROWS Tode, folgen ließ, setzen diese Bestrebungen erfolgreich fort. Weitere Mitteilungen über frühe Schriften zur Belehrung der Brillenhändler auf diesem Gebiete, sei es in Deutschland, sei es im Auslande, würden sehr dankenswert sein.

Die Verzerrung in der Achse des zylindrischen Brillenglases wurde schon 1862 von F. C. DONDERS (I. 85) bemerkt, s. auch (22 130 δ). Der nämliche wies auch schon (I. 86) auf den Nahastigmatismus hin. Diese Erscheinung wurde 1906 von S. D. CHALMERS besprochen, über seine und einige andere Behandlungen vgl. H. ERGGELET (25 147), ferner die Bemerkungen (26/27 1187), (28 79138). Die Anwendung auf eine astigmatische Fernrohrbrille gibt H. HARTINGER (26/27 35).

§ 126. Torische Gläser; das Umsetzen (Transponieren); die gekreuzten Zylinder. & B. In einem besonderen Abschnitt sind die Brillenformen zu behandeln, die zum Ausgleich des Astigmatismus dienen, und die man kurz als *torische Linsen* bezeichnet, während man sie strenger *Linsen mit einer torischen Fläche* nennen sollte. Will man mit einer und derselben Fläche ebenso-

wohl eine sphärische wie eine astigmatische Wirkung erzielen, so muß man sie so herstellen, daß sie in zwei aufeinander senkrechten Richtungen zwei verschiedene Brechkräfte, also auch zwei verschiedene Krümmungsradien hat. Solche

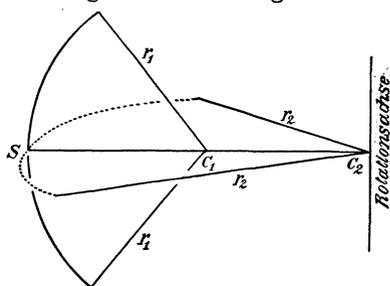


Abb. 87. Die Entstehung einer torischen oder Wulstfläche. Der zu dem Radius r_2 gehörige Umlaufsbogen ist zum Unterschied gegen die Meridiankurve punktiert worden.

Flächen erhält man, wenn man, wie in Abb. 87, einen Meridiankreis um eine in seiner Ebene liegende, aber nicht durch seinen Krümmungsmittelpunkt gehende Achse umlaufen läßt. Eine so entstandene Fläche nennt man eine *Wulst-* oder eine *torische Fläche*. Es sei gleich hier bemerkt, daß dabei zwei Formen möglich sind, die *wurstförmige* torische Fläche $SC_2 > SC_1$, die meistens dargestellt wird, und die *tonnenförmige* torische Fläche $SC_2 < SC_1$. Übersichtszeichnungen sind in Abb. 88 und 89 beigegeben worden. Die beiden Krümmungen einer solchen Fläche unterscheidet man als *Meridian*¹ und als *Äquatorial-* oder *Rotationskrümmung*.

Bei diesen Überlegungen war stets an der stillschweigenden Voraussetzung festgehalten worden, daß die astigmatische Entstellung des die

¹ Der (aus der Geographie stammende) Ausdruck *Meridian* ist auch im vorhergehenden Abschnitt (§ 79 ff.) gebraucht worden. Dort handelte es sich um Meridianebenen des Brillenglases, es gehen bei einem achsensymmetrischen Glase unendlich viele solcher Ebenen durch die Achse (aber immer nur eine durch einen bestimmten Punkt außer der Achse), jede ist eine Symmetrieebene des Glases. — Hier handelt es sich um Meridianebenen der torischen *Fläche*. Es gibt zwar unendlich viele solcher, aber von diesen geht nur eine durch die Achse des Glases und ist für das Glas eine Symmetrieebene, aber keine Meridianebene.

Brille verlassenden *Bündels* nur an einer Fläche herbeigeführt würde, sei sie nun eine zylindrische oder eine torische. Läßt man es aber zu, daß beide Grenzflächen des Brillenglases astigmatisch seien, so ergibt sich als einfachste Lösungsmöglichkeit die der *gekreuzten Zylinderflächen*, wobei jede der beiden Flächen den Brechungsfehler in dem auf ihrer Achse senkrecht stehenden Hauptschnitt aus-

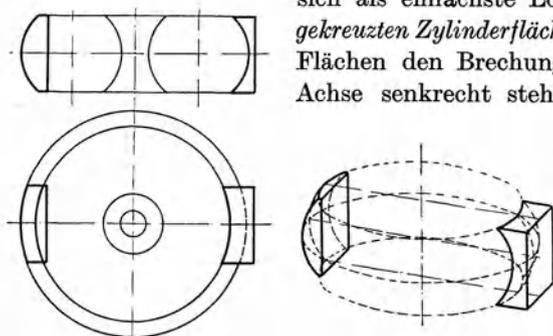


Abb. 88. Eine wurstförmige torische Fläche.

Oben: Ein Schnitt durch die Drehachse.
Unten: Ein Schnitt senkrecht zur Drehachse.

Eine perspektivische Darstellung plano-torischer Linsen von sammelnder und zerstreuer Wirkung.

gleichens muß. Verständlicherweise kann man auch hier noch unter Voraussetzung dünner Linsen eine beliebige sphärische Wirkung additiv an der einen und subtraktiv an der andern Fläche anbringen und erhält dann eine *torotorische* Linse von einer solchen Beschaffenheit, daß ihre Wirkung in der Richtung der Hauptachse wiederum die anfangs vorgeschriebene ist.

Es sei hier im Vorbeigehen bemerkt, daß man aus dieser allgemeinen Form der Linsen mit vorgeschriebenem Achsenastigmatismus die ein-

facheren, nämlich die sphäro-torischen und die sphäro-zylindrischen, ableiten könnte, wenn man die Willkürlichkeit der Verteilung der Zylinderwirkung auf die beiden Grenzflächen aufheben würde. Man

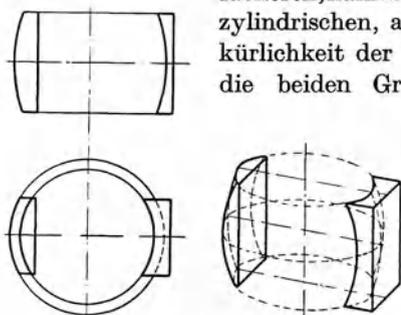


Abb. 89. Eine tonnenförmige torische Fläche.

Oben: Ein Schnitt durch die Drehachse.
Unten: Ein Schnitt senkrecht zur Drehachse.

Eine perspektivische Darstellung plano-torischer Linsen von sammelnder und zerstreuer Wirkung.

nennt die Herleitung einer solchen Form wohl auch das *Umsetzen* (*Transponieren*) von Zylindern. Eine Entscheidung über den Gebrauchswert dieser verschiedenen Formen kann aber ganz ebenso wie in dem viel einfacheren Falle der Brillen für achsensymmetrische Augen erst dann gegeben werden, wenn man das Sehen mit bewegtem Auge der Betrachtung zugrunde legt.

Eine weitere Möglichkeit ist, daß man die beiden Zylinderachsen einen beliebigen Winkel γ miteinander bilden läßt. Hier liegt ein Sonderfall der Verbindung zweier benachbarter, dünner, zweiseitig symmetrischer Linsen vor. Eine solche Verbindung kann auch, wenn die

Symmetrieebenen nicht zusammenfallen, stets durch eine einzige zweiseitig symmetrische Linse ersetzt werden¹. Die Herleitung findet sich z. B. bei P. CULMANN (I. 189), auf unsern Fall angewandt, ergeben seine Formeln folgendes:

Die Brechkräfte der beiden Zylinderflächen seien D_1 und D_2 , der Winkel der beiden Achsen sei γ . — Man kann sie ersetzt denken durch eine einfache Linse mit zwei zueinander senkrechten Zylinderflächen, deren Brechkräfte D' und D'' seien, wo die Achse der ersten Fläche der Ersatzlinse mit der von D_1 , der ersten der beiden schief gekreuzten Flächen, den Winkel α bilde. Dann wird D' , D'' bestimmt durch die Gleichungen:

$$\begin{aligned} R^2 &= D_1^2 + D_2^2 + 2 D_1 D_2 \cos 2\gamma, \\ D' &= (D_1 + D_2 + R) : 2, \\ D'' &= (D_1 + D_2 - R) : 2, \\ \sin 2\alpha &= D_1 \sin 2\gamma : R, \\ \cos 2\alpha &= (D_1 \cos 2\gamma + D_2) : R. \end{aligned} \tag{80}$$

Ein Sonderfall ist die STOKESISCHE Linse, bei der $D_2 = -D_1$ ist. Die Formeln lauten dann:

$$\begin{aligned} R &= 2 D_1 \sin \gamma, \quad D' = D_1 \sin \gamma, \quad D'' = -D_1 \sin \gamma, \\ \alpha &= 45^\circ + \frac{\gamma}{2}. \end{aligned} \tag{80a}$$

Danach bildet die Zylinderachse der Fläche D' mit der Mittellinie der Achsen von D_1 und D_2 stets den Winkel von 45° , die Achse von D'' steht senkrecht auf der von D' . Dreht man nun die beiden Linsen um entgegengesetzt gleiche Beträge, so bleibt die Lage der Hauptschnitte ungeändert, wogegen die Brechkräfte D' und D'' sich ändern.

§ 127. Geschichtliche Bemerkungen zu dem vorhergehenden Abschnitt. Ganz wie in § 66 bei den durchgebogenen sphärischen Gläsern Verbesserungsbestrebungen vielfach ohne Begründung auf den Augendrehpunkt auftraten, kann man entsprechend gerichtete Bemühungen auch auf dem Gebiete der astigmatischen Linsen zu recht früher Zeit feststellen. Im nachstehenden sei ein Überblick über die hauptsächlichsten Vorkommnisse mitgeteilt, soweit sie der Verfasser aus den ihm zugänglichen Zeitschriften hat ermitteln können.

Zu den oben erwähnten periskopischen Zylindern hat sich in neuerer Zeit E. WEISS (2.) geäußert.

Die *torischen Linsen* gehen nach JAVAL (I. 107, s. a. <14/15 54>) auf die Jahre 1840—44 und den sonst unbekanntem römischen Optiker SUSCIPRI zurück, standen aber nach JAVALS Äußerungen vom Jahre 1866 in dem einzigen Falle, von dem eine Überlieferung erhalten blieb, den gekreuzten Zylindern SOLEILS nach. Über dies spätere mögliche Urteilsänderung JAVALS sehe man M. v. ROHR (3I. 537); heute ist darüber keine Entscheidung mehr zu fällen. — Die nächste Nachricht ist erst in neuester Zeit durch A. COWAN bekannt geworden; von W. STEVENS (I.) wurde eine Maschine

¹ Dies gilt natürlich nur für die hier vorliegende Frage nach dem Astigmatismus in der Achse.

zur Herstellung torischer Linsen bereits 1854 angegeben, doch scheinen damals keine großen Erfolge damit erzielt worden zu sein. — Wirklich ernsthaft aufgenommen wurde die Herstellung torischer Flächen nach M. v. ROHR (31. 535) von dem Pariser Optiker G. POUILLAIN im Februar 1877, der mit seinen Versuchen ein nicht unbeträchtliches Aufsehen gemacht und dafür auch bare Unterstützungen empfangen zu haben scheint; doch wurde seine Arbeit nicht so rasch gefördert — er hatte sie 1888 noch nicht abgeschlossen —, daß ihm nicht die allmählich immer mehr erstarkende amerikanische Fabrikation zuvorgekommen wäre: J. L. BORSCH in Philadelphia ließ 1885 von dem Arzt G. C. HARLAN der Amerikanischen Ophthalmologischen Gesellschaft eine Reihe torischer Linsen vorlegen. Welchen Wert man in diesem Betriebe der Neuerung beilegte, kann man aus dem von J. L. BORSCH 1885 erworbenen Patent A. WAGNERS (1.) ersehen, das sich auf torische Flächen bezog. Sowohl Innen- wie Außentori waren vorgesehen. — Einen ganz ähnlichen Gegenstand enthält das englische Patent G. PRESCOTTS (1.) vom Jahre 1890; es ist wohl durch die amerikanischen Bestrebungen hervorgerufen worden. — Eine Aufnahme der Herstellung torischer Gläser im deutschen Sprachgebiet erfolgte später, nämlich um 1892, wo E. PFLÜGER im Spätsommer der Heidelberger Versammlung einige bei H. STRÜBIN in Basel geschliffene torische Linsen starker Durchbiegung vorlegen konnte. Zur Begründung ihrer besseren Leistung gab PFLÜGER eine Theorie, die mit der WOLLASTONS für seine periskopischen Brillengläser eine große Verwandtschaft hat. Es scheint aber nicht, daß es damals zu einer weiten Verbreitung dieser Gläserform kam. — Daß NITSCHKE & GÜNTHER in einem am Schluß wiedergegebenen Nachtrag zu ihrem im Januar 1893 erschienenen Preisbuch torische Gläser als etwas ganz Neues anzeigten, sei wenigstens erwähnt. — Die auf S. 118 β geschilderten Bestrebungen A. S. PERCIVALS vom Jahre 1903 seien dem Leser hier in das Gedächtnis zurückgerufen, da dieser Augenarzt zwar keine neue Berechnung zweifach symmetrischer Linsen unternahm, aber ihre Leistungen mit Hilfe von torischen Außenflächen steigern wollte.

Verfolgt man die Aufsätze und Anfragen der Centr.-Ztg. Opt. Mech. als des ältesten Optikerblattes im deutschen Sprachgebiet etwas genauer, so hat sich um jene Zeit der Anteil der deutschen Brillenoptiker an den torischen Gläsern noch nicht zu erkennen gegeben. Die erste Anfrage danach fand der Bericht in jener Zeitschrift im Jahre 1904, wonach der Anstoß dazu aus der Schweiz gekommen ist. E. H. OPPENHEIMER (2.) hat dann 1905 einen längeren Aufsatz über torische Gläser erscheinen lassen, wonach damals die Haupteinwirkung aus Nordamerika kam; geschichtliche Bemerkungen über die POUILLAINschen Versuche gab er ebenfalls. — Von jener Zeit ab gibt es eine größere Anzahl solcher Abhandlungen, und die amerikanischen Grundwirkungen von 6 und 9 dptr, zuerst als Innen-, dann als Außentori, werden empfohlen. Eine Berücksichtigung des Augendrehpunktes ließ sich aber vor dem August 1908, dem ersten öffentlichen Auftreten der ZEISSischen Bestrebungen, in der Centr.-Ztg. Opt. Mech. nicht nachweisen.

Wer zuerst das Umsetzen lehrte, ist dem Bericht unbekannt; es wurde wohl dadurch notwendig, daß nach M. v. ROHR (34. 200) und K. STEGMANN die Brillenoptiker in alter Zeit vielfach astigmatische Linsen durch Anschleifen einer sphärischen Fläche an ein halbfertiges Werkstück (einen *Schleifling*) ihres Lagers — es wurde damals als *rohes Zylinderglas* bezeichnet — herstellten, das bereits eine zweifach symmetrische Fläche von vorgeschriebener Stärke trug.

Zu den gekreuzten Zylindern, deren Achsenrichtungen keinen rechten Winkel einschließen, wurde zuerst 1849 durch G. G. STOKES (1.) ein wichtiger Beitrag geliefert, als er sein aus zwei gegeneinander drehbaren Zylinderlinsen von gleicher Stärke, aber verschiedenem Zeichen bestehendes Gerät veröffentlichte. Später ist diese STOKESische Linse auch für Prüfungen auf Astigmatismus verwandt worden

[bei F. C. DONDERS (3. 409) zum Beispiel]. Ihre Theorie im Anschluß an eine sehr gefällige geometrische Behandlung der Zylinderlinsen gab 1873 J. L. HOORWEG (1.). In demselben Jahre hat H. SNELLEN die damals neue Fassung nach A. CRÉTÈS (1.) auch der STOKESISCHEN Linse (s. Abb. 117 auf S. 226) angepaßt, wie jüngst R. KRÄMER hervorgehoben hat. — Die Folgen einer Drehung zweier beliebiger, eng aneinander befindlicher Zylinderlinsen setzte CH. F. PRENTICE (3. 53) 1888 mit sehr eingehenden Zeichnungen auseinander.

Über neuere Behandlungen der in den beiden letzten Absätzen besprochenen Fragen vgl. man die Berichte in der Z. ophthalm. Opt. seit 1921.

b) Die Brille in Verbindung mit dem astigmatischen bewegten Auge.

§ 128. Das Blicken durch eine astigmatische Brillenlinse. B. Wenn Auge und Brille Umdrehungsfolgen sind, so braucht man über die Augenbewegung nur zu wissen, daß sich das Auge in seiner Höhle um den Augendrehpunkt bewege. Das Auge wirkt dann bei schiefem Durchblick nicht anders als beim Geradeaussehen, ein Unterschied kann also nur durch die Bildfeldfehler und die Verzeichnung der Brille entstehen.

Beim Zusammenwirken des astigmatischen Auges mit dem astigmatischen Brillengläse muß hingegen die Bewegung des Auges genauer betrachtet werden, d. h. es muß auch festgelegt werden, wie sich die Lage seiner beiden Hauptschnitte ändert. Wenn man auch weiß, daß sich das Auge um seinen Drehpunkt dreht, so ist doch eine gleichzeitig auftretende *Rollung*, d. h. eine Drehung des Augapfels um seine Gesichtslinie, von vornherein nicht ausgeschlossen. Es handelt sich hier um zwei verschiedene Gesetze, die darüber Auskunft geben; das erste, nach DONDERS benannte, sagt in der von H. HELMHOLTZ (2. III. 39) gewählten Form aus, „daß, wenn die Lage der Blicklinie in Beziehung zum Kopfe gegeben ist, dazu auch ein bestimmter und unveränderlicher Wert der Raddrehung (Rollung) gehört, welcher unabhängig von der Willkür des Beobachters und unabhängig von dem Wege ist, auf welchem die Blicklinie in die betreffende Stellung gebracht ist“. Das zweite Gesetz, das diese Bewegungen in der Augenhöhle in der gewünschten Genauigkeit anzugeben gestattet, ist unter dem Namen des LISTINGSCHEN bekannt. Es besagt, daß es eine in der Augenhöhle fixe Blickrichtung, die *Primärstellung* des Auges, gibt, von wo aus die Blicklinie nach einer beliebigen andern Richtung, einer *Sekundärstellung* des Auges, ohne Rollung des Auges gedreht werden kann, oder, was damit gleichbedeutend ist, daß die Ebene, die die Achse des in beliebiger Stellung befindlichen Auges und die Primärstellung der Augenachse enthält, einen beiden Blickrichtungen gemeinsamen Achsenschnitt des Auges darstellt.

Zu der Verlagerung der Hauptschnitte des Auges bei der Augendrehung nach dem LISTINGSCHEN Gesetze findet man neue Aufschlüsse bei L. BURMESTER <18 140>.

Läßt man nun die (hier stets als zusammenfallend mit der Augenachse angesehene) Blicklinie in der Primärstellung in der Hauptachse

der Linse liegen, so ist nach dem LISTINGSchen Gesetze klar, daß keinerlei Rollungen des Auges eintreten, wohin man auch das Auge von der Primärstellung aus wenden möge, sobald sich nur die Blicklinie in einer Ebene bewegt. Verfolgt man aber die Hauptstrahlen durch das astigmatische Brillenglas, so läßt sich über die Wiedergabe eines Dingpunktes allgemein folgendes sagen: Auch hier wird, wie beim achsensymmetrischen Glas, jeder Hauptstrahl von zwei engen Strahlenbüscheln geschnitten, die in zwei zueinander senkrechten Ebenen, den Hauptschnitten, liegen, während die übrigen Strahlen augenseitig im allgemeinen windschief verlaufen. Diese Schnittpunkte erfüllen also zwei Bildschalen, die aber, anders als bei den achsensymmetrischen Gläsern, einander in der Achse nicht berühren, sondern die Achse in zwei verschiedenen Punkten schneiden, dort sind die Kehrwerte der Abstände vom Brillenscheitel $1/M$ und $1/A$. Die Lage der Hauptschnitte ist außerhalb der Achse durch bekannte Formeln zu bestimmen, sie ändert sich aber von Hauptstrahl zu Hauptstrahl und wird auch bei Brillen von verschiedener Stärke und Durchbiegung für dieselbe Hauptstrahlrichtung ganz verschieden sein. Damit für einen gegebenen Hauptstrahl durch das Zusammenwirken von Brillenglas und Auge ein vom Astigmatismus freies (punktmäßiges) Bild auf der Netzhaut entstände, müßten die Hauptschnitte des durch das Glas gegangenen Bündels mit denen des Auges in der fraglichen Stellung zusammenfallen, und außerdem müßte der Abstand der beiden Bildschalen so sein, daß er die Wirkung des Augenastigmatismus gerade höbe. Wir nehmen an, die Brille sei so angepaßt, daß in der Primärstellung beide Bedingungen erfüllt sind. In einer beliebigen Sekundärstellung wird im allgemeinen schon die erste Bedingung nicht erfüllt sein, da nicht einzusehen ist, wieso die ziemlich verwickelten mathematischen Regeln für den Durchgang der Strahlen durch eine beliebige Stelle der astigmatischen Linse zur nämlichen Lage der Hauptschnitte führen sollte wie das LISTINGSche Gesetz für die Hauptschnitte des astigmatischen Auges. Es wird daher eine punktmäßige Abbildung für jede Stellung des blickenden astigmatischen Auges im allgemeinen nicht zu erreichen sein.

Gewisse Hauptstrahlrichtungen bilden jedoch eine Ausnahme. Die beiden Hauptschnitte im Linsenscheitel (bei einer sphäro-torischen Linse z. B. die dortige Meridianebene und die Äquatorialebene der torischen Fläche) sind Symmetrieebenen für die ganze Linse. Man betrachte nun einen Hauptstrahl, der in einer dieser beiden Ebenen verläuft. Strahlen, die in der Symmetrieebene einfallen, müssen in ihr bleiben, dies gilt sowohl von dem Hauptstrahl wie von allen andern, insbesondere den benachbarten Strahlen. Daraus folgt, daß für diese Hauptstrahlen der eine Hauptschnitt stets mit der Symmetrieebene zusammenfällt, der andere senkrecht auf ihr steht. Denkt man sich nun den Hauptstrahl

von der Primärstellung (der Richtung nach dem Linsenscheitel) aus in einer der beiden Symmetrieebenen bewegt, so wird sowohl die Lage der Augenhauptschnitte (nach dem LISTINGSchen Gesetz) als auch die der Hauptschnitte des durch das Brillenglas hindurchgegangenen Strahlenbündels keine Rollung erfahren, d. h. für alle solche Hauptstrahlrichtungen stimmen die Hauptschnitte überein, eine punktmäßige Abbildung kann herbeigeführt werden, wenn auch die zweite Bedingung (s. o.) erfüllt wird. Man ist nun in der Tat darauf ausgegangen, ein möglichst günstiges Ergebnis für die in den Symmetrieebenen verlaufenden Hauptstrahlen zu erreichen, eine mathematische Untersuchung anderer Blicklinien wäre mit großem Rechenaufwand verbunden, sie ist bisher nicht bekannt geworden.

§ 129. Die Beschränkung der Behandlung auf die beiden Symmetrieebenen. &B. Dreht sich das Auge nach dem LISTINGSchen Gesetz, so werden mit den für die beiden Hauptschnitte geltenden Dingweiten Kugeln um den Augendrehpunkt beschrieben; von den beiden Symmetrieebenen werden diese Kugeln in 2×2 konzentrischen Kreisen geschnitten, deren Halbmesser $1/M,, + \overline{H,,Z'}$ und $1/A,, + \overline{H,,Z'}$ sind, die beiden Kugeln mögen die Achse des Brillenglases in M und in A schneiden.

Das astigmatische Brillenglas verwandelt das von einem Dingpunkte herkommende Bündel allgemein in ein schneidenförmig verändertes Bündel (§ 79); auf jedem Hauptstrahl liegen zwei astigmatische Bildpunkte; die Gesamtheit aller Bildpunkte erfüllt zwei Bildflächen. Fällt der Hauptstrahl mit der Achse zusammen, so liegen die beiden ihn schneidenden Büschel in den beiden Symmetrieebenen des Brillenglases. Ist nun das Glas richtig angepaßt, so muß der eine der beiden Schnittpunkte nach M , der andere nach A fallen. Es sei M der Schnittpunkt der im Meridianschnitt der torischen Fläche verlaufenden Strahlen, A der Schnittpunkt der im Äquatorialschnitt verlaufenden Strahlen. Die beiden Bildflächen enthalten also die Punkte M und A , wir wollen sie die M - und die A -Fläche nennen.

Weiter betrachten wir die Bewegung eines Hauptstrahls in einer der beiden Symmetrieebenen, etwa in der, die durch den Meridian der torischen Fläche geht, der m -Ebene.

Der eine Bildpunkt entspricht den Strahlen, die in der fraglichen Symmetrieebene verlaufen; kommt man in die Achse, so muß er mit M zusammenfallen, d. h. die hier betrachteten Bildpunkte liegen in der Schnittkurve der M -Fläche mit der m -Ebene. Der andere Bildpunkt entspricht den Strahlen, die in der zur m -Ebene senkrechten Ebene verlaufen, diese geht in der Achse in den Äquatorialschnitt über, d. h. der Bildpunkt fällt nach A . Die Gesamtheit der fraglichen Bildpunkte

fällt in die Schnittkurve der m -Ebene mit der A -Fläche. Wenn nun diese beiden Kurven ihrem ganzen Verlauf nach mit den beiden Kreisen zusammenfallen sollten, die die m -Ebene aus den Kugeln um Z' ausschneidet (vgl. den Anfang des Paragraphen), so würde, da nach § 128 auch die Ebenen der Hauptschnitte sich decken, der Astigmatismus der Brille überall in der m -Ebene den des Auges heben, und das blickende Auge könnte dort, und zwar ohne Akkommodation, ein punktförmiges Bild auf der Netzhaut haben.

Das Entsprechende läßt sich für die Bewegung des Auges in der andern Symmetrieebene, der a -Ebene, sagen.

Man hätte also vier Bedingungen zu erfüllen, es wird sich zeigen, daß dies noch weniger möglich ist als die Erfüllung der beiden Bedingungen bei den achsensymmetrischen Gläsern.

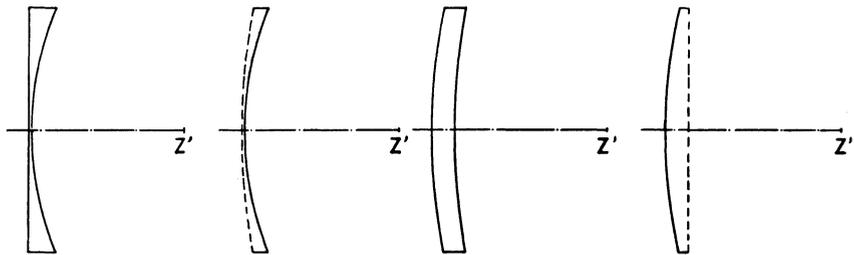


Abb. 90. Die Symmetrieebenen je eines sphäro-zylindrischen Glases
 -10 dptr -6 dptr +2 dptr +6 dptr
 Die Umdrehungsbogen sind gestrichelt.

Abb. 90 mag ein zerstreues (a) und ein sammelndes (b) sphäro-zylindrisches Glas in beiden Symmetrieebenen darstellen; der Astigmatismus beträgt in beiden Fällen 4 dptr.

Es seien also durch die Untersuchung des Auges die beiden Scheitelbrechwerte M und A der astigmatischen Fernbrille bestimmt, und zwar mögen dafür der größeren Anschaulichkeit wegen im folgenden die beiden, Dioptrien bedeutenden, Ziffernwerte $+4$ und $+8$ angegeben sein. Der Astigmatismus beträgt alsdann 4 dptr.

Man hat nun verschiedene Möglichkeiten, die Rechnung anzusetzen, wenn man zunächst annimmt, eine der beiden Grenzflächen sei eine Kugel-, die andere eine Wulstfläche mit Einschluß der Zylinderflächen. Die Behandlung eines solchen Falles soll hier nach der Darstellung H. BOEGEHOLDS (16 161) gegeben werden.

Es befinde sich die Kugelfläche vorn, also liege ein Innentorus vor:

- oder
1. $M = +4$; $A = +8$
 2. $M = +8$; $A = +4$.

Es befinde sich die Kugelfläche hinten, also liege ein Außentorus vor:

$$3. \quad M = +4; \quad A = +8$$

oder

$$4. \quad M = +8; \quad A = +4.$$

Hat man eine dieser Möglichkeiten ausgewählt, so bleibt noch die Durchbiegung, also etwa die Kugelkrümmung $R = 1/r$, zu wählen frei; es handelt sich mithin um eine einzige Veränderliche, denn die Mitteldicke d wird bei Zerstreungslinsen stets sehr gering und bei Sammellinsen meistens nur so groß gewählt werden, daß sich eine bei dem vorgeschriebenen Blickfelde gerade genügende Randdicke ergibt, und die Brechzahl n des Glases wird man in der Regel nicht sehr abweichend von dem üblichen Werte $n = 1,528$ (S. 68 ν) wählen.

Hier liegt eine zweifach symmetrische Linse vor, die astigmatische Brille liefert der rechnenden Optik eine neue Aufgabe. Daß man sich bei der trigonometrischen Durchrechnung auf Hauptstrahlenbüschel in beiden Symmetrieebenen beschränken wird, war schon auf S. 171 α hervorgehoben worden.

Setzt man einen großen Winkel σ' voraus — bei Zerstreungslinsen wird in den ZEISSISCHEN Rechenstuben dieser Wert auch bei astigmatischen Formen mit 30° , bei Sammellinsen mit 35° angenommen —, so hat man nach Abb. 91

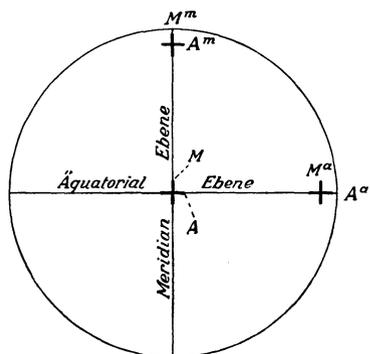


Abb. 91. Die Spuren von rechnerisch verfoligten Büscheln einer zur Brillenglasachse senkrechten Ebene.

in dem entsprechenden Randpunkt der m -Ebene die beiden Werte M^m und A^m , und ähnlich in dem Randpunkt der a -Ebene die Werte A^a und M^a . Das Wünschenswerte wäre nun

$$M^m = M^a = M; \quad A^m = A^a = A,$$

doch ist im allgemeinen die Erfüllung von vier Gleichungen mit nur einer Veränderlichen nicht zu leisten.

Der Astigmatismus der Randstrahlen ist also

$$M^m - A^m; \quad M^a - A^a,$$

während für die Achse galt $M - A$. Bezeichnet man nun mit E. WEISS (3.) als *astigmatische Fehler* die Ausdrücke

$$\begin{aligned} Y_1 &= (M^m - A^m) - (M - A), \\ Y_2 &= (M^a - A^a) - (M - A), \end{aligned} \tag{81}$$

so wird es von Nutzen sein, zunächst einmal an zwei sphäro-zylindrischen Gläsern von verschiedenem Zeichen festzustellen, wie sie auf ein beim

Blick längs der Achse gerade ausgeglichenes Auge wirken, wenn sie unter größerer Schiefe benutzt werden.

Für jede durch 5 teilbare Gradzahl von 10° ab bis zu dem Grenzwinkel von 30 oder 35° wurden bei zwei sphäro-zylindrischen Gläsern mit den Scheitelbrechwerten von -6 und -10 , von $+2$ und $+6$ dptr die vier Werte M^m , M^a , A^m , A^a bestimmt, als Punkte aufgetragen und in Abb. 92 und 93 durch stetige Kurvenzüge verbunden. Ent-

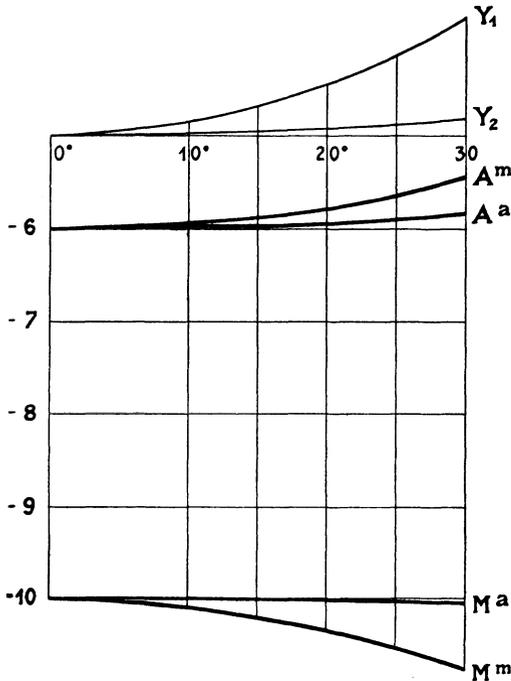


Abb. 92. Darstellung der vier auf die Scheitelkugel (S. 98) bezogenen Kehrwerte M^m , M^a , A^m , A^a sowie der astigmatischen Fehler Y_1 und Y_2 in ihrer Abhängigkeit vom Blickwinkel $\sigma' \leq 30^\circ$ für das sphäro-zylindrische Brillenglas -6 , -10 dptr.

sprechend wurde im oberen Teile der Zeichnungen auch noch jeder der beiden astigmatischen Fehler durch einen Kurvenzug dargestellt. Man erkennt auf diese Weise leicht, daß für einen Ausgangsastigmatismus von 4 dptr

bei der zerstreuenden Linse für

$$\sigma' = 30^\circ$$

$$Y_1 = 1,30 \text{ dptr oder } 32,5\%$$

$$Y_2 = 0,19 \text{ dptr oder } 4,75\%$$

bei der sammelnden Linse für

$$\sigma' = 35^\circ$$

$$Y_1 = 0,27 \text{ dptr oder } 6,7\%$$

$$Y_2 = 2,85 \text{ dptr oder } 71,25\%$$

beträgt.

Man wird nicht sagen können, daß am Rande auftretende astigmatische Fehler, die etwa bis zu $\frac{1}{3}$ oder $\frac{3}{4}$ des auszugleichenden Betrages

ansteigen, als erträglich angesehen werden können; namentlich wenn man beachtet, daß man den Augenastigmatismus mindestens in seinen geringeren Beträgen bis auf $\frac{1}{4}$ dptr auszugleichen pflegt, wogegen hier Abweichungen von $1,3$ und $2,8$ dptr bestehen bleiben. Vielmehr wird man derartige Randabweichungen als verhängnisvoll für die Dienste ansehen müssen, die das blickende Auge von einem solchen Glase erhält, das für die Mitte des Feldes durchaus befriedigte.

Spricht man nun die verständliche Forderung aus, die astigmatischen Fehler seien zu heben, so führt das wegen

$$Y_1 = Y_2 = 0 \quad (82)$$

auf die Gleichungen
$$\begin{aligned} M^m - M &= A^m - A, \\ M^a - M &= A^a - A. \end{aligned} \tag{82a}$$

Können diese Beträge durch die Akkommodationsbreite des Brillenträgers ausgeglichen werden, so werden sie nicht besonders schaden, und ihm wird eine solche Brille auch am Rande des Blickfeldes ein deutliches Bild vermitteln.

Indessen ist auch die Erfüllung von zwei Gleichungen durch eine einzige Veränderliche im allgemeinen nicht zu leisten, und daher beschränkt man sich wenigstens bei der ZEISSISCHEN Behandlung dieser Aufgabe auf die Erfüllung der Gleichung

$$Y_1 = Y_2. \tag{82b}$$

H. BOEGEHOLD <16 161> hat darauf hingewiesen, daß es sich in diesem Falle häufig um eine besonders günstige Durchbiegung, ein absolutes Optimum, handle. Der Weg, auf dem er zu diesem Ausspruche gelangt ist, soll hier wenigstens angedeutet werden. Er machte nämlich darauf aufmerksam, daß auf Grund nicht näher mitgeteilter Ableitungen¹ jeder der beiden astigmatischen Fehler

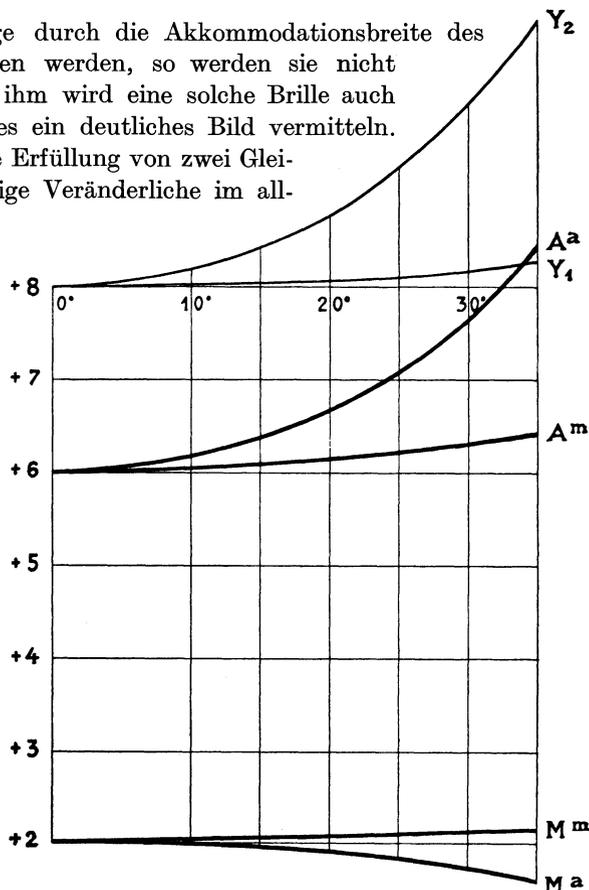


Abb. 93. Darstellung der vier auf die Scheitelkugel (S. 98) bezogenen Kehrwerte M^m, M^a, A^m, A^a sowie der astigmatischen Fehler Y_1 und Y_2 in ihrer Abhängigkeit vom Blickwinkel $\sigma' \leq 35^\circ$ für das sphäro-zylindrische Brillenglas +6, +2 dptr.

von der unabhängigen Veränderlichen R in der folgenden Weise abhängt:

$$\begin{aligned} Y_1 &= A_1 R^2 + B_1 R + C_1, \\ Y_2 &= A_2 R^2 + B_2 R + C_2. \end{aligned} \tag{83}$$

Trägt man in der gewohnten Weise den dadurch bestimmten Verlauf in ein Kreuz rechtwinkliger Koordinaten ein, so erhält man zwei Parabeln, für deren Schnittpunkte die Gleichung $Y_1 = Y_2$ erfüllt ist.

¹ Es würde sich dabei um Beziehungen handeln, die bei achsensymmetrischen Linsen dem Ausdrucke M. TSCHERNINGS auf S. 118⁷ entsprechen würden.

Bezeichnete er nun im allgemeinen als *relatives Optimum* einen derartigen Wert von R , daß sowohl bei etwas größeren als bei etwas kleineren R -Werten (also bei geringen Durchbiegungen des Brillenglases) der absolut größere der beiden Werte von Y_1 und Y_2 absolut größer wurde, so konnte er sich durch eine große Zahl solcher Berechnungen davon überzeugen, daß ein Schnittpunkt dieser Parabeln (oder gar beide) auf ein solches relatives Optimum fiel (Abb. 94). Als notwendige und hinreichende Bedingung kann man nach seiner Bestimmung die folgende Angabe hinstellen. Zieht man in einem solchen Schnittpunkt die beiden Parabeltangenten, so handelt es sich dann um ein relatives Optimum, wenn die durch den Anfangspunkt gezogenen Parallelen dieser Tangenten in allen vier Quadranten und nicht etwa nur in zweien enthalten sind. In der vorliegenden kurzen Darstellung soll an dem

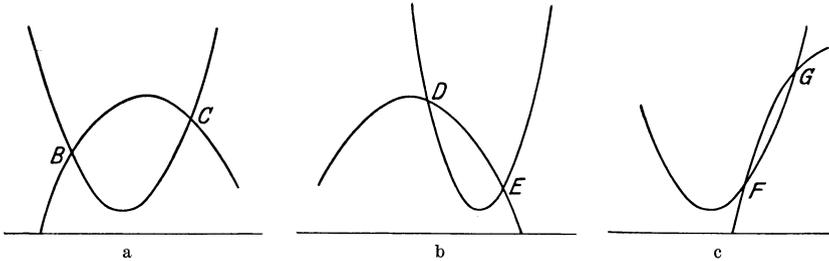


Abb. 94. H. BOEGEHOLDS (16 + 4 - 6 164) entgegengesetzt gerichtete Parabeln mit zwei Schnittpunkten. Die Schnittpunkte liefern in a zwei Optima, in b eines (E), in c keines der hier besprochenen Art. Die Schnittpunkte einer Parabel mit der Abszissenachse ergeben die Punkte, in denen ein astigmatischer Fehler den Wert Null hat.

Optimum dieser Art als an dem wichtigsten festgehalten werden, obwohl ein Einblick in die BOEGEHOLDSche Arbeit erkennen läßt, daß auch noch andere, nicht aus $Y_1 = Y_2$ abgeleitete relative Optima vorkommen können; indessen sind sie von einer merklich geringeren Bedeutung.

Sucht man nun das Optimum oder die Optima für eine jede der vier oben angeführten Möglichkeiten auf, so erhält man durch den Vergleich aller miteinander das *absolute Optimum*, wofür die Beträge der beiden Seiten der Gleichung $Y_1 = Y_2$ möglichst klein sind, mit andern Worten sich also dem erwünschten Werte $Y_1 = Y_2 = 0$ möglichst nähern.

Für die Ausführung des Brillenglases wird man diesen günstigsten Wert von R wählen, vorausgesetzt, daß der zugehörige r -Wert nicht gar zu klein ausfällt. Man muß eben daran denken, daß man bei der gewohnten ovalen Brillenfassung nicht gern unter einen Breitendurchmesser von 36,5 mm heruntergeht, meistens aber nahezu 40 mm einhält.

Wie noch später erwähnt werden wird, besteht unter den verschiedenen Brillenfachleuten darüber Einigkeit, daß das absolute Optimum bei dem Ansatz $Y_1 = Y_2$ auf befriedigende Ergebnisse führt. — Dieses

Optimum läßt sich, wie H. BOEGEHOLD <16 168> eingehender ausgeführt hat, fast in allen Fällen der Brillenforderungen erreichen, namentlich wenn man die Y -Werte nicht mit den Annäherungsformeln (83), sondern mit Hilfe strenger trigonometrischer Rechnung ermittelt.

Eine Übersicht über die Werte des absoluten Optimums auch in schwierigeren Fällen gibt die hier abgedruckte Zusammenstellung H. BOEGEHOLDS <16 170> für $M - A = 4$ und $= 6$ dptr; dabei wurde dem Optimum ein positives Zeichen gegeben, wenn sein Vorzeichen mit dem von $M - A$ übereinstimmte. Die Werte selbst sind in aller Strenge nach trigonometrischer Durchrechnung, also nicht mit den Annäherungsformeln (83), bestimmt worden.

Astigmatismus	
von 4 dptr für 30°	von 6 dptr für 30°
-20, -16 +0,06 dptr	-20, -14 +0,01 dptr
-18, -14 -0,01 „	-18, -12 -0,06 „
-16, -12 -0,09 „	-16, -10 -0,16 „
-14, -10 -0,14 „	-14, - 8 -0,19 „
-12, - 8 -0,14 „	-12, - 6 -0,18 „
-10, - 6 -0,11 „	-10, - 4 -0,10 „
- 8, - 4 -0,06 „	- 8, - 2 -0,04 „
- 6, - 2 0,00 „	- 6, 0 +0,02 „
- 4, 0 +0,02 „	- 4, + 2 +0,11 „
- 2, + 2 +0,07 „	
für 35°	
-2, + 2 +0,10 dptr	-2, + 4 +0,22 dptr
0, + 4 +0,17 „	0, + 6 +0,32 „
+2, + 6 +0,25 „	+2, + 8 +0,60 „
+4, + 8 +0,40 „	+4, +10 +0,77 „
+6, +10 +0,58 „	+6, +12 +1,22 „

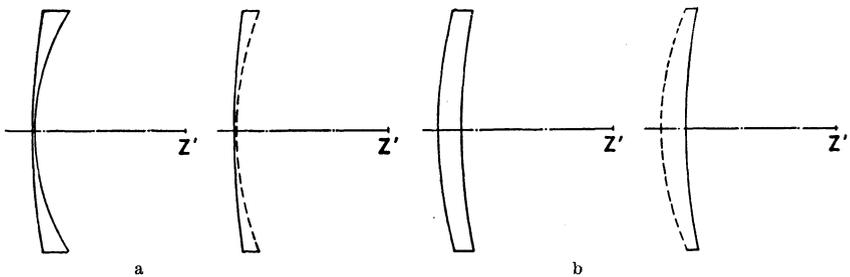


Abb. 95. Die Symmetrieebenen je eines zweckmäßig durchgebogenen sphäro-torischen Glases.
 -10 dptr -6 dptr +2 dptr +6 dptr.
 Die Umdrehungsbogen sind gestrichelt.

Während also bei zerstreuenden und schwach sammelnden Gläsern die Berücksichtigung ziemlich großer Blickschiefen zu befriedigenden Ergebnissen führt, zeigt die kleine Tafel, daß die Y -Werte des absoluten

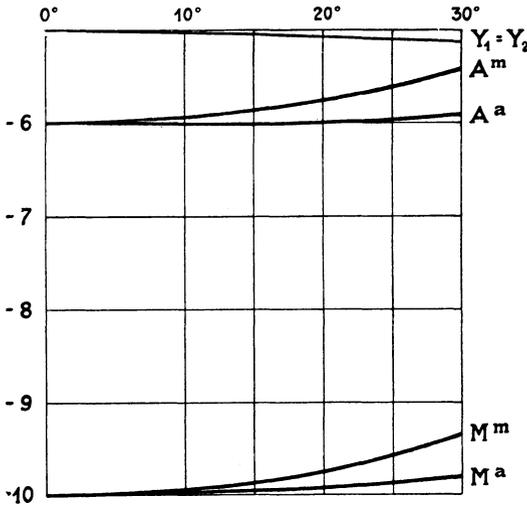


Abb. 96. Darstellung der vier auf die Scheitelkugel (S. 98) bezogenen Kehrwerte M^m, M^a, A^m, A^a sowie der astigmatischen Fehler $Y_1 = Y_2$ in ihrer Abhängigkeit vom Blickwinkel $\sigma' \leq 30^\circ$ für das zweckmäßig durchgebogene sphäro-torische Brillenglas -6, -10 dptr.

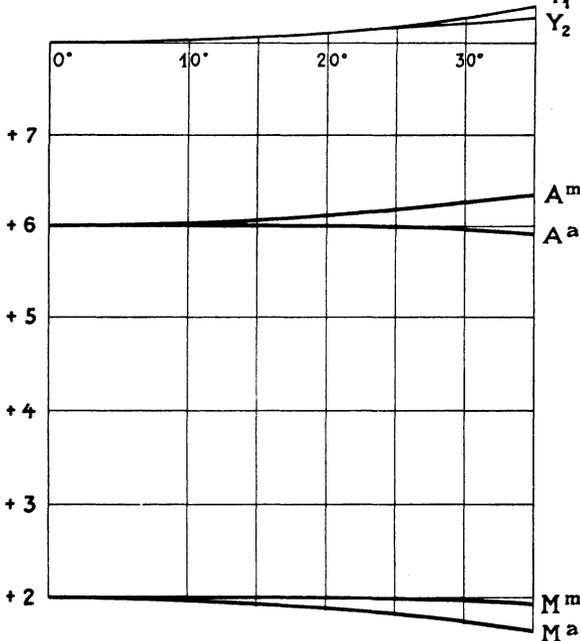


Abb. 97. Darstellung der vier auf die Scheitelkugel (S. 98) bezogenen Kehrwerte M^m, M^a, A^m, A^a sowie der astigmatischen Fehler $Y_1 = Y_2$ in ihrer Abhängigkeit vom Blickwinkel $\sigma' \leq 35^\circ$ für das zweckmäßig durchgebogene sphäro-torische Brillenglas +6, +10 dptr.

Optimums für Wirkungen über etwa +5 dptr schon beträchtlichere Werte annehmen. Es liegt hier eben ein ähnliches Verhalten vor wie bei den achsensymmetrischen Gläsern auf S. 111, wo ja auch der Herbeiführung punktmäßiger Abbildung mit kugligen Grenzflächen nach der Seite der sammelnden Gläser eher ein Ziel gesetzt war.

Da man nun im allgemeinen bei sphäro-torischen Gläsern die Beziehung $Y_1 = Y_2 = 0$ nicht erreichen kann, Y_1, Y_2 so soll bei dieser Linsengruppe von der Anwendung des Ausdrucks punktmäßig abbildender Gläser ganz abgesehen werden, und es seien die Formen des absoluten Optimums als *Gläser zweckmäßiger Durchbiegung* bezeichnet.

Die Bedeutung des auf diese Weise erreichten wird sich aus den Ergebnissen der trigonometrischen Durchrechnung anschaulich belegen lassen. Wählt man, um einen Vergleich mit den sphäro-zylindrischen Linsen zu erleichtern, die gleichen

Scheitelbrechwerte -6 und -10 , $+2$ und $+6$ dptr wie oben, so kann man für diese Wirkungen Gläser zweckmäßiger Durchbiegung (Abb. 95) erhalten, nach dem gleichen Verfahren wie oben durchrechnen und die Ergebnisse in derselben Weise in Abb. 96 und 97 darstellen. Man findet dann an der

zerstreuenden Linse für $\sigma' = 30^\circ$ $Y_1 = Y_2 = -0,11$ dptr oder 2,75%,
 sammelnden „ „ $\sigma' = 35^\circ$ $Y_1 = 0,4$ dptr oder 10%,
 $Y_2 = 0,28$ dptr oder 7%,

was gegen die Ergebnisse von S. 174 eine ganz wesentliche Verbesserung bedeutet.

§ 130. Geschichtliche Bemerkungen zu den Gläsern zweckmäßiger Durchbiegung. & B. Über die ersten Versuche von astigmatischen Brillengläsern zweckmäßiger Durchbiegung zur Unterstützung des blickenden Auges und auf Grund trigonometrischer Durchrechnung schiefer Büschel berichtete M. v. ROHR (9.) 1910. Da es sich dabei um eine asphäro-torische Linse handelte, so muß die Besprechung dieses Vortrages noch ausgesetzt werden. — Dagegen lagen damals schon umfangreiche Rechenergebnisse an einfacher gebauten torischen Brillengläsern, seien es sphäro-torische, seien es doppelt-torische Formen, in Jena vor und wurden für die im Herbst 1908 eingereichte ZEISSISCHE (9.) Patentanmeldung verwandt. Da diese Schutzschrift die ersten Zahlenangaben über derartige zweiseitige symmetrische Linsen im schiefen Strahlengange lieferte, so wird es richtig sein, hier etwas näher auf sie einzugehen. Es wurde die astigmatische Wirkung von -8 und -4 dptr in dem einen und von $+1$ und $+4$ dptr in dem andern Falle durch sechs Linsenformen so erreicht, daß immer — bis auf wenige Einheiten der letzten Stelle — $Y_1 = Y_2$ galt, und eben diese Bedingung war der Inhalt des zweiten Anspruchs. Von den Beispielen bezogen sich immer zwei auf einen Außen-, zwei auf einen Innentorus und zwei auf Gläser mit zwei torischen Flächen. Die Ergebnisse seien für den Grenzwinkel mitgeteilt, und ferner ist der Einfachheit wegen bei den geringen Abweichungen der beiden Y -Werte voneinander $\frac{1}{2}(Y_1 + Y_2)$ gebildet worden; außerdem wurde jedesmal die Ordnungszahl des Beispiels beige-schrieben.

Zerstreuende Linsen $\sigma' = 30^\circ$		
Außentorus	Innentorus	Doppeltorus
1. 0,31 dptr	3. $-0,05$ dptr	5. 0,19 dptr
2. 0,32 „	4. $-0,08$ „	6. 0,04 „
Sammelnde Linsen $\sigma' = 35^\circ$		
Außentorus	Innentorus	Doppeltorus
9. 0,27 dptr	7. 0,22 dptr	11. 0,11 dptr
10. 0,17 „	8. 0,35 „	12. 0,04 „

Man erkennt, daß — die doppelt-torischen Formen als von minderer Bedeutung außer Betracht gelassen — der Außentorus bei Sammel- und der Innentorus bei Zerstreuungslinsen in den behandelten Beispielen den Vorzug verdiente, und ähnliche Fälle lagen in den damaligen Rechnungen in Menge vor. Man schätzte indessen die Schwierigkeit der Herstellung torischer Hohlflächen in Jena damals zu hoch ein und entschied sich, diesen Ergebnissen zum Trotz, die torische Wirkung allein an der Außenfläche anzubringen.

Zunächst blieb die Jenaer Werkstätte mit ihrer rechnenden Bearbeitung der astigmatischen Brillengläser ohne Wettbewerb, und es scheint erst 1913/4 der englische Theoretiker A. WHITWELL (1.) in einer Reihe von Abhandlungen die Grundlagen für solche Rechnungen im englischen Sprachgebiet fertiggestellt zu haben. Umfassende zahlenmäßige Ergebnisse für die Brillenhersteller hat er damals nicht kundgegeben. — Während sich von den bedeutenden deutschen Brillenwerken der BUSCHISCHE Betrieb wegen der Ausführung der astigmatischen Punktgläser mit C. ZEISS ins Einvernehmen setzte, hatte das Rathenower Brillenwerk von NITSCHE & GÜNTHER schon 1914 den Prager Privatdozenten der Physik E. WEISS an sich gezogen, und er (3.) hat sehr bald jene Abweichung von der Herbeiführung des absoluten Optimums gerügt, die man sich in Jena erlaubt hatte. Verständlicherweise griff man auch das ZEISSISCHE (9.) Patent an, und dessen erster Anspruch wurde in der Tat (17 112) am 4. Mai 1915 aufgehoben. Über den zweiten Anspruch, dessen Inhalt ja durch $Y_1 = Y_2$ gekennzeichnet ist, kamen beide Parteien im August 1916 zu einer Einigung, und er bestand weiterhin zu Recht. — Auch der Rechenfachmann des BUSCHISCHEN Betriebes, J. SPANUTH (1.), hob 1916 hervor, daß für astigmatische Gläser zerstreuer Wirkung Formen mit Innentorus weitaus vorzuziehen seien, ebenso daß man mit doppelt-torischen Brillen nicht wesentlich weiterkomme als mit sphäro-torischen. Das ist offenbar deshalb so, weil bei größeren Werten des Brechungsfehlers keine Form der ganzen Mannigfaltigkeit Radien hat, die sämtlich länger sind als etwa 23 mm. — 1917 hat J. SPANUTH (2.) dann auf die Eigentümlichkeit hingewiesen, daß ganz hohe astigmatische Zerstreungsgläser nicht mehr als Menisken erscheinen, sondern auf beiden Seiten hohl sein müssen, wenn man das absolute Optimum erreichen will. Er hob ferner die Nützlichkeit einer Darstellung hervor, die der TSCHERNINGSCHEN Ellipse (S. 111 β) für astigmatische Brillengläser entspräche. — 1920 hat H. BOEGEHOLD (4.) darauf hingewiesen, man könne seinen Nachweis, daß die TSCHERNINGSCHEN Ellipsen für verschiedene Blendenabstände ein Büschel bildeten, mit zwei vom Nullpunkt ausgehenden gemeinsamen Tangenten, auch für die entsprechenden (SPANUTHSCHEN) Kurven durchführen; nur falle jetzt keine Tangente mehr mit der Abszissenachse zusammen. Bei seiner Zusammenstellung der aus der Vorrechnung folgenden Y -Werte sieht man sehr schön, wie sich der Übergang vom tonnenförmigen Innentorus zum wurstförmigen und vom wurstförmigen Außentorus zum tonnenförmigen vollzieht.

E. WEISS (22 ²⁹⁷119) hat seine Untersuchungen (§ 91) auch auf zweifach symmetrische Brillen ausgedehnt und 1921 darüber vorgetragen, doch ist nur ein ganz kurzer Überblick veröffentlicht worden.

Formeln für die Werte M^m , M^a , A^m , A^a hat A. GLEICHEN abgeleitet (23 ³⁷⁶92), (24 ³⁴⁷77), A. WHITWELL benutzte sie (25 ⁵⁹⁶3), (26/27 ¹²³⁸8) zur Ableitung einer Gleichung für $Y_1 = Y_2$ und für verschiedene Fälle zur Zeichnung von Kurven, die der TSCHERNINGSCHEN entsprechen. Es handelt sich um Vorrechnungsformeln; sie sind nicht auf die Scheitelkugel, sondern auf die letzte Fläche bezogen. Es ist der nämliche Fehler begangen, der § 90a erwähnt wurde. Bei der WHITWELLSCHEN Rechnung hat er sich herausgehoben.

§ 131. Die Form der Bildflächen bei astigmatischen Gläsern. B.
Die Bildkrümmung bei astigmatischen Linsen ist auch nur für die Spuren der beiden Symmetrieebenen rechnerisch untersucht worden; allgemein kann man sagen, daß man nicht gleichzeitig $Y_1 = Y_2$ machen, das absolute Optimum auswählen und auch noch die gewünschte Krümmung erreichen kann.

§ 132. Geschichtliche Bemerkungen dazu. &B. Diese Fragen sind in einem Streit zwischen H. BOEGEHOLD (18 20) und E. WEISS (17 161) zur Sprache gekommen. BOEGEHOLD gab bei dieser Gelegenheit mindestens für ein astigmatisches Brillenglas (−4, −8 dptr) eine Zusammenstellung, woraus wenigstens ein ungefähres Bild der Änderung der Bildfeldfehler mit der Durchbiegung erhalten werden kann. Wie man aus den Überlegungen auf S. 173 ff. (Hervorhebung der verschiedenen, mit einer einzigen Veränderlichen nicht gleichzeitig zu erfüllenden Bedingungen) schließen kann, fallen die vorteilhaftesten Formen für Bildfeld- und astigmatische Fehler eben nicht zusammen. Unter Umständen kann aber der Übergang vom wurst- zum tonnenförmigen Torus mit einem gewissen Vorteil verbunden sein.

Es ist auch von der Firma GOERZ (22 29), (23 3792) der Versuch gemacht worden, unter Verzicht auf die beste Hebung der astigmatischen Fehler, eine bessere Krümmung des Feldes zu erhalten.

Man müßte etwa verlangen $\frac{1}{2}(M^m + A^m) = \frac{1}{2}(M^a + A^a) = \frac{1}{2}(M + A)$, dies ist aber mit sphäro-torischen Gläsern wieder nicht zu erreichen, da nur eine willkürliche Größe zur Verfügung steht. Man mag sich also mit $\frac{1}{2}(M^m + A^m) = \frac{1}{2}(M^a + A^a)$ (dem gleichen durchschnittlichen Bildfeldfehler) begnügen. Die GOERZISCHE Forderung weicht für endliche Hauptstrahlneigungen etwas ab, da sie wieder auf die Pupille bezogen ist (vgl. § 92a).

Der Versuch, von dem im übrigen das nämliche zu sagen ist wie bei achsensymmetrischen Gläsern, hat aus dem nämlichen Grunde wie auf S. 124 ω keine praktische Bedeutung erlangt.

§ 133. Die Verzerrung des astigmatischen Brillenglases beim blickenden Auge. &B. Beim Blicken vereinigt sich die schon beim ruhenden Auge (§ 124) auftretende Verzerrung mit der Verzeichnung (§ 97); die Gesamterscheinung soll auch Verzerrung genannt werden, da die Wirkung ähnlich ist: Kreise des Dingraums, deren Mittelpunkt in der Achse liegt, erscheinen als Ellipsen. In einem jeden Hauptschnitt wird eine achsensenkrechte Dinggerade in bestimmter Weise verzeichnet, und so kommt es, daß beim Blick auf ein gleicharmiges Bildkreuz, dessen Teile in den beiden Symmetrieebenen liegen, das astigmatische Auge hinter seiner Brille ein Bildkreuz erblickt, in dem der Stamm eine andere Länge hat als der Balken. Denkt man sich auf der Dingseite das Quadrat gezeichnet, dessen Mittellinien eben das Dingkreuz abgeben, so kommt bei der Wiedergabe des Quadrats noch eine ziemlich verwickelte tonnen- oder kissenförmige Verzeichnung hinzu, und es entspricht jenem Quadrat auf der Bildseite ein zweiseitig symmetrisches, krummliniges Gebilde, dem das oben beschriebene verzerrte Bildkreuz als die Verbindung beider Mittellinien dient. — Geht man aus den beiden Symmetrieebenen heraus, so muß man beachten, daß dann nach Abb. 98 die Richtungen im Dingraum zu denen im Augenraum und zur Achse windschief sind, wodurch sich theoretisch neue Schwierigkeiten für die Herstellung astigmatischer Brillengläser mit Prismenwirkung ergeben. — Um eine gewisse Vorstellung von diesen nicht einfachen Beziehungen zu vermitteln, sei der Fall angenommen, daß ein Astigmatiker sein Fernbrillenglas von +5, +8 dptr mit der

Achse auf den Polarstern richte und die umgebenden Sterne betrachte.
Die Richtungen seiner Blicklinie mögen innerhalb eines Kegels von 35°

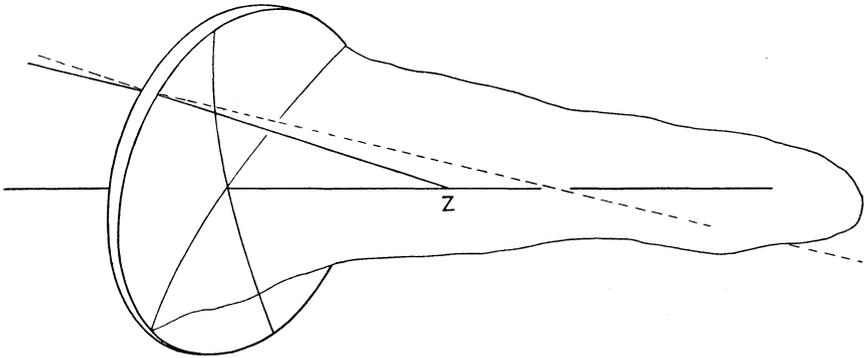


Abb. 98. Die einer beliebigen Blickrichtung entsprechende dingsseitige Richtung ist windschief zur Achse des Brillenglases nach M. v. ROHR (13. 97).

halbem Öffnungswinkel liegen und hier in der Abb. 99 durch den äußersten und einen inneren Kreis kenntlich gemacht sein. Auf welche

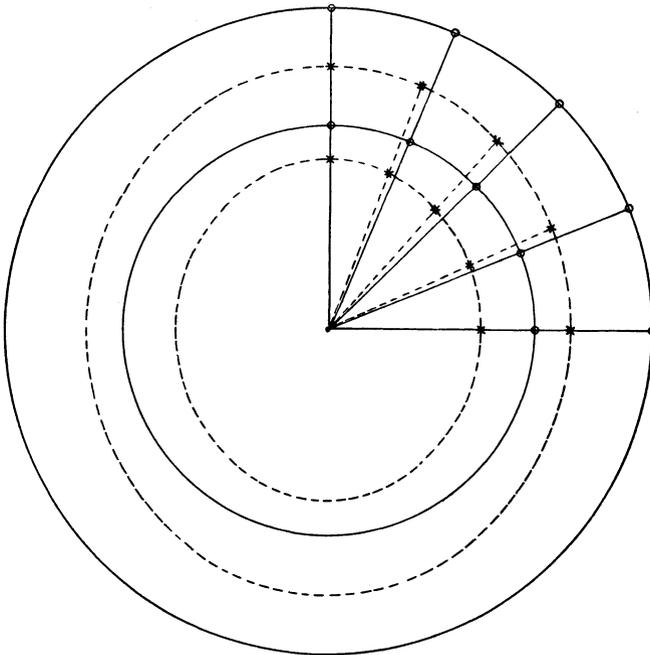


Abb. 99. Einander zugeordnete dingsseitige * und augenseitige o Richtungen bei einem astigmatischen Brillenglase +5, +8 dptr nach M. v. ROHR (13. 98).

Sterne führen dann die dingseitigen Richtungen? Es ist klar, daß es für die Richtungen auf die unendlich weit entfernten Fixsterne gleich-

gültig ist, ob die Tatsache des zur Achse windschiefen Verlaufs berücksichtigt wird oder nicht, und daß man die durch das Brillenglas hervorgerufenen Änderungen in der Poldistanz und in der Rektaszension in aller Strenge auftragen kann, was in Abb. 99 geschehen ist. Man erkennt, daß die dingseitige Richtung des Hauptstrahls aus der augenseitigen Strahl-Achsenebene heraustritt — die Spitze des dingseitigen Strahlenkegels ist ja astigmatisch entstellt —, und daß man von einer prismatischen Ablenkung nur sprechen kann, wenn man eine gewisse, aus jener Ebene herausfallende Schiefe unbeachtet läßt. — Den Parallelkreisen, die von der Blicklinie des Auges beschrieben werden, entsprechen dingseitige Ellipsen, deren große Achsen in die Richtung des Hauptschnittes mit der geringeren Brechkraft fallen. Ein jeder schiefe Hauptstrahl zeigt eine Ablenkung auf diese Ebene hin, die für mittlere Schiefen am stärksten ist und für größere und kleinere ziemlich symmetrisch geringere Beträge annimmt.

§ 134. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Angaben zur Verzeichnung astigmatischer Brillengläser und ihrer Abhängigkeit von der Durchbiegung finden sich gelegentlich bei E. WEISS und namentlich bei H. BOEGEHOLD (18 20), während Überlegungen zum Verlauf windschiefer Hauptstrahlen 1912 von M. v. ROHR (13.) mitgeteilt wurden. In der obigen Behandlung wurde von dieser Darstellung Gebrauch gemacht.

§ 135. Asphäro-torische Starlinsen. Da nach den Erfahrungen mit sphäro-torischen Brillen die Erfüllung der Bedingung $Y_1 = Y_2$ bei höheren sammelnden Brechkraften auf wenig befriedigende Leistungen führt, so erhält man mit asphärischen Flächen die Verfügung über eine neue Veränderliche und damit neue Möglichkeiten. Dabei kann man ganz in der auf S. 137 ff. geschilderten Art die Umdrehungsfläche asphärisch machen, oder man könnte an der torischen Fläche gesetzmäßige Abweichungen von der gewöhnlichen Wulstfläche (s. S. 165) vorsehen. Zu der ersten Möglichkeit liegen Veröffentlichungen vor, und es ist mit ihr gelungen, die vorher den astigmatischen Linsen zweckmäßiger Durchbiegung gesteckten Grenzen zu erweitern.

§ 136. Geschichtliche Bemerkungen zu den asphäro-torischen Starlinsen. Ganz ähnlich wie in § 103 auf S. 140 müssen zunächst auch hier bei den astigmatischen Linsen frühere Versuche mit anderen als Kugelflächen erwähnt werden. Dahin gehören die anscheinend nur an wenigen Stücken verwirklichten Bemühungen J. STILLINGS (1.) mit dem Straßburger Optiker MAYER (?)¹, die um 1880 Brillengläser auszuführen versuchten, deren eine Fläche durch ein Umdrehungsellipsoid gebildet wurde. Sie sollen hier nicht nur wegen ihrer Bedeutung, sondern auch wegen der die Augendrehung unberücksichtigt lassenden Begründung ihrer Anlage erwähnt werden: „Die Form der Kornea astigmatischer Augen ist bekanntlich nahezu die eines dreiachsigen Ellipsoides, und es folgt daraus, daß behufs einer idealen Korrektur die entsprechenden Gläser Abschnitte dieses Körpers dar-

¹ Der Name dieses schon auf S. 140 α erwähnten Fachmannes ist ganz unsicher; etwas später, 1890, nennt L. LAQUEUR dieselbe Persönlichkeit F. MAJER!

stellen müssen.“ Es erweckt den Anschein, als ob sich einige Brillenanstalten in der Folgezeit diesen, heute wohl nicht mehr vertretenen Standpunkt zu eigen gemacht hätten. — Der österreichische Augenarzt O. PURTSCHER (1.) schlug wenige Jahre danach, 1885, vor, ein sammelndes Zylinderglas mit einem Kegelschnitt als Meridiankurve zu schleifen, wobei dessen besondere Natur, ob Ellipse, Parabel oder Hyperbel, noch festzustellen wäre; jedenfalls sollte der untere Teil eine flachere, der obere eine tiefere Krümmung haben. Daß er auf diese Weise nur das ruhende Auge berücksichtigte, war ihm bewußt. Die Ausführung seines Gedankens, um die er sich an das Wiener Haus K. FRITSCH (vorm. PROKESCH) gewandt hatte, unterblieb wegen der voraussichtlichen Kostspieligkeit. — Die asphärischen Flächen E. ABBES wurden nach M. v. ROHR (9.), wie bereits auf S. 179 β bemerkt, bereits 1910 bei C. ZEISS in Jena auf solche GULLSTRANDSchen astigmatischen Starlinsen angewandt und rechtzeitig der ausführenden Werkstätte (2.) geschützt. Bei der ersten Vorführung bot sich die Gelegenheit, sowohl diese asphärischen Flächen als ihre Wirkung an einem vorliegenden astigmatischen Starglase zu beschreiben. Es handelte sich um ein Starglas für die Ferne mit $M = 13,2$; $A = 7,1$ dptr für $x' = 27$ mm. Die Erfüllung der Bedingung $Y_1 = Y_2$ war hier recht befriedigend, obwohl das Glas schon ziemlich weit im Gebiete der Sammellinsen lag und einen recht merklichen Astigmatismus zeigte. Da die Leistung den Brillenträger in hohem Maße befriedigte, so wurde die regelmäßige Herstellung in der Jenaer Werkstätte aufgenommen. Linsen dieser Art werden dort als *Katralgläser* geführt. — Ganz besondere Flächenformen ließen sich NITSCHKE & GÜNTHER (14/15 184) 1914 schützen, indem sie die torische Fläche so zu gestalten vorschlugen, daß die Krümmung der Spur der deformierten Fläche in jeder Symmetrieebene nach dem Rande zu schwächer werde, als sie in der Mitte sei. Von der Leistung solcher wirklich ausgeführter Linsen ist bisher nichts bekannt geworden, so daß hier darüber nicht berichtet werden kann.

§ 137. Zur Strahlenvereinigung außerhalb der Symmetrieebenen.

Die Berechnung des übrigbleibenden Astigmatismus, wenn ein astigmatisches Auge beliebig schief durch sein Brillenglas zweckmäßiger Durchbiegung schaut, läßt sich zwar theoretisch leisten, doch ist die erforderliche Rechenarbeit zu groß, als daß man sie regelmäßig vornehmen könnte. Annahmen, die eine angenäherte Berechnung der astigmatischen Fehler für Hauptstrahlrichtungen außerhalb der Symmetrieebenen ermöglichen, lassen sich vorläufig nicht genügend sicher begründen, denn man weiß eben über die Strahlenvereinigung unter diesen Umständen nichts Genaues.

Das heute noch am meisten angewandte und für viele Zwecke ausreichende Mittel bietet die Photographie dar. Dabei bringt man eine kleine Kammer mit einer in bestimmtem Maße astigmatischen Aufnahmelinse hinter dem zu prüfenden Brillenglase so an, daß sie sich um einen 25 mm hinter dem inneren Brillenscheitel liegenden Punkt schwenken läßt. Wenn man nun die astigmatische Aufnahmelinse unter Beobachtung des LISTINGSchen Gesetzes um diesen Punkt schwenkt und jeweils Aufnahmen von geringem Bildwinkel mit dem Licht der grünen Quecksilberlinie durch das zu prüfende Brillenglas macht, so ist es ebenso leicht, die Bildgüte längs Hauptstrahlen beliebiger Schiefe zu untersuchen wie längs solchen, die in den Symmetrieebenen ver-

laufen. — Auch die vorher auf S. 120/1 für achsensymmetrische Brillen beschriebenen *Vorführungsgeräte* sind astigmatischen Brillengläsern angepaßt worden; natürlich muß dann das hinter das Brillenglas geschaltete eigentliche Betrachtungsrohr entsprechend astigmatisch gemacht werden.

Zu gleichem Zweck kann man auch den Punktuellitätsprüfer O. HENKERS (7. 180) verwenden.

Und schließlich wäre es noch möglich, den Beobachter durch ein FICKSches Haftglas astigmatisch zu machen und das diesen Fehler ausgleichende Brillenglas zweckmäßiger Durchbiegung an einem Prüfgerät, wie auf S. 112/3 beschrieben, zu untersuchen.

§ 138. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Über die angenäherte Berechnung der Zweischalenfehler längs Hauptstrahlenrichtungen beliebiger Schiefe hat sich ein Streit zwischen E. WEISS (5.), (17 156) und H. BOEGEHOLD (17 132; 18 15) erhoben. Die dabei geförderten Ergebnisse (z. B. der Übergang der astigmatischen Fehler der Folge Brillenglas + Auge ineinander, wenn die Blicklinie den vierten Teil eines vollständigen Kegelmantels zwischen den beiden Symmetrieebenen beschreibt) sind recht fesselnd; sie sollen indessen hier nicht wiedergegeben werden, denn die streitenden Parteien sind darin einer Meinung, daß die zweckmäßigste Durchbiegung vorliege, wenn das absolute Optimum H. BOEGEHOLDS erreicht ist. — Die photographischen Aufnahmen liefern bis jetzt das beste Mittel, um zu einem Urteil über die Güte der Strahlenvereinigung in beliebiger Richtung zu kommen. Sie finden sich in verschiedenen Arbeiten M. v. ROHR'S (9., 13., 39.) stets unter Aufsicht O. HENKERS angefertigt. Dabei wurde neben den beiden Symmetrieebenen auch noch eine solche berücksichtigt, die im Augenraum mit jenen einen Winkel von 45° einschließt. — Bei dem zusammenfassenden Berichte O. HENKERS (13. 114) ist auf die Vorführung astigmatischer Brillengläser besonderes Gewicht gelegt worden. — In der Arbeit von M. v. ROHR (14.) und W. STOCK ist in einigen Fällen die letztgenannte Prüfungsmöglichkeit durchgeführt worden. Daß die Ergebnisse noch nicht sehr befriedigen, liegt an der Unzuverlässigkeit des damaligen Haftglases; heute würde sich Besseres leisten lassen.

§ 139. Ein Nachtrag zu den zweifach symmetrischen anastigmatischen Linsen. & B. Sind auf diese Weise dem Leser die Darstellungsverfahren geläufig geworden, mit denen hier die Form des Brillenglases und der Gang der auf die Scheitelkugel bezogenen Brechwerte für jeden der beiden Hauptschnitte eines astigmatischen Brillenglases dargestellt werden, so läßt sich jetzt eine Lücke ausfüllen, die im vorhergehenden hatte offen bleiben müssen. Es war nämlich bei den für achsensymmetrische Augen bestimmten Brillen (s. S. 147 ψ), soweit sie zu den zweifach symmetrischen Gläsern gehören, ausdrücklich auf diese Stelle hingewiesen worden.

Stellt man sich die Aufgabe, ein nur zweifach symmetrisches, punktmäßig abbildendes Brillenglas so zu berechnen, daß die beiden Umlaufsebenen aufeinander senkrecht stehen, so kommt man für

$$M = A = -5 \text{ dptr}$$

auf eine toro-torische Linse von der Form, wie sie die nachstehende Abb. 100 darstellt. Die umfangreichen Rechnungen dazu sind von

H. BOEGEHOLD im Jahre 1910 ausgeführt worden. Es ergeben sich als Radien in der

ersten Symmetrieebene	zweiten Symmetrieebene
$r^I = 44,2$ (mer.)	$r^I = 34,2$ (rot.)
$r^{II} = 31,0$ (rot.)	$r^{II} = 25,6$ (mer.) ,

wenn als Brechungsverhältnis $n = 1,52$ angenommen wird.

Was nun den Zustand der schiefen Bündel angeht, so erhält man in der Tat bei diesem System eine wirkliche punktmäßige Abbildung

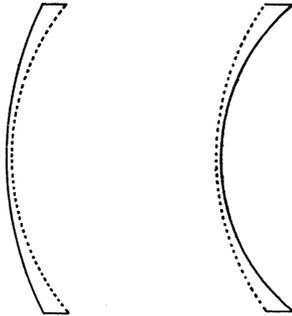


Abb. 100. Die Symmetrieebenen eines zweifach symmetrischen, punktmäßig abbildenden Glases $D_s = -5$ dptr mit gekreuzten Rotationsachsen. Die Rotationsbogen sind gepunktet.

innerhalb eines großen Bildwinkels, aber es ergibt sich kein Vorteil gegenüber einem achsensymmetrischen Glase der gleichen Brechkraft. Im Gegenteil hat die Verzeichnung in den beiden Symmetrieebenen durchaus nicht den gleichen Betrag, und das kommt darauf hinaus, daß ein achsensenkrechtiges Quadrat nicht als ein krummliniges Quadrat (s. etwa Abb. 55 auf S. 96), sondern als ein Rechteck mit krummlinigen Seiten abgebildet wird. Es hat nicht den Anschein, als ob für punktmäßig abbildende Gläser zum Ausgleich achsensymmetrischer Augen solche toro-torischen Linsen in weiterem Maße Verwendung finden würden.

In der Tat ergibt diese Linse eine punktmäßige Abbildung innerhalb eines großen Blickwinkels.

Die Untersuchungen sind neuerdings wieder aufgenommen worden, vielleicht wird eine ausführlichere Veröffentlichung erscheinen. Vorläufig sei bemerkt: Die fragliche Form läßt sich in doppelter Weise anlegen, indem man die Meridianebenen beider Flächen zusammenfallen oder auch aufeinander senkrecht stehen lassen kann.

Im ersten Falle erhält man für eine der Brechkräfte, etwa $D^{Im} = 1/(n-1)r^{Im}$, eine quadratische Gleichung, kennt man aber eine der Brechkräfte, so sind die übrigen einfach zu bestimmen. Die Lösung der quadratischen Gleichung läßt sich durch eine Kurve darstellen, die der TSCHERNINGSchen ganz ähnlich ist. Man erhält indessen reelle Werte für die Flächenkrümmung sowohl auf der negativen wie auf der positiven Seite je um etwa 1 dptr weiter.

Im zweiten Falle, dem das oben angeführte Beispiel angehört, kommt eine Gleichung dritten Grades heraus; eine solche hat eine oder drei reelle Lösungen; bei $n = 1,5$ sind drei Lösungen vorhanden für $-24,5 < D_s < 10$, bei $n = 1,6$ für $-29 < D_s < 11,3$. Für größere Werte von D_s ist die einzige Lösung kaum von praktischer Bedeutung, da die Krümmungen zu stark werden.

§ 140. Astigmatische Nah- und Lupenbrillen. Hatte es sich bisher um Fernbrillen für astigmatische Augen gehandelt, so sieht man ohne weiteres ein, daß es sich auch bei astigmatischen Gläsern um *Nah-* und um *Lupenbrillen* handeln kann.

Die Dingweiten a , sind ungeändert die gleichen wie vorher auf S. 63 η und es gilt

$$0,2 \text{ m} \leq -a, \leq 0,75 \text{ m}.$$

Die Bildflächen der sphäro-torischen Linse sollen in die Nähe der Nahpunktsgugeln des astigmatischen Auges fallen. Im einzelnen Falle müssen von dem verordnenden Arzte die Werte für a , und a' angegeben werden, alsdann ist die Aufgabe bestimmt, und die Rechnung kann in einer vollständig entsprechenden Weise angesetzt werden wie in dem Falle der Fernbrillen.

2. Astigmatisch-prismatische Gläser.

§ 141. Zur Dezentrierung zweifach symmetrischer Linsen im achsennahen Raum. Htr. Ist bei astigmatischen Brillen eine zusätzliche Prismenwirkung notwendig, so wird im allgemeinen kein Zusammenhang zwischen der Symmetrieebene (Hauptschnitt) des Prismas und der Lage der beiden Hauptschnitte des Auges vorhanden sein. Es sollen nun zunächst die Möglichkeiten der Erzeugung derartiger prismatischer Wirkungen durch kleine Dezentrationen betrachtet werden. Man wird dann auch die ungünstigen Folgen erkennen, die unabsichtlich dezentrierte (schlecht angepaßte!) astigmatische Brillen vor allem für das beidäugige Sehen nach sich ziehen.

Einfache Zylindergläser, seien sie nun von einer Zylinder- und einer Planfläche oder von zwei Zylinderflächen begrenzt, haben eine sammelnde oder zerstreue Wirkung nur senkrecht zur Drehachse der Zylinderflächen, also kann durch Dezentration jedenfalls auch nur in dieser Richtung eine prismatische Ablenkung herbeigeführt werden. Ein zur „optischen Achse“ der Zylinderlinse parallel laufender Lichtstrahl wird somit immer senkrecht zur Zylinderachse abgelenkt. Das Produkt aus dem Abstand (cm) des einfallenden Strahls von der Zylinderachse und der zylindrischen Brechkraft (dptr) des Glases gibt die prismatische (ablenkende) Wirkung (prdptr). Die Ablenkung findet bei sammelnden Zylindergläsern gegen und bei zerstreuen im Sinne dieses Achsenabstandes statt.

Nicht so einfach wie bei achsensymmetrischen und zylindrischen Gläsern sind die Folgen einer Dezentration bei den sphärisch-zylindrischen Gläsern und ihren verwandten Formen mit sphärischen und torischen Begrenzungsflächen zu übersehen.

Abb. 101 stelle ein von einer sphärischen Fläche mit der Brechkraft D_s und einer zylindrischen Fläche von der Brechkraft D_z begrenztes Brillenglas dar; die sich im optischen Mittelpunkt O kreuzenden Haupt-

im allgemeinen *nicht* mit der Dezentrierungsrichtung (β) übereinstimmt. Um bei astigmatischen Gläsern demnach eine Ablenkung von bestimmter Richtung (α) zu erzielen, muß man in einer andern Richtung (β) dezentrieren.

Nur in den beiden Hauptschnitten fallen Ablenkungs- und Dezentrierungsrichtung zusammen ($\alpha = \beta = 0$ oder $\alpha = \beta = 90^\circ$). Unter Berücksichtigung der entsprechenden Brechkkräfte gelten hier dann die einfacheren Gesetze der Dezentrierung achsensymmetrischer Gläser.

Es ist schließlich noch ein Sonderfall zu erwähnen. Ist die Brechkkraft der Zylinderfläche (D_z) dem negativen Wert der Brechkkraft der Kugelfläche (D_s) gleich, so führt jede Dezentrierung (β) zu einer Ablenkung in der Richtung der Zylinderachse ($\alpha = 0^\circ$). Es handelt sich hier um ein sphärisch-zylindrisches Brillenglas von rein zylindrischer Wirkung ($D_z = -D_s$).

Die eben durchgeführte geometrische Betrachtung der Dezentrierungsfrage zeigt ohne Schwierigkeiten den Weg zur zeichnerischen Lösung der Aufgabe, für ein bestimmtes astigmatisches Brillenglas die Dezentrierung zu finden, die eine vorgeschriebene prismatische Ablenkung herbeiführt. Diese Aufgabe kann man sich noch etwas erleichtern, wenn man sich das Glas von zwei Zylinderflächen (D_s) und ($D_s + D_z$) mit zueinander senkrechten Achsen begrenzt denkt. In diesem Fall stehen nämlich die beiden Anteile der Gesamtablenkung, die Zylinderablenkungen, ebenfalls aufeinander senkrecht!

Als Beispiel möge folgende Aufgabe behandelt werden:

L. A. $-6,0$ dptr sph \odot $+2,5$ dptr cyl: Achse 30° und $4,5$ prdptr 155° Basis temp. Die prismatische Wirkung soll durch Dezentrierung erreicht werden!

In Abb. 102 ist HH die Waagrechte, AA die Zylinderachse in der Stellung $\varphi = 30^\circ$ (Tabo!) und MM der zweite Hauptschnitt. Man denkt sich dieses astigmatische Glas in ein Zylinderglas mit der Achse AA und der Wirkung $D_{z1} = -6$ dptr cyl und ein zweites Zylinderglas mit der Achse MM und der Wirkung $D_{z2} = -3,5$ dptr cyl zerlegt. Bei temporal gelegener Basis erfolgt die prismatische Ablenkung temporal, d. h. beim linken Auge vom Dingraum aus gesehen nach rechts. In diesem Sinne ist der Ablenkungsvektor \vec{OT} mit der entsprechenden Länge ($II = 4,5$ prdptr) unter dem Winkel $\eta = 155^\circ$ in ein Polarnetz eingetragen. Dieser Vektor wird in seine Komponenten nach den Achsenrichtungen AA und MM zerlegt. Die Ausmessungen dieser Anteile OQ_1 und OQ ergeben die Zylinderablenkungen $3,7$ und $2,5$ prdptr. Die zugehörigen Dezentrierungskomponenten $a = OP_1$ und $b = OP$ berechnet man zu

$$a = \frac{OQ_1}{D_{z1}} = \frac{3,7}{-6} = -0,62 \text{ (cm)} \quad \text{und} \quad b = \frac{OQ}{D_{z2}} = \frac{+2,5}{-3,5} \parallel -0,71 \text{ (cm)}.$$

R. A. +4 dptr sph \ominus +2 dptr cyl Achse 70° und 3,5 prdptr 15°
 Basis nasal.

Welche Dezentration ist nötig?

Bei nasal gelegener Basis muß für das rechte Auge die Ablenkung nach rechts erfolgen, also im Sinne des Winkelschenkels 15° . Die prismatische Ablenkung ist demnach positiv. Man kennt also:

$$H = +3,5; \quad D_s = +4; \quad D_z = +2;$$

$$\varphi = 70^\circ \text{ und } \eta = 15^\circ.$$

Es ist

$$\kappa = \frac{D_s}{D_s + D_z} = \frac{+4}{+4 + 2} = 0,667,$$

$$\alpha = \varphi - \eta = 70^\circ - 15^\circ = 55^\circ,$$

$$\operatorname{tg} \beta = \kappa \operatorname{tg} \alpha = 0,667 \cdot \operatorname{tg} 55^\circ = 0,953,$$

$$\beta = 43^\circ,61 \text{ und damit}$$

$$\vartheta = \varphi - \beta = 70^\circ - 43^\circ,61 = 26^\circ,39.$$

Die Dezentration muß somit unter dem Winkel $\beta = 43^\circ,61$

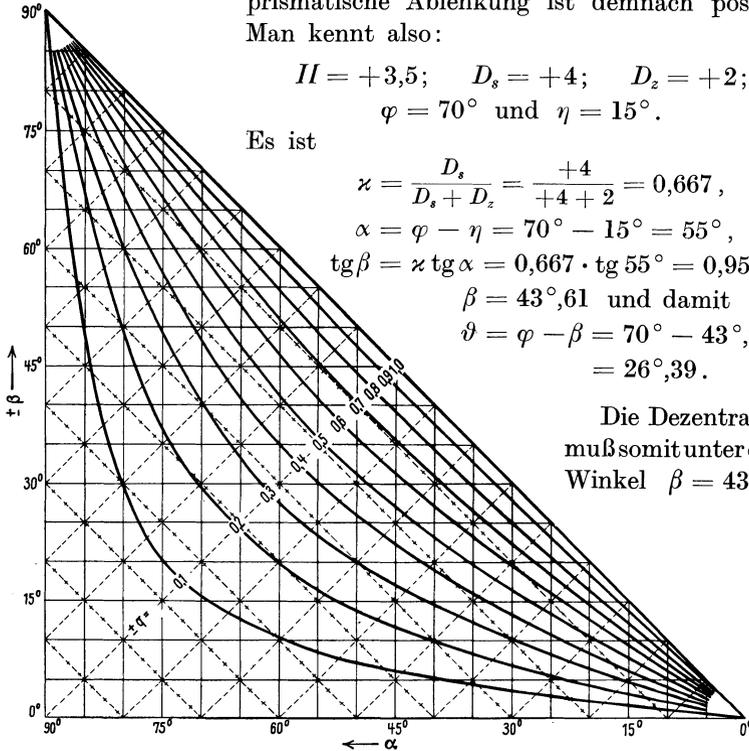


Abb. 103. H. HARTINGERS $\langle 30 + 2 \ 4 \rangle$ Schichtendarstellung der Beziehung $\operatorname{tg} \beta = q \operatorname{tg} \alpha$ für $q = \text{const.}$ α bzw. β : Ablenkungsrichtung bzw. Dezentrierungsrichtung auf die Zylinderachse bezogen. q : Verhältnis der Brechwerte D_s : $D_s + D_z$ in beiden Hauptschnitten. Die Parallelen zur Hypotenuse des Koordinatendreiecks (gestrichelt mit +Zeichen!) sind Kurven konstanten Richtungsunterschiedes $\gamma = \alpha - \beta$ für positive q -Werte. Die Senkrechten zur Hypotenuse (einfach gestrichelt!) entsprechen konstanten Richtungsunterschieden $\gamma = \alpha - \beta$ für negative q . — Je nachdem q positiv oder negativ ist, haben zusammengehörige α - und β -Werte gleiches oder verschiedenes Vorzeichen. Statt q in der Abbildung ist κ zu lesen.

zur Zylinderachse, bzw. unter dem Winkel $\vartheta = 26^\circ,39$ (Tabo) zur Waagrechteten, erfolgen. Schließlich ist

$$e = -\frac{H \cos \alpha}{D_s \cos \beta} = -\frac{3,5 \cos 55^\circ,0}{4,0 \cos 43^\circ,61} = -0,69.$$

Die Dezentrierungsstrecke ist demnach 0,69 cm und erstreckt sich — entgegengesetzt dem Richtungssinn des Winkelschenkels $26^\circ,39$ — nach links unten.

Die zahlenmäßige Errechnung nach den Formeln (84) und (85) kann man vermeiden, wenn man sich entsprechende Schichtendarstellungen anfertigt. In Abb. 103 ist die Beziehung $\kappa = \frac{\text{tg } \beta}{\text{tg } \alpha}$ für $\kappa = \text{const}$ in einer Schichtendarstellung veranschaulicht, die für jedes beliebige astigmatische Glas, also für jedes gegebene κ , zu jeder beliebigen Dezentration

rechnung die zugehörige Ablenkungsrichtung – und natürlich umgekehrt – ergibt. Zeichnet man in diese Schichtendarstellung noch die Kurven $\gamma = \alpha - \beta = \text{const}$ ein, so kann man auch den Richtungsunterschied zwischen Dezentration und Ablenkung ohne weiteres ablesen. Diese Kurven sind für $\kappa > 0$ Parallele zur Hypotenuse des Koordinatendreiecks und für $\kappa < 0$ Senkrechte dazu. Soweit diese γ -Geraden die Abszissenachse schneiden, gibt der für den Schnittpunkt geltende α -Wert gleichzeitig den für diese γ -Gerade gültigen γ -Wert an. Die Hälfte der γ -Geraden für $\kappa < 0$ schneidet nur die Ordinatenachse. Vermehrt oder vermindert man die für diese Schnittpunkte geltenden β -Werte um 90° , je nachdem diese positiv oder negativ sind, so erhält man hier die zugehörigen γ -Werte. Berücksichtigt man noch, daß zusammengehörige α - und β -Werte für positive κ gleiche und für negative κ verschiedene Vorzeichen haben, so kann man mit der Schichtendarstellung in Abb. 104 alle Aufgaben lösen, bei denen es sich um den Zusammenhang von α , β , γ und κ handelt!

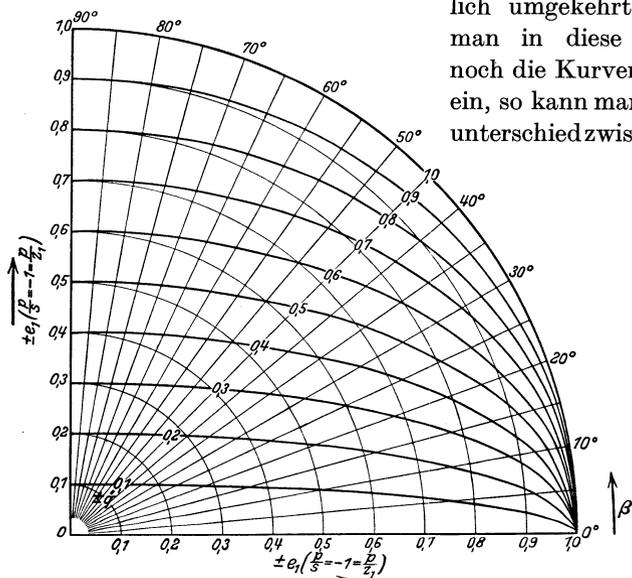


Abb. 104. H. HARTINGERS (29 + 12 43) Schichtendarstellung der Beziehung $e_1^2 = \frac{\kappa^2}{1 - (1 - \kappa^2) \cos^2 \beta}$ für $\kappa = \text{const}$. β : Dezentriationsrichtung auf die Zylinderachse bezogen. κ : Brechwertverhältnis $D_s : D_s + D_z$ in den beiden Hauptschnitten. e_1 : reduzierte Dezentration, die mittels der Formel $e = \frac{P}{S} e_1$ in die wirkliche Dezentration e umgerechnet wird. Das Vorzeichen von e_1 stimmt mit dem von κ überein. Statt q in der Abbildung ist κ , statt S und $S + Z$ je D_s und $D_s + D_z$, statt P Π zu lesen.

Um nun eine geeignete Schichtendarstellung für die Gleichung (85) zu finden, eliminiert man mittels (84) die Veränderliche α . Man erhält so

$$e^2 = \left(\frac{\Pi}{D_s}\right)^2 \frac{\kappa^2}{1 - (1 - \kappa^2) \cos^2 \beta} \tag{86}$$

Zur Vereinfachung führt man jetzt eine reduzierte Dezentrationstrecke e_1 ein, für die $-\frac{II}{D_s} = -1$ sein soll. Es ist dann

$$e_1^2 = \frac{\kappa^2}{1 - (1 - \kappa^2) \cos^2 \beta}. \quad (87)$$

Für konstante κ -Werte stellt diese Gleichung eine Schar von Ellipsen mit gleichem Mittelpunkt, mit gemeinsamer Hauptachse 1 und mit den Nebenachsen κ dar. In Abb. 104 ist ein Quadrant dieser Ellipsenschar wiedergegeben. Die gesuchten reduzierten Dezentrationen e_1 erhält man demnach als Radienvektoren, die in der Dezentrationrichtung β verlaufen und sich bis zu den zugehörigen Ellipsen (κ -Kurven) erstrecken.

Man ersieht hieraus, daß alle Dezentrationen eines astigmatischen Glases, die gleich große prismatische Ablenkungen zur Folge haben, auf Ellipsen liegen, deren Achsen mit den Hauptschnitten des Brillenglases zusammenfallen. Die großen Achsen liegen im schwächsten Hauptschnitt!

Gleichung (85) läßt sich leicht in folgende Form bringen:

$$II^2 = \frac{D_s^2 e^2}{1 - (1 - \kappa^2) \cos^2 \alpha'}. \quad (88)$$

Es bedeutet hier $\alpha' = \alpha - 90^\circ$. Aus dieser Beziehung kann man entnehmen, daß die Endpunkte aller Ablenkungsvektoren, die Dezentrationen von gleicher Größe zugeordnet sind, ebenfalls auf Ellipsen liegen, deren Achsen mit den Hauptschnitten des Brillenglases zusammenfallen. Die großen Achsen liegen hier im stärksten Hauptschnitt!

§ 142. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Auf die ältere Arbeit A. IMBERTS (1.) vom Jahre 1886 ist zunächst hinzuweisen. — Richtige Formeln zur Dezentrierung zweifach symmetrischer Brillengläser im achsennahen Raum sind in England nach E. MAYERS Angaben bereits im Gebrauch gewesen, als die 1. Auflage des HENKERSchen Lehrbuchs noch nicht durch die zweite, berichtigte (vom Sept. 1927) ersetzt worden war. Namentlich E. MAYER (25^{63a}, 64) erklärte sich gegen die HENKERSche (15.) Darstellung. Zu diesem Angriff hat H. BOEGEHOLD (25 64) noch zu O. HENKERS Lebzeiten Stellung genommen und — ausgehend von der IMBERTSchen Arbeit — auch seinerseits richtige Formeln abgeleitet.

Zu Beginn des Jahres 1927 hat H. HARTINGER (28⁸⁰138) eine ins einzelne gehende Behandlung mit Zeichen- und Rechenverfahren veröffentlicht, der er in den beiden nächsten Jahren seine abschließenden Arbeiten (29 1, 33) und (30 1, 33) folgen ließ. Zwei Abbildungen der ersten abschließenden (29 34 + 6 und 41 + 10) konnten schon in die von H. PISTOR besorgte Neuausgabe des HENKERSchen Lehrbuchs (16. 294 + 338a u. b) aufgenommen werden.

§ 142a. Der Richtungsunterschied zwischen Ablenkung und Dezentration. Htr. Von besonderem theoretischem und praktischem Interesse sind die bei astigmatischen Gläsern auftretenden Richtungsunterschiede γ zwischen der prismatischen Ablenkung und der Dezen-

tration. Einen Überblick über die möglichen Werte γ gewährt die Beziehung

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2\kappa \operatorname{tg} \gamma} (1 - \kappa \pm \sqrt{(1 - \kappa)^2 - 4\kappa \operatorname{tg}^2 \gamma}) = \operatorname{ctg} \beta^*, \quad (89)$$

siehe hierzu <30 6>, wobei zu beachten ist, daß bei dieser Gleichung α und β^* einander im allgemeinen nicht zugeordnet sind.

Man sieht aus (89) sofort, daß $\operatorname{tg} \gamma$ jeden beliebigen Wert annimmt, wenn κ negativ ist. Da die Quadratwurzel dann immer reell ist, so gehören zu jedem γ -Wert vier reelle α -Werte. Der Richtungsunterschied γ muß also auch die Werte $\pm 90^\circ$ annehmen. Setzt man in (89) $\operatorname{tg} \gamma = \pm \infty$, so erhält man die zu den rechtwinkligen Richtungsunterschieden $\gamma_r = \pm 90^\circ$ gehörigen Ablenkungs- bzw. Dezentriationsrichtungen α_r bzw. β_r . Es wird

$$\operatorname{tg} \alpha_r = \pm \frac{1}{\sqrt{-\kappa}} = \operatorname{ctg} \beta_r. \quad (89a)$$

Bei allen astigmatischen Brillengläsern mit einem positiven und einem negativen Hauptschnitt ($\kappa < 0$) gibt es vier Ablenkungsrichtungen α_r , die auf den zugehörigen vier Dezentriationsrichtungen β_r senkrecht stehen.

Handelt es sich dagegen um Gläser mit positivem κ , so werden nur Maximalwerte (γ) erreicht, für die der Wurzelausdruck in (89) verschwinden muß. Man erhält diese Maximalwerte aus der Beziehung

$$\operatorname{tg} \gamma_m = \pm \frac{1 - \kappa}{2\sqrt{\kappa}} \quad (89b)$$

und die zugehörigen Ablenkungs- und Dezentriationsrichtungen α_m und β_m aus der folgenden Gleichung:

$$\operatorname{tg} \alpha_m = \pm \frac{1}{\sqrt{\kappa}} = \operatorname{ctg} \beta_m. \quad (89c)$$

Aus diesen beiden Funktionen ersieht man, daß die absoluten Werte der Richtungsunterschiede bei astigmatischen Gläsern mit zwei positiven oder negativen Hauptschnitten ($\kappa > 0$) immer kleiner als ein rechter Winkel bleiben. Es gibt dabei eine Ablenkungsrichtung α_m und eine zugeordnete Dezentriationsrichtung β_m , wo die absoluten Werte des Richtungsunterschiedes γ_m ein Maximum darstellen.

Die Abhängigkeit des Richtungsunterschiedes einerseits von dem Brechwertverhältnis κ und andererseits von der Ablenkungsrichtung α bzw. der Dezentriationsrichtung β ist in der Schichtendarstellung der Abb. 105 veranschaulicht. Die Schichtenlinien sind die durch die Gleichung (89) bestimmten Kurven für konstante κ -Werte. Die Kurven $\kappa > 0$ sind von den Kurven $\kappa < 0$ wesentlich verschieden.

Der bei astigmatischen Gläsern entstehende Richtungsunterschied zwischen prismatischer Ablenkung und Dezentration ist letzten Endes

die Ursache der Bildverzerrung. Es soll nun versucht werden, diese Verzerrung — unter Ausschluß der Verzeichnung! — in ihrem Zusammenhang mit der prismatischen Wirkung und dem Richtungsunterschied bildlich darzustellen. In den Abb. 106 a und 106 b ist dies für die Gläser $D_s = +2$, $D_z = -7$, $\kappa = -0,4$ und $D_s = +3$, $D_z = +7$, $\kappa = 0,3$ geschehen, unter der Voraussetzung, daß der Abstand des Augendrehpunkts vom Brillenglas $x' = 0,025$ m beträgt. Es sind Gläser mit starker zylindrischer Wirkung gewählt worden, um möglichst übersichtliche Bilder zu erhalten. Für beide Brillengläser ist die folgende Aufgabe gelöst worden: Wie stellt sich ein zur optischen Achse ausgerichteter ferner Kreis, dessen Halbmesser dem unbewaffneten Auge unter einem Winkel von $15^\circ = II_s = 26,79$ prdptr erscheint, dem bewaffneten Auge dar?

Aus Abb. 106 a ersieht man, daß für das erste Glas der Kreis in eine Ellipse übergeht, deren Hauptachse

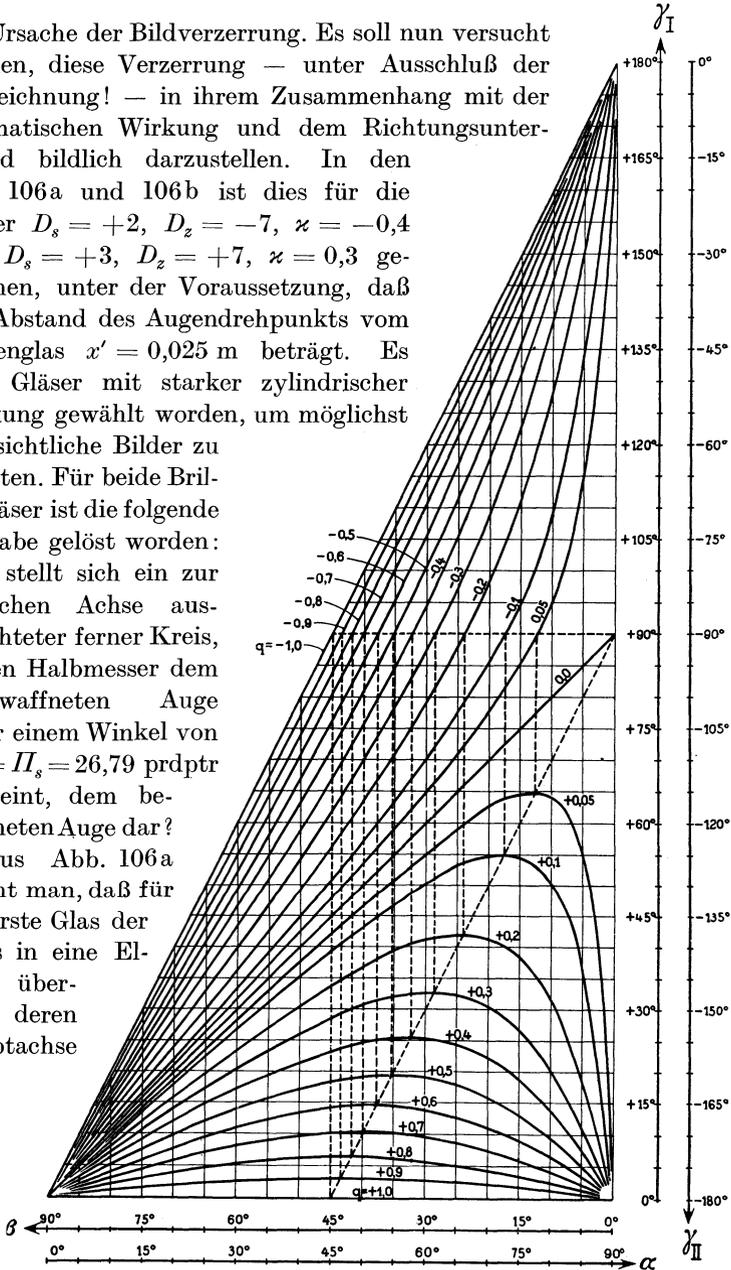


Abb. 105. H. HARTINGERS (30 + 3 9) Schichtendarstellung der Beziehung zwischen der Ablenkungsrichtung α bzw. der Dezentriationsrichtung β und dem Richtungsunterschied $\gamma = \alpha - \beta$ für konstante κ -Werte ($\kappa = D_s : D_s + D_z$). — Die auf der Abszissenachse vereinigten α - und β -Werte ergeben i. a. keine zusammengehörigen Ablenkungs- und Dezentriationsrichtungen. — Auf der Ordinatenachse sind zwei Reihen von γ -Werten aufgetragen. Die Reihe γ_I ist zu nehmen, wenn κ und D_s verschiedene Vorzeichen besitzen, und die Reihe γ_{II} , wenn κ und D_s gleiche Vorzeichen haben.

in der Richtung der Zylinderachse \overline{AA} liegt und länger ist als der Kreisdurchmesser, während die Nebenachse kleiner ist.

Um die Zuordnung der einzelnen Punkte von Kreis und Ellipse zu erhalten, trägt man die Vektoren Π_ε , Π_α und Π_s in die Zeichnung ein, wobei Π_ε der bildseitigen und Π_s der dingseitigen Blickrichtung sowie Π_α der prismatischen Wirkung entspricht. Der Ellipsenpunkt F ist also dem Kreispunkt E zugeordnet. In diesem Fall steht übrigens Π_α senkrecht zu Π_ε , d. h. der Richtungsunterschied ist $\gamma = 90^\circ$.

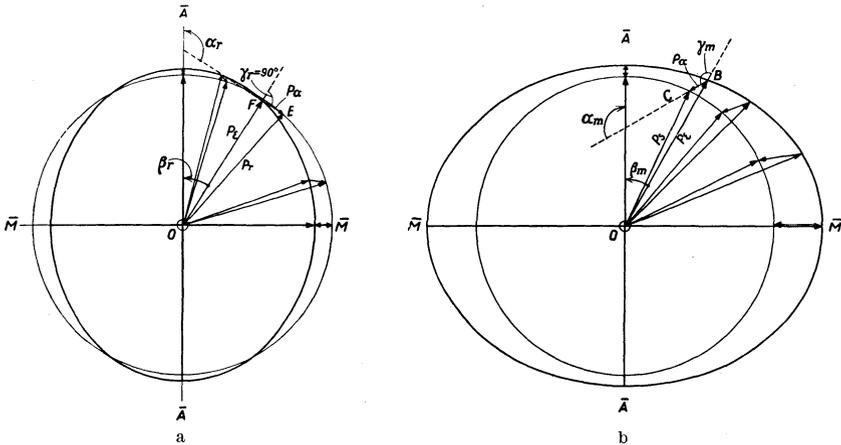


Abb. 106. Verzerrung eines fernen, zur optischen Achse ausgerichteten Kreises, dessen Halbmesser dem unbewaffneten Auge unter 15° erscheint, nach H. HARTINGER (30 + 6 40), a: durch ein astigmatisches Glas $D_s = +2$ dptr, $D_z = -7$ dptr, $\varkappa = -0,4$ und b: durch ein astigmatisches Glas $D_s = +3$ dptr, $D_z = +7$ dptr, $\varkappa = +0,3$. Es ist je ein Fall eines Richtungsunterschiedes $\gamma_r = 90^\circ$ und eines maximalen Richtungsunterschiedes γ_m angegeben.

Die Abbildung desselben Kreises durch das zweite Brillenglas ist in Abb. 106 b wiedergegeben. Die Hauptachse der dem Kreis entsprechenden Ellipse liegt diesmal senkrecht zur Zylinderachse. Beide Ellipsenachsen sind größer als der Kreisdurchmesser.

Der Ellipsenpunkt B ist dem Kreispunkt C zugeordnet. In diesem Fall stellt der Richtungsunterschied γ einen Extremwert dar.

§ 143. Der Einfluß des Öffnungsfehlers. Htr. Strenggenommen gelten die bisher gefundenen Ergebnisse nur für unendlich kleine Dezentrationen, weil die zugrunde gelegten einfachen Dezentrationsgesetze für Kugel- und Zylinderflächen nur im Bereich der GAUSSISCHEN Abbildung richtig sind. Dezentriert man astigmatische Brillengläser um endliche Strecken, so werden die in der besprochenen Weise zeichnerisch oder nomographisch ermittelten Ablenkungswerte von den tatsächlich erzielten Ablenkungen etwas verschieden sein. Diese Verschiedenheit ist hauptsächlich eine Folge des Öffnungsfehlers oder auch der sphärischen

Aberration der einfachen sphärischen und zylindrischen Linsen. Die Abweichung der Brechkraft oder die Aberration der Brennweite für verschiedene Linsenbezirke müßte bei einer genauen Behandlung der Aufgabe ebenfalls berücksichtigt werden. Da es sich aber praktisch meist nur um Dezentrationen von einigen Millimetern handelt, so dürfte dieser Einfluß im allgemeinen ebenso unbedeutend sein wie die Ablenkungsänderung infolge der Farbenzerstreuung. Es soll deshalb in diesem Zusammenhang nur auf die sphärische Abweichung kurz eingegangen werden.

In unmittelbarer Nähe zu der optischen Achse parallel verlaufende Strahlen schneiden diese nach dem Durchgang durch die Linse in einem Punkt. Der Abstand dieses Brennpunktes von dem zugehörigen Linsenscheitel wird Schnittweite genannt und sei mit s'_k bezeichnet. Achsenparallele Strahlen in endlichem Abstand von der Achse schneiden diese nach der Brechung in anderen Punkten; sie besitzen andere Schnittweiten s'_k . Diese Schnittweiten kann man sich in eine Reihe gerader Potenzen des Öffnungswinkels σ'_k entwickelt denken. Die Reihe habe dann folgende Form:

$$s'_k = s'_k + a'_k \sigma_k'^2 + b'_k \sigma_k'^4 + \dots \quad (90)$$

Für $\sigma'_k = 0$ erhält man die Schnittweite $s'_k = s'_k$ der achsennahen Strahlen. Es soll weiterhin in dieser Reihe neben dem konstanten Glied s'_k nur noch das Glied mit der unabhängigen Veränderlichen σ'_k im Quadrat berücksichtigt, die sphärische Längsaberration also nur in erster Annäherung behandelt werden. Dann ist

$$s'_k = s'_k + a'_k \sigma_k'^2. \quad (90a)$$

Als sphärische Längsaberration wird die Differenz der Schnittweiten $s'_k - s'_k$ des im endlichen Abstand zur Achse parallel verlaufenden Strahls und des parallelen achsennahen Strahls bezeichnet. Setzt man den Wert des Öffnungswinkels $\sigma'_k = 1$, so findet man, daß für diesen Fall die sphärische Längsaberration $= a'_k$ ist. Diese Aberrationskonstante kann nun mittels der ABBESchen Invariantenmethode berechnet werden. Für unendlich dünne, von zwei Kugelflächen gegen Luft begrenzte Glaslinsen ergibt sich folgender Wert der Aberrationskonstanten¹:

$$a'_k = -\frac{s_2'^4}{2} \sum_{\nu=1}^2 Q_{\nu s}^2 \frown \frac{1}{ns}. \quad (91)$$

Es ist dabei s_2' die Schnittweite des achsennahen Parallelstrahls.

$$Q_{\nu s} = n_\nu \left(\frac{1}{r_\nu} - \frac{1}{s_\nu} \right) = n'_\nu \left(\frac{1}{r_\nu} - \frac{1}{s'_\nu} \right) \quad \text{und} \quad \frown_\nu \frac{1}{ns} = \frac{1}{n'_\nu s'_\nu} - \frac{1}{n_\nu s_\nu}. \quad (92)$$

¹ Siehe M. v. ROHR: Die Bilderzeugung in optischen Instrumenten, S. 217/9. Berlin 1904.

v bedeutet den Flächenindex und n_v, n'_v bzw. s_v, s'_v sind die Brechzahlen bzw. Schnittweiten vor und nach der Brechung an der v ten Fläche. Für unendlich dünne Brillengläser soll nun die Aberrationskonstante α'_k durch die Brechkraft D' einer Linsenfläche, die Gesamtbrechkraft D , des Brillenglases und die Brechzahl n der Glasart ausgedrückt werden. Die Durchrechnungsformeln für das achsennahe Gebiet sind

$$\begin{aligned} \frac{n}{s'_1} &= \frac{1}{s_1} + \frac{n-1}{r_1}, \\ \frac{1}{s'_2} &= \frac{n}{s_2} + \frac{1-n}{r_2} \end{aligned} \quad (93)$$

und führen für $s_1 = \infty$ (da es sich um achsenparallele Strahlen handelt!) unter Berücksichtigung von $\frac{n-1}{r_1} = D'$ und $\frac{1}{s_2} = D$, zu folgenden Beziehungen:

$$\begin{aligned} Q_{1s} &= \frac{D'}{n-1} \quad \text{und} \quad Q_{2s} = \frac{nD, -D'}{1-n}, \\ \hat{\sphericalangle}_1 \frac{1}{ns} &= \frac{D'}{n^2} \quad \text{und} \quad \hat{\sphericalangle}_2 \frac{1}{ns} = \frac{n^2 D, -D'}{n^2}. \end{aligned} \quad (94)$$

Setzt man diese Werte der Nullinvarianten $Q_{v,s}$ und der Differenzen $\hat{\sphericalangle}_v \frac{1}{ns}$ in die Gleichung (91) ein, so kommt man nach einigen Umformungen zu dem folgenden Ergebnis:

$$-\alpha'_2 = \frac{1}{2n(n-1)^2 D} \left[\left(n^2 - \frac{D'}{D} \right) \left(n - 2 \frac{D'}{D} \right) + n \left(\frac{D'}{D} \right)^2 \right]. \quad (95)$$

Nun ist es leicht möglich, für jeden im endlichen Abstand parallel zur optischen Achse verlaufenden Strahl die Schnittweite s'_2 nach dem Linsendurchgang zu berechnen und damit z. B. die Ablenkung der Blickrichtung „geradeaus“ durch ein um die Strecke e dezentriertes achsensymmetrisches Brillenglas mit größerer Annäherung zu ermitteln. Da es sich nur um kleine Ablenkungswinkel σ'_2 handeln soll, kann man $\text{tg } \sigma'_2$ durch $\sigma'_2 = \sigma'$ ersetzen. Für einen im Abstände e parallel zur optischen Achse verlaufenden Strahl wird, wiederum durch Annäherung ermittelt, der Ablenkungswert

$$\sigma' = e \cdot D, (1 - \alpha'_2 e^2 D^2). \quad (96)$$

Bei kleinen Winkeln erhält man durch Multiplikation des Wertes σ' mit 100 die Ablenkung II in Prismendioptrien. Größere Dezentrationen als $e = 5$ mm kommen praktisch nicht vor, da man bei der üblichen Größe der ungerandeten Brillengläser sonst unmöglich Scheiben von ausreichendem Durchmesser herauschneiden könnte. In der beifolgenden Tafel sind für verschiedene durchgebogene Brillengläser von den Brechwerten +10, -10, -20 und -30 dptr die für eine Dezentration von 5 mm ermittelten prismatischen Ablenkungen in prdptr zusammengestellt. Es bedeuten II_1 die auf rechnerischem Wege ge-

fundenen Ablenkungen erster Annäherung, Π_2 die unter Berücksichtigung des ersten Aberrationsgliedes auf Grund der Gleichungen (95) und (96) gefundenen Ablenkungen zweiter Annäherung und schließlich Π_3 die mittels trigonometrischer Durchrechnung von Brillengläsern endlicher Dicke und obiger bildseitiger Scheitelbrechwerte genau bestimmten prismatischen Wirkungen:

Breckkraft bzw. Scheitel- brechwert	Π_1	Π_2			Π_3		
		Biglas	Planglas	Halb- muschelglas	Biglas	Planglas	Halb- muschelglas
+ 10	- 5,0	- 5,02	- 5,05	- 5,13	- 4,93	- 4,89	- 4,87
- 10	+ 5,0	+ 5,02	+ 5,01	+ 5,04	+ 5,02	+ 5,02	+ 5,05
- 20	+ 10,0	+ 10,16	+ 10,11	+ 10,44	+ 10,18	+ 10,18	+ 10,28
- 30	+ 15,0	+ 15,54	+ 15,36	+ 15,49	+ 15,59	+ 15,61	+ 15,84

Diese Gegenüberstellung zeigt, daß die in erster Annäherung ermittelten Werte von den genauen Ablenkungswerten nur verhältnismäßig wenig abweichen. Sicherlich wird im allgemeinen die Bestimmung der erforderlichen prismatischen Ablenkungen mit Fehlern der gleichen Größenordnung behaftet sein. Da diese Betrachtung ohne weiteres auch auf Zylinderflächen und damit auf astigmatische Brillengläser angewandt werden kann, so ist damit gezeigt, daß die in den ersten beiden Abschnitten dieser Darstellung auseinandergesetzten zeichnerischen und rechnerischen Verfahren erster Annäherung für die Praxis von genügender Genauigkeit sind.

III. Die Farbenfehler der Brillen.

§ 144. Die Farbenfehler einer Einzellinse im achsennahen Raum. Macht man sich jetzt von der bisher festgehaltenen Voraussetzung einfarbigen Lichts frei, so sind die Abweichungen zu untersuchen, die sich aus der Zerlegung des Lichts durch eine dünne Einzellinse ergeben. Man betrachtet zu diesem Zwecke zwei ausgewählte Farben, etwa Rot und Blau, wie sie etwa durch die FRAUNHOFERSchen Linien C und F bestimmt werden mögen¹. Ihre beiden Brechzahlen sollen den Unterschied

$$\Delta n = n_F - n_C$$

¹ Man mißt die Wellenlängen nach Millionteln von Millimetern und bezeichnet diese Größe mit

$$m\mu = 0,000001 \text{ mm.}$$

Man folgt dabei einem Vorgange von J. B. LISTING (*I.*), der das Tausendstel eines Millimeters als *Mikron* einführte und mit

$$\mu = 0,001 \text{ mm}$$

bezeichnete. Das rote Licht der FRAUNHOFERSchen Linie C hat eine Wellenlänge $\lambda = 656 m\mu$, das der gelben D -Linie $\lambda = 589 m\mu$, das der blauen F -Linie $\lambda = 486 m\mu$ und das der violetten G' -Linie $\lambda = 434 m\mu$.

haben. Alsdann ergibt sich die Brechkraft der Brille in den beiden Farben zu

$$D_{,F} = (n_F - 1) K, ; \quad D_{,C} = (n_C - 1) K, , \quad (97)$$

wo zur Abkürzung gesetzt wurde

$$K, = 1/\nu' - 1/\nu'' .$$

Es folgt also für die Brechzahl n_D bei Natriumlicht und die Brechkraft für dieses Licht

$$D_{,D} = (n_D - 1) K,$$

ohne weiteres

$$\begin{aligned} D_{,F} - D_{,C} &= \Delta D, = \Delta n K, = \Delta n D_{,D} / (n_D - 1), \\ &= D_{,D} / \nu, \end{aligned} \quad (98)$$

wenn man nach E. ABBE die Bezeichnung

$$\nu = (n_D - 1) / \Delta n$$

einführt.

Man kann also sagen, die Brechkraftsänderung ΔD , einer einfachen Linse der mittleren (auf die D -Linie bezogenen) Brechkraft D , mit der Wellenlänge des Lichts ist für das Bereich zwischen C und F gegeben durch das Produkt aus dem *Zerstreuungsvermögen* $1/\nu$ und dem Mittelwert der Brechkraft. Die Brechkraftverschiedenheit hat also dasselbe Vorzeichen wie die Brechkraft selbst, d. h. für blaues Licht ist die Zerstreuungswirkung einfacher Zerstreuungs- und die Sammelwirkung einfacher Sammellinsen größer als für rotes.

Hinsichtlich des Einflusses der Glaswahl gilt die Regel, je kleiner das Zerstreuungsvermögen, d. h. je größer der ν -Wert der Glasart ist, desto geringer sind die farbigen Abweichungen.

Bei der hohen Wichtigkeit dieser Größe für die Untersuchung der Farbenabweichungen hat man nach dem Vorgange von E. ABBE und O. SCHOTT in den Glasverzeichnissen die Glasarten nach abnehmenden ν -Werten geordnet, so daß das leichteste Kron mit seinem großen ν -Wert an erster Stelle steht, und daß sich die Reihe allmählich bis zu dem schwersten Flintglas fortsetzt. Der größte ν -Wert unter den regelmäßig für Brillen verwendeten Werkstoffen findet sich bei Quarz mit $\nu = 70$. Das hauptsächlich verwandte harte Tafelglas hat $\nu = 60$ bis zu $\nu = 57$, während die Flintarten, die bei der Herstellung von Doppelstärkengläsern verwendet werden, wesentlich kleinere Zahlen, etwa $\nu = 36$, zeigen.

Nach diesen theoretischen Überlegungen wird es zweckmäßig sein, der Erscheinungsform des Farbenfehlers bei der einfachen Brille einige Aufmerksamkeit zu schenken.

Achtet man darauf, daß in jedem Falle der Ziffernwert von $D_{,C}$ geringer ist als der von $D_{,F}$, so wird man erwarten können, daß auch

für die endlichen Winkel am Augendrehpunkt die Verkleinerung der dingseitigen Blickfeldwinkel σ bei einer zerstreuen, ihre Vergrößerung bei einer sammelnden Linse für Blau stärker ist als für Rot.

Liegt also der für die Farbenwahrnehmung besonders günstige Fall eines schwarzen Gegenstandes auf weißem Grunde vor, so folgt aus den beiden Darstellungen 107 a und b unmittelbar, daß ein seitlicher schwarzer Gegenstand bei Benutzung eines Zerstreungs- (Sammel-) Glases auf der

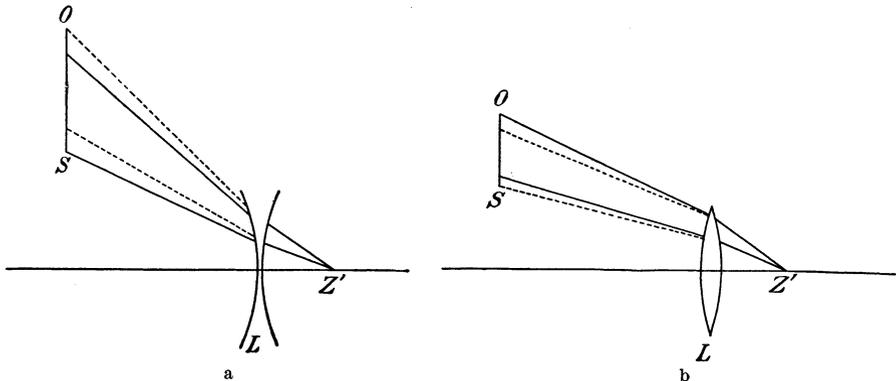


Abb. 107. Übersichtsbild der Farbensäume eines seitlich gelegenen schwarzen Gegenstandes SO auf weißem Grunde für eine Zerstreuungslinse und Sammellinse
 (—) rote, (· · · · ·) blaue Strahlen auf der Dingseite. Die achsennahen Säume sind rot blau und die achsenfernen sind blau rot.

der Achse zugewandten Seite mit einem roten (blauen), auf der der Achse abgekehrten Seite mit einem blauen (roten) Rande umgeben gesehen wird.

Diese Farben nennt man *primäre*, und zwar aus einem Grunde, der an sich bei der Brillenkunde nicht erörtert zu werden brauchte. Bei den optischen Instrumenten von verwickelterem Bau, wie dem Fernrohr und dem Mikroskop, machen sich nämlich trotz dieser Farbenhebung gewisse Farbenreste bemerkbar, die man als *sekundäre* oder gar *tertiäre* Farben bezeichnet hat. Im Gegensatz dazu stehen die primären Farben bei chromatisch nicht verbesserten Folgen.

Die primären Farben lassen sich bei jedem gewöhnlichen Brillenglase wahrnehmen, wenn man in seitlicher Richtung aufmerksam die Ränder dunkler Gegenstände betrachtet, die sich von einem hellen Grunde abheben. Die Größe der notwendigen Schiefe hängt von der Brechkraft des Brillenglases und von dem Beobachtungsvermögen des Brillenträgers ab.

Schon 1917 hatte H. BOEGEHOLD <17 28> ein Rechenbeispiel mitgeteilt, wo der Farbenfehler der Hauptstrahlneigung bei $\sigma' = 28^\circ$ an einer einfachen dicken Brille von der Durchbiegung nahezu unabhängig

war. — Einen Beweis für die Unempfindlichkeit dieses Fehlers gegen die Durchbiegung lieferte für kleine Hauptstrahlneigungen E. WEISS (<21 30> 357, 38) im Jahre 1920 und gab ein anschauliches Verfahren an, die Breite des Farbensaums in Teilen des Monddurchmessers zu ver-sinnlichen.

§ 145. Die Achromasie der Brechkraft. Es läßt sich denken, daß Versuche angestellt worden sind, die Farbenfehler des Brillenglases zu heben. Man ging dabei nach dem Muster der altbekannten Instrumente zur Unterstützung des Sehens vor und bestimmte zwei dünne, einander benachbarte Linsen so, daß die Brechkraft der Verbindung bei dem Übergange von C zu F keine Änderung zeigte,

$$D_{,C} = D_{,F}.$$

Bestimmt man die Brechung der beiden Glasarten¹ durch die Angaben

$$n' = n'_D; \quad \Delta n' = n'_F - n'_C; \quad n'' = n''_D; \quad \Delta n'' = n''_F - n''_C,$$

und sei auch ihr Zerstreungsvermögen entsprechend durch

$$\nu = (n' - 1)/\Delta n'; \quad \nu'' = (n'' - 1)/\Delta n''$$

gekennzeichnet, so ergeben sich nach dem Vorhergegangenen leicht für die dünnen Teillinsen, deren Brechkräfte sein mögen

$$D' = (n' - 1)(1/r_1 - 1/r_2); \quad D'' = (n'' - 1)(1/r_3 - 1/r_4),$$

die Beziehungen

$$\begin{aligned} \Delta D' &= \Delta n'(1/r_1 - 1/r_2) & \Delta D'' &= \Delta n''(1/r_3 - 1/r_4) \\ &= D'/\nu'; & &= D''/\nu''. \end{aligned} \quad (99)$$

Für die farbenfreie Folge erhält man die Gleichungen

$$\begin{aligned} D_1 &= D' + D'', \\ \Delta D_1 &= \Delta D' + \Delta D'' = D'/\nu' + D''/\nu'' = 0, \end{aligned} \quad (100)$$

und daraus ergibt sich ohne weiteres

$$D' = \frac{\nu'}{\nu'' - \nu'} D_1; \quad D'' = \frac{\nu''}{\nu'' - \nu'} D_1. \quad (101)$$

Die Aufgabe, eine dünne abstandslose Folge von zwei Bestandteilen farbenlos zu machen, läßt sich also nur dann lösen, wenn zwei Mittel mit verschiedenem ν -Wert zur Verfügung stehen. Das ist nach den oben angeführten Zahlen der Fall. Bei einem solchen Linsenpaar nennt man das Glas mit dem höheren ν -Wert das *Kron-* und das mit dem niedrigeren ν -Wert das *Flintglas des Paares*. Aus den soeben für die Brechkräfte der Teillinsen abgeleiteten Beziehungen folgt dann ohne weiteres, daß

¹ Wir haben hier die Bezeichnung der Ausgabe von 1921 — ihrer Abweichung von der Norm ungeachtet — beibehalten, weil sie auf eine unmittelbare Einwirkung A. GULLSTRANDS zurückgeht. v. R. & B.

der Bestandteil mit dem höheren ν -Wert, die Kronlinse, das Zeichen der Gesamtwirkung erhalten muß. Hiernach führt also die Verwendung von verkitteten Sammelgläsern, wo die sammelnde Linse aus Flintglas gebildet ist, auf eine Verbindung, die in chromatischer Hinsicht nicht nur nicht verbessert, sondern sogar verschlechtert ist. Solche Zusammenstellungen finden sich bei einzelnen Zweistärkengläsern, wo sie offenbar deshalb angewandt wurden, weil der in den Kronarten zur Verfügung stehende Unterschied der Brechzahlen nur verhältnismäßig gering ist. Daß die Wirkung einer solchen unrichtig zusammengesetzten Verbindung nicht noch schlechter war, das lag wohl hauptsächlich an der geringen Ausdehnung, die das Blickfeld des Zusatzglases in Zweistärkengläsern hat.

Achromatische Brillengläser überhaupt werden schon ziemlich lange hergestellt, und man hat sich bei ihrer Einführung wohl auf die großen Vorteile berufen, die die alten optischen Instrumente, das Fernrohr und das Mikroskop, aus der Durchführung der Farbenhebung gezogen haben.

Indessen ist dieser Schluß nicht ohne weiteres zulässig, da es sich bei Brillengläsern immer nur um dünne Bündel handelt. Da nun das Auge selbst mit Farbenfehlern behaftet ist, so ist es gegen die stets verhältnismäßig geringen farbigen Längsabweichungen eines Brillenglases sehr unempfindlich. Das erkennt man auch daraus, daß man beim Blick längs der Achse an einem einfachen Brillenglase keine Farbercheinungen bemerkt.

§ 146. Geschichtliche Bemerkungen zur Achromasie der Brechkraft. Der Wunsch, farbenlose Brillen anzubieten, ist, wie gesagt, wohl alt, und es scheint nach den Angaben CH. CHEVALIERS (*I.* 80), daß man in England schon auf Grund des SMITHischen Patents Linsenpaare aus einem sammelnden und einem zerstreuenden Gliede allerdings mit mangelhafter Farbenhebung hergestellt habe. Es ist ferner wahrscheinlich (s. 16 95), daß die französischen Fabrikanten TH. PR. MOUSSIER & . . BOULLAND in den 50er Jahren bei Zweistärkengläsern Rücksicht auf die Farbenfehler nahmen. — Ernsthafter wurden diese Fragen 1869 von E. FL. COURVOISIER (*I.*) behandelt. Nähere Angaben über das Äußere dieser Brillen finden sich auf S. 27 γ bei der Geschichte der Randbegrenzung. Der Gedanke der achromatischen Brillengläser wurde von seinem Landsmann, dem auch sonst wohlbekannten Pariser Optiker E. DEROGY (*I.* 2. 3.), in mehreren Patenten um 1870, 71, 77 aufgenommen und weitergebildet, doch ist es nicht bekannt geworden, daß er einen größeren Erfolg gehabt habe als E. COURVOISIER. Die veröffentlichten Patente beziehen sich nur auf Fassungsverfahren für seine achromatischen Gläser. — N. LAZARUS (*I.*) erhielt 1881 ein englisches Patent auf achromatische Brillen, wobei die beiden an einer Planfläche zusammenstoßenden Glasarten durch Erhitzung in eine feste Verbindung miteinander gebracht worden waren. Wie man sieht, handelt es sich hier um die Anwendung jenes als eigentlich amerikanisch bezeichneten Mittels zur Herstellung der sonst als bekannt anzusehenden achromatischen Brillengläser. Es läßt sich nicht mehr entscheiden, warum sich diese doch recht wichtige Neuerung nicht einführte; man kann nur sagen, sie scheint nach den allerdings sehr lückenhaften und nur gelegentlichen Berichten, wie sie leider im Brillenwesen üblich sind, keinen Anklang gefunden zu haben. — An

dieser Stelle ist auch des farbenfreien Brillenglases von K. FRITSCH (vorm. PROKESCH) (I., 2.) in Wien vom Jahre 1886 zu gedenken, der ein sammelndes Fernbrillenglas von etwa $5\frac{1}{2}$ dptr mitteilte, dessen Nullstrahlen für C und F die gleiche Schnittweite zeigten. Er kam (3.) 1894 noch einmal auf diese Angelegenheit zurück, ohne indessen viel Neues zu bringen. — Auch hierher gehört der etwas später, 1889, gemachte Vorschlag A. MÜLLERS (I.), die farbige Längsabweichung zu heben. Die farbenfreien Brillen .. [DOYNE]s (I.) aus dem Jahre 1908 sind an der hier vorliegenden Stelle so undeutlich beschrieben, daß es fast bei einer bloßen Erwähnung bleiben muß: sie sollten das Netzhautbild vergrößern.

§ 147. Die Achromasie der Hauptstrahlneigung. Ganz so, wie bei den monochromatischen Abweichungen eine eingehende Fassung der Korrekitionsbedingungen erst möglich war, als die Augendrehung berücksichtigt wurde, verhält es sich auch mit den Bedingungen für die Wegschaffung der störenden Farbenerscheinungen.

Auch hier geht die Aufstellung der Korrekitionsbedingung auf A. GULLSTRAND (6. 41) zurück, und zwar ist die Forderung auszusprechen, daß für endliche Neigungswinkel das Auge keine Farbenverschiedenheit der Vergrößerung empfinde, während eine farbige Längsabweichung auf dem Hauptstrahle endlicher Neigung wohl zulässig ist. Diese Vorschrift steht in vollkommener Übereinstimmung mit dem Gebrauch des Auges beim Blicken. Durch die Drehung des ganzen Auges werden Farbenfehler in der Hauptstrahlneigung vollständig vermieden, während natürlich der durch den Bau des Auges bedingte Betrag farbiger Längsabweichung bei jeder nur möglichen Blickrichtung wirksam ist.

Farbenfrei wirkende Linsenfolgen, die als Brillen benutzt werden sollen, müssen also für die beiden Hauptgrenzfarben die gleichen Neigungswinkel im Augendrehpunkt zeigen:

$$\sigma'_C = \sigma'_F. \quad (102)$$

Für die Berechnung ist es bequemer, den Strahlengang umzukehren. Denkt man sich einen Hauptstrahl endlicher Neigung von der Augenseite her in die Folge einfallen, so ist zu verlangen, daß seine beiden farbigen Teilstrahlen, die nach der Brechung an der ersten Fläche bereits auftreten, die Dingebene an derselben Stelle durchstoßen. Ist der Gegenstand unendlich weit entfernt, so müssen sie einander parallel austreten. Unter diesen Bedingungen wird nämlich bei der im Gebrauch vorliegenden Umkehrung des Strahlenganges von einem allseitig strahlenden Punkte der Dingebene ein roter und ein blauer Teilstrahl ausgehen, die beide nach dem Durchtritt durch die Folge den Augendrehpunkt Z' unter derselben Neigung gegen die Achse

$$\sigma'_C = \sigma'_F$$

durchsetzen.

Ist aber einmal ein solcher Zustand für einen endlichen Drehwinkel σ' erreicht, so gilt das gleiche auch für alle kleineren Drehwinkel innerhalb

der Genauigkeitsgrenzen, die unter diesen Umständen in Betracht kommen. Die Farbenempfindlichkeit des Auges ist in dem Falle der Brille, wo es sich nie um eine stärkere Winkelvergrößerung handelt, nicht sehr groß, und wenn nach der Bemerkung auf S. 201 γ die sekundären Farbenabweichungen unbesprochen bleiben können, so gilt das gleiche hier, wo es sich um die farbigen Zwischenfehler bei endlicher Neigung handelt.

Achromatische Linsenfolgen mit gleichzeitiger Hebung des Zweischalenfehlers.

Die Verbindung der Farbenfreiheit mit punktmäßiger Abbildung läßt sich in einigen Fällen erreichen, über die im folgenden kurz gehandelt werden soll.

§ 148. Die achromatischen punktmäßig abbildenden Starbrillen. Aus dem Vorhergehenden wird es klargeworden sein, daß eine Berechtigung der Forderung, die Farbenerscheinungen für endliche Hauptstrahlneigungen zu heben, erst bei starken Linsenwirkungen zuzugeben sein wird. Dabei fallen verhältnismäßig dünne Zerstreuungslinsen aus dem Grunde fort, weil bei den meisten hochgradig kurzsichtigen Augen die Sehfähigkeit zu sehr herabgesetzt ist, als daß sie unter diesen Umständen von der Hebung der Farbenfehler einen merklichen Vorteil verspüren könnten. Wesentlich anders liegen die Verhältnisse für Sammellinsen hoher Brechkraft, die für Linsenlose in Betracht kommen. Schon oben, auf S. 45 β , war darauf hingewiesen worden, daß diese Augen infolge des großen Wertes von D_{H}/D ein gesteigertes Sehvermögen erhalten. Hier hat also die Farbenhebung einen Zweck, allerdings im wahren Sinne auch dann erst, wenn sie mit einer Beseitigung des Zweischalenfehlers verbunden ist. Denn das wird man ganz allgemein behaupten können, daß die Beseitigung eines einzelnen Fehlers schiefer Bündel allein nur eine unvollkommene Lösung der Aufgabe darbietet, dem fehlsichtigen Auge eine deutliche Wahrnehmung zu ermöglichen. Man wird außerdem die Forderung aufstellen, daß die beiden dünnen Linsen einer achromatischen Verbindung miteinander verkittet werden, und zwar wird man zweckmäßig die Flintlinse mit einer Trägerschicht versehen, um am Gewicht möglichst zu sparen. Dadurch, daß die Verkittung vorgeschrieben ist, bleibt nur ein einziger Radius — die Durchbiegung der ganzen Verbindung — verfügbar, denn durch die Herbeiführung der Achromasie und die Einhaltung einer bestimmten Brennweite f' ist (101) die Brechkraft beider Einzellinsen (s. S. 202) bestimmt worden. Diese Durchbiegung genügt aber auch tatsächlich zur Hebung des Zweischalenfehlers für schiefe Bündel längs Hauptstrahlen von endlicher Neigung. Allerdings ist zu dieser Überlegung zu bemerken, daß bei der vorliegenden Aufgabe der Achromatisierung einer Starlinse

die Farbenfreiheit längs der Achse ziemlich belanglos ist und also die angeführten Formeln nur zur Vorrechnung dienen sollten. Das Wesentliche ist eben nach dem Vorhergegangenen die Aufhebung der farbigen Neigungsverschiedenheit für Hauptstrahlen endlicher Neigung und des Zweischalenfehlers längs ihnen.

Aus der untenstehenden Abb. 108 wird das Äußere einer solchen achromatischen Starlinse deutlich werden. Es bietet nämlich keine Schwierigkeit, durch geeignete Auswahl der Glasarten den Zweischalenfehler unter den außerdem vorgeschriebenen Bedingungen sogar mit einer planen Endfläche zu heben und so eine Form zu erhalten, die für die Herstellung in größeren Mengen gewisse Bequemlichkeiten bietet.

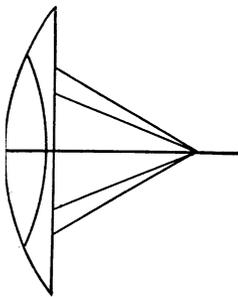


Abb. 108. Achromatische Starlinse mit ebener Hinterfläche und Trägerschicht am Flintbestandteil.

Schon im vorletzten Absatz war von der Notwendigkeit gesprochen worden, das Gewicht der Stargläser ohne Zweischalenfehler außer der Achse möglichst zu beschränken. Tatsächlich liegt dafür auch alle Veranlassung vor, denn infolge der Achromasiebedingung ergibt sich für farbenfreie Doppellinsen mit endlichen Dicken die endgültige Brechkraft angenähert als der Unterschied zwischen den Brechkraften der Kron- und der Flintlinse. Wenn man nun weiß, daß die Sammelwirkung einer Folge für ein endliches Blickfeld einen bestimmten, von der Brechkraft abhängigen Mindestwert der Mitteldicke erfordert,

so sieht man ein, daß sich diese Dicke hier nach der Kronlinse bestimmt, der die wesentlich höhere Brechkraft eigen ist.

Als eine nicht zu übersehende Abfolge ergibt sich mithin für achromatische Stargläser die folgende Vorschrift. Um ein sehr beträchtliches Gewicht zu vermeiden, beschränke man sich möglichst in der Größe des Blickfeldes, die man fordert, und schreibe für das Glas eine tunlichst geringe Entfernung vom Hornhautscheitel vor. Erscheint aber doch das Gewicht zu groß, so verzichte man lieber auf die Achromasie und wähle eine GULLSTRANDSche Starbrille. Überhaupt aber wird der Vorteil der Achromasie nur in ganz besonderen Fällen so weit gewürdigt werden, daß die damit verbundene Gewichtserhöhung gerechtfertigt erscheint.

§ 149. Geschichtliche Bemerkungen zu achromatischen Starbrillen. Aus früherer Zeit liegen kaum so genaue Angaben zu den Bestimmungsstücken vor, daß man die Fehler berechnen könnte. Eine Ausnahme macht das auf K. FRITSCH und das Jahr 1886 zurückzuführende Glas, wovon schon auf S. 204 α die Rede war. Obwohl bei seiner Anlage eine Hebung der sphärischen und chromatischen Abweichungen im hinteren Brennpunkte erstrebt worden war, so sind doch — es handelt sich bei dem Beispiel nur um eine ziemlich dünne Linse von etwa $5\frac{1}{2}$ dptr Brechkraft — die Farbenfehler der Hauptstrahlneigung nicht groß. Der Zweischalenfehler ist zwar für einen Drehwinkel von 25° nicht gehoben, zeigt aber

auch keinen besonders hohen Betrag. Zu den dickeren Starlinsen, von denen in jenem Flugblatt auch die Rede ist, sind Zahlenangaben nicht bekannt. — Daß A. GULLSTRAND (6. 41) bereits 1907 die Aufhebung der Farbenverschiedenheit der Hauptstrahlneigung ausgesprochen hatte, wurde schon erwähnt, und im Jahre 1908 wurde von M. v. ROHR (5.) eine C. ZEISS (3. s. auch <17 29>) geschützte punktmäßig abbildende Starlinse veröffentlicht, die aus einer Kron- und einer Flintlinse zusammengekittet war und keine Verschiedenheit der Hauptstrahlneigung für rotes und blaues Licht zeigte. — Im Jahre 1915 nahm A. KLUGHARDT (s. auch <19 137>), damals im Dienste des RODENSTOCKSchen Hauses, diese Aufgabe auf, und man ist, da sich auch H. BOEGEHOLD <17 26> eingehend dazu äußerte, besonders gut über die hier vorliegenden Möglichkeiten unterrichtet. Bei einem gegebenen Glaspaare sind theoretisch vier Formen möglich, je nachdem die Kronlinse außen oder innen angenommen wird, wobei sich jedesmal zwei Durchbiegungen, eine schwächere und eine stärkere, ergeben. An jener Stelle ist die Anlage mit Kron voraus näher untersucht worden, und dabei zeigte die stärkere Durchbiegung einen Vorteil namentlich hinsichtlich der Verzeichnung. Freilich wird bei gleicher Mitteldicke der Winkel σ' der überhaupt durchgelassenen Hauptstrahlen kleiner als bei der Form schwächerer Durchbiegung. Die Anlage mit Flint voraus ist an jener Stelle nicht näher behandelt worden; die beiden Achsenschnitte aus <19 137> werden ein Urteil über die Durchbiegungen ermöglichen.

§ 150. Die achromatischen Fernrohrbrillen. Es sei schließlich noch darauf hingewiesen, daß sich auch die für schwachsichtige Augen bestimmten Fernrohrbrillen ohne besondere Schwierigkeiten durch zweckmäßige Glaswahl farbenfrei herstellen lassen, ohne daß ihre sonstigen guten Eigenschaften eine Beeinträchtigung erfahren. Ist eine solche Anlage durchgeführt, so liegt hier der Fall vor, daß sowohl die Farbenfehler schiefer Bündel als auch der Zweischalenfehler und die Verzeichnung längs Hauptstrahlen endlicher Schiefe gehoben sind. Beachtet man noch die Einfachheit der Linsenfolge, so ist man zu der Aussage berechtigt, daß bei der Fernrohrbrille eine sehr weitgehende Ausnützung der verfügbaren Mittel erreicht worden ist.

Bei den später entwickelten Formen der Fernrohrbrille, sei es, daß es sich um Fernbrillen für Fehlsichtige geringeren Grades in Abb. 70 auf S. 142 oder um Lupenbrillen in Abb. 73 handelte, machte die Hebung der störenden Farbenfehler (s. S. 204 γ) mehr Mühe, doch ließ sich das Ziel durch eine Zusammensetzung des zerstreuenen Bestandteils aus einer Kron- und einer Flintlinse in befriedigender Weise erreichen. Auch bei der umgekehrten Fernrohrbrille für Ungleichsichtige (§ 176) behielt man die Farbenverschiedenheit der Hauptstrahlneigung bei der Berechnung im Auge.

Einer besondern geschichtlichen Bemerkung bedarf es hier nicht.

An dieses Gebiet anzuschließen sind

§ 151. Die Hilfsgläser für Farbenblinde. Es handelt sich dabei um den Gedanken, die sonst leicht zu verwechselnden Farben nacheinander durch solche Gläser betrachten zu lassen, daß sie in verschieden veränderter Helligkeit erscheinen und so einen Schluß auf die Farbe

gestatten. In neuerer Zeit hat man dafür Glasarten gewählt, die in der Nähe der neutralen Stellen des Farbenuntüchtigen ziemlich breite Spektralbezirke durchlassen; also für Rotgrün-Blinde etwa Purpur und Grün. Man läßt dann nacheinander durch die beiden Gläser beobachten und auf die Helligkeitsminderung achten.

§ 152. **Geschichtliche Bemerkungen dazu.** Der Gedanke ist zweifellos von merklichem Alter, und der Verfasser hat zunächst auf TH. u. J. M. GRAY (*I.*) vom Jahre 1877 hinzuweisen sowie auf die zweckmäßige Form bei F. v. KAMPTZ (*I.*) um 1891. In den augenärztlichen Zeitschriften fand ich . . FRAENKEL (*I.*) um 1889 zu erwähnen sowie in neuerer Zeit A. KIRSCHMANN (17⁵⁹¹¹⁴).

IV. Die Änderungen der Raumerfüllung durch die Brille.

§ 153. **Die Folgen der Bewaffung eines Einzelauges durch ein vollkommenes Brillenglas.** Wenn im vorhergehenden die verschiedenen Abweichungen am Auge und die Ausgleichsmöglichkeiten durch das Brillenglas erörtert wurden, so hielt man stets an der Voraussetzung fest, daß es sich um ein Einzelaug handelt. Auch in diesem Abschnitt soll davon zunächst noch nicht abgesehen werden, aber es mögen für die ersten Überlegungen die verschiedenen Fehler zurücktreten; im Gegenteil, es sei zunächst einmal ein vollkommenes, d. h. punktmäßig und verzeichnungsfrei abbildendes Brillenglas für ein achsensymmetrisches Auge angenommen.

1. Die Änderung der Perspektive durch die Brille.

§ 154. **Die Änderung des Verlaufs der Hauptstrahlen.** Die jetzt zu behandelnden Eigenschaften der Brille lassen sich aus dem gemeinsamen Gesichtspunkt ins Auge fassen, daß die Brille die Betrachtung *räumlich ausgedehnter Gebilde* zu unterstützen hat. Handelte es sich nämlich wirklich stets wie bei Lupenbrillen um die deutliche Wahrnehmung von Gegenständen auf einer ebenen Druck- oder Schreibfläche, so wäre der Stoff mit dem Vorhergehenden angenähert erschöpft, wenn man sich nicht mit der für die übliche Größe des Blickfeldes minder wichtigen Lichtverteilung beschäftigen wollte. Das ist aber nicht der Fall, sondern es liegen in der Regel Gegenstände vor, die nach allen drei Richtungen, also auch in der Richtung der Lichtbewegung selbst, ausgedehnt, also *Raumdinge* sind.

Wie die Gesichtswahrnehmung beim einäugigen Betrachten von Raumdingen beschaffen ist, damit hat man sich seit Jahrhunderten beschäftigt, und die allmählich entwickelte Lehre von der Perspektive faßt die Gesetze zusammen, nach denen eine Darstellung eines körperlichen Gebildes auf einer Fläche, in der Regel einer Ebene, möglich ist. Daß eine solche perspektivische Darstellung auch dem ungelehrten Beschauer ohne weiteres verständlich ist, hat seinen Grund darin, daß

die Annahme eines Projektionszentrums auch bei dem Sehvorgange verwirklicht ist, indem eben beim Blicken der Augendrehpunkt als dieses Projektionszentrum dient. Aus der Grundannahme für perspektivische Darstellungen ergibt sich sofort, daß sie nur dann naturgetreu wirken, d. h. dem Einzelauge die gleichen Blickwinkel vermitteln können wie die Betrachtung der dargestellten Raumdinge, wenn sie von dem zutreffenden perspektivischen Zentrum aus betrachtet werden.

Alles dies gilt zunächst von greifbaren Perspektiven, Zeichnungen oder Gemälden, bei deren Anfertigung der ausführende Künstler die Gesetze der Perspektive beobachtet hatte. Es gilt aber auch von den Bildern, die ein optisches Gerät entwirft; denn auch da handelt es sich, wie 1907 in klarer Erkenntnis A. GULLSTRAND (6.) betont hat, nur um einen Entwurfsvorgang, genauer gesprochen, um die Darstellung, die die bildseitigen Hauptstrahlen auf der bildseitigen Schirmfläche ausstoßen. A. GULLSTRAND (8.) hat, wie auch schon in dieser Darstellung hervorgehoben wurde, den Zusammenhang zwischen der zweifachen Mannigfaltigkeit der auf eine eng abgeblendete Folge wirkenden Dingpunkte und ihrer Darstellung auf der bildseitigen Schirmfläche als *punktuelle Korrespondenz* (etwa punktmäßiges Entsprechen) bezeichnet und hat damit den hier wichtigen Zusammenhang zwischen Ding- und Bildraum möglichst allgemein hervorgehoben. Es ist nicht zu bezweifeln, daß sich auch die ABBESche Schule allmählich mehr und mehr mit dem Entwurfsvorgange beschäftigt hat, aber diese Vorstellungen waren ihr stets enger oder loser verquickt mit der Voraussetzung einer gewissen Abbildungsfähigkeit der optischen Folge. Als nun durch die GULLSTRANDSchen Schriften unwiderleglich der Nachweis geführt worden war, daß eine solche ausdrücklich oder stillschweigend vorausgesetzte Abbildung im allgemeinen nicht vorhanden sei, da schien für den Schüler E. ABBES zunächst auch die Vorstellung von dem Projektionsvorgange ihre Gültigkeit zu verlieren. Das ist nun tatsächlich nicht der Fall, weil eben dieser Entwurfsvorgang von dem der Abbildung vollständig getrennt zu halten und der perspektivische Zusammenhang zwischen Ding- und Bildraum auf die Lehre von der *optischen Projektion* (dem Entwurf durch optische Vorkehrungen) aufzubauen ist.

Solcher Entwurfsdarstellungen liefern die optischen Geräte mannigfache Arten: weit bekannt und viel benutzt, wengleich selten vollständig verstanden sind die von photographischen Linsen gelieferten Perspektiven (Abbildsbilder), während für die zur Augenhilfe dienenden Vorrichtungen mindestens bei rechtsichtigen Augen als Schirmfläche die unendlich ferne Ebene des Bildraumes in Betracht kommen sollte.

Hält man an der eingangs gemachten Voraussetzung nicht verzeichnender Geräte fest, so stehen die durch die photographischen Linsen erzeugten ebenen Perspektiven auf derselben Stufe wie die von Künstler-

hand hergestellten perspektivischen Darstellungen auf ebenen Schirmflächen: sie vermitteln dem an das zutreffende perspektivische Zentrum gebrachten und dem auf die Schirmfläche eingestellt vorausgesetzten Auge die gleichen Blickwinkel wie die Mannigfaltigkeit der Dingpunkte in der Wirklichkeit.

§ 155. **Geschichtliche Bemerkungen dazu.** Einen Vorschlag zur Untersuchung des Ganges der Hauptstrahlen bei einem vorliegenden (in dem besonderen Falle noch dezentrierten) Brillenglas machte 1911 C. A. HEGNER (1.), indem er die punktmäßige Korrespondenz in der Brennebene des Glases photographierte. Das geschah bei positiven Brechkräften durch das Brillenglas selbst, bei negativen aber mußte eine verzeichnungsfreie Hilfslinse mit ebenem Blickfelde eingeschaltet werden. Durch starke Ablendung versuchte er den Zweischalenfehler möglichst unschädlich zu machen. — Weitere Anwendungen dieses Verfahrens scheinen in der nächsten Zeit ausgeblieben zu sein.

§ 156. **Die Tiefenänderung durch die Brille.** Für die als Augenhilfen dienenden Vorrichtungen sei hier in Abb. 109a und b die Be-

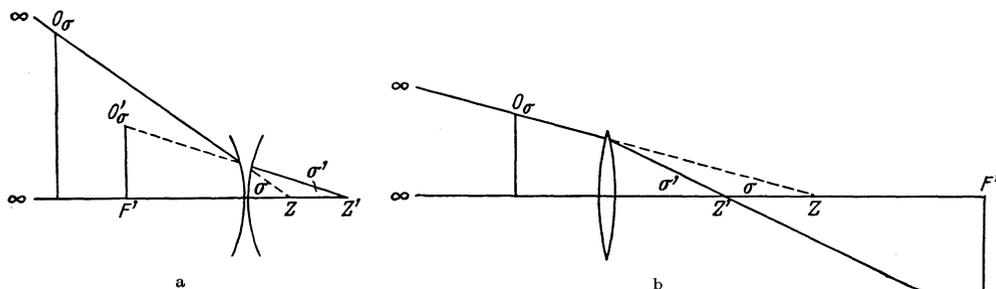


Abb. 109. Die Projektion der Dingpunkte O_σ auf die ferne Einstellebene mittels der Hauptstrahlen von der Neigung σ und die Verfolgung der bildseitigen Hauptstrahlen mit der Neigung σ' bis zur Brennebene für ein zerstreues Fernbrillenglas. sammelndes

schränkung auf die Fernbrillengläser festgehalten, auf die es in dieser Schrift besonders ankommt. Denkt man sich an den Achsenort von Z' die Mitte einer engen Blende gebracht, so entspricht ihr auf der Dingseite der scheinbare Augendrehpunkt Z , und zwar sei hier zunächst von seinem Öffnungsfehler (s. S. 96 α) abgesehen, da er in bezug auf die Dingweite doch nur klein ist. Alsdann bestimmt die Projektion aller von Z aus sichtbaren Dingpunkte auf die unendlich ferne Schirmebene des Dingraums dort eine Darstellung, das *dingseitige Abbild* oder kurz das *Abbild*, dessen einzelne Punkte von dem scheinbaren Augendrehpunkt Z aus unter dem scheinbaren oder dingseitigen Blickwinkel σ erscheinen.

Das nicht verzeichnende Brillenglas ordnet nun dem dingseitigen Hauptstrahlenbündel in Z das bildseitige in Z' zu und dem dingseitigen Abbild das nach Voraussetzung ihm ähnliche *bildseitige Abbild*, kurz das *Abbildbild*, dessen einzelne Punkte in Z' unter den Winkeln σ' er-

scheinen. Dabei ist nach S. 97 β die Verzeichnung allein durch die Durchstoßpunkte der ding- und der bildseitigen Hauptstrahlenbündel mit ihren zugehörigen Schirmebenen bestimmt.

Die beiden möglichen Fälle einer Zerstreuungs- und einer Sammellinse bieten gegeneinander einen Unterschied, der dem sehr ähnlich ist, demzufolge die Erhöhung der relativen Sehschärfe durch Sammellinse, ihre Verminderung durch Zerstreuungsgläser abgeleitet wurde. Da die ding- und die augenseitigen Blickwinkel zu vergleichen sind, so wird es eben auch hier auf die Veränderung der Winkel ankommen, nur daß hier nicht wie auf S. 59 (Abb. 34) der vordere Augenhauptpunkt $H_{,,}$, sondern der Augendrehpunkt Z' vom Brillenglas in den Dingraum abgebildet wird. Bezeichnet also

$$\Gamma(x', D,)$$

die Winkelvergrößerung im achsennahen Gebiet in ihrer Abhängigkeit von x' und $D,$, so ist damit für verzeichnungsfreie Linsen die Vergrößerung über das ganze Blickfeld gegeben, und man erhält das Ergebnis, daß verzeichnungsfreie Zerstreuungslinsen die dingseitige Perspektive dem Auge unter kleineren, verzeichnungsfreie Sammellinsen unter größeren Blickwinkeln vorführen.

Wie man sieht, ist diese Winkeländerung mit der Brechkraft des Brillenglases eng verbunden, und man kann sich die eine ohne die andere nicht denken, solange es sich um feststehende Brillengläser nach Art der einfachen, verhältnismäßig dünnen Linse handelt. Für diese gilt also die Aussage, daß nach Maßgabe ihrer Brechungsfehler Kurzsichtige die Dinge unter zu kleinen, Übersichtige sie unter zu großen Blickwinkeln sehen.

Im umgekehrten Verhältnis dazu steht die Ausdehnung des Blickfeldes oder die notwendige Größe der Brillengläser. Da der dingseitige Blickwinkel σ eben von dem augenseitigen σ' verschieden ist, so würde, wenn ein Blickfeld fester Ausdehnung 2σ gefordert würde, der Kurzsichtige mit einem wesentlich kleineren Durchmesser des Brillenglases auskommen als der Übersichtige, oder aber bei gleichem Glasdurchmesser hat der Kurzsichtige ein wesentlich größeres Gesichtsfeld als der Übersichtige. Auf der einen Seite ist das das Entgelt, das bei Zerstreuungslinsen gegen die Winkelverkleinerung gewährt wird, und auf der anderen der Preis, der bei Sammelläsern für die Winkelvergrößerung zu zahlen ist. Näheres hierzu sehe man bei H. ERGGELET (<33 157> 806 δ) nach.

Für die Auffassung und Deutung der Perspektive ist es nun selbstverständlich nicht gleichgültig, unter welchen Winkeln sie dem Auge dargeboten wird. Das folgt schon aus der Bemerkung, daß eine perspektivische Darstellung nur dann den richtigen Eindruck des dargestellten Raumdinges zu vermitteln vermag, wenn die auf der Ding-

seite geltenden Entwurfswinkel wieder hergestellt werden. Ist das nicht der Fall, so führt eine Deutung der zwar zeichnungsfreien, aber aus unrichtigem Abstände betrachteten Perspektive auf ein von dem Rauming abweichendes Raumgebilde, mit anderen Worten, es stellt sich eine Änderung der Raumerfüllung ein. Es empfiehlt sich, an den beiden Fällen der Zerstreuungs- und der Sammellinse die Möglichkeiten näher zu betrachten, die hier verwirklicht werden können.

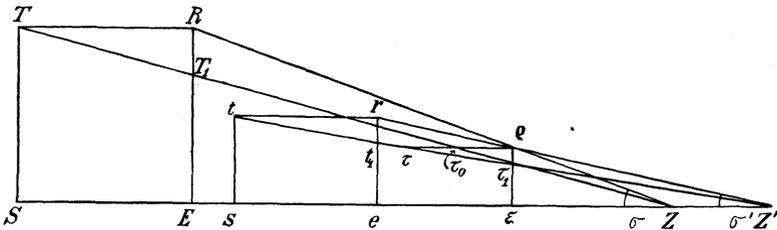


Abb. 110a. Eine bloße Übersichtsdarstellung für die Tiefenänderungen bei einem zerstreuen Brillengläse.

In den nebenstehenden Darstellungen, den Abb. 110 a und b, die sich auf einen Achsenschnitt beschränken, sei als Rauming ein Quadrat $SERT$ gewählt, und es liege Z , der scheinbare Augendrehpunkt, in der Verlängerung der unteren Seite SE . Ferner sei vorausgesetzt, daß der Abstand EZ groß genug sei, um das Auge nicht zum Akkomodieren auf verschiedene Teile des Raumdinges zu veranlassen; diese Annahme ist berechtigt, weil infolge des geringen Pupillendurchmessers die Ab-

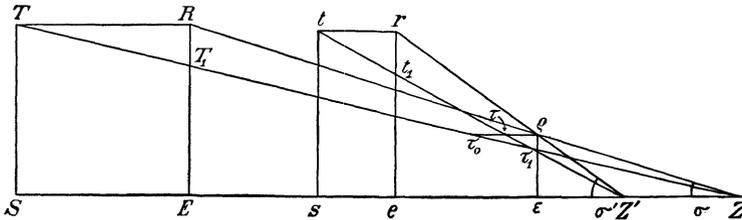


Abb. 110b. Eine bloße Übersichtsdarstellung für die Tiefenänderungen bei einem sammelnden Brillengläse.

bildungstiefe des Auges für einigermaßen entfernte Gegenstände tatsächlich sehr beträchtlich ist. In der Wirklichkeit könnte $SERT$ etwa einen Längsschnitt durch ein Gebäude oder eine Mauer darstellen.

Die Projektion der verschiedenen Dingpunkte auf die unendlich entfernte Schirmfläche bestimmt auf dieser eine ET_1R ähnliche, ebene Darstellung, die von Z aus unter den Winkeln σ erscheint. Nach dem auf S. 96 gegebenen Lehrbegriff einer zeichnungsfreien Linse und nach der hier notwendigen Umkehrung des Strahlenganges gilt zunächst für die in dem Brennpunkt F' errichtete Bildebene, dann aber auch

für jede ihr parallele, in dem beliebigen Achsenpunkte e errichtete Ebene

$$\operatorname{tg} \sigma' / er = \text{Const},$$

wobei in Z' die Hauptstrahlneigungen σ' auftreten.

Man betrachtet also die Darstellung et_1r , die dem dingseitigen, in unendlicher Entfernung entworfenen Abbilde ähnlich ist, unter Winkeln σ' , die von denen σ verschieden sind, unter denen jenes im Dingraume entworfen wurde. Zwei ähnliche ebene Figuren ET_1R und et_1r , deren eine unter den Winkeln σ , deren andere unter den Winkeln σ' erscheint, müssen aber zu einer einzigen ebenen Darstellung (in der Zeichnung $\varepsilon\tau_1\varrho$) in bezug auf Z und Z' perspektivisch liegen, so daß gelten muß

$$\operatorname{tg} \sigma / \operatorname{tg} \sigma' = \varepsilon Z' / \varepsilon Z.$$

Offenbar wird durch die Lagenänderung des Projektionszentrums zunächst nur die Größe der Augendreiwinkel betroffen, und es bleibt auch bei dieser Änderung, wenn es sich um unbekannte Raumdinge handelt. Liegen aber bekannte Gegenstände vor, so kommt die Erfahrung ins Spiel, und es entspricht einer Änderung der Blickwinkel eine Änderung der Raumdeutung, deren wichtigster Fall hier behandelt werden soll.

Wird, wie oben angenommen, eine Mauer betrachtet, so lehrt die Erfahrung von den Größenverhältnissen, daß der Höhenunterschied der unteren gegen die obere Kante für die ganze Mauer fest ist oder daß die obere Kante der unteren parallel läuft. Der Brillenträger wird also geneigt sein, durch r eine Parallele rt zu se zu ziehen und ihren Schnittpunkt t mit der Richtung $Z't_1$ als das Ende der Mauer aufzufassen. Diese als *porrhallaktisch*¹ oder tiefenändernd bezeichnete Umdeutung der Tiefe sei durch die Größen

$$TR / RE; \quad tr / re$$

gemessen. Zieht man noch durch ϱ die Parallele $\varrho\tau_0$ zur Achse, so ergibt sich leicht

$$\frac{TR}{RE} = \frac{\tau_0\varrho}{\varrho\varepsilon}; \quad \frac{tr}{re} = \frac{\tau\varrho}{\varrho\varepsilon},$$

$$\frac{TR}{RE} : \frac{tr}{re} = \tau_0\varrho : \tau\varrho = \varepsilon Z : \varepsilon Z' = \frac{\varepsilon Z}{\varrho\varepsilon} : \frac{\varepsilon Z'}{\varrho\varepsilon} = \operatorname{ctg} \sigma : \operatorname{ctg} \sigma'. \quad (103)$$

In Worten heißt das, ein verzeichnungsfreies Brillenglas vermag nach Maßgabe der Änderung der Blickwinkel eine Tiefenänderung des Raumbildes zu verursachen, und zwar entspricht einem zerstreuenden Glase eine Vertiefung, einem sammelnden eine Abflachung des ursprünglichen Tiefenwertes. Der Grund für diese Erscheinung liegt darin, daß die vergrößernde oder verkleinernde Wirkung der Brillengläser nicht die Tiefe, sondern nur die in der Einstellebene auftretende Breite und Höhe betrifft.

¹ Von *πορόσω* fern und *ἀλλαινω* ändern, nach M. v. ROHR (4. 289).

§ 157. Geschichtliche Bemerkungen zu der Tiefenänderung durch die Brille.

Die hier beschriebenen Tiefenänderungen fielen verständlicherweise bei der Brille F. C. DONDERS (3. 130) auf, und er hat sie eingehend beschrieben, ohne aber ihre Theorie genauer zu behandeln. H. HELMHOLTZ (I. 673) hat dessen Untersuchungen an der Brille wohl allgemein erwähnt, aber für einäugige Instrumente nicht weiter entwickelt. — Diese Überlegungen wurden im Zusammenhang mit den Fragen der beidäugigen Tiefenwahrnehmung 1904 von M. v. ROHR (4.) bei der Behandlung der Aufnahmelinse aufgenommen. Es handelte sich dabei um eine von Lichtbildnern gelegentlich gestellte Aufgabe, wie sei ein von einer verzeichnungsfreien Linse geliefertes Abbildbild einäugig zu betrachten, um den richtigen Eindruck zu erhalten. Er gab die Antwort mit Hilfe seiner bereits 1897 eingeführten Darstellung auf der Einstellebene. Am bequemsten zusammengestellt finden sich diese Überlegungen bei M. v. ROHR (<19 46>, 23).

§ 158. Die Vorführung der Tiefenänderung durch die Brille. Es war ausdrücklich der Ausdruck „vermag zu verursachen“ gewählt worden, denn es liegt bei einäugiger Betrachtung kein Zwang vor, gerade diese Deutung anzunehmen. Es ist auch möglich, daß die Erinnerung mehr an der Tiefenerstreckung haftet als an dem Größenverhältnis der Seitenausdehnung. In einem solchen Falle würde man also bei dem Aufbau des Raumbildes von der Erfahrungstatsache Gebrauch machen, daß die Tiefe SE gleich ist der Höhe RE . Geschieht das, so hört das Raumbild auf, ein Parallelogramm zu sein, und es ergibt sich dann im Falle der Zerstreuungslinse eine Verkleinerung der Höhe des Hintergrundes, bei Sammellinsen aber eine Vergrößerung. Indessen sind das Wirkungen, die man seltener bei Brillen, öfter aber bei der Betrachtung von Lichtbildern bemerkt, die in unrichtiger Entfernung aufgestellt worden sind. Werden Aufnahmen mit Linsen kurzer Brennweite der Akkommodationsschwierigkeiten wegen aus einem zu großen Abstände (d. i. unter zu kleinen Blickwinkeln) betrachtet, so ergibt sich bei bekannten Raumdingen der Vordergrund häufig zu hoch, der Hintergrund zu niedrig. Diese Erscheinung wird manchmal als „Weitwinkelperspektive“ eingeführt. Ist, was seltener vorkommt, der Betrachtungsabstand zu klein, so kann sich der umgekehrt veränderte Eindruck ergeben, und man hat dem photographischen Teleobjektiv diese perspektivische Untugend nachgesagt. Bedient man sich also dieser, bei der Verbreitung der Photographie vielen bekannt klingenden Ausdrucksweise, so kann man sagen, daß unter Umständen Zerstreuungsgläser einen Eindruck von der Außenwelt vermitteln können, der der Perspektive eines Weitwinkels, Sammellinsen einen solchen, der der Perspektive eines Teleobjektivs verwandt ist.

Bei einäugiger Betrachtung wird meistens wohl die Deutung des Raumbildes zwischen den beiden Grenzen liegen, deren eine durch eine reine Tiefenänderung, deren andere durch eine allein die Höhen betreffende perspektivische Umgestaltung angegeben wird.

Wünscht man sich eine Vorstellung von der Wirkung eines solchen vollkommenen Brillenglases zu verschaffen, so geschieht das am besten

mit Hilfe verzeichnungsfreier Lichtbilder. Beträgt nämlich für den Blendenabstand von 30 mm und die Brechkräfte der dünnen Brillengläser

$$\begin{aligned} D_1 &= -6 \text{ dptr}; & \text{tg } \sigma / \text{tg } \sigma' &= 1,18 \\ \text{und für} & & D_1 &= +4 \text{ dptr}; & \text{tg } \sigma / \text{tg } \sigma' &= 0,88, \end{aligned}$$

so muß eine Landschaftsaufnahme, die mit einer Linse von 25 cm Brennweite hergestellt worden ist, von einem Rechtsichtigen einäugig aus der Entfernung

$$29,5 \text{ cm} \qquad 25,0 \text{ cm} \qquad 22,0 \text{ cm}$$

betrachtet werden, wenn derselbe Eindruck vermittelt werden soll, den ein mit

$$-6 \text{ dptr} \qquad \pm 0 \text{ dptr} \qquad +4 \text{ dptr}$$

bewaffnetes Auge von der Landschaft erhält. Da eine Akkommodation auf 22,0 cm nicht jedem Auge möglich ist, und da auch die Vergleichung durch Abstandsverminderung nicht sehr bequem ist, so wird man lieber an dem Betrachtungsabstand von 25 cm (oder einer anderen Entfernung) festhalten und die Aufnahmen entsprechend verkleinern (vergrößern), die die Wirkung von Zerstreuungs- (Sammel-) Linsen verdeutlichen sollen. Es ergibt sich dann für die zugrundegelegte Aufnahme, wenn die Wirkung einer Bewaffnung mit

$$-6 \text{ dptr} \qquad \pm 0 \text{ dptr} \qquad +4 \text{ dptr}$$

einem Rechtsichtigen ohne Abstandsänderung vorgeführt werden soll, eine Wiedergabe im

$$0,85 \qquad 1 \qquad 1,14$$

-fachen Maßstabe.

Ein noch lehrreicherer stetiger Übergang würde sich mit einem besonderen Bildwerfer herstellen lassen, wie er früher für Phantasmagorien gebaut wurde.

Da diese Überlegungen für Rechtsichtige angestellt wurden, so müßte man, um Brillenträgern den entsprechenden Eindruck zu vermitteln, andere Betrachtungsabstände wählen, und zwar nach Maßgabe des Brechungsfehlers für Kurzsichtige kürzere, für Übersichtige längere.

Diese Überlegungen gelten für verzeichnungsfreie Brillen, die sich, wie auf S. 107 ϵ bemerkt worden war, mit Hilfe einer asphärischen Fläche daneben auch noch als punktmäßig abbildende herstellen lassen.

Über die Änderung der Raumerfüllung etwa nach Entfernung der Kristalllinse und Verwendung einer punktmäßig abbildenden Brille hat H. ERGGELET (<33 157> 807) aus reicher Erfahrung Angaben gemacht und die Erscheinungen im einzelnen erklärt.

Geht man nun auch noch auf die Verhältnisse bei verzeichnenden Brillen ein, so weicht das Raumbild noch insofern von dem vorher beschriebenen ab, als der Maßstab der Wiedergabe nicht über das ganze Blickfeld fest bleibt. Gerade Linien des Dingraums, die nicht die Achse

schneiden, erscheinen also in der früher (S. 96) beschriebenen Weise gekrümmt. Eine derartige Änderung tritt, wie gleichfalls schon bemerkt wurde, bei den gewöhnlichen punktmäßig abbildenden Brillengläsern auf. Der Brillenträger gewöhnt sich zwar schnell an diesen Fehler, doch wird er leicht bemerkt, sobald man die Aufmerksamkeit darauf richtet. Ein besonderer Nachteil aber wird für das einäugige Sehen dadurch nicht verursacht.

§ 159. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Darstellungen zur Fälschung der Raumerfüllung auch durch verzeichnungsfreie Brillengläser wurden zuerst 1911 und 12 in den wenigen Vorlesungen zur Brillenkunde vorgeführt, die mir meine Gesundheit noch zu halten gestattete. Dafür wurde ein Bildwerfer von O. HENKER geplant und gebaut, der mittels zwangsläufiger Verschiebung des Glasbildes ermöglichte, auf einem festen durchscheinenden Schirme ein Bild zu entwerfen, dessen Größe zwischen zwei merklich verschiedenen Grenzen nach Belieben gewählt werden konnte. Eine kurze Beschreibung dieser Erfindung findet sich bei H. ERGGELET ((16 30) 358).

A. SONNEFELD (33⁶⁸⁶) hat die Tatsache zu erklären versucht, daß ein geübter Beobachter beim Tragen eines Largon-Glases unter Schwindel litt, einer Störung, die bei einem Punktalglase ausblieb. Er findet den Grund in dem Unterschied zwischen der Verzeichnung beim ruhenden Auge (mit einem bildseitigen Blendenabstande von etwa 12 mm) und beim bewegten Auge (mit einem bildseitigen Blendenabstande von etwa 25 mm). Die Einzelheiten sind an der angegebenen Stelle nachzulesen.

2. Die Brille als Sehhilfe für beide Augen.

§ 160. Das Vorkommen der beidäugigen Brille. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle wird nun nicht ein einzelnes Brillenglas benutzt, sondern der Brillenträger bewaffnet ein jedes seiner beiden Augen.

§ 161. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Einen unbezweifelbaren Beleg für das Bestehen der beidäugigen Brille — zum mindesten in der Nachbarschaft von Venedig — gibt ein 1352 gemaltes Wandbild zu Treviso, worüber bei O. HALLAUER (2.) nähere Nachrichten zu finden sind. Auch daraus, daß die Bezeichnung der Brille in den verschiedenen Sprachen durch ein Wort in der Mehrzahl gebildet ist — unser Ausdruck *die Brille* ist ebenfalls (S. 11¹) aus einer solchen Form (der Brill, Mehrzahl die Brille) entstanden —, kann man schließen, daß zu der Zeit, wo die Augengläser in größerer Zahl auftraten, die einäugige Form von der beidäugigen zurückgedrängt wurde. — Zunächst handelte es sich wohl meist um eine zum Vorhalten bestimmte, gelenkte Verbindung zweier gestielter Eingläser, die *Nietbrille*, dann stellte sich die zum Aufklemmen auf die Nase bestimmte *Lederbrille* und — jedenfalls schon im 15. Jahrhundert — die vielfach hörnerne *Bügelbrille* ein, die allmählich als *Schlitz-Bügel-Brille* eine bessere Federung erhielt und — vielleicht nach niederländischem Vorbild — auch in Metall als *Klemmbrille* ausgeführt wurde. — Solche wenig sorgfältig hergestellte Stücke wurden namentlich in den oberdeutschen Reichsstädten Nürnberg und Fürth sowie Augsburg in ungeheuren Mengen und zu äußerst geringen Preisen — von 6 Pfg. ab im Großhandel — auf den Markt geworfen. — Die erste Form einer fest vor den Augen sitzenden, allerdings noch schwierig auf- und abzusetzenden Brille geht auf Spanien und Italien zurück, wo diese ersten „Faden“brillen bereits im letzten Viertel des 16. Jahrhunderts erschienen. In Spanien sind sie noch um 1763 bekannt, scheinen dann aber vor der gleich zu besprechenden *Schlafenbrille* englischer Er-

findung zu verschwinden. — Diese englische Schläfenbrille mag zu London im ersten Viertel des 18. Jahrhunderts erfunden sein — der erste gesicherte Beleg ist vom Jahre 1728 — und verbreitete sich über West- und Mitteleuropa mit großer Schnelligkeit. Den Kopf umgreifende Bügel mögen sich schon gegen 1751 eingeführt haben; unsere *Ohrenbrillen* scheinen nicht vor dem zweiten Viertel des 19. Jahrhunderts in weiteren Gebrauch gekommen zu sein. — Die Stimmung der gesellschaftlich maßgebenden Kreise war zunächst gegen die Brille, was offenbar unter der Einwirkung des französischen Brauchs (eigentlich der alten Sitte an den Renaissance-Höfen) geschah. Vom ersten und zweiten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts ab kann man aber mit Sicherheit die allgemeine Verbreitung der Augengläser ansetzen. — Der heutige Klemmer stammt wahrscheinlich aus den 40er Jahren des vorigen Jahrhunderts, und er ward namentlich im Hinblick auf die Verwendung astigmatischer Linsen ständig derart entwickelt, daß die Lage der Gläser von der gerade vorliegenden Nasenform möglichst unabhängig wurde. Als Schlußstein kann man den COTTETSchen (30 ⁹⁸149), seit 1894 entwickelten *Fingerklemmer* bezeichnen. — Eingehendere Darstellungen zur Brillengeschichte finden sich in großer Zahl; von zusammenfassenden seien hier die von R. GREEFF (21 122) und M. v. ROHR (30 ⁷³14) angeführt.

§ 162. Eine Aufgabe bei der Anpassung einer beidäugigen Brille. Zunächst mag man annehmen, daß die beiden Drehpunkte auf einer waagrechten Geraden angeordnet seien; die noch wenig untersuchten Höhenabweichungen mögen vorderhand unbeachtet bleiben. Jener waagrechte Abstand mag als der *Augenabstand I* bezeichnet werden, und zwar gilt für ihn die Ungleichung

$$50 \text{ mm} \leq I \leq 74 \text{ mm},$$

da Werte über diese Grenzen hinaus so selten vorkommen, daß sie vorläufig unbeachtet bleiben können.

Die Augendrehpunkte scheinen bei den europäischen Völkern recht häufig nicht symmetrisch zur Mitte des Nasenrückens zu liegen, und die Kenntnis dieses Umstandes ist für die richtige Anpassung punktmäßig abbildender Brillengläser von einer großen Wichtigkeit. Seine Verdeckung spielt bei der Brillenanpassung eine gewisse Rolle. — Aus den später anzuführenden KÖGELSchen Zahlengruppen (<16 68, 141>) seien hier zwei besonders gegensätzliche Fälle mitgeteilt. Dabei sollen der Einfachheit wegen nur die großen, über 1 mm betragenden Asymmetrien angegeben werden, und zwar bedeutet das Zeichen — eine Verschiebung der Mitte des Nasenrückens nach rechts, das Zeichen + eine solche nach links.

Die Asymmetrie des Nasenrückens ihrer Häufigkeit nach.

	Die Zahlen selbst			Nach Hundertteilen		
	über -1 mm	zwischen -1 und +1 mm	über +1 mm	über -1 mm	zwischen -1 und +1 mm	über +1 mm
bei 300 Engländern	26	219	55	8,7	73,0	18,3
bei 150 Gurkhas	3	147	0	2,0	98,0	0,0

Näheres möge man an den angegebenen Stellen nachlesen.

§ 163. **Geschichtliche Bemerkungen dazu.** Ins einzelne gehende Untersuchungen über den Augenabstand sind aus früherer Zeit nicht bekannt geworden, obwohl man sie sicherlich angestellt hat, namentlich im Hinblick auf den schon früh vermuteten Zusammenhang einer besonderen Größe des Augenabstandes mit dem Vorhandensein von Kurzsichtigkeit ($\langle 15/16 \ 135, 138 \rangle$). So hat H. KÖGEL ($\langle 19 \ 74 \rangle$) auf eine derartige Arbeit F. HOLMGRENS aus dem Jahre 1879 hingewiesen und ihre Zahlenangaben in der später üblichen Weise verwertet. — Ältere Abstandsmessungen von größerer Genauigkeit finden sich beispielsweise 1873 bei P. SCHRÖTER (*I.*) auf Grund der Beobachtung des Pupillenbildes im ebenen Spiegel (auch F. HOLMGREN war so vorgegangen) und 1877 bei W. v. ZEHENDER (*2.*) unter Benutzung der MEYERSchen Tapetenbilder. — Die ersten eingehender bearbeiteten Messungen der Augenabstände (für Dänen beider Geschlechter) scheint E. HERTZSPRUNG (*I.*) 1904 veröffentlicht zu haben. Eine eingehende Arbeit mit den Häufigkeitswerten geht in neuerer Zeit auf R. HELMBOLD ($\langle 14/15 \ 1 \rangle$) zurück, der 300 Deutsche und 225 Slawen (möglichst Rechtsichtige beider Geschlechter) auf den Augenabstand und seine Symmetrie zur Mitte der Nasenwurzel gemessen und ($\langle 15/16 \ 97 \rangle$) seine Zahlen bearbeitet hat. Ihm folgte H. KÖGEL ($\langle 16 \ 1, 33, 65, 129 \rangle$), der Messungen in Kriegsgefangenenlagern ausführen konnte und eine Zahlensammlung von bemerkenswertem Umfang zusammenbrachte.

Bei der Brillenanpassung wurde der Augenabstand schon früh berücksichtigt; so nahm 1821 J. G. A. CHEVALLIER (*I.*) auf ein zweckmäßig angelegtes Brillengestell ein Patent. — J. T. HUDSON (*I.*) legte bei der Anpassung Wert darauf, den Glasmitten einen Abstand zu geben, der mit dem der Pupillenmitten übereinstimmte. Der sogar für England geringe Wert von 57 mm, den er dafür angab, läßt die Annahme glaubhaft erscheinen, daß er gelegentlich den Pupillenabstand bei der Betrachtung naher Gegenstände angenommen habe. — Auch A. CHEVALIER (*I.*) hat großen Wert auf diese Verhältnisse gelegt: er bediente sich bereits verschiedener Hilfsvorrichtungen, sei es, um den Pupillenabstand oder die Höhenlage der Augenachsen oder die Kopfdicke in der Schläfengegend zu bestimmen. — TAUBER in Leipzig zeigt 1851 unter Nr. 22 an „Brillen mit vollkommenem Mittelpunkt. Dieselben werden vermittelt einer besonderen Vorrichtung so vor das Auge gestellt, daß dasselbe genau durch den Mittelpunkt des Glases sieht.“ Er schreibt also dieser Anpassung ebenfalls eine große Wichtigkeit zu. — Daß Brillenfabriken darauf Rücksicht nahmen, läßt sich in Deutschland für das Jahr 1868/9 nachweisen, wo E. BUSCH in Rathenow für den Zwischenraum von 52 bis 71 mm 8 Abstufungen in den Gestellen vorsah. — Zu der Verdeckung von merklichen Asymmetrien sei auf G. KLOTH (*I.*) und O. HENKER (*4.*) hingewiesen; genau kann auf diesen Gegenstand hier nicht eingegangen werden, da er eigentlich bei der Brillenfassung zu behandeln wäre.

§ 164. **Die Tiefenfälschung (Porrhallaxie) der vollkommenen Brille.** Nimmt man einen Beobachter an, dessen beide Augen den gleichen Brechungsfehler haben (der Fall der Gleichsichtigkeit oder *Isometropie*), so wird man, wenn es sich um einen hinreichend entfernten Gegenstand handelt, die Fernbrillengläser offenbar so miteinander verbinden, daß ihre Achsen einander parallel laufen und geradeaus nach vorn gerichtet sind. Nach den auf S. 210 vorausgeschickten Überlegungen entstehen dann auf den Bildflächen der beiden Brillengläser zwei Abbildsbilder, deren jedes von dem zugehörigen fehlsichtigen Auge betrachtet wird. Sobald Gegenstände in endlicher Entfernung vorliegen, ist die Perspektive dieser beiden Abbilder nicht identisch, da ja die beiden Pro-

jektionszentren verschiedene Stellen im Raume einnehmen, genauer gesagt, um den Augenabstand voneinander entfernt sind.

Ein jeder Punkt eines solchen Abbildsbildes bestimmt nun mit dem zugehörigen Drehpunkt eine Richtung, und diese Richtungen beider Augen schneiden sich im Raume in einem bestimmten Punkte, der zu dem beidäugig wahrgenommenen Raumbilde gehört. Obwohl also jedes einzelne Abbildsbild in endlicher Entfernung vom Augendrehpunkt zustande kommt, weisen die Punkte des beidäugig gesehenen Raumbildes ganz verschiedene Abstände von den Augendrehpunkten auf. Es tritt also bereits bei der Doppelbrille eine Trennung zwischen Konvergenz und Akkommodationszustand auf, und das ist kennzeichnend dafür, daß eine stereoskopische Vorkehrung mit flächenhaften Halbbildern vorliegt. Aus der allgemeinen Behandlung dieser Einrichtungen wird man die Folgen für die Vereinigung zweier Einzelbilder entnehmen können, die unter andern Blickwinkeln σ' betrachtet werden, als für die Aufnahmen σ in Betracht kamen. Genaueres findet sich bei M. v. ROHR (4. 289); hier sei nur das Ergebnis entnommen, daß das unter diesen Umständen zustande kommende Raumbild tiefenunrichtig (porrhallaktisch) ist. Wenn man berücksichtigt, daß Doppelbrillen viel verbreiteter sind als Einzelgläser, so wird man verstehen, warum oben bei der Behandlung dieser Einzelgläser dem tiefenunrichtigen Eindruck, den sie vermitteln können, eine weit größere Bedeutung beigelegt worden war als der dort auch möglichen perspektivischen Veränderung der Höhen im Vorder- oder im Hintergrunde.

Von den vorhandenen Brillenformen sind nach dem Vorhergegangenen nur zu nennen die GULLSTRANDSchen Gläser und die Fernrohrbrillen. Für die erstgenannte Anlage gilt das oben Gesagte dann in vollem Umfange, sobald man bei den höheren Brechkraften vor einer entschiedenen Durchbiegung nicht zurückschreckt. Für die an letzter Stelle genannten stellt es sich heraus, daß hier eine tiefenändernde Wirkung für die blickenden Augen nicht auftritt, wenn die Blickwinkel σ und σ' auf der Ding- und auf der Augenseite einander gleich sind. Eine solche Fernrohrbrille hat also für das damit bewaffnete blickende Auge den Vorteil, daß sie nur seine Sehschärfe steigert, aber die Perspektive unverändert läßt, unter der es die Außenwelt wahrnimmt. Die Perspektive des Blickens für ein jedes der beiden Augen ist von der eines am gleichen Orte befindlichen rechtsichtigen Auges überhaupt nicht verschieden, und deswegen stimmt auch sein beidäugig erblicktes Raumbild mit der beidäugigen Wahrnehmung eines Rechtsichtigen genau überein. Für zeichnungsfreie Fernrohrbrillen aber, bei denen der hintere Hauptpunkt nicht mit dem Augendrehpunkt zusammenfällt — und das wird die Regel sein —, treten auch wieder Tiefenänderungen auf.

§ 165. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Auf die Bedingungen beim beid-
 äugigen Sehen durch eine Brille ohne Berücksichtigung der Verzeichnung ging
 F. C. DONDERS (3. 136) ein und ermittelte durch eine sehr überschlägliche Be-
 trachtung, daß sammelnde Gläser auf eine Abflachung, zerstreuende auf eine Ver-
 tiefung ziemlich entfernter Raumdinge führten. Seine Bemerkung (141) zu der
 geringen Genauigkeit der derzeitigen Brillenanpassung läßt erkennen, daß man
 damals zur Aufstellung einer auch nur auf dieser Stufe strengen Brillenlehre für
 das blickende Einzelauge noch nicht gelangt war, geschweige denn zu einer solchen
 Behandlung der beidäugigen, das Blicken unterstützenden Brille. — Zu demselben
 Schluß kann man auch auf Grund der Behandlung kommen, die ein so guter Kopf
 wie R. H. Bow (2. 261) der Brille als einem binokularen Instrument ungefähr zu
 gleicher Zeit zuteil werden ließ. — Auf die allgemeine Ableitung der Tiefenänderung
 verzeichnungsfreier Linsenfolgen mit parallelen Achsen im Jahre 1904 ist schon
 oben hingewiesen worden.

§ 166. Das beidäugige Sehen durch die gewöhnliche Fernbrille.
 Alle vorher nicht genannten Brillen weichen aber insofern von dem
 vollkommenen Falle ab, als sie verzeichnen. Das hat zur Folge, daß
 im allgemeinen die beiden von einem beliebigen Dingpunkt ausgehenden
 Hauptstrahlen im Augenraum Richtungen erhalten, die sich, rückwärts
 verlängert, nicht schneiden, sondern zueinander windschief verlaufen.
 Ein einfacher Beweis für diese Behauptung läßt sich auf folgende Weise
 führen. Außerhalb der Symmetrieebene des Beschauers und außerhalb
 der waagrechten Ebene durch seine beiden Drehpunkte sei in endlichem
 Abstände ein Dingpunkt O_o gegeben. Man ziehe durch O_o eine Parallele
 zur Verbindungslinie der beiden Augendrehpunkte, dann hat ein jeder
 Ort auf dieser Geraden für jedes der beiden Augen denselben Hub- oder
 Senkwinkel wie O_o selber, wenn der Beobachter mit senkrecht gehaltenem
 Kopf vorausgesetzt wird. Nimmt man nun ohne Änderung der Kopf-
 haltung den Beobachter fehlsichtig und mit seinen beiden achsen-
 symmetrischen und richtig angepaßten Fernbrillengläsern bewaffnet an,
 so wird jedes einzelne Brillenglas jene Gerade als eine nach beiden Seiten
 symmetrische Kurve abbilden, die je nach dem Vorzeichen der Brech-
 kraft ihre hohle Seite nach oben oder nach unten kehrt. Mit andern
 Worten wird O_o für jedes Auge ein besonderer Bildpunkt O'_{ol} O'_{or} mit
 einem verschiedenen Hub- oder Senkwinkel σ'_l oder σ'_r entsprechen;
 es wird also im allgemeinen ein Höhenfehler $\sigma'_l - \sigma'_r$ vorhanden sein,
 so daß die beiden O_o entsprechenden augenseitigen Blickrichtungen
 zueinander windschief sein werden. Infolge dieses Umstandes ist es
 nicht mehr möglich, eine einfache Beziehung zwischen Rauming und
 Raumbild abzuleiten, da es strenggenommen ein Raumbild nicht mehr
 gibt. Ein einheitlicher Eindruck kann aber dennoch zustande kommen,
 weil der Träger einer solchen Brille leicht lernt, seine Augenmuskeln
 so spielen zu lassen, daß auch im allgemeinen Falle beim Blicken die
 Augenachsen mit den augenseitigen Hauptstrahlrichtungen zusammen-
 fallen, so daß der Dingpunkt O_o auf entsprechenden Netzhautstellen

abgebildet wird. Es ist aber offenbar die nähere Untersuchung der auf diese Weise zustande kommenden Raumempfindung nicht mehr eine Aufgabe der Optik, sondern eine solche der Physiologie oder Psychologie, da ein mathematisch faßbares Raumbild O_e für beide Augen überhaupt nicht vorliegt.

§ 167. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Deutlich unterschieden zwischen streng geometrisch-physikalisch behandelbaren beidäugigen Vorrichtungen und solchen, die sich nur einer physiologisch-psychologischen Untersuchung darbieten, hat zuerst wohl M. v. ROHR (6.) 1909 in einer gemeinsam mit O. HENKER veröffentlichten Arbeit; er hat 1917 (35.) diesen Gedanken noch einmal wiederholt und dabei daran erinnert, daß C. TH. TOURTUAL 1842 in einer das Stereoskop behandelnden Arbeit auf die Möglichkeit solchen windschiefen Verlaufs hingewiesen habe.

§ 168. Das beidäugige Sehen durch eine Nahbrille. Nimmt man an, daß bei einer Nahbrille die Hauptebenen der beiden Einzellinsen miteinander einen nach außen gekehrten Winkel von etwa 170° einschließen, so läßt sich eine Erklärung dieser Vorschrift durch einen Hinweis auf die deutliche Abbildung geben. Man war eben bei den alten nicht punktmäßig abbildenden Gläsern abgeneigt, für das beidäugige Sehen auf den besten Teil des Blickfeldes jeden Brillenglases zu verzichten. Hinzu kam, daß infolge der physiologischen Verbindung zwischen Akkommodation und Konvergenzinnervation, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, bei sammelnden Altersbrillen in manchen Fällen eine gewisse Konvergenz der allenfalls durch die beiden Augendrehpunkte gehenden optischen Achsen der Brillen vorhanden sein sollte. Es ist verständlich, daß durch diese Neigung der Brillenachsen gegeneinander der windschiefe Verlauf der augenseitigen Blicklinien in den Seitenteilen des beidäugigen Blickfeldes nicht bekämpft wurde, und man ist bei punktmäßig abbildenden dünnen Nahbrillen auch nicht von der Vorschrift abgegangen, die Achsen der beiden Einzelgläser durch die Augendrehpunkte gehen und auf ihrer Verbindungslinie senkrecht stehen zu lassen. Eine derartige Einrichtung hat den Vorteil, daß Ebenen, die zur Richtung der beiden Achsen senkrecht stehen, Ebenen bleiben, wenn sich freilich auch ihr Abstand voneinander infolge der Tiefenumdeutung ändert, deren Einfluß man bei den hier vorausgesetzten dünnen Linsen doch nicht entgehen kann. Daß aber die beiden Linsenachsen die Einstellebene nicht in demselben Punkte durchstoßen, ist ganz nebensächlich, wie ja auch diese Bemerkung von den Achsen der beiden Hälften eines gewöhnlichen Theaterglases gilt, mit dem man etwa ein Gemälde betrachtet, oder von den beiden Achsen der Fernbrille eines akkommodationsfähigen Brillenträgers, sobald er damit liest: hinsichtlich der Perspektive wird bei zeichnungsreifen Instrumenten zur Unterstützung des freien unbehinderten Sehens nur verlangt, daß der Augendrehpunkt den vorgeschriebenen Achsenort einnehme.

Daß aber unter allen Umständen in den Seitenteilen einer so angepaßten Nahbrille Abweichungen von den Verhältnissen beim natürlichen Sehen mit unbewaffneten Augen einträten, scheint schon ziemlich früh bemerkt worden zu sein und zu verschiedenen Abänderungsvorschlägen geführt zu haben.

§ 169. **Geschichtliche Bemerkungen zur Behandlung der Nahbrille.** Zuerst trat auf diesem Felde wohl B. MARTIN (*I.*) 1756 auf. Für das Gestell seiner Nahbrille mit breiten Hornrändern (s. S. 6 β) war eine derartige Form gewählt worden, daß sich die Achsen der beiden Gläser im Arbeitsabstande an einem Punkte der

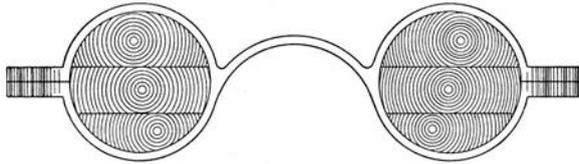


Abb. 111. Vorderansicht der Dreistärkenbrille nach HAWKINS (16 91). Die Scheitel der Linsenstücke sind durch kleine Kreise hervorgehoben. Man beachte die geringen Linsendurchmesser.

Symmetrieebene schnitten. Es waren also die Glasmitten in einen entsprechend kleineren Abstand voneinander zu bringen, als wenn die Parallelstellung der Augenachsen berücksichtigt worden wäre, und ferner mußten die Ebenen der Glasränder gegeneinander geneigt werden. — Dieser Gedanke wurde 1826 von J. I. HAWKINS (*I.*) bei der Vorschrift für seine Dreistärkenbrillen wieder aufgenommen. Die Hauptblicklinie soll die Mitte eines jeden Einzelteils senkrecht durchsetzen, und darum müssen die Scheitel der Nahenteile entsprechend genähert werden, und die Teile selbst sind gegeneinander um so mehr zu neigen, je nähere Gegenstände in Frage kommen. Die drei Abb. 111—113 zeigen deutlich, wie er in seinem eigenen Falle verfahren war, wo die Teile der Reihe nach die Brechkraften 1,4; 3,3 und 5,6 dptr hatten. — Notwendig ist eine solche Ausrichtung



Abb. 112. Blick von oben auf die Dreistärkenbrille nach HAWKINS (16 91). Die drei Paare gestrichelter Linien zeigen die Neigung der mittleren Linsenebenen gegeneinander.

der beiden Achsen auf den Hauptkonvergenzpunkt bei der ZEISSISCHEN *Brillenlupe*, die aus zwei einzelnen Lupenbrillen (s. S. 144 γ) zusammengesetzt ist. Da solche Vorkehrungen den WESTENSCHEN, von W. v. ZEHENDER empfohlenen binokularen Hornhautlupen nahestehen, so sei auf ihre Geschichte bei M. v. ROHR (15. 206) und W. STOCK hingewiesen. O. HENKER (3.) hat 1915 das Gestell dieses Geräts mit einem Kreisbogen um den Hauptkonvergenzpunkt als Zentrum versehen, so daß die vorher nicht ganz einfache Anpassung der Brillenlupe wesentlich erleichtert worden ist. — Inzwischen war 1792 die erste große Veröffentlichung des schottischen Arztes W. CH. WELLS (*I.*) über das beidäugige Sehen erschienen. Er machte in dieser Schrift auf eine Änderung aufmerksam, unter der beim Brillenträger das beidäugige Sehen dem Rechtsichtigen gegenüber vor sich geht. Wenn er nämlich nahe Gegenstände durch seine Brille betrachtete, wobei die Strahlen durch die inneren Hälften beider Gläser traten, so mußten sich infolge der Prismenwirkung der schief benutzten sammelnden Brillengläser die Pupillen mehr nähern als beim freien unbehinderten Sehen, und damit war ihm ein Anlaß zur Änderung der

Akkommodation gegeben. — Auf die einigermaßen entsprechende Behandlung der zerstreuenen Brille durch G. U. A. VIETH (*I.*) um 1818 sei ebenfalls hingewiesen; ihm kam es besonders darauf an, starke Konvergenzen der Augenachsen kurzsichtiger zu vermeiden. — Der Gedanke, eine Nahbrille für beide Augen aus einem genügend breiten Querstreifen einer großen Sammellinse herzustellen, scheint zuerst 1851 in der englischen Glasbrille von sammelndem Zeichen nach Abb. 114 verwirklicht worden zu sein. Bei beidäugigem Gebrauch eines solchen Glases stehen, wenn man die Längsabweichung der großen Linse vernachlässigt, von selbst die Akkommodation auf das nicht auffangbare Bild und die Konvergenz in dem Zusammenhange, den sie bei der Betrachtung eines greifbaren Gegenstandes gleicher Lage haben würden. — Hier sind die auf 1859 fallenden Bestrebungen E. BRÜCKES (*I.*) in betreff der *Dissektionsbrille*, den Akkommodationszustand beim Brillenträger der Arbeitsentfernung besser anzupassen, und die ähnlichen F. GIRAUD-TEULONS (*I.*) anzuschließen, der sich im Jahre darauf mit einer solchen Aufgabe für Sammel- und für Zerstreungsgläser abgab. — Wohl im Zusammenhang damit nahm 1862 .. DUVALDESTIN (*I.*) ein unveröffentlicht gebliebenes Patent auf eine besonders für das beidäugige Sehen bestimmte Brille. Er ging dabei ebenfalls auf die Verhältnisse ein, wie sie bei beidäugiger Betrachtung naher Gegenstände durch eine große plankonvexe Linse auftreten. Die bei einem solchen Strahlengang benutzten Teile verwandte er, herausgeschnitten und durch nachträgliche Bearbeitung der ursprünglichen Planfläche den gerade vorliegenden Brechungsverhältnissen der Augen angepaßt, als Brillengläser. Es ist nicht anzunehmen, daß diese Arbeit ein besonderes Aufsehen erregt habe, wie ja auch die Vorschriften im einzelnen nicht einwandfrei sind, aber sie zeigt deutlich, daß man auch in den Kreisen der Optiker die Wichtigkeit dieser Aufgabe erkannt hatte und sich um eine Lösung bemühte. — Wiederum auf die Grundanlage der englischen Glasbrille gewissermaßen zurück griff der Ingenieur¹ H. SCHEFFLER (*I.*, 2., 3.); in den Jahren zwischen 1865 und 68 empfahl er als *orthoskopische Brille* zwei besondere Gläser mit Prismenwirkung zu verwenden: sie seien so aus den gegenüberliegenden Teilen einer großen Einzellinse zu schneiden, daß von dem oben angeführten gläsernen Querstreifen nur die Enden verwandt würden. Seine Absicht hat er damals wohl nicht durchführen können, doch wird sie, wie sich sogleich zeigen wird, noch später auftreten. — Ebenfalls aus einem solchen Gedankengange heraus suchte der Australier P. J. EDMUNDS (*I.*) 1889 einen Schutz nach

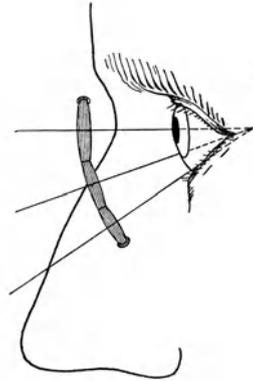


Abb. 113. Seitenansicht des Brillenträgers; Brillenglas in dem senkrechten Achsenschnitt durch das oberste Linsenstück. Die neu gezeichneten punktierten Verlängerungen der Blickrichtungen führen auf den Augendrehpunkt (16 91).

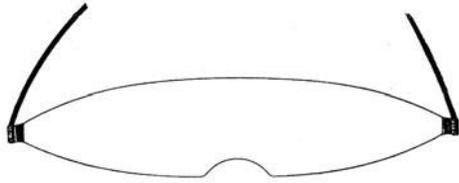


Abb. 114. Englische Nahbrille von 1851 (13/14 175).

¹ Es war ein braunschweigischer Baurat, der sich einige Zeit hindurch — nach (*I.* Bd. 2, 96) seit 1863 — mit großem, durch keine augenärztlichen Kenntnisse gebändigtem Feuer, aber ohne erkennbaren Erfolg mit einer Brillenaufgabe beschäftigt hat; er wollte durch seinen Vorschlag eine bessere Übereinstimmung von Konvergenz und Akkommodation erreichen.

auf eine prismatische Brille, die er so zu berechnen wünschte, daß sie nahe Gegenstände mit beiden Augen ordnungsmäßig zu betrachten gestatte. Da er aber die dafür nötige Prismenwirkung nur mit Hilfe von Annäherungsformeln berechnete, so wird sein Ergebnis voraussichtlich nicht sehr vollkommen gewesen sein. — Umfangreichere Überlegungen spielen 1898 nach Abb. 115 bei der mit geneigten Gläsern versehenen Doppellupe E. BERGERS (1, 2.) eine Rolle. — Später

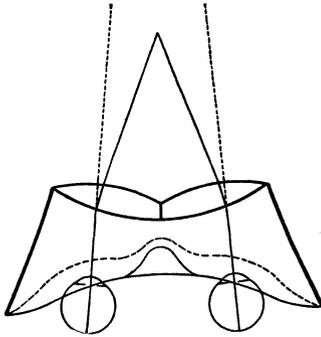


Abb. 115. Die BERGERSche Doppellupe mit gegeneinander geneigten Gläsern.

hat das Rathenower Brillenwerk von NITSCHKE & GÜNTHER solche Formen von mäßiger Vergrößerung auf Grund der Verfolgung schiefer Bündel in zweckmäßiger Durchbiegung als *Rektivist-Lupenbrille* herausgebracht.

§ 170. Das beidäugige Sehen durch eine Zweistärkenbrille. Die oben (S. 222/3) erwähnte Verbindung zwischen Akkommodation und Konvergenzinnervation bietet namentlich bei der Anpassung von Vorhängern und von Zweistärkengläsern gewisse Schwierigkeiten dar. Bei Vorhängern wird man entsprechend den neuzeitigen Ansichten über punktmäßig abbildende

Nahbrillen die Achsen der beiden Vorhängerteile mit den Achsen der beiden Fernbrillengläser zusammenfallen lassen. Bei den Zweistärkengläsern hat man sich früher so zu helfen gesucht, daß man den Begriff des optischen Mittelpunkts benutzte und sich gegenwärtig hielt, daß alle diesen Punkt durchsetzenden Strahlen im Ding- und im Bildraum die gleiche Richtung innehalten. Bei einem Zweistärkengläse gibt es je einen solchen optischen Mittelpunkt für den Nahe- und für den Fernteil. Größere Abweichungen gegen die punktmäßige Abbildung längs den Hauptstrahlen, die den optischen Mittelpunkt selbst oder seine Nachbarschaft durchsetzen, suchte man durch eine der verschiedenen Formen zu vermeiden, die im vorhergehenden (S. 146) geschildert worden sind.

§ 171. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Die oben angeführte schöne HAWKINSISCHE Lösung kann man hier im allgemeinen nicht verwerten, weil in der heutigen Zeit die allein durch die Fassung zusammengehaltenen Formen der Mehrstärkenlinsen keinen Markt mehr finden und darum nicht mehr hergestellt werden. Bei den späteren, weniger auffälligen Formen, mögen sie nun wie zuerst durch Kittung oder wie später durch Anschliff oder Verschmelzung hergestellt worden sein, hat man sich hinsichtlich des beidäugigen Sehens vielfach darauf beschränkt, die optischen Mittelpunkte der Nahteile einander mehr zu nähern als die der Fernteile. — Hier sind z. B. TH. PR. MOUSSIER & . . BOULLAND (3.) vom Jahre 1855 zu nennen, wo sie auf eine Änderung an ihren Zweistärkengläsern hinwiesen; sie näherten nämlich die Zentren ihrer angekitteten Nahteile offenbar zu dem Zwecke, die Formänderung der Raumbilder zu vermindern, die eine Folge der bei schiefer Benutzung eintretenden Verzeichnung ist; eine solche tritt bei der Betrachtung näherer Gegenstände ein, wenn die Entfernung der Brillenscheitel mit dem Abstände der Augendrehpunkte übereinstimmt. Wie man sieht, kamen

sie für ihre Hilfsinsen etwa zu einer Anpassung, wie sie J. T. HUDSON (s. S. 218 β) im allgemeinen Falle bereits empfohlen hatte. — Von neuem wies 1906 S. SLAGLE (*I.*) darauf hin, daß die Zentren der Nahteile eine geringere Entfernung haben müßten als die der Fernteile. Er erwähnte auch die Möglichkeit, den Nahtteilen keine höhere Brechkraft zu geben, sondern für akkommodationsfähige Brillenträger nur ihre Zentren mehr aneinanderzurücken. — In Übereinstimmung damit lieferte M. BENTZON (*I.*) seit 1908 die nach seinem Patent hergestellten Gläser als Doppelzentriergläser auch so ausgeführt, daß die optischen Mittelpunkte der Nahteile einander ein wenig mehr genähert sind als die der Fernteile. — Indessen sind in neuerer Zeit auch Stimmen laut geworden wie die von E. WEISS (7. 237), wozu nach der Nahteil überhaupt nicht zu dezentrieren sei; damit kommt man auf die oben hinsichtlich der punktmäßig abbildenden Nahbrillen wiedergegebenen Anschauungen zurück. — Eine besondere Art von Zweistärkenbrillen mit Ausrichtung beider Teile zu derselben Achse stellt nach Abb. 116 die ZEISSISCHE *Brillenlupe für Fehlsichtige* dar. Dort liefert der Nahteil eine zweifache Vergrößerung und wird von dem Fernteil allseitig umschlossen.

§ 172. Die beidäugigen Brillen für Schielende. Hier sind die bloßen *Lochbrillen* eines ungemein hohen Alters von den *prismatischen* Brillen zu unterscheiden, die etwa seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts (s. S. 152 α) verwendet werden. Bei ihnen tritt nicht nur eine Änderung der Augendrehwinkel gegenüber den scheinbaren Blickrichtungen ein, sondern es ändert sich auch die Konvergenz. Dies kann dazu führen, daß nahe Gegenstände von dem Brillenträger in eine ganz andere Entfernung verlegt und dann zu klein oder zu groß empfunden werden.



Abb. 116. ZEISSISCHE Brillenlupe für Fehlsichtige nach (13/14 + 13 25). Das in zweifacher Vergrößerung wiedergegebene Nahgebiet wird von dem nicht vergrößerten Ferngebiet ringartig umfaßt.

§ 173. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Schon in der Zeit des oströmischen Reichs (im 6. nachchristlichen Jahrhundert) hat nach den Mitteilungen P. PANSIERS (*I.* 51) der Arzt PAULUS von Ägina Schielenden Lochbrillen in der Form von Halbmasken verordnet. — Das entsprechende Mittel hat 1583 BARTISCH von Königsbrück in einem recht frühen Abschnitte der Brillenzzeit verwandt. — Ein englischer Optiker D. ADAMS (*I.*) ließ sich 1797 eine Art Schielbrille schützen. Es handelte sich um ein ziemlich eng durchlochstes Blech auf einem Brillengestell, das durch eine Art Kreuztischverschiebung innerhalb des Randes nach Belieben verschoben werden konnte. Diese Einrichtung sollte schwache Muskeln allmählich stärken, indem das durchlochte Blech mit der Zeit immer mehr von der fehlerhaften (Schiel-) Stellung entfernt und das Auge so nach und nach an die Lage gewöhnt wurde, die für das beidäugige Sehen erforderlich sei. Ähnliche Vorschläge sind auch später noch gemacht worden, doch scheinen sie im großen und ganzen den Mißerfolg des ADAMSISCHEN Patents geteilt zu haben. — Derselbe Gedanke findet sich, ein wenig verändert, in zwei etwas undeutlichen Patenten von A. A. FLAGNIOL (*I.*, 2.), die zwar zu verschiedenen Zeiten, 1845 und 1855, genommen worden sind, aber ohne Zwang zusammen besprochen werden können. Er versah die kleinen kreisrunden Lochbleche mit Linsen für Kurz- oder Weitsichtige, ließ aber die —

durch andere äußere Mittel ermöglichte — Verschiebung bestehen. — Schließlich wird 1863 eine Lochbrille für Schielende von A. CHEVALIER erwähnt, und ferner sei auf <14/15 187> hingewiesen. — Schielbrillen alter Art mit mehr oder minder, aber nicht gerade bis auf Löcher verdeckten Gläsern sind schon 1829 von . . ROSSI empfohlen worden, was man aus einer Darstellung FL. CUNIERS (*I.*) ersehen kann; er selbst empfahl auch derartige Brillen mit gewölbten, das Auge ganz umschließenden Schalen, die an geeigneten Stellen dem Licht geöffnet werden konnten. Es ist sehr wahrscheinlich, daß man auf diesem Gebiete später weitergearbeitet hat, und es sei wenigstens eine spätere, aber doch nicht ganz neue Anlage nach F. NEN-GELKEN (*I.*) angeführt.

Schilderungen von der Änderung der Raumerfüllung durch Prismenbrillen sind dem Berichterstatter nicht bekannt geworden, dagegen kann hier auf den ersten Vorschlag hingewiesen werden, das BREWSTERSche Stereoskop zur Übung von Schielenden im beidäugigen Sehen zu verwenden. Er geht auf E. DU BOIS-REYMOND (*I.*) und das Jahr 1852 zurück, folgte also der allgemeinen Einführung dieses Geräts schon im nächsten Jahre. — Die wichtige Arbeit H. HARTINGERS <27/28 129> gehört ebenfalls hierher, weil darin wenigstens bei einfachen Prismen der Verzeichnungsfehler auch für endliche Neigungswinkel σ sorgfältig behandelt wird.

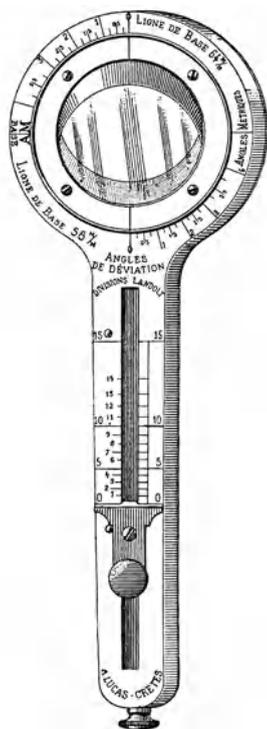


Abb. 117. HERSCHEL'Sches Doppelprisma mit LANDOLTScher Teilung nach A. CRÉTÈS <13/14 131>.



Abb. 118. HERSCHEL'Sches Doppelprisma mit LANDOLTScher Teilung nach C. ZEISS <13/14 132>.

Zur Untersuchung von Gleichgewichtsstörungen wird nach A. BIELSCHOWSKY (*I. 2.*) vielfach das HERSCHEL'Sche Doppelprisma verwandt, das für den Handel anscheinend zuerst, etwa wie Abbildung 117, von A. CRÉTÈS (*I.*) 1872 gebaut und später auf E. LANDOLTS Vorschlag mit einer Teilung nach Meterwinkeln für zwei merklich verschiedene Augenabstände versehen worden. Eine neuere Form dieses Geräts nach C. ZEISS vom Jahre 1912 findet sich in Abb. 118 an denselben Orten.

§ 174. Die beidäugigen Brillen für astigmatische Augen. Was die astigmatischen Brillen angeht, so ändert die astigmatische Wirkung, die zur Herbeiführung punktmäßiger Abbildung auf der Netzhaut notwendig war, natürlich auch die dingseitigen Blickwinkel σ , und zwar in jeder der beiden Symmetrieebenen in verschiedener Weise. Für Hauptstrahlen, die außerhalb dieser Ebenen verlaufen, ist der Zu-

sammenhang darum noch schwieriger zu übersehen, weil die Richtungen vor und nach der Brechung zueinander windschief (s. S. 181/2) sind. Hier wird es besonders darauf ankommen, daß der Träger einer solchen Brille lernt, seine Augenmuskeln nach einem Gesetze zu bewegen, das ihm durch die Beschaffenheit seiner Brille auferlegt ist. Ganz verständlich ist es, daß im allgemeinen die beiden Seitenwendwinkel ebensowohl wie die beiden Hubwinkel des zu einem gegebenen Gegenstandspunkte gehörigen Hauptstrahlenpaares durch die Wirkung der Brillengläser in einem verschiedenen Betrage für beide Augen verändert werden. Hinsichtlich der Hubwinkel wird dann ein Höhenfehler eingeführt, der sehr wohl dessen gewöhnlich als überwindbar angesehenen Betrag von $2 \times 3\frac{1}{2}^\circ$ übersteigen kann. Hinsichtlich der Seitenwendwinkel wird sich diese Wirkung als eine Tiefenänderung kenntlich machen können, die wohl bei weniger empfindlichen Beobachtern ausbleiben, von besser geschulten aber deutlich wahrgenommen werden wird. Wirklich bekämpfen könnte man diese unerwünschten Wirkungen — und zwar ohne Rücksicht auf den Betrag des Augenastigmatismus — nur, wenn es gelänge, die von dem Augapfel mitbewegten Haftgläser (s. S. 15 ff.) zur regelmäßigen Verwendung brauchbar zu machen.

§ 175. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Wendet man sich nun zur Geschichte dieser Erscheinungen, so muß darauf hingewiesen werden, daß man von einem regelmäßigen Ausgleich des Augenastigmatismus erst seit den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts sprechen kann. Damals und noch lange Zeit danach handelte es sich jedoch noch nicht um zweckmäßig durchgebogene Gläser, und so ist wohl die Feststellung des Höhenfehlers öfter durch die zu geringe Größe des Blickfeldes verhindert worden. Auch war die Größe des innerhalb eines Blickfeldes endlicher Ausdehnung überwindbaren Höhenfehlers vor 1912 unbekannt, wo C. A. HEGNER (3.) Untersuchungen in dieser Richtung vornahm. Planmäßige Versuche, diesem Höhenfehler bei astigmatischen Brillen mit Gläsern zweckmäßiger Durchbiegung nachzugehen, wurden 1913 von M. v. ROHR (14.) und W. STOCK veröffentlicht. Dabei waren sachverständige Beobachter durch Haftgläser zeitweilig zu Astigmatikern gemacht worden, und es stand ihnen ein Prüfgerät (s. S. 112 ω) zur Verfügung, das die zu einer solchen Untersuchung notwendige Genauigkeit zu erreichen erlaubte. Derartige Arbeiten, deren damals beabsichtigte Weiterführung der Krieg verhindert hat, sollten wieder aufgenommen werden. Immerhin geben auch diese wenigen Fälle schon einen Hinweis, daß es gelegentlich die unverschmelzbaren Doppelbilder sind, die einen Astigmatiker verhindern, aus der richtig angepaßten Brille mit Gläsern zweckmäßiger Durchbiegung den gewünschten Vorteil zu ziehen.

Wirft man nun einige Blicke auf die durch astigmatische Gläser eingeführten Tiefenänderungen, so treten vereinzelte Fälle davon schon überraschend früh auf. Zunächst ist hier auf den MOSERSchen Vorschlag vom Jahre 1844 zu verweisen, wo nach M. v. ROHR (44. 55) zylindrische Betrachtungslinsen gefordert werden. — Eine gewisse Ähnlichkeit damit zeigte 1859 ein auf TH. WHARTON JONES (1.) zurückgehendes Gerät, worin beiden Augen zerstreuende Zylinderlinsen vorgeschaltet wurden, um eine Einzelaufnahme räumlich zu erblicken. — Die un-

gewollte Tiefenfälschung¹ durch astigmatische Brillen wurde zuerst wohl 1876 von dem amerikanischen Augenarzt . . WADSWORTH (*I.*) beschrieben. Nach dem kurzen Bericht zweiter Hand, der hierfür nur eingesehen werden konnte, handelte es sich um ein astigmatisches Auge, das früher am beidäugigen Sehen kaum teilnahm. Die Anwendung eines Zylinderglases mit senkrechter Achse stellte eine ausreichende Sehschärfe her und mit ihr ein beidäugiges Sehen. Da aber die Blickwinkel für das bewaffnete Auge geändert wurden, so zeigte das Sammelbild Tiefen, die von den wirklichen merklich und zunächst in störender Weise abwichen. — Auch J. A. LIPPINCOTT (*I.*; hier nur aus einer abgeleiteten Quelle bekannt) hat etwa 14 Jahre später über die entsprechende Aufgabe geschrieben. — Sodann wies 1893 H. FRIEDENWALD (*I.*) darauf hin, daß sich bei zylindrischen Gläsern mit geneigten Achsen die augenseitigen, entsprechend veränderten Einzelperspektiven zu einem Sammelbild vereinigen könnten, das von dem betrachteten Rauming recht abweiche. In dem von ihm an einer Brillenträgerin beobachteten Fall handelte es sich um die sehr geringe Zylinderwirkung von $1\frac{1}{4}$ dptr, und zwar waren die Achsenrichtungen der Zylinder symmetrisch angeordnet. Die Tiefenfälschung verschwand nach einigen Tagen dauernden Tragens, und es stellte sich nach zwei Wochen beim Sehen mit unbewaffneten Augen verständlicherweise die entgegengesetzte Täuschung ein. — Unter den Aufsätzen über die stereoskopische Tiefenfälschung durch Zylinderlinsen ist auch der von H. FEILCHENFELD (*I.*) aus dem Jahre 1905 insofern anzuführen, als er dort nicht nur, von R. STRAUBEL unterstützt, eine physikalische Erklärung der Erscheinung vorträgt, sondern auch auf die älteren amerikanischen Arbeiten an diesem Gegenstande hinweist. Leider waren die ältesten Schriften dieses Forscherkreises ihm auch damals nicht zugänglich, und es muß unter den heutigen Umständen erst recht bei diesem unerwünscht unvollständigen Hinweise sein Bewenden haben. — Neuere Beobachtungen derselben Erscheinung möge man in <14/15³⁸127; 17⁶¹114> nachlesen. Auf die sorgfältigen Versuche H. ERGGELETS <21 160β> sei noch besonders hingewiesen.

§ 176. Die Brillen für Ungleichsichtige (*Anisometropen*). Handelt es sich um Brillenträger, deren beide Augen nicht den gleichen Einstellfehler haben und also Fernbrillengläser verschiedener Brechkraft bedürfen, ein Zustand, den man als *Ungleichsichtigkeit* oder nach H. KAISER (*I.*) als *Anisometropie* bezeichnet, so werden geringere Unterschiede in der Brechkraft der beiden Brillengläser in einer ähnlichen Weise ausgeglichen. Obgleich unter diesen Bedingungen die den beiden dingseitigen Hauptstrahlen entsprechenden Blickrichtungen einander auch in unendlicher Entfernung nicht schneiden, so lernt der Brillenträger bei geringerer Ungleichsichtigkeit doch bald, seine Augenmuskeln so spielen zu lassen, daß die Gesichtslinien jeweils mit den augenseitigen Richtungen der beiden Hauptstrahlen zusammenfallen. Bei stärkerer Verschiedenheit des Einstellfehlers wird die Verschmelzung wesentlich erschwert, namentlich wenn sich die Raumdinge nicht in unmittelbarer Nähe der Achse des die Ungleichsichtigkeit ausgleichenden Brillenglases befinden.

Man erkennt ja leicht, daß auch beim freien Sehen beiden rechtsichtigen Augen nur solche Gegenstände gleich groß erscheinen können,

¹ Die nächsten drei Fälle sind im engsten Anschlusse an M. v. ROHR (44. 162, 191, 222) mitgeteilt worden.

die sich in der senkrecht auf der Mitte des Augenabstandes errichteten Symmetrieebene befinden. Nach rechts oder links verschobene Gegenstände endlicher Entfernung müssen dem rechten oder linken Auge um so größer erscheinen, je geringer ihr Abstand von dem Beobachter ist. Daraus schon geht hervor, daß die verschiedene Größe der Netzhautbilder allein das Ausbleiben einer Verschmelzung nicht erklären kann. — Beachtet man aber, daß durch die gewöhnlichen dünnen Fernbrillengläser auch das Bündel der Hauptstrahlen beim direkten Sehen für das rechte Auge des Ungleichsichtigen andere Neigungen erhält als für das linke, so erkennt man sofort, daß sich im allgemeinen Höhenfehler einstellen werden, die sehr wohl über die schon auf S. 227 α angeführte zulässige Grenze von $2 \times 3\frac{1}{2}^\circ$ hinausgehen können. Man wird also berechtigt sein, den Hauptgrund für die Doppelbilder der mit ihren gewöhnlichen Fernbrillengläsern ausgerüsteten Ungleichsichtigen in dieser Verschiedenheit der zusammengehörigen Blickrichtungen zu suchen. Bei dieser Auffassung wird man die Aufgabe stellen können, einen gegebenen Ungleichsichtigen mit einem solchen Gläserpaare zu versehen, daß zusammengehörige Blickrichtungen seitlicher ferner Dingpunkte möglichst gleich ausfallen, während sich die beiden Netzhautbildgrößen nicht besonders verschieden ergeben. Die Verwendung von Linsenfolgen mit endlichen Abständen, namentlich die Anlage nach Art einer Fernrohrbrille, unter Umständen einer umgekehrten, liefert die Mittel dazu. Man kann wohl darauf hinweisen, daß die WOLFFSchen Erfahrungen an der ungewöhnlich großen Ungleichsichtigkeit von 20 dptr die Richtigkeit dieser Überlegungen dargetan haben.

§ 177. Geschichtliche Bemerkungen dazu. Das gelegentliche Vorkommen der Ungleichsichtigkeit ist sehr früh beobachtet worden, so erwähnt es nach A. v. PFLUGK und M. v. ROHR (38. 61) bereits DAZA DE VALDES 1623, und J. ZAHN kennt 1686 das gleiche nach derselben Arbeit (69). Für M. THOMIN und das Jahr 1746 gibt übrigens $\langle 13/14 \text{ }^{192} \rangle$ einen solchen Hinweis. Jedenfalls ist also diese Regelwidrigkeit früh bekannt gewesen, und in den aufgeführten Fällen hat man jedem Auge das zugehörige Fernglas gegeben. Verzichtet man auf punktmäßige Abbildung, so kann man, wie E. WEISS (9. 324, 11) gezeigt hat, innerhalb gewisser Grenzen zwei Linsen verschiedener Stärke doch die gleichen augenseitigen Hauptstrahlneigungen zuordnen.

J. T. DESAGULIERS (I.) veröffentlichte 1717 die ersten Überlegungen zur Größenverschiedenheit der Netzhautbilder an einem Augenpaare, das sich auf einen seitlich liegenden Dingpunkt richtet, und CH. WHEATSTONE (I. Abb. 24) wiederholte das 1838, offenbar ohne von diesem Vorgänger etwas zu wissen. — Zu der hier vorliegenden Aufgabe richtiger Brillenbestimmung äußerte schon 1821 C. H. WELLER (I. 216**): „Man könnte vielleicht meinen, daß die Objekte durch das hohle Glas kleiner, durch das gewölbte aber größer erscheinen werden [, wenn man jedes Auge strenge für sich ausglich], und daraus eine Ungleichheit im Sehen entstehen dürfte. Allein das ist niemals der Fall, wenn für das Auge ein völlig passendes Glas ausgesucht worden ist; denn hier sehen beide Augen zugleich die Gegenstände immer übereinstimmend groß.“ — Eine Möglichkeit, für einen mittleren Teil des Blickfeldes durch Verwendung dezentrierter, also prismatisch

wirkender, gewöhnlicher Brillengläser die Verschmelzung herbeizuführen, hat sodann J. H. LANDWEHR (19 69 u. 56120) vertreten. Die überschießenden Brillenteile, bei denen die Höhenfehler die oben angeführte Grenze überschritten, wurden nach seinem Vorschlage entfernt oder undurchlässig gemacht.

Die oben erwähnten Versuche mit den nach Art einer Fernrohrbrille gebauten Linsenfolgen wurden zuerst 1911 durch einen Schielenden mit einer Ungleichsichtigkeit von $6\frac{1}{2}$ dptr angeregt, doch fehlte es dem Betroffenen an Ausdauer für die Durchführung der notwendigen Übungen. Bei der Anlage der von M. v. ROHR (14. 201) und W. STROCK abgebildeten und beschriebenen Linsenfolge war besonderes Gewicht auf Gleichheit der Netzhautbilder gelegt worden, während zusammengehörige Blickwinkel nach dem Rande hin noch Unterschiede von $1,7^\circ$ erkennen ließen. Immerhin ermutigte die von dem Berechner selbst im Versuchsraum angestellte Probe — durch ein FICKSches Haftglas hatte er sich zeitweilig

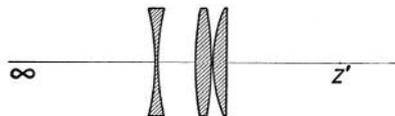


Abb. 119. Eine Anisometropiebrille für Einseitig-Linsenlose nach (13/14 32).

zu einem Ungleichsichtigen gemacht — zur Weiterführung dieser Bestrebungen. Die daraufhin geplante erste Anisometropiebrille für einseitig Linsenlose (mit 13 dptr Verschiedenheit) nach Abb. 119 wurde nicht allein von H. ERGGELET (2.) im Versuchsraum mit entschiedenem

Erfolge erprobt, sondern es liegen bereits mehrere Berichte über die guten Dienste vor, die Vorrichtungen dieser Art einseitig Linsenlosen beim dauernden Tragen geleistet haben. Sie sind der Reihe nach von C. A. HEGNER (2.), H. WOLFF (1.) — hier mit starker Schielstellung — und A. LÖWENSTEIN (1.); aus neuerer Zeit ist noch der Bericht von R. G. RIJKENS (1.) anzuschließen. Dieser ist um so wertvoller, als ein sachverständiger Fachmann seine starke Ungleichsichtigkeit mit recht befriedigendem Erfolge hat ausgleichen können: ihm konnte eine bemerkenswert hohe Feinheit der Tiefenwahrnehmung ermöglicht werden. — Es ist verständlich, daß man in Jena diesen Aufgaben näher nachging. So wurde nicht nur ein Versuch gemacht, die Verteilung der überwindbaren Höhenfehler über ein Blickfeld endlicher Größe zu ermitteln, wozu C. A. HEGNER (3.) seine Beobachtungen und ihre Bearbeitung veröffentlicht hat, sondern H. ERGGELET (3.) bemühte sich auch, den Sehvorgang zu verwirklichen, wie er sich bei einem Übersichtigen abspielen würde, der mit gewöhnlichen dünnen, aber zeichnungsreifen Fernbrillengläsern bewaffnet wäre. — Leider hat der Krieg die Weiterführung der Versuche gestört, und augenblicklich ist ihre Wiederaufnahme nicht möglich. Einen zusammenfassenden Bericht über einige in Jena vorgenommene Arbeiten dieser Art hat M. v. ROHR (35.) 1917 abgestattet. — Wegen des Ausgleichs geringerer Ungleichsichtigkeiten vergleiche man E. WEISS (22 151) und A. WHITWELL (24 35480). — Entsprechend den inzwischen abgeänderten Grundanschauungen — die Gleichheit der Blickwinkel an den auf ein fernes Ziel blickenden Augen wurde höher bewertet als die der Bildgröße auf beiden Netzhäuten — berechnete H. BOEGEHOLD 1917 für einen Brillenbedürftigen in H. WOLFFS (2. u. (19 13)) Behandlung die oben erwähnte Fernrohrbrille, die eine Ungleichsichtigkeit von 20 dptr recht befriedigend ausglich.

Die Entwicklung der Lehre von der Brille.

§ 178. Allgemeines zu dieser Aufgabe. Man kann bei der Behandlung dieses Gegenstandes drei verschiedene Stufen unterscheiden; am ältesten sind wohl die Darstellungen, die technische Einzelheiten oder die Geschichte der Brille schildern, sodann kommt es zu Schriften

(meistens ziemlich oberflächlicher Natur), um die Brillenbedürftigen über die Vorteile guter und die Nachteile schlechter Augengläser zu belehren, und erst ziemlich spät erscheinen eingehendere Zusammenfassungen für die Fachleute der Brillenbestimmung und -anpassung. Es ist klar, daß für den vorliegenden Abschnitt auf den allgemein zusammenfassenden Inhalt Gewicht zu legen ist, denn Einzelschriften zur Brille sind auf den vorhergehenden Seiten genügend aufgeführt worden. — Zweifellos bedarf dieser Versuch einer solchen Darstellung noch mancher Erweiterung, doch muß er trotz seiner Unvollständigkeit gewagt werden, da man nur auf diese Weise die Aufmerksamkeit weiterer Kreise auf diesen Gegenstand lenken kann.

§ 179. Die Entstehung einer Brillenkunde um den Ausgang des 16. Jahrhunderts. Die ersten Brillenschriften wurden durch den allgemeinen Anteil an Handwerk und Gewerbe veranlaßt; man findet schon um 1550 in der Regensburger Brillenmacherordnung, 1585 bei TH. GARZONI, 1589 bei J. B. PORTA und 1618 bei H. SIRTURUS technische Angaben, die uns heute die Bildung eines Urteils über die damalige Brillenherstellung gestatten. — Mit dem ersten in einer Landessprache, der spanischen, verfaßten Brillenbuch des Geistlichen B. DAZA DE VALDES um 1623 ersteigt die Kenntnis von der Brille im wesentlichen wohl auf Grund Venediger Arbeiten (22 36) die zweite Stufe, denn diese Schrift nimmt besonders auf den Träger Rücksicht und versucht, ihm auf bequeme Weise nützliche Kenntnisse beizubringen. Obwohl man in Paris die Bedeutung dieses Versuchs wohl einsah und eine sorgfältige Übersetzung davon abfaßte, kam es dort damals zu keiner Veröffentlichung, anscheinend darum, weil die in Spanien allgemeine Wertschätzung der Brille in andern Ländern ihresgleichen nicht hatte. Dagegen wurden die Augengläser von den Ordensgeistlichen, deren Anteil an der ausübenden Optik damals wohl auf seiner Höhe war, in hohem Maße gewürdigt, und das führte zu recht brauchbaren Bearbeitungen in der Gelehrtensprache, dem Latein. Dafür liefert die des Prämonstratensers J. ZAHN um 1686 ein gutes Beispiel, dessen Brillenabschnitt dem heutigen Leser durch A. v. PFLUGK und M. v. ROHR (19 21) zugänglich gemacht worden ist. Ungefähr zu gleicher Zeit begannen gelehrte Altertumsfreunde in Italien — leider ohne tiefere Kenntnis des Gegenstandes — ihre Forscherarbeit, nämlich C. DATI und FR. REDI im 17., D. M. MANNI im 18. Jahrhundert, die G. ALBERTOTTI (*I.*) zum Gegenstande einer Untersuchung gemacht hat.

§ 180. Das Aufkommen des Brillenhandwerkers und seine Schriften zur Belehrung der Käufer. Eine neue Zeit entwickelt sich durch die Umbildung des Mitgliedes der Londoner Brillengilde zu einem Handwerksmeister, das man etwa in das letzte Drittel des 17. Jahrhunderts setzen kann. Die Herstellverfahren werden wesentlich verbessert (durch das Schleifen der Brillengläser auf Körpern durch J. MARSHALL 1694, durch die Herstellung zierlicher und doch haltbarer Klemmerformen aus Stahl und Leder oder Stahl und Horn wohl noch im ersten Drittel des 18. Jahrhunderts, durch Versuche mit dem Meniskus u. a. m.), und es gelingt den Londoner Meistern (wir kennen den Namen des Erfinders nicht) bestimmt schon 1728, vielleicht aber schon bald nach dem Beginne des neuen Jahrhunderts (s. S. 217 α), die Schläfenbrille auf den Markt zu bringen, womit das Londoner Handwerk richtunggebend für das europäische Festland wurde. Damals bilden sich an bevorzugten Stellen Brillenhandwerker, die dann je in der Landessprache kleine, nicht besonders tiefgehende Lehrbücher veröffentlichen, die künftige Käufer als Leser voraussetzen. Hier ist auf CHR. G. HERTEL (*I.*) 1716, J. FR. MEYEN (*I.*) 1746,

J. BISCHOFF 1786 in Deutschland, M. THOMIN 1746—49 in Frankreich, J. AYSKOUGH (I., 2.) 1750, 52, B. MARTIN 1756, die beiden ADAMS (I.) 1786 in England hinzuweisen. Indessen fehlte auch den Männern der Wissenschaft der Anteil an der Brille nicht ganz, und man mag dafür z. B. auf J. G. LEUTMANN seit 1719 in Deutschland und R. SMITH 1738 in England deuten, denen die medizinischen Schriftsteller anzureihen sind, von denen etwa FR. BOISSIER DE SAUVAGES 1768 angeführt sein mag. Immerhin ist unsere Kenntnis von Einzelheiten aus jener Zeit betäubend gering, da gerade die Fragen nach der Herstellung der Brillengläser, der Form und Anlage der Fassungen u. ä. diese Schriftsteller so gut wie gar nicht gefesselt haben.

Besser ward es damit, als der gewerbliche Schutz etwas häufiger nachgesucht wurde und als England für längere Zeit die wissenschaftliche Führung im Brillenwesen übernahm. Es ist durch hervorragende Köpfe, wie etwa W. H. WOLLASTON 1804, 13, G. B. AIRY (I.) 1825 und J. I. HAWKINS (I.) 1826 glänzend vertreten, doch auch in Frankreich sind die Arbeiten von P. GALLAND (I.) und M. N. J. CHAMBLANT seit 1813 offenbar von einer größeren Bedeutung gewesen, als man heute im einzelnen belegen kann; auch die Tüchtigkeit von werktätigen Optikern wie J. G. A. CHEVALLIER und CH. CHEVALIER hat eine beträchtliche Rolle gespielt. Die Zusammendrängung von Angebot und Nachfrage in den großen Hauptstädten dieser Länder förderte in hohem Maße das Verständnis für die Brille bei Brillenträgern, Optikern und Ärzten, und es gehört nicht zu den geringsten Hindernissen dieser Entwicklung im deutschen Sprachgebiet, daß hier eine ganz anders gerichtete politische Entwicklung der Bildung einer großen Hauptstadt entgegenwirkte. — In den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts liefern die Schriften des Wiener Augenarztes J. BEER (I., 2.) manchen Einblick in den Stand des damaligen Brillenwesens; anderen deutschen Brillenschriften auch der damaligen Zeit nachzugehen hat M. v. ROHR (30.) sich bemüht: man wird dort manche, sonst schwer zugängliche Einzelheiten finden. — Jedenfalls mußte sich in dem deutschen Sprachgebiete die Brillenkenntnis erst sehr allmählich auf einen höheren Stand heraufarbeiten: hinsichtlich der Technik taten A. und E. DUNCKER in Rathenow das ihrige, wozu die tüchtige Arbeit durch das Land verstreuter, handwerksmäßig arbeitender Optiker ebenfalls ihren Beitrag lieferte. Die Wissenschaft wird hauptsächlich durch gewerbliche Techniker wie F. H. DU BOIS (I.) 1826 und besonders S. STAMPFER (I.) 1831, doch auch durch Liebhaber, wie etwa den Geistlichen A. A. MÄRTENS (2¹⁵⁴), recht ansehnlich vertreten. — Immerhin scheint, da sich die Augenärzte in diesem Abschnitt wohl überall ziemlich abseits hielten, bis in die 50er Jahre hinein die Kenntnis von der Brille im wesentlichen durch die Handwerksmeister in den Hauptstädten gepflegt worden zu sein, ohne eine besondere Tiefe zu erreichen. So konnte der sehr gut durchgearbeitete AIRYSche (I., 2.) Vorschlag zum Ausgleich seines astigmatischen Auges keine Verwendung astigmatischer Gläser in irgendwie beträchtlichem Umfange in die Wege leiten.

§ 181. F. C. DONDERS und die Schulung der Augenärzte in der Brillenbestimmung. Der neue Abschnitt, der sich um diese Zeit herausbildete, schob im Gegensatz dazu den Augenarzt und seine Tätigkeit bei der Brillenverordnung in den Vordergrund, und die Anbahnung dieser folgenschweren Änderung ist in überwiegendem Maße F. C. DONDERS und seinen Lehren zuzuschreiben, die 1864 und 66 in dem Handbuch über die Anomalien der Refraktion und der Akkommodation zusammengefaßt wurden. Wenn nun auch sicher nicht alles darin als neu hingestellte völlig neu war, so wurde es doch erst jetzt der allgemeinen Kenntnis zugänglich, und darum ist diese Schrift für die Brillenentwicklung von einer ganz ungemeynen Bedeutung. Wer seine Ausbildung auf diesem Gebiet in wesentlich späterer Zeit erhalten hat, kann sich schwerlich einen richtigen Begriff von der

Umwälzung machen, die damals in der Brillenlehre hervorgebracht wurde. Als kennzeichnend sei erwähnt, daß W. v. ZEHENDER (*J.*) 1866 über die gleichen Gegenstände, wie sie in dem DONDERSISCHEN Handbuche desselben Jahres enthalten waren, eine Darstellung schrieb, die von den 462 Seiten des laufenden Jahrganges seiner Zeitschrift nicht weniger als 185 oder $\frac{2}{5}$ in Anspruch nahm. — Da allgemein die Berücksichtigung der Akkommodation ebenso wie der Ausgleich des Augenastigmatismus als große und schwierige Neuerungen angesehen wurden, so gab auch der weitherzigste Fürsprecher der Brillenoptiker in damaliger Zeit, der Königsberger Augenarzt K. A. BUROW, jeden Gedanken daran auf, diesen Fachleuten ein wirkliches Verständnis der schwierigeren Brillen zu vermitteln. Man sollte sich dabei übrigens auch daran erinnern, daß der Stand der Brillenoptiker um diese Zeit eine Übergangsstufe überwinden mußte: zu einem immer beträchtlicheren Teile bezog er seine Gläser und Gestelle von den großen Fabriken und hatte so die aus der Einzelarbeit folgende Findigkeit der älteren Meister verloren, ohne doch auf die Einzelanpassung bezogener Teile besonders geschult zu sein. — Auch die Brillenoptiker in andern Ländern Europas legten, soweit man heute bei so beschränkter Kenntnis darüber eine Aussage wagen kann, die Waffen nieder und erkannten die Überlegenheit der Augenärzte an. Es scheint indessen, als habe die Freude an dem mathematisch-physikalischen Rüstzeug ihres Faches etwa seit den 80er Jahren bei den Augenärzten nachgelassen, und so war — nach den Brillenvorschriften zu schließen — der Stand der Brillenkenntnis um den Ausgang des 19. Jahrhunderts mindestens in Europa recht niedrig.

§ 182. Die Entstehung der großen amerikanischen Brillenwerke und die Bildungsbestrebungen der Ladenoptiker in Amerika und England. B. Der Anstoß zu einer Änderung sollte von Nordamerika ausgehen. Hier hatten sich allmählich — der genaue Zeitpunkt ist dem Berichterstatter unbekannt; er mag nach . . . SCHÖNEMANN (*J.*) auf das Ende der 70er Jahre fallen, wird aber von H. NITSCHÉ (<23⁴⁶⁷³> 244) für Europa merkbar auf eine 10 Jahre spätere Zeit verlegt — ganz große Brillenbetriebe entwickelt, die, mit gut durchgearbeiteten Verfahren der Massenherstellung ausgerüstet, sowohl Brillengläser wie -gestelle in guter Ausführung auf den Markt brachten. Bei dem hohen Preise der Arbeit in jenem Wirtschaftsgebiete schloß der werktätige Optiker nur noch in einem immer mehr verschwindenden Maße die Gläser seiner Kunden selbst, vielmehr ging er allmählich dazu über, die Erzeugnisse der Glas- und Gestellwerke seinen Kunden sachverständig anzumessen. Es war mithin ein starker Anreiz vorhanden, die Brillenverordnung und -anpassung zum Hauptziel des Brillenoptikers zu machen, auf die Brillenherstellung in der alten Art aber ganz zu verzichten. Diese Arbeitsteilung, bei der die großen Brillenwerke die Anfertigung der Gläser und Fassungs- teile, die Optiker Anpassung und Beratung sowie den Verkauf der fertigen Brillen und Klemmer für den einzelnen Kunden übernahmen, bildet den Hauptgrund für die in neuerer Zeit überall bemerkbare Spannung zwischen Augenarzt und Ladenoptiker.

Schon Anfang der 90er Jahre trat der Optiker CH. F. PRENTICE (<26/27 127>), der freilich seinen Fachgenossen weit voraus war, den Absichten der Augenärzte entgegen, die die Brillenbestimmung durch Optiker als einen Schaden ansahen und womöglich gesetzlich verbieten wollten. Ende Februar 1896 redete er vor dem gesetzgebenden Körper des Staates New York (2.). Er verwies darauf, daß die Optiker Jahrhunderte hindurch die Brillenbedürftigen beraten hätten und daß noch jetzt die Käufer schon der Kosten halber vielfach den Augenarzt nicht aufsuchen würden. Es sei aber notwendig, die Schulung der Optiker in der Brillenbestimmung und Brillenanpassung zu verbessern und ungeeignete Personen für

die Zukunft auszuschließen. Die Bestrebungen von PRENTICE hatten nach anfänglicher Ablehnung im Staate New York Erfolg (Mai 1908). Andere Staaten waren vorausgegangen (zuerst Minnesota 1901), in der Folge nahm einer nach dem andern Gesetze an, nach denen der Optiker durch Ablegung einer Prüfung das Recht zur Brillenbestimmung erlangt. Die Kenntnisse erwirbt der Optiker auf einer der zahlreichen (etwa 15) Bildungsanstalten. Diese Schulen stehen oft in Verbindung mit den Universitäten, die Erhaltungskosten tragen meist die Brillenfabriken. Es wird eine gewisse Vorbildung verlangt (mehrjähriger Besuch einer Mittelschule, zum Teil Universitätsreife nach den englischen Anforderungen); der Lehrgang dauerte anfangs zwei Jahre, ist aber jetzt vielfach auf drei oder vier Jahre ausgedehnt; er vermittelt allgemeine und Fachkenntnisse.

Der ausgebildete und geprüfte Brillenbestimmer (*optometrist*) hat sich in Amerika vollständig vom Optiker (*optician*) oder Brillenhändler getrennt, der Brillen verkauft und wohl auch ärztliche Anweisungen ausführt. Die Einstellung der Augenärzte zu dieser Entwicklung ist verschieden, indem ein Teil lieber mit der einen, der andere mit der andern Klasse zusammen arbeitet.

Der politischen Grenze ungeachtet ist die Regelung in Kanada dieselbe wie in den Vereinigten Staaten.

Die Zahl der eingetragenen Brillenbestimmer betrug 1932 etwa 22500, wovon 1200 auf Kanada kamen. In den Vereinigten Staaten gibt es etwa auf 6000, in Kanada auf 7500 Köpfe der Bevölkerung einen Brillenbestimmer.

In England begannen — s. M. v. ROHR (37.), <19²²94> — die Bildungsbestrebungen Anfang der 90er Jahre, das 1891 gegründete Fachblatt (*The Optician and Scientific Instrument Maker*) stellte sich sofort in ihren Dienst, wenn es sie nicht gar mit hervorrief. 1895 gründeten eine Anzahl Optiker die *British Optical Association* (B.O.A.); diese hielt bereits 1896 eine Prüfung ab. Die alte, seit 1629 bestehende Brillenmachergilde (*Spectacle-Makers' Company* — S.M.C. —) wurde auf die Tätigkeit der B.O.A. aufmerksam und richtete 1898 Optikerprüfungen ein. Im Laufe der Jahre kamen beide Gesellschaften dazu, zusammen zu arbeiten. Die Prüfungen sind allmählich erschwert worden; sie unterscheiden sich dadurch, daß die S.M.C. mehr auf die praktische Brillenkunde sieht, die B.O.A. ein tieferes wissenschaftliches Eindringen verlangt. Die S.M.C. prüft regelmäßig in London, wogegen die B.O.A. mit den Orten der Prüfung wechselt.

Die Gesellschaften unterhalten selbst keine Schulen, wohl aber gewähren sie den Besuchern einiger Bildungsanstalten Vorteile. Solche Anstalten sind in London und mehreren andern englischen und schottischen Großstädten eingerichtet, es sei hier die Optische Fachabteilung des *Northampton Institute*¹ in London erwähnt.

Will sich ein junger Mann dem Optikerberuf zuwenden, so nimmt er nach dem Verlassen der Schule (Volksschüler sind dann 14, Mittelschüler 16—18 Jahre alt) eine Stellung an und besucht gleichzeitig die Abendkurse einer der Bildungsanstalten; für wirtschaftlich bevorzugte Anfänger gibt es dort auch Tageskurse. In zwei bis vier Jahren ist er so weit vorgebildet, daß er eine der Prüfungen versuchen kann, die Anforderungen sind ziemlich streng, doch kann die Prüfung auch in mehreren Abschnitten bestanden werden.

1931 hatten etwa 4000 Personen Diplome einer der beiden Vereinigungen, jährlich werden über 300 erfolgreich geprüft. Die Diplome werden, wenigstens von der B.O.A., erst nach dem 21. Lebensjahr und dem Nachweis einer gewissen praktischen Tätigkeit ausgehändigt.

¹ Das Northampton Institute wurde im letzten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts begründet. Über Geschichte, Verwaltung und Betrieb vgl. man die Berichte in der Z. ophthalm. Opt. und die dort angeführten Stellen des „Optician“, insbesondere <33⁵⁷²169>.

Der Optiker wird auch noch weiter in seiner Ausbildung unterstützt. Das im wesentlichen von der B.O.A. und der S.M.C. abhängige *Institute of Ophthalmic Opticians* sorgt für wissenschaftliche Verwertung der Berufserfahrungen. Weiter hat es in London, Leeds und Glasgow je ein *Refraction Hospital* begründet, wo unbemittelte Brillenbedürftige beraten und junge Optiker im Brillenbestimmen ausgebildet werden. I.O.O. und B.O.A. haben England mit einem Netz von Bezirks- und Ortsvereinigungen überzogen, die die Optiker durch Vorträge weiterbilden und zusammenhalten.

Andere Einrichtungen dienen geschäftlichen Zwecken. Die Vertretung nach außen hat das *Joint Council of Qualified Opticians* (J.C.Q.O.) übernommen. Es hat 1927 einen Gesetzentwurf über Prüfung und Eintragung der Optiker eingereicht, der jedoch vom Unterhaus und auch von einem Fachausschuß, den die Regierung einberufen hatte, abgelehnt wurde, obgleich die Optiker schließlich auf die Bestrafung unbefugter Brillenbestimmung verzichtet hatten. Die Gegnerschaft ging von den Augenärzten aus. Die Optiker beriefen sich auf die Erfahrungen bei Zahntechnikern.

Das J.C.Q.O. bedient hauptsächlich die Krankenkassen; es versieht etwa drei Viertel ihrer Brillenversorgung. Maßgebend ist eine Liste, die die erfolgreichen Prüflinge der S.M.C. und der B.O.A. nachweist. Vom 1. VII. 1931 bis zum 30. VI. 1932 sind in 3362 Betrieben über 400000 Fälle (1 : 119) behandelt worden. Die Augenärzte haben zusammen mit einer Anzahl Brillenanpassern eine Gegenrichtung geschaffen, die in den größeren Städten einigermaßen Fuß gefaßt hat, sie hat in der gleichen Zeit an 317 Stellen etwas über 43000 Fälle erledigt (1 : 136).

Im Gegensatz zu S.M.C. und B.O.A. stehen einige jüngere Optikervereinigungen. Ihre Mitgliederzahl beträgt zusammen etwa 2000, sie halten Prüfungen ab und fordern ihre Mitglieder auf, sich prüfen zu lassen¹.

1931 ergab eine Zusammenstellung, daß von 3324 J.C.Q.O.-Optikern 1366 nur Sehhilfen vertrieben (41,1%), 741 auch andere optische Waren (22,3%), 399 noch Uhren oder Goldwaren (12%); 818 waren Apotheker (24,6%).

In mehreren englischen Kolonien ist es den Optikern gelungen, ein Verbot der Brillenbestimmung durch nichtgeprüfte Personen durchzusetzen. Die dortigen Optiker sind wohl meist im Mutterlande ausgebildet, doch gibt es auch selbständige Schulen und Prüfungsbehörden.

§ 183. Die Entwicklung und der gegenwärtige Stand der Belehrungsmöglichkeiten auf dem Festland. B. a) In Deutschland. Um den Ausgang des 19. Jahrhunderts war durch die Arbeiten FR. OSTWALTS und M. TSCHERNINGS die Bedeutung des Augendrehpunkts für die Anlage der Brille hervorgehoben worden, doch scheint es nicht, als hätten die Brillenwerke jener Zeit diese Anregung in irgend nennenswertem Maße aufgenommen; wo man auf eine Einwirkung dieser frühen Arbeiten stößt, sind es Ärzte, die sie empfunden haben. Die Bedeutung des Augendrehpunkts für die Unterstützung des blickenden Auges war der Jenaer Werkstätte durch A. GULLSTRAND 1902 vermittelt worden; sie hatte im nächsten Jahre zur Berechnung und Herstellung einer schwachen Lupe geführt, die aber auch ihrerseits sich gegen den Widerstand der stumpfen Welt nicht durchsetzen konnte. Immerhin hatte man in Jena so doch wenigstens das Handwerkszeug gerichtet, und als dann im Januar 1908 die Aufgabe der Brillenverbesserung im Ernst gestellt

¹ Die Gesamtzahl der optischen Geschäfte wird (32⁴³²146) zu 7000 bis 8000 angegeben, wobei jeder Juwelier mitgezählt sein mag, der gelegentlich eine Brille verkauft. An anderer Stelle heißt es, daß auf 9000 Einwohner ein Brillenbestimmer käme, was nur etwa 5000 insgesamt gäbe (Schottland eingerechnet).

wurde, konnte man ohne weiteres ans Werk gehen. — Es ist ganz verständlich, daß man in den optischen Betrieben, die ihre Brillen durch eigene Rechenfachleute planen und mit größerer als der sonst üblichen Sorgfalt ausführen ließen, den Wunsch hegte, die Fachleute über die Leistungen der neuen Formen aufzuklären. Besondere Hand- und Lehrbücher wurden von verschiedenen Seiten (auch im Hinblick auf den zu erweiternden Unterricht) geschrieben, und daneben wandte man sich zunächst an die Augenärzte, denen man durch kurze Lehrgänge die erweiterten Möglichkeiten näherzubringen suchte. Man sah aber bald ein, daß sich ohne eingehenden Unterricht der brillenverkaufenden Optiker keine planvolle und sinngemäße Verwertung der neuen kostspieligen Augenhilfen erreichen lassen werde. Diese Kreise standen eben mit dem Eigenbenutzer in engster Fühlung und mußten, da sie auch die Anpassung besorgten, selbstverständlich um alle Einzelheiten der Anlage Bescheid wissen.

Etwa um die nämliche Zeit begann das Optikergewerbe mehr und mehr ein selbständiger Beruf zu werden. 1910 wurde in Berlin die erste Gehilfen-, 1912 die erste Meisterprüfung abgehalten. Der Optiker untersteht bei uns der Handwerksgesetzgebung. Der Lehrling (die sog. mittlere Reife wird von ihm nicht verlangt, aber meist gewünscht) wird vom Meister handwerksmäßig und kaufmännisch ausgebildet, die Lehrzeit ist drei bis vier Jahre; sie wird durch die Gehilfenprüfung abgeschlossen (ein Gehilfenstück, praktische Lehrproben, Kenntnis der theoretischen Grundlagen). Der Fortbildung des Lehrlings dienen die Berufsschulen, in einigen Großstädten haben sie besondere Klassen für Optikerlehrlinge. — Der Gehilfe kann sich entschließen, ob er Werkstatts- oder Ladenoptiker werden will, im letzten Falle kann er nach dreijähriger Tätigkeit als Gehilfe die Meisterprüfung bestehen, darf sich dann Optikermeister nennen und Lehrlinge ausbilden. Der Brillenhandel ist aber kraft des Grundsatzes der Gewerbefreiheit auch andern Personen nicht verboten.

Die weiteren Bildungsbestrebungen der Optiker fanden Unterstützung bei den Brillenfabriken. 1909 eröffnete zuerst der Deutsche Optikerverband eine Fachschule in Mainz, er lehnte 1911 ein Zusammengehen mit der CARL-ZEISS-Stiftung ab und verlegte die Schule 1912 unter starker Vergrößerung nach Berlin, fand auch Hilfe bei den größeren optischen Betrieben. Die Schule mußte während des Krieges ihre Tätigkeit einstellen, begann sie wieder 1919 und hält seit 1921 einjährige Vollkurse ab, die mit einer Prüfung abschließen. Der Besuch der Schule, der in der ersten Zeit gering war, hat sich jetzt sehr gehoben. Die Schule heißt gegenwärtig Deutsche Schule für Optik und Phototechnik zu Berlin. Erhalten wird sie vom Reichsverbande der deutschen Industrie, mit Unterstützung des preußischen Staates und der Stadt Berlin.

In Jena hatte man im Oktober 1913 für die Meister Lehrgänge von kürzerer Dauer eingerichtet. Bald stellte sich die Notwendigkeit einer besonderen Anstalt heraus. 1918 wurde sie vom weimarischen, später vom thüringischen Staat übernommen, ihr Name ist Jenaer Fachhochschule für Optiker. Die Lehrgänge waren bis 1921 halbjährig, bis 1924 einjährig, seitdem zweijährig. Sie werden durch eine Prüfung abgeschlossen.

Das Bestehen der Prüfung an beiden Schulen gilt rechtlich als Ablegung der Optikermeisterprüfung. Ferner ist damit das Recht zur Führung einer besonderen Berufsbezeichnung verbunden.

Es wird mitgeteilt, daß die Jenaer Schule bis 1932 von 1176 Personen besucht worden ist (33⁵⁴³163), darunter reichlich einem Viertel Ausländern. Unter dieser Zahl befinden sich auch die Teilnehmer an einer Anzahl abgekürzter Kurse. In den letzten Jahren betrug die Zahl der erfolgreichen Prüflinge durchschnittlich etwa 55, darunter 15 Ausländer.

Bei der Berliner Schule hat ein Verein früherer Schüler nahezu 300 Mitglieder, etwa zur Hälfte selbständige Optiker. Natürlich gehören ihm nur ein Teil der Schüler an. In den letzten Jahren haben durchschnittlich 35 Reichsdeutsche und 10 Ausländer die Prüfung bestanden.

Die Angaben über die Zahl der Optiker sind auch in Deutschland sehr verschieden. Nach der neuesten Mitteilung (Orpho 1933, 826) wären 4000 selbständige Optiker vorhanden, aus früheren Bemerkungen könnte man schließen, daß etwa die Hälfte davon optische Waren führende Uhrmacher wären, und daß die Zahl der Angestellten das $1\frac{1}{2}$ -fache betrüge. Von den 4000 Geschäftsinhabern sind 800 in Schulen ausgebildet. Es kommt danach auf etwa 17000 Einwohner ein optisches Geschäft.

Gesetzlich ist der Optiker in Deutschland am Brillenbestimmen nicht verhindert, doch lassen die Krankenkassen die Brillen beim Arzt bestimmen, vom Optiker nur anpassen und abgeben; Versuche, ihm auch dies zu nehmen (die sog. Selbstabgabe der Krankenkassen) haben große Erregung verursacht.

Das Bestreben der Optiker geht auf eine Einigung mit den Augenärzten und gesetzliche Regelung des Rechtes zur Brillenbestimmung, davon erwarten sie auch Schutz gegen Wettbewerb, hoffen namentlich die noch vielfach bestehende Verbindung zwischen Uhrmacher- und Optikergewerbe mit der Zeit im wesentlichen ausschalten zu können.

b) In Frankreich. In Frankreich ist eine Bewegung erst seit etwa 1924 in Fluß gekommen. Der Anlaß war die Verurteilung eines Optikers, der eine Brillenbestimmung mittels der Schattenprobe vorgenommen hatte. Die Optiker halten regelmäßige Tagungen ab, eine besondere Vereinigung veranstaltet Lehrgänge und Vorträge zur Fortbildung, im ganzen besteht aber eine freundschaftliche Zusammenarbeit mit den Augenärzten, freilich wird gesagt, daß die Optiker überall nachgegeben hätten. Als Ziel der Optiker wird eine Schule in Paris bezeichnet, die den Optiker zur Brillenanpassung und zur subjektiven Bestimmung ausbilde, eine weitere Ausbildung (und nochmalige Prüfung) soll an der Universität erfolgen¹.

Die Handwerkerschule in Morez hat eine Optische Abteilung, die neuerdings zu einem vierjährigen Lehrgang ausgebildet worden ist. Dieser faßt das zusammen, was in Deutschland in der Lehrzeit und in der Schule gelernt wird. Man rechnet damit, daß jährlich etwa 25 ausgebildete Optiker die Schule verlassen.

In Elsaß-Lothringen besteht noch die deutsche Handwerker-gesetzgebung.

In den übrigen Ländern sind ähnliche Bestrebungen, wie hier geschildert, im Gange.

§ 184. Zusammenfassung. B. Betrachtet man die Ausbildungsanstalten in den verschiedenen Ländern, so sind Unterschiede in den äußern Einrichtungen sehr merklich, ebenso in den Vorbedingungen, die gestellt werden; einige sind mit Volksschulreife zufrieden, andere fordern das Abiturientenexamen, die Schlußprüfung einer Mittelschule. Die Lehrziele sind weniger abweichend: eine gewisse Allgemeinbildung, Hilfswissenschaften (Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie); vor allem geometrische, physikalische, physiologische Optik, Brillenkunde. Dieser mehr theoretischen Ausbildung schließt sich die praktische an; Brillenbestimmung und Anpassung, aber auch handwerksmäßige Fertigkeiten und kaufmännische Kenntnisse. Da der Brillenvertrieb allein nicht immer einen Gewerbetreibenden erhalten kann, wird auch die Kenntnis anderer optischer Instrumente, der Photographie usf., vermittelt. — Diesem Lehrplan entsprechen die Prüfungen.

¹ Das Pariser *Institut d'Optique* veranstaltet zwar Vorträge für Optikermeister, dient aber im übrigen der Ausbildung von optischen Rechenmeistern und Werkstattoptikern.

Durch diese Fortbildung sucht sich die Optikerschaft in allen Ländern ihr altes Recht zur Brillenbestimmung zu erhalten¹. Sie wird von einem Teil der Augenärzte bekämpft, vor allem mit der Begründung, daß die Fehlsichtigkeit häufig ein Zeichen einer Augenkrankheit sei, die der Optiker nicht erkennen werde. Daher wird in den Schulen durchweg auch die Anatomie des Auges gelehrt, und der Optiker soll imstande sein, das Vorhandensein einer Augenkrankheit zu erkennen, wobei ihm aber streng untersagt ist, den Schein einer ärztlichen Beratung zu erwecken, er soll bei jedem Krankheitsverdacht den Hilfesuchenden an den Augenarzt verweisen². — Hiermit sind nicht die Bedenken aller Augenärzte zerstreut; man glaubt, daß durch die staatliche Anerkennung der Prüfung als Brillenbestimmer den Optikern eine Fähigkeit zugesprochen würde, die sie nicht haben könnten. In einigen Staaten haben die Ärzte ein Verbot der Brillenbestimmung durch Optiker verlangt; soweit aus dem Schrifttum bekannt, ist ein solches in Italien, Ungarn, Argentinien, Uruguay erfolgt, vielleicht auch in Brasilien; mehr oder minder große Einschränkungen für die Optiker bestehen in Belgien und einigen Schweizer Kantonen. — Wo kein Sondergesetz, aber ein Kurpfuscherverbot in Geltung ist, hat man auch wohl versucht, es gegen die Optiker anzuwenden, von dem einen Falle in Frankreich abgesehen, ohne dauernden Erfolg.

Nach der andern Seite hin kämpfen die Optiker gegen den Wettbewerb minder geeigneter Personen und fordern auch deshalb die gesetzliche Prüfung für Brillenbestimmer und das Ausübungsverbot für andere. Erfolg haben sie in den Vereinigten Staaten und einigen englischen Kolonien, außerdem auf Kuba gehabt. Dabei ist es aber nicht geglückt, den sog. Brillenhandel auszuschalten, wobei dem Brillenbedürftigen eine Anzahl Brillen vorgelegt werden und er die seiner Ansicht nach passendste herausucht. Ob der Brillenhändler auch als Brillenanpasser tätig sein darf, scheint nicht überall gleich geregelt zu sein.

Ein besonderer Stand der Brillenanpasser hat sich wohl nur in den Vereinigten Staaten und Kanada, in geringerem Umfange in England herausgebildet. Im allgemeinen wird derselbe Optiker, der Brillen bestimmt, sie auch auf ärztliche Vorschrift anpassen.

¹ Seit 1928 besteht eine internationale Vertretung der Optikerschaft, die „Internationale Optiker-Liga“, der die meisten Optikerverbände der einzelnen Länder angehören. Sie verlangt (31³⁵⁷147) in § 6 ihrer Satzungen, die Optikerverbände sollen grundsätzlich anerkennen, daß der geprüfte Optiker Brillen bestimmt, aber das Auge nicht ärztlich behandelt.

² Es seien hier die neuerdings aufgestellten Richtlinien der Jenaer Schule mitgeteilt: „Nicht in das Arbeitsgebiet des Optikers fallen:

1. Fehlsichtige unter 14 Jahren.
2. Alle manifest Schielenden.
3. Hochgradige Myopen mit einer axialen Refraktion von mehr als -10 Dioptrien.
4. Personen, die mit einer wahrnehmbaren Krankheit des Auges behaftet sind.
5. Personen, bei denen sich die Refraktion plötzlich oder in verhältnismäßig kurzer Zeit geändert hat.
6. Personen, die in augenärztlicher Behandlung sind.
7. Alle achsensymmetrisch Fehlsichtigen, bei denen nicht auf jedem Auge eine Sehschärfe von 0,7, und alle Astigmatiker, bei denen mit den entsprechenden Gläsern nicht auf jedem Auge eine Sehschärfe von 0,5 erreicht wird.

Der Fachoptiker ist gehalten, alle derartigen Fehlsichtigen dem Augenarzt zu überweisen, ohne selbst eine Diagnose zu stellen.“

Faßt man endlich die Brillenversorgung der Jetztzeit — erwünschte und unerwünschte Arten — zusammen, so kann man folgende Fälle unterscheiden:

1. Brillenbestimmung und Anpassung durch den geschulten Optiker.
2. Brillenbestimmung durch den Arzt, Anpassung durch den Optiker.
3. Der sogenannte Brillenhandel.

Dazu kommen gewisse Änderungen, die eintreten können:

4. Bei Vereinigung des Optikerladens mit einem andern Gewerbe (Uhrmacherladen, Apotheke).

5. Bei Einrichtungen für besondere Klassen der Bevölkerung (Krankenkassen).

Weitere Einzelheiten befinden sich in den jährlichen Berichten der *Z. ophthalm. Opt.*

§ 185. Neuere Bestrebungen zur Brillengeschichte. In dem gegenwärtigen Jahrhundert hat sich die lebhaftere Anteilnahme an der Brille auch durch umfangreichere Arbeiten zur Brillengeschichte zu erkennen gegeben. Abgesehen von den älteren zusammenfassenden Werken von P. PANSIER (*I.*), J. ROUYER (*I.*) 1901, E. BOCK (*I.*) 1903, A. HEYMANN (*I.*) 1911 sind zahlreiche Einzelarbeiten auf diesem Gebiet von G. ALBERTOTTI, R. GREEFF, O. HALLAUER, ED. PERGENS, A. v. PFLUGK, M. v. ROHR, J. M. SIMÓN herausgebracht worden. Es steht zu hoffen, daß man allmählich einiges Licht auf manche noch dunkle Stellen der Brillengeschichte wird fallen lassen und so die Lässigkeit früherer Zeiten zu einem Teile gutmachen können. — In der letzten Zeit sind namentlich durch K. STEGMANN'S (33 159) Arbeiten wesentliche Fortschritte in der Geschichte der Augenglasfassungen — etwa von 1850 ab — gemacht worden. Man kann sich danach ein ungefähres Bild davon entwerfen, wie die durch die Gestellfabriken ständig geänderte Lage den Brillenoptikern erscheinen mußte. Es ergibt sich damit eine bessere Kenntnis von den mannigfachen Entwicklungsstufen, die zwischen dem alten Brillenoptiker und dem neuzeitigen Brillenanpasser bestehen.

Eine Zusammenstellung öfter gebrauchter Bezeichnungen.

Bei der neuen Auflage ist dahin gestrebt worden, die Bezeichnungen mit den Regeln der Deutschen Gesellschaft für angewandte Optik (Normblatt DIN 1335, Beuth-Verlag, Berlin) in Einklang zu bringen, und soweit dem Normblatt bestimmte Buchstabenbezeichnungen vorlagen, sind sie verwandt worden.

Nach den Regeln sind auszudrücken:

Punkte durch große lateinische Buchstaben.

Strecken entweder durch ihre Endpunkte oder durch kleine lateinische Buchstaben, z. B. $HO = a$; im ersten Falle ist durch die Reihenfolge auch der Sinn der Strecke angegeben: $OH = -a$; a ist positiv, wenn O rechts (in der Fortpflanzungsrichtung des Lichtes) von H liegt.

Kehrwerte von Strecken oder ihr Luftwert durch große lateinische Buchstaben $1/a = A$.

Winkel durch griechische Buchstaben, ebenso dimensionslose Größen, wie Maßstab, Vergrößerung usw.

In Fällen, wo eine Bezeichnung eingebürgert ist, sind Ausnahmen erlaubt, so wird die Brechzahl durch n ausgedrückt, in diesem Buche auch die Sehschärfe durch S . Einige weitere Ausnahmen sind mehr zufällig erhalten geblieben.

Es wurde weiter versucht, die verschiedenen Flächen und Flächenfolgen zu unterscheiden; man vergleiche dazu namentlich a und D , aber auch A und H .

Doch ist dies Verfahren nur bis § 72 folgerichtig durchgeführt, in späteren Abschnitten sind wir teils aus geschichtlichen Gründen, teils der Bequemlichkeit halber davon abgewichen, wenn keine Verwechslung zu befürchten war.

a, a' : Hauptpunktabstände in Luft (allgemein)	39
a -Hauptschnitt eines astigmatischen Glases	161
a, a' : Hauptpunktabstände für das Brillenglas D ,	63
$a_{,,}$: Hauptpunktabstand in Luft für das Gullstrandsche Übersichtsauge $D_{,,}$	34
$a_{,,}^*$: Hauptpunktabstand in Luft für das unbewaffnete Auge	64
$A = 1/a; A' = 1/a'$: Hauptpunktbrechwerte in Luft (allgemein)	39
A : Scheitelbrechwert in dem einen Hauptschnitt eines astigmatischen Brillenglases (s. a. unter M)	160
$A, = 1/a,; A, ' = 1/a, ':$ Hauptpunktbrechwerte für das Brillenglas	63
$A_{,,} = 1/a_{,,}$: Hauptpunktbrechwert für das Auge [Einstellfehler]	14, 33, [63]
$A_{,,}$: Brechungsfehler — s. a. unter $M_{,,}$ — eines astigmatischen Auges	160
$A_k = P_{,,} - R_{,,}$: Akkommodationsbreite (gelegentlich auch Akkommodationsanspannung)	51
A^m, A^a : bestimmte Brechwerte am Rande astigmatischer Linsen (vgl. auch M^m, M^a)	173 + 91
ctrd: Centradian, Centrad	150, 150 ¹
dptr: Dioptrie	32, 68
d_r : Glasdicke einer Einzellinse	67
$d = d_r/n$: der Luftwert dieser Glasdicke	67
$\hat{o} = S, H_{,,}$: Abstand zwischen innerem Brillen- und Hornhautscheitel (äußere Bezugspunkte)	33 + 18
$\hat{d} = H, H_{,,}$: Abstand zwischen den zugewandten Hauptpunkten von Brillenglas und Auge (innere Bezugspunkte)	35
$\hat{d}_{12} = H_1 H_2$: Hauptpunktabstand für die beiden Linsen einer Fernrohrbrille	79
$d_r = H, F_{,,}$: Abstand zwischen bildseitigem Hauptpunkt des Brillenglases und vorderem Augenbrennpunkt	46
$D = 1/f'$: Brechkraft einer Linse im allgemeinen	39
auch Brechkraft der Verbindung von Brille D , und Auge $D_{,,}$	40
$D, = 1/f, ':$ Brechkraft des Brillenglases	40
(auf S. 200 mit Farbenzeigern)	200
$D_{,,} = 1/f, ' = 58,64$ dptr: Brechkraft des Gullstrandschen Übersichtsauges	40
$D, ', D, ''$: Brechkraft der beiden Grenzflächen eines einfachen Brillenglases	72

D_1, D_2 : Brechkraft der Teillinsen einer Fernrohrbrille	79
D_{12} : Brechkraft der Fernrohrbrille	79
D_s : Brechkraft des sphärischen Anteils eines astigmatischen Glases	188 + 101
D_z : Brechkraft des zylindrischen Anteils eines astigmatischen Glases	188 + 101
e, e' : Hauptpunktabstände einer Folge, bezogen auf Hauptpunkte der Teile	40
$e = OG$: Dezentrationstrecke bei zweifach symmetrischen Linsen	188 + 101
f' : bildseitige Brennweite für die Folge aus Brillenglas $f' = 1/D$, und Auge $f_{,,}$ '	40
$f'_{,,} = 1/D_{,,}$: bildseitige Brennweite des Brillenglases	35
$f'_{12} = 1/D_{12}$: bildseitige Brennweite einer Fernrohrbrille	81
$f_{,,}$ ' = $1/D_{,,}$: Luftwert der bildseitigen Brennweite des Gullstrandschen Über- sichtsauges	40
$[\bar{F}]$, F' : ding- und bildseitiger Brennpunkt im allgemeinen	[105] 33 + 18
$[\bar{F}]$, F' : ein gleiches für das Brillenglas	[108] 33
F'_{12} : bildseitiger Brennpunkt einer Fernrohrbrille	79 + 38
$\bar{F}_{,,}$, $F_{,,}$ ' : ding- und bildseitiger Brennpunkt für das Auge	39 ¹
h : Dezentrationstrecke eines drehrunden Brillenglases	152 + 78
H, H' : ding- und bildseitiger Hauptpunkt für die allgemeine Abbildung	39
und für die Folge aus Brillenglas D , und Auge $D_{,,}$	41 + 21; 43 + 22, + 23
$H_{,,}$, $H'_{,,}$: ding- und bildseitiger Hauptpunkt für das Brillenglas D	35
$H_1, H'_1; H_2, H'_2$: Hauptpunkte der Einzellinsen einer Fernrohrbrille	79
H'_{12} : bildseitiger Hauptpunkt einer Fernrohrbrille	79 + 38
$H_{,,}$, $H_{,,}$ ' : ding- und bildseitiger Hauptpunkt des Gullstrandschen Über- sichtsauges	32
$i = H, H'$: der Hauptpunktabstand eines Brillenglases endlicher Dicke	53 + 26
$K_{,,}$: dingseitiger Augenknotenpunkt	42
$l = 250$ mm: Ansatz für die deutliche Sehweite	65
$l_{,,} = \bar{F}_{,,}, R_{,,}$: Abstand des Fernpunkts vom vorderen Augenbrennpunkt	46
$L_{,,} = 1/\bar{F}_{,,}, R_{,,}$: Brennpunktsbrechwert des Auges	47
m -Hauptschnitt eines astigmatischen Glases	161
M : Scheitelbrechwert in dem andern [s. u. A] Hauptschnitt eines astigmati- schen Brillenglases	160
$M_{,,}$: Brechungsfehler — s. a. unter $A_{,,}$ — eines astigmatischen Auges	160
M^m, M^a : bestimmte Brechwerte am Rande astigmatischer Linsen (vgl. auch A^m, A^a)	173 + 91
n : Brechzahl	3
gelegentlich mit Farbenzeigern	199
und Ordnungsziffern bei einer Flächenfolge	197
prdp _{tr} : Prismendioptrie	150
$p_{,,} = H_{,,}, P_{,,}$: Hauptpunktabstand des Nahpunkts	51
$P_{,,} = 1/p_{,,}$: Nahpunktsbrechwert	51, 63
$q = z l^4 + \lambda l^6$: Änderung des Kugelhalbmessers bei einer asphärischen Fläche	138
$q = z = D_s/(D_s + D_z)$: bei astigmatischen Linsen das Verhältnis der Brech- werte in beiden Hauptschnitten	191 + 103
$Q_{vs} = n_v \left(\frac{1}{r_v} - \frac{1}{s_v} \right) = n'_v \left(\frac{1}{r'_v} - \frac{1}{s'_v} \right)$	197
$r_{,,} = a_{,,} = H_{,,}, R_{,,}$: Hauptpunktabstand des Fernpunkts	32
$\left. \begin{matrix} \bar{r}: \\ \bar{r}: \end{matrix} \right\}$ Halbmesser der $\left\{ \begin{matrix} \text{Vorder-} \\ \text{Hinter-} \end{matrix} \right\}$ fläche einer Linse	3
$\left. \begin{matrix} r_m: \\ r_s: \end{matrix} \right\}$ Krümmungshalbmesser im $\left\{ \begin{matrix} \text{Meridian-} \\ \text{Sagittal-} \end{matrix} \right\}$ schnitt	137
$R_{,,} = A_{,,} = 1/r_{,,}$: Fernpunktsbrechwert	32
$s'_v = \delta + a_{,,}$: Scheitelabstand des Punktes $F'_v = R_{,,}$ von S'_v	34

$S'_s = 1/s'_s$: Scheitelbrechwert im allgemeinen	33, 36
er wird für $s_s = \infty$ zu	
$S'_\infty = 1/S'_s F'_s = A_{s_s} / (1 + \partial A_{s_s})$	36/37
S : Sehschärfe im allgemeinen; im besonderen bedeuten:	
S_n : natürliche Sehschärfe	57
S : absolute Sehschärfe.	58
S_r : relative Sehschärfe	59
V_σ : vergrößernde Kraft der Lupenbrille für die Hauptstrahlneigung σ , σ'	96/97
x' : Scheitelabstand des Blendenorts oder des Kreuzpunkts der Hauptstrahlen	103
$X' = 1/x'$: bildseitiger Scheitelbrechwert des Blendenorts	122, 121 + 62
y , y' : Ding- und Bildgröße im allgemeinen	39
y_{s_s} , y'_{s_s} : die gleichen für das Auge	39
Y_1 , Y_2 : die astigmatischen Fehler (nach E. Weiß)	173
Z : scheinbarer Augendrehpunkt, auch mit Öffnungsabweichung ZZ_σ angenommen	98 + 56, 133 + 67
Z' : wahrer Augendrehpunkt und Kreuzpunkt der Blicklinien oder Hauptstrahlen im direkten Sehen	94 + 52, + 53
\mathfrak{A}_{s_s} : äußerer Brechwert	56 + 29
$\mathfrak{A}_k = A_k \cdot \mathfrak{F}$: äußerer Akkommodationserfolg	53
\mathfrak{F} : das Verhältnis des äußeren Akkommodationserfolgs \mathfrak{A}_k zur Akkommodationsanspannung A_k	53
α : Winkel der Ablenkungsrichtung bei der Dezentrierung zweifach symmetrischer Linsen	188 + 101
β : Winkel der Dezentrierungsrichtung bei der Dezentrierung zweifach symmetrischer Linsen	188 + 101
β'_σ : Abbildungsmaßstab für endliche Hauptstrahlneigungen σ	96, 107
$\Gamma = D_{s_s} / D$: Vergrößerung des Netzhautbildes	45, 47
auch Γ_k (S. 79) und Γ_p (S. 80)	
$\gamma = \alpha - \beta$: Richtungsunterschied bei der Dezentrierung zweifach symmetrischer Linsen	188 + 101
Δ : prismatische Ablenkung eines dezentrierten Brillenglases	153
$\Delta n = n_F - n_C$ und entsprechend ΔD , (S. 200)	199
$\mathcal{A} \frac{1}{n s} = \frac{1}{n' s'} - \frac{1}{n s}$	197
δ : Ablenkungswinkel beim Prisma	149 + 75
ε : Winkel zur Bestimmung der Sehschärfe	56
ε_h : Hauptpunktswinkel	57 + 30 u. 59 + 34
ε_p : Brennpunktswinkel	58 + 32 u. 59 + 34
ε_H : Brillenhauptpunktswinkel	59 + 34
η : Winkel zwischen der Ablenkungsrichtung und der Waagrechten bei der Dezentrierung zweifach symmetrischer Linsen	188 + 101
\varkappa : erste Deformationskonstante	137
$\varkappa = D_s : (D_s + D_z)$ bei der Dezentrierung zweifach symmetrischer Linsen	190
λ : Wellenlänge	199 ¹
λ : zweite Deformationskonstante	138
μ : Mikron und $m\mu$: Millimikron	199 ¹
$\nu = (n_D - 1) / (n_F - n_C)$	200
Π : Ablenkung in Prismendioptrien	189
σ , σ' : Hauptstrahlneigungswinkel vor und nach der Brechung	95 + 54
gelegentlich mit Zeigern für Flächenzahl und Farbe.	
φ : Winkel zwischen der Zylinderachse und der Waagrechten	188 + 101
ζ : brechender Winkel am Prisma	149 + 75

Sachverzeichnis.

Das Abbildungszeichen + ist in wichtigeren Fällen — gelegentlich sogar mit der Nummer der Abbildung — aufgenommen worden.

- Abbild, Abbildsbild 210.
Abbildungstiefe bei Brillenträgern 67.
Abflachende Wirkung von Sammelgläsern 212/3 + 110b, 220.
Abflachungswert Φ 139.
Ablenkungsrichtung bei astigmatischen Brillen, ihr Unterschied gegen die Dezentriationsrichtung 187/96 +.
Ablenkungswinkel (Prisma) 149 +.
Absolute Sehschärfe 58 +.
Abstufung der Brechwerte der Brillen 70, 73/4.
Achromasie der Brechkraft 202/4, der Hauptstrahlneigung 204/5, Achromasie bei Tragrandgläsern 27.
Achromatische Brillengläser (allgemein) 203/4.
Achromatische Fernrohrbrillen 207.
Achromatische, punktmäßig abbildende Starbrillen 205/7 +.
Achromatisierung einer dünnen Doppel- linse 202.
Achsenametropien s. Längenfehler.
Achsenbezeichnung bei Zylindergläsern 162/3 +.
Achteckige Randform 26, 148, 164.
Akkommodation 51, Akkommodations- gebiet 52.
Akkommodationsbreite 51, ihre Ände- rung durch Brillen (= äußerer Ak- kommodationserfolg) 52/4, durch Taucherbrillen 13, durch ein Lohn- steinsches Hydrodiaskop 54/5+, durch Fernrohrbrillen 79/80, Unterschied in den beiden Hauptschnitten eines astigmatischen Brillenglases 162, 165.
Akkommodationsbrillen 55/6 +.
Älterssichtiges Auge 51/2, 54, 63.
Anastigmatische Brillengläser 29, 185/6 +.
Anisometropie s. Ungleichsichtigkeit.
Anpassung einer beidäugigen Brille 217.
Aphakische Augen s. linsenlose Augen.
Äquatorialkrümmung torischer Flächen 165.
Asphärische Umdrehungsflächen 107, 137/8 +.
Asphärosphärische Starlinsen 137/41, verzeichnungsfreie 139.
Asphärotorische Starlinsen 183/4.
Astigmatisch-prismatische Brillengläser 187.
Astigmatische Bildpunkte (sog.) 98.
Astigmatische Brillengläser 160, allge- mein 160, zweckmäßiger Durchbie- gung 178, Form der Bildfläche 180/1, Verzerrung 162, 165, 181/3, Strahlen- vereinigung außerhalb der Sym- metrieebenen 184/5, Nah- und Lupen- brillen 187, Starbrillen 183/4, Fern- rohrbrillen 165, astigmatische Brille beim beidäugigen Sehen 226, spätes Auftreten 233.
Astigmatische Fehler Y_1 und Y_2 173.
Astigmatisches Bündel s. schneiden- förmiges Bündel.
Astigmatismus des Auges 101, 159/60.
Astigmatismus schiefer Bündel s. Zwei- schalenfehler.
Aufsteckgläser (bei Fernrohrbrillen) 144 +.
Auge 32/3, 51/2.
Augenabstand 217.
Augenärzte, Einfluß bei der Fortbildung der Brillenkunde 1/2, 232/3, Schulung 232/3, Kampf eines Teils gegen die Brillenbestimmung durch Optiker 233/8.
Augendrehpunkt als der Kreuzpunkt der Hauptstrahlen 91/3, Grenzkreis 93 +, seine Lage zur Brille 103, 110, die Folgen seiner Verschiebung 126/9 +, als Zentrum der Perspek- tive 209, Geschichte der Erkenntnis seiner Bedeutung 92/3, 235/6.
Ausgleichswert 36.

- Ausgleichsverfahren 38, 73/5.
 Äußere Bezugspunkte 35.
 Äußerer Akkommodationserfolg s. Akkommodationsbreite.
 Beidäugige Brillen, Möglichkeit eines einheitlichen Raumbildes 216, Einzelfälle 220/30.
 Bergkristallbrillen 3, 17/8.
 Bernsteinbrillen 17/8.
 Beryllbrillen 11¹, 17/8.
 Beugung bei der Abbildung durch Brille und Auge 1¹.
 Bifokalbrillen s. Zweistärkengläser.
 Bildfeldfehler allgemein 98/102, im übrigen s. Bildfläche.
 Bildfläche, Form bei Lupenbrillen 104/7 +, bei Nahbrillen 108, bei Fernbrillen 121/6, bei astigmatischen Brillen 180/1.
 Bildgröße 39/49 +, 63/6 +.
 Bildseitiges Abbild 210.
 Bildsprung 85/8 +.
 Brechkraft D , des Brillenglases 36, ihre Bestimmung an einem vorliegenden Glase 71/3.
 Brechkraftfehler 33.
 Brechkraftlose Brillengläser s. Schutzbrillen.
 Brechzahl n des Brillenrohstoffs 3, 67, 119.
 Brennpunktswinkel ε_f 58/9 +.
 Brennweite, Beziehung zur Schnittweite 35/6, 71, bei Fernrohrbrillen 142.
 Brennweiten in schiefer Richtung 130/1 +.
 Brille, Sprachliche Entstehung des Wortes 11¹, 216.
 Brillenabstand d und seine Bedeutung 42/5 +.
 Brillenabstufung 68/70.
 Brillenanpasser, Brillenbestimmer 233/9.
 Brillenfernrohr 142¹.
 Brillenformen 22/8, 76/7.
 Brillenglas 3, 11¹.
 Brillenhandel, Brillenhandwerk, Brillenversorgung 230/9.
 Brillenhauptpunktswinkel ε_H 59 +.
 Brillenherstellung 20/2, 231.
 Brillenlehre, ihre Entwicklung 230/9.
 Brillenlupen 222, 225 +.
 Brillenscheitelrefraktion s. Scheitelbrechwert.
 Brillenwerke, amerikanische 233.
 Brillenzeitschriften 2, 234.
 Bügelbrillen 216.
 Cellonbrillen 3, 18.
 Centradian (ctrd), Lehrbegriff 150, Geschichte 152.
 Chromatische Vergrößerungsdifferenz s. Farbenverschiedenheit der Vergrößerung.
 Dachsteinförmige Brillengläser 23, 26.
 Dämpfungswirkung 5, für einzelne Strahlengruppen 9/11.
 Deformationskoeffizienten κ , λ 137/8.
 Deformierte Fläche s. asphärische Flächen und 184.
 Dezentrierung achsensymmetrischer Brillengläser (zur Herstellung prismatischer Brillen) 152/9, zweifach symmetrischer Brillengläser (zum gleichen Zweck) 187/93, Richtungsunterschied zwischen Dezentrierung und Ablenkung im zweiten Falle 187/96.
 Dichromatische Brillengläser s. mehrdämpfige Brillengläser.
 Dicke des Brillenglases, Einfluß 35, 71, 75, 119.
 Dingseitiges Abbild 210.
 Diopterbrillen 12.
 Dioptrie (dptr), Lehrbegriff 32, 67/9, Geschichte 69/70.
 Dioptrienrechnung 40, 70.
 Dissektionsbrille 223.
 Doppelprisma 226 +.
 Doppeltorische Linsen und Brillengläser 166, 179/80, 185/6.
 Doppelzentriergläser 225.
 Dreistärkengläser 90, 222 +.
 Dufosingläser 88.
 Durchbiegen von Brillengläsern 20, 71, 104, 108 +, 115, 139, 156, 178.
 Durchrechnung (trigonometrische) 103, 112, 119, 178/9.
 Einfach symmetrische Brillengläser s. prismatische Brillengläser.
 Eingläser 77.
 Einstellfeste Gläser 124/6, Starbrillen 139.
 Einstellung des Auges 32.
 Eisenbahnbrillen 4 +, 26.
 Elliptische Flächen an Brillengläsern 141.

- Facette s. Winkelkante.
 Fadenbrillen 216.
 Farbenblinde, Hilfsgläser für sie 207/8.
 Farbenfehler des Auges 125, 203.
 Farbenfehler von Einzellinsen 199.
 Farbenhebung s. Achromasie.
 Farbensäume bei schiefem Blick durch die Brille 201/2, bei prismatischen Brillengläsern 151, 154.
 Farbenverschiedenheit der Vergrößerung 204.
 Fassungsbrillen 22.
 Fehlsichtiges Auge 32.
 Fernbrillengläser 33, ihre Bestimmung 67, punktmäßig abbildende 109/21, Form der Bildfläche 121/3, einstell-feste 124, Verwendung als Nahbrillengläser 129/30, Wirkung beim schiefen Durchblick 130/2, Stargläser 139, astigmatische (allgemein) 160, zweckmäßiger Durchbiegung 178, Fernbrille für beidäugiges Sehen 220/1.
 Ferngläser 77.
 Fernpunkt 32.
 Fernpunktsfläche 94, ihr Zusammenfallen mit der Bildfläche von punktmäßig abbildenden Fernbrillen —17,3 dptr 122, Abweichung von der Bildfläche im allgemeinen 122/3.
 Fernrohrbrillen für ruhende Augen 78/82, Akkommodationsbreite 54, 144, für bewegte Augen 141/4, als Lupenbrillen 144, umgekehrte 144, 207, 229, achromatische 207, Wirkung auf die Raumerfüllung 219.
 Fernrohrlupen 81, 143 +.
 Fernrohrnahbrillen 80.
 Festmaße 23.
 Fingerklemmer 217.
 Flächentaster 72/3.
 Flintglas bei einer achromatischen Verbindung 202.
 Flintglasbrillen 18.
 Gekreuzte Zylinderflächen 147, 163, 166/8.
 Gesetzgebung über Brillenbestimmung 233/8.
 Glasbrillen 24.
 Gläser „neuer Schleifart“ 28.
 Gläserreihe 30/1, s. a. Abstufung.
 Glaswert 36.
 Glimmerbrillen 3, 18.
 Haftgläser 15/7, 112, 227.
 Halbmuschelgläser 76, 114.
 Halbrunde Brillengläser 23, 26.
 Hauptpunkte schiefer Bündel bei punktmäßig abbildenden Linsen geringer Dicke 130/2 +, bei Fernrohrbrillen 142.
 Hauptpunktsabstand a , 32.
 Hauptpunktsbrechwert 14, 33, 45/9, 99/100.
 Hauptpunktswinkel ε_h 57/8 +, 64.
 Hauptstrahlen, Lehrbegriff 94.
 Hinterleger s. Nachsteckgläser.
 Hornhautastigmatismus 159.
 Hornhautkegel 13, 15, 140.
 Hufeisenförmige Brillengläser 23, 26.
 Hydrodiaskop 13/5 +, 54/5.
 Hyperbolische Flächen an Brillengläsern 140/1.
 Innere Bezugspunkte 35.
 Internationale Achsenbezeichnung 163 +.
 Isokrystargläser 120.
 Isometropgläser 18.
 Isometropie 218.
 Isostigmatische Gläser 124.
 Kalibermaße s. Festmaße.
 Katadigläser 20.
 Katralgläser 39, 141, 184.
 Kissenförmige Verzeichnung 96, 134 +.
 Klemmbrillen 216.
 Klemmer 217.
 Koma 95, 160.
 Konservationsbrillen 4, 148.
 Kontaktgläser s. Haftgläser.
 Konvergenz, Zusammenhang mit der Akkommodation 222/3.
 Korrektionswert s. Ausgleichswert.
 Korrigierendes Brillenglas s. Fernbrillenglas.
 Krafteinstellung 51.
 Kreis kleinster Verwirrung 123, 125.
 Kronglas bei einer achromatischen Verbindung 202.
 Kronglasbrillen 18.
 Kryptokgläser 90.
 Kurzsichtiges Auge 32/3.
 Längenfehler 33, 40.
 Largongläser 124, 126.
 Lederbrillen 216.

- Lehrgeräte 120.
 Lentikulare s. Tragrindgläser.
 Lesegläser, Chamblantsche 147, s. auch Nahbrillengläser.
 Lichtspiele, Brillen für 82, 144.
 Linsenlose Augen 33, 50/1, 125, 159.
 Lochbrillen 6, 11/2, 225/6.
 Luftabstände 39.
 Luftbrechwerte 39.
 Lupenbrillen allgemein 66, punktmäßig abbildende 95, 103/4, Form der Bildfläche 104/7, Verzeichnung 107, Fernrohrbrillen als solche 144 +, astigmatische zweckmäßiger Durchbiegung 187.
 Material s. Rohstoff.
 Mehrdämpfige Brillen 6.
 Menisken s. periskopische Gläser.
 Meridiankrümmung torischer Flächen 165.
 Meridionale Büschel 98, meridionaler Bildfeldfehler 100.
 Mikron μ 199¹.
 Muschelgläser 4, 76.
 Nachsteckgläser 82, 84.
 Nahastigmatismus 162, 165.
 Nahbrillengläser, allgemein 63, Fernrohrnahbrillen 80, punktmäßig abbildende 107/9, einstellfeste 125/6, Wirkung einer Verschiebung des Augendrehpunkts 129, Verwendung als Fernbrillengläser 130, besondere Nahbrillengläser bei Starbrillen 139, astigmatische 187, Nahbrille zum beidäugigen Sehen 221/4.
 Nahpunkt 51.
 Nahpunktfläche 95.
 Narbenastigmatismus 159.
 Natürliche Sehschärfe 57.
 Nebenbilder 19/20 +.
 Neo-Perpha-Gläser 120.
 Neutralisierungsverfahren s. Ausgleichungsverfahren.
 Nichtkuglige Flächen s. asphärische Flächen.
 Nierenähnliche Brillengläser 26.
 Nietbrillen 216.
 Nutenbrillen 25.
 Objektseitig s. dingseitig.
 Öffnungsfehler 95, 115, 196/9, des scheinbaren Augendrehpunkts 96, Einfluß auf die prismatische Ablenkung 196/9.
 Ohrenbrillen 216.
 Optiker, Beanspruchung des Rechts zur Brillenbestimmung 233/9.
 Optikerliga, internationale 238¹.
 Optikerprüfungen, Optikerschulen 233/9.
 Optikervereinigungen 234/8.
 Optikerzeitschriften s. Brillenzeitschriften.
 Optimum, relatives 176, absolutes 176.
 Optische Projektion 209.
 Orthoptics 12.
 Orthoskopisch s. verzeichnungsfrei.
 Orthoskopische Brillen 97, 118, 223.
 Oval begrenzte Brillen 23, 27.
 Pantoskopisch s. schuppenförmig.
 Parabolische Flächen an Brillengläsern 141.
 Patentbrillen 27.
 Perisko-hyperbolische Gläser 140.
 Periskopische Gläser 76/7, 113/4, Zylinder 162, 167.
 Perphagläser 114.
 Perspektivbrillen 82.
 Perspektive, ihre Änderung durch die Brille 208.
 Planfläche an Brillengläsern 76, 113.
 Polarisationsbrillen 11.
 Porrhallaktische Wirkung s. Tiefenänderung.
 Postoperativer Astigmatismus 159.
 Presbyopenbrillen s. Lupenbrillen, Nahbrillen.
 Primäre Farben 201.
 Primärstellung des Auges 169.
 Prismatische Brillengläser für rechsichtige Augen 148/52, anastigmatische gewöhnliche Form 152/4, mit punktmäßiger Abbildung 154/9, für astigmatische Augen 187/96, für beidäugige Benutzung 225.
 Prismatische Wirkung bei Zweistärkengläsern und ihre Vermeidung 85/8, 224/5.
 Prismendioptrie (prpdr), Lehrbegriff 150, Geschichte 152.
 Probierbrillen 29/31.
 Projektion, optische 209.
 Prüfgerät 112, 116, 120/1, 227.
 Punktagläser 120.

- Punktmäßig abbildende Brillengläser 29, 102, Lupenbrillen 103/4 +, Nahgläser 107/9 +, Fernbrillengläser 110/3 +, Stargläser 135/41, Fernrohrbrillen 141/2, prismatische Brillengläser 154/9 +.
- Punktuelle Korrespondenz 209.
- Quarzbrillen 17/8.
- Radian, Lehrbegriff 150.
- Rand der Brillengläser 22/8 +.
- Rasteinstellung 32, 51.
- Raumerfüllung, Änderung durch die Brille 208 ff.
- Rechtsichtiges Auge 33.
- Rectavistgläser, Rectaviststargläser 120, Rectavist-Lupenbrille 224.
- Reduzierte Abstände (Konvergenzen) s. Luftabstände (Luftbrechwerte).
- Refraktion s. Hauptpunktsbrechwert.
- Refraktionsrichtige Brillengläser s. einstellfeste Brillengläser.
- Relative Sehschärfe 59.
- Richtungsunterschied zwischen Ablenkung und Dezentration bei astigmatischen Brillengläsern 188 +, 193/6.
- Rohstoff für Brillen 17/9, hinsichtlich der Farbenfehler 200.
- Rollung des Auges 169.
- Rotationskrümmung s. Äquatorialkrümmung.
- Rückblickbrillen 11, 20.
- Runde Brillen 23.
- Sagittale Büschel 98, sagittaler Bildfeldfehler 100.
- Sanoskopgläser 10.
- Schärfenfläche 93/5 +.
- Schärfenraum 95.
- Schärfentiefe s. Abbildungstiefe.
- Scheinbarer Augendrehpunkt 96, 115/6.
- Scheinbares Akkommodationsgebiet 52/3.
- Scheitelbrechwert S' 36/9, 71, 73/5, M und A 160.
- Scheitelbrechwertmesser 75.
- Scheitelkugel 98/100 +, 156, 174/5, 178.
- Schiefstellung achsensymmetrischer Brillengläser als Abhilfe bei Augenastigmatismus 160.
- Schielbrillen 225, s. auch prismatische Brillen.
- Schießbrillen 12, s. auch Zielbrillen.
- Schirmbrillen 8/10 +.
- Schlafenbrillen 216, 231.
- Schlitzbrillen 6.
- Schlitz-Bügel-Brillen 216.
- Schmetterlingskneifer 26.
- Schneidenförmiges Bündel 102.
- Schnittweite des Brillenglases s' 34, 71, s. auch Brennweite.
- Schuppenförmige Brillengläser 23, 26.
- Schutzbrillen 3/11, 77, 114, gegen äußere Angriffe 3/5, gegen zu starke Bestrahlung 5/9, gegen bestimmte Strahlengruppen 9/11.
- Sehschärfe, absolute 58, natürliche 57, relative 59.
- Seitenblickbrillen 11.
- Sekundäre Farben 201.
- Sekundärstellung des Auges 169.
- Sinerralgläser 124.
- Spaltbrillen 6.
- Sphärische Abweichung s. Öffnungsfehler.
- Sphärometer s. Flächentaster.
- Sphäro-torische Linsen 118, 171/83.
- Sphäro-zylindrische Linsen 160/5, 174/5 +.
- Spiegelbilder 19/20 +.
- Sprungloser Übergang bei Zweistärkengläsern 85 +.
- Stargläser, günstigste Form eines einfachen Glases mit kugligen Flächen 120, punktmäßig abbildende und einstellfeste 125, aus zwei sphärischen Linsen 135/6, mit einer asphärischen Fläche 137/41, asphärotorische 183/4, achromatische 205/7, Änderung der Raumerfüllung durch Stargläser 215.
- Stargläser mit Tragrand 25 +.
- Stenopäische Brillen 11.
- Stöpsellinse 81/2 +, 142.
- Streifenförmige Randform 26.
- Stufe zwischen beiden Teilen einer geschliffenen Zweistärkenbrille 85/6 +.
- Symmetrieebenen astigmatischer Linsen 172 +, 177 +.
- Tabo-Vordruck zur Achsenbezeichnung 163 +.
- Tangentiale Büschel s. meridionale Büschel.
- Taucherbrillen 12/3 +.
- Telegicgläser 88.

- Tiefenänderung durch ein Brillenglas 210, 213/4, bei einer beidäugigen Brille 218, für astigmatische Augen 227/8.
- Tonnenförmige Verzeichnung 96, 134 +.
- Tonnenförmige Wulstfläche 165/6 +89.
- Torische Flächen, Linsen 165.
- Toro-torische Linsen 166, 185/7 +.
- Totalastigmatismus 159.
- Trägerschicht 27/8.
- Tragrandgläser 24/5 +.
- Transponieren von Zylindern s. Umsetzen.
- Triluxbrillen 7.
- Triplexbrillen 3, 18.
- Übersichtiges Auge 32/3.
- Übersichtsauge (Gullstrand) 35, 40, 51, 57, 62.
- Uhrglasbrillen 4, 114.
- Umbralgläser 10.
- Umsetzen von Zylindern 166.
- Ungleichsichtigkeit und Brillen dagegen 207, 228/30 +.
- Uni-Bifo-Gläser, Uni-Bifo-Luxe-Gläser 90.
- Vergrößerung durch die Brille 12, 39/49, 63/5, beim linsenlosen Auge 50/1, bei einer Fernrohrbrille 79/81.
- Vergrößerungsvermögen 65.
- Verschraubte Glasbrillen 27.
- Vertiefende Wirkung von Zerstreuungsgläsern 212/3 +110a, 220.
- Verzeichnung im allgemeinen 95/7 +, bei Lupenbrillen 107, bei Nahbrillen 107/9, bei Fernbrillen 132/5, bei Starbrillen mit einer asphärischen Fläche 139, bei achromatischen Starbrillen mit gleichzeitiger Hebung des Zweischalenfehlers 207, bei einer eigenartigen prismatischen Brille 155/9 +, bei zweifach symmetrischen anastigmatischen Linsen 186, bei Fernbrillen für ruhendes Auge und schiefe Blickrichtung 130/2 +, Unterschied für ruhendes und bewegtes Auge 216, ihr Einfluß auf das Sehen durch eine beidäugige Brille 220/1.
- Verzeichnungsfrei 96.
- Verzerrung astigmatischer Gläser beim ruhenden Auge 162, 165, beim bewegten Auge 181/3 +, 194/6 +.
- Visual glasses 6.
- Vorfühungsgeräte für Brillenfehler 113, 185, für die Tiefenänderung 214.
- Vorhänger im allgemeinen 82/4, mit punktmäßiger Abbildung 145/6.
- Vorrechenformeln 103, 110, 119, 124, 126, 175², 180.
- Vorschiebebrillen 55/6 +.
- Wahlstärkengläser 89, 141.
- Wasserkammer s. Hydrodiaskop.
- Werkstoff s. Rohstoff.
- Windbrillen 4.
- Winkelkante 22/3 +.
- Wulstfläche 165/6 +, wurstförmige 165/6 +88.
- Zellhornbrillen 3, 17/8.
- Zerstreuungskreis, kleinster 117.
- Zerstreuungsvermögen (1/ ν) 200.
- Zielbrillen 29/31.
- Zonen s. Zwischenfehler.
- Zusatzgläser s. Nachsteckgläser und Vorhänger.
- Zweckmäßige Durchbiegung, astigmatische Gläser damit 178.
- Zweifach symmetrische astigmatische Brillengläser 147/8, 185/6 +.
- Zweischalenfehler allgemein 100/2, bei Lupenbrillen 103/4, bei Nahbrillen 107/9, bei Fernbrillen 110/2, Änderung bei Verschiebung des Augendrehpunkts 126, Abhängigkeit vom Dingabstand 130, bei Starbrillen 135/41, bei Fernrohrbrillen 141.
- Zweistärkengläser allgemein 84/91, für das bewegte Auge 146/7, ihr Farbenfehler 203, ihre Wirkung beim beidäugigen Sehen 224/5.
- Zwischenfehler (des Zweischalenfehlers) allgemein 100/2, bei Fernbrillen 110/1, bei asphärosphärischen Starbrillen 138, bei einer eigenartigen prismatischen Brille 155/7, (des Bildfeldfehlers) bei einstellfesten Brillengläsern 124, (der Verzeichnung) bei Fernrohrbrillen 142, farbige Zwischenfehler 205.
- Zylinderachse 161.
- Zylinderflächen, gekreuzte 147/8, 166/8.
- Zylinderlinsen 160/9.

Quellen- und Namenverzeichnis.

Die älteren Titel wurden unter möglichster Bewahrung der Schreibart der Verfasser übernommen, fremdländische ohne Großschreibung der Hauptwörter.

Soweit die Arbeiten in der Z. ophthalm. Opt. erschienen oder besprochen worden sind, wurde ein Hinweis auf die Stelle unter Benutzung der Regeln von 2^o gegeben, aber der Titel abgekürzt, was ein kleiner Anfangsbuchstabe kennzeichnet.

Die eingeklammerten schrägen Ordnungsziffern wurden von der früheren Auflage her beibehalten, die neueren abgekürzten Titel ließen sich nach ihrem Orte in der Z. ophthalm. Opt. leicht zeitlich ordnen.

Die Geburts- und Todesangaben von Arbeitern auf dem behandelten Gebiet wurden neu aufgenommen. Jede Ergänzung dieser trotz aller Mühe lückenhaften Angaben wird dankbar angenommen und verwertet werden.

- Abbe, E. (* 23. I. 1840, † 14. I. 1905).
 —, — (1.), Note on the proper definition of the amplifying power of a lens or a lens-system. [66]. (Read 12. III. 84.) Journ. Roy. Micr. Soc. 1884. (2) 4. 348—51 +. — S. auch die Übersetzung: Bemerkungen über die richtige Definition der Vergrößerung einer Linse oder eines Linsensystems. Ges. Abh. v. Ernst Abbe. I. 445—9 +.
- , —, entwickelt um 1888 unabhängig die Coddingtonschen Formeln [102], seine unkuhligen Flächen [184], sein Invariantenverfahren [197], seine Ordnung nach dem ν -Wert [200].
- Adams, D. (* nach 1750, 1822 noch am Leben).
 —, — (1.), Certain spectacles upon an entire new principle. [27. 225] E. P. 2155 vom 23. I. 1797.
 —, —, ein englischer Brillenkundiger [232].
 —, G. (* 1750, † 14. VIII. 1795).
 —, — (1.), An essay on vision, briefly explaining the fabric of the eye, and the nature of vision: intended for the service of those whose eyes are weak or impaired: enabling them to form an accurate idea of the true state of their sight, the means of preserving it, together with proper rules for ascertaining when spectacles are necessary, and how to choose them without injuring the sight. [232] London, im Selbstverlag, 1789. VI, 153 S. kl. 8° mit 1 Tafel. — S. auch die Übersetzung: Anweisung zur Erhaltung des Gesichtes und zur Kenntniß der Natur des Sehens. Aus dem Englischen übersetzt und mit Zusätzen und Anmerkungen versehen von Friedr. Kries. Gotha, bei Etlinger, 1794. 178 S. 8°.
- Airy, G. B. (* 27. VII. 1801, † 4. I. 1892).
 —, — (1.), On a peculiar defect in the eye and mode of correcting it. [148. 160. 163. 232] (1825). Camb. Phil. Trans. 1827. 2. 267—73. Edinb. Journ. Sc. 1827. 7. 322—5. The Opt. 1921. 61. Nr. 1565 v. 25. III. 62/3 +. Dazu Observations by the Editor [D. Brewster] Ebenda 64. S. a. die Übersetzung: Über einen eigenartigen Augenfehler und ein Verfahren, ihn zu heben. (25 47/50). The Opt. 1932. 84. Nr. 2178 v. 23. XII. 309/10 ohne Bezugnahme auf den vorhergehenden Abdruck vom März 1921.
 —, — (2.), On a change in the state of an eye affected with a mal-formation. [160. 163. 232] Cambr. Phil. Trans. 1846. 8. 361/2; s. a. J. Challis unter dem gleichen Titel. Phil. Mag. 1847. (3) 30. 366. Ferner die Übersetzung: Über eine Änderung in dem Zustand eines mit einer Mißbildung behafteten Auges (27 88).
 —, —, Nachfolger W. H. Wollastons auf rechnendem Gebiet [92], sucht die beste Form der Camera obscura-Linse zu bestimmen [102].
- Albertotti, G. (1.), zur Brillengeschichte (18 3¹) [231].

- Albrecht, K., seine Geschichte des Buschischen Hauses (26/27 ⁴¹⁸) [18], die Dunckersche Mehrspindel-Schleifmaschine (25 ¹⁰⁴⁶⁹) [22].
- Allard de la Court, A. (I.), A new instrument and improvements in certain wellknown instruments applicable to the organ of sight. [11] E. P. 5359 vom 6. V. 1826; s. a. die Übersetzung bei J. A. Fr. Arnold (I. 141/2): Ein neues Instrument zum Sehen, und Verbesserung von älteren bekannten optischen Instrumenten. Von de la Court 8 +.
- Alt, Ch. (I.), Improvements in optical lenses. [8] U. S. P. 183443 vom 17. X. 1876; appl. fil. 9. V. 1876.
- , J. Fr. (I.), Optische Gläser mit farbigen Streifen zur Abhaltung gelben Lichtes. [8] D.R.P. 293 vom 27. VII. 1877.
- Amici, G. B. (* 25. III. 1786, † 10. IV. 1863), seine Arbeit von 1833 über den Augennistigmatismus (25 111) [160].
- Angelucci, A. (* 15. IV. 1854, † Ende 1933).
- , — (I.), Sulla refrazione e correzione delle cornee coniche ed ectatiche. [140] Ann. di Ottalm. 1884. 13. 35. Nicht eingesehen; nach Klin. Mbl. f. Aughik. 1884. 22. 143. — S. auch Ann. d'Ocul. 1885. 93. 206; ferner bei Th. Lohnstein (3. 215).
- Arnold, J. A. Fr. (I.), Die neueren Erfindungen und Verbesserungen in Betreff der optischen Instrumente usw. [genauer Titel CZ 1922. 43. 491 v. 15. XII.] Quedlinburg und Leipzig, G. Basse, 1833. 8° 232 S. mit 4 Tfln. Hier s. u. Allard de la Court u. J. Fr. Voigtländer.
- Artamonoff, P. P., s. u. B. E. Mourashkinsky.
- Ayscough, J. (* um 1717, † um 1753).
- , — (I.), Optician, at the Great Golden Spectacles in Ludgate Street, London, A short account of the nature and use of spectacles; in which is recommended a kind of glass for spectacles, preferable to any hitherto made for that purpose. [232] London, 1750. 15 S. kl. 8°. — Diese Angaben stammen im wesentlichen von P. Pansier (I nach 134). Offenbare Druckfehler sind nach Vergleichung mit der Urschrift verbessert worden.
- Ayscough, J. (2.), A short account of the eye and nature of vision. Chiefly designed to illustrate the use and advantage of spectacles. Wherein is laid down rules for chosing glasses proper for remedying all the different defects of sight. As also some reasons for preferring a particular kind of glass, fitter than any other made use of for that purpose. [18. 30. 232] (The second edition.) London, A. Strahan, 1752. 26 S. kl. 8° mit 1 Kupfertafel.
- , Jacques, Description abrégée de l'organe, et du mécanisme de la vuë. Ouvrage destiné surtout à démontrer l'usage et l'utilité des lunettes, et à donner des règles pour le choix des verres propres à suplérer aux divers défauts de la vuë, de même qu'à indiquer les raisons qui doivent faire préférer certains verres, en particulier, à ceux dont on se sert ordinairement. Traduit de l'Anglois. 27 + (2) S. kl. 8°. 1754 mit 2 Kpfrtfln. A la Haye chez M. Gosse, A Paris chez M. Bauche, A Londres chez A. Strahan etc.
- , J., sein Probierkasten und dessen vermutliche Form [30].
- Baden-Powell, B. Fl. S. (I.), A simple telescope. [45] E. P. 15563/06 vom 10. VII. 06; acc. 31. XII. 06.
- , —, — (2.), Improvements in one-lens telescopes. [45] E. P. 22782/07 vom 16. X. 07; acc. 20. VIII. 08.
- Baker, G. W., in der Fassung drehbares Zweistärkenglas [90 + 50. 91].
- Bakersche Vorlesung s. u. Th. Young (I.).
- Bartisch v. Königsbrück, seine langrunden Gläserformen um 1583 [27].
- Bausch & Lomb, frühe Angabe der Scheitelbrechwerte [38], ihre Gläser mit einer parabolischen Fläche [141].
- Baxandall, D., zur frühen Verbreitung des Meniskus in England [77], der Chamblantschen Gläser [148].
- Beckers, Cl., Siebbrillen [6, 12].

- Beer, G. J. (* 23. XII. 1763, † 11. IV. 1821).
- , — — (1.), Pflege gesunder und geschwächter Augen, nebst einer Vorrichtung, wie man sich bey plötzlichen Zufällen an den Augen, welche nicht eine eigentliche medicinisch-chirurgische Kenntniß fordern, selbst helfen kann. [232] Wien, bey dem Verfasser, und Leipzig, in der Weidmannischen Buchhandlung, 1800. X, 197 S. kl. 8° mit 1 Tafel. — S. auch nach C. von Wurzbachs Biogr. Lex. die Übersetzung von .. Tiercelin: —, —, Des moyens les plus efficaces pour conserver la vue et la fortifier lorsqu'elle est affaiblie. Paris, . . ., 1812; 6. ed. 1819.
- , — — (2.), Das Auge, oder Versuch, das edelste Geschenk der Schöpfung vor dem höchsten verderblichen Einfluß unserer Zeitalters zu sichern. [6. 26. 232] Wien, Camesinasche Buchh., 1813. VIII, 158 S. 8° mit 4 Kupfertafeln.
- Benoist, F., L. Berthiot & Cie fertigen um 1907 Tscherningsche orthoskopische Brillengläser an [97], ihr Prüfgerät (32 52872) [121].
- Bentzon, M. (* 1851, † 27. II. 1932).
- , — (1.) und A. H. Emerson, Verfahren und Vorrichtung zum Schleifen von Kugelflächen mittels hohler, nur mit einer ringförmigen Randfläche schleifender Werkzeuge. [90. 225] D.R.P. 188491 vom 24. XII. 1905; ausgegeben 9. VIII. 1907.
- , — (2.), Starlinse aus einem einzigen Glasstück, deren starke Kurve in der Mitte einer dünnen Linse ausgeschliffen ist. [28. 90] D.R.G.M. 324298/Kl. 42h, eing. 7. X. 1907; eingetr. 30. XI. 1907.
- Berger, E. (1.), Improvements in and connected with magnifiers, eyeglasses, spectacles, and the like. [224] E. P. 14088/98 vom 25. VI.; acc. 11. II. 99.
- , — (2.), Sur une nouvelle loupe binoculaire. (20. XI.) [224] C. R. 1899. 129. 821—3.
- Berlin, R. (* 3. V. 1833, † 12. IX. 1897).
- , — (1.), Über den Einfluß starker Convexgläser auf das excentrische Sehen. [114] (Heidelb. 4. IX.) Klin. Mbl. f. Aughkl. 1869. 7, 361—73, 2 +.
- S. auch die Übersetzung: —, —, De l'influence des verres convexes sur la vision excentrique. Ann. d'Ocul. 1870. 63. 64—8.
- Bernhard, M., holländischer reisender Optikus, der früh Chamblantsche Gläser herstellt. [148].
- Bernstein, J. G. (* 28. VI. 1747, † 12. III. 1835).
- , — — (1.), Praktisches Handbuch für Wundärzte, nach alphabetischer Ordnung in vier Bänden. Fünfte rechtmäßige, verbesserte u. vermehrte Ausgabe. [6. 27] Dritter Band L bis R. Leipzig, Schwickert, 1819. 754 S. 8°. S. unter Perspicillum 551—61.
- Berthiot, L., s. u. F. Benoist [97].
- Beschreibung der Erfindungen und Verbesserungen, für welche in den kaiserlich-königlich österreichischen Staaten Patente erteilt wurden, und deren Privilegiumsdauer nun erloschen ist. Hrsg. auf Anordnung der kaiserl. königl. allgemeinen Hofkammer. Bde. 1—3. Wien 1821—43. 4°.
- Bielschowsky, A. (1.), Ein neuer Prismen-Apparat (»Universal-Prismen-Apparat«). [226] Ber. über d. 38. Vers. d. Ophth. Ges. Heidelberg. 1912. 317—24, 4 +.
- , — (2.), die Verwendung des Doppelprismas. <13/14 129, 161> [226].
- Biette, .. (1.), Lunettes au moyen desquelles on peut lire à double portée. [90] Br. d'Importation vom 20. V. 1808. Descr. (1) 4. 243. Die Erteilungsnummer war nicht zu ermitteln; das Patent hat Nr. 299 in der ersten Reihe der veröffentlichten Patente.
- Biot, J. B. (* 21. IV. 1774, † 3. II. 1862).
- , — — (1.), Précis élémentaire de physique expérimentale (troisième édition). [114] Paris, Deterville, 1824. 2 Bd. 8°. S. Bd. 2. 355—6.
- , — — (2.), Notice sur un nouveau genre de besicles inventé par le célèbre physicien anglais M. Wollaston. [114] Moniteur du 21 Sept. 1813. 1044. Sc. phys. — Optique.
- , — —, Observations by M. Biot on a new kind of spectacles invented by

- Dr. Wollaston. Phil. Mag. 1813. 42. 388—90 (Nov.-Heft). Danach ins Deutsche übertragen:
- Biot, J. B., Bemerkungen von M. Biot zu einer neuen Art Brillen, die Dr. Wollaston erfunden hat. CZ. 1922. 43. 488—9 (15. XII.).
- , —, seine Stellung zu den Spiegelbildern bei Brillen [20].
- Bischoff, J., sein Lehrbuch von 1786 [232].
- Bischoff, W., Herstellung eines Schichtenbildes [37 + 19].
- Bjerke, Karl Robert (* 1863, † 15. IX. 1927).
- , K. (1.), Über die Veränderung der Refraktion und Sehschärfe nach Entfernung der Linse. [50] Graefes Arch. 1902. 53. 511—50 (ausgeg. 7. III.); 1903. 55. 191—221 (ausgeg. 20. I.).
- , — (2.), Über die Veränderung der Sehschärfe nach Linsenentfernung. [50] Mit 1 +. Graefes Arch. 1903. 56. 292—6 (ausgeg. 23. VI.).
- Bock, E. (* 19. VIII. 1857, † Frühjahr 1917).
- , — (1.), Die Brille und ihre Geschichte. [239] Wien, J. Safar, 1903. 62 S. gr. 8° mit Titelbild und 32 +.
- Boegehold, H. (1.), der Astigmatismus bei sphäro-torischen Brillen <16 161> [172. 175. 176 + 94].
- , — (2.), sein Streit mit E. Weiß <17 129>, <18, 14; 60; 119>, s. a. unter E. Weiß (6.) [181. 183. 185].
- , — (3.), über L. J. Schleiermacher usw. <20 1> [92].
- , — (4.), der Astigmatismus unrichtig angepaßter punktmäßig abbildender Brillen <20 10> [93. 126. 127. 129. 180].
- , —, zu den Spiegelbrillen <17 123> [20].
- , —, seine geschichtliche Arbeit über Bildgröße und Sehschärfe <22 129, 161> [44. 62. 63. 65. 82. 162. 165].
- , —, sein Nachtrag zur Vergrößerung bei fehlsichtigen Augen <24 106> [63].
- , —, das Brillenglas endlicher Dicke <32 39> [119].
- , —, s. a. u. S. Czapski (1.).
- , —, über die Aufnahme des Scheitelbrechwertes in England [38], seine Feststellung der Störungen der Strahlenvereinigung für eine geringe Seitenverschiebung des Augendrehpunkts [93], teilt die Rechenergebnisse mit <17 28> [119], äußert sich <22 29> und <24 32> zu den einstellfesten Gläsern [125], zum Ähnlichkeitszentrum Tscherningscher Ellipsen [127.145], seine Beschäftigung mit einem dem Tscherningschen beistigmatischen Linsen entsprechenden Ausdruck [175], führt die Begriffe relatives und absolutes Optimum ein [176], arbeitet seit 1910 an toro-torischen Linsen für achsensymmetrische Augen [186], antwortet auf den Mayerschen Angriff der Henkerschen Dezentrierungsformeln [193], Rechenbeispiel zum Farbenfehler der Hauptstrahlneigung [201], die Besprechung der Klughardtschen Arbeit <17 26> [207], berechnet eine Fernrohrbrille zum Ausgleich einer besonders großen Ungleichsichtigkeit [230].
- Boehm, L. (* 1811, † 1. VIII. 1869).
- , . . . Über die Anwendung des blauen Doppel-Lichts auf leidende Augenpaare. Berlin, . . ., 1858. Nach Pansier (1. 119).
- , L. (1.), Die Therapie des Auges mittels des farbigen Lichtes. Lehrbuch von —, —. (15. VIII.) [10] Berlin, A. Hirschwald, 1862. XVI, 240 S. 8° mit 3 + und 2 Tfln. in Farbendruck.
- Boissier de Sauvages, Fr., gelehrter Brillenkundiger [232].
- Borsch, J. L. (1.), Bifocal lens. [90] U.S.P. 625535 vom 23. V. 1889; appl. fil. 25. II. 1899. Die Erfindung ist auch durch ein englisches Patent geschützt worden.
- , — (2.), Bifocal lens. [90] U.S.P. 637444 vom 21. XI. 1899; appl. 18. III. 1899.
- , —, Herstellung torischer Linsen und Werbe dafür [168].
- Boscovich, R. (* 18. V. 1711, † 13. II. 1787).
- , —, seine Arbeit über Spiegelbilder um 1765 [20].
- Boulland, s. u. Th. Pr. Moussier (1. 2. 3.).
- Bourgeois, A. (1.), Lunettes pour opérés de cataracte. [84] Rec. d'Ophtalm. 1894. (3) 16. 396—9.

- Bourgeois, A. (2.), Lunettes à verres superposés pour myopes et pour hypermétropes. [84] Rec. d'Ophthalm. 1896. (3) 18. 477—82.
- , J., seine Menisken von 1645 [113].
- Bourne, W., seine ganz frühe Verwendung von schwachen Sammellinsen in großem Augenabstande [45].
- Bow, R. H. (* 27. I. 1827, † 17. II. 1909).
- , — — (1.), On photographic distortion. [135] (6. XI. 61.) The Brit. Journ. of Phot. 1861. 8. No. 155 v. 2. XII. 417—9; No. 156 v. 16. XII. 440—2, 6 +, sowie The Opt. 1914/5. 48. No. 1230 v. 23. X. 85—6; No. 1238 v. 18. XII. 190—2; No. 1242 v. 15. I. 230—3; No. 1249 v. 5. III. 319—21, 5 +. Auch übersetzt: —, —, Über fotografische Verzerrung. Kretzers Zschr. f. Fot. u. Stereosk. 1862. 6. 46—56, 6 +.
- , — — (2.), The stereoscope. [220] The Brit. Journ. of Phot. 1865. 11. No. 248. 54—5; No. 252. 111—2; No. 257. 174—5; No. 263. 260—1; No. 266. 299—300; No. 267. 315—6. (Vom 3. II. bis zum 16. VI.)
- , — —, streift 1863 die Lehre vom Augendrehpunkt [92].
- Braham, J. (1.), Improvements in spectacles and hand frames. [84] E. P. 389/61 vom 16. II. 1861; compl. spec. 16. VIII. 1861.
- Brayton, J. T., sein Vorschlag eines Flächentasters um 1891 [73].
- Brewster, D. (* 11. XII. 1781, † 10. II. 1868).
- , —, s. u. G. B. Airy (1.).
- , —, seine Bemerkungen um 1827 zu den Chamblantschen Gläsern [148], zum Astigmatismus [160].
- Brücke, E. (* 6. VI. 1819, † 7. I. 1892).
- , — (1.), Eine Dissectionsbrille. [223] Graefes Arch. 1859. 5. II. 180—2.
- , —, seine Lupe von 1851, s. u. Chevalier-Brückesche Lupe [144].
- Brücknersche Art eines bandförmigen Schichtenbildes [37 +19].
- Bryson, E. (1.), Description of new optical instruments. [11] Edinb. Journ. 1850. 48. 19. (Jan.-Heft.). S. auch:
- Bryson, E., Neue optische Instrumente. Dingl. polyt. Journ. 1850. 116 (3) 16. 356—8.
- Bugbeescher Angriff auf die Schmelzinnenflächen [20. 87].
- Burmester, L. (* 5. V. 1840, † Frühjahr 1927).
- , —, (1.), Homocentrische Brechung des Lichtes durch das Prisma. [151] Schlömilchs Zft. Math. Phys. 1895. 40. 65—90.
- , — (2.), über Kinematisches zur Augenbewegung <18 140> [169].
- Burnett, S. M., führt 1888 die Prismendioptrie ein [152].
- Burow, K. A. (* 10. XI. 1809, † 1874).
- , — —, seine Ausgestaltung des Brillenkastens [30], seine Verwendung der Rekoßischen Scheibe [30], Vorschläge zur Brillenabstufung um 1868 [69], sein „Refraktionsintervall“ [70], die Titel seiner Arbeiten [70], erklärt sich gegen gekreuzte Zylinder [164], bemüht sich um die Aufklärung der Augenoptiker [164/5. 233].
- Busch, E. (* 6. VIII. 1820, † 1. IV. 1888).
- , — (1.), Preis-Courant der optischen Fabrikate von —. [7. 10. 18] Rathenow, A. Haase, o. J. (1868—69 wahrsch.) 56 S. gr. 8° mit 126 Textabbild. — Man sehe auch M. v. Rohr (18. 414¹⁰).
- , —, Akt. Ges. Optische Industrie Rathenow (2.), Aus einem Stück bestehendes Doppelfokusglas periskopischer Form zwecks besserer Zentrierung des Naheteils. [146] D.R.G.M. 332699/Kl. 42h, eingetr. 14. XI. 1907; eingetr. 23. III. 1908.
- , —, Akt. Ges. Optische Industrie Rathenow (3.), Doppelfokusglas aus einem Stück mit angeschliffenem Fernoder Naheteil. [146] D.R.P. 205868 vom 31. I. 1908, ausgeg. 18. I. 1909.
- Buschisches Händlerflugblatt für Uhr-
glasbrillen [4. 114], Verwendung des Körperschleifens seit 1845 [21], günstige Abstufung der Brillengläser von 1863 [69], seine bildsprungfreien Zweistärkengläser [87 +45, 46], stark durchgebogene Menisken [114], von K. A. Burow beraten [164], seine

- Zylindergläser von 1870 [164], bemüht sich um Aufklärung der Augenoptiker [165], Einvernehmen mit C. Zeiss [180], berücksichtigt bei der Brillenanpassung den Augenabstand [218].
- Cary, W., gleicht früh den Augenastigmatismus aus durch das Schiefstellen der Brillengläser und teilt das an Th. Young mit [160].
- Cassas, früh mit astigmatischen Gläsern ausgerüstet [164].
- Cauchoix, R. A. (* 24. IV. 1776, † 8. II. 1845).
- , — — (I.), Instruction sur les lunettes périscopiques, inventées en Angleterre par M. Wollaston. [114] Journ. de Phys. 1814. 78. 305—10. An dieser Stelle ist der Name fälschlich als Cauchois angegeben.
- Challis, J., s. u. G. B. Airy (2.).
- Chalmers, S. D., zum Nahastigmatismus <25 147> [165].
- Chamblantsche Gläser [147. 148. 163] auch für astigmatische Augen [163].
- Chérubin d'Orléans (in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts wirkend).
- — (I.), La vision parfaite: ou le concours des deux axes de la vision en un seul point de l'objet. [12] Paris, S. Marbre-Cramoisy, 1677. (26), 168, (19) S. fol. mit 16 Kupfertafeln und Textabbild.
- Chevalier, A. (I.), L'art de l'opticien et ses rapports avec la construction et l'application des lunettes. [218] Paris, im Selbstverlage und bei Adr. Delahaye, 1863. 28 S. 8° mit 15 +.
- , —, seine Lochbrille für Schielende [226].
- , Ch. (* 18. IV. 1804, † 21. XI. 1859).
- , — (I.), Manuel des myopes et de presbytes contenant des recherches historiques sur l'origine des lunettes ou besicles; les moyens de conserver et d'améliorer la vue, et un chapitre spécialement consacré aux lognettes de spectacle. [203] Paris, im Selbstverlage und bei Baillièrre, 1841. 112 S. 8° mit 1 Tfl.
- , —, seine Abstufung der Schleifschalen nach Zentimetern [69], paßt 1844 einem Schielenden eine prismatische Brille an [152], seine Tüchtigkeit als Brillenoptiker [232].
- Chevalier-Brückesche Lupe von 1839 [144].
- Chevallier, J. G. A. (* 13. IX. 1778, † II. 1848).
- , — — (I.), Des lunettes à branches ou besicles, soit concaves, soit convexes, rondes ou ovales, nommées isocentriques, dont les cercles se rapprochent à volonté, à l'aide d'un mécanisme particulier. [218] Br. d'Inv. et de Perf. 1237 der I. Reihe der veröff. Patente, ert. 31. V. 1821. Descr. 13. 341.
- , — —, seine Tüchtigkeit als Brillenoptiker [232].
- Coblitz, (Fr.) (I.), Kann der Optiker die gewöhnlichen periskopischen Brillengläser entbehren? [77] DOW 1915/16. [I.] 211—2. (26. XII. 15.)
- Coddington, H. (* ?, † 3. III. 1845).
- , —, Nachfolger W. H. Wollastons auf rechnendem Gebiet [92], stellt 1829 brauchbare Formeln für die „Bildpunkte“ in schiefen Bündeln auf [102], sucht die beste Form der Camera-obscura-Linse zu bestimmen [102].
- Coddington-Petzvalsches Gesetz [106. 108. 121. 125. 139].
- Cohn, H. L. (* 4. VI. 1838, † 11. IX. 1906).
- Cohn, H. (I.), Ueber Glimmer-Schuhbrillen für Metallarbeiter. [18] Dingl. polyt. Journ. 1868. 188. = (3) 38. 71—2. — S. auch: —, —, Über Glimmerbrillen. (4. IX. 68.) Klin. Mbl. f. Aughkl. 1868. 6. 293—7.
- Cottet, J. (I.), zum Fingerklemmer <30 98149> [217].
- Court, Th. H., u. M. v. Rohr, zur Brillengeschichte Londons <29 62> [21. 113].
- , — —, u. M. v. Rohr, ihr Nachtrag zur Fernrohrgeschichte <32 11388> [81].
- , — —, s. u. W. Kitchiner (2.).
- Courtsche Bemerkung zu englischen Zielbrillen um 1792 [31].
- Courvoisier, E. Fl. (I.), Lunettes et pince-nez achromatiques système Courvoisier et procédés pour obtenir

- la coloration des verres dans le collage. [7. 27. 203] Brev. d'Inv. 83547 vom 12. XII. 1868. Cert. d'Addit. vom 6. III. 1869. Beide Schriften lagen nur in einer Abschrift vor.
- Cowan, A., neue Kenntnis zu frühen torischen Brillengläsern [167].
- Crétès, A. (I.), Notice sur le prisme mobile. [169. 226 + 117] Ann. d'Ocul. 1872. 67. 62—4, 3 +.
- Crommelin, C. A., seine geschichtlichen Bemerkungen zu den Schleifverfahren [21/2].
- Crookes, W. (* 17. VI. 1832, † 4. IV. 1919).
- , Sir W. (I.), The preparation of eye-preserving glass for spectacles. (Read. 13. XI. 13.) [10] Phil. Trans. 1914. A. 214. 1—25. (Published separately 5. II. 14.) S. a. <14/15 112; 19 66; 21 55>.
- Culmann, P. (I.), Die Realisierung der optischen Abbildung. [131. 167] S. unter v. Rohr, M. (2.), 124—207, 17 +.
- Cunier, Fl. (* 1812, † 19. IV. 1853).
- , — (I.), Sur la myotomie appliquée au traitement du strabisme. [226] Ann. d'Ocul. 1840. 3. 282—3 und Abb. 10.
- Czapski, S. (* 28. V. 1861, † 29. VI. 1907).
- , — (I.), Grundzüge der Theorie der optischen Instrumente nach Abbe von —, —, und O. Eppenstein. 3. Aufl. Bearbeitet von den wissenschaftlichen Mitarbeitern der Zeißischen Werkstätte: H. Boegehold, O. Eppenstein, H. Erfle †, A. König, M. v. Rohr. Herausgegeben von H. Erfle † und H. Boegehold. [42] Leipzig, J. A. Barth, 1924. XX, 747 S. gr. 8° mit 316 +.
- , —, s. u. M. v. Rohr (2.).
- , —, bespricht 1885 Laurents Arbeit [73], veröffentlicht 1891 die Codingtonschen Formeln nach der Abbeschen Herleitung [102], seine Einwirkung auf Fr. Ostwalt [115], sein Briefwechsel mit A. Gullstrand über unkuhlige Drehflächen [140¹].
- Czermak, J. (* 17. VII. 1828, † 17. IX. 1873).
- Czermak, J. (I.), Über eine neue Methode zur genauen Untersuchung des gesunden und kranken Auges. [15] Prager Vjschr. f. prakt. Heilk. 1851. 32. 154—65 mit 2 + auf 1 Tafel.
- In der Gesamtausgabe: Gesammelte Schriften von Joh. Nep. Czermak. In zwei Bänden. Leipzig, W. Engelmann, 1879. I, 87—97, 102; 97—101 heißt der Titel:
- Über das Orthoskop, eine neue Methode zur genaueren Untersuchung des gesunden und kranken Auges. Prager Vjschr. 1851. 32. 154— und 1853. 38. 157—.
- Dati, C., zur Brillengeschichte [231].
- Daza de Valdes, B. (* um 1591, † ?).
- — —, seine Brillenkunde [4], seine farbigen Brillen [6], seine Lochbrillen [12], seine Beobachtung an Quarzlinsen [18], die Trägerschicht seiner Brillengläser [27], seine Messung der Brillenstärke [72], sein altes Ausgleichsverfahren [75], seine Würdigung der Gläser mit einer Planfläche [77. 113], kennt die Ungleichsichtigkeit [229], als Brillenkundiger [231].
- Debenham, W. E. (I.), Improvements in lenses for bifocal spectacles. [146] E. P. 25110/98 vom 29. XI. 1898 prov. spec.; compl. spec. acc. 29. XI. 1899.
- Debès, G., s. u. A. Delabost.
- de Dominis, M. A. (* 1566, † IX. 1624).
- — —, — die richtige Stellung seiner Brillengläser [113].
- Delabost, A., & G. Debès, ihre Schirmbrille für Kraftfahrer [9 + 4].
- Dennett, W. S., seine Einführung des Centradians [152].
- Derogy, E. E. N. (I.), L'application des verres achromatiques aux lunettes, lorgnons, face à mains, binocles, pince-nez etc. [203] Brev. d'Inv. 88720, ang. 28. I. 1870. Cert. d'Add. vom 8. VI. 1870. Descr. (2) 114. 11. Nur der Titel. Der Inhalt dieser Schriften ist einer Abschrift entnommen worden. — S. aber —, —, Improvements in spectacles, eye-glasses, and like articles. E. P. 1694/70 vom 13. VI. 1870.

- Derogy, E. E. N. (2.), Improvements in spectacles, eye-glasses, and other similar articles. [203] E. P. 1852/71 vom 14. VII. 1871, compl. spec. 11. I. 1872.
- , — — — (3.), Perfectionnements aux lunettes, lorgnons, faces à main, binocles, pince-nez, etc., établis en verres achromatiques. [203] Brev. d'Inv. 116754 vom 30. I. 1877. Descr. (3) 23. 92. Nur der Titel. Der Inhalt der Schrift ist einer Abschrift entnommen worden.
- Desaguliers, J. T. (* 12. III. 1683, † 29. II. 1744).
- , — — (1.), *An experiment to confirm the doctrine of refrangibility*. [229] The Phil. Trans. Abr. 1710—20. 1731. 4. 181—4 mit 5 [6] + auf einer Tafel. — S. auch die Übersetzung bei M. v. Rohr (Zschr. f. Instrkde. 1916. 36. 226—28).
- , — —, Brillengläser mit großem Abstände [45. 51.].
- Descartes, R. (* 31. III. 1596, † 11. II. 1650).
- , —, seine Anregung zu Stöpsellinsen [81].
- Descr. Abkürzung für: Descriptions des machines et procédés etc. Anfang des Bandtitels in den verschiedenen Reihen der französischen Patent-sammlung.
- Deus s. u. J. Lippincott (1.).
- Dimmer, F. (* 7. XI. 1855, † 7. III. 1926).
- , — (1.), Zur Gläsercorrection bei Aphakie. [39] Klin. Mbl. f. Aughkl. 1891. 29. 111—26, +. — S. dazu auch ebenda 283—91 und 1892. 30. 73—9 und 178—81.
- Dollondsche Werkstätte führt um 1804 nur schwach durchgebogene Menisken ein [113].
- Donders, F. C. (* 27. V. 1818, † 24. III. 1889).
- , — — (1.), Astigmatisme en cylindrische Glazen. 1862. [165] Hier hat nur vorgelegen die später so gut wie wörtlich in F. C. Donders (3.) übernommene, von C. Schweigger stammende Übersetzung: —, —, Astigmatismus und cylindrische Gläser. Berlin, H. Peters, 1862. XII, (1.) 137 S. 8° mit 15 +.
- Donders, F. C. (2.), On the anomalies of accommodation and refraction of the eye. With a preliminary essay on physiological dioptrics. Translated from the author's manuscript by William Daniel Moore. London, The New Sydenham Society. Vol. 22. 1864. XVIII, 635 S. 8° mit 175 +.
- , — — (3.), Die Anomalien der Refraction und Accommodation des Auges. Deutsche Originalausgabe unter Mitwirkung des Verfassers herausgegeben von O. Becker. [18. 39. 42. 45. 50. 51. 54. 56. 102. 148. 152. 163. 164. 169. 214. 220.] Wien, W. Braumüller, 1866. XII, 544 S. 8° 193 + u. 1 Tfl. Zweiter, nur unwesentlich veränderter Abdruck, in den Seitenzahlen übereinstimmend, von demselben Übersetzer. Wien, W. Braumüller, 1888.
- , — — (3a), Practische Bemerkungen über den Einfluß von Hülflinsen auf die Sehschärfe [58]. Graefes Arch. 1872. 18. 2. Abt. 245/61, 2 +.
- , — — (4.), Über das Metermaaß mit Bezug auf Numerirung der Brillengläser und Bezeichnung der verschiedenen Grade der Ametropie. [70] (Ophth. Ges. 16. IX. 75.) Klin. Mbl. f. Aughkl. 1875. 13. 465—77.
- , — —, seine Lochbrille bei Hornhauttrübungen [12] s. a. unter R. G. Rijksens von 1920: [12], seine Fachausdrücke noch heute gültig [33], sein Satz zur Bildgröße auf der Netzhaut [49. 62.], seine absolute [62], die relative Sehschärfe [62/3], seine Stellung zum Vergrößerungsvermögen V [65], seine überragende Stellung in der Brillenverordnung [232].
- Dondersens Gesetz der Augendrehung [169].
- Dove, H. W. (* 6. X. 1803, † 4. IV. 1879).
- , — — (1.), Über die Anwendung mit Silber belegter Gläser als Blendgläser. (14. IV.) [7] Berl. Ber. 1859. 364.
- [Doyne, ..] (1.), Achromatic spectacles. [204] The Opt. 1908/9. 36, 3 + (25. IX.)

- Du Bois, F. H. (1.), Ueber Weitsichtigkeit und Kurzsichtigkeit, das Aussuchen passender Augengläser, und ein Verfahren zur sicheren Vergleichung derselben. [30. 73. 232] Verh. Ver. f. Bef. Gewerbefl. Preußen 1826. 5. 234—42, 4 +. S. auch den Abdruck mit Anmerkungen CZfOuM 1921. 42. 165/6 (20. IV.); 182/3 (1. V.); 203 (10 V.); 217/9 (20. V.).
- Du Bois-Reymond, E. (* 7. XI. 1818, † 26. XII. 1896).
- — — (1.), Uebereine orthopädische Heilmethode des Schielens. [226] Müllers Arch. 1852. 541—42.
- Dudgeon, R. E. (1.), On subaqueous vision. [13] Phil. Mag. 1871. (4) 41. 350—3. — Siehe auch die gemeinverständlicheren Darstellungen: — — —, Contribution to the dioptries of vision. Nature 1870/71. 3. 124—25 (15. XII. 70). — — —, Lenses for vision below water. Ebenda, 378 (16. III. 71).
- Dufour, M., seine Erklärung eines Fachausdrucks [148¹].
- Dunckersches Händlerflugblatt für Eisenbahnbrillen [4], Mehrspindel-Schleifmaschine [22], frühe Herstellung von Menisken [114], größeres Brillenwerk [232].
- Duriersches Geschirm für Kraftfahrer [8 +2].
- Dutirousche Messung der Brechzahl [18].
- Duvaldestin, . . (1.), Vision binoculaire. [223] Brev. d'inv. 54667, ang. 28. VI. 1862. Dieses Patent lag nur in einer Abschrift vor. v. R.
- Edmunds, P. J. (1.), Improvements in spectacles. [223] E. P. 12852/89 vom 14. VIII.; acc. 14. X. 1889.
- Elkington, G. R. (1.), An improvement or improvements in the constructing, making, or manufacturing of spectacles. [26] E. P. 6692 vom 10. X. 1834.
- Erfle, H. (* 11. IV. 1884, † 8. IV. 1923).
- — —, seine Arbeit über Spiegelbilder <20 656> [20].
- — —, s. u. S. Czapski (1.)
- Erggelet, H. (1.), die Fernrohrbrille nach Sampsons Regel behandelt <14/15 14115> [42].
- v. Rohr-Boegehold, Das Brillenglas.
- Erggelet, H. (2.), zur Korrektur einseitiger Aphakie <13/14 33, 65, 128> [133 + 67. 230].
- — — (3.), zur Anisometropie <16 30> [31. 216. 230]. Man sehe auch unter M. v. Rohr (35. 45).
- — — (4.), zur Fernrohrbrille <20 146> [47. 81. 143].
- — — (5.), äußerer Akkommodations-erfolg <20 161> [53. 54].
- — —, zur beidäugigen Tiefenwahrnehmung Ungleichsichtiger <21 158> [228].
- — —, das Nahglas für das akkommodierende, astigmatische Auge <25 131> [162. 165].
- — —, die Refraktion und die Akkommodation mit ihren Störungen <33 156> [51. 52 +25].
- — —, seine Brillenlehre <33 157> [23. 38 +20. 87. 150¹. 211. 215].
- — —, Bemerkungen zur Rekoßischen Scheibe beim Wechsel von Probiergläsern [30/1], führt die folgenden Ausdrücke ein: Rasteinstellung [32] und Krafteinstellung [51], Brechkraftfehler [33], Glaswert [36], äußerer Akkommodationserfolg [53], Nahastigmatismus [162].
- Eschinardi, Fr., seine Fernrohrbrille von 1667. [81]
- Eschricht, D. F., sein Ausdruck für das Vergrößerungsvermögen V. [65]
- Faber, J. (1.), Normalkalibrirung für Brillengläser und Brillenglasfassung. [26] CZfOuM 1903. 24. 95—96. (1. V.)
- — —, seine Trägerschicht von 1912 [28].
- Fater, S. (1.), Hydrodiaskop und Keratokonus. [15. 55] Klin. Mbl. f. Aughlk. 1906. 44. (2) 2. Beilageheft. 93—109, 3 +.
- Feilchenfeld, H. (1.), Die stereoskopische Nebenwirkung in symmetrischen Achsen stehender Cylindergläser. [228] Arch. f. Aughlk. 1905. 53. 57—71, 7 + auf Tfl. V.
- Fick, A. E. (1.), Eine Contactbrille. [15. 16] (Sept. 87.) Arch. f. Aughlk. 1888. 18. 279—89.
- — — (2.), Einige Bemerkungen über die Contactbrille. [16] Klin. Mbl. f. Aughlknde 1892. 30. 306/10.

- Fick, A. E. (3.), Verwahrung. [17] (5. XI. 93.) Arch. f. Aughkl. 1894. 28. 127—8.
- , — (4.), Jedem das Seine. [17] (31. III.) Ebenda 422—3.
- , — (5.), Hydrodiaskop und Contactglas. [17] Klin. Mbl. f. Aughkl. 1897. 35. 129—32.
- , — (6.), Das Entstehen des Haftglases. [16] Münch. med. Woch. 1930. 77. 495. (21. III.)
- Ficksches Haftglas [15ff. 112/3. 185. 230].
- Fieuzal, .. (1.), Des verres colorés en hygiène oculaire. [10] Bull. clin. intern. ophtalm. de l'hosp. des Quinze Vingts 1885. 3. 145. (Juli-Sept.-Hft.) Hier nach Ann. d'Ocul. 1885. 94. 260.
- , — (2.), Les verres gris-jaunes et les mouvements des éléments rétinien. [10] Ebenda 1887. 5. 73—9. (April-Juni-Hft.) Hier nach Ann. d'Ocul. 1887. 98. 87—8.
- Fischer, E. G. (* 17. VII. 1754, † 27. I. 1831).
- , — (1.), sein Brief an Gerson <25 42> [160].
- , — (2.), zum Astigmatismus <25 44> [160].
- , — —, findet bereits 1783 den Augenastigmatismus [159].
- Flohr s. u. Paetz.
- Fraenkel, .. (1.), Farbige Brillen für Farbenblinde. [208] Klin. Mbl. f. Aughkl. 1889. 27. 57—8.
- Franklin, B., (* 17. I. 1706, † 17. IV. 1790).
- , — (1.), Memoirs of the life and writings of ... etc. [83. 90] London, H. Colburn, 1818. 6 vol. Sec. ed. Vol. III. Correspondence. 174—5 und 190—1.
- Fraunhofersche Linien [101. 199].
- Friedenwald, H. (1.), Ueber die durch corrigirende Gläser hervorgerufene Metamorphopsie. [228] Arch. f. Aughkl. 1893. 26. 362—70.
- Fritsch, K. (1.), Achromatische Brillengläser. [204] Öst. Priv. ... v. 5. VIII. 87; einger. 20. VIII. 86. (Nicht veröffentlicht.)
- Fritsch (vorm. Prokesch), K. (2.), Ueber die Brillengläser von bester Form und die neu patentirten achromatischen Brillengläser. [204] Wien, Selbstverlag, 1886. 8 S. kl. 8°. 18 +. Preisblatt.
- , K. (3.), Ueber die Brillengläser von bester Form und die achromatischen Brillengläser. [204] Der Mech. 1893/4. I. 265—7, 13 + (5. VIII.).
- (vorm. Prokesch), K., seine Beziehungen zu O. Purtscher [184], macht gelegentlich genaue Angaben zu seinen Brillen [206].
- Fronmüller, G. T. Chr. (* 13. XII. 1809, † 4. IV. 1889).
- , — — (1.), Die Conbergläferfur zur Heilung gewisser Formen des schwarzen Staates. [18] Nürnberg, J. L. Schmid, 1857, 36 S. 8°.
- Fronmüllerscher Brillenkasten [30].
- Fullersche sphäro-zylindrische Linse [163].
- Gales, J. R., Schirmbrille für Kraftfahrer [8 + 3].
- Galezowski, J. (1.), Lunettes doubles à verres superposés pour les opérés de cataracte et des hypermétropes. [84] Rec. d'Opht. 1894. (3) 16, 525—32.
- , — (2.), Verres dits isométriques. [18] Rec. d'Opht. 1896. (3) 18. 300.
- Galland, P., et M. N. J. Chamblant (1.), Verres, miroirs et instruments d'héliophlogie et d'optique, exécutés d'après un nouveau système qui détruit les aberrations de sphéricité, et qui peut être employé au chauffage des appartements et à la fusion des métaux, etc. [147. 232] Br. d'Inv. 1490 der 1. Reihe der veröff. Patente, ert. 15. VI. 1813. Descr. (1) 16. 324—47.
- & Chamblant, ihre Verwertung der achteckigen Randform [26].
- , — s. a. Chamblantsche Gläser.
- Galton, F. (* 16. II. 1822, † 17. XI. 1911).
- , — (1.), On spectacles for divers and the vision of amphibious animals. [13] 35. Rep. Brit. Ass. Birmingham. 1865. Not. 10—1.

- Galton, F., seine Bemerkung zur Verminderung der Akkommodationsbreite [54. 55].
- Gariel, C. M., s. u. F. Ostwald (3.).
- Garzoni, Th., erwähnt Quarzlinen [18], kennt möglicherweise die nachträgliche Messung der Brillenstärke [69], gibt frühe Berichte zur Brillenkunde [231].
- Gerson, G. H., s. a. unter E. G. Fischer (1.), frühe Veröffentlichung zum Augenastigmatismus [160].
- Gertz, H., seine Darstellung der Vergrößerung <24 89> [63].
- Giraud-Teulon, F. (* 30. V. 1816, † 24. VIII. 1887).
- , — (1.), De l'influence sur la fonction visuelle des verres de lunettes (convexes dans la myopie, et en particulier de leurs régions prismatiques externes et internes lors de leur usage binoculaire. [223] (20. II.) C. R. 1860. 50. 382—5.
- , —, sein Satz zur Bildgröße auf der Netzhaut [44], seine Bemühungen um die Einführung der Brechkraftabstufung [70], um die astigmatischer Gläser [164].
- Gleichen, A. (* 23. IX. 1862, † 21. X. 1923).
- , —, zur Theorie des Brillenkastens <22²⁵³84> [70].
- , —, neue Formen torischer Gläser <23³⁷⁶92> [180].
- , —, zur Theorie torischer Brillengläser <23³⁷⁷92> [119]; englische Übersetzung davon <24³⁴⁷77> [180].
- , —, s. a. u. F. Plehn (1.).
- Goerz, C. P., seine Largongläser <22 29> [123. 126. 181], der Streit um sie <22²⁶⁶117, 23^{352ff}90> [123. 124. 126. 181], die nach ihm benannte Bedingung [124. 129. 139].
- Goldschmidt, . . (1.), —, —, Instrument um die Brennweite der Brillengläser zu bestimmen. [73] Gewerbevereinsblatt Prov. Preuß. 4. Lief. 9 und 10. Dingl. polyt. Journ. 1850. 118. 314.
- Goldschmidt, W., seine umgekehrten Fernrohrbrillen [82. 144].
- Goode, Nachrichten über astigmatische Brillen aus dem Jahre 1848 [163].
- Goodrich, C. E., sein Hohlzylinder von 1828 [164].
- Goulier, C. M. (1.), Sur un défaut assez commun de conformation des yeux et sur les moyens de rendre la vue distincte aux personnes qui en sont atteintes. [164] (7. VIII.) C. R. 1865. 61. 266—7. Verlesung eines im Juli 52 niedergelegten, versiegelten Schriftstückes.
- Gowlland, H. O., Wahlstärkenlinsen mit einer parabolischen Fläche [141].
- v. Graefe, A. (* 22. V. 1828, † 20. VII. 1870).
- , —, läßt brechkraftlose Muschelgläser herstellen [4].
- Graff, Th., die Prismenwirkung bei Zweistärkengläsern (I) <26/27⁹⁹85> [87].
- , —, die Prismenwirkung bei Zweistärkengläsern (II) <29²³¹66> [88].
- , —, zur Einstellgenauigkeit bei Scheitelbrechwertmessern <32 98,135> [73].
- Gray, Th., and J. M. (1.), Improvements in optical instruments for viewing coloured signal lights. [208] E. P. 617/77 vom 14. II. (Nur vorläufiger Schutz nachgesucht.)
- Greiff, R. (1.), Ein weiterer Fund historischer alter Brillen. [27] Arch. f. Augenhk. 1912. 72. 206—12, 3 +.
- , —, einige Zusatzbemerkungen zu Glasbrillen <19¹⁹94> [27].
- , —, die Erfindung der Augengläser <21 122> [217].
- , —, zu optischen Bernsteinlinsen <22⁴⁷53> [18].
- , —, langrunde Scheibenformen <22 67> [27].
- , —, über Lochbrillen <23⁴³73> [12].
- , —, der Brillenverkäufer aus alter Zeit <30⁹⁵148; 31¹⁰⁷93; 32¹⁰²86> [77].
- Green, J., seine zerstreuenen Tragrandgläser von 1880 [28].
- Groenouw, A. (1.), Beiträge zur mathematischen Berechnung der Wirkung prismatischer Brillen. [152] Dr.-Arb. 18. V. Breslau, Bresl. Genoss.-Druck., 1886. 39 S. kl. 8° mit 2 Tfln.
- Gullstrand, A. (* 5. VI. 1862, † 28. VII. 1930).

- Gullstrand, A. (1.), Beitrag zur Theorie des Astigmatismus. [140¹] Skand. Arch. f. Physiol. 1891. 2. 269—359. Mit 1 Tafel.
- , — (2.), Ueber die Bedeutung der Dioptrie. [40. 42. 68. 132] Graefes Arch. 1899. 49. 46—70. (20. X.)
- , — (3.), Die Constitution des im Auge gebrochenen Strahlenbündels. [160] Graefes Arch. 1901. 53. 185—240, 13 +. (17. XII.)
- , — (4.), Über Astigmatismus, Koma und Aberration. [101. 139] Drudes Ann. 1905. (4) 18. 941—73.
- , — (5.), Die reelle optische Abbildung. [140¹] Kungl. Sv. Vet. Akad. Handl. 1906. 41. 119 S.
- , — (6.), Tatsachen und Fiktionen in der Lehre von der optischen Abbildung. [204. 207. 209] Arch. f. Optik 1907/8. I. 2—41. 81—97.
- , — (7.), nimmt an der Erörterung teil. [140] — S. unter M. v. Rohr (9.).
- , — (8.), Om afbildningen i ögat. (Über die Abbildung im Auge.) [40. 50. 65. 209] Hygiea 1908. Festband 1—45.
- , — (9.), s. unter H. v. Helmholtz (2.). [40. 42. 57. 61. 66. 132].
- , —, seine Bedeutung für die Brillenkunde [2. 120. 151. 235], sein strenges Übersichtsauge [35. 41. 59. 62], seine Einführung von d_p [46], zur Begriffsbestimmung der Sehschärfe [58. 59. 61. 62. 63], sein Ausdruck für das Vergrößerungsvermögen V [65. 65¹], sein Ausdruck für die Vergrößerung der Fernrohrbrille [80], seine Erweiterung der Drehpunktsbedingung [93], sein Brief an S. Czapski [140¹], Einwirkung auf die Behandlung der Achromasie der Brechkraft [202¹].
- Gullstrandsche Starbrillen § 102 [137. 139. 141. 206].
- Hallauer, O. (1.), Einige Gesichtspunkte für die Wahl des Brillenmaterials [10]. (Heidelberg 6. VIII.) Ber. über d. 34. Vers. d. Ophth. Ges. Heidelb. 1907. 334—40 m. Tfl. XIX bis XX.
- , — (2.), Die Brille 100 Jahre vor und 100 Jahre nach der Erfindung der Buchdruckerkunst. [216] Festschrift zum 50jährigen Bestehen der Baseler Universitäts-Augenklinik. Basel, Helbig & Lichtenhahn, 1915. 122—39, 15 +.
- Hannay, P., seine streifenförmigen Gläser <16 98> [26].
- Hänsel, R. (1.), Brillen- und optische Gläser aus Celluloid, bei welchen die Ränder durch Abschragung scharfkantig gestaltet sind. [18] D.R.G.M. 14481/42; einger. 19. V. 93; veröff. 20. VI. 93. — S. auch die frühere Anmeldung: Unbreakable substitute for glasses for clocks, watches, lockets, spectacles and optical lenses. E.P. 7954/93 vom 19. IV. 93; acc. 24. VI. 93.
- Harlan, G. C., legt 1885 torische Linsen vor [168].
- Hart, A. H. (1.), Lens, spectacles, or eyeglasses. [25] U.S.P. 573087 vom 15. XII. 96; appl. fil. 4. VIII. 96.
- Harting, H. (1.), zum Astigmatismus von deformierten Flächen <22²⁰³115> [141].
- Hartinger, H., die Akkommodation mit der Fernrohrbrille <23 161> [54].
- , —, die Fernrohrbrille für das akkommodierende, astigmatische Auge <26/27 35> [165].
- , —, sein Bericht über die Vogtschen Arbeiten <26/27 148> [9].
- , —, die Verzeichnungsfehler einfacher Prismen <27/28 129> [226].
- , —, zur Dezentration astigmatischer Gläser <28⁸⁰138> [193].
- , —, zur Bestimmung des Augendrehpunkts, s. a. <29 15> [93]. — Ber. 47. Zus. D. Ophthalm. Ges. Heidelberg 1928. 406/13, 10 +. Die Abbildung 51 der Textseite 93 ist dieser Arbeit entnommen.
- , —, die prismatische Wirkung astigmatischer dezentrierter Brillengläser <29 1, 33> [190 + 102. 192 + 104. 193].
- , —, über den Richtungsunterschied bei Dezentration <30 1, 33> [188 + 101. 191 + 103. 193. 195 + 105. 196 + 106].
- , —, seine Theorie der Haftgläser <30 135, 161> [15. 16 + 7. 17].
- Hartmann, K. (1.), und Villaret, Die Arbeiterschutzhilfen, ihre Arten, Konstruktionen und ihre Verwen-

- dung. [4] Berlin, C. Heymann, 1900. VII, 82 S. gr. 8°, 71 +.
- von Hasner, . . (I.), Über einige Hilfsmittel der Ophthalmoskopie. [15¹] Prager Vierteljahrsschr. f. prakt. Heilk. 1851. 32. 166—76, 6 +.
- Hawkins, J. I. (I.), On the means of ascertaining the true state of the eyes and of enabling persons to supply themselves with spectacles the best adapted to their sight. [90. 160. 222 + 111, + 112. 223 + 113. 232] (Commun. by the author. 21. IX. 1826.) The Repertory of Pat. Inventions 1827. 3. 347—55 (Dez.-Heft 26); 385—92 (Suppl.-Dez.-Heft 26) mit 5 + auf 1 Tfl. Hier habe ich nur den Ort festgestellt. Benutzt wurde die mir leichter erreichbare Übersetzung: —, —, Ueber die Mittel, den wahren Zustand der Augen zu bestimmen, und Jedermann in den Stand zu setzen, sich die für seine Augen passenden Brillen selbst zu wählen. Dinglers polyt. Journ. 1827. 24. 130—6; 1828. 29. 448—52; mit 5 + auf 2^{te}l. VI. — S. auch den Abdruck des ersten Teils, offenbar nach Dingler bei J. A. Fr. Arnold (I. 142—8) und die vollständige neue Übersetzung CZ 1922. 43. 237/9 (10. V.); 256/9 (20. V.), 5 +.
- Hay, G. (I.), On the increase of refractive power of a plano-cylindrical lens, when rotated about its axis. [160] Trans. Amer. Ophth. Soc. 1875. 319—24. Hier nach dem Bericht: —, —, Sur l'accroissement de pouvoir réfringent apporté à une lentille plan-cylindrique, lorsqu'on la fait tourner autour de son axe. Ann. d'Ocul. 1876. 75. 282.
- Hegner, C. A. (I.), Zur Raumerfüllung durch Brillengläser. [210] (3. VIII.) Ber. über d. 37. Vers. d. Ophth. Ges. Heidelb. 1911. 59—64, 4 +.
- , — — (2.), Ueber ein neues Brillensystem zur Korrektion einseitiger Aphakie. [230] Klin. Mbl. f. Aughkl. 1912. 50. = (2) 13. 273—8, +.
- , — — (3.), Zur Verteilung der überwindbaren Höhenfehler im Blickfelde. [227. 230] Habilitationsschrift. Jena 1912. 48 S. 8° mit 13 +.
- Heine, L., seine Anregung zu Haftgläser-Probiersätzen [17].
- Helmbold, R. I.), der Pupillenabstand im Vergleich zu andern Körpermaßen <14/15 1 u. 15/16 97> [218].
- Helmholtz, H. (* 31. VIII. 1821, † 8. IX. 1894).
- , — (I.), Handbuch der physiologischen Optik. [42. 214] Bd. IX der Karstenschens Allg. Encycl. d. Physik. Leipzig, L. Voss, 1867. XIV, 874 (1) S. gr. 8°. Mit 213 + und 11 Tafeln. Das Werk erschien in vier Teilen, 1856 (bis S. 336), 1860 (bis S. 432), Anfang 1866 (aller Wahrscheinlichkeit nach bis S. 656) und Ende 1866.
- , — (2.), Handbuch der Physiologischen Optik. [169.] Dritte Auflage, ergänzt u. herausg. in Gemeinschaft mit Prof. Dr. A. Gullstrand u. Prof. Dr. J. v. Kries von Prof. Dr. W. Nagel. Erster Band. Hamburg und Leipzig, L. Voss, 1909. XVI, 376 S. Lex. 8° mit 146 +.
- Helmholtzens Fachbezeichnung Hyperopie [33], seine Gradzählung [162].
- Henker, O. (* 27. X. 1874, † 28. IV. 1926).
- , — (I.), die Brillengläserordnung nach der Scheitelrefraktion <14/15 129> [35. 37. 38. 71. 73. 74. 75].
- , — (2.), sein Scheitelrefraktionsmesser <15/16 21> [75].
- , — (3.), eine verstellbare Brillenlupe <15/16 42> [222].
- , — (4.), der Brillensitz bei unsymmetrischem Gesicht <15/16 163> [218].
- , — (5.), einfacher Fernrohrbrillen-Probierkasten <16 43>, gehört nach [143].
- , — (6.), richtige Wahl vergrößernder Korrektionsmittel <17 ⁶113>, gehört nach [82].
- , — (7.), sein Punktuellitätsprüfer <16 172> [121. 185].
- , — (8.), die Ursachen gelegentlicher Mißerfolge durch gebogene Brillengläser <17 13> [71. 74. 75].
- , — (9.), der Unterschied zwischen Bezifferung und Wirkung <19 ²⁸95> [71. 74].

- Henker, O. (10.), über deutsche Festmaße für Brillengläser (17 49) [26].
- , — (11.), die Bezeichnung der Zylinderachsen (19 19) [163].
- , — (12.), über Lehrversuche zum Astigmatismus (18 75), gehört nach [102], s. dazu auch C. Zeiß (11.)
- , — (13.), über Geräte zur Darstellung des Sehens durch gute und schlechte Gläser (14/15 ⁸⁴184) (18 106), s. dazu auch C. Zeiß (10.) [120. 121. 185].
- , — (14.), über Lehrversuche für verschiedene Fehlsichtigkeiten (19 25) [42. 102].
- , — (15.), seine Einführung in die Brillenlehre (21 94) [119. 139. 193].
- , — (16.), 2. vermehrte u. verbesserte Auflage von H. Pistor. Weimar, R. Borkmann, 1927. VII. 348 S. gr. 8°, 408 + u. 2 Tfln. [122. 193].
- , —, s. u. M. v. Rohr (6.).
- Henkersche Schichtenbilder [37. 38. 49 + 24. 60 + 35. 61. 62 + 36], Fernrohrlupen [81. 143 + 71], Bildwerfer mit stetig veränderlicher Vergrößerung [216].
- Hermannsche Formeln von Fr. Ostwald benutzt [102].
- Herrmann, ., über zweckmäßig durchgebogene Gläser (27/28 ⁴⁷97) [118. 119].
- Herschel, J. Fr. W. (* 7. III. 1792, † 11. V. 1871).
- , — — (1.), Light. Enycl. Metr. Reissue in parts, each containing a complete treatise. [16] London, Griffin & Co, 1849. 4°. 341—586 mit 14 Tfln. Anscheinend ein unveränderter Abdruck der ersten Bearbeitung aus Slough, Dec. 12, 1827.
- Herschelsches Doppelprisma mit Landoltscher Teilung [226 + 117 u. + 118].
- Hertel, Chr. G. (* V. 1663, † 6. X. 1743).
- , — (1.), Vollständige / Anweisung / zum Glas- / Schleifen, / Wie auch / zu Verfertigung derer / Optischen Maschinen, / die aus geschliffenen Gläsern zu bereitet / und zusammengesetzt werden, / Nebst einer Vorrede / Herrn Christian Wolffs. [21. 231.] Halle, Neengerische Buchhandlung, 1716. (XXIV.) 160 (X) S. 8° mit 20 Tfln. [69]. S. auch den Neudruck: Vollständige / Anweisung / zum Glas- / Schleifen, / Wie auch / zu Verfertigung derer / Optischen Maschinen, / welche aus geschliffenen Gläsern zubereitet / und zusammengesetzt werden, / Nebst einer / Vorrede / Herrn Christian Wolffs, / Halle, Neengerische Buchhandlung, 1758. Merkwürdig, daß in dem Neudruck keine Rücksicht auf die Ernennung Wolffs zum Reichsfreiherrn (1745), noch auf seinen Tod am 9. IV. 1754 genommen worden ist.
- Hertel, Chr. G., seine Zonen-Probierlinsen [90].
- Hertel, E. (1.), Zur Praxis der anastigmatischen Stargläser. Mit zwei Tafeln (vom 5. VIII. 1908). [136] Ber. über d. 35. Vers. d. Ophth. Ges. Heidelberg 1908. 32—6. Erörter. 37—8.
- , — (2.), Über Ersatz der operativen Korrektion hochgradiger Myopie durch eine Gläserkombination (Fernrohrbrille). Mit 1 Tfl. und 2 +. [81. 146] Graefes Arch. 1910. 75. 586-604. (14. V.)
- , —, wünscht eine vergrößernde Brille für Schwachsichtige [81].
- Hertzprung, E. (1.), Notiz über den mittleren Augenabstand. [218] (2. VII. 04.) Zschr. f. wiss. Phot. 1904/05. 2. 244—5.
- Herzberger, M., zur Strahlenoptik (33 31) [102].
- Hess, C. * 7. III. 1863, † 28. VI. 1923).
- , — (1.), Die Anomalien der Refraktion und Akkommodation des Auges mit einleitender Darstellung der Dioptrik des Auges. [153] (Mai 1902.) Dieses Hb. 2. Aufl. 8. Kap. 12. 523 S. gr. 8° mit 105 +.
- , — (2.), Die Refraktion und Akkommodation des menschlichen Auges und ihre Anomalien. [153] (Dez. 1908.) Dieses Hb. 3. Aufl. 8. Kap. 12. IX. 618 S. gr. 8° mit 105 + und 4 Tafeln.
- , — (3.), Ueber einheitliche Bestimmung und Bezeichnung der Sehschärfe. Bericht, erstattet im Auftrage der Kommission (auf d. internationalen Ophthalmologenkongreß

- zu Neapel. 1909.) [57] Arch. f. Aughik. 1909. 63. 239—57, auch als S.-A. 5—24.
- Hess, C., führt den Fachausdruck Korrektionswert ein [36].
- Heymann, Madame Alfred (*I.*), Lunettes et lorgnettes de jadis. Préface de M. Georges Lafenestre. [239] Paris, J. Leroy et Cie., 1911. XI, (2) S. 4°. I. Teil: Les lunettes 1—65; II. Teil: Les lorgnettes 1—58. Mit vielen nicht durchweg bezifferten Textabb. und 14, 8 Taf.
- Himmler, O., seine Herstellung geschliffener Haftgläser [16], s. u. A. Müller.
- Hinrichs, W., zu den Brillengläsern für das bewegte Auge (<25⁵²⁶¹>) [130]. Hocksche Behandlung des Vergrößerungsvermögens [65].
- v. Höegh, E. (* V. 1865, † I. 1915).
- , — (*I.*), Bemerkungen zu dem Werke »Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs von M. von Rohr«. [106] Arch. f. wiss. Phot. 1900. 2. 83—91.
- Holmgren, F. (* 1831, † 14. VIII. 1897).
- , —, zum Pupillenabstand in Schweden [218].
- Hooke, R. (* 18. VII. 1635, † 3. III. 1703).
- , —, Brillengläser mit großem Abstände [45].
- Hoorweg, J. L. (*I.*), Versuch einer elementaren Theorie der Cylinderlinsen. [169] (16. IV. 73.) Graefes Arch. 1873. 19. II. 236—60, 10 +.
- Hudson, J. T. (*I.*), Useful remarks upon spectacles, lenses and opera-glasses; with hints to spectacle wearers and others; being an epitome of practical and useful knowledge upon this popular and important subject. [18. 25. 69. 218. 225] London, J. Thomas, 1840. 32 S. 8°.
- Huygens, Chr. (* 14. IV. 1629, † 8. VI. 1695).
- , —, seine Taucherbrillen [13].
- Hvale, A. J. (*I.*), —, —, Doppelbrille. [84] Dingl. polyt. Journ. 1885. 257. = (6) 7. 77.
- Imbert, A. (* 1851, † 6. VII. 1922).
- Imbert, A. (*I.*), Calcul de l'effet prismatique des verres décentrés. [152. 154. 193] Ann. d'Ocul. 1886. 95. 146—53, 4 + (März-April).
- Jachau, Ch. H. L. (*I.*), Spectacles. [6] U.S.P. 1130 vom 20. IV. 1839. Die Patentbeschreibung ist nicht gedruckt und über ihren Inhalt ist nichts veröffentlicht worden. Hier lag eine Abschrift vor.
- Jamin, J. M. (*I.*), La fabrication des verres périscopiques. [7] Br. d'Inv. 5985 der 1. Reihe der veröff. Patente; ert. am 4. IV. 38. Descr. 50. 273.
- filis, J. F. (*2.*), Système de verre périscopique à deux rayons. [90] Br. d'Inv. 9243 v. 7. XII. 49; ert. 14. II. 50.
- Javal, L. E. (* 5. V. 1839, † 20. I. 1907).
- , E., Histoire et bibliographie de l'astigmatisme. (31. III., u. 30. IV.) Ann. d'Ocul. 1866. 55. 105—27, 2 +. [160. 163. 164. 167]. Übersetzt unter dem Titel: —, —, Geschichte und Quellensammlung des Astigmatismus. [Die Quellensammlung ist weggelassen.] CZ 1924. 45. 20—1. (5. II.); 30—2 (20. II.).
- , —, seine Bemühungen um die Brillenabstufung [70], sein Rechenschieber [70], sein Antrag 1867 auf Einführung der metrischen Ordnung in die Brillenabstufung [70], seine Kenntnis der Prismenablenkung [154], seine Bemühungen um Einführung astigmatischer Gläser [164].
- Jones, Th. Wharton (*I.*), Stereoscopic glasses for single pictures. [227] E.P. 1450/59 vom 16. VI. (prov. spec.; vom 29. XI. (compl. spec.) — S. a. Ph. Journ. 1860/62. 7. 45.
- Jones, W. (* um 1760, † bald nach 1831).
- , — (*I.*), Observations on Dr. Wollaston's statements respecting an improvement in the form for spectacle-glasses. [113] Phil. Mag. 1804. 18. 65—71 (Febr.); The Opt. 1921. 61. 35—7 (Nr. 1563 v. 11. III.). —, —, Bemerkungen zu Dr. Wollastons Beobachtungen hinsichtlich einer Verbesserung an der Form von Brillengläsern. CZ 1922. 43. 449—51 (15. X.)

- Jones, W. (2.), An examination of Dr. Wollaston's experiment on his periscope spectacles. (April 10.) Gehört nach [113] Phil. Mag. 1804. 18. 273—5 (April); The Opt. 1921. 61. 61—2 (Nr. 1565 v. 25. III.). —, —, Eine Prüfung von Dr. Wollastons Versuch mit seinen periskopischen Brillen. CZ 1922. 43. 459—60 (1. XI.).
- , — (3.), Optician, Critical observations on Dr. Wollaston's stated improvement of the Camera obscura and microscope in the application of the meniscus and two plano-convex lenses; proving their inferiority to the double convex lens, generally used. (13. IV.) Gehört nach [113] Phil. Mag. 1813. 41. 247—53. —, —, Kritische Bemerkungen zu Dr. Wollastons angeblicher Verbesserung der Camera obscura und des Mikroskops durch die Anwendung des Meniskus und zweier eben-erhabener Linsen, zum Beweise, daß sie der gewöhnlich verwandten, beiderseits erhabenen Linse überlegen sind. CZ 1922. 43. 470—1 (10. XI.); 478—80 (1. XII.).
- , — (4.), Final letter from Mr — — on Dr. Wollaston's periscope spectacle glass. (15. XII.) Gehört nach [113] Phil. Mag. 1813. 42. 464—5. —, —, Schlußbrief von Hrn. William Jones über Dr. Wollastons periskopisches Brillenglas. CZ 1922. 43. 489 bis 490 (15. XII.).
- , —, kennt 1804 B. Franklin als Erfinder der Zweistärkengläser [90].
- Kaiser, H. (* 20. XI. 1815, † nach 1884).
- , — (1.), Ein Fall von Anisotropie und allgemeine Beleuchtung dieses Gesichtsfehlers. [228] Graefes Arch. 1867. 13. 2. 353—75.
- Kalt, E., seine Versuche mit Haftgläsern [16].
- v. Kamptz, F. (1.), Augenglas für Farbenblinde. [208] D. R. P. 59 782 vom 9. I. 1891; ausgeg. 25. XI. 1891.
- Kausen, J., Bildverkleinerung für Zuschauer in Lichtspielen [45].
- Kepler, J. (* 27. XII. 1571, † 15. XI. 1630).
- , — (1.), Dioptrice seu demonstratio eorum quae visui et visibilibus propter conspicilla non ita pridem inventa accidunt. Praemissae epistolae Galilaei de iis, quae post editionem nuncii siderii ope perspicilli, nova et admiranda in coelo deprehensa sunt. Item examen praefationis Ioannis Penae Galli in optica Euclidis, de usu optices in philosophia. [45. 77] Augustae Vindelicorum, typis Davidis Franci. MDCXI. (7), 80, (2) S. kl. 4° mit Textabb. — S. auch (2.) die Übersetzung von F. Plehn. [77] Leipzig, W. Engelmann, 1904. 114 S. 8° mit 43 Textabb. Ostwalds Klass. d. exakt. Wiss. Nr. 144.
- Kepler, J., macht auf den Augendrehpunkt aufmerksam [92].
- Kessler, H., zur Unkelschen Schleifbank <26/27³²16> [21].
- Kirsch, R. (1.), Sehschärfeuntersuchungen mit Hilfe des Visometers von Zeiß. (Zugleich ein Beitrag zur Frage der Lesbarkeit von Druckschriften.) [63] Graefes Arch. 1920. 103. 253—79, 6 +. (23. XII.)
- Kirschmann, A. (* 21. VII. 1860, † 1932).
- , —, für Farbenblinde bestimmte Gläser <17⁵⁹114> [208].
- Kitchiner, W. (* 1777, † 1827).
- , — (1.), The economy of the eyes: precepts for the improvement and preservation of the sight. Plain rules which will enable all to judge exactly when, and what spectacles are best calculated for their eyes; observations on opera glasses and theatres, and an account of the pancreatic magnifier, for double stars, and day telescopes. [25. 56. 69] London, Hurst, Robinson, & Co., and Edinburgh, Arch. Constable, 1824. VIII, 246 S. kl. 8° mit 2 Kupfertafeln. — S. auch die Übersetzung nach Pansier (1. 90): —, —, Die Oeconomie der Augen, oder Vorschriften zur Erhaltung und Verbesserung des Gesichts nebst Bemerkungen über das Tragen der Brillen und den Gebrauch der Operngucker sowie astronomischer und terrestrischer Teleskope. Weimar, Priv. Landes-Industrie-Comptoir, 1825. 220 S. kl. 8°.

- Kitchiner, W. (2.), *Of Spectacles, opera-glasses, and theaters: plain rules, which will enable all to judge exactly when and what spectacles are best calculated for their eyes and precepts for the improvement and preservation of the sight.* Second edition. [25] London, Geo. B. Whittaker, 1826. VIII, 242 S. kl. 8° ohne Kupfertfln. und ohne die Seiten 130/60 der ersten Auflage. Die Zusätze sind nicht sehr bedeutend, die größere Länge durch weitläufigeren Satz erhalten. Aus Hrn. Th. H. Courts Sammlung.
- , —, seine Stellung zu den Vorsatzgläsern [83].
- Klein, E. (1.), *Gewölbtes Brillenglas mit besonderem Schliff auf der Rückseite des Glases.* [28] D.R.G.M. 330835/Kl. 42h, eingetr. 24. I. 1908, eingetr. 18. II. 1908.
- , — (2.), *Gewölbtes Brillenglas mit mehrfachem Schliff.* [28] D.R.G.M. 390696/Kl. 42h, eingetr. 2. III. 1908, eingetr. 15. IX. 1909.
- Klemm, Fr. (1.), zu E. G. Fischers Kenntnis des Augenastigmatismus <31 147116> [159].
- Kloth, G. (* ?, † 24. XI. 1923).
- , — (1.), zum richtigen Brillensitz <15/16 46> [218].
- , —, prägt den Ausdruck „schuppenförmig“ für eine Randform [23 + 10. 26].
- Klughardt, A. (1.), über Stargläser <17 26> [207].
- , —, seine Abstufung nach Scheitelbrechwerten [76], seine achromatischen Starlinsen <17 26; 19 12137> [207]
- Knapp, J. H. (* 17. III. 1832, † 2. V. 1911).
- , — — (1.), Ueber die Asymmetrie des Auges in seinen verschiedenen Meridianebenen. [164] Graefes Arch. 1862. 3. 2. 185—241 mit 5 + auf der Tfl.
- , — —, seine Sätze zur Netzhautbildgröße [44. 59. 62. 110], befürwortet 1909 die internationale Achsenbezeichnung [163 + 85].
- Koegel, H., zum Zusammenhang von Pupillenabstand und Einstellfehler <15/16 129> [218].
- Koegel, H., der Pupillenabstand und andere Körpermaße <16 1, 33, 65, 129> [217. 218].
- , —, ein Nachtrag <19 74> [218].
- König, A. (1.), und M. v. Rohr, Die Theorie der sphärischen Aberrationen. [97. 104] M. v. Rohr (2., 208—338).
- , — (2.), Die Berechnung optischer Systeme auf Grund der Theorie der Aberrationen. [106] S. unter M. v. Rohr (2., 373—408).
- , — (3.), Die Bildrotation durch Prismen. [151] S. unter M. v. Rohr (2., 444—8).
- , —, s. u. S. Czapski (1.).
- Körner, Fr., Bemerkung um 1828 zu den Chamblantschen Gläsern [148].
- Koster, W., unauffälliger Tragrand <14/15 80> [28 + 16].
- Krämer, A., Hinweis auf die Snellen'sche Fassung der Stokesischen Linse [169].
- Krebs, G. (1.), Ueber die Reflexion des Lichts an der Vorder- und Hinterfläche einer Linse [20] (8. I. 75.) Poggend. Ann. 1874. 153. 563—71, +.
- Krecke, W., erfindet eine prismatische Brille [152].
- v. Kries, J., s. u. H. Helmholtz (2.).
- Krückmann, E., Anregung zu einem Henkerschen Prüfgerät [121].
- Krüss, H. (* 23. II. 1853, † 27. IV. 1925).
- , — (1.), Zur Theorie der Sphärometer. [73] CzfoM 1891. 12. 63—6, 5 +. (15. III. 91.)
- , — (2.), Ueber die Eigenschaften der Isometropen-Gläser. [19] Klin. Mbl. f. Aughlk. 1898. 36. 147—56; 264. CzfoM 1898. 19. 103—5. (1. VI.)
- Kugel, C. (1.), Ueber die Wirkung schief vors Auge gestellter sphärischer Brillengläser beim regelmäßigen Astigmatismus. [160] Graefes Arch. 1864. 10. 1. 89—96.
- Kühl, A., teilt Rechenergebnisse <22 265116> mit [119. 120].
- Laabs, M., sein bildsprungfreies Zweistärkenglas [87 + 44].
- Landolt, E. (* 17. V. 1846, † vor dem Juli 1926).
- Landolt'sche Ringe [56], Teilung beim Doppelprisma, s. u. Herschelsches Doppelprisma.

- Landsberg, P. (I.), Eigenartiger Gebrauch des Convexglases bei excessiver Hypermetropie. [51] *Klin. Mbl. f. Aughkl.* 1892. 30. 187—92, +. (Mai-Heft.) — S. auch ebenda 292—3 u. 361—2.
- Landwehr, J. H. (I.), zur Anisometropie (19 69 u. ⁵⁶120) [230].
- Laqueur, L., (* 25. VII. 1839, † 20. IV. 1909).
- , —, Hinweis auf einen Straßburger Optiker Mayer (?). [183¹].
- Lauber, H., zur Akkommodationsbrille (15/16 37, 61) [56]; s. a. unter M. v. Rohr (20.).
- Laurent, L. (I.), Sur un appareil destiné à contrôler la courbure des surfaces et la réfraction des lentilles. [73] (30. III. 85.) *C. R.* 1885. 100. 903—5, 4 +. — S. auch die hier wichtige Besprechung Czapskis in *Zschr. f. Instrkde.* 1885. 5. 322—3.
- Lazarus, N. (I.), Improvements in the manufacture of achromatic lenses. [203] *E. P.* 4339/81 vom 5. X. 1881; *compl. spec.* 5. IV. 1882.
- Lerebours, N. J. (* 25. XII. 1761, † 12. II. 1840).
- , —, seine Brillen gleicher Dämpfung vor 1841 [7].
- Leutmann, J. G. (* 30. XI. 1667, † Frühjahr 1736).
- , —, seine Probierrgläser von 1719 [30], seine gleichzeitige Abstufung der Gläser nach dem Flächenhalbmesser [69], seine Empfehlung des Meniskus [77. 113], gelehrter Brillenkundiger [232].
- Lewenberg [Loewenberg?], sucht um 1832 sich Bernsteinlinsen zu schützen [18].
- Lincke, R., Vom Punktalglas und seinem Werdegang. [20] *Zeiss-Werkztg.* 1926. 87/92, 13 + (Septemberheft).
- , —, auf ihn zurückgeführte Tragrandformen [24/5 + 11 bis +15].
- Lippincott, J. A. (I.), Ueber die durch corrigierende Gläser hervorgerufene Metamorphopsie (Übers. v. Dr. Deus) [228] *Arch. f. Augenh.* 1891. 23. 96—100, 2 +.
- Listing, J. B. (* 25. VII. 1808, † 27. XII. 1882).
- Listing, J. B. (I.), Vorschlag zu fernerer Vervollkommnung des Mikroskops auf einem abgeänderten dioptrischen Wege. [199¹] (*Aus d. Gött. Nachr.* 1869, Nr. 1.) *Poggend. Ann.* 1869. 136. 467—72. S. 472.
- Listings Gesetz der Augendrehung [169. 170. 171].
- Lohnstein, Th. (I.), Zur Gläserbehandlung des unregelmäßigen Hornhaut-Astigmatismus. [13. 15] *Klin. Mbl. f. Aughkl.* 1896. 34. 405—23, +, s. u. C. V. Majewski (I.).
- , — (2.), Kritische Bemerkungen zu den hyperbolischen Gläsern [140] *Klin. Mbl. f. Aughkl.* 1897. 35. 97—108, 2 +.
- , — (3.), Nochmals die hyperbolischen Gläser. (Zur Abwehr gegen Herrn Professor E. Raehlmann.) [140] *Klin. Mbl. f. Aughkl.* 1898. 36. 208—21.
- , — (4.), Zur Richtigstellung: Lohnstein contra Raehlmann. [140] *Klin. Mbl. f. Aughkl.* 1898. 36. 264.
- , — (5.), Erwiderung auf die vorstehenden Bemerkungen des Herrn Dr. E. A. Fick in Zürich zu meinem Hydrodiaskop. [17] *Klin. Mbl. f. Aughkl.* 1897. 35. 132—4.
- , — (6.), Die Berechnung der Planconvexlinse des Hydrodiaskops. [13. 14. 15. 55. 140] *Klin. Mbl. f. Aughkl.* 1897. 35. 266—71.
- Lohnsteinsche Wasserkammer [13 + 6. 15. 54. 55 +28].
- Lomb s. u. Bausch & Lomb.
- Löwe, F., s. u. M. v. Rohr (2.).
- Löwenstein, A. (I.), Über die Korrektion einseitiger Aphakie durch die Rohrsche Anisotropbrille. [230] (13/14. 97).
- , —, sein Hinweis auf von Hasner [15¹].
- Loring, E., seine Anregung zu Tragrandgläsern um 1871 [28].
- Maertens, K. A. A. (* 18. IV. 1774, † 17. III. 1832).
- , — —, über den Gebrauch von Brillen (22 ⁵¹54) [232].
- Magnus, H. (I.), Die Bedeutung des farbigen Lichtes für das gesunde und kranke Auge. Ein Beitrag zu einer

- rationellen Lichtdiät. [10] Leipzig, W. Engelmann, 1875. V, 46 S. 8°.
- Majewski, C. V. (*I.*), Ueber corrigierende Wirkung des Hydrodiaskops Lohnstein's in Fällen von Keratokonus und unregelmäßigem Astigmatismus. [15] (Schon 1898 in einer polnischen, in Krakau erschienenen Arbeit gedruckt.) Klin. Mbl. f. Aughk. 1899. 37. 162—9.
- Manni, D. M., zur Brillengeschichte [231].
- Marshall, J., sein Körperschleifen von 1694 [21. 231].
- Martin, B. (* 1704, † 1782).
- , — (*I.*), An essay on visual glasses, (vulgarly called spectacles) wherein it is shewn from the principles of optics, and the nature of the eye, that the common structure of those glasses is contrary to the rules of art, to the nature of things, &c. and very prejudicial to the eyes. The nature of vision in the eye explained, and glasses of a new construction proposed. [6. 25. 222. 232] Price Six-pence. London, im Selbstverlag, 1756. 28 S. 8° mit 1 Kpfrtfl.
- Martin, K., sein bildsprungfreies Zweistärkenglas [87 + 45, + 46].
- Masselon, J., s. u. L. von Wecker (*I.*).
- Mauthner, L. (* 13. IV. 1840, † 20. X. 1894).
- , —, Ansichten zur Sehschärfebestimmung [62].
- Mayer, E., zur Verzerrung durch astigmatische Linsen <22 ²⁹³119> [162].
- , —, einige Brillenaufgaben <25 ^{63a, b}64> [193].
- , —, sein Einspruch gegen die Angabe der Scheitelbrechwerte [38], gegen die Henkerschen Formeln der Dezentrierung astigmatischer Gläser [193].
- Mayer, Hier., seine Facettbrillen [27].
- Mayer, J., seine Vorschiebrillen [56].
- Mayer (?), Straßburger Optiker [183].
- Mc Allister, seine frühen zylindrischen Brillengläser [164].
- Mensert, W. (*I.*), Verhandeling aangaande de uitvinding, het gebruik en het misbruik der Brillen, benevens allgemeeene aanwijzingen, om eenen bril te kiezen, en wat men vooral bij het gebruik van denzelven heeft in acht te nemen. [18] Amsterdam, G. Portielje, 1831. XVI, 199 S. 8°.
- Merz, G. (* 26. I. 1793, † 12. I. 1867). Merzischer Schaltungs-Brillenkasten [30].
- Meyhen, J. Fr., Kurzer Unterricht von der Beschaffenheit und dem Gebrauch der Vergrößerungsgläser und Teleskopen. [231] Dresden und Leipzig, bey Fr. Gefeß, 1747. (8), 72 S. 4° mit VI Kpfrtfln.
- Meyersche Tapetenbilder [218].
- Meyer (?), Straßburger Optiker [140].
- van Minden, . . (*I.*), Lunettes permettant de voir de loin et de près ou d'affaiblir facultativement l'éclat de la lumière. [83. 91] Br. d'Inv. 21135, ang. 16. X. 1854, vom 8. XII. 1854. Descr. (2) 42. 59—60.
- Mittelstraß, C. (* 1839, † 16. XII. 1921).
- , Gebr. (*I.*), Neues Sphärometer. [71. 73. 75] CZfOuM 1890. 11. 279, + (15. XII. 90.)
- Monoyer, F. (* 1836, † 11. VII. 1912).
- , —, (*I.*), Sur l'introduction du système métrique dans le numérotage des verres de lunette, et sur le choix d'une unité de réfraction. [70] (1. X. 72.) Ann. d'Ocul. 1872. 68. 101—17.
- , — (2.), Nouvelle formule destinée à calculer la force réfringente ou le numéro des lunettes de presbyte. [63] (5. IV. 75.) C. R. 1875. 80. 919—22. Ann. d'Ocul. 1876. 76. 76—8.
- Mosersche Dämpfungswerte [10].
- Mourashkinski, B. E., u. P. P. Artamonoff, ihre Messungen an Brillengläsern <31 ⁵³⁸⁷> [121].
- Moussier, Th. Pr. (*I.*), et Boulland, . . , Verres de lunettes. [90] Brev. d'Inv. 9428 ang. 14. XII. 1849, vom 10. IV. 1850. Cert. d'Add. vom 27. VI. 1851. Descr. (2) 16. 341—2.
- , — — (2.), et Boulland, . . , Verres de lunettes périscopiques à foyer achromatisé. [90] Brev. d'Inv. 13214 ang. 11. III. 1852 vom 30. IV. 1852. Descr. (2) 21. 284—5. In einer neuer-

- dings angefertigten Abschrift der Akten lautet der Titel übrigens: Description des verres de lunettes périscopiques ou à foyer achromatisé.
- Moussier, Th. Pr. (3.), et Boulland, .., Verres de lunettes périscopiques achromatisés. [90. 224] Cert. d'Add. zu 13214 ang. 11. VIII. 1855. Lag nur in einer Abschrift vor.
- , —, u. Boulland, mittelbare Berücksichtigung schiefer Bündel bei Zweistärkengläsern [146], nehmen wahrscheinlich dabei Rücksicht auf die Farbenfehler [203].
- Müller, A. (I.), Brillengläser und Hornhautlinsen. [16. 92. 204] (Dr.-Arbeit. Kiel 1889. 31 S. 8°, 3 +.
- , —, regt O. Himmlern zur Herstellung von Haftgläsern an [16].
- Müller, C., seine Wiener Glasbrillen zwischen 1852 u. 57 [27].
- Müller, Curt (I.), zu den Dioptrbrillen <21 756> [12].
- Müller, F. Ad. Söhne, gewinnen Haftgläser vor der Glasbläserlampe [17].
- Müller, J., (* 14. VII. 1801, † 28. IV. 1858).
- , — entdeckt den Augendrehpunkt wieder [92].
- Nagel, A. (* 14. VI. 1833, † 22. VII. 1895).
- , — (I.), Historische Notiz über Hyperopie und Astigmatismus. Quelle für den Fischerschen Brief an Gerson. Gehört nach [160]. Graefes Arch. 1866. 12. 1. 25/30.
- , — (2.), Die Refractions- und Accommodations-Anomalien des Auges. [70] Tübingen, H. Laupp, 1866. VIII, 217 S. 8° mit 21 +.
- , — (3.), Die Benutzung des Metermaasses zur Numerirung der Brillen. [70] Klin. Mbl. f. Aughkl. 1868. 6. 65—78.
- , — (4.), Die Anomalien der Refraction und Accommodation des Auges. [70] Hb. d. Aughklde. Leipzig, W. Engelmann, 1880, Cap. X. 257—503. 6. Enthält des Verfassers eigene Darstellung der Dioptrifrage.
- Nagel, W., s. u. H. v. Helmholtz (2.).
- Nectoux, A., über die Berechnung punktmäßig abbildender Gläser <26/27 10985> [118. 119].
- Nectoux, A., punktmäßig abbildende Gläser <32 4480> [118].
- Nengelken, Fr. (I.), Brille für Schielende mit einstellbaren, zur Hälfte durchsichtigen und zur Hälfte undurchsichtigen Gläsern. [226] D.R. G.M. 49464/42; eingetr. 26. XI. 95; veröff. 23. XII. 95.
- [Neuman]n, [R.] (I.), Aus mehreren Gläsern mit verschiedenem Krümmungshalbmesser zusammengesetztes Brillenglas. D.R. G.M. 53815. [28] CZfOuM 1896. 17. 71, 5 +. (15. IV.) Der Mech. 1896. 4. 116, 3 +. (20. IV.) Wegen des Titels sehe man das Nitschmannsche (I.) Gebrauchsmuster.
- Newcomer, H. S., u. W. vander Pijl, zur Hebung des Zweischalenfehlers bei Brillen <27/28 25> [119. 129].
- Nitsche, H., zur Entwicklung der Rathenower Brillenindustrie <23 4673> [114. 120. 233].
- & Günther, ihre Seiten- und Rückblickbrillen [11], ihre Katadi-Gläser [20], ihre Schilderung ihrer Brillenherstellung [20], führen 1866 die Grundwirkung von $1\frac{1}{4}$ dptr für periskopische Gläser ein [114]. Abstufung der Grundkrümmungen bei den NG-Menisken seit 1908 [120], ihre Rektavist-Stargläser [120], ihre doppelten Brillengläser <15/16 186> [137], ihre Fernrohrbrillen <18 95> [143], ihr Vorschlagfernrohrchen <15/16 1154> [144], ihre torischen Gläser vom Jan. 1893 [168], E. Weißens Anstellung [180], Angriff auf das Zeißische Patent [180], deformierte torische Flächen [184], ihre Rektavist-Lupenbrille [224].
- Nitschmann, F. (I.), Aus mehreren Gläsern mit verschiedenen Krümmungshalbmessern zusammengesetztes Brillenglas. [28] D.R. G.M. 53815/Kl. 42, eingetr. 30. I. 1896; eingetr. 10. III. 1896.
- Nobert, Fr. A. (* 17. I. 1806, † 21. II. 1881).
- , —, seine Stöpsellinse [82].
- Noyes, H. D., befürwortet die Annahme der Helmholtzischen Gradzählung [162].

- Oppel, J. J., Erweiterung der Tourtualschen Überlegungen [92].
- Oppenheimer, E. H. (I.), Theorie und Praxis der Augengläser. [3¹. 147. 152] Berlin, A. Hirschwald, 1904. VIII, 200 S. gr. 8°, 181 +.
- , — (2.), Torische Gläser. [168] CZfOuM 1905. 26. 127—8 (15. V.); 224 (1. IX.); 239 (15. IX.); 252 (1. X.). — S. auch dazu seine Antwort auf S. 142 derselben Fachschrift.
- , — (3.), Abriß der Brillenkunde. [3¹] Hb. d. ges. Aughkl. II. Teil. 4. 2. Abt. III. Kap. Nachtr. II. gr. 8°, 1—96 S. mit 66 +. Ausgeg. am 23. II. 1906.
- Orford, H. (I.), Manufacture of lenses for spectacles or eyeglasses. [89] U. S. P. 943 449 vom 14. XII. 09; appl. fil. 30. I. 1909.
- Ostwald, F. (I.), Des verres périscopiques. (Sitz. vom 16. Mai.) [102. 114] C. R. 1898. 126. 1446—9.
- , — (2.), Ueber periskopische Gläser. [109. 115. 117] Mit 13 +. Graefes Arch. 1898. 46. 475—524. (3. Abt. ausgeg. den 4. Okt.).
- , — (3.), Des verres périscopiques et de leurs avantages pour les myopes. Avec une préface par C. M. Gariel. [73. 116] Paris, G. Carre & C. Naud, 1899. 86 S. gr. 8° mit 13 +. Nach den hier vorgenommenen Stichproben handelt es sich bis auf die Garielsche Vorrede um eine getreue Übersetzung der vorstehenden Arbeit (2.).
- , — (4.), Recherches expérimentales sur les verres périscopiques. [115. 116] IX. Congrès intern. d'ophtalm. d'Utrecht du 14 au 18 Août 1899. Amsterdam, F. van Rossen, 1900. XXVIII, 621 S. gr. 8°; s. S. 350—8.
- , — (5.), Weitere experimentelle Untersuchungen über die periskopischen Gläser nebst einem berichtigenen Nachtrage zu der in diesem Archiv, Bd. XLVI, 3 erschienenen Arbeit des Verfassers. [117] Graefes Arch. 1900. 50. 44—62 mit Tfl. III und 5 +. (1. Abt. ausgeg. d. 8. Juni.)
- , — (6.), Nouvelles recherches expérimentales concernant les verres périscopiques. [117] Rev. Gen. d'ophtalm. 1900 . . ., mit 5 + und 2 Tfln. (31. VII.) Auch als S.-A. von gleichem Titel 1—18 S. 8° mit 5 + und 2 Tfln. Nach den hier vorgenommenen Stichproben handelt es sich um eine getreue Übersetzung der vorstehenden Arbeit (5). Hinzugekommen ist jedenfalls die auf S. 15—6 stehende, auf M. Tscherning bezugnehmende Anmerkung.
- Ostwald, Fr., seine Bedeutung für die neuere Brillenkunde [93. 114. 235], benutzt Hermannsche Formeln [102. 115], Czapskische Formeln [115], wechselt den scheinbaren und den wahren Augenort [115—6].
- Ostwaldscher Zug (auch Ostwaldsche Form) [104. 106. 107. 109. 111. 112 + 61. 115. 122. 124. 127. 128 + 64. 129. 130. 145. 146 + 74. 147. 159].
- Paetz & Flohr, frühe Hersteller von Zylinderlinsen in Berlin [164].
- Pansier, P. (I.), Histoire des lunettes. [225. 239] Paris, A. Maloine, 1901. 134, (2), 134^{A-D} 136—7 S. gr. 8° mit 18 + und 5 Tfln.
- , —, s. u. J. Ayscough (I.) und W. Kitchiner (I.).
- Panum, P. L., sein Ausdruck für die Vergrößerung \bar{T} [65].
- Parent, H. (I.), seine Äußerungen in der Erörterung über J. L. Borsch (I.) [137].
- Paulus von Ägina, seine Lochbrillen für Schielende [225].
- Paus, G. (I.), Apparat zum Messen der Concavität oder Convexität optischer Gläser. [73] D.R.P. 16648 vom 28. V. 81; ausgeg. 27. I. 82. — S. auch Dingl. polyt. Journ. 1882. 244. (5) 44. 199 mit 2 + auf Tfl. 17.
- Percival, A. S. (I.), Periscopic lenses. [117] Arch. of Ophthalm. 1901. 30. Nr. 5. Sept. 520—8.
- , — (2.), Periscopic lenses. [118] Arch. of Ophthalm. 1903. 32. Nr. 4. Juli. 367—8.
- , — —, sein Vorschlag für torische Linsen von besserer Leistung [168].
- Pergens, Ed. (* 23. X. 1862, † 11. IV. 1917).

- Pergens, Ed. (1.), Ueber farbige und farblose Augengläser. [10] Klin. Mbl. f. Aughlk. 1897. 35. 33—50, 2 +.
- , — (2.), A propos du numérotage des verres de lunettes. [69] Ann. d'Ocul. 1900. 123. 480.
- , — (3.), Geschichtliches über prismatische Brillen und Zentren. [152] Klin. Mbl. f. Aughlk. 1903. 41. 2. Bd. 234—5.
- , — (4.), Ueber die Schleifart und das Kaliber von Brillengläsern. Klin. Mbl. f. Aughlk. 1904. 42. 1. Bd. 560—5. Gehört nach [27].
- , — (5.), Zur Geschichte der Isochromgläser. [7] Klin. Mbl. f. Aughlk. 1905. 43. 2. Bd. 486—7. Nov.-Heft.
- , — (6.), Historisches über weniger gebrauchte Arten von Brillengläsern. [28. 45] Klin. Mbl. f. Aughlk. 1906. 44. = (2) 1. 505—8, +.
- , — (7.), Geschiedkundige Ontwikkeling van den engopening-bril. [6. 12] Handel. van het XIII. Vlaamsch Natuur- en Geneeskundig Congres gehouden te Brussel, op 18, 19 en 20 Sept. 1909. 278—92, 31 +.
- , — (8.), alte Brillen <13/14 172> [27]. Petzval, J. (* 6. I. 1807, † 17. IX. 1891), s. u. Coddington-Petzval.
- Pflüger, E. (* 1. VII. 1846, † 3. IX. 1903).
- , —, legt 1892 stark durchgebogene torische Linsen vor [168].
- v. Pflugk, A., u. M. v. Rohr (38.), zur Brillenkenntnis <19 21> [4. 72. 113. 229. 231], s. u. J. Zahn (1. 2. 3.).
- , —, — — (46.), zu den Glasbrillen (Fortsetzung) <21 2259> [27].
- , —, — —, zu den oberdeutschen Brillenfabriken <24 454> [77].
- , —, zu den Eisenbahnbrillen <25 103> [4 + 1].
- , —, zur Geschichte der frühen Venediger Brillenerzeugung <29 65> [77].
- , —, über farbige Gläser <29 127> [10. 18].
- , —, sein Hinweis von 1913 auf langrunde Glasformen um 1583 [27], sein Nachweis der etwa gleichzeitigen Smithischen Zusatzbrille [83], sein Hinweis auf die Nachahmungen Richardson'scher Brillen [83].
- van der Pijl s. u. H. S. Newcomer.
- Pierce, S., stellt möglicherweise um 1760 Zweistärkengläser her [90].
- Pistor, H., s. unter O. Henker (16.), besorgte die Neuausgabe des Henkerschen Brillenbuches [193].
- Plagniol, A. A. (1.), Additions aux instruments d'optique. [225] Br. d'Inv. 2242 (2. Reihe), ang. 3. X. 1845 vom 4. XI. 1845. 2. Cert. d'Add. vom 23. II. 1849. Descr. 1850. (2) 5. 177.
- , — — (2.), Perfectionnements applicables aux jumelles, longue-vues, stéréoscopes et à tous les instruments d'optique en général. [225] Brev. d'Inv. 14472, vom 14. X. 1852. Cert. d'Add. vom 2. VI. 1855. Descr. 1858. (2) 29. 90—2.
- , .. (3.), et Maire, .., Un système de lunettes et longues-vues, microscopes et autres instruments d'optique à verres périsco-hyperboliques, dit système à objectifs monolenticulaires. [140] Brev. d'Inv. 70300 vom 6. II. 1866. Descr. (2) 98. 44.
- Plehn, F. (* 25. II. 1850, † 16. VII. 1910).
- , — (1.), und A. Gleichen, ein Vorschlag zur Korrektur höherer Grade der Kurzsichtigkeit. [80]. Der Mech. 1910. 18. 37—8; 51—2; 66—7, 4 + (vom 20. II. ab).
- , —, s. u. J. Kepler (2.).
- Plössl, G. S. (* 19. IX. 1794, † 30. I. 1868), seine isochromatischen Brillen von 1829 [6].
- Ponti, C., seine Stöpsellinse [82].
- Porschin, Chr., zu den Bernsteinlinsen [18].
- Porta, J. B. (* 1538, † 4. II. 1615), früher Brillenkundiger [231].
- Poullain, G., Prismenumkehrung bei Brillengläsern mit großem Abstände [45], seine Bemühungen um torische Flächen [168].
- Prentice, Ch. F. (1.), Explication du fait que les lentilles contraires fortes de force égale ne se neutralisent pas complètement. (Traduit par D. E. Sulzer.) [75] Ann. d'Ocul. 1895. 114. 378—84, 6 +. (Nov.-Heft.)
- , —, Why strong contra-generic lenses of equal power fail to neutralize

- each other. Ann. d'Ocul. (Engl. Ed.) Nov.-Heft. Diese Quelle war mir nicht zugänglich; hier nach Ch. F. Prentice (3. 161—6, 6 +).
- Prentice, Ch. F. (2.), Justification of the rights of opticians to prescribe ophthalmic glasses. [233] The Opt. 1896. 11. 28, 30, 32, 34, 36. (26. III.) — S. auch die Übersetzung: —, —, Rechtfertigung des Rechtes der Optiker, Augengläser zu verschreiben. DOW 1919. [4.] 189—91 (7. VII.); 204—7 (21. VII.).
- , — — (3.), Ophthalmic lenses, Dioptric formulae for combined cylindrical lenses, The prism-dioptre and other optical papers. [152. 154. 169] Philadelphia, The Keystone publ. Co., 1907. 192 S. gr. 8°, 110 +.
- , — — (4.), Ophthalmic lenses and prisms. An essay contributed to »The American Encyclopedia of Ophthalmology«. [38] Chicago, Cleveland Press, 1917. (2), 174 S. gr. 8°, 128 + und 4 Tfln.
- , — —, die gesetzlich anerkannte Brillenbestimmung und die eigene Lebensbeschreibung <26/27 127> [233].
- , — —, Prismenbezeichnung [153], in den 90er Jahren eingeführt [152], lenkt die allgemeine Aufmerksamkeit 1890 auf das Gesetz der Prismenablenkung [154].
- Prescott, G. (1.), Improvements in spectacle lenses and in the method of grinding same. [168] E.P. 19683/90 vom 3. XII.; acc. 2. V. 91.
- Pritchard, A., seine späte Stöpsellinse [82 + 39].
- Pugh, W. (1.), and J. Field, Improvements in the construction of cataract and other lenses for defective visions. [7. 27] E.P. 3678/68 vom 3. XII. 1868.
- Purtscher, O. (* 18. X. 1852, † 12. XII. 1927).
- , — (1.), Ein Vorschlag hinsichtlich der Gläsercorrection gewisser Krümmungsfehler der Cornea. [184] Arch. f. Aughlk. 1885. 15. 68—72, 2 +.
- Raeder, J. G., die optischen Mängel der Brillengläser <22²⁶⁴116> [120. 121. 135].
- Raefler, J. (1.), Ueber die Correction Schwachsichtiger durch Fernrohrbrillen und Fernrohr lupen. (In.-Diss. Jena.) [78] Jena, Frommannsche Buchdruckerei, 1919. 78 S. 8°, 11 +.
- Raehlmann, E. (* 19. III. 1848, † 1. IX. 1917).
- , — (1.), Gläsercorrection bei Keratoconus. [140] (11. VIII.) Ber. 12. Vers. Ophth. Ges. Heidelberg. 1879. 50—52.
- , — (2.), Ueber die optische Wirkung der hyperbolischen Linsen bei Keratoconus und unregelmäßigem Astigmatismus, sowie über die Anwendung derselben als Brillen (14 Fälle). [140] (Febr. 82.) Klin. Mbl. f. Aughlk. 1882. 20. 111—29.
- , — (3.), Ueber die Anwendung der hyperbolischen Linsen bei Keratoconus und unregelmäßigem Astigmatismus. [140] Klin. Mbl. f. Aughlk. 1898. 36. 33—47, +.
- , — (4.), Nachtrag zu vorstehender Arbeit. [140] (25. V.) Klin. Mbl. f. Aughlk. 222—23.
- Ramsden, J. (* 6. X. 1735, † 5. XI. 1800).
- , —, seine Brillenbezeichnung nach der Länge des Flächenhalbmessers [69].
- Rayton, W. B., parabolische Flächen an Brillengläsern <24³³⁴75> [141].
- Redi, Fr., zur Brillengeschichte [231].
- Rekoßische Scheibe [30], Erggelets Einwendungen gegen sie beim Wechsel der Probier Brillengläser [30/1].
- Reverardsche Isometropgläser [18].
- Rheinberg, J., seine Vorhängebrille <32 + 5¹³⁴²46> [84].
- Ribard, E. (1.), Streifenförmige Augengläser. [26] D.R.G.M. 191 651/Kl. 42 h; inger. 3. XII. 1902; veröff. 2. II. 1903.
- Richardson, J. (1.), An improved machine, or machines, to be applied to glasses and pebbles of every description, for the use of sights in general. [6. 18. 83] E.P. 2187 v. 4. Juli 1797.
- Rijkens, R. G. (* 17. I. 1853, † 29. XI. 1927).
- , — (1.), zur Anisotropiebrille <16 146> [230].
- , — —, verwendet die Fernrohrlupe bei Hornhauttrübungen <20 72> [12].

- Rochat, G. F., sein Rechenschieber [38 + 20].
- Rodenstock, G. (I.), Neuerungen an Augengläsern. [25] D.R.P. 10252 v. 18. VII. 1879; ausgeg. 14. VII. 1880.
- , —, zu seinen Neo-Perpha-Gläsern [120¹].
- Rodenstock, J. (* 11. IV. 1846, † 8. II. 1932).
- , —, Perpha-Gläser um 1879 [114], seine Ablehnung punktmäßig abbildender Gläser im Mai 1914 [120¹].
- Rogers, G. A., bemerkt früh den Unterschied von S'_∞ und D , bei durchgebogenen Formen [71. 75].
- v. Rohr, M. (I.), Ueber die Bedingungen für die Verzeichnungsfreiheit optischer Systeme mit besonderer Bezugnahme auf die bestehenden Typen photographischer Objektive. [135] Zschr. f. Instrkde. 1897. 17. 271—7, +. (September-Heft.)
- , — (2.), Die Bilderzeugung in optischen Instrumenten vom Standpunkte der geometrischen Optik. Bearbeitet von den wissenschaftlichen Mitarbeitern an der optischen Werkstätte von Carl Zeiss, P. Culmann, S. Czapski, A. König, F. Löwe, M. v. Rohr, H. Siedentopf, E. Wandersleb. [197¹] Herausgeg. von —, —. Berlin, J. Springer, 1904. XXII, 587 S. 8° mit 133 +. — S. auch die wörtliche Übersetzung ins Englische, die die Abteilung für wissenschaftliche und technische Forschung des Verlegers ungefragt von R. Kantschack anfertigen ließ: Geometrical investigation of the formation of images in optical instruments. Embodying the results of scientific researches in German optical workshops. Edited by —. London, His Majesty's Stationary Office, 1920. XXIII, 612 S. gr. 8°, 133 +.
- , — (3.), s. u. A. König (I.) und M. v. Rohr.
- , — (4.), Das Auge. S. Czapski (I.) 370—83. Das Sehen. Ebenda. 384 bis 411. Die Brille. Ebenda. 412—33. Das photographische Objektiv. Ebenda, 434—58. [67. 213¹. 214. 219].
- v. Rohr, M. (5.), Die Theorie anastigmatischer Starbrillen. [120. 136. 207] (Vom 5. VIII. 1908.) Ber. über die 35. Vers. d. Ophthalm. Ges. Heidelberg 1908. 25—32, 6 +. Erörtert. 37—8.
- , —, und Henker, O. (6.), Ueber binokulare Lupen schwacher und mittlerer Vergrößerung. [221] Zschr. f. Instrkde. 1909. 29. 280—6, 7 +. (Sept.-Heft.)
- , — (7.), Zur Dioptrik des Auges. [94] Erg. d. Physiol. von L. Asher und K. Spiro. 1909. 8. 541—92, 22 +.
- , — (8.), Zur Theorie der Fernrohrbrille. [36. 71. 79. 80. 142. 143] Graefes Arch. 1910. 75. 561—85, 7 +. (14. V.)
- , — (9.), Über Gullstrandsche Starbrillen mit besonderer Berücksichtigung der Korrektur von postoperativem Astigmatismus. [139. 179. 184. 185.] (Vortr. vor der Ophth. Ges. den 6. VIII. 1910.) Ber. über d. 36. Vers. d. Ophth. Ges. Heidelberg. 1911. 186—95, 4 + und 2 Tfln. S. u. A. Gullstrand (7.).
- , — (10.), Die Brille als optisches Instrument. [102. 135. 139] (Febr. 1911.) Dieses Hb. 2. Aufl. Anhang I. 1—172 mit 1 Tfl. und 48 +. Auch als S.-A. unter dem gleichen Titel. Leipzig, W. Engelmann, 1911. IX, 172 S. 8°, 48 + und 1 Tfl.
- , — (11.), Über neuere Bestrebungen in der Konstruktion ophthalmologischer Instrumente. (3. VIII.) Ber. über d. 37. Vers. Ophth. Ges. Heidelberg 1911. 51—7, 1 Tfl. und 3 +. Gehört nach [143].
- , — (12.), Über die Würdigung des Augendrehpunktes und seine Berücksichtigung in der konstruktiven Optik. [92. 97. 116] Zschr. f. Instrkde. 1911. 31. 380—6. (Dez.-Heft.)
- , — (13.), Über astigmatische Gläser mit punktueller Abbildung. [182 + 98. 183. 185] (4. VIII.) Ber. über d. 38. Vers. d. Ophth. Ges. Heidelberg. 1912. 94—9, 3 + und 1 Tfl.
- , — (14.), u. W. Stock, zur subjektiven Prüfung [13/14 115] [15, 16, 17. 185. 227. 230]; s. a. A. Löwenstein (I.) und H. Wolff (I.).

- v. Rohr, M. (15.), u. W. Stock, eine achromatische schwache Brillenlupe <13/14 196> [222].
- , — (16.), zu Spiegelbildern <13/14 137> [20].
- , — (17.), zur Leistung korrigierender Brillengläser <14/15 33> [47. 63. 70. 81].
- , — (18.), über Formen drehrunder Brillengläser <14/15 1113> [4. 148].
- , — (19.), zum Werden der heutigen Gläserabstufung <14/15 97> [30. 69. 70].
- , — (20.), die Laubersche Akkommodationsbrille <15/16 540> gehört nach [56].
- , — (21.), die Entwicklung der Fernrohrbrille <15/16 1, 33> [82].
- , — (22.), der Augendrehpunkt in der Physiologie und der technischen Optik <15/16 126> [92. 102].
- , — (23.), ein Nachtrag zu (19.) <15/16 65> [30. 69. 70].
- , — (24.), zur deutschen Brillenversorgung im 18. Jahrhundert <15/16 73> [18. 27].
- , — (25.), zur Erkenntnis der Hypermetropie <15/16 111> [69. 113].
- , — (26.), zweiter Nachtrag zu (21.) <15/16 145, 161> [80. 81. 82].
- , — (27.), zu den Zielbrillen <16 22> [31].
- , — (28.), zur Brillengeschichte bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts <16 126> [13. 45].
- , — (29.), zu den Zweistärkenbrillen <16 85> [30. 56. 90. 203].
- , — (30.), über deutsche Brillenschriften des 19. Jahrhunderts <17 1899> [232].
- , — (31.), über astigmatische Brillen. Fortsetzung zu (18.) <17 63> [163. 164. 167. 168].
- , — (32.), die Entwicklung des Ein-glasses <19 1593> gehört nach [77].
- , — (33.), zur älteren Brillengeschichte <17 1, 33, 78> [18. 113].
- , — (34.), u. K. Stegmann, zur deutschen Brillenversorgung bis etwa 1842 <19 1693> [168].
- , — (35.), Über Arbeiten aus der Jenaer Augenklinik an einigen älteren Brillenproblemen [221. 230]. Arch. f. Aughlk. 1917. 32. 31/47, 7 +.
- v. Rohr, M. (35a.), dritter Nachtrag zu (21.) <18 25> [81. 82].
- , — (36.), die ersten Stufen von Glasbrillen und -klemmern <19 1894> [27].
- , — (37.), zur Fachausbildung von Brillenoptikern <19 2294> [234].
- , — (38.), s. u. A. v. Pflugk u. M. v. Rohr.
- , — (39.), das Auge und die Brille <19 46> [50. 138. 159. 185. 214].
- , — (40.), zur Sehschärfe <20 4861> [63].
- , — (41.), zur Geschichte der Glasbrillen, Fortsetzung zu (36.) <20 2158> [27].
- , — (42.), die Abbildung durch brechende Einzelflächen und ausge-richtete Folgen <21 101, 10290> [42].
- , — (43.), vierter Nachtrag zu (21.) <20 33> [82].
- , —, fünfter Nachtrag zu (21.) <25 8> [81. 82].
- , — (44.), die binokularen Instru-mente <21 26> [227. 228¹].
- , — (45.), acht Vorlesungen zur Ge-schichte der Brille <21 2359> [6].
- , — (46.), Fortsetzung von (41.) s. u. v. Pflugk, A., u. M. v. Rohr.
- , — (47.), zur Akkommodation von Brillenträgern <21 1> [53. 54].
- , —, ein Versuch zur Ermittlung von Kenntnissen der Brillenhersteller um 1600 <22 1, 33> [72. 231].
- , —, der Streit um die Einführung des periskopischen Glases <23 5574> [113].
- , —, eine alte Einteilung der Bre-chungsfehler <25 36> [33].
- , —, ältere Arbeiten zum Augen-astigmatismus <25 42, 111; 27/28 88> [148. 160].
- , —, zu Wiener Biedermeierbrillen <25 38> [114].
- , —, zur Geschichte des englischen Optikerhandwerks <28 133143> [163].
- , —, seine Brillengeschichte mit Be-nutzung der Greeffschen Sammlung <30 7314> [45. 217].
- , —, weitere Aufschlüsse zu den Lon-doner Brillenoptikern <30 43> [30. 113].

- v. Rohr, M., unser Wissen von den oberdeutschen Brillenmachern [31 33, 65] [77].
- , —, zum Astigmatismus [102].
- , —, zum Meniskus als Brillenglas [33 177 113] [113. 114].
- , —, s. u. S. Czapski (*I.*), J. T. Desaguliers (*I.*), Th. Young (*I.*).
- , —, führt den Ausdruck Scheitelbrechwert ein [36], versucht, einen Irrtum Dazas de Valdes zu berichtigen [72], führt die Fernpunkt- und die Schärffläche ein [94], schlägt vor, astigmatische Bündel als schneidelförmige zu bezeichnen [102], führt 1911 die Scheitelkugel ein [102].
- Rosenfeld arbeitet mit M. Tscherning zusammen [93].
- Rospini, C. J., Titel (25 41¹), gehört zu den Glasbrillen auf [27β].
- Ross, A., schleift um 1851 Zylinderlinsen [164].
- Rossische Schielbrillen von 1829 [226].
- Rouyer, J. (* um 1836, † nach 1901).
- , —, Coup d'œil rétrospectif sur la lunetterie précédé de recherches sur l'origine du verre lenticulaire et sur les instruments servant à la vision. [239] Deuxième édition. Paris, en vente chez l'auteur, 58, rue Charlot, 1901. XII, 261 (1) S. 8°, + und 1 Tfl.
- Rudinsche Vorwölbungsbrillen [56].
- Salt, W., sein Eintreten für die Einführung der Helmholtzischen Gradzählung [162].
- Sampsonisches Zeichenverfahren [42. 54], s. u. H. Erggelet (*I.*)
- Schaap, C., sein Angriff auf die Annahme eines bestimmten Augendrehpunkts [93].
- Schanz, Fr. (* 28. VII. 1863, † 20. I. 1923).
- , —, und C. Stockhausen (*I.*), Die Schädigung des Auges durch Einwirkung des ultravioletten Lichtes. [10] (Erfurt, 13. VI.) Elektrotechn. Zschr. 1908. 29. 777—9, 3 +. (13. VIII.) Besprech. 846—9. (27. VIII.)
- Scheffler, H. (* 10. X. 1820, † 13. VIII. 1903).
- , — (*I.*), Die physiologische Optik. Eine Darstellung der Gesetze des Auges und der Sinnestätigkeiten überhaupt. [223] Braunschweig, Schulbuchhandlung, 1865. Theil I. VII, IX, 472 S. gr. 8°, 228 +. Theil II. XV, 568 S. 295 +.
- Scheffler, H. (*2.*), Die Gesetze des räumlichen Sehens (als Supplement zu der Physiologischen Optik). [223] Braunschweig, ... 1866. 194 S. 8° nach P. und nach H. Helmholtz, 2. Aufl.
- , — (*3.*), Die Theorie der Augenfehler und der Brille. [223] Wien, W. Braumüller, 1868. (1) 191 S. 8°, 68 +. — S. auch die ablehnende Besprechung W. (v.) Zehenders, Klin. Mbl. f. Aughlk. 1868. 6. 136—9.
- Scheiner, Chr. (* 1575, † 18. VII. 1650).
- , —, eine Teilübersetzung seines Augenbuches von 1619 (19 35, 53, 76, 101, 121) [33].
- , —, entwickelt die Lehre vom direkten und indirekten Sehen [92].
- Schleiermacher, L. J. (* 28. V. 1785, † 13. II. 1844).
- , —, Einführung des Augendrehpunkts in die Optik [92].
- Schnaitman, I. (*I.*), Spectacle glasses. [163] U.S.P. ... vom 20. II. 1836. Die Patentbeschreibung ist amtlich nicht gedruckt worden. Nur die Zeichnung wurde veröffentlicht. Der Inhalt findet sich im Journ. Franklin Inst. 1836. 17. 251. Die Schreibung Schnaitman ist falsch.
- Schoeler, H. L. (* 5. VIII. 1844, † 24. XI. 1918), zur Fernrohrbrille [82].
- Schoen, W. (nicht A.) (* 29. III. 1848, † 29. IV. 1917).
- , — (*1.*), Erworbene Brechungsänderungen des Auges. [42] Arch. f. Aughlk. 1893. 27. 268—93, 5 +.
- , — (*2.*), Der Brechungsverlust bei Linsenentfernung. [42] Zbl. f. Aughlk. 1897. 27. 1—8, 2 +. (Jan.-Heft.)
- Schönemann, .. (*I.*), Die Industrie der wissenschaftlichen Instrumente in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. [233] CZfOuM 1890. 11. 99—101. (1. V.)
- Schönstedt, G. (*I.*), Peripetiv-Brillen. [82] Öst. Priv. vom 10. IX. 1835.

- Beschr. I. 303. Die Schreibung Schönstädt ist falsch <15/16 41Z>.
- Schott, O., seine Glasverzeichnisse [200].
- Schroeter, P. (I.), Der Basalmesser, zur Messung des gegenseitigen Abstandes der Drehpunkte beider Augen. [218] (Dez. 72.) Klin. Mbl. f. Aughkl. 1873. II. 37—42, 2 +.
- Schulek, W. S. (* 1843, † 14. III. 1905). Schulekscher Brillenkasten [30].
- Schweigger, C. (* 29. X. 1830, † Mitte 1905).
- , —, Gewährsmann für die Zylinder von Paetz & Flohr um 1862 [164].
- Scott, K., seine undeutlich beschriebene Fernrohrbrille von 1911 [143].
- Seidel, L., und C. A. Steinheil, ihre frühe Fernrohrbrille von 1846 <25 9> [82. 142].
- Senss, P. (I.), farbige Gläser <21 455> [10].
- Sichel, J. (* 14. V. 1802, † XI. 1868).
- , —, kennt 1845 Chamblantsche Gläser [148].
- Siedentopf, H., s. u. M. v. Rohr (2.).
- Siegrist, A. (I.), Die Behandlung des Keratokonus. [15] Klin. Mbl. f. Aughkl. 1916. 56. = (2) 21. 400—21, 8 +. (30. VI.)
- Sirturus, H. (* wohl vor 1590, 1660 noch am Leben).
- , — (I.), Telescopium: sive ars perficiendi novum illud Galilaei visorium instrumentum ad sydera in tres partes divisa. Quarum prima exactissimam perspicillorum artem tradit, secunda telescopii Galilaei absolutam constructionem, & artem aperte docet. Tertia alterius telescopii faciliorem usum: & admirandi sui adinventi arcanum patefacit. [4] Francofurti. Typis Pauli Iacobi, Impensis Lucae Iennis. 1618. 81 S. kl. 4° mit + u. 2 Tfln. — S. auch die Übersetzung der auf die Brillenherstellung bezüglichen Stellen. DOW 1917. (2.) 1—5, +. (1. I.)
- , —, Abstufung der Brillen nach dem Flächenradius [69. 73], seine Würdigung der Brillengläser mit einer Planfläche [77], früher Brillenkundiger [231].
- Skinner, J. (I.), On a contrivance to help defective vision. [6. 12] Phil. Mag. 1815. 45. 461—3. S. auch:
- , —, Eine neue Vorrichtung zur Abhülfe bei fehlerhaftem Sehen. Gilb. Ann. 1816. 54. 306—10.
- Slagle, S. (I.), Eyeglass-lens. [225] U.S.P. 815648 vom 20. III. 1906; appl. fil. 26. IV. 1905.
- Smith, A. (I.), A method of constructing and making spectacles. [83] E.P. 1359 vom 13. III. 1783. — Die wohl einzige (etwa gleichzeitige) Darstellung einer solchen Linse im Gebrauch findet sich <30 7314> 102, 29).
- Smith, R., gelehrter Brillenkundiger [232].
- Snellen, H. (* 19. II. 1834, † 18. I. 1908).
- , —, (I.), Das Phakometer, zur Bestimmung von Focus und Centrum der Brillengläser. [73] Klin. Mbl. f. Aughkl. 1876. 14. 363—70, +.
- , —, seine Benutzung der Crétèsischen Fassung für die Stokesische Linse [169].
- Soleil fils stuft schon 1857 Brillen nach ihrer Wirkung ab [69].
- , N., schleift früh Zylinderlinsen [164. 167].
- Solomons, G. und E. (I.), Improvements in preparing certain transparent substances for spectacles and other purposes. [18] E.P. 6224 vom 16. II. 1832.
- Sonnefeld, A. (I.), zu den Vorhängern <20 65> [83. 109¹. 129. 145. 146 + 74].
- , — (2.), zu Vorhängern für astigmatische Fernbrillen <20 103> [146].
- , —, zur Verzeichnung der Brillengläser <33 6686> [216].
- , —, seine Zeichnung der Tscherningischen Ellipse für Nahbrillen [109¹], seine prismatischen Brillen [159].
- Spanuth, J. (I.), punktmäßig abbildende astigmatische Brillengläser <17 61> [180].
- , — (2.), sphäro-torische Brillengläser für stark kurzsichtige Träger <17 79> [180].
- , —, s. u. E. Weiss <28 69137>.

- Springerscher Verlag, seine Verdienste um die Brillenkunde [2].
- Stack, J., ... Trans. R. Irish Acad. 1788. 2. ... gehört nach [81 ω]. — S. die Übersetzung: —, —, Ein Versuch, die Theorie des fehlerhaften Sehens zu verlassen. Grens Journ. d. Physik 1791. 4. 45—54.
- Stampfer, S. (* 28. IX. 1792, † 10. XI. 1864).
- , — (I.), über Brillen <25 166; 26/27 1, 46> [114. 232].
- Stegmann, K., seine Erinnerung an Eisenbahnbrillen [4¹].
- , —, s. u. M. v. Rohr (34).
- , —, und M. v. Rohr, ihr Bericht zur Brillenentwicklung <33 159> [84. 239].
- Steinersche Meniskenbrille um 1748 [113].
- Steinheil, C. A. (* 12. X. 1801, † 14. IX. 1870).
- , —, s. u. L. Seidel [82].
- Steinheilscher Brillenkasten [30], seine Würdigung der Schnittweite s' [39], sein Glaskegel [82. 142].
- Stellwag von Carion, K. (I.), Lehrbuch der praktischen Augenheilkunde. [78] Fünfte Aufl. Wien, W. Braumüller, 1882. VI, 963 S. gr. 8° mit 3 chromolith. Tfln. und 109 +. Es ist möglich, daß diese Auflage nur ein Neudruck der vierten vom Jahre 1870 ist. Die 3. Auflage von 1867 habe ich eingesehen; auf sie bezieht sich die Seitenzahl auf S. 78.
- Stevens, W. (I.), and W. Stevens jr., Machinery for grinding and polishing lenses. [167] E.P. 665/54 v. 21. III., compl. spec. 21. IX. 54.
- Stilling, J. (* 22. IX. 1842, † 30. IV. 1915).
- , — (I.), Sphäroidische Gläser gegen Astigmatismus. [183] Zbl. f. Aughkl. 1880. 4. 273—5, +. (Sept.-Heft.) — S. auch bei M. v. Rohr 31. 536).
- Stock, W. (I. 2.), Hilfsmittel für Schwachsichtige <15/16 153> (I. steht in Münch. med. Wchschr. 1915. 62. 964) [78].
- , —, über Zeissische Haftgläser <20 177> [17].
- Stokes, G. G. (* 13.VIII.1819, † 2. II. 1903).
- , — — (I.), On a mode of measuring the astigmatism of a defective eye. [168] Rep. Brit. Ass. at Birmingham 1849. Not. 10—1.
- Stokesische Linse [167. 169].
- Storer, W. (I.), A method of preparing syllepsis glasses, and also the application thereof to optick instruments in general, particularly telescopes, microscopes, reading glasses, opera glasses, and spectacles. [25] E.P. 1407 vom 12. XII. 1783.
- Straubel, R. (I.), Ueber die Abbildung einer Ebene durch ein Prisma. [151] Drudes Ann. (3) 8. 1902. 63—80.
- , —, Mitarbeit zur Tiefenfälschung durch astigmatische Brillengläser [228].
- Strehl, K., seine Berücksichtigung der Beugung bei der Abbildung durch Brille und Auge [1¹], seine Ansichten über die Aufhebung des Zweischalensfehlers [130].
- Strübin, H., stellt 1897 ein Hydrodiaskop her [15], stellt 1893 geschliffene Haftgläser her [16], sein Zweistärkenglas von 1904 [90], führt stark durchgebogene torische Linsen 1892 aus [168].
- Sturm, Salomon (I.), Machinery for the manufacture of optical lenses. [148. 163] E.P. 2608/53 v. 11. XI.; compl. spec. 10. V. 54.
- Sulzer, D. E. (I.), Antwort auf die Verwahrung des Herrn A. E. Fick. [17] Arch. f. Aughkl. 1894. 28. 236—7.
- , — — (2.), Note sur les verres à la Chamblant. [26. 148. 163. 164] (8.V.) Bull. et Mém. Soc. Fr. d'Opht. 1902. 19. 593—603. Ann. d'Ocul. 1902. 127. 401—9.
- , — —, s. u. Ch. F. Prentice (I.).
- , — —, regt die Herstellung von Haftgläsern an [16].
- Sundqvist, M., zur Theorie der Brillen und Vergrößerungsgläser <31 156> [57. 66. 118. 119. 124. 125].
- Suscipi, seine torischen Flächen [167].
- Sydows handelsmäßige Herstellung der Lohnsteinschen Wasserkammer vor 1897 [15].

- Szili, A. (* 8. IV. 1848, † 19. XI. 1920).
- Szily, A. (*I.*), Optische Verwerthung von Brillenglasreflexen. [20] Graefes Arch. 1892. 38, 4. 12—8. (31. XII.)
- Tabo-Teilung mit der Helmholtzischen Gradzählung übereinstimmend <19 18> [163 + 86].
- Taubersche Berücksichtigung des Augenabstandes bei der Brillenanpassung [218].
- Thomin, M., seine Kenntniss der Ungleichsichtigkeit [229], seine Lehrbücher [232].
- Thompson, S. P. (*I.*), Notes on geometrical optics. I. [73] Phil. Mag. 1889. (5) 28. 232—48 mit 10 +. (Okt.-Heft.)
- , — (*2.*), The optical and physical properties of mica. [3] The Opt. 1912/13. 44. 101/11, 10 +. (25. X.)
- Tornier, F., seine leichten zerstreuden Tragrandgläser [28].
- Tourtual, C. Th. (* 1. IX. 1802, † 15. V. 1865).
- , —, Arbeiten zur Perspektive des freien Sehens [92], die Möglichkeit windschiefen Verlaufs der Hauptstrahlen im Stereoskop [221].
- Trostel, S. Fr., seine verschraubten Glasbrillen um 1848 [27].
- Tscherning, M. (*I.*), nimmt an der Besprechung über F. Ostwalt (*4.*) teil. [97. 116] A. a. Orte 358—65. S. u. F. Ostwalt (*6.*).
- , — (*2.*), Dioptrique oculaire. [75. 97. 108 + 60. 109. 111. 112 + 61. 118. 120] Encycl. Franç. d'Opht. 3. 105 bis 286. Paris, O. Doin, 1904.
- , — (*3.*), Verres de lunettes orthoscopiques. [97. 109. 126] Arch. f. Optik 1907/8. I. 401—14. (Aug. 1908.) — S. auch den vom Verfasser gebilligten Auszug: —, —, On orthoscopic lenses. Translated by W. Green. The Opt. 1914/5. 48. Nr. 1224 vom 11. IX. 16—8; Nr. 1225 vom 18. IX. 25—8, 4 +.
- , — (*4.*), Moyens de contrôle de verres de lunettes et de systèmes optiques en général. [135] Kgl. Danske Vid. Selsk. Math.-fys.-Medd. I. 9. 1918. 20 S. 8°, 7 +.
- , —, s. u. Th. Young (*I.*).
- Tscherning, M., Richtigstellung des Ostwaltschen Fehlers [93], seine Ansichten über die Verzeichnung von Brillengläsern [97], erkennt 1904 die beidseitig hohle Form stark zerstreuer, punktmäßig abbildender Nahbrillen [109], seine Bestimmungsgleichung für die Tscherningsche Kurve [118. 175⁴], seine Bedeutung für die Brillenkunde [235].
- Tscherningsche Ellipse [122. 127 + 63. 128' + 64. 129. 145. 146 + 74. 180].
- Tschirnhaus, Graf F. W. v., seine Senkverfahren [21].
- Ungenannt (*I.*), An optical experiment conducive to a decayed sight. [6] Phil. Trans. 1668. 3. 727—31 (13. VII.); 765—66 (21. IX.); 802 (19. X.).
- Vieth, [G. A. H.] (*I.*), über die Richtung der Augen <24¹¹⁵⁷> [223].
- Villaret, s. u. K. Hartmann (*I.*).
- Vogt, A., s. unter H. Hartinger <26/27 148>, eine Bezugnahme darauf [10].
- Voigtländer, J. Fr., (* 21. V. 1779, † 28. III. 1859).
- , [—] — (*I.*), Periskopische Gläser. [114] Ö. Priv. v. 5. VII. 1815: s. unter J. A. Fr. Arnold (*I.* 136—7); CZ 1922. 43. 491 (15. XII.); 1924. 45. 241—2 (5. X.).
- Voigtländersche Verwertung des englischen Körperschleifens [21], frühe Glasbrillen um 1824 [27], „extra-periskopische“ Gläser [114].
- Volkmann, A. W. (* 1. VII. 1800, † 21. IV. 1877).
- , —, Arbeiten am Augendrehpunkt [92].
- Volkmann, W., schlägt für die Trennung der beiden Bildschalen den Namen Bildfeldspanne vor [102].
- Wadsworth, . . (*I.*), Sur un effet singulier produit par une lentille cylindrique à axe vertical, placée devant un œil. [228] Amer. Ophth. Soc. XI. (Juli 75.) Ann. d'Ocul. 1876. 75. 286.
- Wagenmann, A. (*I.*), Über die Korrektion eines nach Staroperation seit frühester Kindheit ahpakischen Auges mit Hilfe eines Zeißschen Prismenfernrohres und der Fernrohrlupe.

- [81. 143 + 71] Graefes Arch. 1911. 79. 160—5, 2 +. (11. IV.)
- Wagner, A. (I.), Lens for optical instruments. [168] U.S.P. 326255 v. 15. IX. 1885; appl. fil. 1. V. 1885.
- Waldstein, J. (* 1810, † 1876).
- , —, seine Glasbrillen um 1840 [27].
- Wandersleb, E., s. u. M. v. Rohr (2.).
- von Wecker, L. (* 29. IX. 1832, † 24. I. 1906).
- , —, — (I.), et J. Masselon, Des avantages de l'usage des verres convexes pour la vision éloignée chez les myopes. [45] Ann. d'Ocul. 1895. 113. 83—6.
- Weiß, E. (* 16. II. 1884, † 29. III. 1932).
- , — (I.), die Entwicklung der Brillengläser. Entgegnung an M. v. Rohr <14/15 69> [120].
- , — (2.), periskopische Zylinder <17⁴⁸¹¹¹> [167].
- , — (3.), punktmäßige Abbildung bei Brillengläsern <17^{50^a111}> [173. 180].
- , — (4.), über Spiegelbilder an Brillengläsern <17 123> [19. 20].
- , — (5.), Zur Bewertung der astigmatischen Fehler torischer Brillengläser. [185] CZfOuM 1917. 33. 184—7, 3 +. (1. VI.)
- , — (5a.), astigmatische Fehler sphärorischer Brillengläser <19⁴⁹¹¹⁷> gehört nach [176].
- , — (6.), der Streit mit H. Boegehold <17 153>, <18 40; 88> [181. 185].
- , — (7.), astigmatische Fehler von der Anpassung des Brillenglases abhängig <19⁵⁰¹¹⁷> [93. 111. 129. 225].
- , — (8.), fehlerhafte Anpassung und Sehschärfe <20 30> gehört nach [129].
- , — (9.), analytische Darstellung <21 30> [118. 124. 125. 126. 129. 135. 202. 229].
- , — (10.), über Brillen für Alters- und Schwachsichtige <20 177> gehört nach [224/5].
- , —, zu der Brillenaufgabe <22²⁹⁷119> [180].
- , —, zu prismatischen Fehlern der Brillengläser <22 151> [230].
- , —, u. J. Spanuth, über besondere Brillenformen <28⁶⁹137> [130].
- Weiß, E., seine Abstufung nach Scheitelbrechwerten [76], Anregung zur Behandlung der Zweistärkengläser [87¹], Eigenartigkeit seiner Rechenanlage [119], seine einstellfesten (refraktionsrichtigen) Gläser [124], findet die Wollastonschen Formen empfindlicher gegen Drehpunktänderungen [128], seine Bemerkung zu prismatischen Brillen [159].
- Weisz, H., richtiger Farbton bei künstlichem Licht <18 92> [11].
- Weller, C. H. (* 22. X. 1794, † 11. X. 1854).
- , — — (I.), Diätetik für gesunde und schwache Augen, oder was hat man zu thun, um sein Gesicht bis in's hohe Alter möglichst zu erhalten. Ein Handbuch für Aerzte und gebildete Nichtärzte von — —. [26. 148. 229] Berlin, Schüppelsche Buchh., 1821. XVI, 266 S. mit 2 Tfln.
- , — — (2.), Die Krankheiten des menschlichen Auges, ein praktisches Handbuch für angehende Aerzte. Dem gegenwärtigen Standpunkte der Ophthalmologie gemäß, nach fremden und eigenen Erfahrungen bearbeitet von — —. [26] Vierte verbesserte und vermehrte Auflage. Berlin, Schüppel, 1830. XXXII, 616 S. 8° mit 4 ausgemalten und 1 schwarzen Kupfertfl.
- Wells, W. Ch. (* V. 1757, † 18. IX. 1817).
- , — — (I.), An essay upon single vision with two eyes: together with experiments and observations on several other subjects in optics. [152. 222] London, T. Cadell, 1792. (2), 144 S. kl. 8°. 1818 aufgenommen in den (unvollständigen) Sammelband. S. <22 12>. — Danach übersetzt: —, —, Ein Aufsatz über das Einfachsehen mit beiden Augen. <22 13, 38, 68>. —, —, Versuche und Beobachtungen zu verschiedenen optischen Fragen <22 77, 97>.
- , — — (2.), Observations and experiments on vision. (Read 4. VII.) Phil. Trans. 1811. 101. 378/91.
- , —, Beobachtungen und Versuche zur Gesichtswahrnehmung <23 171>.

- S. a. die freie Bearbeitung Gilb. Ann. 1813. 43. 128/43. Gehört nach [51].
- Westien-Zehendersche Kornealupe [144. 222].
- Wheatstone, Ch. (* 1802, † 19. X. 1875).
- , — (1.), Contributions to the physiology of vision. — Part the first. On some remarkable, and hitherto unobserved, phenomena of binocular vision. [229] (Received and read June 21, 1838.) Phil. Trans. 1838. 371—94 mit 2 Tfln. Phil. Mag. 1852. (4) 3. 241—67 mit 2 Tfln. (April-Heft.) — S. die Übersetzung von Aug. Franz: —, —, Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Erster Theil. Ueber einige merkwürdige und bis jetzt unbeachtete Erscheinungen beim Sehen mit beiden Augen. Poggend. Ann. Ergänzungsbd. I. 1842. 1—48.
- Whitwell, A. (1.), On the best form of spectacle lenses. [109. 180] The Opt. I. 1913. 45. No. 1153 v. 2. V. 108—14, 16 +; II. No. 1165 v. 25. VII. 255—9, 10 +; III. 1913/14. 46. No. 1189 v. 9. I. 234—7; IV. No. 1191 v. 23. I. 259—61; V. No. 1193 v. 6. II. 278—81; VI. No. 1195 v. 20. II. 301—4; VII. 1914. 47. No. 1201 v. 3. IV. 63—65; No. 1202 v. 10. IV. 69—71 mit 23 +. VIII. No. 1209 v. 29. V. 173—4. +. IX. No. 1214 v. 3. VII. 236—9. 4 +. X. No. 1221 v. 21. VIII. 322—5. XI. 1914/5. 48. No. 1223 v. 4. IX. 3/4.
- , — (2.), New forms of simple magnifying glasses. [104] The Opt. 1914/5. 48. No. 1226 v. 25. IX. 34—6, +.
- , —, zu den Brillen für Ungleichsichtige <24³⁵⁴80> [230].
- , —, zu den torischen Brillen <25⁵⁹63>, <26/27¹²³88> [180].
- , —, seine „lenticular lenses“ <33⁶⁷86> [137].
- , —, teilt häufig Rechenergebnisse mit <21¹²⁹, 13092> [119], zeichnet den Strahlengang durch eine Linse <24³³²75> [119], äußert sich zu den Largongläsern [123. 126], zu besonderen Brillenformen <27/28⁵⁴97> [126], frühe Behandlung der Verschiebung des Augendrehpunkts <14/15 124γ> [129].
- Wigand, A., seine Zellohorn-Haftschaalen <25^{636/7}158> [17].
- Wiggins, H. P. (1.), Mica in commerce. [3] The Opt. 1912/13. 44. 117—9. 127. (25. X.)
- , — (2.), On the mining, preparation and uses of mica. [3] The Opt. 1912/13. 44. 308—12 (21. II.); 318 bis 20 (28. II.).
- Wintera, W., seine Wiener Glasbrillen zwischen 1852 u. 57. [27].
- Winterfeld, P., zur Entwicklung der Brillen-Schleifverfahren <32⁹⁷84> [114].
- Wolff, H. (1.), Korrektion der Anisometropie bei Aphakie mittels eines Zeisschen zweigiehrigen Linsensystems [230] Zschr. f. Aughkl. 1912. 28. 149—50.
- , — (2.), Mannschaftsuntersuchungen mit von Rohr'schen Fernrohrbrillen (C. Zeiss). [78. 230] Zschr. f. Aughkl. 1918. 40. 235—53, 2 +.
- , — (3.), zur Anisometropen-Fernrohrbrille <19 10> [230].
- Wollaston, W. H. (* 6. VIII. 1766, † 22. XII. 1828).
- , — (1.), On an improvement in the form of spectacle glasses. Gehört nach [113] Phil. Mag. 1804. 17. 327/9 (Jan.-Heft); The Opt. 1921. 61. 33/5 (Nr. 1563 v. 11. III.) —, —, Über eine Verbesserung an der Form von Brillengläsern. CZ 1922. 43. 439/41, 5 + (1. X.)
- , — (2.), An improvement in spectacles by the application of concavoconvex glasses to them. Gehört nach [113] E. P. 2752 vom 7. III. 1804. —, —, Eine Verbesserung an Brillen durch die Verwendung von hohl-erhabenen Gläsern. CZ 1922. 43. 452/3 (15. X.).
- , — (3.), Experiment showing the advantage of periscopic spectacles. (March) Gehört nach [113] Phil. Mag. 1804. 18. 165/6 (März-Heft). The Opt. 1921. 61. 61 (Nr. 1565 v. 25. III.). —, —, Ein Versuch, die Vorteile periskopischer Brillengläser zu zeigen. CZ 1922. 43. 459. (1. XI.)

- Wollaston, W. H. (4.), On a periscopic camera obscura and microscope. Gehört nach [113] Phil. Trans. 1812. 102. 370/5, 5 + auf 1 Tfl.; Phil. Mag. 1813. 41. 124/9, 5 + auf Tfl. IV (Febr.-Heft). —, —, Über eine periskopische Camera obscura und ein periskopisches Mikroskop. CZ 1922. 43. 461/2 (1. XI.); 468/9 (10. XI.), 2 +. — Nur die auf die Brillen und Camera obscura-Linsen eingehenden Teile sind übersetzt worden.
- , — (5.), Letter from Dr. — on the periscopic construction of spectacles. Gehört nach [113] Phil. Mag. 1813. 42. 387/8. —, —, Dr. Wollastons Brief über die periskopische Anlage von Brillen. CZ 1922. 43. 480. (1. XII.)
- , —, seine Einführung des Meniskus [77], erwähnt den Augendrehpunkt nicht [92], wünschte, tief durchgebogene Menisken einzuführen [113], Führer im wissenschaftlichen Brillenwesen [232].
- Wollastonscher Zug (auch Wollastonsche Form) [104. 106. 107. 109. 111. 112 + 61. 115. 122. 128 + 64. 129. 130. 145. 146 + 74. 156 + 80].
- Yeiser, Fr. (1.), Improvement in spectacles [6] U.S.P. 170795 vom 7. XII. 1875; appl. fil. 23. X. 75.
- Young, Th. (* 13. VI. 1773, † 10. V. 1829).
- , — (1.), The Bakerian lecture. On the mechanism of the eye. (Read 27. XI. 1800) Phil. Trans. 1801. 91. 23/88 mit 57 + auf Tfl. II—VIII [16. 159]. — Zweiter Abdruck 1807 in Th. Youngs A course of lectures on natural philosophy and the mechanical arts. London, J. Johnson, 1807. 2 Bde. in 2 573—603; 604/6 mit den Tafeln 9—13, 15. — S. die Übersetzung von M. Tscherning in Oeuvres ophthalmologiques de Thomas Young traduites et annotées par —. Copenhagen, Höst & Sön, 1894. VIII, 248 S. 8° mit 3 Tfln. u. 95 +. — Hier handelt es sich um S. 73/232. Sie beruht im wesentlichen auf dem Neudruck von 1807, enthält aber auch die daselbst fehlenden mathematischen Sätze; und von
- M. v. Rohr: Die Bakersche Vorlesung. Der Mechanismus des Auges. [102] (23 104) mit Tfl. III—VIII. Mit einer Vergleichung beider Ausgaben. — Nähere bibliographische Mitteilungen finden sich am angegebenen Orte auf S. 102/3.
- Young, Th., stellt schon 1801 Formeln zur Berechnung der beiden „Bildpunkte“ in schiefen Bündeln auf [102], erfährt von W. Cary die Ausgleichung des Augenastigmatismus durch Schiefstellen des Brillenglases [160].
- Zahn, J. (1. 2. 3.), Oculus artificialis teledioptricus sive telescopium, ex abditis rerum naturalium & artificialium principiis protractum novâ methodo, eâque solidâ explicatum ac comprimis è triplici fundamento physico seu naturali, mathematico dioptrico et mechanico seu practico stabilitum. Opus curiosum practico-theoricum magna rerum varietate adornatum, multorum votis diu expetitum, omnibus artium novarum studiosis perquam utile: quo philosophiae atque mathesi praesertim mixtae, nec non universo pene hominum statui amplissimis adjumentis consulitur; nova plurima abstrusa curiosa technasmata recluduntur, ipsaque ars telescopiaria facillime addiscenda, ac sumptibus non adeo magnis in praxin adducenda proponitur, adeoque telescopium ex tenebris in lucem asseritur. [113] Herbioli, sumptibus Quirino Heyl, 1685/6. 1: (18) 218 S. 23 Kupf.; 2: (8) 271 S. 20 Kupf.; 3: (18) 281 S. 27 Kupf. Eine Übersetzung der Zahnsehen Brillenverordnung (3. 87—93) findet sich bei A. v. Pflugk und M. v. Rohr. (38. 66—76.)
- , —, seine Schleifmaschinen um 1702 [22], seine Probiertgläser von 1685/6 [30. 90], wichtige Bewertung der augenseitigen Schnittweite s' des Brillenglases [38], kennt die Ungleichsichtigkeit [229].
- v. Zehender, W. (* 21. V. 1817, † 19. XII. 1916).
- , — (1.), Die Accommodations- und Refractions-Anomalien des Auges.

- [233] Klin. Mbl. f. Aughkl. 1866. 4. 279—462.
- v. Zehender, W. (2.), Bestimmung der Distanz der Augendrehpunkte. [218] (19. IX.) 50. Vers. d. Natf. u. Ärzte in München. Hier nach: Klin. Mbl. f. Aughkl. 1877. 15. 370.
- , — (3.), Zur Astigmometrie. [160] (Hdlbg. 10. IX.) Klin. Mbl. f. Aughkl. 1883. 21. Blghft. 29—32.
- , — (4.), 1) Ueber den Gang der Lichtstrahlen bei schräger Incidenz. [160] 2) Ueber aplanatische Brillengläser. (Hdlbg. 15. IX.) Klin. Mbl. f. Aughkl. 1885. 23. Blghft. 29—37, 2 Tfln.
- , — (5.), Zwei Bemerkungen zur Brillenfrage. Vorläufige Mittheilung. [160] Klin. Mbl. f. Aughkl. 1888. 26. 393—403.
- , —, s. u. H. Scheffler (3.).
- Zehenderscher Brillenkasten [30], Hornhautlupe [222].
- Zeiss, C. (1.), Sammelndes System zu visuellem Gebrauch. [137] D.R.P. 213868 vom 26. VII. 08; ausgeg. 5. X. 09.
- , — (2.), Meniskenförmiges Brillenglas. [137. 184] D.R.P. 217254 vom 1. VIII. 08; ausgeg. 22. XII. 09.
- , — (3.), Stark sammelndes achromatisches Brillenglas. [137. 207] D.R.P. 219895 vom 5. VIII. 08; ausgeg. 10. III. 10.
- , — (4.), Meniskenförmiges, für ferne Gegenstände astigmatisch korrigiertes Brillenglas. [147] D.R.P. 217963 vom 2. II. 09; ausgeg. 19. I. 10.
- , — (5.), Lupe aus einer einfachen Sammellinse von der Form eines flachen Meniskus. [106] D.R.G.M. 373560/42h; einger. 18. III.; veröff. 26. IV. 09.
- Zeiss, C. (6.), Lupe aus einer meniskenförmigen einfachen Sammellinse. [106] D.R.G.M. 373561/42h mit den gleichen Daten wie vorher.
- , — (7.), Brillenglas für stark Kurzsichtige mit unwirksamer Randzone von verminderter Dicke. [28] D.R.G.M. 392046/42h; einger. 1. IX. 09; veröff. 11. X. 09.
- , — (8.), Vergrößerndes Brillenglas für Kurzsichtige. [82] D.R.P. 227921 vom 10. IX. 09; ausgeg. 31. X. 10.
- , — (9.), Torisches Brillenglas. [179. 180] D.R.P. 233345 vom 23. IX. 09; ausgeg. 7. IV. 1911.
- , — (10.), Vorrichtung zur Veranschaulichung der Abbildungsfehler von sammelnden Augengläsern. D.R.G.M. 614627/42h; einger. 13. VII. 14; veröff. 31. VIII. 14. S. unter O. Henker (13.).
- , — (11.), Vorrichtung zum Prüfen von Brillengläsern. D.R.G.M. 650686/42h; einger. 24. V. 16; veröff. 14. VIII. 16. S. unter O. Henker (12.).
- , —, seine Abstufung der Umbralgäser [10], seine Taucherbrillenfolge [13 + 5], seine neuzeitlichen Haftgläser [16 + 7], seine alten, geblasenen [16], Rechenschieber nach G. F. Rochat [38 + 20], fordert genaue Angaben für die Katralgläser [39], seine Fernrohrbrillen [82. 144], sein Lehrgerät für die möglichen Lagen der Hauptschnitte [102], seine Lupenbrillen (13/14 + 5 22) [144 + 73. 225 + 116], seine prismatischen Brillen (13/14 ³⁰26) von 1909 [159 + 83/4], seine Blickfeldwinkel für Zerstreuungs- und Sammellinsen [173], Einvernehmen mit E. Busch [180], Streit mit Nitsche & Günther [180], führt ein Herschelsches Doppelprisma aus [226 + 118].