

bst. A-14212

P. Luoma
19. 12. 1993

Separat-Abdruck aus den „Klin. Monatsblättern für Augenheilkunde“.
Februar-Heft 1898.

Ueber die Anwendung
der hyperbolischen Linsen bei Keratoconus und
unregelmässigem Astigmatismus.

Von
E. Raehlmann.

Im April-Heft der Monatsbl. f. Augenhlk. findet sich ein Aufsatz von Lohnstein, welcher eine optische Wirkungslosigkeit der hyperbolischen Linsen bei Keratoconus durch Rechnung nachzuweisen sucht und seine Unzufriedenheit kundgibt, dass diese Linsen in den Lehrbüchern erwähnt werden.

Ich möchte zu diesem Aufsätze zunächst nur bemerken, dass praktische Erfolge, wie sie über die optische Wirkung der hyperbolischen Linsen bei der Correction des Keratoconus von Fachgenossen aus allen Ländern berichtet worden sind, unmöglich durch theoretische Bedenken von der Art Lohnstein's beseitigt werden können.

Bei diesen optischen Wirkungen der hyperbolischen Linsen, welche schon an sich das apodiktische Urtheil Lohnstein's entkräften würden, handelt es sich nicht nur um „thatsächlich constatirte, wengleich nicht sehr bedeutende Steigerung der Sehschärfe“ (Lohnstein l. c. pag. 105), sondern um solche Verbesserungen, welche durch alle anderen optischen Correctionsmittel, selbst durch den stenopäischen Apparat nicht zu erzielen waren.

Lohnstein berichtet, dass die hyperbolischen Linsen, die er an seinem eigenen Keratoconus versuchte, bei ihm

TATTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU

i 14 12 12 19

nicht besser gewirkt haben, als cylindrische; verallgemeinert diese seine Erfahrung, unterlässt es aber zu erwähnen, dass die nicht allein von mir, sondern auch von vielen Fachgenossen berichteten Verbesserungen der Sehschärfe durch hyperbolische Linsen nicht nur die Wirkung der stärksten cylindrischen Gläser, sondern überhaupt alle anderen Correctionsmittel bei weitem übertrafen.

Diese Unterlassung erscheint um so befremdlicher, als Lohnstein meine Abhandlung im XX. Jahrgange dieser Zeitschrift, welche über Correctionsresultate mit hyperbolischen Linsen, die von Schoeler, Dor, Benaky und Leroy publicirt sind, berichtet, ausdrücklich citirt. Auch wenn ihm die bezüglichen Original-Publicationen, sowie diejenigen von Angelucci, Hai, Galezowski u. A. entgangen sein sollten, hätte Lohnstein nicht verschweigen dürfen, dass es sich demnach um eine durch die praktische Erfahrung bereits festgestellte Superiorität der Linsen allen anderen Correctionsmitteln gegenüber (Cylindergläser nicht ausgenommen) handelt.

Der optische Nutzen der Gläser, durch die Erfahrung constatirt, kann weder wegdiscutirt, noch weggerechnet werden.

Jedenfalls werden doch auch die Verfasser der Lehrbücher die hyperbolischen Gläser geprüft und ihre Gründe haben, warum sie dieselben nach wie vor der Erwähnung werth halten.

Zur Kennzeichnung des kritischen Verfahrens des Herrn Lohnstein gestatte ich mir aus der obenerwähnten Abhandlung im XX. Jahrgang dieser Zeitschrift einige Resultate der Correction des Keratoconus mit hyperbolischen Linsen zu referiren.

Im Falle I pag. 111 wird die Sehschärfe mit der stenopäischen Spalte, dann mit Concav- und Cylindergläsern nur auf $\frac{1}{10}$ gebracht, kann aber mit einem hyperbolischen Glase auf $\frac{1}{2}$ verbessert werden. Während die betreffende Kranke ohne und mit den Correctionsmitteln in der Nähe Jäger 9

mühsam las, las sie mit dem hyperbolischen Glase Jäger 3 und 4 in gewöhnlicher Sehweite und Jäger 1 in nächster Nähe.

Im Fall II pag. 112 (von Schoeler in Berlin beobachtet) wurde durch ein hyperbolisches Glas S. von $\frac{14}{200}$ auf $\frac{1}{5}$ verbessert. Die Schriftprobe Sn. $1\frac{1}{2}$, welche sonst mit Mühe in $1\frac{3}{4}$ bis 2 Zoll gelesen wurde, wird mit demselben hyperbolischen Glase in 7 bis 8 Zoll fließend gelesen.

Fall IV (pag. 113) ist von Dor in Lyon berichtet. Die Sehschärfe wird durch den stenopäischen Apparat auf $\frac{20}{200}$, mit einem hyperbolischen Glase aber auf $\frac{20}{100}$ verbessert. Die S. wird hier also auf dem besseren Auge grösser als mit dem stenopäischen Spalt.

Im Fall V pag. 113 berichtet Dor über eine Kranke, welche nach vorausgeschickter Iridektomie, ohne Correction: Rechts S. = $\frac{20}{100}$ und Links S. = $\frac{20}{200}$ besitzt. — Die stenopäische Spalte und entsprechende Concavgläser corrigiren bis auf S. = $\frac{20}{70}$; aber die Kranke sieht nichts in der Nähe. Mit conischen Gläsern wird für beide Augen gleichzeitig S. = $\frac{20}{30}$ für die Nähe sowohl, wie für die Ferne erreicht.

Im Fall XI (pag. 123) ist die S. mit Cyl. —2,0 nur bis auf $\frac{1}{5}$ zu bringen. Mit diesem Glase wird Jäger's Schriftprobe 3 mühsam in nächster Nähe gelesen. Mit einem hyperbolischen Glase steigt die Sehschärfe für die Ferne auf $\frac{20}{30}$, und Jäger 1 wird in 4 Zoll, Jäger 2 in 8 bis 10 Zoll fließend gelesen.

Im Fall XIII pag. 126 wird die Sehschärfe mit einem Cylinder auf $\frac{20}{70}$, aber mit einem hyperbolischen Glase auf $\frac{20}{30}$ verbessert, und mit diesem Glase wird Jäger 1 in 6 bis 8 Zoll Abstand gelesen.

Im Fall XIV pag. 127 ist mit einem Cylinder $\frac{20}{40}$ S. zu erreichen, aber es wird in der Nähe nur Jäger 2 in 5 bis 6 Zoll Entfernung gelesen, mit einem hyperbolischen Glase wird die Sehschärfe normal und in der Nähe wird Jäger 1 in 8 Zoll gelesen.

Dass Herr Lohnstein die von ihm versuchten Gläser für seinen eigenen Keratoconus nicht hat verwerthen können, ist bedauerlich, aber nicht einmal auffallend, wenn die Gläser etwa ein und demselben System angehört haben. Auch giebt es gewiss viele Fälle dieser Anomalie, bei welchen die Hornhautoberfläche vom mathematischen Rotationshyperboloid mehr oder weniger stark abweicht. Sie kann bisweilen, wie bei vielen „pelluciden Staphylomen“ so unregelmässig vorgebuchtet sein, dass überhaupt keine regelmässig gekrümmte Oberfläche vorliegt und natürlich jedes Correctionsmittel im Stich lässt. Auch wenn der Scheitel eines Keratoconus von der optischen Axe stark seitlich abweicht, ist das Correctionsergebnis häufig unvollkommen.

In solchen Fällen müssen die hyperbolischen Gläser decentriert werden, so dass ihr Mittelpunkt dem asymmetrisch gelegenen Scheitel des Keratoconus entspricht.

Nicht selten aber erreicht man dann auch hier mit diesen Gläsern bessere Resultate als mit Cylindern und sphärischen Gläsern. Häufig lassen allerdings die Gläser hier im Stich. Meistens aber fand ich, dass sie auch dann mindestens so gut wirkten, als die anderen Correctionsmittel und ähnlich scheint es ja auch bei den Hornhäuten des Herrn Lohnstein der Fall zu sein (l. c. pag. 105).

Ist die Sehschärfe auf einem Auge gut und auf dem anderen Auge ein Keratoconus vorhanden, so wird selbst eine erhebliche Verbesserung der Sehschärfe dieses zweiten Auges, wenn sie weit hinter der Function des anderen zurückbleibt, häufig keine praktische Bedeutung für den Kranken gewinnen. Noch vor einigen Tagen stellte sich in meiner Klinik eine 31jährige Frau mit linksseitigem Keratoconus vor. Links wurden nur Finger in 12 Fuss Abstand gezählt, Concav- und Cylindergläser verbesserten nicht. Mit einem hyperbolischen Glase wurde 0,3 Sehschärfe erzielt und Jäger 5 gelesen. Die Patientin wollte von einer Brille nichts wissen, „da sie auf ihr linkes Auge überhaupt schon verzichtet habe“ u. s. w.

Aber auch wenn die hyperbolischen Gläser beim Fernsehen keine erhebliche Verbesserung des Sehens bewirken, d. h. den sphärischen und Cylindergläsern nicht überlegen sind, lassen sich bisweilen mit ihnen erstaunliche Verbesserungen beim Nahesehen erreichen.

In einigen Fällen erlangen solche Kranke die Fähigkeit, in der Nähe kleinere Schrift (Jäger 1 und 2) zu lesen, während sie mit anderen Gläsern in der Nähe überhaupt nicht zu arbeiten vermögen.

Ich habe noch jetzt einen Herrn in Behandlung, dem ich vor Jahren wegen schwachen Keratoconus beiderseits hyperbolische Gläser zur Arbeit verordnete, trotzdem dieselben für die Ferne keine Verbesserung bewirkten. Der Kranke, welcher mit den Gläsern mehrere Jahre gearbeitet hat, stellte sich vor Kurzem wieder vor, mit der Angabe, dass das Sehen wieder schlechter geworden sei. Offenbar hatte sich der Keratoconus vergrößert, obwohl solches objectiv nicht nachzuweisen war. Es erwies sich in der That, dass auf einem Auge das hyperbolische Glas (0,5 B.) nicht mehr ausreichte und durch 1,0 B. ersetzt werden musste. Mit diesem Glase wurde die frühere Sehschärfe beim Arbeiten wieder erreicht.

Ueber einen ganz ähnlichen Fall, ¹⁾ bei welchem sich ein Keratoconus frisch entwickelt hat, wurde mir kürzlich eine genauere Krankengeschichte zur Verfügung gestellt, aus welcher ich Folgendes referire:

Fräulein E. P., 21 Jahre alt, hat bis vor zwei Jahren gut in die Ferne und Nähe gesehen und anstandslos feinste Druckschrift gelesen, sowie complicirte Handarbeiten angefertigt. Seit zwei Jahren merkte sie eine Abnahme des Sehvermögens für Nähe und Ferne. Sehr bald nach dem Beginne der Sehstörung fing sie an, Eserin und Pilocarpin zu brauchen, jedoch ohne Erfolg: das Sehen wurde immer undeutlicher. Vor einem Jahre etwa wurde ihr beiderseits Cyl. — 1,5 D. vorgeschrieben; die Gläser leisteten Anfangs

¹⁾ Beobachtet von Herrn Dr. Baron Kruedener in Riga.

gute Dienste; jetzt sind sie unzulänglich. Patientin will, da ihrer Meinung nach das nordische Klima (sie hat die letzten Jahre in St. Petersburg gelebt) die Ursache der Augenkrankung sei, eine Gouvernantenstelle im Süden annehmen, vorausgesetzt, dass sie ein Glas zum Arbeiten in der Nähe erhalte.

Patientin ist blass, anämisch, sieht abgespannt und müde aus.

Rechts. Keratoconus mittleren Grades, Cornea klar; Visus sine correctione: Fingerzählen in 8 Fuss. Mit $-4,0$ S. $= \frac{5}{50}$; Cylinder bessern die Sehschärfe nicht, Jäger 8 wird (ohne Correction) mit Mühe entziffert. Beträchtliche Besserung des Visus mit der hyperbolischen Linse $2\frac{1}{2}$ B. Mit der Linse $2\frac{1}{2}$ B beträgt die Sehschärfe für die Ferne $\frac{5}{50}$; mit $2\frac{1}{2}$ B \ominus sphr. $-2,0$ D. beträgt sie $\frac{5}{35}$. — Besonders evident ist die Besserung für die Nähe: während ohne Correction knapp Jäger 8 gelesen wird, wird mit hyperbol. $2\frac{1}{2}$ B Jäger 3 gelesen.

Links. Keratoconus geringen Grades, Cornea klar; sine correctione visus $\frac{5}{50}$ mit sphr. $-1,5 = \frac{5}{7}$; klarer mit $-1,5 \ominus$ cyl. $-1,5$. Für die Ferne corrigirt das hyperbolische Glas nicht, wohl aber für die Nähe. Jäger 2 wird ohne Correction gelesen. Mit hyperbol. $\frac{1}{2}$ B wird Jäger 1 gelesen; allerdings noch besser mit cyl. $+1,5$. Daher wird für das linke Auge cyl. $+1,5$ verschrieben, für das rechte Auge hyperbol. $2\frac{1}{2}$ B. Patientin schreibt mir ab und zu über ihr Befinden. Die Sehschwäche hat sich, seit sie aus St. Petersburg fort ist, nicht verschlechtert; zum Arbeiten benutzt sie sowohl das linke wie das rechte Auge, vorausgesetzt, dass sie die Brille verwendet.

Wenn die hyperbolischen Linsen eine erheblich grössere Verbesserung der Sehschärfe als die sphärischen oder Cylindergläser weder beim Fernsehen noch beim Nahesehen hervorbringen, sehe ich von ihrer Verordnung als Brillen ab, da beim Gebrauch der Gläser beim Fernsehen das Blickfeld der Augen bedeutend eingeengt wird.

Die optische Wirkung der Gläser äussert sich nur dann, wenn der wirksame Theil des Glases mit der Richtungslinie des Auges centrirt ist. So lange der Patient keine bedeutenden Excursionen der Augenbewegungen hinter dem Glase ausführt, so lange er den Kopf und die Brille gleichzeitig bewegt, bleibt die erwähnte Centrirung bestehen und die Sehschärfe die gleiche. Sobald aber Bewegungen des Auges unter der Brille vorgenommen werden, werden optisch anders wirkende Theile der Pupille gegenübergestellt und die Verbesserung der Sehschärfe geht verloren.

Dieser Uebelstand ist jedoch nicht so erheblich, wie es scheinen möchte, denn der Kranke lernt, wenn andere Gläser nicht helfen, sehr leicht diese Augenbewegungen vermeiden, d. h. er ersetzt dieselben durch entsprechende Kopfdrehungen. Immerhin steht dieser Uebelstand der constanten Anwendung der Gläser beim Fernsehen in manchen Fällen hindernd im Wege.

Beim Sehen in der Nähe aber kommt der genannte Uebelstand gar nicht in Betracht. Die Augenbewegungen, welche z. B. beim Lesen und Schreiben vorgenommen werden, sind, wie Jedermann weiss, von so geringer Excursion, dass sie der Centrirung der Gläser keinen nennenswerthen Abbruch thun.

Der sogenannte unregelmässige Astigmatismus stellt sehr häufig, falls er nämlich bedingt ist durch Krümmungsveränderung der nicht entzündeten, resp. entzündet gewesenen Hornhaut, geringgradig entwickelte Formen von Keratoconus vor. Meistens verhalten sich die Reflexbilder der Hornhaut, wenn man sie unter Vergrösserung betrachtet, oder ophthalmometrisch misst, ganz wie bei ausgebildetem Keratoconus, d. h. sie werden von der Peripherie der Hornhaut nach dem Centrum zu immer kleiner, wie es die Curve der Hornhautoberfläche fordert.

Die Abweichung von der Kugel ist hier jedoch keine so beträchtliche, als bei dem eigentlichen Keratoconus und

darum sind die Sehstörungen auch nicht so augenfällig. Doch kommt es, wie allbekannt, sehr häufig zu solchen Zuständen von Schwachsichtigkeit, dass trotz aller Correctionsmittel die Sehschärfe immer eine sehr schwache bleibt. So lange dieser Zustand nur auf einem Auge besteht, ist er für die Brauchbarkeit des Individuums nicht entscheidend, wohl aber, wenn beide Augen, wie es meistens der Fall ist, an demselben Fehler leiden.

Die Sehschärfe wird dann häufig nur bis auf $\frac{1}{10}$ gebracht oder bleibt noch schwächer und die höheren Berufsthätigkeiten bleiben dem Betreffenden versagt.

Da, wie erwähnt, diese Fälle nur leichte Abweichungen der Hornhautoberfläche von der Kugelform repräsentiren, versteht es sich von selbst, dass die stärkeren Nummern der hyperbolischen Gläser hier nicht zur Verwendung kommen. Es leisten jedoch die niedrigsten Nummern 0,5 und 1,0 die erheblichsten Dienste. Einige Fälle von vortrefflicher Wirkung der Gläser habe ich bereits mitgetheilt. (Klin. Monatsbl. für Augenhkde. April-Heft 1882, pag. 116 und 117.)

Vor einigen Jahren hat Galezowski der Pariser med. Gesellschaft einen Vortrag über die Wirkung der hyperbolischen Linsen bei unregelmässigem Astigmatismus gehalten (ohne meine Vorarbeiten in gleicher Richtung zu kennen), in welchem ganz bedeutende Verbesserungen des Sehvermögens gezeigt wurden.

In den letzten Jahren habe ich in einigen Fällen von unregelmässigem Astigmatismus die günstige Wirkung der Gläser weiter bestätigt gefunden.

Ich erwähne einen Fall, der dadurch interessant ist, dass eine 17jährige junge Dame seit vier Jahren beiderseits Concavgläser — 5,0 Dioptr. permanent getragen hatte, damit aber nur eine Sehschärfe von $\frac{1}{16}$ erreichte und grössere Schriftproben nur in nächster Nähe lesen konnte. Mit hyperbolisch 0,5 Syst. B wurde die Sehschärfe = $\frac{2}{3}$, und Jäger 1 wurde in 8 bis 9 Zoll bequem gelesen. Patientin benutzt die hyperbolischen Gläser beständig bei der Arbeit.

Ein anderer Fall wurde im letzten Sommer in meiner Klinik beobachtet. Der stud. math. Michael Ch., 26 Jahre alt, hat stark unregelmässigen Astigmatismus. — Mit sphärischen $-4,0$ und Cyl. $-3,0$ ist die Sehschärfe kleiner als $\frac{6}{20}$. Links mit $-3,0$ und Cyl. $-3,0$ kleiner als $\frac{6}{15}$. Bino-cular ist die Sehschärfe voll $\frac{6}{15}$. Mit hyperbol. $1,5$ Syst. B. ist die Sehschärfe $=\frac{6}{15}$, links mit demselben Glase aber $\frac{6}{12}$.

Ohne Correction und auch mit dem Cylinderglase wurde in der Nähe feine Schrift überhaupt nicht gelesen, mit den hyperbolischen Linsen aber las der Patient Nieden 1 bis in 10 Zoll Abstand.

Man sieht, dass die Verbesserung in solchen Fällen bis-
weilen gerade beim Nahesehen hervortreten kann, und
zwar häufig auch dann, wenn die Gläser beim Fernsehen
nur unwesentlich oder gar nicht verbessern.

Die Vorzüge der hyperbolischen Linsen, vor allen an-
deren Correctionsgläsern, welche sich bei ihrem praktischen
Gebrauche von Kranken, durch die Prüfung und durch die
Angaben der Kranken feststellen lassen, sind kurz folgende:

1. Sie verbessern das directe Sehen erheblich mehr,
als solches bei anderen Correctionsmitteln möglich ist.

2. Die hyperbolischen Gläser bewirken besonders beim
Nahesehen eine beträchtliche Vergrösserung der fixirten
Gegenstände, welche, gegenüber der verkleinernden Wirkung
der Concavgläser, von den Kranken hervorgehoben zu wer-
den pflegt.

3. Die Einstellung des Auges für die Nähe ist ebenso
bequem, als die Fernstellung zu erreichen. Da die Form
der Hornhaut bei Keratoconus eine Axenverlängerung be-
dingt, so wird für das Centrum der Hornhaut excessive
Myopie bestehen, welche für die peripheren Regionen dieser
Membran immer geringer werden muss. Die Kranken mit
Keratoconus gebrauchten daher seither meistens sehr starke
Concavgläser und trotzdem war das Sehen in nächster Nähe
ein sehr mangelhaftes, denn die Concavgläser lassen hier,
wie schon Arlt (Klinische Darstellung der Krankheiten des

Auges, Wien 1881, pag. 198) ganz treffend hervorhebt, gänzlich im Stich. — Am meisten leisten hier noch stenopäische Spalten,¹⁾ und unter ihnen ist die Form und Stellung, welche Snellen²⁾ jüngst empfohlen hat, wohl die wirksamste. Die hyperbolischen Gläser verbessern aber die Sehschärfe für die Nähe so gut, als für die Ferne und da gleichzeitig, wie erwähnt, keine Verkleinerung, sondern eine Vergrößerung der fixirten Objecte eintritt, gestatten sie durch Abrückung der deutlichen Sehweite ein viel bequemerer Arbeiten.

4. Durch die beiden letztgeschilderten Vortheile werden die starken Anforderungen an Convergenz und Accommodation beseitigt, welche die Beschwerden hochgradiger Asthenopie herbeiführen, über welche Kranke mit Keratoconus, wenn sie überhaupt zu arbeiten vermögen, regelmässig klagen.

5. Die hyperbolischen Gläser erweitern das Gesichtsfeld, resp. bringen dasselbe zur Geltung. Der eigenthümliche Bau der Hornhaut bei Keratoconus bringt es mit sich, dass bei Fixation eines Punktes im Raume wegen der beträchtlichen Brechungsunterschiede der Hornhauttheile, d. h. der verschiedenen Frontalschnitte der Hornhaut — schon die nächste Umgebung des fixirten Punktes undeutlich und wie verhüllt erscheint. Die Kranken mit Keratoconus orientiren sich aus diesem Grunde nur sehr schwer im Raume, weil das Gesichtsfeld nur in einem kleinen Theil und auch hier in ungenügender Weise verwerthbar ist. — Die hyperbolischen Gläser helfen diesem Uebelstande mehr oder weniger gänzlich ab, da sie die erwähnten Brechungsverschiedenheiten der Hornhaut ausgleichen. Einzelne Kranke heben gerade diese Ausbreitung ihres Gesichtsfeldes bei der Correction mit hyperbolischen Gläsern spontan hervor. Auf

1) Hensen. Ueber eine lineare Form der stenopäischen Brille. Archiv für Ophthalmologie. Bd. XLI. 3. pag. 258.

2) H. Snellen. Die Behandlung des Keratoconus (Archiv für Ophthalmologie. Bd. XLIV. 1. pag. 105.

diese Vergrößerung des Gesichtsfeldes durch die hyperbolischen Gläser haben bereits Schoeler, Dor (Lyon médical XXXVI pag. 272) und Benaky (Du keratocône et de sa correction par les verres coniques. Paris 1881) aufmerksam gemacht.

Nach solchen praktischen Erfahrungen darf man doch wohl das Princip der Correction des Keratoconus durch hyperbolische Gläser für richtig und für so gut begründet halten, dass theoretische Bedenken und Rechnungen dasselbe nicht zu erschüttern vermöchten.

Die Oberfläche der Hornhaut steht beim Keratoconus dem Rotationshyperboloid sehr nahe und ist auch beim atypischen Keratoconus dem Hyperboloid unter allen Umständen noch immer ähnlicher, als der Kugeloberfläche. Das lehrt die ophthalmometrische Messung der Spiegelbilder der Hornhaut, indem der berechnete Krümmungsradius von der Kuppe zur Peripherie stetig grösser wird. Daher meine Folgerung, dass durch ein hyperbolisches Glas die Brechungsanomalie wirksamer als durch alle anderen optischen Hilfsmittel und speciell auch Cylindergläser corrigirt werden müsste.

Es lässt sich nun durch das physikalische Experiment demonstrieren, dass es sich thatsächlich auch so verhält, trotzdem Herr Lohnstein¹⁾ das Princip der Correction für „falsch“ erklärt.

Um mich von der Richtigkeit meiner Voraussetzung praktisch zu überzeugen, habe ich schon vor zwanzig Jahren die Wirkung der hyperbolischen Linsen physikalisch am Radioskop zu prüfen versucht und mir zu diesem Zwecke von der optischen Industrieanstalt in Rathenow ein positives Hyperboloid (nach Maassgabe meiner ophthalmometrischen Messungen an der lebenden Hornhaut bei Keratoconus) schleifen lassen. Ich besitze also ein Modell, d. h. einen

¹⁾ Wochenbl. f. Therapie u. Hygiene d. Auges. 1897. Nr. 4. pag. 27.

positiven Keratoconus aus Glas, mit welchem ich sowohl die sphärischen und cylindrischen, als auch die hyperbolischen Linsen auf ihre Fähigkeit zu corrigiren prüfen kann.

Das Arrangement dieses praktischen Versuches ist folgendes:

Das Radioskop von Helmholtz, ein länglich vier-eckiger Glaskasten, hinten mit Mattscheibe, vorn mit passendem Convexglas versehen, ist mit leicht gefärbtem Wasser gefüllt und für paralleles Licht eingestellt. Demnach entsteht auf der Mattscheibe das Bild eines entfernten Kreuzes. Jetzt wird vor diesem Apparat der gläserne Keratoconus aufgestellt und auf der Mattscheibe findet sich jetzt ein grosser Zerstreungskreis. Im gefärbten Wasser kann die Richtung der im Keratoconus gebrochenen Lichtstrahlen studirt werden; und wenn man durch die peripheren Theile des Keratoconus rothes Licht treten lässt, z. B. durch Aufstülpen eines rothen durchlöcherten dünnen Gelatinehäut-chens über den Scheitel des Keratoconus, so dass die centralen Scheiteltheile desselben frei bleiben, so kann man die Vertheilung der von den Randtheilen und der Mitte gebrochenen Lichtstrahlen im Glaskasten verfolgen.

Wenn man abwechselnd die Randtheile mittels eines Diaphragma abblendet, kann man die optische Wirkung der Spitze (des Scheitels), und wenn man mit einer kleinen undurchsichtigen Scheibe das Centrum abblendet, kann man umgekehrt die optische Wirkung der Peripherie des Hyperboloids genau prüfen.

An diesem Apparat nun lässt sich das gänzliche Unvermögen durch sphärische, resp. cylindrische Gläser, oder durch die Combination beider ein auch nur einigermaassen deutliches Bild zu erreichen, deutlich nachweisen.

Zwar gelingt es, durch starke Concavgläser in Verbindung mit starken Cylindern innerhalb des diffusen Zerstreungskreises auf der Mattscheibe einen kleinen Lichtfleck zu gewinnen, allein es ist unmöglich, innerhalb desselben irgend ein Detail des Gegenstandes (Kreuzes) zu erkennen.

Unter meinen hyperbolischen Gläsern fand ich dagegen eines, welches ein deutlich erkennbares Bild des Kreuzes hervorrief. Das Bild des Kreuzes war am schärfsten und am meisten lichtstark bei mittlerer Blende (mittlere Pupillenweite), war aber auch bei weiter Blendöffnung und auch bei Abblendung des Centrums des Keratoconus gut zu erkennen.

Aus diesen Experimenten lässt sich entnehmen, welcher Werth den Lohnstein'schen Rechnungen thatsächlich zukommt, denn ganz so genau wie bei meinem Glasmodell wird auch jedes Auge mit typischem Keratoconus durch ein hyperbolisches Glas corrigirt werden können. Es fragt sich nur, ob der Untersucher Gläser genug besitzt, um jedesmal, d. h. für jeden besonderen Fall des Keratoconus, das richtige verwenden zu können. Für praktische Zwecke kommt man mit meinen zwei Systemen aus.

Die Folgerungen, welche Lohnstein aus seinen Rechnungen zieht, stehen also durchaus in Widerspruch mit dem physikalischen Experiment sowohl, als mit der praktischen Erfahrung, welche den Nutzen der hyperbolischen Linsen bei Keratoconus längst festgestellt hat. Was die theoretischen Rechnungen selbst anbetrifft, so möge sich Herr Lohnstein mit Leroy und Benaky¹⁾ auseinandersetzen, welch' ersterer die optische Wirkung der hyperbolischen Linsen in ganz entgegengesetztem Sinne von Lohnstein durch Rechnung voll begründet haben will.

Nehme ich selbst indess die Lohnstein'sche Rechnung als richtig an, so möchte ich zur Begründung meines praktischen Standpunktes mir nur folgendes gegen ihre Voraussetzungen und gegen die gezogene Folgerung einzuwenden erlauben.

Zunächst trifft die Bemerkung Lohnstein's auf pag. 105, dass die Differenz der Hauptkrümmungsradien in der Nähe der Kuppe des Hyperboloids der Hornhaut und die Be-

¹⁾ Benaky, N.-P. Du keratocône et de sa correction par les verres coniques. Paris 1881.

merkung pag. 107, dass sich die Krümmungsverhältnisse der Hornhaut hier „ungeheuer rasch ändern“, „erheblich gross seien“, nicht zu. Die Krümmungsdifferenz ist in der Kuppe selbst bekanntlich 0, kann also in der Nähe derselben nur klein sein, da sie sich nur allmählich ändert.

In den zwei Beispielen, die Lohnstein pag. 104 seiner Rechnung zu Grunde legt, sind die Axen der Hyperbel ganz willkürlich angenommen. Man kann natürlich ganz andere Zahlenwerthe der Axen annehmen, bei welchen nichtsdestoweniger der Krümmungsradius der Kuppe derselbe bleibt und es ist nicht ohne weiteres bewiesen, dass dann in der idealen Correctionscurve die Abstände der beiden Wendepunkte von der optischen Axe klein bleiben.

Wenn dem aber auch so wäre, wie Lohnstein behauptet und seine ideale Curve richtig den Krümmungsverhältnissen beim mathematischen Rotationshyperboloid wirklich entspräche, so wäre damit doch nicht bewiesen, worauf es einzig ankommt, dass sphärische und cylindrische Gläser dieser Lohnstein'schen Curve näher stehen, als hyperbolische. Es wird vielmehr gerade durch das Lohnstein'sche Exempel die ideale Curve so berechnet, dass sie in ihrer Mitte derjenigen Oberflächenkrümmung entspricht, welche ich für meine praktischen Zwecke hyperbolisch nenne und welche auch der Oberfläche der hyperbolischen Linsen durchaus entspricht.

Lohnstein's Curve nämlich, die im April-Heft 1897 auf pag. 102, wie nebenstehend, abgebildet ist, soll in der Mitte einem Concavglase und in der Peripherie einem Convexglase entsprechen. In der Mitte derselben ist der Krümmungsradius also relativ klein; er wird peripher stetig grösser und ist dort, wo die concave Krümmung in die convexe übergeht, bei a (den Wendepunkten der Curve) unendlich gross, d. h. die Krümmung ist hier $= 0$.



Soweit trägt also die Oberfläche des von Lohnstein berechneten Correctionsglases genau den Charakter

der Hyperbel und da es namentlich bei enger oder mittlerer Pupillenweite nur auf diesen Theil des Glases ankommt, indem der periphere abgeblendet wird, so ergäbe die Rechnung Lohnstein's wenigstens für die centralen Theile des Keratoconus, dass die optische Correction des Keratoconus nur durch ein hyperbolisches Glas erreicht werden kann. — Quod erat demonstrandum.

