

**Das Augenleuchten und die Erfindung des Augenspiegels / dargestellt in
Abhandlungen von E. v. Brücke [and others].**

Contributors

Brücke, Ernst Wilhelm von, 1819-1892.

Publication/Creation

Hamburg : Leopold Voss, 1893.

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/fmj423zy>

License and attribution

This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, without asking permission.



Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
<https://wellcomecollection.org>

Das
Augenleuchten
und die
Erfindung des Augenspiegels.



M120489

Leopold Voss, Hamburg.

77 B



22101806168

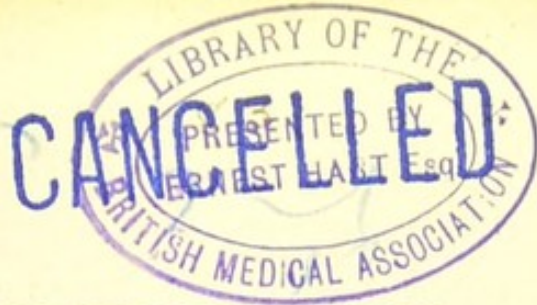


ÄLTERE BEITRÄGE
ZUR
PHYSIOLOGIE DER SINNESORGANE
IN NEUDRUCKEN UND ÜBERSETZUNGEN

HERAUSGEGEBEN
VON
ARTHUR KÖNIG,
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

I. DAS AUGENLEUCHTEN UND DIE ERFINDUNG
DES AUGENSPIEGELS.

HAMBURG UND LEIPZIG,
VERLAG VON LEOPOLD VOSS.
1893.



DAS AUGENLEUCHTEN

Luminosity of Eye & discovery of Photometry
UND DIE

ERFINDUNG DES AUGENSPIEGELS

DARGESTELLT IN ABHANDLUNGEN

VON

E. v. BRÜCKE, W. CUMMING, H. v. HELMHOLTZ
UND C. G. THEOD. RUETE.

MIT ZWÖLF ABBILDUNGEN IM TEXT.

HAMBURG UND LEIPZIG,
VERLAG VON LEOPOLD VOSS.
1893.

M20489

WELLCOME INSTITUTE LIBRARY	
Coll.	welMOmec
Call	
No.	WW100
	1893
	B88a

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.



HERMANN VON HELMHOLTZ

ZUM

FÜNFZIGJÄHRIGEN DOCTOR-JUBILÄUM

GEWIDMET

VON DER VERLAGSBUCHHANDLUNG.

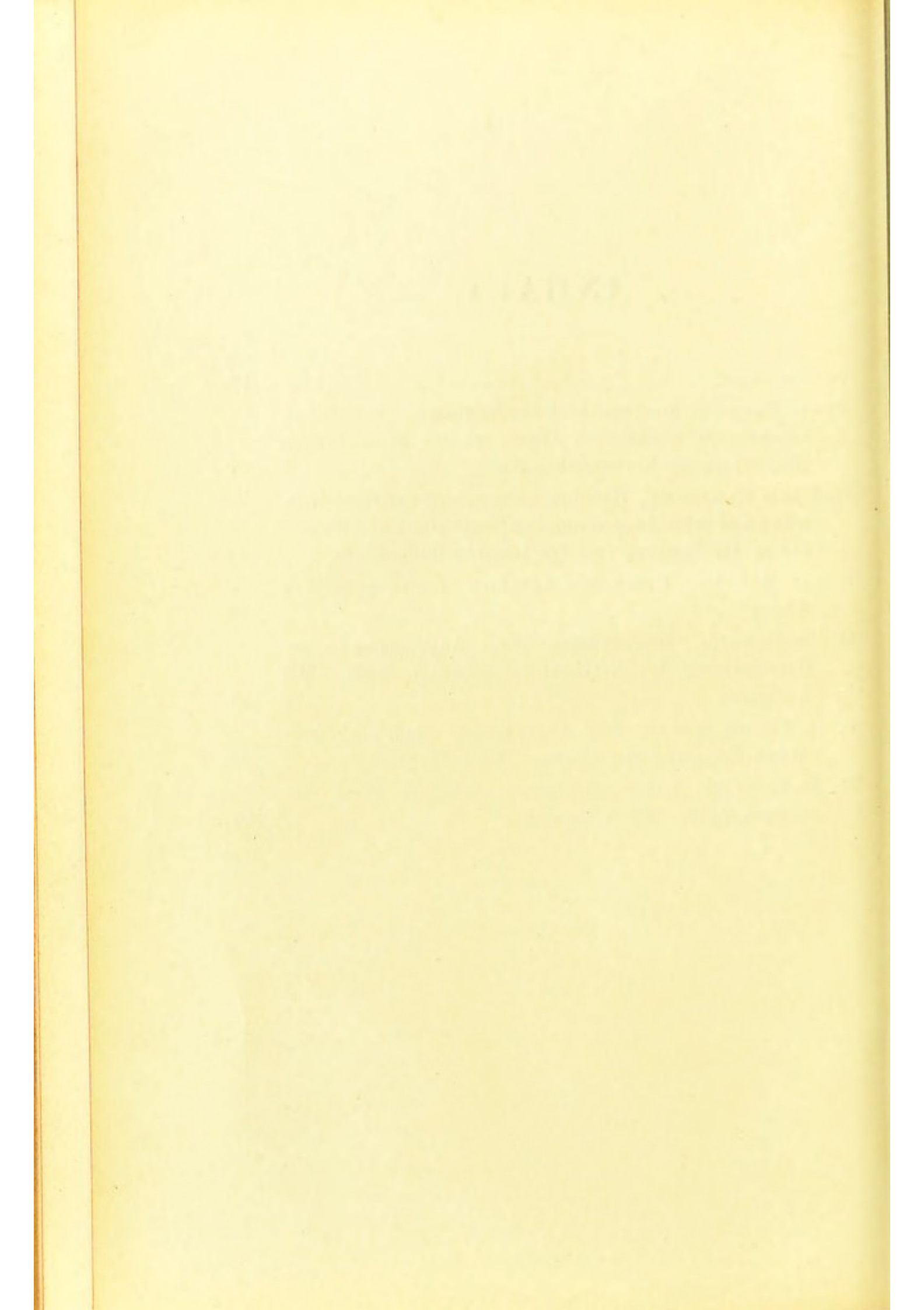
THE HISTORY OF THE

REIGN OF

CHARLES THE FIRST

INHALT.

	Seite
Vorbemerkung	IX
Ernst Brücke, Anatomische Untersuchungen über die sogenannten leuchtenden Augen bei den Wirbelthieren (Physiologische Vorbemerkungen)	1
William Cumming, Ueber das Augenleuchten beim Menschen und seine Anwendung zur Ermittlung von Krankheiten der Netzhaut und der hinteren Bulbushälfte . .	13
Ernst Brücke, Ueber das Leuchten der menschlichen Augen	35
H. Helmholtz, Beschreibung eines Augenspiegels zur Untersuchung der Netzhaut im lebenden Auge. Mit 3 Figuren	41
C. G. Theod. Ruete, Der Augenspiegel (und das Optometer) für praktische Aerzte. Mit 4 Figuren . . .	89
H. Helmholtz, Ueber eine neue einfachste Form des Augenspiegels. Mit 5 Figuren	127



Vorbemerkung.

Die Ueberfüllung, welche auf allen Gebieten der wissenschaftlichen Literatur herrscht, läßt die älteren Abhandlungen, die als Grund- und Ecksteine unserer gegenwärtigen Erkenntniß angesehen werden müssen, immer mehr zurücktreten und nur selten kennen sie die jüngeren Fachgenossen aus eigener Lectüre. Dazu kommt noch, daß sie oftmals in wenig verbreiteten oder ausländischen Zeitschriften, oder längst vergriffenen Brochuren und größeren Werken niedergelegt sind.

Der dringende Wunsch, hier nach Kräften wenigstens auf dem mir naheliegenden Gebiete der Physiologie der Sinnesorgane Abhülfe zu schaffen, rief in mir den Gedanken wach, die Herausgabe einer Sammlung von Neu- drucken und Uebersetzungen derartiger Abhandlungen in die Hand zu nehmen, und ich fand hierzu bei dem mir befreundeten Inhaber der Verlagsbuchhandlung Leopold Voss in Hamburg bereitwilliges Entgegenkommen. Bei der Auswahl der Abhandlungen soll keineswegs historische Vollständigkeit angestrebt werden; — wer Prioritätsfragen entscheiden will, muß auf die Originalquellen zurückgehen und den Staub der Bibliotheken nicht scheuen. Wir beabsichtigen in dieser Sammlung weiter nichts, als den weiten Kreisen, die sich mit der Physiologie der Sinnesorgane beschäftigen, vor allen auch dem praktischen Arzte, diejenigen Abhandlungen leicht und billig zugänglich zu machen, welche die allgemein anerkannten Grundlagen in den verschiedenen Einzel-Wissenschaften bilden. So hoffen wir in den folgenden Bändchen bald

etwas aus der Physiologie des Auges, bald aus der Physiologie des Gehörs, der Haut u. s. w. stets aber Werthvolles und Interessantes Denjenigen zu bieten, die über den Kreis ihrer alltäglichen Beschäftigung hinaus-
blicken.

Was nun den Inhalt des vorliegenden ersten Bändchens dieser Sammlung anbetrifft, der das Augenleuchten und die Erfindung des Augenspiegels zum Gegenstande hat, so ist dazu Folgendes zu bemerken:

Aus dem oben dargelegten Gesichtspunkte habe ich die Abhandlungen von Hassenstein (*De luce ex quorundam animalium oculis prodeunte atque de tapeto lucido*. Jenae 1836) und Kufsmaul (*Die Farbenerscheinungen im Grunde des menschlichen Auges*. Heidelberg 1845) aus der Sammlung ausgeschlossen und mich auf diejenigen von Brücke, Cumming, Helmholtz und Ruete beschränkt. Diese sind in der Reihenfolge ihres ersten Erscheinens abgedruckt. In den beiden Helmholtz'schen Abhandlungen sind die wenigen Abänderungen berücksichtigt worden, welche der Verfasser bei der Aufnahme derselben in seine „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ angebracht hat. Die Abhandlungen von Brücke und Ruete sind unverändert nach dem Original aufgenommen, nur offenbare Druckfehler habe ich hier verbessert. Der erste Aufsatz von Brücke ist die Einleitung einer größeren Abhandlung, deren sonstiger anatomischer Inhalt dem Zwecke dieser Sammlung fern liegt. Die Uebersetzung der Cumming'schen Abhandlung ist so wortgetreu hergestellt, als es die etwas un-
gelenke Sprache des Originals gestattete.

Berlin, 25. October 1892.

Arthur König.



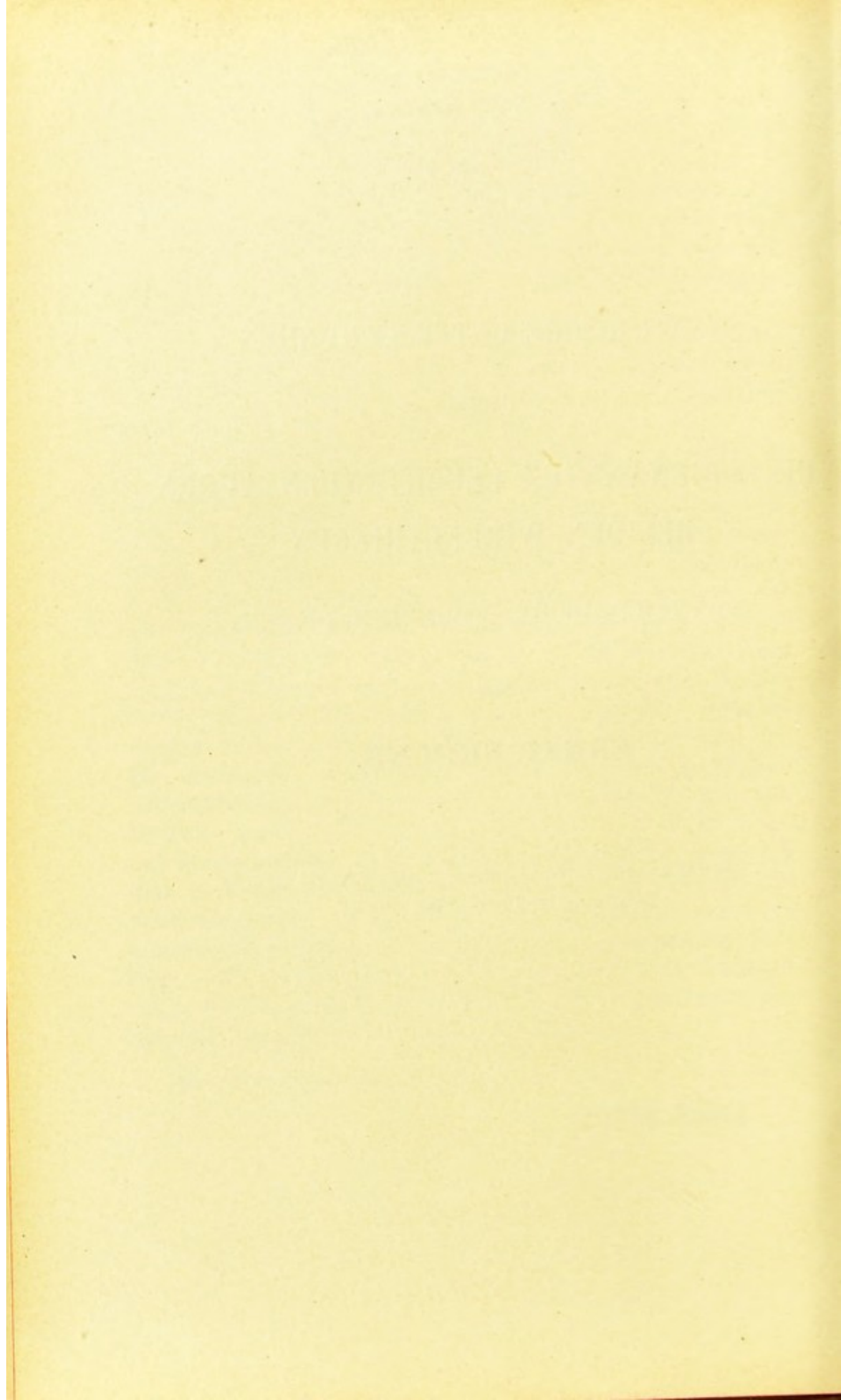
ANATOMISCHE UNTERSUCHUNGEN
ÜBER
DIE SOGENANNTEN LEUCHTENDEN AUGEN
BEI DEN WIRBELTHIEREN.

(PHYSIOLOGISCHE VORBEMERKUNGEN).

VON

ERNST BRÜCKE.

(J. Müller's Archiv für Anatomie, Physiologie u. s. w.
Jahrgang 1845. S. 387—394.)



Die physiologischen Untersuchungen über die leuchtenden Augen haben von vorn herein eine falsche Richtung genommen und dieselbe bis in die neueste Zeit beibehalten; der Blick der Forscher ist auf das Unwesentliche gerichtet gewesen und hat das Wesentliche außer Acht gelassen. Indem man sich fortwährend abmühte, zu erklären, wie es zugehe, daß für uns diese Augen leuchtend sind, glaubte man das ganze Problem in die Frage zusammengefaßt: Ist das Licht der leuchtenden Augen ein ihnen eigenthümliches, von ihnen erzeugtes, oder ist es ein von außen in sie hineingekommenes reflectirtes Licht? Man vergaß, daß die endliche Frage, welche sich der denkende Naturforscher zu stellen habe, dahin lauten müsse, ob und inwiefern dieses Licht den Augen, welche es besitzen, selber leuchten könne? Daß diejenigen, welche das Leuchten der Augen einer Lichtentwicklung in denselben zuschrieben, hierüber nie in's Klare kommen konnten, bedarf kaum einer Erwähnung; aber auch diejenigen, welche richtig erkannt hatten, daß das Licht nur reflectirtes sei, hatten, ehe sie sich an die Lösung obiger Frage machen konnten, die andere zu beantworten, warum jenes Licht das deutliche Sehen nicht vielmehr störe, ja gänzlich unmöglich mache. Ich glaube beide Fragen in einer

früheren Abhandlung (Müll.'s Arch. 1844) hinreichend bündig erledigt zu haben. Ich habe gezeigt, wie in der That ein Thier, welches ein Tapetum besitzt, da noch deutlich sehen kann, wo ein anderes Thier mit gleicher Reizbarkeit der Nervenhaut, aber ohne Tapetum, sich schon im Dunkeln befindet. Demgemäfs liegt auch das Tapetum hinter den Stellen der Retina, welche am meisten zum Sehen gebraucht werden, denn wenn es nicht über den ganzen Grund des Auges verbreitet ist, wie bei der Mehrzahl der mit einem Tapet versehenen Wassersäugethiere und Fische, so nimmt es entweder den oberen Theil der Chorioidea ein, wie bei den reißenden Thieren, oder es steht in Form eines Streifens der länglichen Pupille gegenüber, wie bei *Raja batis*, oder endlich dieser Streifen erweitert sich nach aufsen hinter den Theilen der Netzhaut, welche dem gemeinsamen Sehfelde beider Augen entsprechen, in eine gröfsere Fläche, wie bei den Wiederkäuern. Es ist hiermit aber keineswegs gesagt, dafs alle Thiere, welche ein Tapet besitzen, blofse Nachtthiere sind, denn diesem widerspricht die Erfahrung; die meisten dieser Thiere können ihre Pupille aufserordentlich verengern und sehen deshalb auch bei Tage vollkommen gut. Menschen mit leukotischen Augen sehen freilich immer schlecht, und zwar um so schlechter, je heller es ist, aber ihre Augen lassen sich keineswegs mit den tapetirten vergleichen, denn bei ihnen bildet erstens die Iris eine sehr unvollkommene Blendung, weil sie durchscheinend ist, zweitens wird das Licht, das, aus den stabförmigen Körpern kommend, zum zweiten Male die Nervenhaut passirt ist, von der hinteren pigment-

losen Oberfläche der Iris und des Ciliarkörpers und zwar diffus reflectirt, und muß jetzt, da es völlig ungeordnet wieder auf die Nervenhaut fällt, das deutliche Sehen natürlich stören. Die tapetirten Augen dagegen haben immer von der Ora serrata retinae an dichtes schwarzes Pigment, welches die hintere Oberfläche des Corpus ciliare überzieht; imgleichen ist die hintere Fläche der Iris immer pigmentirt, so daß kein ungeordnetes Licht auf die Nervenhaut gelangen kann. Ebenso wenig ist es nothwendig, daß alle Nachtthiere ein Tapet haben, denn es kann ja Thiere geben, deren Nervenhaut so reizbar ist, daß sie schon von einmaligem Durchgange des Lichtes so stark afficirt wird, wie die eines anderen durch doppelten; solche Thiere müssen z. B. die Tarsius und Stenops sein, die nach dem Berichte der Reisenden das Licht scheuen und Nachts gut sehen, obgleich sie kein Tapet haben.

Es bleibt mir nur noch übrig, einen Punkt zu erörtern, welcher bei oberflächlicher Betrachtung eine Schwierigkeit darbieten möchte. Es ist nämlich klar, daß das Licht, welches vom Tapetum zurückkommt, in jedem einzelnen stabförmigen Körper nicht mehr dieselbe Farbe, wie das in denselben eingefallene hat, sondern die Farbe der entsprechenden Stelle des Tapetums mitbringt; dies kann das deutliche Sehen nicht beeinträchtigen, so lange die Tapetalfarben für denselben Ort constant sind, ebenso wenig wie das Adergeflecht der Nervenhaut unser Sehen stört. Es ist aber bekannt, daß die Augen mancher Thiere, namentlich die der Hunde, abwechselnd mit rother und grüner Farbe leuch-

ten, es muß deshalb entschieden werden, ob dieser Farbenwechsel von einer Farbenveränderung des Tapetums herrühre oder nicht. Esser sagt in seiner vorzüglichen Abhandlung über das Leuchten der Augen bei Thieren und Menschen (Kastner's Archiv für die gesammte Naturlehre Bd. VIII, S. 399.): „Was die verschiedene Farbe des Lichtes bei dem Leuchten der Hundsaugen betrifft, so hat dieses seinen Grund in der verschiedenen Färbung der Stelle, wo an der Chorioidea das Pigment fehlt, wie mir anatomische Untersuchungen des Auges dieser Thiere gezeigt haben, und es mag daher die verschiedene Farbe des Leuchtens eines und desselben Auges doch mehr in der Bewegung dieses Theils, wo sich dann die Lichtstrahlen auf verschieden gefärbten Partien der Gefäßshaut spiegeln, als in der Quantität der einfallenden Lichtstrahlen bedingt sein.“ Hassenstein (*De luxe ex quorundam animalium oculis prodeunte et de tapeto lucido*. Jenae 1836) leitet die rothe Farbe von einem plötzlichen Zuströmen des Blutes zum Tapetum ab. Um über diesen Punkt in's Klare zu kommen, untersuchte ich zuerst, inwiefern die Farbe des reflectirten Lichtes von der des einfallenden abhängig sei, fand aber bald, indem ich von verschiedenfarbigen Körpern, z. B. rothem oder blauem Papier, reflectirtes Licht oder solches, das durch farbige Gläser gegangen war, in die Augen fallen liefs, daß ich auf diesem Wege wohl eine Modification in der Farbe des Augenlichtes hervorbringen könne, aber niemals den auffallenden Wechsel, wie er so häufig beobachtet wird. Ich ging nun wieder zu Versuchen über, bei denen ich das Licht

einer Kerze ohne weiteres in das Auge des Thiers fallen liefs, und welche ich in der Regel folgendermafsen anstellte: Ich nahm in die eine Hand eine brennende Kerze, von der das einzige Licht ausging, welches das Zimmer erhellte, in die andere einen kleinen undurchsichtigen Schirm von Pappe oder Holz, und richtete, indem ich das eine Auge schlofs, mich so gegen das in einem Winkel des Zimmers gelagerte Thier, dafs der Kopf desselben in der Sehaxe meines offenen Auges lag, der Schirm aber und die Kerzenflamme unmittelbar neben derselben, und zwar so, dafs ersterer meinem Auge die letztere verdeckte. Wenn ich nun in dieser Weise Hunde beobachtete, bemerkte ich, dafs ihre Augen fast fortwährend leuchteten, wenn ihr Blick nicht zu weit von der Richtung, in welcher ich mich befand, abgewendet war. Die Farbe wechselte zwischen Dunkelrothbraun, brennendem Roth, Blau, Grün, Hellgelb bis zum Weifs, und bei einigen Hunden auch schwach Violet. Häufig konnte ich bei dem Farbenwechsel deutlich eine Bewegung des Auges wahrnehmen, häufig aber erfolgte derselbe auch, ohne dafs dieses möglich war. Bisweilen sah ich, während das Auge hellgelblich leuchtete, bei einer kleinen Bewegung desselben einen brennend rothen Schein über die Pupille hingleiten. Um der Ursache dieses Farbenwechsels näher auf die Spur zu kommen, tödtete ich einen Hund, schnitt ihm den Kopf ab und beobachtete denselben wie vorhin das lebende Thier. Das Grün, Gelb und Blau war noch vorhanden, aber die rothe Farbe war bis auf einen ganz schwachen Schimmer, der sich beim Hin- und Herbewegen des Lichtes und meines

Auges dann und wann zeigte, verschwunden. Ich schnitt nun ein Auge aus und brachte es unter Wasser, um durch die Pupille in dasselbe hineinsehen zu können. Ich sah das Tapetum in seinem vollen Farbenglanze in der Mitte schön hellgelb, weiter nach dem Rande grün und ganz am Rande blau, und auf demselben die stärkeren Venen der Nervenhaut, welche aber nicht mehr intensiv, sondern dunkelbraunroth gefärbt waren, der übrige Theil des Auges war dunkel, so daß ich in ihm nichts näheres unterscheiden konnte. Nun suchte ich einen Hund von einer Schenkelwunde aus mit Wurari möglichst langsam zu vergiften; der erste Versuch mißlang, beim zweiten aber fing das Thier nach zehn Minuten an zu taumeln und konnte sich nicht mehr auf den Füßen erhalten, so daß es die Schnauze als fünften Stützpunkt zu Hilfe nahm; bald darauf fiel es, legte den Kopf auf die Seite und schien dem Sterben nahe. In diesem Zustande nun, da das Tier die Gewalt über seine Muskeln fast gänzlich verloren hatte, brachte ich es unter Wasser, um in die Augen hineinzusehen. Obgleich dieses nun, da das Thier noch häufig Bewegungsversuche machte, sehr unvollkommen gelang, so sah ich doch, daß das Tapetum, obgleich die äußeren Teile der Augen sehr stark mit Blut injicirt waren, nicht geröthet war, sondern seine natürliche Farbe hatte, der Grund des Auges aber, da, wo kein Tapetum war, erschien geröthet. Ich tödtete das Tier und spritzte den Kopf mit Leimwasser und Zinnober aus. Als ich nun ein Auge ausschnitt und es unter Wasser brachte, sah ich darin, außer dem Gefäßnetz der Nervenhaut, rothe Streifen,

welche die großen injicirten Arterienstämme der Chorioidea propria waren. Es fand sich nämlich, daß die Choriocapillarmembran im ganzen hinteren Theile des Auges bis zur Ora serrata retinae, auch da, wo kein Tapet unter ihr lag, so überaus wenig Pigment hatte, daß sie bei durchfallendem Lichte nur bräunlich erschien, bei auffallendem die Farbe ihrer Unterlage kaum merklich veränderte. Alles Pigment der Chorioidea propria war zwischen den großen Gefäßstämmen derselben abgelagert, so daß diese nach Abziehen der dünnen Choriocapillarmembran frei zu Tage lagen. Aber von der Ora serrata retinae an erstreckte sich ein dicker Ring von schwarzbraunem Pigment, der sich in diejenige Pigmentschicht fortsetzte, die zwischen der Zonula Zinnii und dem Ciliarkörper liegt. Es waren mir nunmehr alle am lebenden Tiere beobachteten Erscheinungen völlig klar. Es war einleuchtend, daß alle Farben, mit Ausnahme der rothen, vom Tapetum herrührten, das Roth aber nicht von einer plötzlichen Injection desselben mit Blut, sondern von den zu Tage liegenden großen Gefäßstämmen.

Es ist hierbei wohl zu bemerken, daß nicht bei allen Accommodationszuständen des Auges eines beobachteten Thieres das Licht, welches von demselben in unser Auge gelangt, von einem gleich großen Fleck der Chorioidea herkommt.

Schraubt man von einem starken Oculare eines zusammengesetzten Mikroskops die eigentliche Ocularlinse ab, so daß man nur die Sammellinse mit der Blendung zurückbehält, und betrachtet durch dasselbe die frisch

injecirte Chorioidea eines Hundes, in der die Zinnobermasse nicht bis in die Capillaren letzter Ordnung vorgedrungen ist,¹⁾ so daß man sich die Blendung zuwendet, und durch das Loch die injecirten Gefäße deutlich sieht, dann nähert man sich nach und nach diese Loupe und entfernt sie vom Object, so daß es undeutlich wird und man einen immer kleineren Raum desselben übersieht. Hierdurch gelangt man am Ende dahin, daß ein einziges Gefäß oder ein einziger Zwischenraum zwischen zwei Gefäßen das Sehfeld ausfüllt, und je nachdem das eine oder das andere der Fall ist, erscheint das Loch in der Blendung roth oder dunkel. Jetzt sieht man die injecirte Chorioidea genau unter denselben optischen Verhältnissen, wie die eines Hundes, dessen Blick auf den Beobachter gerichtet ist, das Loch in der Blendung stellt seine Pupille vor, die Sammellinse die optischen Medien seines Auges. Es gelingt auf diese Weise durch leises Nähern und Entfernen und durch leichtes Verrücken der Linse denselben plötzlichen Wechsel zwischen Dunkelbraunroth und lebhaftem Roth hervorzubringen, wie man ihn an lebenden Hunden beobachtet, und es ist klar, daß er im lebenden Auge ebenso durch Bewegung und Veränderung des Accommodationszustandes hervor-

¹ Dieser Grad der Injection bringt die Farben denen des lebenden Auges näher, als eine ganz vollkommene, weil durch letztere bei der intensiven Farbe und Undurchsichtigkeit des Zinnobers die Gesamtfarbe der Chorioidea weit mehr verändert wird, als durch die natürliche Injection mit Blut, welches in sehr dünnen Schichten durchscheinend ist und seiner Unterlage keine merkliche rothe Farbe mittheilt.

gebracht wird, wie man dieses künstlich durch Nähern oder Entfernen und durch Verrücken der gläsernen Linse hervorbringt. Es gelang mir auch auf diese Weise, täuschend das Hingleiten des rothen Scheines über die vom Tapetum erhellte Pupille nachzuahmen, indem ich ein frisch injicirtes Auge senkrecht auf seine große Axe durchschnitt, so daß die Nervenhaut mit ihren Gefäßen auf dem Tapetum liegen blieb. Indem ich nun das Tapetum durch das Ocular so betrachtete, daß der betrachtete Punkt im Maximum der Undeutlichkeit war, sah ich bei leichter seitlicher Bewegung des Glases, wenn ein großer Gefäßstamm der Nervenhaut durch das Sehfeld ging, täuschend den erwähnten rothen Schein über das sonst mit der Farbe des Tapetums erleuchtete Loch der Blendung sich verbreiten. Es ist klar, daß überhaupt die großen Gefäße der Nervenhaut da, wo sie keinen schwarzen Hintergrund haben, ebensowohl rothes Leuchten hervorbringen, wie die großen Gefäßstämme der Chorioidea.

Nach allem diesen ist außer Zweifel, daß die Ursache des rothen Lichtes in den Thieraugen nicht temporär, sondern wie die der anderen Farben permanent ist, also das Sehen derselben nicht verändern kann.

THE HISTORY OF THE

REIGN OF

CHARLES THE FIRST

BY

JOHN BURNET

OF

THE UNIVERSITY OF OXFORD

IN TWO VOLUMES

THE SECOND VOLUME

CONTAINING

THE HISTORY OF THE

REIGN OF

CHARLES THE FIRST

BY

JOHN BURNET

OF

THE UNIVERSITY OF OXFORD

IN TWO VOLUMES

THE SECOND VOLUME

CONTAINING

THE HISTORY OF THE

REIGN OF

CHARLES THE FIRST

BY

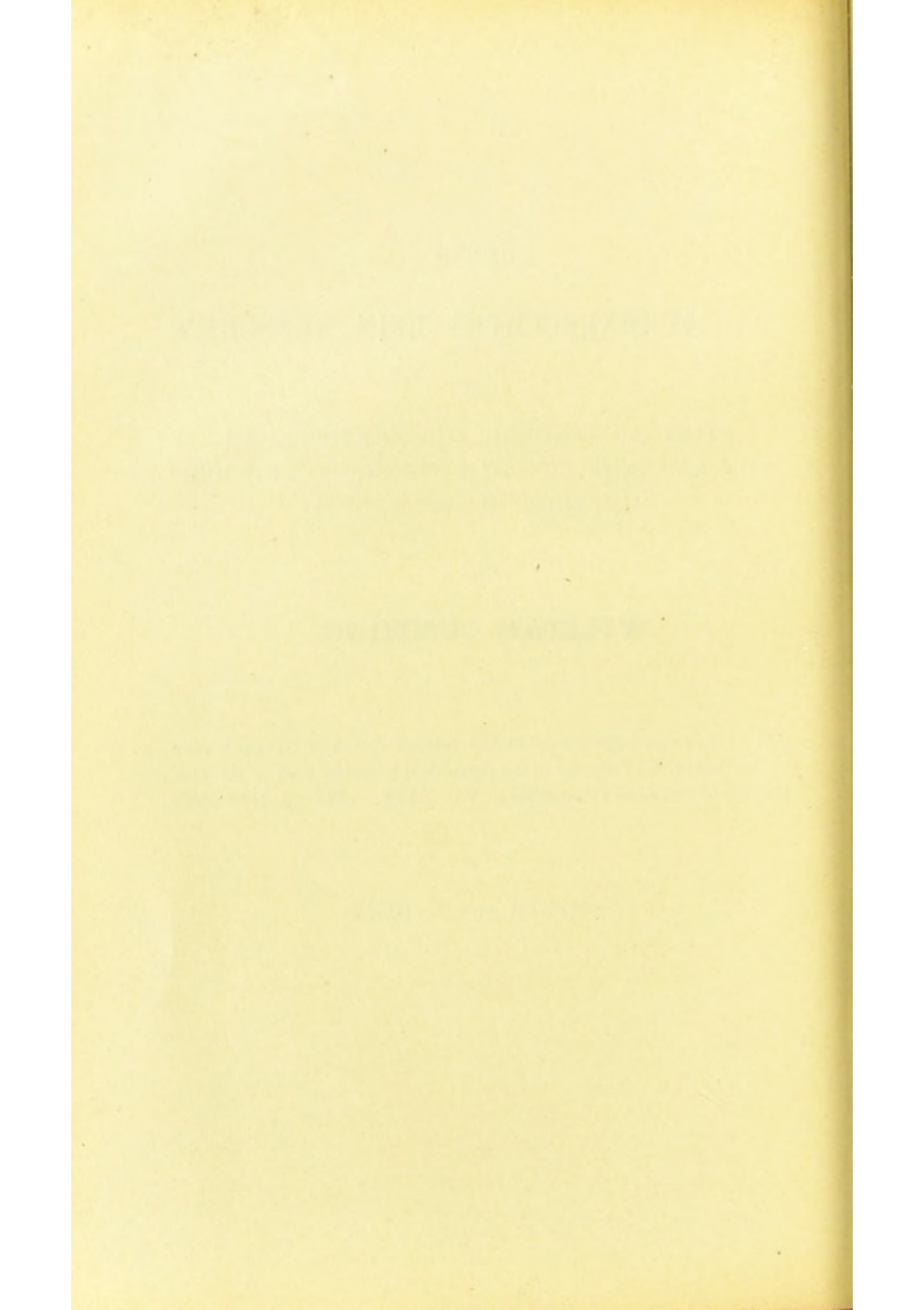
JOHN BURNET

OF

UEBER
DAS AUGENLEUCHTEN BEIM MENSCHEN
UND
SEINE ANWENDUNG ZUR ERMITTELUNG
VON KRANKHEITEN DER NETZHAUT UND DER
HINTEREN BULBUSHÄLFTE
VON
WILLIAM CUMMING.

(On a luminous appearance of the human eye, and its application
to the detection of disease of the retina and posterior part of the eye.
Medico-Chirurgical Transactions. Vol. XXIX. 1846. p. 283—296.)

Uebersetzt von L. König.



Das Augenleuchten bei Katzen, Hunden, Kaninchen, Ochsen, Schafen und anderen Thieren ist seit langer Zeit bekannt und auf die Reflexion des Lichtes an dem Tapetum zurückgeführt worden; auch kennt man die Reflexion im Auge des Albino, sowie diejenige, welche durch krankhafte Ablagerungen in der Netzhaut oder durch sonstige Veränderungen derselben verursacht wird, und endlich die, welche vom Fehlen des Pigmentes bei nicht albinotischen Personen herrührt.

Müller sagt in einer Besprechung der Lichtentwicklung bei den höheren Thieren:

„Das Leuchten der Augen bei mehreren Säugethieren, besonders Raubthieren und namentlich Katzen, auch bei Kühen, Pferden ist fast zum medizinischen Aberglauben geworden. Diejenigen Thiere scheinen zuweilen aus den Augen zu leuchten, welche Licht von einem pigmentlosen glänzenden Tapetum reflectiren, gleichwie besonders auch das pigmentlose Auge der weißen Kaninchen leuchtet, wie denn auch des Kakerlaken Sachs Augen leuchten sollten. Prevost hat die Ursache zuerst gezeigt. (Biblioth. britannique 1810. T. 45.) Er zeigte, daß das sogenannte Leuchten der Thieraugen niemals in vollkommener Dunkelheit und weder willkürlich, noch durch Affecte her-

vorgebracht wird, sondern durch Reflexion von einfal-
lendem Lichte entsteht.“¹

Beer hat eine eigenthümliche, zuweilen bei Blind-
heit vorkommende Reflexion beschrieben: das amauro-
tische Katzenauge.² „Er hält sie für stets beschränkt
auf altersschwache hagere Greise oder auf junge un-
gesunde Personen. Wenn der Patient der Sehkraft
beraubt ist, hat sich eine concave, bleichgraue, weiß-
gelbliche oder in das röthliche schillernde Verdunke-
lung entwickelt. Im Halbdunkel leuchtet ein solches
Auge gelblich oder röthlich, jedoch nur bei gewissen Stel-
lungen des Augapfels, daher bezeichnete Beer diese
Krankheit mit dem Namen: Amaurotisches Katzenauge.
Diese Blindheit ist auch von keiner anderen subjectiven
krankhaften Erscheinung begleitet außer der Abnahme
des Sehvermögens oder vollkommener Blindheit.“ —
(Coopers Surgical Dict., article Amaurosis.)

Der verstorbene Tyrrel berichtet über eine leuch-
tende metallische Reflexion, die bei einigen Fällen von
Blindheit durch die Pupille gesehen wurde. Er sagt:
„Kürzlich haben wir beobachtet, daß das metallische
Leuchten in gewissem Grade bei sehr vielen Fällen

¹ Cumming citirt diesen Abschnitt nach Baly's englischer
Bearbeitung von Müller's Handbuch der Physiologie des Men-
schen. Ich habe es vorgezogen hier auf den etwas abweichenden
Wortlaut des deutschen Originals (Bd. I. 4. Aufl. S. 89) zurückzu-
greifen.

Anm. d. Herausg.

² Vergl. Beer, Lehre von den Augenkrankheiten. Bd. II.
S. 495—497. Wien 1817. — Das obige Citat aus Cooper's Surgic.
Diction. ist fast wörtlich diesem Buche entnommen.

Anm. d. Herausg.

organischer Blindheit vorkommt, daß es aber nur selten aufgefunden wird, wenn man es nicht besonders sucht: wir haben es bemerkt sowohl bei unvollständiger Blindheit als auch bei Personen, deren Sehkraft völlig erloschen war. In einigen dieser Fälle sahen die Patienten Mücken und Funken oder Lichtblitze, welche eine Erkrankung der Aderhaut oder der Netzhaut anzeigen; manchmal hingegen ging die Sehkraft ohne besondere Symptome oder Beschwerden allmählich verloren.“ (Tyrrel vol. II.)

Die angeführten Stellen beziehen sich auf eine Reflexion am Hintergrunde des Auges; keine von ihnen erwähnt eine derartige Reflexion an einem gesunden und wohlgebildeten Auge; mir ist auch sonst kein Autor bekannt, der einen solchen Fall beschrieben hätte. Die vorliegende Abhandlung soll zeigen, daß das gesunde menschliche Auge, wenn es unter geeigneten Umständen beobachtet wird, ebenso oder beinahe ebenso leuchtet wie das Auge der Katze, des Hundes u. s. w., und daß das Fehlen oder das ungewöhnliche Aussehen des Leuchtens zum Ermitteln von Veränderungen in der Netzhaut und der hinteren Bulbushälfte dienen kann.

Die besprochene Reflexion kann auf folgende Weise gesehen werden: Die Person, deren Auge untersucht werden soll, steht in einer Entfernung von 10—12 Fuß von einer Gasflamme oder einem anderen hellen Lichte; die Lichtstrahlen müssen direct auf das Gesicht fallen und alle Strahlen, welche seitlich am Kopfe vorbeigehen, müssen durch einen Schirm abgeblendet werden, der in der Mitte zwischen dem Licht und dem zu untersuchen-

den Auge aufgestellt ist. Ist die Reflexion hell, so kann sie sofort von jeder zwischen Licht und Schirm liegenden Stelle aus gesehen werden.

Die folgenden Beobachtungen wurden in zwei Zimmern angestellt; in einem derselben brannte ein Gaslicht, das andere war vollständig dunkel. Die Person, deren Auge untersucht werden sollte, befand sich in dem dunklen Zimmer 5 Fuß von der halbgeöffneter Thüre entfernt, die sich nach diesem Zimmer hin öffnete; das Licht stand ihr gerade gegenüber, ebenfalls 4—5 Fuß von der Thüre entfernt.

Meistens war die Reflexion äußerst lebhaft, wenn sie von einem beliebigen Standpunkt zwischen der Thür und dem Lichte beobachtet wurde. Manchmal war sie bei weit geöffneter Thür sofort deutlich sichtbar, manchmal erst mit großer Mühe, wenn jeder an der Iris vorbeigehende Lichtstrahl sorgfältig durch die Thüre auf der einen Seite und durch die Hand oder ein Buch auf der anderen Seite abgeblendet war. Die Reflexion wurde stets viel schneller wahrgenommen und erschien viel leuchtender, wenn das Auge etwas zur Seite gewendet war und die Lichtstrahlen schräg durch die Pupille gingen. Auf der anderen Seite war das Leuchten schwieriger zu sehen. In dieser Stellung war es nöthig, das Auge zur Seite zu wenden und mit der Hand alle Strahlen abzuhalten mit Ausnahme derjenigen, welche gerade auf das Auge fielen. Auf diese Weise kann die Reflexion in einer Entfernung von 8 Zoll deutlich wahrgenommen werden.

In den meisten Fällen indessen kann sie auf folgende Weise gesehen werden: Die zu untersuchende

Person sitze oder stehe 8—10 Fufs von einem Gaslicht entfernt und blicke ein wenig zur Seite; steht man nun nahe dem Gaslicht, so braucht man nur möglichst nahe an die gerade Linie zwischen demselben und dem zu untersuchenden Auge heranzukommen, um sofort die Reflexion zu sehen. Oder, wenn in einem dunklen Zimmer eine Kerze 4—5 Fufs vom Auge aufgestellt ist und man nahe der geraden Linie zwischen beiden steht, so wird man oft die Reflexion sofort sehen können. Fällt Sonnenlicht durch einen beinahe geschlossenen Fensterladen in ein dunkles Zimmer, so kann das Leuchten gesehen werden, wenn der Patient mit mäßig erweiterter Pupille 5—6 Fufs von der Oeffnung entfernt ist und der Beobachter die oben erwähnte Stellung einnimmt.

Die zur Wahrnehmung des Leuchtens nothwendigen Umstände sind demnach die folgenden:

a) Das Auge mufs von der Lichtquelle etwas entfernt sein und zwar um so weiter, je gröfser deren Intensität ist.

b) Das zerstreute Licht mufs in der Umgebung des Patienten und manchmal sogar in der Umgebung des Auges abgeblendet werden.

c) Der Beobachter mufs eine Stellung inne haben, die so nahe wie möglich an der geraden Linie zwischen der Lichtquelle und dem zu untersuchenden Auge liegt, daher ist es zuweilen nöthig, dafs der Beobachter schief steht, damit er sein Auge näher an die gerade Linie heranbringen kann.

Das Aussehen der Reflexion selbst wechselt ungemein in Farbe und Intensität nicht nur mit den verschiedenen

Personen, sondern auch mit den Umständen, unter denen es beobachtet wird; es ändert sich bei gröfserer oder geringerer Lichtintensität, mit der Stellung des untersuchten Auges und dem Abstände, in welchem dasselbe betrachtet wird.

Wird die Reflexion bei einem schwachen Lichte, z. B. einer Kerze oder wenigen Sonnenstrahlen beobachtet, so sieht man einen rothen düsteren Schein gleich dem eines gedämpften Kohlenfeuers, der augenscheinlich vom Hintergrunde des Auges herkommt, und der, obgleich nicht deutlich concav, doch die Vorstellung der Concavität erweckt. Das Aussehen der Reflexion, die in dieser Weise bei schwachem Lichte in einer Entfernung von 2—3 Fufs gesehen wird, ist sehr gleichförmig und bietet in Farbe wenig Verschiedenheit.

Wenn das Auge Strahlen von einem 10 Fufs entfernten sehr hellen Lichte empfängt und man nahe demselben steht, dann ist die Reflexion aufserordentlich hell und leuchtend; sie zeigt einen schön metallischen Glanz und wechselt von leuchtend silberner oder goldener bis zu entschieden rother Färbung; letzteres ist die gewöhnlichere Farbe. Während man bei diesem Abstand die Reflexion betrachtet, erleidet sie zuweilen eine deutliche Veränderung, indem sie plötzlich von einer kupfernen oder rothen in eine silberne Färbung übergeht: Dies geschieht zuweilen in Folge einer geringen Bewegung des Auges, wird aber auch nicht selten wahrgenommen, ohne dafs irgend eine Bewegung stattgefunden hat.

Obgleich die Reflexion bei einem Auge mit grofser Pupille leichter zu sehen ist, so hängt doch ihre Helligkeit nicht von diesem Umstande ab. Bei zwei Augen

mit Pupillen von gleichem Durchmesser war die Intensität der Reflexion häufig sehr verschieden. In einem Falle, in welchem die Reflexion sehr dunkel aussah und die Pupille klein war, wurde Atropin in das Auge geträufelt. Ich beobachtete dann, daß, obgleich die leuchtende Fläche größer wurde, sie doch dieselbe dunkle Farbe beibehielt. Die größere Leichtigkeit, mit welcher die Reflexion zu sehen ist, wenn das Auge etwas vom Lichte weggewendet ist, scheint von der größeren Weite der Pupille abzuhängen.

Nähert man sich dem Auge bis auf wenige Zoll, so ist die Reflexion nicht sichtbar, denn bevor unser Auge in den Gang der reflectirten Strahlen gebracht werden kann, werden die einfallenden Lichtstrahlen abgeschnitten. Hielt man vor das untersuchte Auge eine schwarze Karte mit einer Oeffnung von der Gröfse der Iris, so zeigte sich, daß die Intensität der Reflexion etwas vermindert wurde.

Bei Personen, deren Linse herausgenommen war, war die Reflexion in der Entfernung undeutlich, wurde aber etwas heller vermittels einer vor das untersuchte Auge gesetzten biconvexen Linse; bei 2—3 Fuß Abstand indessen war sie so deutlich wie beim Vorhandensein der Linse.

Von sämtlichen von mir untersuchten Fällen habe ich ohne Auswahl 20 protokolliert, welche Personen mit guter und vollkommener Sehkraft im Alter von wenigen Monaten bis zu 60 Jahren betrafen. Bei 16 war die Reflexion hell und deutlich, bei 4 Personen schwach und bei einer überhaupt nicht zu sehen; hier blieben auch die Pupillen im Dunkeln eng. Werden diese Beobachtungen auch anderweitig bestätigt, so kann man sagen, daß die

Reflexion in jedem gesunden Auge mit einer Pupille von normaler Gröfse zu sehen ist.

Nachdem wir nun die Beschaffenheit dieser Reflexion beschrieben haben und die Art und Weise, wie sie zu beobachten ist, erörtern wir nunmehr ihren Ursprung oder ihre Ursache.

Die Netzhaut des lebenden Auges ist ein völlig durchsichtiges Medium, welches an die Aderhaut und den Glaskörper angrenzt. Die Durchsichtigkeit der Netzhaut ist aber kein Beweis, daß sie nicht viele der auf sie fallenden Lichtstrahlen reflectirt, obschon der gröfsere Theil durchgelassen wird, da die Durchsichtigkeit eines Gewebes vollkommen vereinbar ist mit einer beträchtlichen Reflexion, aber nicht mit Absorption der Lichtstrahlen: und diese Reflexion wird durch die Lage der Aderhaut verstärkt werden. Das allbekannte Entstehen von Bildern auf der Netzhaut ist schon ein Beweis ihres Reflexionsvermögens.

In Folge dieser Betrachtungen und der Thatsache, daß die vordere Schicht der Netzhaut aus einem gefäfsreichen Gewebe besteht, und da ich ferner die Aderhaut mit ihrem Pigment für zu dunkel hielt, um eine solche Reflexion hervorzubringen, war mein erster Gedanke, daß die Netzhaut die reflectirende Fläche sei.

Nachdem mir jedoch Hr. Bowmann die gröfsere Wahrscheinlichkeit nahe gelegt hatte, daß die Aderhaut mit ihrem Pigment das reflectirende Gewebe sei, begann ich einige Experimente, um diese Frage zu entscheiden. Die röthlich-braune Farbe des Pigments im menschlichen Auge ist sicher festgestellt. Hr. Hunter beschreibt klar

und erschöpfend die Verschiedenheiten in der Färbung desselben. Beim Albino fehlt das Pigment ganz oder fast ganz, bei blonden Personen ist es hellbraun oder rehfarben, während es bei Personen mit bräunlicher Gesichtsfarbe entsprechend dunkler ist, da es mit der Dunkelheit der Färbung des Rete mucosum Schritt zu halten scheint; bei Mulatten und Negern ist es noch dunkler.

Die Stärke des Leuchtens beim gesunden Auge scheint mit der Helligkeit der Pigmentfarbe zu wachsen. Beim Albino ist die Reflexion so augenfällig, daß schon bei gewöhnlichem Tageslichte die Pupillen röthlich aussehen. Bei einem Albino, einem Manne in mittleren Jahren, war die Reflexion in einer Entfernung von 10 bis 12 Fuß von der Lichtquelle äußerst lebhaft und blasser roth als gewöhnlich, da das von der Aderhaut und der Iris durchgelassene Licht augenscheinlich die Wirkung erhöhte. Hielt man eine schwarze Karte mit einer Oeffnung, die etwas größer als die Pupille war, vor sein Auge, so war die Reflexion wenig heller als die im Auge einer blonden Person, welche zu gleicher Zeit beobachtet wurde, die Farbe war jedoch ausgesprochener blaßroth.

Bei Personen mit heller Gesichtsfarbe und blauer oder grauer Iris ist die Reflexion im allgemeinen leichter zu sehen und lebhafter, als bei solchen mit dunkler Haut und dunkler Iris. Bei den Mulatten ist sie dunkel, aber zuweilen nimmt man bei ihnen eine silberartige Reflexion wahr ebenso wie bei Personen mit brauner Gesichtsfarbe, sie kommt höchst wahrscheinlich an der Netzhaut zu Stande. Beim Albino ist diese von der gefäfsreichen Ader-

haut hervorgebrachte Reflexion am hellsten gefärbt und am leuchtendsten: mit der Dunkelheit des Pigments nimmt ihr Glanz ab und ihre Farbe wird dunkler.

Der hintere Abschnitt eines Auges, dessen Pigment von der gewöhnlichen braunen Farbe war, wurde Lichtstrahlen ausgesetzt, die durch eine Linse auf dasselbe concentrirt waren; dabei zeigte sich eine bräunlichrothe Reflexion mit metallischem Glanze.

Wenn man ein Auge mit dem Sehnerven gegen das Licht hielt und durch die Pupille blickte, so fand sich, daß das durch die Aderhaut dringende Licht von leuchtend rother Farbe war und genau dem während des Lebens reflectirten glich. Ich verschaffte mir daher noch sieben Augen, alle von verschiedenen Personen und fand, daß die Aderhaut rothes Licht von eben derselben Farbe durchliefs. Diese ohne besondere Rücksicht ausgewählten Fälle lassen keinen Zweifel, daß dies eine dem menschlichen Auge allgemein zukommende Erscheinung ist. Vor einigen Monaten zeigte mir mein Freund Hr. Dixon ein Auge, in welchem dieselbe Erscheinung zu sehen war; damals jedoch hielten wir das beide für eine Ausnahme.

Die große Aehnlichkeit der durch die Aderhaut durchgelassenen Strahlen mit den reflectirten scheint mir der beste Beweis dafür zu sein, daß die Reflexion an der Aderhaut mit ihrem Pigment zu Stande kommt. Obschon ich die Aderhaut für das hauptsächlich reflectirende Gewebe halte, so werden doch das von der Netzhaut zurückgeworfene Licht und die concave Gestalt des Glaskörpers die Wirkung erhöhen.

Ich habe das Leuchten noch nicht im todten Auge ge-

sehen, aber die Blutleere der Aderhaut und der Verlust der Durchsichtigkeit der Netzhaut erklären dies zur Genüge.

Die Reflexion an diesen Geweben wird beträchtlich leuchtender durch die sammelnde Wirkung der concaven Gestalt der Netzhaut und dadurch, daß sich diese Gewebe im Brennpunkte der Linse befinden.

Die Feststellung der Thatsache, daß beim gesunden menschlichen Auge eine Reflexion ähnlich derjenigen am Thierauge vorkommt, scheint mir hauptsächlich deshalb von Wichtigkeit zu sein, weil man sie zur Untersuchung des hinteren Augenabschnittes verwenden kann.

Da bisher die Netzhaut und die Aderhaut im lebenden Auge der Beobachtung unzugänglich waren und auch nur selten Gelegenheit sich bot, ihre Beschaffenheit nach günstig verlaufenen Krankheiten an der Leiche zu untersuchen, so herrschte beträchtliche Unsicherheit bei den an diesen Geweben vorkommenden Erkrankungen. Nachdem nun das Vorhandensein dieses Leuchtens erkannt worden ist, kann uns sein Fehlen oder ungewöhnliches Aussehen in den Stand setzen, bisher unbekannte Veränderungen in diesen Geweben zu entdecken oder solche, welche man nur vermuthete, in befriedigender Weise zu sehen. Die Erweiterung der Pupille durch Atropin bietet stets ein Mittel, die Beschaffenheit der Netzhaut und der Aderhaut zu erkennen. Die in dieser Weise von mir untersuchten Fälle haben mir den allgemeinen Eindruck bestätigt, daß bei Blindheit die Netzhaut nicht häufig der Sitz der Veränderung ist, denn unter mehreren derartigen Fällen, in welchen fehlende Trübung der Cornea, der Linse und der übrigen Medien diese Untersuchungs-

methode gestattete, fand ich nur zwei, wo die Netzhaut sich so verändert hatte, daß die Reflexion nicht zu sehen war. Bevor ich jedoch zu diesen Fällen übergehe, werde ich einige Bemerkungen über das sogenannte „Amaurotische Katzenauge“ machen.

Amaurotisches Katzenauge. — Die Kenntniß des normalen Augenleuchtens wird uns zu einem besseren Verständniß der etwas widersprechenden und unzulänglichen Berichte über das amaurotische Katzenauge verhelfen.

Diese zuerst von Beer und dann von anderen Ophthalmologen beschriebene Krankheit ist zugestandenermaßen eine seltene und zweifelhafte, und die Beschreibungen weichen von einander ab, nicht nur in Bezug auf das Aussehen der Reflexion, sondern auch in Bezug auf den Verlauf der Krankheit, die begleitenden Symptome und das Alter, in welchem sie auftritt.

Beer sagt¹: „Im Hintergrunde des Auges sehr weit von der Pupille entfernt, entwickelt sich ganz deutlich eine (concave), bleichgraue oder weißgelbliche, oder in das röthliche schillernde Verdunkelung, das Gesicht ist dabei nicht bloß schwach, sondern im strengsten Sinne verworren, denn alle, besonders aber kleinere Gegenstände scheinen sich ineinander zu verlieren, zumal wenn der Kranke ein oder das andere Object mit dem Auge scharf fassen will. Je mehr sich dieser schwarze Staar entwickelt, desto heller, sichtbarer wird der Hintergrund des Auges, desto bleicher wird auch die Farbe

¹ Im zweiten Bande Seite 496 seines oben (S. 16, Note 2) citirten Werkes.

Anm. d. Herausg.

der Regenbogenhaut, was besonders bei dunkel gefärbten Augen sehr auffällt, und wenn sich einmal die amaurotische Blindheit vollkommen entwickelt hat (daß auch selbst keine Lichtempfindung mehr übrig ist), dann erblickt man bei genauer Besichtigung des Auges meistens ein sehr zartes Blutgefäßnetz auf dem getrübten Hintergrunde, welches nur die gewöhnliche Verästelung der Centralschlag- und Blutader zu sein scheint, die jetzt auf dem opalisirenden Hintergrunde sichtbar wird. Ein solches Auge leuchtet dann im Halbdunkel gelblich oder röthlich, jedoch nur bei gewissen Stellungen des Augapfels, und erhält eben dadurch einige Aehnlichkeit mit dem Katzenauge, daher ich diesen Staar auch mit dem angeführten Namen belegt habe.“

Nach aufmerksamem Durchlesen dieser Stelle bei Beer und der Beschreibungen des amaurotischen Katzenauges seitens anderer Ophthalmologen, bin ich geneigt zu glauben, daß zwei verschiedene Dinge unter diesem Namen verwechselt worden sind.

Zunächst scheint mir meistens das normale Augenleuchten beobachtet worden zu sein. Wenn Beer sagt, daß ein in bestimmten Richtungen betrachtetes Auge im Halbdunkel gelblich oder röthlich aussieht ähnlich dem Auge einer Katze, so beschreibt er ganz genau das Leuchten des gesunden menschlichen Auges bei gewissen Stellungen, da ja unter den angegebenen Umständen die Pupille erweitert ist und Licht in bestimmter Richtung auf sie fällt. Die von ihm gegebene Abbildung dieser Krankheit (Bd. II, Tafel 4, Fig. 1) entspricht genau der in einer Entfernung von 2 bis 3 Fufs beobachteten Re-

flexion. Tyrrels oben erwähnter Bericht trifft nicht nur hinsichtlich des Aussehens der Reflexion zu, sondern auch die Umstände, unter denen sie gesehen wurde, sind die zum Beobachten des normalen Leuchtens nothwendigen. Niemand, der das Leuchten des gesunden Auges gesehen hat, kann die Beschreibung seines Falles 90 lesen ohne die Ueberzeugung zu gewinnen, daß beides dasselbe ist. Den ersten Fall, bei dem ich diese natürliche leuchtende Reflexion beobachtete, hielt ich für ein amaurotisches Katzenauge, so genau stimmte derselbe mit der Beschreibung des letzteren überein. Diese Beobachtung weiter verfolgend, fand ich, daß die Reflexion in jedem gesunden Auge auftritt, wenn die Pupille erweitert ist. Die meisten Fälle scheinen demnach nichts anderes gewesen zu sein als das natürliche Augenleuchten; und daß es nur bei Blindheit gesehen wurde, ist keineswegs seltsam. Die hierbei übliche eingehendere Untersuchung, die wahrscheinliche Erweiterung der Pupille, die Möglichkeit des Schwindens oder der fehlenden Bildung von Pigment nach anhaltender Blindheit — das sind Gründe, weshalb das Leuchten nur bei Blindheit beobachtet worden ist. So kam es, daß dasselbe mit den verschiedensten Symptomen verknüpft wurde. Der eine Autor sagte, es käme in der Jugend vor, der andere im hohen Alter.

Sodann ist mit diesen Fällen eine andere Gruppe verwechselt worden. So sagt Beer: „Wenn sich einmal die amaurotische Blindheit vollkommen entwickelt hat, dann erblickt man bei genauer Besichtigung des Auges meistens ein sehr zartes Blutgefäßnetz auf der Trübung

oder dem opalisirenden Augenhintergrunde.“ Hrn. Lawrence's Fälle stimmen beinahe mit dieser Beschreibung überein. Manchmal wurden rothe Gefäße wahrgenommen, und der Rand der leuchtenden Fläche war deutlich zu verfolgen. Die Leichtigkeit, mit der jene Reflexion zu sehen war, das Vorhandensein erweiterter Gefäße und das Bestehen eines Randes um die leuchtende Fläche kennzeichnen diese Fälle als von den ersteren beträchtlich abweichend. Aller Wahrscheinlichkeit nach hatte sich hier Lymphe in der Netzhaut abgelagert. Ein Fall dieser Art wird von Tyrrel erwähnt (Fall 80, S. 125), jedoch gesondert von seiner Besprechung des amaurotischen Katzenauges. Während demnach diese letzteren Fälle augenscheinlich auf eine Veränderung in der Netzhaut oder der Aderhaut schließen lassen, berechtigt bei den ersteren das Bestehen des normalen Leuchtens zu dem Schlusse, daß diese Gewebe gesund waren. Ist diese Auffassung richtig, so schwindet das Dunkel, daß das amaurotische Katzenauge umgiebt. Die erste Gruppe umfaßt die von cerebralen oder sonstigen Ursachen herrührenden Fälle von Blindheit, in denen die Netzhaut und die Aderhaut gesund waren, und wo daher die normale Reflexion zu sehen war; die zweite Gruppe besteht aus solchen Fällen, in welchen Lymphe oder andere Substanzen in der Netzhaut oder deren Umgebung abgelagert waren. Demnach ist sofort klar, daß das bloße Leuchten des Auges niemals das Zeichen einer eingetretenen Veränderung ist. Es wird nöthig sein, sich zunächst mit der normalen Reflexion bekannt zu machen, ihren Modificationen bei verschiedener Be-

leuchtung und Stellung, bei den verschiedenen Lebensperioden und bei Personen mit dunkler oder heller Hautfarbe: dann hat man in der Auffindung einer veränderten Beschaffenheit der Reflexion (die oft durch Vergleich mit dem anderen Auge erleichtert wird) oder in ihrem gänzlichen Fehlen ein Mittel zur Diagnose von Netzhaut- und Aderhauterkrankungen.

Um ihre Bedeutung als Mittel zur Entdeckung von Netzhautveränderungen zu bestätigen, werde ich nun über einige interessante Fälle berichten, die im Londoner Ophthalmic Hospital vorgekommen sind. Die Erlaubniß dazu verdanke ich der Freundlichkeit der Aerzte jenes Instituts.

Fall 1. Amelia Flemming, 57 Jahre alt, hat viele Jahre an Kopfrheumatismus, wie sie es nannte, gelitten, hat aber nie die Gicht gehabt. In der letzten Zeit hat sich ihre Gesundheit gebessert, und ihre Kräfte haben sich sehr gehoben. Nach einer Durchnässung sah sie zahlreiche schwarze Flecke und helle Funken, welche, wie sie sagt, nur auf dem linken Auge auftraten, und die nach ihrer Beschreibung alle im nasalen Theil des Gesichtsfeldes lagen. Sie hatte keinen Schwindel und auch keine ungewöhnlichen Schmerzen im Kopf. Als sie im vergangenen April, drei Wochen nach dem ersten Auftreten dieser Symptome, in das Hospital aufgenommen wurde, war das Sehvermögen auf dem linken Auge bei geradeaus gerichtetem Blick folgendes. Die Hand oder ein anderes Object wurde, wenn es sich auf der nasalen Seite der Cornea befand, überhaupt nicht wahrgenommen, während es auf der temporalen Seite sofort erkannt wurde, und in dieser Gegend konnte auch

großser Druck als schwarze Linien unterschieden werden. Die Pupillen waren klein und auf beiden Augen gleich. Es wurde Atropin auf die Bindehaut des linken Auges geträufelt, die Pupille erweiterte sich gut, und bei der Untersuchung der Augen in der oben beschriebenen Weise ergaben sich folgende Reflexionsverhältnisse. Bei geradeaus gerichtetem Blick sandte das linke Auge nur wenig Licht aus, weniger als das rechte, dessen Pupille nicht erweitert war. Blickte sie nach rechts, so daß der rechte Theil der Netzhaut beider Augen der Beobachtung unterlag, so hatte die Reflexion ihre gewöhnliche Helligkeit und war auf beiden Augen gleich; beim Blicken nach links war keine Reflexion im linken Auge zu sehen, während sie im rechten Auge von gewöhnlicher Helligkeit war. Diese Beobachtung wurde gemacht, ohne daß man daran dachte, auf welcher Seite die Sehkraft noch bestand. In diesem Falle lag höchst wahrscheinlich eine Erkrankung der Netzhaut vor, es bestand aber kein anderes zuverlässiges Anzeichen dafür als die Aussage der Patientin über das Funkensehen. Die Pupillen waren gleichmäßig schwarz und das Auge sah normal aus; durch diese Untersuchungsmethode wurde es klar, daß die linke Hälfte der Netzhaut und wahrscheinlich auch ihre Fähigkeit, den Lichteindruck dem Gehirn zu übermitteln, eine beträchtliche Veränderung erlitten hatte.

Fall 2. John O., 42 Jahre alt, Seidenweber, von mäßiger Gesundheit, sieht kachektisch und abgezehrt aus. Vor drei und einem halben Jahre hatte er primäre Syphilis und darauf secundäre; dann bekam er eine schwere Entzündung des rechten Auges, gegen welche Quecksilber

angewandt wurde, und die Sehkraft besserte sich so weit, daß er lesen konnte. Ein Jahr nachher erschienen vor demselben Auge große schwarze Flecke und darauf leuchtende Funken, die er im Hellen und auch im Dunkeln sah; er hatte keine Schmerzen, die Sehkraft schwand schnell dahin, und seitdem ist der Zustand derselbe geblieben. Ein helles Licht ist das Einzige, was er unterscheiden kann, ausgenommen an der äußersten rechten Grenze des Gesichtsfeldes, wo er Objecte einigermaßen zu erkennen vermag. Die Pupillen waren klar, dunkel und erweiterten sich gut, die Linse war vollkommen durchsichtig. Am linken Auge war die Reflexion in einem Abstand von einigen Fuß glänzend und deutlich, während sie am rechten Auge in gleicher Entfernung nicht wahrgenommen werden konnte. Kam man jedoch näher heran und blickte sehr aufmerksam in das nach innen gewandte Auge, so konnte man sehen, daß eine Stelle hinter der Iris leuchtete, die dem einzigen Theil des Gesichtsfeldes entsprach, in dem das Unterscheidungsvermögen noch bestand.

Fall 3. Thomas P., Fuhrmann, 29 Jahre alt, erhielt einen Schlag mit der Hand auf das rechte Auge und den Rand der Augenhöhle. Als er sich zehn Minuten später schneuzte, schwoll das obere Augenlid so an, daß er das Auge nicht mehr öffnen konnte. Er setzte einen Blutegel, worauf die Schwellung zurückging und er mit dem Auge wieder ganz gut sah. Der Vorfall trug sich Mittwochs, am 11. Februar, zu. Am Freitag Abend traten heftige Schmerzen auf, verbunden mit Schwellung der Augenlider, das Auge ging zu, die Schmerzen, deren ausschließlicher Sitz die Augenhöhle

war, wurden unerträglich und waren nicht von Funken-
sehen begleitet. Man liefs ihm zur Ader und setzte
Blutegel. Auch wurde ein Einschnitt in das obere Augen-
lid gemacht, wobei sich Eiter entleerte. Nach theilweise
eingetretener Besserung liefs er sich in das Londoner
Ophthalmic Hospital aufnehmen. Die Schmerzen hatten
zu der Zeit ganz aufgehört, der Augapfel war weit her-
vorgetreten und das Sehvermögen gänzlich erloschen.

Am 12. März hatte der Augapfel seine normale Lage
wieder eingenommen und war vollkommen beweglich.
Die rechte Iris war unthätig, wenn das Auge allein dem
Lichte ausgesetzt war, reagirte aber ungehindert, wenn
Licht auf das linke Auge fiel. Die Pupille war klar
und schwarz. Es bestand vollständige Unempfindlichkeit
gegen den hellsten Lichtschein.

Es war in diesem Falle sehr interessant die Ursache
der vollständigen Erblindung zu erforschen. Wäre sie
eine Folge der blofsen Erschütterung der Netzhaut ge-
wesen, so hätte sie sofort eintreten müssen; sie schien
deshalb davon herzurühren, dafs die Netzhaut angegriffen
war und ihre Functionen durch die folgende Entzündung
aufgehoben wurden, oder davon, dafs die Entzündung
des Zellgewebes der Augenhöhle auf den Sehnerven über-
gegangen und denselben so schwer geschädigt hatte, dafs die
Fortpflanzung des Nervenreizes von der gesunden Netz-
haut nicht möglich war. Das Fehlen von Funkensehen
und von Schmerzen in der Umgebung der Augenhöhle
sprach sehr gegen die Annahme einer Netzhautentzün-
dung, und diese wurde sicher ausgeschlossen durch eine
Untersuchung des Auges in der oben beschriebenen Weise

bei welcher eine äußerst glänzende Reflexion auf beiden Augen sich zeigte, die also klar ergab, daß die Netzhaut und der Glaskörper von normaler Beschaffenheit waren. Die einzig übrig bleibende Erklärung war demnach, daß die Entzündung den Sehnerven selbst ergriffen hatte.

Fall 4. P. P., Maurer, 27 Jahre alt, hatte vor zwei Jahren eine schwere Entzündung beider Augen; nach der Genesung von dieser Krankheit, welche bis dahin das Sehvermögen nicht angegriffen, begann dieses allmählich abzunehmen; er hatte keine Schmerzen im Kopfe, sah auch weder Mücken noch helle Funken. Jetzt kann er nur hell und dunkel unterscheiden; die Pupillen sind unregelmäßig, und leichte Trübungen auf der Cornea beider Augen lassen auf eine frühere Entzündung des vorderen Theiles des Augapfels schließen. Die Reflexion ist auf beiden Augen von normaler Helligkeit.

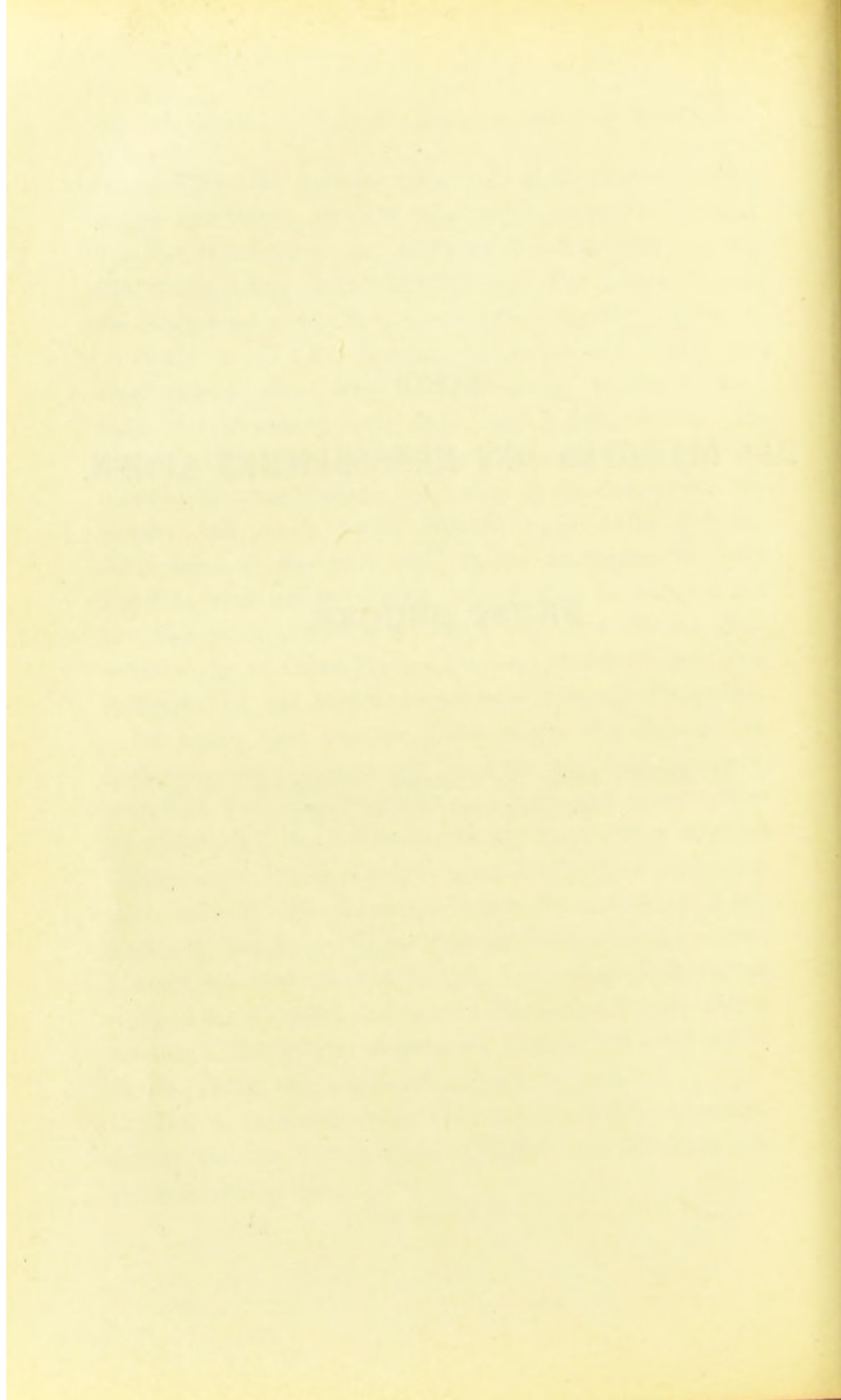
Im ersten und zweiten Falle zeigte das Fehlen der Reflexion eine Veränderung im Auge an; man kann verschiedene Ursachen hierfür annehmen: eine ausgedehnte Veränderung in der Aderhaut, Ablagerungen einer dunklen Substanz in ihrem Gewebe oder Verstopfung ihrer Gefäße, eine geringe Abnahme in der Durchsichtigkeit der Netzhaut, welche an der Leiche nicht hätte entdeckt werden können, da diese Membran kurz nach dem Tode immer trübe wird — alles das würde die Reflexion zu nichte machen. Die zuletzt angeführte Veränderung schien in diesen Fällen die wahrscheinlichste zu sein.

Fall 4, in welchem die Reflexion unverändert bestand, gehört zu den verschiedenen Fällen von Blindheit aus cerebraler Ursache.

UEBER
DAS LEUCHTEN DER MENSCHLICHEN AUGEN.

VON
ERNST BRÜCKE.

(J. Müller's Archiv für Anatomie, Physiologie u. s. w.
Jahrgang 1847. S. 225—227.)



Als ich vor Kurzem eines Abends in dem Sprechzimmer der hiesigen Universität zwischen der daselbst befindlichen Hängelampe und der Thür stand, sah ich die Pupillen eines jungen Mannes, der eben hinausging, als er sich umwendete, um die Thür zu schliessen, mit lebhaft rother Farbe leuchten. Es fielen mir sogleich verschiedene Erzählungen von dem Leuchten der Augen einzelner Personen ein, die ich immer für Fabeln gehalten hatte, indem ich glaubte, dass nur die Augen leukotischer Menschen in derselben Weise, wie die der weissen Kaninchen leuchten könnten. Der junge Mann aber, dessen Augen ich soeben hatte leuchten sehen, hatte dunkles Haar, und mithin war an Albinismus nicht zu denken. Ich kam deshalb auf den Gedanken, ob nicht vielleicht die Augen aller Menschen unter günstigen Bedingungen zum Leuchten zu bringen wären. Die Methode, nach der ich verfuhr, um mich hierüber zu belehren, ist ganz dieselbe, welcher ich mich früher bedient, um das Leuchten der Katzen- und Hundeaugen zu beobachten, und in Müller's Archiv, Jahrgang 1845, S. 390, beschrieben habe.¹ Ich fand nun in der That, dass man die Pupillen aller Menschen in rother Farbe

¹ Siehe S. 6 und 7 des vorliegenden Bändchens.

leuchten sehen kann, daß aber die Augen jugendlicher Individuen hierzu besonders geeignet sind, während bei älteren die Erscheinung ungleich schwächer ist. Der Grund dieses Unterschiedes kann in drei Ursachen gesucht werden: 1. darin, daß bei älteren Personen das Chorioidalpigment mehr entwickelt ist, 2. darin, daß die optischen Medien ihrer Augen weniger vollkommen durchsichtig sind, 3. darin, daß ihre Pupillen unter übrigens gleichen Umständen im Allgemeinen enger sind, als bei jungen Leuten, und daß deshalb ihre Netzhautbilder eine geringere objective Lichtstärke besitzen. Was die Erklärung der Erscheinung im Allgemeinen betrifft, so verweise ich auf das, was ich in meinem Aufsatze „Ueber die sogenannten leuchtenden Augen bei den Wirbelthieren“ (Müller's Arch., 1845, S. 387)¹ über das rothe Leuchten der Hundeaugen gesagt habe. Will man das Leuchten der Menschengenossen recht schön und deutlich sehen, so verfähre man auf folgende Weise: Man nehme von einer gewöhnlichen Oellampe mit cylindrischem Dochte und Glaszylinder, wie sie jetzt allgemein in Gebrauch sind, die Glasglocke mit dem sie tragenden Metallringe ab, und regulire den Docht so, [daß er mit kurzer, aber intensiver Flamme brennt. Dann stelle man die Lampe dicht vor sich hin und lasse den zu Beobachtenden in einer Entfernung von 8 bis 10 Fufs in der Weise sich gegenüber sitzen, daß seine Augen sich ungefähr in gleicher Höhe mit der Flamme befinden. Hierauf ver-

¹ Siehe S. 1 des vorliegenden Bändchens.

decke man sich die Flamme mit einem Schirm, bringe seine Augen ebenfalls in gleiche Höhe mit derselben und sehe mit dem einen hart an ihr vorbei nach den Augen des Gegenübersitzenden. Sieht dieser nun mit weit geöffneten Augenlidern neben der Lampe vorbei in's Dunkle, oder bewegt er seine Augen langsam hin und her, so leuchten seine Pupillen mit rother Farbe, während die Iris durch den Contrast einen Stich in's Grüne bekommt. Das Zimmer muß von keinem anderweitigen Lichte erhellt sein, auch ist es günstig, wenn es groß und in einer dunkeln Farbe ausgemalt ist, damit sich die Pupillen möglichst erweitern.

Als ich diesen Versuch einigen meiner Freunde gezeigt hatte, sagte mir Hr. Dr. Carl von Erlach, daß er schon vor sehr langer Zeit die Augen eines seiner Freunde durch seine Brille habe leuchten sehen, auch habe er mich bereits vor einem Jahre einmal hierüber befragt, wir seien aber unterbrochen und die Sache nicht weiter erwähnt worden. Er habe indessen die Erscheinung seither öfter und noch Tags vorher an einem anderen seiner Bekannten wahrgenommen, und er sei darauf aufmerksam gemacht, daß, während er dieselbe sah, seine Brille spiegele. Es gelang ihm auch alsbald, meine Augen leuchten zu sehen, wenn ich mit dem Rücken gegen die Lampe gewendet so vor ihm stand, daß ich das Spiegelbild der Flamme in einem seiner Brillengläser sah, und seitdem ist die Erscheinung von mehreren unserer Bekannten, welche Hohlbrillen tragen, gesehen worden, nachdem wir sie auf die Umstände aufmerksam gemacht haben, unter denen sie eintritt. Sie fällt offen-

bar in Rücksicht auf ihre Erklärung mit dem Resultate des oben beschriebenen Versuches zusammen und beide unterscheiden sich nur dadurch, daß ein Mal das leuchtende Netzhautbild von dem Spiegelbilde der Flamme, das andere Mal von der Flamme selbst herrührt.¹

¹ Wenige Monate, nachdem E. v. Brücke diese Abhandlung veröffentlicht hatte, erhielt er von Cumming's Versuchen Kenntniß und erkannte in einem kurzen „Nachtrage“ (J. Müller's Archiv. Jahrg. 1847. S. 479) dessen Priorität an.

Anm. d. Herausg.

BESCHREIBUNG EINES AUGENSPIEGELS

ZUR UNTERSUCHUNG

DER NETZHAUT IM LEBENDEN AUGE.

VON

H. HELMHOLTZ.

(Als Brochüre erschienen, Berlin 1851, A. Förstner'sche
Verlagsbuchhandlung.)

RECEIVED FROM THE DEPARTMENT OF THE ARMY

OFFICE OF THE ADJUTANT GENERAL

WASHINGTON, D. C.

EXHIBIT

RECEIVED FROM THE DEPARTMENT OF THE ARMY

OFFICE OF THE ADJUTANT GENERAL

Vorliegende Abhandlung enthält die Beschreibung eines optischen Instruments, durch welches es möglich ist, im lebenden Auge die Netzhaut selbst und die Bilder leuchtender Körper, welche auf ihr entworfen werden, genau zu sehen und zu erkennen. Das Instrument hat für diesen Zweck hauptsächlich zwei verschiedene Aufgaben zu lösen. Erstens erscheint uns alles, was wir vom Hintergrund des unverletzten Auges erblicken können, absolut dunkel. Der Grund davon liegt, wie ich zeigen werde, in den lichtbrechenden Medien des Auges, welche unter gewöhnlichen Umständen verhindern, daß wir erleuchtete Netzhautstellen hinter der Pupille erscheinen sehen. Deshalb handelt es sich zunächst darum, eine Beleuchtungsart zu finden, durch welche gerade der Theil der Netzhaut, nach welchem wir durch die Pupille hinsehen, ausreichend erhellt werde. Zweitens erblicken wir den Hintergrund des Auges nur durch die lichtbrechenden Mittel hindurch. Diese entwerfen aber von den Netzhautobjecten Bilder, welche im allgemeinen für den Beobachter nicht in den Grenzen des deutlichen Sehens liegen. Wir brauchen also neben einem eigentümlichen Verfahren zur Beleuchtung auch noch optische Hilfsmittel, welche dem beobachtenden Auge eine richtige Accommodation für die Gegenstände, die es sehen soll, möglich machen.

1. Beleuchtung.

Um die wesentlichen Bedingungen für die Methode der Beleuchtung finden zu können, müssen wir uns zunächst klar machen, warum uns für gewöhnlich der Grund des Auges hinter der Pupille in so tiefer Schwärze erscheint.

Die Ursache davon ist nicht die Beschaffenheit des Pigments der Chorioidea; denn wenn selbst die Pigmentschicht das auffallende Licht vollständiger absorbierte als irgend ein anderer schwarzer Körper, den wir kennen, so liegen doch vor ihr Theile, welche hinreichend viel von dem auffallenden Lichte reflectiren können, um gesehen zu werden. Das gilt zunächst schon von der Substanz der Netzhaut, welche allerdings im frischen Zustande sehr durchsichtig ist, und sich wenig auf der schwarzen Pigmentunterlage abzeichnet, in viel höherem Grade aber von den Blutgefäßen dieser Membran, deren Stämmchen Blut genug führen, um eine kräftige rote Färbung darzubieten. Endlich kommt sogar im Grunde des Auges eine glänzend weiße Stelle vor, nämlich die Eintrittsstelle des Sehnerven, auf welcher gar kein Pigment liegt, und die deshalb alles auffallende Licht reflectirt. Und doch bemerken wir unter gewöhnlichen Umständen hinter der Pupille des lebenden Auges weder von der roten Farbe des Blutes noch von der weißen des Sehnerven die geringste Spur.

Es läßt sich vielmehr durch einen einfachen Versuch zeigen, daß nicht die Färbung des Hintergrundes, sondern nur die Brechung des Lichtes in den Augenmedien die Ursache der tiefen Schwärzung der Pupille ist. Man nehme

irgend eine kleine, innen wohl geschwärzte Camera obscura z. B. ein künstliches Auge, und bringe an die Stelle, wo das Bild entworfen wird, eine undurchsichtige weiße Tafel, z. B. eine solche aus dickem weißem Zeichenpapier. Es lassen sich dazu unter anderen die Ocularröhren der meisten Mikroskope gebrauchen, nachdem man das Ocularglas daraus entfernt, das Collectivglas aber darin gelassen hat. Diese Röhren sind meistens genau so lang als die Brennweite des Collectivglases. Setzt man sie mit dem Ende, welches das Ocular enthielt, auf die weiße Tafel auf, so bilden sie eine Camera obscura, wie wir sie brauchen. Es werden in diesem Falle sehr helle Bilder der umgebenden lichten Gegenstände auf der weißen Tafel entworfen, und doch sieht das Innere des Instruments, wenn man durch die Glaslinse in beliebiger Richtung hineinsieht, absolut schwarz aus. Wir haben hier eine künstliche Nachbildung des Auges, wo Hornhaut und Krystalllinse durch das Objectivglas der Kammer, die Retina durch eine helle weiße Papierfläche ersetzt werden, aber es findet scheinbar dieselbe vollständige Dunkelheit des inneren Raumes wie im Auge statt, so lange die Papierfläche genau da liegt, wo die Bilderchen der äußeren Gegenstände entworfen werden. Nimmt man das Convexglas fort, oder ändert man seine Entfernung von der Papierfläche bedeutend, so erscheint dem Beschauer sogleich die helle weiße Farbe der letzteren.

Wie kann nun die Brechung des Lichtes das besprochene Phänomen bedingen? Ueberlegen wir den Gang, welchen die Lichtstrahlen nach den physikalischen Gesetzen der Lichtbrechung im Auge nehmen müssen.

Es falle Licht von einem leuchtenden Punkte auf ein passend accommodirtes Auge, von dem wir annehmen wollen, daß es vollkommen genau gebildet sei, d. h. alle von jenem Punkte einfallenden Lichtstrahlen auch auf einen einzigen Punkt der Retina concentriren. Von dem Lichte, welches durch die Augenmedien convergirend bis zu dieser Membran gedrungen ist, wird der größte Theil durch das schwarze Pigment absorbirt, der kleinere theils von den Nervenelementen und Blutgefäßen, theils von der Schicht der stabförmigen Körperchen reflectirt. Was von den letzteren zurückgeworfen wird, geht, wie E. Brücke gezeigt hat, durch die Pupille wieder hinaus, ohne sich nach einem anderen Theile der Wand des Auges hin zu zerstreuen. Dadurch wird die Verbreitung merklicher Quantitäten zerstreuten Lichtes innerhalb des Auges vermieden. Die reflectirten Strahlen, die von dem Convergencepunkte auf der Netzhaut aus divergirend zu den brechenden Flächen des Auges zurückgehen, verfolgen alsdann genau denselben Weg in umgekehrter Richtung, auf welchem die einfallenden Strahlen des leuchtenden Punktes von den brechenden Flächen des Auges aus nach der Netzhaut zu convergiren. Daraus folgt, daß die rückkehrenden Strahlen, auch nachdem sie durch die brechenden Medien hindurch und aus dem Auge herausgetreten sind, den einfallenden vollständig congruent sein müssen, sich schliesslich also alle wieder zu dem ursprünglich leuchtenden Punkte zurückbegeben werden.

Denn wenn zwei Strahlen, welche durch mehrere einfach brechende Medien in entgegengesetzter Richtung hindurchgehen, in einem derselben congruiren, müssen sie

es in allen. An den Grenzflächen des Mediums nämlich, innerhalb dessen sie congruiren, ist der Einfallswinkel des austretenden Strahles identisch mit dem Brechungswinkel des eindringenden. Da nun nach dem Brechungsgesetz das Verhältniß der Sinus zwischen Einfalls- und Brechungswinkel des ersteren gerade eben so groß ist, wie das zwischen Brechungs- und Einfallswinkel des letzteren, so müssen auch auf der anderen Seite der brechenden Fläche der Brechungswinkel des austretenden und der Einfallswinkel des eindringenden Strahles gleich sein. Da gleichzeitig alle diese Strahlen in einer Ebene, der Brechungsebene, liegen, so folgt, daß sie auch im zweiten Medium ganz in einander fallen. Ebenso ergiebt es sich weiter für das dritte, vierte Medium u. s. w.

Wenden wir das auf den Fall an, wo ein beliebiges System brechender Flächen ein genaues Bild eines leuchtenden Punktes a in dem Punkte b erzeugt, d. h. alle Strahlen, welche von a ausgehen, in b wieder vereinigt, so ergiebt sich die bekannte Thatsache, daß dann auch stets a das Bild von b sein wird, wenn letzteres Strahlen aussendet. Genau auf denselben Wegen nämlich, auf denen Strahlen von a nach b gehen, können sie auch von b nach a zurückgehen. Ist nun a ein leuchtender Punkt auferhalb des Auges, und b sein Bild, ein Punkt der Netzhaut, so werden die Augenmedien das zurückkehrende Licht genau in a wieder zu einem Bilde von b concentriren. Das Bild des erleuchteten Netzhautpunktes wird genau mit dem ursprünglich leuchtenden Punkte zusammenfallen. Dasselbe gilt auch noch, wenn wir es nicht mit einem leuchtenden Punkte, sondern mit einer

leuchtenden Fläche oder einem Körper zu thun haben, sobald das Auge für ihre Begrenzungslinien richtig accommodirt ist. Alles einfallende Licht, welches zurückgeworfen wird, kann immer nur nach seinem Ausgangspunkte zurückgehen, und nie irgend eine andere Richtung einschlagen.

Daraus folgt, daß wir ohne besondere Hilfsmittel nichts von der beleuchteten Stelle der Retina sehen können, weil wir unser Auge nicht in die Richtung des zurückkommenden Lichtes bringen können, ohne gleichzeitig das einfallende gänzlich abzuschneiden. Zu unserer Pupille kann aus der Tiefe des fremden Auges kein Licht zurückkehren, welches nicht von ihr ausgegangen ist. Und da für gewöhnlich keines von ihr ausgeht, so sieht sie in dem Dunkel des fremden Auges nur den Widerschein ihrer eigenen Schwärze; nur diejenige Netzhautstelle wird ihr sichtbar, auf welcher ihr eigenes dunkles Bild sich abbildet.

Wir haben bis jetzt vorausgesetzt, daß das beobachtete Auge absolut genaue Bilder liefere. Wenn das nicht der Fall ist, so können die bisher aufgestellten Sätze nicht mehr in aller Strenge gelten, es wird das zurückkehrende Licht zwar im allgemeinen nach dem leuchtenden Körper sich hinwenden, aber auch zum Theil vorbeigehen, und ein Beobachter, welcher sich der Richtungslinie des einfallenden Lichtes möglichst annähert, wird einen Theil des austretenden Lichtes wahrnehmen können. Darauf beruhen die Methoden von Cumming¹⁾ und

¹ Medic. Chirurg. Transactions T. 29 p. 283. [Auf S. 15—34 des vorliegenden Bändchens in Uebersetzung abgedruckt.]

Anm. d. Herausg.

Brücke,¹ das Leuchten der Menschengen zu beobachten. Aus dem Bisherigen ist ersichtlich, dass hierbei das Leuchten desto stärker sein muss, je weniger genau die Strahlen eines leuchtenden Punktes auf einen Punkt der Netzhaut concentrirt werden, daher namentlich bei mangelnder Accommodation. Übrigens habe ich mich überzeugt, dass man ein schwaches Leuchten nach der Methode von E. Brücke auch an scharf sehenden Augen bei vollkommener Accommodation für den leuchtenden Körper bemerken kann, woraus zu schliessen ist, dass unter allen Umständen eine kleine Menge des einfallenden Lichtes seitlich zerstreut wird. Der Grund davon mag Ungenauigkeit des Auges, unvollkommene Durchsichtigkeit seiner brechenden Theile oder Diffraction am Rande der Pupille sein.

Jedenfalls nimmt bei diesen Versuchen der Beobachter nur einen kleinen Theil des zurückkommenden Lichtes wahr, und zwar gerade den unregelmässig gebrochenen, welcher zur Erzeugung eines regelmässigen Bildes nicht mehr zu benutzen ist. Zur Erreichung unseres Zweckes ist eine andere Methode notwendig, die es möglich macht, nicht bloss annähernd, sondern genau in der Richtung des einfallenden Lichtes in das Auge hinein zu sehen. Das Hilfsmittel dazu ist schon in einer zufälligen Beobachtung von v. Erlach gefunden, welche E. Brücke anführt. v. Erlach, der eine Brille trug, sah nämlich die Augen eines Bekannten leuchten, wenn letzterer in den Gläsern der Brille das im Zimmer befindliche Licht gespiegelt sah. Hierbei wurden also unbelegte Gläser als Beleuch-

¹ J. Müllers Archiv. 1847. p. 225. [Auf S. 37—40 des vorliegenden Bändchens abgedruckt.]

Anm. d. Herausg.

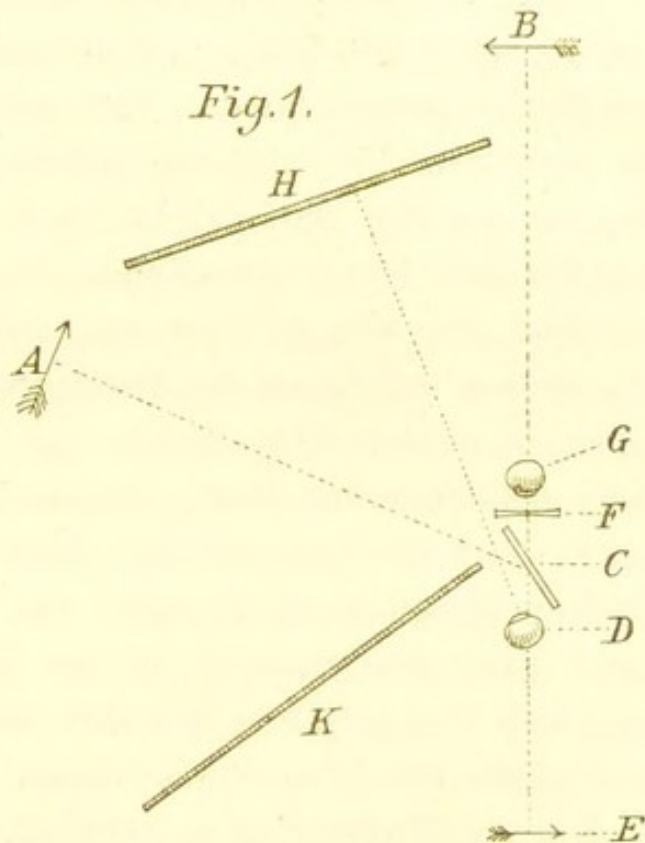
Neudrucke.

tungsspiegel benutzt, und durch eben diese sah der Beobachter nach dem beobachteten Auge hin. Ganz dasselbe Hilfsmittel werden wir für unseren Zweck benutzen, die Brillengläser aber mit Vortheil durch gut geschliffene ebene Gläser ersetzen.

In einem verdunkelten Zimmer, wo sich nur eine Lichtquelle, eine gut brennende Lampe oder eine Öffnung im Fensterladen für das Sonnenlicht vorfindet, stelle man eine kleine, ebene Glasplatte so, daß das beobachtete Auge darin das Spiegelbild des Lichtes wahrnehme, ohne daß es jedoch notwendig dieses Spiegelbild direct anzusehen braucht. Von der Vorderseite des Glases aus fällt bei dieser Anordnung Licht in das beobachtete Auge, und durch dasselbe Glas hindurch kann gleichzeitig der Beobachter das Auge betrachten, ohne dabei von dem an seiner Vorderseite reflectirten Lichte irgend etwas wahrzunehmen. Man begreift, daß es so möglich werde, genau in derselben Richtung in das fremde Auge hineinzusehen, in welcher das Licht einfällt. Unter diesen Umständen empfängt das Auge des Beobachters in der That Licht aus der Tiefe des anderen Auges, und sieht dessen Pupille scheinbar leuchten.

Es sei in Fig. 1. *A* die Flamme, *C* die Glastafel, *D* das beobachtete, *G* das beobachtende Auge. Das von *A* auf die Spiegelplatte fallende Licht wird von dieser theilweise reflectirt, und der reflectirte Theil geht nach den Gesetzen der Katoptrik weiter, als wenn er von dem Spiegelbilde der Flamme in *B* herkäme. Für das beobachtete Auge vertritt dieses Spiegelbild die Stelle des leuchtenden Objectes, und auf seiner Netzhaut wird ein

umgekehrtes und verkleinertes Bildchen davon entworfen. Übrigens kann die Axe dieses Auges beliebig, etwa nach dem Gegenstande *H* hin, gerichtet sein. Nach den vorher entwickelten Regeln entwerfen die brechenden Mittel von *D* das Bild seiner Netzhaut und seines Netzhautbildchens wiederum nach *B*. Denn *B* ist das scheinbar vorhandene Object für das Auge *D*, und die aus letzterem zurückkehrenden Strahlen müssen wieder nach ihrem Ursprungsorte hingehen. Auf dem Wege von *D* nach *B* trifft dieses Licht wieder die spiegelnde Platte, ein Theil wird reflectirt und geht nach der wirklichen Flamme *A* zurück, ein anderer Theil durchdringt das Glas, und trifft das Auge des Beobachters *G*.



Bei dieser Anordnung scheint die Pupille des Auges *D* in rothem Lichte zu leuchten, und zwar im allgemeinen stärker, als ich es nach der Methode von Brücke gesehen habe. Nach dieser trägt zum Leuchten nur das wenige Licht bei, welches im Auge nicht vollständig regelmäfsig gebrochen wird, nach der jetzt besprochenen dagegen das ganze Licht mit Ausnahme der allerdings

nicht unbeträchtlichen Theile, welche bei dem Durchgang durch das spiegelnde Glas verloren gehen. Übrigens ist das Leuchten von sehr verschiedener Stärke, wenn verschiedene Stellen der Netzhaut das Flammenbildchen aufnehmen. Wenn das Auge *D* sich nach verschiedenen Richtungen hinwendet, muß doch immer das helle Netzhautbildchen in der Verlängerung der Linie *BD* liegen bleiben, wird also nach einander auf verschiedene Stellen des Hintergrundes fallen. Fällt es auf die Eintrittsstelle des Sehnerven, so wird am meisten Licht reflectirt, die Pupille leuchtet stark gelbweiß auf, fast so, als wenn eine Flamme hinter ihr stände. Die eigentliche Netzhaut dagegen reflectirt weniger und zwar rothes Licht. Im allgemeinen erscheint das Flammenbildchen auf ihr desto heller, je näher, desto dunkler, je ferner es der Eintrittsstelle des Sehnerven liegt. Dagegen reflectirt ausnahmsweise die Stelle des directen Sehens, der gelbe Fleck, welcher getroffen wird, wenn das beobachtete Auge *D* direct nach dem Spiegelbilde der Flamme in *B* hinsieht, sehr viel weniger Licht, als ihre nächste Umgebung, und ist deshalb für diese Versuche am ungünstigsten.

Um die Bedingung zu erfüllen, daß der Beobachter genau in der Richtung des einfallenden Lichtes in das Auge hineinsehe, kann die Glasplatte entweder von dem Beobachteten oder von dem Beobachter gerichtet werden. Will es ersterer thun, so wende er sie zunächst so, daß er in ihr Spiegelbild des Lichtes sehe, dann weiter so, daß ihm dieses Bild genau in derselben Richtung erscheine wie das beobachtende Auge, daß sich ihm also das letztere und die gespiegelte Flamme scheinbar decken. Hiermit

ist die gestellte Bedingung erfüllt. Dabei findet der Übelstand statt, daß das beobachtete Auge nach der Flamme direct hinsehen muß, das Netzhautbildchen also gerade auf die Stelle fällt, wo am wenigsten Licht reflectirt wird. Wendet der Beobachtete aber, nachdem er die richtige Stellung gefunden hat, sein Auge etwas seitwärts, um das Leuchten heller erscheinen zu lassen, so verschiebt sich die Pupille und die richtige Stellung wird gestört. Man kann dann wohl durch leichtes Hin- und Herdrehen des Spiegels nachhelfen.

Besser ist jedoch die andere Weise den Versuch anzustellen, wobei der Beobachter selbst das Glas hält. Man muß hierbei das zu beobachtende Gesicht beschatten, und die spiegelnde Platte so klein machen, daß sie zum Durchsehen eben genügt. Das reflectirte Licht derselben erzeugt dann auf dem beschatteten Gesichte des Beobachters einen kleinen hellen Fleck, der ungefähr die Gestalt des reflectirenden Glases hat. Diesen Schein lenke der Beobachter so, daß seine Mitte auf das beobachtete Auge fällt, während er selbst durch das Glas sieht. Auf diese Weise läßt sich das Glas sehr leicht richtig stellen, und das beobachtete Auge kann ohne jede Schwierigkeit nach allen Seiten gewendet werden, um das Flammenbildchen auf verschiedene Theile der Netzhaut fallen zu lassen.

Ein jeder kann nun auch in ähnlicher Art mit Hülfe eines Stückchen ebenen Glases eines seiner eigenen Augen leuchten sehen. Er trete vor einen Spiegel, stelle seitwärts eine Lampe auf, halte das Glas vor sein rechtes Auge so, daß er darin die Flamme gespiegelt sieht, und wende es so, daß das Flammenbild mit dem Spiegelbilde

seines linken Auges zusammenfällt; dann sieht sein linkes Auge das Spiegelbild seiner rechten Pupille leuchten, aber allerdings nur schwach, weil das Netzhautbildchen auf die äußere Seite des Auges ziemlich entfernt von dem Sehnerven fällt.

Übrigens läßt sich dasselbe einfache Hilfsmittel überall da mit Vorthail zur Beleuchtung anwenden, wo man in eine dunkle Höhlung mit enger Oeffnung hineinsehen will, z. B. in den Gehörgang, die Nase u. s. w. Um das Trommelfell zu besichtigen, setze man die betreffende Person mit dem Rücken gegen das Fenster, am besten bei Sonnenschein, ziehe die Ohrmuschel etwas nach hinten, und werfe das reflectirte Sonnenlicht in den Gehörgang, während man durch das Glas hineinsieht. So kann man sehr leicht und bequem das Trommelfell beliebig scharf beleuchten und betrachten.

Um die Pupille leuchten zu sehen, genügt jede einfache Glastafel als Spiegel; man braucht dabei auf die Intensität des Lichts nicht besonders Rücksicht zu nehmen. Kommt es aber darauf an, mittels dieses Lichtes die Structur der Retina und die Beschaffenheit des Flammenbildchens deutlich zu erkennen, so muß man suchen, die Helligkeit so groß zu machen, als es irgend geht. Das läßt sich durch zweierlei Mittel erreichen, nämlich durch eine passende Wahl des Winkels, unter welchem das einfallende Licht von der spiegelnden Platte reflectirt wird, und durch Vergrößerung der Zahl der spiegelnden Platten. Ich werde hier die Grundsätze entwickeln, welche mich in dieser Beziehung bei der Construction meines Instruments geleitet haben, und

welche auch zu Grunde zu legen sein würden, falls Augenärzte etwa Modificationen des Instruments zu praktischen Zwecken für nöthig erachten sollten. Für diejenigen meiner Leser, denen die hierbei vorkommenden physikalischen Begriffe nicht geläufig sind, bemerke ich übrigens, daß diese Auseinandersetzung für das Verständniß der folgenden Abschnitte nicht nothwendig ist.

Von jeder Begrenzungsfläche einer Glasplatte wird desto mehr Licht reflectirt, je größer der Einfallswinkel, d. h. der Winkel zwischen dem Strahle und einer Linie ist, welche auf der Platte senkrecht steht. Da bei der Reflexion von den Oberflächen durchsichtiger Körper die Lichtundulationen von verschiedenen Schwingungsrichtungen sich verschieden verhalten, müssen wir das einfallende Licht in zwei gleiche Portionen zerlegt denken, von denen die eine der spiegelnden Fläche parallel, die andere senkrecht darauf polarisirt ist. Die Lichtintensität des ganzen einfallenden Lichtes wollen wir J nennen, also die von einer jeden der erwähnten Portionen $\frac{1}{2}J$, den Einfallswinkel (Winkel zwischen dem einfallenden Strahle und dem Einfallslot) α , den Brechungswinkel (zwischen dem gebrochenen Strahle und dem Einfallslot) α_1 , das Brechungsverhältniß v . Ist α gegeben, so finden wir zunächst α_1 durch die Gleichung

$$\sin \alpha = v \sin \alpha_1.$$

Die Intensität P des von einer Grenzfläche zwischen Luft und Glas zurückgeworfenen, senkrecht auf die Einfallsebene polarisirten Lichtes ist nach den Formeln von Fresnel

$$P = \frac{J \cdot \tan^2 (\alpha - \alpha_1)}{2 \cdot \tan^2 (\alpha + \alpha_1)}$$

Ebenso die Intensität Q des reflectirten, der Einfallsebene parallel polarisirten Lichtes:

$$Q = \frac{J}{2} \cdot \frac{\sin^2 (\alpha - \alpha_1)}{\sin^2 (\alpha + \alpha_1)}$$

Wenn mehrere spiegelnde Flächen parallel hinter einander liegen, und die leuchtende Fläche groß genug ist, daß die Spiegelbilder derselben, welche von den einzelnen spiegelnden Flächen entworfen werden, sich für das beobachtete Auge größtentheils decken, so addiren sich die einzelnen Bilder zu einem von größerer Helligkeit. Durch Berechnung der zwischen den einzelnen Flächen hin und her reflectirten Lichtmengen kann man für jedes System paralleler Flächen bestimmen, wie viel Licht es im ganzen reflectirt. Für eine unbestimmte Zahl n der spiegelnden Flächen findet man die Summe II des senkrecht gegen die Einfallsebene polarisirten Lichtes

$$II = \frac{n P}{J + 2 (n - 1) P} J$$

und die Summe Σ des parallel der Einfallsebene polarisirten

$$\Sigma = \frac{n Q}{J + 2 (n - 1) Q} J.$$

Da ich diese Formeln in keiner physikalischen Schrift finde, gebe ich ihre Ableitung kurz am Ende dieser Abhandlung.

Die Summe $II + \Sigma$ giebt uns die ganze von dem System der spiegelnden Flächen zurückgeworfene Lichtmenge, welche sich nach dem beobachteten Auge hinwendet, wir wollen sie gleich H setzen, so daß:

$$H = II + \Sigma.$$

Bei unveränderter Pupillenweite ist die Helligkeit des Netzhautbildes dieser Lichtmenge proportional. Die aus dem Auge zurückkehrende Lichtmenge können wir also gleich mH setzen, wo m einen Coefficienten bezeichnet, dessen Größe für verschiedene Lichtintensitäten constant ist, aber von der Natur der getroffenen Netzhautstelle abhängt. Das zurückkehrende Licht theilt sich an den spiegelnden Flächen wiederum in einen reflectirten und einen durchgehenden Theil, nur der letztere gelangt in das Auge des Beobachters. Das Licht, welches an der Retina reflectirt ist, besitzt, wie es mit diffus reflectirtem Lichte der Fall zu sein pflegt, keine Polarisation mehr, verhält sich in dieser Beziehung also ebenso, wie das den Spiegel treffende Licht der Lichtquelle. Da es außerdem unter demselben Winkel auf die Platten fällt, so wird verhältnißmäßig ebensoviel von ihm reflectirt und durchgelassen, wie von jenem. Bezeichnen wir den durchgelassenen Theil mit X , so haben wir die Proportion

$$X : mH = (J - H) : J.$$

Daraus läßt sich die Lichtmenge X , welche in das Auge des Beobachters dringt, berechnen. Für $H = 0$ und $H = J$, d. h. wenn gar kein oder alles Licht reflectirt wird, wird $X = 0$. Zwischen diesen Grenzwerten von H existirt ein Maximum des Werthes von X , welches nach den bekannten Regeln der Differentialrechnung bestimmt werden kann. Das Maximum tritt ein, wenn

$$H = \frac{1}{2} J.$$

Dann wird

$$X = \frac{1}{4} mJ.$$

Durch diese Bedingung wird für eine gegebene Anzahl

spiegelnder Platten auch der Winkel bestimmt, unter welchem die Reflexion stattfinden muß, um dem Beobachter das hellste Bild zu geben. Leider läßt sich die Gleichung, welche die Abhängigkeit der GröÙe H von dem Einfallswinkel α ausdrückt, nicht nach α auflösen; wir können deshalb die passenden Werthe von α nur annähernd durch Rechnungsversuche finden. Übrigens lohnt es nicht, die Genauigkeit dieser Rechnung sehr weit zu treiben, einmal weil die Helligkeit für den Beobachter sich nicht beträchtlich ändert, wenn auch die Stellung der Gläser nicht ganz die für das Maximum erforderliche ist, und zweitens, weil die Änderungen der Pupillenweite bei verschiedener Intensität des einfallenden Lichtes nicht mit in Rechnung gezogen werden können.

Da die Pupille des beobachteten Auges durch stärkeres einfallendes Licht kleiner wird, so wird auch die Helligkeit des Netzhautbildchens nicht ganz in demselben Verhältnisse zunehmen, wenn die Werthe von H wachsen, wie sie es nach den entwickelten Formeln sollte. Es ist deshalb vortheilhafter in dem Instrument die Werthe von H etwas kleiner herzustellen, als für das Maximum von X in der obigen Rechnung erforderlich sein würde. Man erreicht z. B. den wenig von dem obigen Maximum abweichenden Wert

$$X = \frac{1}{3} mJ,$$

wenn man das Licht von einer Glasplatte ungefähr unter einem Winkel von 70° , von dreien unter 60° , von vier unter 55° reflectiren läßt, und diese Stellungen werden deshalb ungefähr die vortheilhaftesten sein.

Die nöthige Helligkeit kann man also auch mit einer

Glasplatte als Spiegel erreichen. Der Gebrauch mehrerer Platten unter kleinerem Einfallswinkel hat aber wesentliche Vortheile, wenn man deutliche Bilder der Netzhaut gewinnen will. Zunächst sind Glasplatten, auch wenn sie gut geschliffene parallele Flächen haben, nicht immer im Innern von so gleichmäßiger Structur, daß sie bei sehr schiefer Hindurchsehen noch gute und deutliche Bilder geben. Dann wird es bei sehr schiefer Einfall schwerer, der spiegelnden Platte die richtige Stellung gegen das beobachtete Auge zu geben, und sie darin zu erhalten. Auch fängt der Beobachter leichter durch die seitlichen Theile seines Kopfes die Lichtstrahlen ab, welche auf den Spiegel fallen sollten; namentlich möchte dies bei Einfallswinkeln von mehr als 70° kaum zu vermeiden sein. Endlich kommt noch ganz besonders in Betracht, daß eine kleine Menge des Lichtes, welches in das beobachtete Auge einfällt, schon von dessen Hornhaut zurückgespiegelt wird, und dem Beobachter als eine verwachsene lichte Stelle im Gesichtsfelde erscheint. Diese fällt mitten auf die Pupille, wenn das beobachtete Auge sich gerade nach dem Spiegel hinwendet, also das Spiegelbild der Flamme direct ansieht; sie fällt mehr nach der Seite, wenn es sich nach einer anderen Richtung hinwendet, stört aber die Beobachtung der Netzhaut immer mehr oder weniger. Es ist also ein wesentlicher Vortheil, wenn man den Hornhautreflex für den Beobachter möglichst schwächen kann. Nun erscheint er aber in der That viel schwächer, wenn 4 Platten bei 56° , als wenn 3 Platten bei 60° oder eine bei 70° reflectiren, während das Netzhautbildchen, wie vorher

erwähnt wurde, dabei nahehin dieselbe Lichtstärke behält. Es ist nämlich bei veränderter Zahl und Stellung der Platten die scheinbare Helligkeit des Hornhautreflexes der des Netzhautbildes deshalb nicht proportional, weil das in das beobachtete Auge einfallende, theilweise oder ganz durch spiegelnde Reflexion polarisirte Licht, durch diffuse Reflexion an der Netzhaut depolarisirt wird, was bei der spiegelnden Reflexion an der Hornhaut nicht geschieht. Reflectirt die Hornhaut von der auffallenden Lichtmenge A den Antheil μA , so ist die Lichtmenge, welche bei unseren Versuchen von der Hornhaut aus in das Auge des Beobachters gelangt, nach denselben Principien und derselben Bezeichnung wie vorher gleich:

$$\frac{\mu II [J - 2II] + \mu \Sigma [J - 2\Sigma]}{J}.$$

Die Berechnung ergiebt das vorher angegebene Resultat. Es ist also unter allen Gesichtspunkten vortheilhafter, die nöthige Helligkeit durch Vermehrung der Platten, während sie unter dem Polarisationswinkel 56° das Licht reflectiren, als durch Vergrößerung des Einfallswinkels zu erreichen, ja man könnte den Hornhautreflex ganz verschwinden machen, wenn man die Zahl der Platten sehr vergrößerte.

Ich habe bei den bisherigen Erörterungen vorausgesetzt, daß die Flamme einer guten Öllampe mit doppeltem Luftzuge als Lichtquelle benutzt werde. Bei möglichst günstiger Anordnung des Versuches wird deren Licht nicht so stark reflectirt, daß es die Seitentheile der Netzhaut des beobachteten Auges erheblich blenden oder ermüden sollte. Man kann deshalb die Beobach-

tungen leicht beliebig lange fortsetzen. Nur wenn das Auge direct nach dem Spiegelbilde der Flamme sieht, kann dieser Grad der Helligkeit nicht lange ertragen werden. Kann man über ein intensiveres Licht verfügen, z.B. Sonnenlicht, welches durch eine Oeffnung der Fensterläden in ein dunkles Zimmer fällt, so kann man das Netzhautbild viel heller sehen, wenn man das Licht, nachdem man es hinreichend abgeschwächt hat, möglichst senkrecht von einer spiegelnden Platte reflectiren läßt, als wenn es schief geschieht. Die Menge des Lichtes, welches man in das Auge einfallen lassen darf, ist nämlich durch die Empfindlichkeit des letzteren begrenzt. Hat man nun über überflüssig starkes Licht zu verfügen, welches bei jeder Art der Reflexion, wenn es nicht gleichzeitig in anderer Weise passend abgeschwächt wird, diese Grenze überschreitet, so sieht der Beobachter das Netzhautbildchen, welches die Grenze der ertragbaren Intensität erreicht hat, dann am hellsten, wenn möglichst wenig bei der zweiten Reflexion verloren geht. Das ist aber der Fall, wenn das Licht von einer Platte fast senkrecht zurückgeworfen wird.

Ich habe nicht Gelegenheit gehabt, eine solche Untersuchung bei Sonnenlicht vorzunehmen; glaube aber nicht, daß dadurch bedeutende Vorthelle zu erreichen sein werden, weil bei senkrechter Spiegelung die scheinbare Helligkeit des störenden Hornhautreflexes in viel stärkerem Verhältnisse steigt, als die des Netzhautbildes.

Es ist mir einige Male die im ersten Augenblicke wahrscheinliche Voraussetzung ausgesprochen worden, durch ein Convexglas, welches alles Licht, von dem es

getroffen wird, nach dem beobachteten Auge hin concentrirt, könne die in das Auge einfallende Lichtmenge und somit auch die Helligkeit des Netzhautbildes beträchtlich verstärkt werden. Ich will deshalb hier gleich darauf aufmerksam machen, daß dadurch nicht die Helligkeit, sondern nur die Gröfse des Netzhautbildes vermehrt wird. Wenn wir das Auge in den Vereinigungspunkt der Lichtstrahlen bringen, die durch eine Linse gegangen sind, so erscheint uns die ganze Fläche des Glases leuchtend, mit der Lichtintensität, welche dem leuchtenden Punkte zukommt. In Stelle des kleineren Netzhautbildes des leuchtenden Punktes bildet sich uns also ein größeres mit derselben Lichtintensität, das der Glasfläche. Uebrigens kann auch durch keine complicirtere Zusammenstellung von Gläsern die Helligkeit verstärkt werden. Um das einzusehen, brauchen wir uns nur an die Thatsache aus der Theorie der Fernröhre zu erinnern, daß durch kein Fernrohr oder eine ähnliche Zusammenstellung von Gläsern ein Gegenstand von erkennbarem Durchmesser heller erscheinen kann als mit bloßem Auge. So wie nun der Inhaber des sehenden Auges subjectiv die Fläche nicht heller durch die Gläser wahrnimmt, so kann auch objectiv das Netzhautbildchen in seinem Auge beim Gebrauche irgend welcher Gläser nicht heller sein als ohne dieselben. Denn einem objectiv helleren Netzhautbildchen müßte auch immer eine stärkere subjective Lichtempfindung entsprechen.

2. Erzeugung eines deutlichen Bildes der Netzhaut.

Wir kommen jetzt dazu, zu untersuchen, wie wir vermittels des Lichtes, welches von der Retina des beobachteten Auges zurückkommend in das Auge des Beobachters fällt, deutliche Bilder von der Netzhaut selbst, und dem auf ihr entworfenen Bilde der Lichtquelle erhalten können. Nehmen wir dazu wieder unsere Fig. 1 (S. 51) vor. Nach den eben gegebenen Erörterungen werden die Augenmedien die von Punkten der Netzhaut des Auges *D* zurückkommenden Strahlen so brechen, daß sie sich außerhalb des Auges und zwar in den entsprechenden Punkten des Bildes *B* wieder vereinigen. Das Bild, welches die Augenmedien von der Netzhaut und vom Netzhautbilde der Flamme entwerfen, fällt also in Gröfse und Lage mit dem ersten Spiegelbilde der Flamme zusammen. Ein Beobachter, welcher vom Spiegel aus gerechnet noch jenseits *B*, und um die Entfernung des deutlichen Sehens von *B* entfernt stände, würde nun in der That jenes Bild der Netzhautobjecte deutlich sehen können. Sein Gesichtsfeld aber, begrenzt durch die Pupille des beobachteten Auges, würde bei der verhältnißmäßig beträchtlichen Entfernung der beiden Augen von einander, so klein sein, daß es unmöglich wäre, die gesehenen Einzelheiten zu einem Gesamtbilde zu combiniren.

Die Rücksicht, welche wir auf Erweiterung des Gesichtsfeldes nehmen müssen, macht es vielmehr nöthig die beiden Augen so viel wie möglich einander zu

nähern. Dann fällt aber das Bild B im allgemeinen hinter den Rücken des Beobachters und kann von ihm nicht deutlich gesehen werden. Befindet sich das beobachtende Auge z. B. in G Fig. 1, so empfängt es die Lichtstrahlen, welche aus dem Auge D hervordringen und nach den Punkten von B hin zusammenlaufen, convergirend. Ein normales Auge kann nun zwar parallele Strahlen, wie sie von unendlich entfernten, und divergirende, wie sie von näheren Punkten kommen, auf seiner Netzhaut vereinigen, aber nicht convergirende. Das einfachste Mittel, dem abzuhelpen, und die convergirenden Strahlenbündel divergent zu machen, ist eine Concavlinse, welche zwischen den Spiegel und das Auge des Beobachters eingeschoben wird, wie in der Fig. 1 bei F .

Nach den bekannten Gesetzen der Brechung in Concavlinsen, werden die convergirend in T auftreffenden Strahlen, nach dem Austritt aus der Linse entweder weniger convergent sein, wenn nämlich die Brennweite größer als FB ist, oder sie werden parallel, wenn die Brennweite gleich FB , oder endlich divergent, als kämen sie von Punkten eines Bildes E hinter dem beobachteten Auge, wenn die Brennweite kleiner als BF ist. Im letzteren Falle wirkt hier das Concavglas ganz so, wie in den Theaterperspectiven, wo es ebenfalls das nicht zu Stande kommende verkehrte Bild, welches die Objectivlinse in ihrem Brennpunkte entwerfen sollte, und welches auf der Seite des Beobachters liegt, in ein aufrecht stehendes verwandelt, welches dem Beobachter jenseits der Gläser erscheint. In unserem Falle bilden die Augenmedien gleichsam das Objectivglas eines Mikro-

skops, welches nach dem Princip des Galiläischen Fernrohrs construirt ist, während die Concavlinse das Ocular vertritt.

Sind die Accommodationsweiten der beiden Augen DB und GE gegeben, und außerdem die gegenseitigen Entfernungen der Augen und des Concavglases nach den oben besprochenen Grundsätzen bestimmt, d. h. so klein gemacht, als es der Spiegel erlaubt, so ist die der Concavlinse zu gebende Brennweite nach den bekannten Brechungsgesetzen der Linsen zu bestimmen. Sie findet sich gleich:

$$\frac{EF.BF}{EB}$$

oder:

$$\frac{(EG - GF) (BD - DF)}{EG + BD - DG}.$$

Je größer die Accommodationsweiten EG und BD sind, desto größer muß auch die Brennweite von F sein. Man wird also, wenn eines der beiden Augen kurzsichtig ist, schärfere, wenn eines weitsichtig ist, schwächere Concavlinsen gebrauchen, als für zwei normale Augen. Wenn das beobachtende und beobachtete Auge ihre Rolle vertauschen, ohne ihre Accommodationsstände zu verändern, so wird im allgemeinen ein Glas von anderer Brennweite nöthig werden, und zwar, da $GF < DF$, ein schwächeres, wenn das kurzsichtigere Auge beobachtet, als wenn es beobachtet wird. Doch ergiebt eine nähere Betrachtung der obigen Formel, daß dieser Unterschied bei nicht zu kurzsichtigen Augen äußerst gering wird, so daß bei solchen dasselbe Glas zur wechselseitigen Besichtigung dienen kann.

Die Vergrößerung bestimmt sich nach den bekannten Gesetzen der Optik dadurch, daß das Bild E vom Mittelpunkte des Glases F aus gesehen unter demselben Gesichtswinkel erscheinen muß wie B , sein imaginäres Object. Da das Auge G , das Glas F und das Auge D möglichst nahe zusammenstehen, so wird B von F aus nur wenig größer erscheinen als von D aus. Es sieht also das Auge G das Netzhautbildchen der Flamme vergrößert, und zwar eben so groß, oder genau genommen ein wenig größer, als das Auge D die ursprüngliche Flamme. Die Netzhauttheile, auf welche das Flammenbildchen fällt, erscheinen ebenfalls in dem Bilde E wieder, natürlich in demselben Verhältnisse vergrößert, wie jenes.

Nach dem eben Gesagten ist das Verhältniß dieser Vergrößerung gleich dem des Netzhautbildchens zu seinem Objecte. Nehmen wir für den Abstand des Kreuzungspunktes der ungebrochenen Strahlen von der Netzhaut nach Volkmanns Messungen 4 Linien, für den Abstand des Objectes vom Auge die normale Sehweite 8 Zoll, so ergibt sich die Vergrößerung als 24fach.

Wir haben die Augenmedien bei unserem Versuche mit dem Objectiv eines Mikroskops verglichen, das Concavglas mit dem Ocular. An Stelle des letzteren würde man nun auch eine Zusammenstellung von zwei Convexgläsern bringen können, welche um weniger als die Summe ihrer Brennweiten von einander abstehen, so wie es in den gebräuchlichen zusammengesetzten Mikroskopen der Fall ist. Das erste der Gläser würde wie das Collectivglas dieser Instrumente die schwach convergirenden Lichtstrahlen, welche aus dem beobachteten Auge heraus-

kommen, schneller zu einem Bilde vereinigen, welches zwischen ihm selbst und seinem Brennpunkte gelegen, das Flammenbildchen aufrecht, die Netzhaut umgekehrt darstellen würde. Dieses Bild würde durch die zweite Convexlinse vergrößert zu betrachten sein. Ich habe die Erfolge einer solchen Zusammenstellung nach den bekannten Gesetzen der optischen Instrumente in Bezug auf Vergrößerung, Helligkeit, Gesichtsfeld u. s. w. discutirt. Da die Rechnung ergab, daß dadurch keine wesentlichen Vortheile im Vergleich mit den einfachen Concavgläsern zu erreichen sein würden, wird es hier genügen, ihre Resultate kurz anzuführen. Es ist dabei vorausgesetzt, daß das erste Glas, so weit es der Spiegel zuläßt, dem beobachteten Auge genähert sei, und das beobachtende dicht am zweiten Glase liege.

Was zunächst die Helligkeit betrifft, so wird das Maximum derselben durch ein Concavglas für die Mitte des Gesichtsfeldes gerade erreicht. Soll dasselbe durch zwei Convexgläser geschehen, so müssen diese so gewählt und gestellt sein, daß keine andere Vergrößerung als bei dem Concavglase stattfindet, d. h. so, daß das vergrößerte Netzhautbildchen der Flamme dem beobachtenden Auge unter demselben Gesichtswinkel erscheint, als das Spiegelbild der Flamme dem beobachteten.

Wenn diese Vergrößerung stattfinden soll, muß wie in den gewöhnlichen Ocularröhren der zusammengesetzten Mikroskope das Bild des ersten Glases in die Mitte zwischen beide Gläser fallen. Bei schwächerer Vergrößerung ist es möglich, einen größeren Theil des Gesichtsfeldes im Maximum der Helligkeit erscheinen zu

lassen; bei stärkerer dagegen kann das auch nicht mehr in der Mitte geschehen. So vortheilhaft also auch eine stärkere Vergrößerung vielleicht sein würde, so läßt sich eine solche nicht gebrauchen, weil die Helligkeit zu sehr darunter leiden würde, und ein lebendes Auge nicht wohl das Einfallen von noch stärkerem Licht, als dem gespiegelten einer guten Lampe, längere Zeit, ohne geblendet zu werden, ertragen würde. Dazu kommt noch, daß das lebende Auge nicht so ausreichend befestigt werden kann, wie es bei stärkerer Vergrößerung zur Fixirung einzelner Partien des Bildes nothwendig sein würde.

Demnächst ist das Gesichtsfeld zu berücksichtigen. Das Stück der Netzhaut, welches man übersehen kann, ist stets desto kleiner, je weiter man sich von dem beobachteten Auge entfernt, desto größer, je näher man kommt. Die Grenze der Annäherung ist aber dadurch gegeben, daß die schief gestellten Spiegelplatten zwischen diesem Auge und den Glaslinsen einzuschieben sind.

Um die Wirkungen der verschiedenen Linsen durch Rechnung zu vergleichen, müssen wir also die Entfernung des Concavglases und die des ersten Convexglases von dem beobachteten Auge gleich groß annehmen. Wird dann gleichzeitig die Bedingung festgehalten, daß die Helligkeit in der Mitte des Gesichtsfeldes ihr Maximum erreichen solle, so finden sich bestimmte Brennweiten der Convexlinsen für jede gegebene Entfernung vom Auge, welche das Gesichtsfeld am größten machen. Wählt man nach diesen Bestimmungen die Brennweiten der beiden Convexlinsen, so ergibt sich ferner, daß, wenn die Ent-

fernung des Glases vom Auge kleiner ist, als die Brennweite, welche man dem Objectiv eines Fernrohrs von der Apertur der Pupille ohne Beeinträchtigung der Deutlichkeit des Bildes geben dürfte, also bei achromatischen Gläsern kleiner als etwa der zehnfache Pupillendurchmesser, das Concavglas, wenn größer, die beiden Convexgläser ein größeres Gesichtsfeld geben können. Nun wird allerdings bei möglichst großer Annäherung der Gläser an das beobachtete Auge die Entfernung zwischen beiden wegen des dazwischen gesetzten Spiegels meistens etwas größer bleiben als der zehnfache Pupillendurchmesser, und man würde deshalb durch zwei Convexgläser einen kleinen Vortheil für das Gesichtsfeld erlangen können. Da sie aber, um diesen Vortheil zu geben, Brennweiten von 36 bis 40 Linien haben müßten, so möchte es schwer halten, ein Bild von derselben Deutlichkeit zu erhalten, wie durch eine Concavlinse, welche 8 bis 10 Zoll Brennweite haben kann. Mir ist es durch Zusammenstellung der mir zu Gebote stehenden Convexlinsen wenigstens nicht gelungen. Außerdem stellte sich beim Versuche mit solchen Linsen heraus, daß die richtige Stellung des Instruments zur Wahrnehmung des Netzhautbildchens viel schwerer gefunden und bewahrt wird. Bei einer einfachen Concavlinse ist es nämlich nicht nöthig, daß die Axe der Linse genau auf das beobachtete Auge gerichtet sei, wenn nur der Spiegel Licht dahin wirft. Diese Bedingung muß aber bei zwei Convexlinsen erfüllt werden.

Danach erscheint es vortheilhafter, die einfache Concavlinse als Ocular beizubehalten, während man fast

überall sonst in der Optik sie mit entschiedenem Vortheile durch Convexlinsen ersetzt. Einen gewichtigen Vorzug der letzteren giebt es allerdings auch in unserem Falle, der ihre Anwendung wünschenswert machen würde, nämlich den, dafs man durch veränderte Entfernung beider Gläser von einander den Apparat allen Sehweiten des beobachteten und beobachtenden Auges anpassen kann, während man die Concavlinse zu diesem Zwecke mit einer anderen vertauschen mufs. Wenn man den Kopf der beobachteten Person und das Instrument vollständig befestigen kann, würden deshalb Convexgläser allerdings bequemer sein; ohne solche Vorrichtungen werden aber alle ihre sonstigen Vortheile durch den Nachtheil der schwereren Einstellung des Instrumentes aufgewogen. Ich habe deshalb selbst immer nur eine einfache Concavlinse benutzt.

3. Beschreibung des Augenspiegels.

Um Beobachtungen der beschriebenen Art anzustellen, ist es bequem, die Spiegelplatten und das Concavglas mittels eines passenden Gestells zu vereinigen. Ich schlage für eine solche Zusammenstellung nach der Analogie ähnlicher Instrumente den Namen Augenspiegel vor. Derselbe ist in Fig. 2 von vorn gesehen, in Fig. 3 horizontal durchschnitten dargestellt. Die spiegelnden Platten *hh* sind mittels des Messingstückes *gg* unter einem Winkel gegen die kreisrunde Platte *aa* befestigt, welcher dem gewählten Einfallswinkel der Lichtstrahlen, in der Fig. 56⁰, gleich ist. Das Messingstück *gg* bildet mit den Glasplatten ein hohles gerades dreikantiges

Prisma. In Fig. 3 sieht man in den inneren Hohlraum desselben hinein, und hat eine der rechtwinklig dreieckigen Grundflächen vor sich. Von den drei viereckigen Seitenflächen des Prisma wird die der Hypotenuse der Grundfläche entsprechende durch die Glasplatten gebildet, die der längern Kathete entsprechende steht frei, die der kürzern Kathete liegt der Scheibe *aa* an, und trägt einen cylindrischen Fortsatz *p*, welcher durch eine entsprechende kreisrunde Öffnung der Platte *aa* so hindurchgreift, daß er das Prisma an der letzteren festhält, aber eine Drehung um seine Axe gestattet. Die Glasplatten werden gegen das prismatische Messingstück durch den Rahmen *k k k k* angedrückt, dessen übergreifende Seitenränder durch die Schrauben *ll* an das Messingstück *gg* befestigt sind. Die Scheibe *aa* liegt

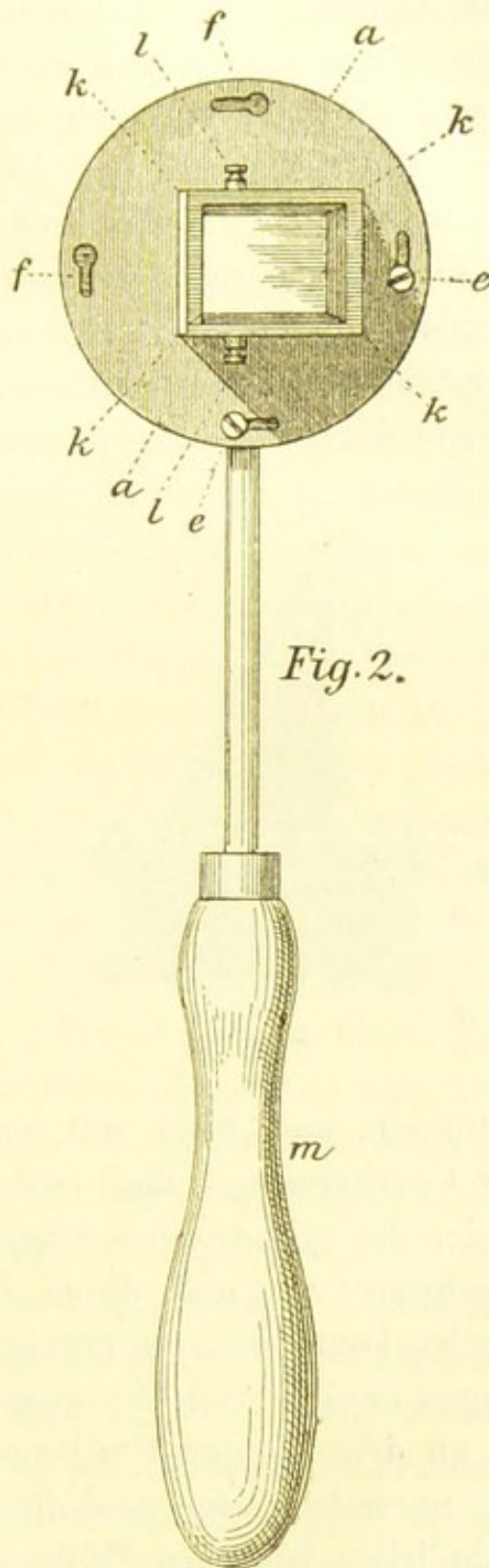


Fig. 2.

dem Cylinder $bbcc$ an, ohne daran dauernd befestigt zu sein. In den Rand von aa sind nämlich vier Oeffnungen von der Form f eingeschnitten, denen vier in den Rand des cylindrischen Ringes bb eingelassene Schrauben ee mit cylindrischen Köpfen und dünnerem Halse entsprechen. In Fig. 2 sind nur zwei von diesen Schrauben gezeichnet worden, um die Löcher f sehen zu lassen. Die Köpfe der Schrauben lassen sich durch die breiten kreisrunden Theile der Oeffnungen f schieben, und wenn alsdann die

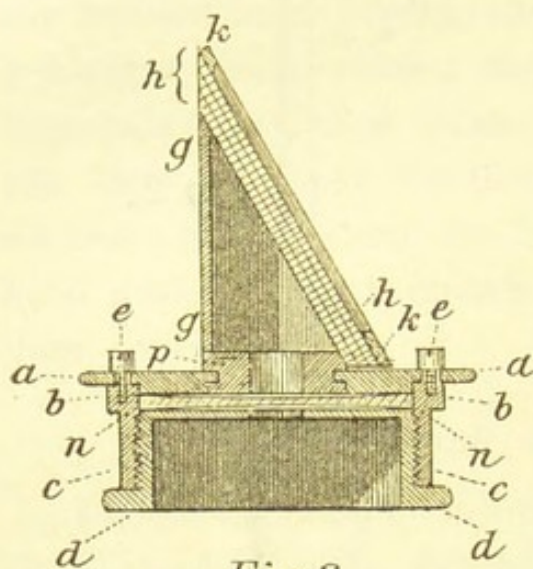


Fig. 3.

Scheibe aa um ihren Mittelpunkt gedreht wird, treten die Hälse der Schrauben in den schmaleren schlitzförmigen Theil derselben Oeffnungen ein, während ihre Köpfe übergreifen, und die Scheibe an den Ring bb befestigen. Dadurch wird es möglich, die Scheibe sehr leicht und schnell von der Fassung des Concavglases zu

entfernen, und dieses mit einem andern zu vertauschen. Die Concavlinse nn liegt zwischen der Platte aa und dem Boden des cylindrischen Stückes dd , welches in $bbcc$ eingeschraubt ist und durch Umschrauben zurückgestellt werden kann, wenn es nöthig wird, für sehr kurzsichtige Augen zwei Linsen übereinander einzulegen. Das Ganze ist an dem Handgriff m befestigt. Für einen Beobachter mit normalem Auge sind die Nummern 6 bis 12 der gewöhnlichen concaven Brillengläser ausreichend, um sich

allen Accommodationszuständen der zu untersuchenden Augen anzupassen. Zur Besichtigung anderer normaler Augen gebrauchte ich gewöhnlich Nr. 10. Für sehr kurzsichtige Augen legt man zwei Gläser übereinander.

Was die spiegelnden Platten betrifft, so sind solche von gewöhnlichem Spiegelglase nicht ausreichend, weil die beiden Flächen derselben gewöhnlich nicht hinreichend parallel sind, um die von ihnen entworfenen Bilder der Lampenflamme sich hinreichend decken zu lassen. Die Gläser müssen deshalb für unseren Gebrauch besonders geschliffen werden, um parallele Flächen zu erhalten, obgleich diese Bedingung nicht mit solcher Genauigkeit erfüllt zu sein braucht, wie bei den planparallelen Gläsern, welche man bei feineren Meßinstrumenten anwendet.

Wesentlich ist eine gute Schwärzung der nicht spiegelnden Flächen. Da von dem hellen Lichte, welches auf das Instrument fällt, nur ein verhältnismäßig kleiner Antheil von der Retina des beobachteten Auges zurückkommt, so müssen sorgfältig alle übrigen Reste des Lichtes, welche etwa in das Auge des Beobachters gelangen könnten, vernichtet werden. Zunächst muß die innere Fläche des Ocularstückes *dd* geschwärzt werden, und der Beobachter muß sein Auge möglichst dicht hineinlegen, um alles Licht abzuschneiden, welches von der Flamme her auf diese Fläche fallen könnte. Zweitens muß die Außenfläche der Scheibe *aa* und des prismatischen Spiegelgestelles *kkkk* geschwärzt werden, damit blanke Metalltheile, welche dem beobachteten Auge zugekehrt sind, nicht störende Hornhautreflexe hervorbringen. Ganz besonders sorgfältig ist aber drittens die Innenseite des

Spiegelgestelles zu schwärzen. Das Flammenlicht, welches auf die spiegelnde Platte fällt, geht zum größten Theile hindurch, und trifft die Platte *gg*. Was auf dieser nicht absorbirt wird, geht zum Spiegel zurück, wird von diesem in derselben Richtung zum beobachtenden Auge reflectirt, in welcher das schwache Licht von der Netzhaut des beobachtenden Auges ankommt und vermischt sich mit dem Bilde dieser Membran. Ich habe hier die gewöhnlichen Verfahrensweisen der Mechaniker, Messingstücke zu schwärzen, nicht ausreichend gefunden, sondern das Spiegelgestell innen mit schwarzem Sammet tapeziren müssen, welcher das Licht viel vollständiger absorbirte.

Will man das Instrument gebrauchen, so setzt man in einem dunkeln Zimmer die zu untersuchende Person neben die Ecke eines Tisches, auf welchem in gleicher Höhe mit dem Auge und seitwärts vom Gesichte eine gut brennende doppelzügige Lampe ohne Milchglas steht. Bequem ist es, auf dem Tische in passender Sehweite einen nicht zu hellen Gegenstand anzubringen, auf welchem man dem beobachtenden Auge bestimmte Fixationspunkte anweisen kann, z. B. eine schwarze Tafel in Quadrate getheilt, deren jedes durch eine Ziffer bezeichnet ist. Indem man das Auge nacheinander verschiedene Punkte fixiren läßt, fällt das Flammenbildchen auf immer andere Theile der Netzhaut, welche der Beobachter somit in beliebiger Reihenfolge nacheinander untersuchen kann. Zwischen der Flamme und dem beobachtenden Auge muß ein undurchsichtiger Schirm aufgestellt werden, um es zu beschatten, damit nicht direct einfallendes Flammenlicht einen sehr störenden Hornhautreflex erzeuge und

die Pupille verengere. Doch muß die Schattengrenze ganz dicht vor dem beobachteten Auge vorbeigehen, damit der Augenspiegel, welcher selbst im Lichte bleiben muß, möglichst nahe herangebracht werden könne. Der Beobachter setzt sich vor den Beobachteten, bringt den Augenspiegel, ohne zunächst hindurchzusehen, ungefähr in die richtige Lage, wobei seine spiegelnde Fläche einen hellen Schein auf das Gesicht wirft. Nachdem man den Spiegel so gewendet hat, daß die Mitte dieses Scheines auf das Auge fällt, und die Axe des Instrumentes eben dahin gerichtet ist, sieht man hindurch. Man hat alsdann das helle Flammenlicht meistens sogleich vor sich, oder findet es nach einigem Hin- und Herrücken. Übrigens kann man auch durch das Instrument hindurch das Auge und den hellen Schein, der darauf fallen muß, einigermaßen, wenn auch undeutlich und verwaschen, erkennen, und auch so mit deren Hülfe die richtige Stellung finden. Sieht man die Theile der Netzhaut nicht deutlich, während die Pupille leuchtend erscheint, so muß man ein anderes Concavglas einlegen. Ein Beobachter, welcher sich geübt hat, willkürlich die Accommodation seines Auges zu ändern, findet leicht, ob er bei fernsichtiger oder nahesichtiger Accommodation deutlicher sieht, und ob er demgemäß stärker oder schwächer gekrümmte Gläser wählen muß. Übrigens erschweren sich viele Personen, namentlich solche, welche wenig geübt sind durch optische Instrumente zu beobachten, und Kurzsichtige das Sehen sehr dadurch, daß sie ihr Auge unwillkürlich für große Nähe accommodiren, weil sie sich den zu sehenden Gegenstand sehr nahe vorstellen. Da-

durch werden die Augen des Beobachters stark angegriffen und fangen leicht an sich zu injiciren und zu thränen. Es ist hier wie bei allen optischen Instrumenten, welche veränderliche Accommodation zulassen, nöthig, das Auge für die Ferne zu accommodiren, und das Instrument dem anzupassen.

Bei einiger Übung macht es keine Schwierigkeit das richtige Glas und die richtige Stellung des Instrumentes zu finden. Auch kann man es Jemandem, der es noch nie gesehen hat, leicht am eigenen Auge zeigen, um ihn erst einmal mit dem Anblick dessen, was er sehen soll, vertraut zu machen. Dadurch wird es ihm sehr erleichtert, selbständig dasselbe auch in anderen Augen aufzufinden. Der Lehrende suche zu dem Zwecke zunächst dasjenige Glas, wodurch er die Netzhaut des Schülers deutlich sehen kann, und bringe dies in den Augenspiegel; denn durch dasselbe kann auch der Schüler im Auge des Lehrers deutlich sehen, wenn nicht einer von beiden sehr kurzsichtig ist. Im letzteren Falle braucht, wie oben auseinandergesetzt ist, der kurzsichtigere ein etwas schwächeres Glas, wenn er beobachtet, als wenn er beobachtet wird. Der Lehrer bringe dann eines seiner eigenen Augen in die für das zu beobachtende Auge beschriebene Stellung und halte den Augenspiegel so vor sich, daß er gleichzeitig durch die mittleren Oeffnungen desselben hindurchsehen könne und das Spiegelbild der Flamme im Spiegel erblicke, übergebe dem Schüler das Instrument in dieser Stellung und lasse ihn hindurchsehen. Dieser wird dann im Auge das Bild der Flamme sehen. Um ihn das Aussehen der

Netzhauttheile kennen zu lehren, lasse der Lehrer das Flammenbildchen auf die Eintrittsstelle seines Sehnerven fallen, weil sich dort die größten und erkennbarsten Gefäßstämme darbieten. Er wende dazu das Auge allmählig immer mehr nach innen von dem Spiegelbilde der Flamme, bis dieses ihm plötzlich verschwindet oder kleiner wird. Das geschieht bekanntlich, wenn das Bild auf die Eintrittsstelle des Sehnerven fällt. Uebrigens gelingt es den meisten Personen leichter, das Flammenbildchen zu sehen und zu erkennen als in dem hellen Grunde desselben die Netzhauttheilchen.

4. Besichtigung der Netzhaut und des Flammenbildes.

Will man die Netzhaut vollständig untersuchen, so ist es, wie schon angeführt wurde, bequem, eine bezifferte schwarze Tafel als Gesichtspunkt für das untersuchte Auge aufzustellen. Sobald dieses Auge etwas nach innen neben dem Spiegel vorbeisehend eine der Ziffern fixirt, wird der Beobachter fast immer ein oder zwei stärkere Gefäße im Gesichtsfelde erkennen. Er lasse das Auge auf eine nebenliegende Ziffer wenden, und achte darauf, ob er dem Ursprunge oder der Verzweigung der Gefäße näher gerückt sei. Indem er in dieser Weise die Gefäße nach den größeren Stämmen hin verfolgt, kommt er endlich zur Eintrittsstelle des Sehnerven. Diese unterscheidet sich von dem übrigen Grunde des Auges durch ihre weiße Farbe, da sie nicht mit Pigment und einem feinen Gefäßnetze bedeckt ist, sondern hier der weiße Querschnitt des Nerven ganz

frei liegt, höchstens von vereinzelt feinen Gefäßen durchzogen. Meist nach innen daneben dringen die Arterie und Vene der Netzhaut aus der Tiefe hervor. Zuweilen sieht man noch einen Theil der Gefäße in der Substanz des Nerven selbst verborgen, und erkennt, daß diese Substanz im Leben stark durchscheinend ist. Man unterscheidet die beiden Gefäße voneinander durch die hellere Farbe des Blutes und die doppelten Conturen der Wandung an der Arterie und ihren ersten Verästelungen. Pulsationen habe ich nicht mit Sicherheit erkennen können. Die ersten Hauptäste der Gefäße begrenzen den Sehnerven an der inneren Seite, um sich später oben und unten über das Feld der Retina auszubreiten. Der Anblick dieser scharf gezeichneten rothen Gefäße auf dem hellen weißen Grunde ist von überraschender Zierlichkeit. Etwas weiter nach innen dicht neben dem Nerven habe ich immer einen kleinen sichelförmigen Schattenstreifen bemerkt, der von einer Falte der Netzhaut herzurühren scheint.

An den übrigen Theilen erscheint der Grund des Auges röthlich, und zwar zunächst um den Sehnerven herum ziemlich hell lichtroth, desto dunkler dagegen, je weiter man sich von ihm entfernt. Man sieht hier größere und kleinere, verästelte blutrothe Gefäße, welche deutlich von dem Grunde sich unterscheiden. Der Grund selbst erscheint nicht ganz homogen, sondern undeutlich röthlich gezeichnet. Dies scheint davon herzurühren, daß das enge Capillarnetz zu fein, zu schwach erleuchtet und zu durchscheinend ist, um deutlich von der unterliegenden schwach lichtgrauen Substanz der Retina un-

terschieden zu werden. Dafs der Grund in der Nähe des Sehnerven heller erscheint, rührt wohl davon her, dafs die Retina hier wegen der übereinander liegenden Schichten von Nervenfasern dicker ist, und nach ihrer Peripherie hin immer dünner wird. Wesentlich unterscheidet sich ausserdem die Stelle des directen Sehens (der gelbe Fleck) in ihrem Ansehen von den zunächst umliegenden Stellen. Um sie vor sich zu haben, läfst man das beobachtete Auge nach dem Spiegelbilde der Flamme direct hinsehen. Die Netzhaut erscheint dort viel dunkler, graugelb, ohne Beimischung von roth; es lassen sich auf ihr keine Spuren von Capillargefäfsen erkennen. Übrigens wird man in der Betrachtung dieser Stelle sehr durch das Hornhautbildchen gestört, welches gerade in die Mitte des Gesichtsfeldes rückt, während es bei der Betrachtung seitlicher Stellen der Netzhaut auch mehr zur Seite liegt.

Nach dem zu urtheilen, was man am gesunden Auge von der Beschaffenheit der Retina sehen kann, zweifle ich nicht, dafs man auch alle diejenigen Krankheitszustände derselben wird erkennen können, welche sich an anderen durchsichtigen Theilen, z. B. der Cornea, durch den Gesichtssinn erkennen lassen. Vermehrte Anfüllung der Gefäfsse, Varicositäten derselben müssen leicht wahrzunehmen sein. Exsudate in der Substanz der Retina, oder zwischen ihr und der Pigmenthaut müssen sich ganz ähnlich wie diejenigen der Cornea durch ihre Helligkeit auf dem dunkeln Grunde zu erkennen geben. Liegen sie zum Theil vor der Retina, so werden sie auch deren Gefäfsse in einen Schleier hüllen. Ich erinnere

hier daran, daß nach Brücke die Retina frisch fast ebenso durchsichtig ist wie die übrigen Augenmedien, und daß sie abgesehen von ihren Gefäßen bei unseren Versuchen nur deshalb sichtbar wird, weil sie durch das scharfe, von den Augenmedien concentrirte Licht auf dem tiefschwarzen Grunde der Pigmenthaut stark beleuchtet wird. Faserstoffexsudate, welche viel weniger durchsichtig zu sein pflegen als die Augenmedien müssen daher auch, wenn sie im Grunde des Auges liegen, den Reflex beträchtlich verstärken. Auch glaube ich, daß Trübungen des Glaskörpers viel leichter und sicherer theils durch die Beleuchtung mittels einer spiegelnden Glasplatte theils durch den Augenspiegel zu erkennen sein werden. Man wird aus der Undeutlichkeit des Flammenbildchens und der Netzhautgefäße sogar den Grad der Trübung leicht bestimmen können. Haben sich bei einer solchen Trübung gleichzeitig flimmernde Theilchen ausgeschieden, so wird man auch diese leicht wahrnehmen. Kurz, ich glaube die Erwartung nicht für übertrieben halten zu dürfen, daß sich alle bis jetzt an Leichen gefundenen Veränderungen des Glaskörpers und der Retina auch am lebenden Auge werden erkennen lassen, was für die bisher so unausgebildete Pathologie dieser Gebilde die größten Fortschritte zu versprechen scheint.

Endlich ist es noch für einige physiologische Zwecke von Interesse die Genauigkeit, mit welcher das Auge Bilder entwirft, zu untersuchen. Am besten ist als Gegenstand dafür ein Faden zu benutzen, den man horizontal vor der Flamme entlang zieht. Dessen Bild bleibt

einfach, während senkrechte Fäden durch die mehrfachen Spiegelungen vervielfacht werden.

Zunächst hat man Gelegenheit, sich durch den Augenschein davon zu überzeugen, daß die verschiedenen Accommodationen des Auges wirklich auf Veränderungen der brechenden Medien beruhen. Man lasse einen Gegenstand fixiren, der vom beobachteten Auge etwa ebenso weit entfernt ist wie der Faden von der Flamme. Der Beobachter sieht alsdann die Elemente der Netzhaut und das Bild des Fadens gleich deutlich. Rückt man den Faden dem Auge näher oder ferner, so wird er im Netzhautbilde undeutlich oder verschwindet ganz, während die Retinatheile deutlich bleiben. Man ersieht daraus, daß Netzhautbilder von verschieden entfernten Gegenständen in der That nicht gleich deutlich sind. Alsdann stelle man den Faden wieder so, daß man ihn im Netzhautbildchen gleichzeitig mit den Gefäßen deutlich erscheinen sieht, und lasse das beobachtete Auge einen Punkt fixiren, der entweder viel weiter oder viel näher ist als der, auf den es vorher gerichtet war. Sogleich sieht man Netzhaut und Flammenbild verschwimmen und undeutlich werden.

Zu bemerken ist hierbei, daß auf der weißen Fläche des Sehnerven kein deutliches Bild entworfen wird, selbst wenn es auf den dicht daneben liegenden Stellen der Netzhaut vollkommen scharf erscheint. Da man bei solchen Personen, über deren Sehnervenquerschnitt einzelne kleine Gefäße hinlaufen, diese ebenso deutlich sieht, wie die der daneben liegenden Netzhaut, so kann jene Undeutlichkeit des Flammenbildes nicht davon herrühren,

daß die Sehnervenfläche etwas aus dem Niveau der Netzhaut heraustritt. Ich glaube vielmehr die durchscheinende Beschaffenheit der Sehnervenmasse als Grund ansehen zu müssen.

Uebrigens kann man sich, wo es nöthig werden sollte, durch den Augenspiegel leicht objectiv von dem Vorhandensein und dem Grade der Kurz- oder Weitsichtigkeit des beobachteten Auges überzeugen. Der Beobachter untersuche vorher ein gesundes Auge, welches er Gegenstände in verschiedenen Entfernungen fixiren läßt, und bemerke sich, welche Concavgläser er bei den verschiedenen Accommodationsstufen desselben gebraucht habe. Bei der Untersuchung eines jeden anderen Auges erfährt er alsdann aus der Nummer des Concavglases, durch welches er die Netzhaut deutlich sah, die entsprechende Accommodationsweite des beobachteten Auges. Der Beobachter ist hierbei von den Aussagen des anderen ganz unabhängig, da er selbst gleichsam mit dessen Auge wenigstens mittels der brechenden Theile dieses Auges sieht. So war ich z. B. im stande, in einem vollständig amaurotischen Auge auf diese Weise mich zu überzeugen, daß dasselbe zugleich in hohem Grade kurzsichtig war. Dadurch entschied sich in diesem Falle eine für die Anamnese wichtige Frage, ob nämlich gewisse frühere Gesichtsbeschwerden, von denen der Kranke erzählte, auf Kurzsichtigkeit oder beginnende Amblyopie zu beziehen waren.

Eine wichtige physiologische Folgerung drängte sich mir noch bei diesen Untersuchungen auf. Der freiliegende Querschnitt des Sehnerven ist offenbar so durch-

sichtig, daß Licht, welches darauf fällt, ziemlich tief in die Masse der Fasern eindringen muß, wie man denn in in der That zuweilen Biegungen der Arteria und Vena centralis durch die Substanz des Nerven hervorschimmern sieht. Fällt das Flammenbildchen auf die Eintrittsstelle des Nerven, so werden alle seine Fasern oder wenigstens ein sehr großer Theil derselben von mehr oder weniger intensivem Lichte getroffen, und doch empfinden sie offenbar kein Licht. Empfänden sie es, so müßte der ganze ihnen entsprechende Theil des Gesichtsfeldes erleuchtet scheinen. Das ist aber nicht nur nicht der Fall, sondern es wird sogar noch weniger Licht wahrgenommen, als wenn das Bildchen auf eine andere Stelle der Netzhaut fällt. Wir müssen daraus schließen, daß die Fasern des Sehnerven unfähig sind, vom objectiven Lichte (den Ätherschwingungen) afficirt zu werden, während sie doch jeden anderen Reiz als subjectives Licht empfinden. Dies ist eine scheinbare Paradoxie, welche natürlich ihren Grund nur in der Doppelsinnigkeit des Wortes „Licht“ hat, und weit davon entfernt ist ein wirklicher Widerspruch zu sein. Die Ätherschwingungen, welche wir Licht nennen, bringen wie jeder andere mechanische oder elektrische Reiz, wenn sie die Retina treffen, die Empfindung hervor, welche wir auch Licht nennen. Aber daraus, daß die Retina, vor Druck und elektrischen Strömungen geschützt, dem Zutritt der Aetherschwingungen aber Preis gegeben, viel häufiger von letzteren als von ersteren getroffen und angeregt wird, folgt keineswegs, daß das Licht als ein besonders adäquater Reiz der Retina und der Sehnervenelemente angesehen und den übrigen Arten

der Reizung gegenübergestellt werden müsse. Es hat keine Schwierigkeiten anzunehmen, daß alle Reize, welche das Sehnervensystem zu afficiren vermögen, Lichtempfindungen hervorrufen, daß aber Aetherschwingungen nur auf die Retina wirken können. Ähnliches findet ja auch bei den Tastnerven für Wärme und Kälte statt. Auch hier verhalten sich die peripherischen Ausbreitungen anders als die Stämme. Für letztere sind kleine Temperaturänderungen, wie es scheint, gar kein Reiz, und gröfsere, welche zu reizen vermögen, erregen keine Temperaturempfindung. Man kann übrigens auch weiter schliessen, daß in der Retina nicht die Fasern, welche sich vom Sehnerven aus an ihrer innern Fläche strahlenförmig ausbreiten, sondern die kugeligen Elemente für das Licht empfindlich sind. Wären es jene, so müßte Licht, welches irgend eine Stelle der Retina trifft, von allen Fasern empfunden werden, welche theils in dieser Stelle endigen, theils über sie hinaus weiter nach der Peripherie hinlaufen. Es müßte sich also im Gesichtsfelde von jedem hellen Punkte ein lichter Schein nach den Grenzen des Feldes hin ausbreiten, was nicht der Fall ist. Wir können demnach weiter schliessen, daß auch die Fortsetzungen der Sehnervenfasern in der Retina unempfindlich gegen das Licht sind. Es bleiben nur die Ganglienkörper und die kernähnlichen Gebilde der Retina, in denen die Aetherschwingungen als Reiz wirken können.¹

¹ Bei der Aufnahme dieses Aufsatzes in die Sammlung seiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ hat der Verfasser im Jahre 1882 in einer Schlußnote darauf hingewiesen, daß zur Zeit der Abfassung des Aufsatzes Stäbchen und Zapfen der Netzhaut noch

Zusatz.

Ableitung der Formel auf S. 56 für die Quantität Licht, welche von mehreren Glasplatten reflectirt wird.

Wenn diese Formel für n reflectirende Flächen richtig ist, läßt sich zeigen, daß sie es auch für $(n + 1)$ solche sei. Da sie ferner für $n = 1$ und $n = 2$ zutrifft, muß sie es auch für jeden beliebigen Werth von n thun.

Die Quantität Licht, welche unter dem betreffenden Einfallswinkel von einer reflectirenden Fläche zurückgeworfen wird, wenn die Menge 1 von senkrecht gegen die Einfallsebene polarisirtem Licht auffällt, sei p , die von n solchen Flächen zurückgeworfene $P_{(n)}$, die von $(n + 1)$ zurückgeworfene $P_{(n+1)}$. Es läßt sich zeigen, daß wenn:

$$P_{(n)} = \frac{n p}{1 + (n-1)p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$

dann auch die Gleichung richtig sei, welche aus dieser durch Substitution von $n + 1$ für n entsteht:

$$P_{(n+1)} = \frac{(n+1)p}{1 + n p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2)$$

Der besseren Bezeichnung willen nehmen wir an, das System von n spiegelnden Flächen liege horizontal, und es falle Licht von oben darauf. Die $(n + 1)$ te Fläche werde unten daran gefügt. Die Quantität Licht, welche von der untersten n ten Fläche des zusammengesetzten

nach E. Brücke's Ansicht als katoptrischer Apparat des Auges betrachtet wurden, und daß die Verbindung derselben mit den Nervenfasern noch nicht bekannt war. Anm. d. Herausg.

Systems herabgeht zu der $(n+1)$ ten Fläche, nennen wir x ; diejenige, welche von der $(n+1)$ ten Fläche reflectirt zu dem System der n Flächen hinaufsteigt, y . Die Quantität x wird zusammengesetzt theils aus dem Theil des einfallenden Lichtes, welcher durch das System der n Flächen hindurchgedrungen ist, theils aus dem Antheil von y , welcher von diesem System reflectirt wird. Also ist:

$$x = 1 - P_{(n)} + y P_{(n)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 3)$$

Die Quantität y rührt von demjenigen Theile des x her, welche von der $(n+1)$ ten Fläche reflectirt wird. Es ist also:

$$y = x p \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 4)$$

Die Quantität $P_{(n+1)}$, welche von der obersten Fläche nach oben geht, rührt theils her von dem Theil des einfallenden Lichtes, welcher von dem System der n Flächen reflectirt wird, theils von dem Theil von y , welcher durch dieses System hindurchgeht. Es ist also:

$$P_{(n+1)} = P_{(n)} + y(1 - P_{(n)}) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 5)$$

Wenn man aus den Gleichungen 3), 4) und 5) das x und y eliminirt, erhält man:

$$P_{(n+1)} = P_{(n)} + \frac{p[1 - P_{(n)}]^2}{1 - pP_{(n)}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 6)$$

Setzt man in diese Gleichung 6) den Werth von $P_{(n)}$ aus Gleichung 1), so erhält man in der That nach den nöthigen Reductionen die Gleichung 2), deren Richtigkeit bewiesen werden sollte.

Für eine reflectirende Fläche ist

$$P_{(1)} = p$$

Denselben Werth giebt die zu prüfende Gleichung 1).

Für zwei reflectirende Flächen erhalten wir den Werth $P_{(2)}$ ohne die Gleichungen 1 oder 2 zu gebrauchen, wenn wir in der Ableitung der Gleichung 6) das $n = 1$ und $P_{(n)} = p$ setzen. Die Gleichung 6) wird dann

$$P_{(2)} = p + \frac{p (1-p)^2}{1-p^2}$$

$$= \frac{2 p}{1+p}$$

Denselben Werth giebt die Gleichung 1).

Da die letztere demnach für $n = 1$ und für $n = 2$ richtig ist, so folgt aus dem geführten Beweise, daß sie es auch für $n = 3$ sei, und wenn sie es für $n = 3$ ist, daß sie es auch für $n = 4$ sei, u. s. w. in infinitum.

Ganz ebenso verhält es sich mit dem der Einfallsebene parallel polarisirten Lichte.

Setzen wir die Quantität des einfallenden Lichtes gleich $\frac{1}{2} J$, und $p = \frac{2 P}{J}$, und bezeichnen das, was wir hier $P_{(n)}$ genannt haben mit $||$, so erhalten wir die Formel der S. 56.



DER
AUGENSPIEGEL (UND DAS OPTOMETER)

FÜR PRAKTISCHE AERZTE.

VON
C. G. THEOD. RUETE.

(Als Brochüre erschienen, Göttingen 1852, Dieterich'sche
Buchhandlung.)

THE
JOURNAL OF THE
ROYAL ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE

OF GREAT BRITAIN AND IRELAND

VOL. LXXV. PART I. 1905.

Der Augenspiegel.

Seit der Einführung der physikalischen Untersuchungsmethode in die Augenheilkunde, die auch hier, wie überall, dem subjectiven Krankenexamen vorzuziehen ist, blieben zwei Organtheile dieser Methode gänzlich unerschbar. Dies waren nämlich die Retina und die Chorioidea mit den ihnen zugehörigen Gefäßsystemen. Dieser grofse Mangel, der als eine wesentliche Lücke in der Diagnose der Augenkrankheiten allgemein gefühlt wurde, veranlafste auch mehrere tüchtige Männer, sich mit der Auffindung einer Methode zu befassen, mittelst welcher man die Retina des lebendigen Menschen mit den ihr nahe liegenden Gebilden dem Auge eines Beschauers sichtbar machen könnte. Kufsmaul (die Farbenerscheinungen im Grunde des menschlichen Auges. Heidelberg 1845) war der erste, der sich Mühe gab, ein dies leistendes Instrument zu erfinden; seine Versuche scheiterten aber, weil er nicht darauf kam, mit den optischen, die von der Retina ausgehenden Lichtstrahlen zu einem Bilde vereinigenden Gläsern den nothwendigen Beleuchtungsapparat zu verbinden. Brücke (J. Müller's Archiv 1847)¹ zeigte zuerst in seiner gewohnten geistreichen und scharfen Manier die Möglichkeit, das Leuchten des menschlichen Auges zu beobachten. Erst H. Helmholtz (Beschreibung

¹ Auf S. 37—40 des vorliegenden Bändchens abgedr.

Anm. d. Herausg.

eines Augenspiegels. Berlin 1851)¹ war es vorbehalten, das vorliegende Problem vollständig zu lösen, indem er mit einem Beleuchtungsapparate die nöthigen Gläser zu einem sehr compendiösen Instrumente vereinigte. Die Beschreibung und Anwendungsweise desselben übergehe ich hier gänzlich, weil ein jeder, der sich für diese Sache interessirt, jene obengenannte, höchst wichtige Schrift selbst studiren muß, und weil ich bei meinen practischen Zwecken auf eine mathematische Begründung nicht eingehe. Der Entdeckung jenes verehrten Mannes verdanke ich eine der schönsten Freuden meines Lebens; denn als ich unter seiner Anleitung bei seiner Anwesenheit in Göttingen mit Hülfe jenes Instruments zuerst die Retina, den Nervus opticus mit der Arteria centralis retinae erblickte, wurde es mir sogleich klar, dafs auf diesem Wege viel für die Diagnose der Krankheiten des Auges, dieses Organs, dem ich einen grofsen Theil meines Lebens gewidmet habe, zu gewinnen sei. Ich beschlofs daher, die Sache gründlich zu prüfen, um ein vollgültiges Urtheil über die praktische Brauchbarkeit des Instruments zu erlangen. Nach sehr vielen sorgfältigen, mühsamen Versuchen an gesunden und kranken Menschen, wie an frischen todten Thieraugen, konnte ich nun aber leider! das Instrument noch nicht für alle Fälle brauchbar finden, wie dies auch der verehrte Erfinder, dessen grofses Verdienst hierdurch nicht im geringsten geschmälert werden soll, schon selbst vermuthet zu haben scheint, indem er S. 14 a. a. O. sagt: „Ich werde hier die Grundsätze

¹ Auf S. 41—87 des vorliegenden Bändchens abgedr.

Anm. d. Herausg.

entwickeln, welche mich in dieser Beziehung bei der Construction meines Instruments geleitet haben und welche auch zu Grunde zu legen sein würden, falls Augenärzte etwa Modificationen des Instruments zu praktischen Zwecken für nöthig erachten sollten.“ —

Folgende Punkte sind es nun, die mich zu dem obigen Urtheile bestimmen:

1. Das Instrument verlangt eine nicht unbedeutende Geschicklichkeit in der Handhabung, die sich indessen ein Mensch von einiger Anstelligkeit bei guter Anweisung ziemlich leicht erwirbt.

2. Der Beleuchtungsapparat schickt bei Trübungen der brechenden Medien zu wenig Licht ins Auge, so dafs opake Gegenstände im Innern des Auges entweder gar nicht gefunden werden können, oder, mögen sie eine Farbe und Intensität haben, welche sie wollen, als schwarze, undeutlich begrenzte Flecken erscheinen, deren Natur und Sitz so nicht zu entziffern ist.

3. Der dioptrische Apparat, das vorgelegte Hohlglas, stellt blofs die auf der Retina leuchtenden Objecte deutlich und vergrößert dar, während die vor derselben befindlichen dunkel, undeutlich und verkleinert erscheinen.

4. Man muß für jedes Auge ein eigenes passendes Hohlglas vorschieben, was oft sehr zeitraubend und unsicher ist.

5. Es ist unmöglich bei diesem Instrumente convexe Gläser anzuwenden, die sonst bei allen dioptrischen Apparaten vorzuziehen sind, indem sie nicht blofs deutlichere und schärfere, vergrößerte Bilder geben, sondern auch durch geringe Verschiebungen für jedes Auge passend gestellt werden können.

Nachdem ich in Folge sehr zahlreicher Versuche diese Mängel des im übrigen vortrefflichen Instrumentes eingesehen hatte, suchte ich dasselbe nach den von Helmholtz angegebenen Grundsätzen zu verbessern. Indessen alle meine mühsamen Versuche scheiterten; nichts wollte mir gelingen, und so kam ich auf den Gedanken, ein ganz neues Instrument zu erfinden. Dies ist mir denn auch gelungen und zwar in einer Weise, wodurch alle jene Mängel vermieden sind.

Mein Instrument ist freilich nicht so klein und compendiös, wie das von Helmholtz; dafür ist es aber sehr leicht und sicher ohne viele Uebung zu handhaben; überdies kann ich die Quantität des in das Auge fallenden Lichtes nach Belieben vermehren und vermindern, ebenso je nach dem Bedürfnisse convexe oder concave Gläser anwenden und das Instrument für alle Theile des Auges, durchsichtige und opake, scharf einstellen, so daß ich jeden Theil des Auges von der Cornea und Regenbogenhaut bis zur Retina in seinem gesunden und kranken Zustande vergrößert und scharf betrachten kann. —

Dieses Instrument, welches allen praktischen Bedürfnissen zu entsprechen scheint, werde ich jetzt beschreiben. Der Beschreibung und Gebrauchsanweisung desselben soll eine Anzahl pathologischer Fälle, die ich mit dem Instrumente beobachtet habe und von denen ich genaue, nach der Natur gezeichnete Abbildungen besitze, ange reiht werden. Zum Schlusse wird endlich die Beschreibung einiger anderer Augenspiegel folgen, die vielleicht noch einer bedeutenden Vervollkommnung fähig sind. —

Das Instrument (Fig. 1) besteht aus folgenden Theilen :

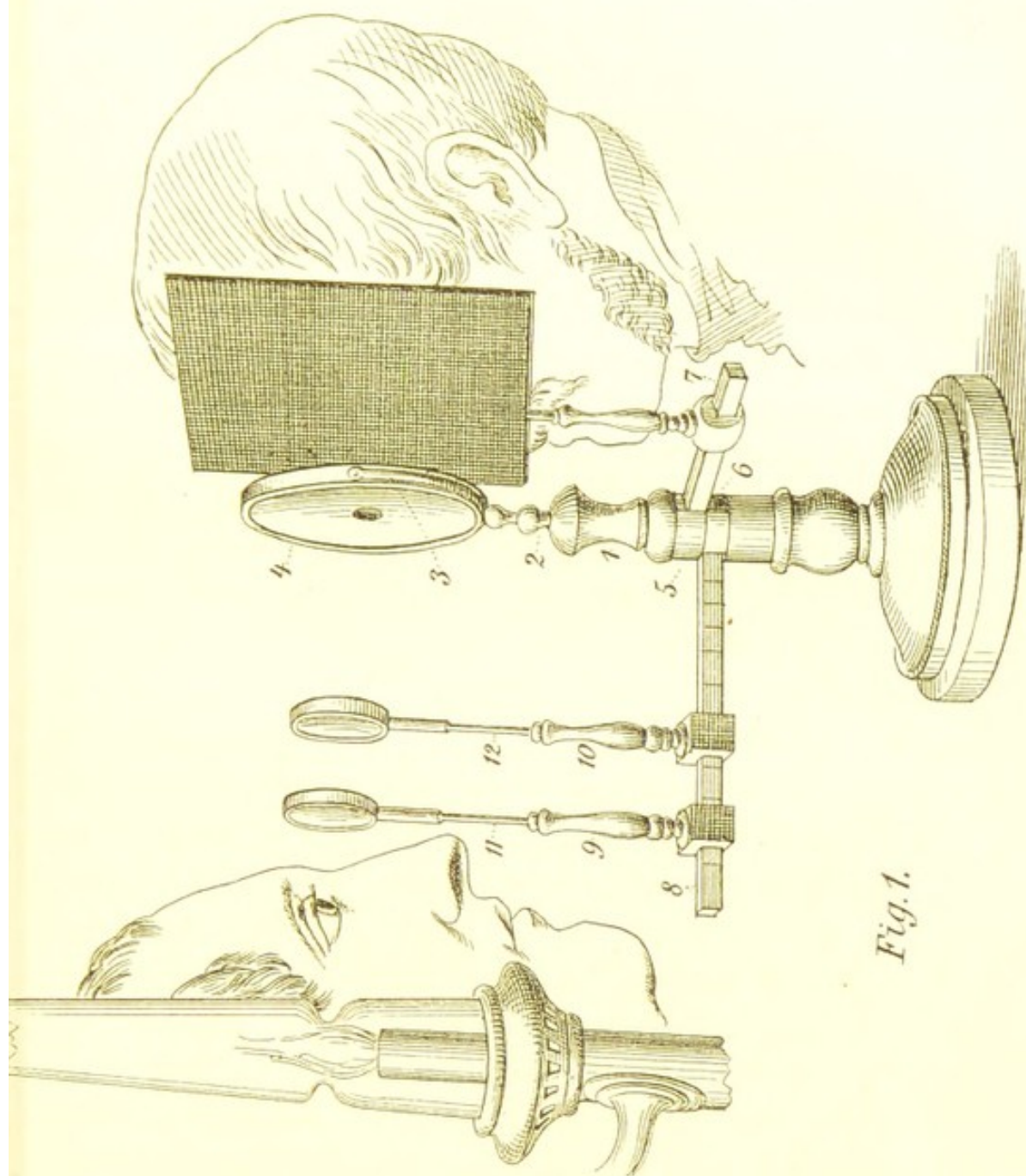


Fig. 1.

Auf einem runden Fufse von Holz ruht eine hohle Säule (1), in deren Achsenkanale sich ein runder Stab (2) von Holz befindet, der hoch und niedrig geschoben und durch eine Feder, die sich am unteren Ende desselben befindet, in jeder beliebigen Höhe festgestellt werden kann. Auf diesem Stabe sitzt ein Halbkreis von Messing (3), der sich mit dem Stabe hoch und niedrig, rechts und links stellen läßt. In diesem Halbkreise ist ein in der Mitte durchbohrter Hohlspiegel (4) von etwa 3 Par. Zoll Durchmesser und von einer Brennweite von etwa 10 Par. Zoll durch Schrauben, die je nach dem Bedürfnisse gelüftet oder stärker angezogen werden können, so befestigt, daß er um seine Horizontalachse gedreht werden kann. In der Mitte der Säule (1) befinden sich 2 hölzerne Ringe (5 und 6), welche sich um die Säule drehen lassen. Jeder Ring trägt einen horizontal auslaufenden Arm (7 und 8); der Arm 7 trägt einen geschwärzten Schirm, der theils dazu dient, um das Licht der Lampe vom Beobachter abzuhalten, anderntheils auch dazu, um, wenn es nöthig ist, das vom Spiegel in das zu beobachtende Auge fallende Licht abzuschwächen, was man dadurch bewirkt, daß man einen Theil des Spiegels durch den Schirm beschattet. Der Arm 8, welcher in 12 Zolle eingetheilt ist, trägt 2 verticale Säulen (9 und 10), die rück- und vorwärts geschoben werden können; in jeder verticalen Säule steckt ein am unteren Ende mit einer Feder versehener Stift von Messing (11 und 12), den man auf- und abwärts schieben kann und der durch die Feder in jeder Höhe, die man ihm giebt, festgehalten wird. Auf diese Stifte steckt man je nach den Umständen concave oder

convexe Gläser, welche die aus dem zu beobachtenden Auge zurückkehrenden Lichtstrahlen zu einem deutlichen Bilde für den Beobachter vereinigen. Eine ausführlichere, mehr in's Einzelne gehende Beschreibung des Instrumentes wird durch einen Blick auf die beigegefügte Zeichnung entbehrlich gemacht.

Beim Gebrauche des Instrumentes setzt man den Kranken womöglich mit einer durch Belladonna erweiterten Pupille auf einen Stuhl, vor den Kranken einen kleinen Tisch mit dem Instrumente, neben ihn auf die entgegengesetzte Seite des zu untersuchenden Auges einen Tisch mit einer guten Lampe, die hoch und niedrig gestellt werden kann. Mit dem zu untersuchenden Auge müssen die Mitte des Spiegels, das dioptrische Glas und die Flamme der Lampe in gleicher Höhe stehen, und zwar muß die Lampe dem Kopfe des zu Untersuchenden so nahe als möglich gestellt werden. Der Kranke blickt dann in einer passenden Entfernung, die, wie unten näher angegeben werden soll, leicht durch Rück- und Vorwärtsschieben des Instrumentes gefunden wird, in das ihm zunächst stehende Glas; während der Beobachter, der hinter dem Schirme sitzt, das vom Spiegel reflectirte Licht in das Auge des Kranken wirft und durch das Loch des Spiegels in das Auge schaut. Fällt der Fokus der reflectirten Lichtstrahlen in das Auge des zu Untersuchenden, so ist die Lichtstärke am bedeutendsten; will man diese aber wegen zu großer Empfindlichkeit des Auges abschwächen, so schiebt man die Lampe allmählich zurück oder beschattet mit dem Schirme ein Drittheil oder die Hälfte des Spiegels. Auf diese Weise kann man die

Lichtstärke von ihrem Maximum nach Belieben vermindern, was indessen selten nöthig ist, weil man einestheils entzündete und mit Lichtscheu behaftete Augen überall nicht mit diesem Instrumente untersuchen kann und weil man anderentheils bei einiger Uebung die Untersuchung so rasch beendigt, daß ein gewöhnliches Auge nicht im geringsten dadurch angestrengt wird.

Ich beginne die Untersuchung stets mit einem Hohlglase mit einer negativen Brennweite von 8—9 Par. Zoll, welches ich auf den Stift (11) stecke. Das Auge wird hierdurch gewissermaßen in ein Galiläisches Fernrohr verwandelt, wobei die brechenden Medien des Auges das Objectivglas und das Hohlglas das Ocular bilden. Auf dieselbe Weise, wie man das Galiläische Fernrohr durch Einschieben und Ausziehen des Oculars den kurzsichtigen und weitsichtigen Augen anpassen kann, vermag man auch dieses Glas durch Hin- und Herschieben dem Refractionsvermögen der verschiedenen Augen zu accommodiren. Denn, wenn die einfallenden Strahlen, welche ein Hohlglas treffen, parallel sind, so divergiren die Strahlen so, als kämen sie vom Hauptzerstreuungspunkte. Rückt aber der leuchtende Punkt näher, sind also schon die auffallenden Strahlen divergirend, so werden sie nach dem Durchgange durch das Glas noch stärker divergiren, als es für die parallel eintretenden Strahlen der Fall war. Der Zerstreuungspunkt rückt also dem Glase um so näher, als der leuchtende Punkt näher kommt. Wenn aber die einfallenden Strahlen nach dem Hauptzerstreuungspunkte auf der anderen Seite des Glases hin convergiren, so werden die gebrochenen Strahlen

nothwendig einander parallel austreten. Convergi- ren die einfallenden Strahlen stärker, so werden sie auch nach der Brechung noch convergiren; wenn aber die einfallenden Strahlen nach einem Punkte convergiren, der, wie es bei den aus dem Auge heraustretenden Lichtstrahlen der Fall ist, weiter vom Glase absteht, als der Hauptzerstreuungspunkt, so divergiren sie noch, als ob sie von einem Punkte vor dem Glase kämen. Diese Betrachtung beweist uns nicht allein die Möglichkeit, daß man mit einem Hohlglase scharfe Bilder von den Objecten der Retina bekommen, sondern daß man auch im Stande ist, ein und dasselbe Glas durch Annäherung und Entfernung desselben den verschieden brechenden Augen anzupassen. Bei kurzsichtigen Augen ist das Hohlglas dem Auge 2—3, bei weitsichtigen 3—5 Par. Zoll zu nähern. Wirft man dann das Licht mit dem Hohlspiegel in das Auge, so fängt das Innere desselben scheinbar lebhaft an zu glühen; die Blutgefäße der Retina erscheinen dem Beobachter dabei bedeutend vergrößert und bei richtiger Stellung des Glases auch mit scharfen Contouren. Wegen der bedeutenden Vergrößerung der Objecte der Retina überblickt man hier gleichzeitig immer nur einen sehr kleinen Theil derselben und nur einzelne, stark vergrößerte Aeste der Centralgefäße. Aus diesem Grunde eignet sich die Untersuchung mit dem Hohlglase nicht besonders dazu, um den Hintergrund des Auges in einem größeren Umfange zu examiniren. Dennoch ist diese Methode der Untersuchung interessant und wichtig. Ist nämlich das Auge in seinen brechenden Medien vollkommen klar und ge-

sund, so erscheint uns der Hintergrund des Auges in einer hellen Rosafarbe; finden sich aber auf der Retina oder im Glaskörper rothe, braune oder schwarze Exsudate, so erblickt man diese ebenfalls in ihrer natürlichen Farbe. Dasselbe findet auch statt bei Trübungen im Glaskörper nahe hinter der Linse oder in der Linse; nur sehen wir die letzteren nicht vergrößert, sondern verkleinert. Ist die Linse aber gleichmäfsig, wenn auch nur so schwach getrübt, dafs man die Trübung mit blofsem Auge noch gar nicht zu erkennen vermag, so zieht sich die helle Rosafarbe des Hintergrundes schon etwas ins Bräunliche und Schmutzige. Bei etwas stärkerer Trübung nimmt mit der Intensität derselben die Helligkeit des Hintergrundes ab, dagegen die bräunliche, selbst braun-schwärzliche Färbung verhältnismäfsig zu. Ist die Trübung des Linsensystems aber schon soweit fortgeschritten, dafs man sie mit blofsem Auge erkennt, so fängt sie an die in das Auge fallenden Lichtstrahlen zu reflectiren, und dann erscheint uns ein bläulicher Schleier vor dem dunkelbraunrothen Hintergrunde. Die bläuliche Farbe des Schleiers ist um so lebhafter blau, je röthlicher und heller noch die Farbe des daneben durchscheinenden Hintergrundes ist. Je mehr aber die natürliche Farbe des Hintergrundes verschwindet, je mehr sie sich ins Bräunliche und Dunkle zieht, um desto deutlicher erscheinen die Trübungen durch das von ihnen reflectirte Licht in ihrer natürlichen Farbe. Die Reihe dieser Erscheinungen beweist offenbar, dafs jene blau-grünliche Farbe der Trübungen auf dem helleren, mehr in's Rothe sich ziehenden Hintergrunde theilweise zu den complementären Farben gehört. —

Mit der Zunahme der schmutzigen, bräunlichen Färbung des Hintergrundes der Retina nimmt die Deutlichkeit der Centralgefäße immer mehr ab, so daß man diese am Ende gar nicht mehr erkennt.

Die Reihe dieser Erscheinungen giebt uns ein Mittel an die Hand, wodurch wir in den Stand gesetzt werden, die schärfste Diagnose zwischen einer einfachen Amblyopie und einer Cataracta bei ihrer ersten Entstehung festzustellen; was ohne dieses Hülfsmittel bekanntlich oft außerordentlich schwer, ja selbst unmöglich ist. Bei der Amblyopie ohne materielle Veränderungen des Augenhintergrundes erscheint dieser nämlich bei dem gedachten Experiment in einer hellen Rosafarbe mit deutlichen dunkelrothen Gefäßen. Bei der beginnenden Cataracte dagegen nehmen wir, je nach der geringeren oder stärkeren Ausbildung derselben, die Gefäße mehr oder weniger undeutlich hinter einem rothbräunlichen oder bräunlichen oder selbst blaugrünen Schleier wahr. Am besten gelingt das Experiment, wenn die Pupille vorher durch eine Einträufelung von Belladonna oder Hyoscyamus erweitert ist.

Weit umfassender und lehrreicher ist aber der Anblick, wenn wir zur Untersuchung des Auges, anstatt eines concaven Glases, ein oder zwei convexe Gläser gebrauchen und auf diese Weise das Auge in ein astronomisches Fernrohr verwandeln. Man benutzt hierzu bi- oder planconvexe Linsen von der Gröfse eines gewöhnlichen Brillenglases. Kann man zu diesem Zwecke aplatische und achromatische Gläser bekommen, so geben diese freilich ein sehr schönes, deutliches Bild, jedoch haben sie den Nachtheil, daß sie zu stark spiegeln und

dadurch die Wahrnehmung sehr leicht stören. Aus diesem Grunde ziehe ich in der Regel gut geschliffene einfache Gläser vor, die bei den schwachen Vergrößerungen, welche hier anwendbar sind, ein vollkommen scharfes und deutliches Bild liefern. — Benutzt man nur ein einziges convexes Glas, welches man auf den Stift 11 (Fig. 1) steckt, und hat dieses Glas eine Brennweite von etwa $1\frac{1}{2}$ Par. Zoll, so bekommt man, wenn die Entfernung dieses Glases von dem beobachteten Auge etwa 1, und von dem Beobachter 9 — 10 Par. Zoll entfernt ist, ein umgekehrtes, $2\frac{1}{2}$ — 3 mal vergrößertes, wirkliches Bild der Objecte der Retina. Diese Vergrößerung reicht vollkommen aus, um die feinsten Zweige der Centralgefäße, kleine Aneurysmen, Exsudate, Extravasate u. dergl. zu beobachten, und sie ist besonders für die Untersuchung eines größeren Theils der Retina sehr bequem, weil sie ein sehr großes Gesichtsfeld darbietet, in welchem gleichzeitig der Nervus opticus, die Arteria centralis retinae mit ihren zahlreichen Verzweigungen und die Macula lutea erscheint. Hat die Pupille des zu beobachtenden Auges auch nur eine Weite von 5^{mm}, so ist die Vergrößerung der Pupille doch so bedeutend, daß der Pupillarrand aus dem Gesichtsfelde heraustritt. So sehr sich daher auch diese Stellung des Glases von der genannten Brennweite für die Untersuchung des Hintergrundes des Auges eignet, so paßt sie doch nicht für die Untersuchung der Regenbogenhaut, weil diese ganz aus dem Gesichtsfelde heraustritt. Die krankhaften Veränderungen der Cornea und des Linsensystems dagegen bieten sich hier dem Blicke des Beobachters sehr deutlich dar.

Entfernt man das convexe Glas von $1\frac{1}{2}$ Par. Zoll Brennweite vom zu beobachtenden Auge um $1\frac{1}{2}$ —2 Par. Zoll, so daß das Auge des Beobachters 10—11 Par. Zoll von dem Glase entfernt ist, so bekommt man ebenfalls ein umgekehrtes, aber nur zweimal vergrößertes, wirkliches Bild der Netzhautgegenstände und ein zweimal vergrößertes, umgekehrtes Bild der Cornea, der Regenbogenhaut, der etwa trüben Theile der Linse und der sonstigen in das Gesichtsfeld fallenden Theile des Auges. Das Gesichtsfeld, in welches die Objecte des Hintergrundes des Auges fallen, ist hierbei aber klein. Daher ist diese Constellation für die Untersuchung der Retina nicht so zweckmäfsig, wie die vorhergehende, aber zweckmäfsiger für die Untersuchung der Regenbogenhaut, des Pupillarrandes, der Linsenkapsel und der Cornea.

Nimmt man, anstatt eines einzigen convexen Glases, zwei, und zwar das eine von $1\frac{1}{2}$ Par. Zoll, das andere von $4\frac{1}{2}$ Par. Zoll Brennweite und entfernt man das erste Glas 1 Par. Zoll, das zweite $5\frac{1}{2}$ Par. Zoll vom zu beobachtenden Auge und bringt man das beobachtende Auge nahe hinter das Loch des Spiegels, so erhält man von der Retina ein umgekehrtes virtuelles Bild von dreimaliger Vergrößerung in einem ziemlich grossen Gesichtsfelde und ebenso ein umgekehrtes Bild der übrigen Theile des Auges von viermaliger Vergrößerung. Diese Constellation der Gläser würde daher besonders vortheilhaft sein, wenn die Spiegelung der auf die Gläser fallenden Lichtstrahlen hier nicht bedeutender wäre, als bei dem einfachen Glase. Jedoch kann man die Spiegelung dadurch vermindern, daß man sie durch Drehung um ihre

Verticalachse etwas schief zu der Richtung der optischen Achse des beobachtenden Auges stellt. — Benutzt man abermals zwei Gläser, aber beide von $4\frac{1}{2}$ Par. Zoll Brennweite, entfernt man dabei das erste Glas $2\frac{1}{2}$ Par. Zoll, das zweite 4" von dem zu beobachtenden Auge und schaut der Beobachter ganz nahe hinter dem Spiegel durch das Loch desselben, so bekommt er von den Objecten des Hintergrundes des Auges ein umgekehrtes wirkliches Bild von 6 maliger Vergrößerung mit einem sehr großen Gesichtsfelde; dagegen von den übrigen Theilen des Auges ein aufrechtstehendes virtuelles Bild mit einer so bedeutenden Vergrößerung, daß der Pupillarrand der Regenbogenhaut aus dem Gesichtsfelde tritt. Daher eignet sich diese Constellation der Gläser sehr gut zur Untersuchung der Cornea, des Linsensystems und der Retina, aber nicht zu der Beobachtung der Regenbogenhaut.

Kommt es ganz besonders auf eine starke Vergrößerung der Objecte des Hintergrundes des Auges an, dagegen weniger auf die Beobachtung der übrigen Theile desselben, so kann man auf den Stift 11 (Fig. 1) ein Glas von $1\frac{1}{2}$ Par. Zoll Brennweite und auf den Stift 12 ein zweites Glas von 3 Par. Zoll Brennweite stecken. Entfernt man dann das erste Glas durch Zurückschieben desselben auf dem horizontalen Arme um 2 Par. Zoll und das zweite Glas um 6 Par. Zoll vom zu beobachtenden Auge und schaut man dann ganz nahe hinter dem Spiegel durch das Loch desselben, so erhält man ein umgekehrtes Bild der Objecte der Retina von 9—10 facher Vergrößerung und ebenfalls ein umgekehrtes Bild der

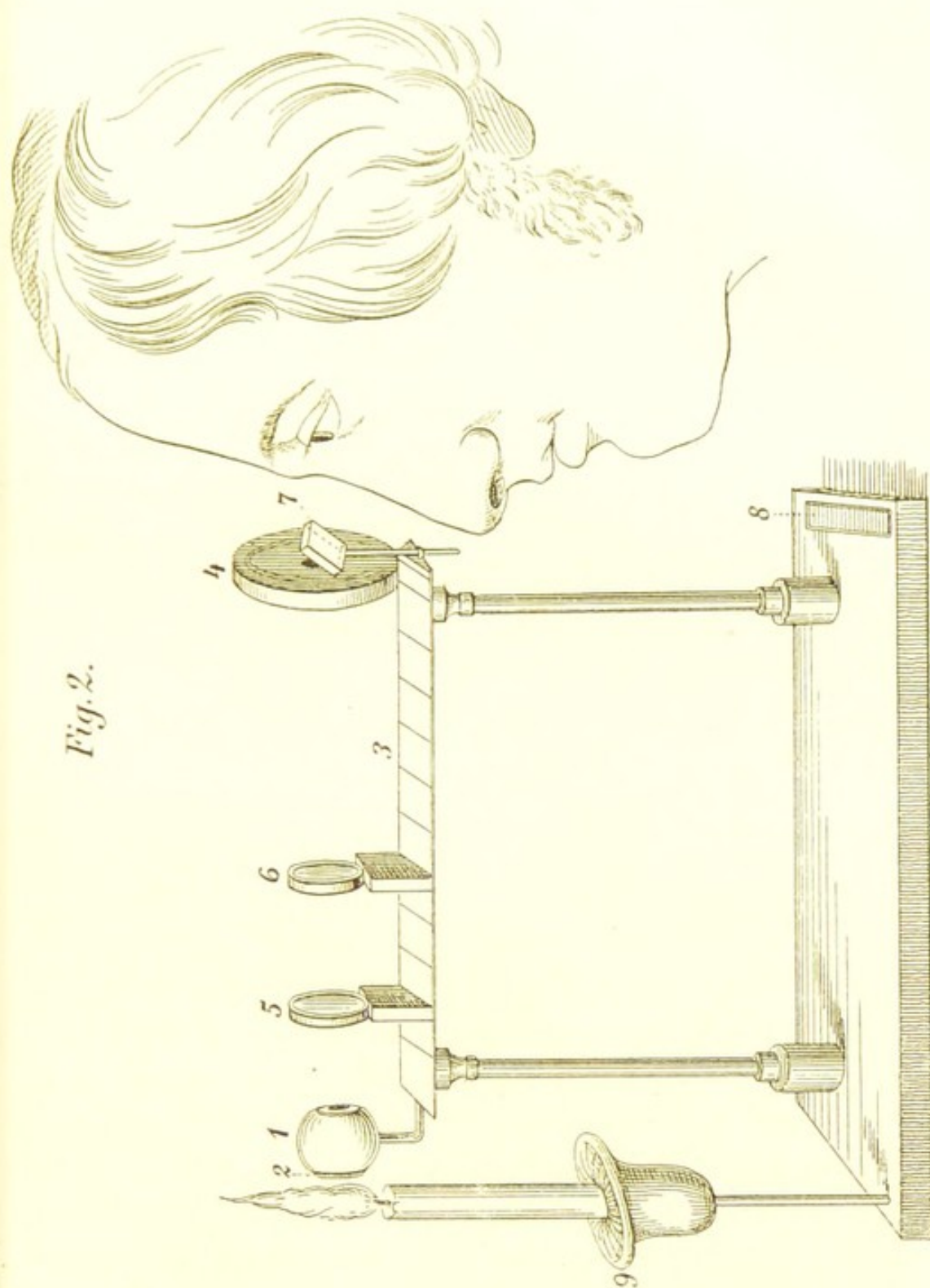
übrigen Theile des Auges von 2 facher Vergrößerung. Bei dieser Constellation der Gläser gewinnt das Bild sehr an Klarheit, wenn man anstatt des gewöhnlichen Spiegels einen etwas stärkeren von 7—8 Par. Zoll Brennweite anwendet.

Schon bei dieser letzten starken Vergrößerung wird die Beobachtung durch die nie ganz zu beseitigende Unruhe des Auges sehr erschwert. Noch stärkere Vergrößerungen würden daher wegen der unausführbaren vollständigen Feststellung des Auges mit meinem Instrumente kein Resultat liefern. Bei den schwächeren Vergrößerungen ist eine vollständige Feststellung des Auges nicht allein unnöthig, sondern selbst nicht einmal wünschenswerth, weil bei den Bewegungen bald diese, bald jene Theile des Augenhintergrundes in das Gesichtsfeld fallen, wodurch eine umfassendere Beobachtung mit leichter Mühe erzielt wird. Auch habe ich mich überzeugt, daß die schwachen Vergrößerungen vollkommen ausreichen, um die kleinsten Veränderungen im Durchmesser der Gefäße, um Exsudate, Extravasate u. s. w. deutlich wahrzunehmen. Die Elemente der Retina kann man freilich hierbei nicht unterscheiden; dazu würde aber auch eine weit stärkere Vergrößerung nöthig sein, die, wo das lebendige, stets unruhige Auge das Object bildet, nicht wohl anzuwenden ist. Dessenungeachtet werde ich unten aber doch zeigen, wie man ein schärferes Mikroskop mit dem Augenspiegel verbinden kann, mit dem man wenigstens die Retina und die übrigen Theile eines frischen, noch durchsichtigen todten Auges, ohne es zu zerschneiden, mikroskopisch beobachten könnte.

Bei der obigen Darstellung der Vergrößerungsmomente möchte es vielleicht dem einen oder dem andern auffallend erscheinen, daß, bei derselben Constellation der Gläser, Gegenstände verschiedener Entfernung zugleich deutlich, aber mit verschiedener Vergrößerung gesehen werden. Dieser scheinbare Widerspruch wird aber gelöst, wenn man berücksichtigt, daß die von der Retina zurückkommenden Lichtstrahlen außerhalb des Auges convergent sind und zwar in einem Grade, daß ihr Convergenzpunkt der Entfernung des leuchtenden Objectes entspricht, während die von den übrigen Theilen des Auges zurückgeworfenen Lichtstrahlen eine divergente Richtung haben.

Die hier aufgeführten Vergrößerungen sind von mir nicht auf dem Wege der Rechnung, sondern auf dem der directen Messung gefunden worden. Zu diesem Ende nahm ich ein künstliches Auge 1, (Fig. 2.) von der Gröfse und dem Brechungsindex des menschlichen Auges, welches an der Stelle der Retina mit einem transparenten, in Millimeter getheilten Glase und mit einer Pupille von 5^{mm} Durchmesser versehen ist. Dieses Auge wurde auf das Ende einer 12 Par. Zoll langen Scala (3) gesteckt, auf deren entgegengesetztem Ende sich ein durchbohrter Hohlspiegel (4) befand. Auf die Scala selbst steckte ich die dioptrischen Gläser (5, 6) mittels eines verschiebbaren Keiles, so daß dieselben nach Bedürfnis eingestellt werden konnten. Hinter das Loch des Spiegels wurde eine planparallele Glasscheibe (7) so befestigt, daß ihre Ebene in einem Winkel von 45° nach hinten geneigt war. In verticaler Richtung unter diesem

Fig. 2.



Glase befestigte ich einen weissen Maßstab (8), der durch schwarze Striche in Millimeter getheilt war, in einer Entfernung von 10 Par. Zoll, die für mich die Entfernung des deutlichen Sehens ist. Neben dem künstlichen Auge stellte ich eine Lampe (9) auf, welche ihr Licht in den Hohlspiegel und auch auf den Maßstab warf; von dem Hohlspiegel wurde das Licht in das künstliche Auge geworfen und von dem Maßstabe auf die untere Fläche des planparallelen Glases und von da in einem Winkel von 90^0 durch das Loch des Hohlspiegels, so daß dem durch das Loch des letzteren und durch die in einem Winkel von 45^0 geneigte Fläche des planparallelen Glases schauenden Auge die Scala des Maßstabes und die Scala der künstlichen Retina (2) bei richtiger Einstellung der dioptrischen Gläser auf einander gelegt erschienen. Auf diese Weise war ich im Stande, die Vergrößerung bei den verschiedenen Constellationen der Gläser direct abzulesen und zugleich auch, wenn ich von hinten auf das transparente, die Retina vorstellende Glas des künstlichen Auges schaute, die Form und die Größe des von dem Hohlspiegel in das Auge geworfenen Lichtbildes zu beobachten. —

Das von dem Hohlspiegel zurückgeworfene Bild der aufrechtstehenden Lichtflamme hat natürlich eine umgekehrte Lage; wirft man dieses umgekehrte Flammenbild bei einer Entfernung des Hohlspiegels von 11—12 Par. Zoll in das Auge, so entwirft sich auf der Retina wieder ein aufrechtstehendes Flammenbild von dem umgekehrten Bilde des Hohlspiegels. Dieses aufrechtstehende Flammenbild bleibt auf der Retina noch aufrecht, nur

nicht mehr mit scharfen Rändern, wenn man vor das Auge ein convexes Glas von $1\frac{1}{2}$ Par. Zoll Brennweite in einer Entfernung von 1" anbringt. Entfernt man aber das Glas von dem zu beobachtenden Auge, daß es $2-2\frac{1}{2}$ Par. Zoll von demselben absteht, so entwirft sich auf der Retina eine Lichtscheibe, welche die Basis eines Kegels ist, dessen Höhe von dem Pupillarrande der Regenbogenhaut ungefähr halbirt wird. Bringt man zwei Gläser von $4\frac{1}{2}$ Par. Zoll Brennweite so vor das zu beobachtende Auge, daß das erste etwa 2 Par. Zoll, das zweite 3—4 Par. Zoll von demselben absteht, so hat man wieder das umgekehrte Bild des Spiegels aufrecht auf der Retina. Dieses auf der Retina aufrechtstehende Bild sieht natürlich der Beobachter, der durch das Loch des Spiegels schaut, wieder umgekehrt. —

Der Verlauf der aus dem Auge wieder heraustretenden Lichtstrahlen entspricht genau, nur in umgekehrter Ordnung, der Richtung der einfallenden Strahlen. Daher kommen die Lichtstrahlen parallel aus dem Auge, wenn unser Auge für die Unendlichkeit accommodirt ist und Lichtstrahlen etwa von einem Sterne bekommt. Ist das Auge aber für endliche Gegenstände accommodirt und erhält es Lichtstrahlen von terrestrischen Objecten, so fallen die Lichtstrahlen bekanntlich divergent in das Auge und kommen dagegen so convergent wieder heraus, daß sie sich auf dem Punkte des leuchtenden Objectes schneiden, von welchem sie ausgegangen waren. Die aus dem Auge zurückgestrahlten convergenten Lichtstrahlen vermag nun aber ein anderes Auge nicht zu einem deutlichen Bilde zu vereinigen, weil die-

selben sich schon vor der Retina schneiden. Setzt man dann aber ein convexes Glas vor das zu beobachtende Auge, so werden die aus diesem heraustretenden Lichtstrahlen früher oder später, je nach der kürzeren oder längeren Brennweite des Glases, zu einem vergrößerten Bilde, dessen Lage die umgekehrte des Netzhautbildes in dem zu beobachtenden Auge ist, vereinigt. Nähert man dann das beobachtende Auge diesem Bilde bis zur Entfernung des deutlichen Sehens, so kann man dasselbe mit scharfen Umrissen wahrnehmen. Auf diese Weise bekommt man mittels Convexgläser ein umgekehrtes Bild von den Objecten der Retina. Benutzt man aber anstatt des convexen Glases ein concaves Glas, so erblickt man das Flammenbild und die Objecte auf der Retina des zu beobachtenden Auges in derselben Ordnung, wie es sich dort befindet. —

Bei der Untersuchung des Auges mittels des Augenspiegels mit convexen Gläsern bleibt die Stellung des Kranken, der Lampe, des Instrumentes, des Beobachters dieselbe, wie bei der Untersuchung mit concaven Gläsern. Ist das Instrument mit einem oder mit zwei convexen Gläsern richtig eingestellt, was nach den obigen Angaben sehr leicht zu erreichen ist, so bekommt man, wie schon bemerkt, ein vergrößertes Bild von allen Theilen des Auges; etwa vorhandene Blutgefäße, Trübungen und Exsudate der Cornea, auch selbst der kleinsten Art erscheinen uns mit auffallender Deutlichkeit. Die gesunde Regenbogenhaut entwickelt ihr schönes, maschenförmiges Gewebe; die feinsten Abnormitäten am Pupillarrande oder im Gewebe der Iris bieten sich unserem

Blicke dar; ebenso die pathologischen Veränderungen der Linse und des Glaskörpers in einer sonst nie geahnten Pracht; nur darf ich hier nicht verschweigen, daß es mir bisher unmöglich war, den Sitz der im Innern des Auges vorhandenen Trübungen der brechenden Medien durch die Anschauung unmittelbar zu bestimmen. Dies wurde mir am deutlichsten bei der Untersuchung einer Trübung mit dem Augenspiegel, deren Sitz bei der entoptischen Untersuchung offenbar als hinter der Linse befindlich sich herausstellte. —

In einem gesunden Auge sieht man bei der Untersuchung mittels des Augenspiegels mit convexen Gläsern in dem vergrößerten Auge das oben beschriebene Flammenbild mit einer hellrothen Farbe und in demselben die Zweige der Centralgefäße auf eine sehr deutliche Weise; wendet dann der Mensch, den man beobachtet, sein Auge etwas nach der Nase zu, so tritt auch die Papilla nervi optici in Form eines kreisrunden Fleckes von weißer Farbe in das Gesichtsfeld; aus der Mitte dieses Fleckes sproßt die Arteria centralis retinae hervor, deren Zweige sich quirlförmig nach allen Richtungen hin verbreiten. Unter den Hauptästen derselben pflegen zwei, welche nach oben verlaufen, und zwei, welche sich nach unten wenden, die stärksten zu sein. Bisweilen glaubte ich auch Arterien und Venen von einander unterscheiden zu können; jedoch wollte mir dies nicht immer gelingen, wahrscheinlich deshalb, weil in so kleinen Ästen die Farbe der Arterien und Venen nicht hinreichend verschieden ist. — Die Gefäße erscheinen bei diesem Versuche, wenn auch meistens nur 2—6mal vergrößert,

doch so deutlich, daß man an ihnen selbst sehr geringe Abnormitäten bemerken kann. — In einem todten Hammelauge sah ich mit mehreren meiner Zuhörer an einem Zweige der Arteria centralis retinae eine aneurysmatische Anschwellung. Hatte ich in todte Thieraugen Injectionen von blauer oder rother Farbe gemacht, so konnte ich auch diese in den Adern ebenso, wie die kleinsten aus den Gefäßen extravasirten Massen erkennen. Daß man dasselbe auch im lebendigen menschlichen Auge zu sehen vermag, beweisen die nachfolgenden Beobachtungen.

Johanne B., 21 J. alt, mit hellbraunem Haar und brauner Iris, von gesunder Körperconstitution, bekam einen Schlag mit einem Stück Holz auf das linke Auge, welches bis dahin vollkommen gesund und mit einer guten Sehkraft begabt gewesen war. In Folge dieses Schlages bildete sich ein Hypoäma, welches die ganze vordere Augenkammer ausfüllte, aber durch eine strenge Antiphlogose, durch Blutentziehungen, kalte Ueberschläge, kühlende Purgantia, Einreibungen von Merkurialsalbe, durch Ruhe und strenge Diät innerhalb eines Zeitraumes von 14 Tagen gänzlich wieder beseitigt wurde. Nach Entfernung des Blutextravasates blieb aber Lähmung der Regenbogenhaut mit bedeutender Erweiterung der Pupille und mit einem hohen Grade von Amblyopie bei vollkommener Klarheit der brechenden Medien zurück. Nachdem nun durch eine mäßig fortgesetzte Antiphlogose jegliche Reizung des Auges beseitigt war, glaubte ich zur Untersuchung des Auges mit meinem Augenspiegel ohne Gefahr schreiten zu dürfen. Das Licht desselben wurde auch ohne die geringste Beschwerde

ertragen. Bei der Untersuchung mit concaven Gläsern zeigte sich hier die normale Farbe des Augenhintergrundes. Bei der Untersuchung mit convexen Gläsern aber entdeckten wir bald einen ungewöhnlichen Reichtum und eine abnorme Ausdehnung der blutführenden Gefäße. Vor diesem Gefäßnetze flottirte eine dunkle, schwarze Masse bei den Bewegungen des Auges hin und her, so daß sie bald in kleineren, bald in größeren Portionen in das Gesichtsfeld trat, bald aus diesem wieder verschwand. Diese dunkle Masse hatte eine unregelmäßige, netzförmige Gestalt, die der eines dunklen Venennetzes nicht ganz unähnlich war, so daß wir sie anfangs für Venen hielten. Nach wiederholten Untersuchungen stellte es sich aber heraus, daß wir uns hierin geirrt hatten; denn im Verlaufe einiger Tage hatte sich nicht bloß die Gestalt, sondern auch die Menge dieses schwarzen netzförmigen Körpers bedeutend verändert und vermindert. Bei einer noch späteren Untersuchung vermochten wir nur noch einzelne dicke dunkle Streifen mit gefranzten Rändern und einzelne dunkle Punkte, die auf dem hellen Hintergrunde vor dem rothen Gefäßnetze hin und her flottirten, zu entdecken. Aus dem Verlaufe dieser Untersuchung geht demnach unzweifelhaft hervor, daß die Ursache dieser dunklen Erscheinung in dem Reste eines Blutextravasates, welches sich nach und nach auflöste und verschwand, zu suchen war. Jener Schlag hatte also wahrscheinlich auch die Zerreißung einzelner Äste der Centralgefäße und dadurch Störungen in der Funktion der Retina bewirkt. Die Behandlung bestand, bis zu dem Zeitpunkte des gänzlichen Ver-

schwindens jenes Extravasates im Hintergrunde des Auges in der Anwendung der ableitenden und der die Resorption anregenden Methode. Da sich aber hierbei die Function des Auges nicht wieder herstellte, so schritten wir zu der vorsichtigen Darreichung von Reizmitteln, die aber bis jetzt noch kein Resultat geliefert haben. Jedenfalls beweist dieser Fall aber die große Brauchbarkeit meines Instrumentes, indem wir mit dem Helmholtz'schen Augenspiegel nicht im Stande waren, die Erscheinungen wahrzunehmen, welche oben beschrieben sind. —

Bei meiner Anwesenheit in Leipzig stellte mir der Herr Hofrath Ritterich einen amblyopischen jungen Menschen mit weiter Pupille vor, der ebenfalls für die Diagnose mit meinem Augenspiegel von höchstem Interesse war. Bei der Untersuchung mit concaven Gläsern zeigte sich hier ebenfalls im Hintergrunde die normale Farbe. Zugleich wallten aber bei den Bewegungen des Auges einzelne dicke, rothe Blutgefäße und schwarze Streifen durch das Gesichtsfeld. Als wir nun aber die concaven Gläser mit convexen vertauschten, erblickten wir nicht nur die Papilla nerva optici, sondern auch die Äste der Centralgefäße in einer ungewöhnlichen Pracht; dabei sahen wir ganz deutlich, daß einzelne Zweige unregelmäßig ausgedehnt und dicker als ihre Äste waren. Neben den feineren Zweigen der Centralarterie erblickten wir einzelne schwarze Punkte und schwarze Streifen, die bei einer viermaligen Vergrößerung ungefähr die Länge von 2 Pariser Linien und die Breite von $\frac{1}{2}$ Pariser

Linie einzunehmen schienen. Einzelne dieser Streifen waren indessen länger, andere kürzer. Ueber die Anamnese dieses Falles vermochte ich wegen Kürze der Zeit keine genaueren Erkundigungen einzuziehen. Soviel schien mir indessen klar zu sein, daß wir es hier mit melanotischen Ablagerungen auf der Retina zu thun hatten. —

Die Reflexion der Lichtstrahlen scheint auch bei der Anwendung des Augenspiegels besonders von der normalen Beschaffenheit der Retina und namentlich der stabförmigen Körper, als dem katoptrischen Apparate bedingt zu sein. Denn in Krankheiten, bei denen man eine Abnormität dieser Gebilde voraussetzen darf, zeigt sich die Spiegelung des Augenhintergrundes, auch sogar, wenn dieser selbst eine hellere Farbe bekommen hat, in einem weit geringeren Lichte, als im normalen Zustande. Dies ist z. B. der Fall beim Hydrops chorioideae externus und internus, bei der Synchysis, bei denen durch die Einwirkung des wässrigen Exsudates die stabförmigen Körper der Retina abgelöst sind. Noch auffallender, als bei den eben genannten Krankheiten, ist die Spiegelung beeinträchtigt bei dem Fungus medullaris retinae, bei dem wegen der gelblich-weißen fungösen Excreszenzen und der Zerstörung des Pigmentum nigrum der Hintergrund des Auges weit heller, als in der Norm erscheint. Da hier aber der rauhe und unregelmäßig geformte Hintergrund des Auges keine glatte Spiegelfläche mehr bildet, so wirft er das durch den Augenspiegel in's Auge geschickte Licht nicht mehr in geometrisch bestimmbar

tungen zurück, sondern er zerstreut dasselbe auf eine verworrene Weise nach allen möglichen Regionen. Dies ist der Grund, weshalb beim Fungus medullaris retinae durch den Augenspiegel nicht eben viel in der Diagnose gewonnen wird. —

Die obige Behauptung vermochte ich bisher nur durch einen einzigen Fall zu bekräftigen. Bei einem Knaben von 8 Jahren, Namens G. aus Göttingen, von zarter, aber übrigens scheinbar gesunder Constitution, bildete sich, nachdem längere Zeit eine chronische Choroïdeitis vorangegangen war, am vorderen Theile der Sclerotica ein kleines, bläulich gefärbtes sogenanntes Staphylom dieser Membran mit Erweiterung der Pupille und vollkommener Blindheit des Auges. Zu diesem Krankheitszustande gesellte sich im Verlaufe einiger Monate ein schillernder Glanz im Hintergrunde des Auges. Unter diesen Umständen glaubte ich die Diagnose wesentlich durch den Augenspiegel zu fördern, in welcher Hoffnung ich mich indessen bald getäuscht sah; denn es war mir unmöglich, einen klaren Blick mit Hülfe des Instrumentes in das Auge zu thun. Der Hintergrund des Auges nahm nämlich bei Anwendung des Instrumentes eine schmutzig braune Farbe an und die einzelnen auf ihm befindlichen Objecte, wie z. B. die Blutgefäße, lieferten durchaus kein klares und scharfes Bild. Erst als der Fungus durch fortgesetzte Wucherungen weiter nach vorn gerückt war, war ich im Stande, mit Hülfe des Augenspiegels ein klareres Bild des auf ihm befindlichen Details zu erhalten. Obgleich dieser Fall bis jetzt nur als eine vereinzelte Beobachtung dasteht, so zweifle ich aus

theoretischen Gründen nicht daran, daß es sich bei anderen ähnlichen Fällen auf dieselbe Weise verhalten wird. —

Vom größten Interesse ist die Untersuchung der cataractösen Augen durch den Augenspiegel mit convexen Gläsern. Beim ersten Beginn der Cataracte, wobei die Störungen des Sehvermögens, wie schon bemerkt, oft schwer von denen bei der amaurotischen Amblyopie zu unterscheiden sind, weil man noch nicht im Stande ist, die beginnende Trübung im Linsensystem anders als durch die entoptische Untersuchung zu erkennen, hat man auch im Augenspiegel mit convexen Gläsern ein Mittel, die schärfste Diagnose zu stellen. Die Zweige der Centralgefäße erkennt man hier nämlich noch ganz deutlich, aber die Farbe des Lichtbildes auf der Retina zieht sich, wie bei der Untersuchung mit einem concaven Glase, schon etwas von der hellen rothen Farbe in's Bräunliche und daneben bemerkt man vor den Adern einzelne kleine, nicht ganz scharf begrenzte, wolkige, transparente Flecken von graubräunlicher Farbe. Diese bräunliche Farbe rührt von der Mischung des von der Retina zurückgestrahlten röthlichen Lichtes mit der graulichen Farbe der Trübung in der Linse her. Nehmen diese Trübungen an Intensität zu, so verschwindet an ihrer Stelle die rothbraune Farbe und anstatt dieser erscheint ein nebelförmiger, wolkiger, unregelmäßig begrenzter, blaugrüner Schleier, durch den man nur an den lichter Stellen hier und da die rothe Farbe und einzelne Segmente der rothen Adern durchschimmern sieht. Ein großer Vorthail, den die convexen Gläser bei

dieser Untersuchung vor den concaven voraus haben, ist der, daß hier die einzelnen Trübungen nicht verkleinert, sondern bedeutend vergrößert erscheinen, so daß man ihre feinere Structur deutlicher zu erkennen vermag. Ist die cataractöse Trübung schon intensiver und weiter ausgebreitet, so tritt die rothbraune Farbe des Augenhintergrundes stets mehr zurück und an ihrer Stelle entwickelt sich die eigenthümliche Form und Farbe des Staares immer deutlicher und deutlicher. Außerordentlich schön und interessant war der Anblick, der sich mir im folgenden Falle darbot.

Ein junger Mensch hatte auf beiden Augen eine angeborene Cataracta centralis capsularis von der Größe eines kleinen Nadelknopfes; bis vor kurzer Zeit hatte er dessenungeachtet ein ziemlich gutes Sehvermögen besessen, bis auf einmal ohne nachweisbare äußere Veranlassung die Sehkraft auf beiden Augen abnahm, wobei er behauptete, daß er durch einen feinen Nebel sähe, der ihm die Gegenstände etwas verschleierte. Bei der Untersuchung mit bloßem Auge und mit der Lupe vermochte ich auch bei Erweiterung der Pupille durch Belladonna nichts anderes, als die Cataracta centralis wahrzunehmen. Als ich aber den Augenspiegel mit convexen Gläsern anwandte, erblickte ich im Umfange der vergrößerten, grünlich erscheinenden Cataracta centralis einen braunen, mit einzelnen dunklen Wolken versehenen Ring ohne durchschimmernde Blutgefäße des Hintergrundes und um diesen braunen Ring einen zweiten Ring von hellrother Farbe, durch den ich einzelne Segmente der Zweige der Centralgefäße deutlich wahrnahm. Hier

hatte sich also zu der angeborenen Centralcataracte der Kapsel eine Cataracta lenticularis hinzugesellt, die von der Mitte der Linse ausgehend sich noch nicht über die ganze Peripherie der Linse verbreitet hatte.

Bei einem anderen Kranken war eine Cataracta capsula — lenticularis dura im ausgebildeten Zustande zugegen. Die Trübung der Kapsel, welche in der Mitte am stärksten war, nahm gegen die Peripherie hin ab und liefs am Rande der erweiterten Pupille den gelbgrauen Linsenstaar durchschimmern. Bei der Untersuchung mit dem Augenspiegel mit convexen Gläsern erschien der Staar bedeutend vergrößert, wobei er zugleich sehr deutlich die ihm eigentümliche Farbe und strahlige Structur erkennen liefs. Den braunrothen Schein, welcher der Cataracta incipiens eigenthümlich ist, vermochte man hier nur in einem schwachen Grade am Rande der Pupille zu erkennen. Der Kranke wurde später operirt. Ich deprimirte nämlich mittelst der Sklerotikonyxis die getrübte harte Linse und rifs zugleich ein rautenförmiges, viereckiges Loch in die hauptsächlich in der Mitte verdunkelte vordere Kapselwand. Als ich nach der Heilung das Auge durch den Augenspiegel mit convexen Gläsern wieder untersuchte, bot mir dasselbe einen anderen, nicht minder interessanten Anblick dar. An der Stelle des rautenförmigen Loches nämlich gewahrte ich einen hellrothen Schein mit einigen feinen Zweigen der Centralgefäße der Retina. Dieser Schein war eingefafst von einem intensiv grün gefärbten Saume der verdunkelten Kapsel. Auf diesen, durch den Contrast grün gefärbten Saum, dessen natürliche Farbe grau war, folgte nach

der Peripherie hin, also zwischen dem grünen Saume und dem Pupillarrande der blauen Regenbogenhaut, die hier durch den Contrast am Rande auch einen grünlichen Schein bekam, ein braunrother Ring, weil diese Stelle der Kapsel wohl auch etwas getrübt, aber noch nicht ganz undurchsichtig war. —

Diese Fälle mögen vorläufig hinreichen, um die Wichtigkeit und praktische Brauchbarkeit meines Augenspiegels, der bei dem Instrumentenmacher Lüer in Göttingen für den billigen Preis von 10 Thalern stets zu haben ist, in's Licht zu setzen. Bevor ich indessen diese Abhandlung schliesse, will ich noch einige andere Augenspiegel beschreiben, die in Göttingen theils von mir, theils auch von anderen erfunden sind und die sich sowohl durch ihre Einfachheit, als durch ihre bequeme Anwendbarkeit empfehlen.

Herr Professor Ulrich kam zuerst auf den Gedanken, anstatt der planparallelen Gläser des Helmholtz'schen Augenspiegels und anstatt meines durchbohrten Hohlspiegels die totale Reflexion des Lichtes in den rechtwinkligen Glasprismen zu benutzen.

Um den Hintergrund des Auges zu beobachten, muß man zwei Prismen Fig. 3 *abd* und *acd* mit einander verbinden, deren Querschnitt ein rechtwinkliges, gleichschenkliges Dreieck darbietet und welche so mit ihren Grundflächen über einander gestellt sind, daß die eine Kathetenfläche des oberen Prismas mit einer Kathetenfläche des unteren zusammenfällt und daß die beiden Hypotenusenflächen einen rechten Winkel mit einander einschließen. Nach dem Gesetze der totalen Reflexion werden nun die Lichtstrahlen, welche von einer seitwärts

angebrachten Lichtquelle A (Fig. 3) rechtwinklig gegen die eine Kathetenfläche ba des unteren Prismas abd eintreten, an der Hypotenusenfläche bd total reflectirt und treten rechtwinklig gegen die andere Kathetenfläche ad aus dem Prisma wieder heraus auf die Retina RR' des zu beobachtenden Auges, wodurch diese erleuchtet wird. Die von der Retina RR' zurückkehrenden und rechtwinklig auf die Kathetenfläche ad des oberen Prismas acd einfallenden Lichtstrahlen werden nun nach

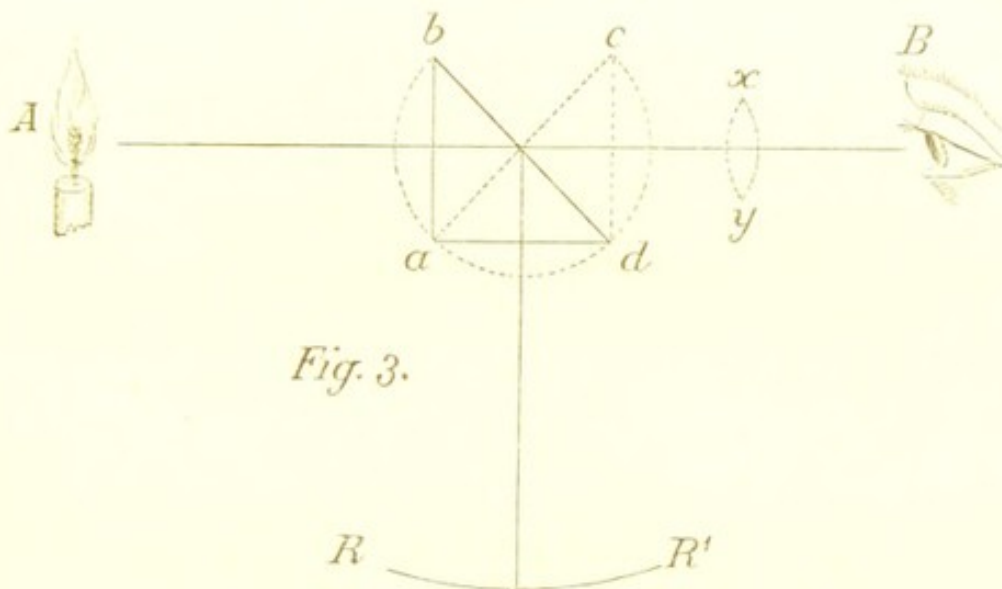


Fig. 3.

demselben Gesetze an der Hypotenusenfläche ac total reflectirt und treten so rechtwinklig gegen die andere Kathetenfläche cd aus dem Prisma heraus in das beobachtende Auge B . Auf diese Weise also ist es möglich, die von der durch das untere Prisma erleuchteten Retina RR' zurückkehrenden Lichtstrahlen und damit auch die Objecte im Auge selbst wahrzunehmen. Um das Licht zu concentriren und dadurch eine stärkere Beleuchtung des zu beobachtenden Auges und zugleich

deutlichere Bilder hervorzurufen, kann man die Kathetenflächen ba , ad und dc convex schleifen lassen. Die Prismen erhalten dadurch die Eigenschaft einer gewöhnlichen Linse. Außerdem kann man noch durch ein Ocular xy das zur Seite des Prismas acd entstehende Bild der Objecte der Retina genauer betrachten. —

Bisher standen uns die nöthigen Prismen mit convexen Katheten nicht zu Gebote. Die Versuche aber, welche wir mit 2 Prismen, mit planen Katheten und mit hinzugefügten Loupen machten, bewiesen uns hinreichend, daß auf diese Weise ein Augenspiegel von besonders guter Wirkung construirt werden könne. —

Einen sehr einfachen Augenspiegel construirte der hiesige Universitätsmechanikus, Inspector Meyerstein, mit Hülfe eines einzigen, mit planen Katheten versehenen, rechtwinkligen Glasprismas, welches er von der Hypotenuse zu der einen Kathete durchbohrte und darauf mit einer zweckmäßigen, sehr zierlichen Fassung versah. Dieser Augenspiegel ist in Fig. 4 abgebildet. Die Lichtquelle A wirft ihr Licht durch die Kathete ab auf die Hypotenuse ac , von der dasselbe nach dem Gesetze der totalen Reflexion in das Auge B reflectirt wird. Die aus dem Auge B zurückkehrenden Lichtstrahlen treten dann zum größten Theile durch das Loch des Prismas d und von da durch den Kanal der Fassung in das Auge C des Beobachters. Die brechenden Medien des zu beobachtenden Auges wirken hierbei in der Art einer Cylinderloupe, auf deren eine convexe Fläche man unmittelbar ein Object legt. Ebenso, wie man dieses Object aus einiger Entfernung deutlich und vergrößert sieht, nimmt

man auch die Objecte des Augenhintergrundes bei der Anwendung des in Rede stehenden Augenspiegels wahr. So viel ist jedenfalls gewiß, daß man die Aeste der Arteria centralis retinae mit diesem Augenspiegel sehr deutlich sehen kann und daß sich derselbe durch seine Einfachheit und Bequemlichkeit sehr empfiehlt. Für die Untersuchung der übrigen Theile des Auges, der Cornea, der Regenbogenhaut, der Krystallinse eignet er sich in-

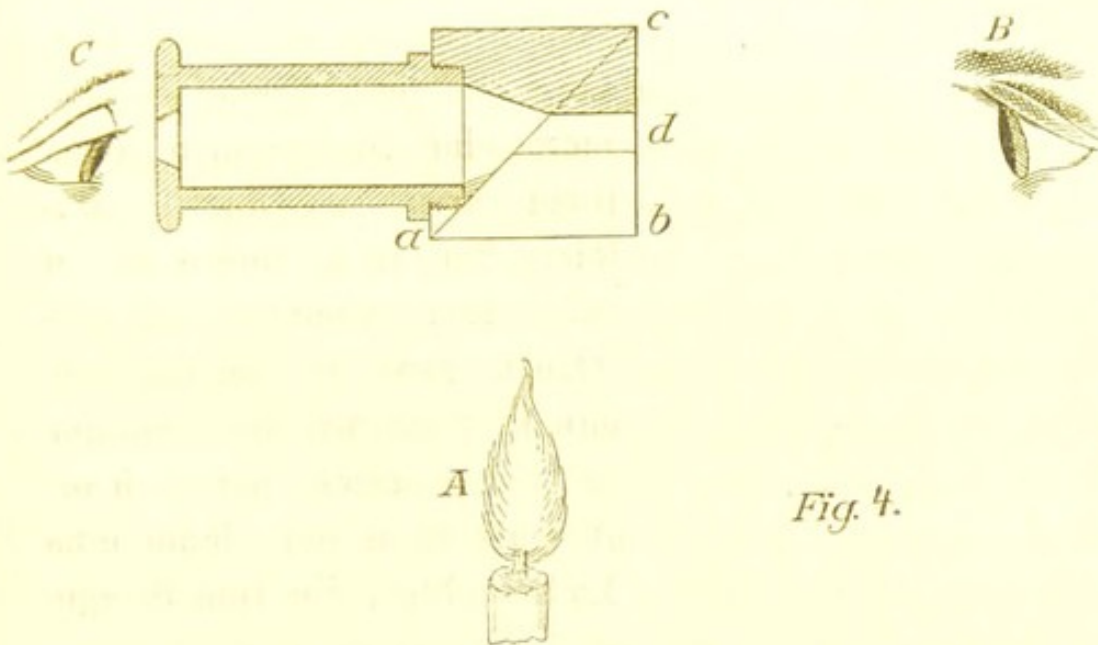


Fig. 4.

dessen nicht besser, als wie der Helmholtz'sche. Uebrigens läßt sich dieser Augenspiegel durch zweckmäfsig angebrachte Gläser, die wie die Gläser eines Fernrohrs verschiebbar sind, verbessern. —

Verlangt man sowohl für die äußeren, als für die inneren Theile des Auges eine sehr bedeutende Vergrößerung, die aber für das lebendige Auge wegen seiner steten Unruhe, in der es sich befindet, nicht paßt, so kann man zu diesem Ende mit dem durchbohrten Hohl-

spiegel ein Mikroskop verbinden, welches in der Art des Chevalier'schen construiert ist. Durch den Spiegel wirft man auf die bekannte Weise Licht in das zu beobachtende Auge, vor welchem in einer geringen Entfernung eine Linse von kurzer Brennweite angebracht ist. Vor die Linse, zwischen sie und den Spiegel setzt man ein kleines rechtwinkliges Prisma mit planen Flächen und zwar so, daß die Hypotenuse dem Spiegel, die eine Kathete dem zu beobachtenden Auge zugewandt, die andere nach rechts oder links gerichtet ist. Dieser letzteren Kathete nähert man dann ein planconvexes Ocular. Die aus dem Auge zurückkommenden Lichtstrahlen gehen dann in horizontaler Richtung durch das Objectiv hindurch, werden durch die totale Reflexion, welche sie an der Hypotenuse des Prismas erleiden, wieder in horizontaler Richtung gegen das Ocular geworfen, so daß der Beobachter, der von der Seite hineinschaut, bei richtiger Einstellung der Gläser ein vergrößertes, umgekehrtes Bild bekommt. Das Prisma muß klein sein, damit eine hinreichende Anzahl von Lichtstrahlen, die vom Spiegel in das Auge fallen, um das Prisma herumgehen können. Auch darf die Vergrößerung nicht zu bedeutend sein, weil mit dieser begreiflicherweise die Helligkeit des Bildes abnehmen muß. Ich habe bisher nur einige rohe Versuche mit einer derartigen Zusammenstellung der dioptrischen Gläser und des Prismas mit dem Hohlspiegel gemacht, die mir aber dennoch die Ueberzeugung gewährt haben, daß sich auf diesem Wege noch viel erreichen läßt. Vielleicht ist es aber zweckmäßiger, anstatt des Hohlspiegels, zur Beleuchtung ein zweites Prisma, wie

bei der vom Professor Ulrich angegebenen Methode, oder auch nur ein einfaches durchbohrtes Meyerstein'sches Prisma zu gebrauchen. Uebrigens sollen diese Notizen nur den Zweck haben, andere dazu befähigte Männer zu einer ferneren Untersuchung und Ausbildung dieses Gegenstandes anzuregen.¹

¹ In der Original-Ausgabe dieses Aufsatzes schloß sich hier ein zweiter, aber bedeutend kürzerer Theil an, der die Beschreibung eines neuen Optometers enthielt. Er ist hier fortgelassen, weil er zu dem sonstigen Inhalt des vorliegenden Bändchens in keiner Beziehung steht.

Anm. d. Herausg.

THE
JOURNAL
OF
THE
AMERICAN
MEDICAL
ASSOCIATION
PUBLISHED WEEKLY
CHICAGO, ILL.
1914

UEBER
EINE NEUE EINFACHSTE FORM DES
AUGENSPIEGELS.

VON
H. HELMHOLTZ.

(Vierordt's Archiv für Physiologische Heilkunde:
11. Jahrg. 1852. S. 827—843.)

THE

NEW YORK PUBLIC LIBRARY

ASTOR LENOX TILDEN FOUNDATION

1891

NEW YORK

1891

Die günstige Aufnahme, welche der von mir im vorigen Jahre erfundene und beschriebene Augenspiegel erfahren hat, veranlaßt mich noch einmal auf diesen Gegenstand zurückzukommen. Ein bedeutender Fortschritt für die Erweiterung des Kreises für Beobachtungen, welche sich durch solche Instrumente ausführen lassen, ist durch Prof. Ruete geschehen in seiner lehrreichen Schrift: „Der Augenspiegel und das Optometer. Göttingen 1852.“¹

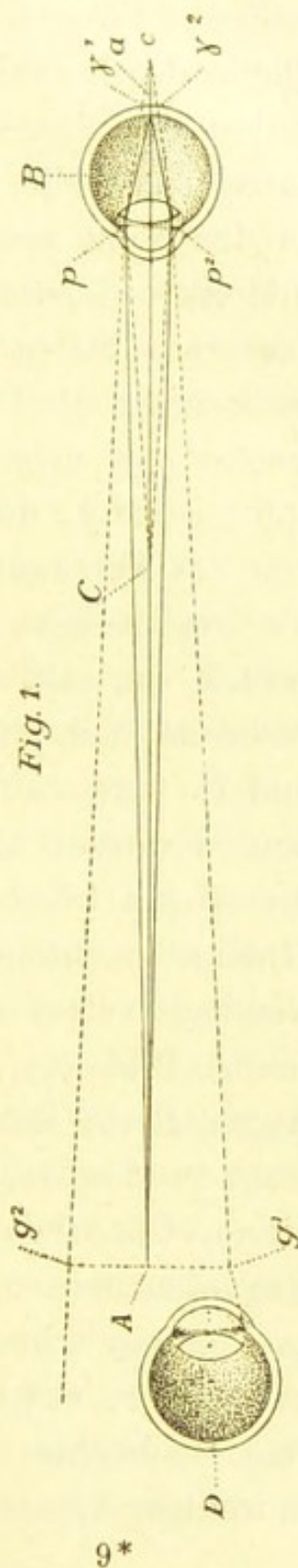
Der Zweck der vorliegenden Abhandlung ist, sowohl die Leistungen von Ruetes Instrument im Vergleich mit denen des meinigen zu besprechen, als auch namentlich auf eine ganz außerordentliche Vereinfachung desselben aufmerksam zu machen, welche diesem intelligenten Beobachter entgangen zu sein scheint, da er sie unter den Formen von Augenspiegeln, welche er vorschlägt, nicht erwähnt. Diese Vereinfachung in der praktischen Ausführung desselben Princip, welches Ruetes Augenspiegel zu Grunde liegt, geht in Bezug auf das instrumentale Zubehör so weit, daß es unmöglich ist, sie zu übertreffen. Statt eines jeden Augenspiegels ist nämlich nichts

¹ Der auf den Augenspiegel bezügliche Theil dieser Schrift ist S. 89—125 des vorliegenden Bändchens abgedruckt.

mehr nöthig, als eine kleine Convexlinse, wie sie zu den gewöhnlichen Loupen gebraucht wird. Ihr Gebrauch erfordert etwas mehr Geschicklichkeit und Übung von Seiten des Beobachters, als der des zusammengesetzten Instrumentes von Ruete, aber ich glaube nicht, daß sie in ihren Leistungen wesentlich hinter diesem zurückbleibt. Ich halte es deshalb nicht für überflüssig, Theorie und praktische Anwendung dieser Linse zu erörtern und werde nachher die Leistungen der vereinfachten und ursprünglichen Methode von Ruete mit denen meines Augenspiegels vergleichen.

Um das Verhältniß beider Instrumente zu einander klar zu machen, muß ich auf die Theorie des Augenleuchtens eingehen und rufe zunächst folgende Sätze zurück, welche ich in meiner „Beschreibung eines Augenspiegels“ nachgewiesen habe. Wenn das Auge einen leuchtenden Körper deutlich sieht, d. h. wenn es alle Strahlen, welche von einem jeden leuchtenden Punkte desselben ausgehen, auch für einen einzigen Punkt der Netzhaut concentrirt, so geht alles Licht, welches hier zurückgeworfen wird und aus der Pupille wieder austritt, auf denselben Wegen, auf denen es gekommen ist, nach dem leuchtenden Körper zurück. Es sei in Fig. 1 A ein leuchtender Punkt, B der Durchschnitt eines Auges, welches für die Entfernung AB accommodirt sei und ein genaues Bild von A auf seiner Netzhaut in a entwerfe. Dann vereinigen sich alle Strahlen des einfallenden Strahlenkegels Ap_1p_2 innerhalb des Auges im Punkte a . Die Theile des einfallenden Lichtes, welche hier von der Netzhaut und ihren Gefäßen zurückgeworfen werden,

gehen zunächst nach der Pupille und indem sie, immer genau den Richtungen der einfallenden Strahlen folgend, auch genau dieselben Brechungen erleiden, zuletzt zu dem leuchtenden Punkte A zurück. Während daher die Augenmedien von dem leuchtenden Punkte A ein Bild in a entwerfen, müssen sie auch umgekehrt von dem erhellten Punkte der Retina a ein äußeres Bild in A entwerfen. Unter diesen Umständen kann ein zweites Auge D , welches neben dem leuchtenden Punkte A vorbei nach B hinblickt, von dem rückkehrenden Lichte nichts auffangen und es muß ihm die Pupille von B dunkel erscheinen. Anders verhält es sich, wenn das Auge B für die Entfernung des leuchtenden Punktes nicht richtig accommodirt ist. Seine Sehweite bleibe wie vorher gleich der Entfernung AB und der leuchtende Punkt rücke von A nach C . Jetzt werden die Augenmedien nicht mehr auf der Retina in a ein Bild von C entwerfen können, sondern der Ort des Bildes wird hinter die Retina, etwa nach c fallen. Der Gang der Lichtstrahlen für diesen Fall ist in der Fig. 1 durch gestrichelte Linien bezeichnet. Man sieht, daß



sie die Retina nicht mehr in einem Punkte, sondern in einem Zerstreuungskreise von dem Durchmesser $\gamma_1\gamma_2$ treffen. Wo wird jetzt das Bild der erleuchteten Theile der Netzhaut liegen? Natürlich, da die Accommodation des Auges unverändert geblieben sein soll, an derselben Stelle, wo es im ersten Falle lag, nämlich an der Stelle von *A*. Nur wird jetzt hier nicht mehr das Bild eines einzelnen hellen Punktes der Netzhaut, sondern das eines hellen Kreises entworfen, welches also selbst nicht mehr als Punkt, sondern als Kreis von dem Durchmesser g_1g_2 erscheint. In der Figur ist g_1 der Bildpunkt von γ_1 und g_2 der Bildpunkt von γ_2 . Das Licht, welches von der Netzhaut zurückgeworfen wird, geht also nicht, wie im vorigen Falle, nach dem leuchtenden Punkte zurück, um sich in diesem wieder zu vereinigen, sondern verbreitet sich jetzt in dem kegelförmigen Raume $g_1g_2p_1p_2$; und es wird ein Theil desselben von dem Auge *D* aufgefangen werden können. Die Pupille des Auges *B*, aus der dieses Licht herkommt, erscheint dem Beobachter alsdann leuchtend, während er die erhellen Theile der Netzhaut selbst nicht unterscheiden kann. Denn das optische Bild g_2g_1 , welches die brechenden Medien des Auges *B* von ihrer Netzhaut entwerfen, liegt in der Regel nicht in den Grenzen des deutlichen Sehens für *D*. Auf diesen Umständen beruht die Methode von Brücke, das Augenleuchten zu beobachten. Um es ungehinderter sehen zu können, schiebt man noch einen Schirm zwischen *D* und *C* ein, welcher das direct von *C* kommende Licht vom Beobachter abhält. Das Leuchten ist desto stärker, je weniger die Accommodation des beobachteten Auges für

die Entfernung des leuchtenden Punktes paßt. Auf den von der Sehaxe entfernten Theilen der Netzhaut scheint niemals ein genaues Bild entworfen zu werden, so daß man das Leuchten auch dann stets beobachtet, wenn das beobachtete Auge nicht direct nach der Flamme hinsieht. Geschieht dies aber und ist das Auge für die Entfernung der Flamme richtig accommodirt, so verschwindet das Leuchten. Unabhängig vom Stande der Accommodation kann man aber auch bei der Entwerfung genauer Bilder das Augenleuchten mittels des Hilfsmittels, welches v. Erlach gefunden hat, sehen, indem man zur Beleuchtung nicht eine wirkliche Flamme, sondern das von einer durchsichtigen Glasplatte entworfene Spiegelbild einer solchen anwendet. Dann kann der Beobachter durch die Glasplatte genau in der Richtung des einfallenden Lichtes in das beobachtete Auge sehen und das aus diesem zurückkehrende Licht in sein Auge auffangen. Meinen Augenspiegel habe ich auf diese v. Erlachsche Methode der Beleuchtung gegründet, während dem von Ruete die Brückesche zu Grunde liegt, denn Ruete sieht durch die Öffnung eines in der Mitte durchbohrten Hohlspiegels nach dem beobachteten Auge hin und wenn auch die ganze Spiegelfläche Licht dahin sendet, so fällt doch gerade von der Stelle, wo das Auge des Beobachters steht und in der Richtung, in der dieses hinsieht, kein Licht hinein. Es ist also derselbe Fall, als wenn der Beobachter neben dem leuchtenden Körper vorbeisieht.

Das Augenleuchten nach Brückes Methode ist um so stärker, je weniger die Accommodation des beobachteten Auges für die Entfernung des leuchtenden Körpers paßt.

Die Veränderungen im brechenden Apparat des Auges, welche den größten willkürlich auszuführenden Schwankungen der Sehweite entsprechen, sind aber nicht sehr bedeutend, die Zerstreuungskreise, welche bei unpassender Accommodation entstehen, daher von geringer Gröfse und das Brückesche Leuchten schwach. Aber man kann die Sehweite des beobachteten Auges künstlich in sehr beträchtlichem Grade verändern, wenn man ihm ein scharfes Convex- oder Concavglas vorsetzt. Ebenso wie man ein weitsichtiges Auge durch ein vorgesetztes Convexglas und ein kurzsichtiges durch ein Concavglas normalsichtig macht, wird ein normalsichtiges durch ein vorgesetztes Concavglas einem weitsichtigen ähnlich, durch ein Convexglas einem kurzsichtigen. Wenn man eine Sammellinse von $1\frac{1}{2}$ Zoll Brennweite vor das Auge hält, so kann man nur solche Gegenstände noch deutlich sehen, welche nahehin $1\frac{1}{2}$ Zoll hinter der Linse liegen, alle entfernteren entwerfen Bilder mit so großen Zerstreuungskreisen auf der Retina, wie es sonst bei den größten Veränderungen der Sehweite nie geschehen kann. Das ist aber außerordentlich vortheilhaft, wenn in diesem Auge das Brückesche Leuchten beobachtet werden soll, und in der That sieht es der Beobachter in dem mit der Linse versehenen Auge viel stärker erscheinen als ohne Linse. Dasselbe ist der Fall, wenn man eine Concavlinse von kleiner Brennweite vor das beobachtete Auge bringt, auch diese macht die Bilder auf seiner Retina sehr undeutlich und verstärkt das Leuchten.

Durch diese geringe Modification des Brückeschen Versuches kann eine ganz ausreichende Beleuchtung des

Augenhintergrundes für den Beobachter hervorgebracht werden. Jetzt fragt sich noch, wo ist bei dieser Anordnung das Bild zu suchen, welches die Augenmedien von der erleuchteten Stelle der Netzhaut entwerfen. Fig. 2 stelle das Auge des Beobachters *D*, des Beobachteten *B*, die Flamme einer Kerze *A* in horizontalem Durchschnitt dar. *S* ist ein Schirm, welcher das Licht von *A* vom Auge des Beobachters abhält, letzteres sieht dicht neben dem Schirm und der Flamme *A* vorbei und durch die Convexlinse *L* hindurch nach der Pupille des beobachteten Auges *B* und erblickt diese stark leuchtend. Das Auge *B* kann, so lange die Linse vor ihm steht, kein deutliches Bild von dem Lichte *A* auf seiner Retina entwerfen, sondern es bildet sich ein helles Zerstreuungsfeld, dessen Durchmesser $\gamma_1 \gamma_2$ sei. Der Einfachheit wegen nehmen wir an, dieses Auge sei für weit entfernte Gegenstände accommodirt, so daß es parallel einfallende Strahlen auf seiner Retina in einen Punkt vereinigt und Strahlen, welche von einem Punkt der Retina ausgehen, parallel wieder austreten läßt. Sollte seine Accommodation auch in Wirklichkeit eine andere

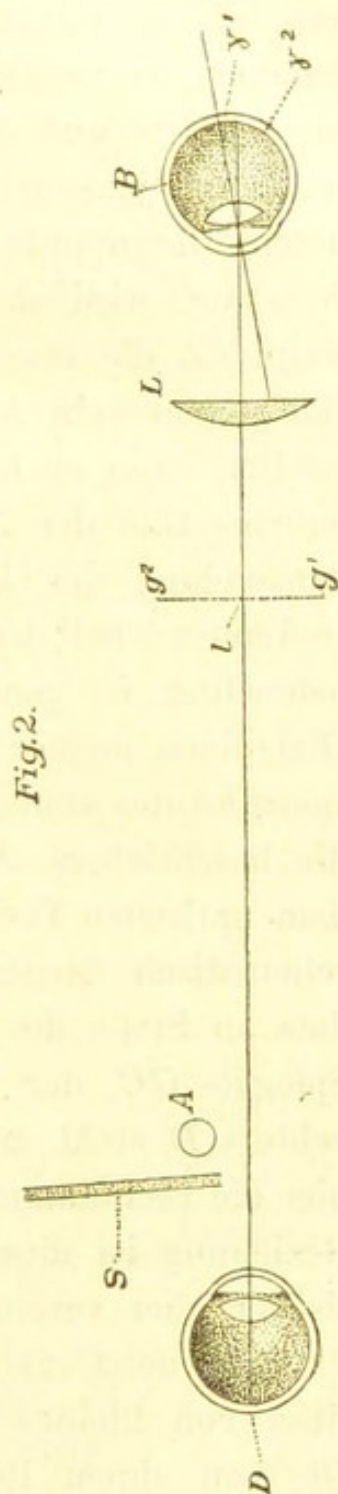


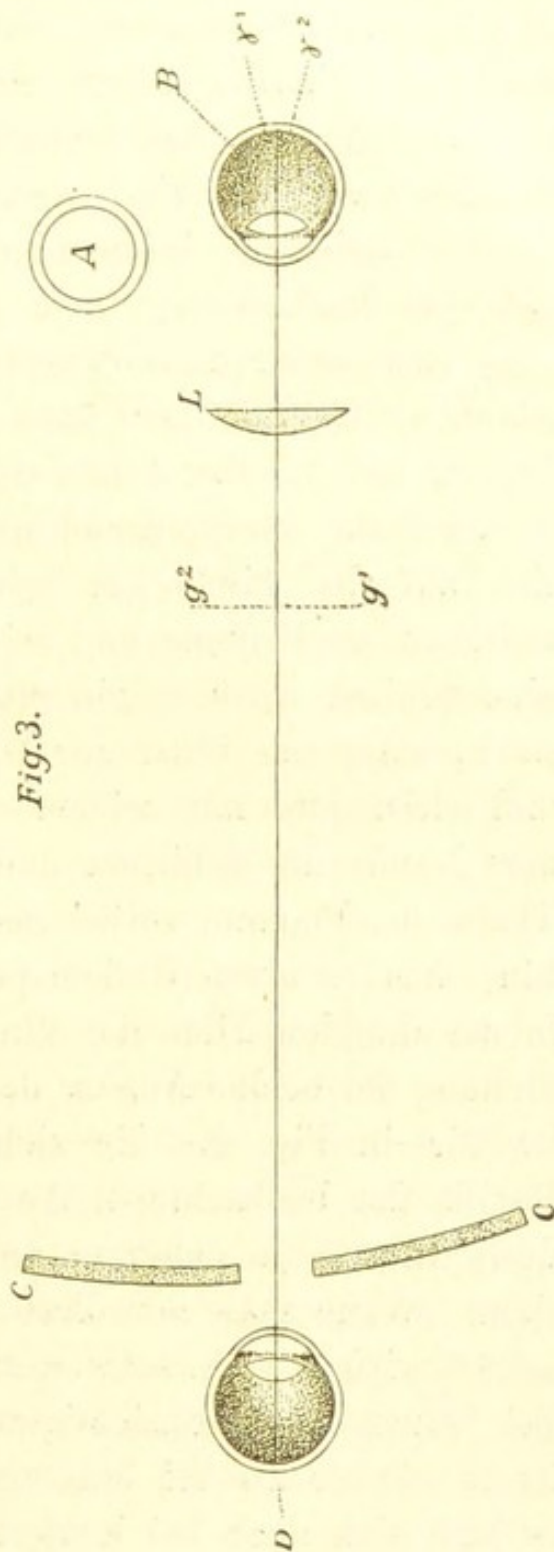
Fig. 2.

sein, so entsteht dadurch keine merkliche Veränderung in der Projection der Bilder. Die Strahlen, welche von einem Punkte des erhellten Theiles der Retina kommen, treten also unter sich parallel aus dem Auge B aus, fallen auf die Linse L und werden von dieser in deren jenseits gelegenen, dem Auge D zugewendetem Brennpunkte wiederum vereinigt. Das Bild der Netzhaut wird daher in der Fläche $g_1 g_2$ entworfen, wenn $l L$ die Brennweite der Linse L ist und wenn der Beobachter sein Auge D für die Entfernung $D l$ accommodirt, kann er hier in $g_1 g_2$ ein deutliches und umgekehrtes Bild der Netzhaut erblicken. Diese interessante Anwendung der Linse L , welche gleichzeitig den betreffenden Theil der Netzhaut deutlich sichtbar macht und beleuchtet, ist ganz dieselbe wie in Ruetes Augenspiegel. Diejenigen meiner Leser, welche die Beschreibung dieses Instrumentes kennen, werden gleich übersehen, daß sich die beschriebene Anordnung des Versuchs in Fig. 2 von dem optischen Theile jenes Augenspiegels, der in Fig. 3 schematisch dargestellt ist, nur dadurch unterscheidet, daß an Stelle des das Licht der Lampe A reflectirenden Spiegels CC , der bei Ruete vor dem Auge des Beobachters D steht und durch dessen Öffnung dieser blickt, hier die Lichtflamme selbst getreten ist. In theoretischer Beziehung ist dieser Unterschied unerheblich, in praktischer aber vereinfacht er das Verfahren ungemein.

Statt der Convexlinse L kann man auch eine Concavlinse von kleiner Brennweite vor das Auge B setzen. Die von einem Punkte der hellen Netzhautfläche $\gamma_1 \gamma_2$ kommenden Strahlen, welche parallel aus dem Auge zur

Linse treten, werden von dieser dann so gebrochen, als kämen sie aus deren hinterem, nach der Seite von *B* gelegenen Brennpunkte, und dem Auge *D* erscheint daher ein Bild der Retina aufrecht und hinter der Concavlinse gelegen, dessen Vergrößerung dem durch die Convexlinse erhaltenen gleich ist, wenn die Brennweiten beider Linsen gleich sind. Aber das Feld, welches man von der Netzhaut erblickt und welches bei diesen Versuchen durch die Iris des beobachteten Auges begrenzt wird, ist bei den Concavlinsen viel kleiner, so daß es sich als vortheilhafter zeigt, Convexlinsen anzuwenden.

Der Augenarzt, welcher den Hintergrund eines kranken Auges beobachten will, braucht also nichts weiter mit sich zu bringen als eine kleine Convexlinse von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll Brennweite und



$\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser. Die Art ihrer Anwendung, wie ich sie am bequemsten gefunden habe, ist folgende. Arzt und Patient setzen sich in einem übrigens verdunkelten Zimmer neben einem Tische dicht voreinander hin, so daß ihre Gesichter etwa einen Fuß voneinander entfernt sind und so, daß eine Ecke des Tisches zwischen beide hineinragt. Ich setze voraus, daß der Beobachter, wenn er mit einem Auge sehen will, das rechte dazu zu gebrauchen pflegt, wie es gewöhnlich der Fall ist; dann muß der Tisch zu seiner Linken stehen. Der Arzt setzt eine Kerze, deren Flamme in der Höhe der beiderseitigen Augen steht, dicht vor sich auf die Tischecke, bringt mit der linken Hand zwischen die Flamme und sein Auge einen kleinen dunklen Schirm, wozu er ein Stückchen Pappe, ein kleines Buch, oder was sonst zur Hand ist, gebrauchen kann und visirt nun mit seinem rechten Auge dicht neben dem Rande des Schirmes und dicht neben dem hellsten Theile der Flamme vorbei nach dem Auge des Kranken hin, dem er einen Gesichtspunkt hinter seinem Rücken in der dunklen Tiefe des Zimmers anweisen kann. Die Stellung der beiden Augen, des Schirmes und der Flamme ist wie in Fig. 2. Er sieht bei diesem Visiren die Pupille des beobachteten Auges roth leuchten und zwar desto stärker, je näher er am Rande der Flamme vorbeisieht. Wenn man nur diese Bedingung fortdauernd beachtet, wird es nicht schwer, das Leuchten wahrzunehmen. Bei blauen und kurzsichtigen Augen mit weiter Pupille ist es stärker als bei braunen und normalsichtigen, aber es läßt sich auch bei letzteren immer erkennen. Sobald

der Arzt die günstigste Stellung seines Auges für die Beobachtung des Leuchtens gefunden hat, bringt er die Linse dicht vor das beobachtete Auge. Er faßt sie wohl am besten zwischen Daumen und Zeigefinger der rechten Hand, während er den kleinen Finger derselben auf das Gesicht des Kranken aufstützt. Indem man die Linse zunächst dicht vor das beobachtete Auge bringt, erleichtert man sich das Auffinden ihrer richtigen Stellung sehr. Man erblickt nämlich Iris und Pupille dieses Auges in geringer Vergrößerung und übersieht deshalb durch das Glas hinreichend viel von den äußeren Theilen des Auges, um der Linse ohne Schwierigkeit ihre Stellung gerade vor der Pupille zu geben, welche jetzt stärker leuchtend erscheint. Das roth leuchtende, der Netzhaut angehörige Feld, welches man übersieht, ist zunächst klein, weil es durch den Rand der Pupille begrenzt ist und diese wenig vergrößert erscheint, so lange die Linse nahe vor dem Auge steht. Entfernt man letztere aber allmählig von dem Auge in solcher Richtung, daß die roth leuchtende Pupille fortdauernd die Mitte der Linse einnimmt, so erscheint sie und mit ihr das rothe Feld des Hintergrundes immer größer und größer, bis es sich zuletzt über die ganze Fläche der Linse ausbreitet. Jetzt wird man meistens schon von selbst auf das Bild der Netzhautgefäße durch einzelne stärker markierte rothe Stämme aufmerksam. Wenn man es nicht gleich sieht, so erinnere man sich, daß dieses Bild nicht in der Fläche des Glases, sondern je nach seiner Brennweite $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll vor ihm nach der Seite des Beobachters hin liegt und daß dieser sein Auge für eine kürzere Sehweite

accommodiren muß, als die Entfernung der Linse beträgt, um es deutlich sehen zu können. Wenn stark gezeichnete Gefäßstämme gerade vorliegen, gelingt es übrigens oft, das Netzhautbildchen schon zu sehen, während man die Glaslinse noch dicht vor das beobachtete Auge hält und die Pupille in geringer Vergrößerung erscheint. Es ändert sich durch die verschiedene Entfernung der Linse vom Auge an dem Netzhautbildchen weiter nichts als der Umfang, den man davon übersieht. Seine Lage zur Glaslinse, Helligkeit, Vergrößerung bleiben dabei unverändert. Wenn die beiden Augen 12 Zoll voneinander entfernt sind, so hat der Beobachter das Netzhautbildchen in 8—9 Zoll Entfernung vor sich, also in bequemer Sehweite. Sollte er sehr kurz- oder weitsichtig sein, wird er am besten thun, eine solche Brille aufzusetzen, wie er sie zum Lesen braucht.

Die Vergrößerung des Netzhautbildchens läßt sich theoretisch sehr leicht bestimmen; sie ist gleich der Brennweite der Glaslinse dividirt durch die Brennweite des Auges. Unter letzterer verstehe ich den Abstand des Kreuzungspunktes der Richtstrahlen von der Netzhaut, welcher ungefähr einen halben Zoll beträgt. Durch eine Linse von $1\frac{1}{2}$ Zoll Brennweite bekommt man also eine dreimalige, durch eine von 2 Zoll eine viermalige Vergrößerung.¹ Man sieht, wie es Ruete schon beschrieben hat, in einem gesunden Auge sehr leicht die Eintritts-

¹ Diese Angaben sind nicht identisch mit denen von Ruete. Ich habe die wirkliche Vergrößerung des gesehenen Bildes bestimmt, Ruete die scheinbare Vergrößerung, wie sie für die bestimmte Stellung des Auges in seinem Augenspiegel stattfindet.

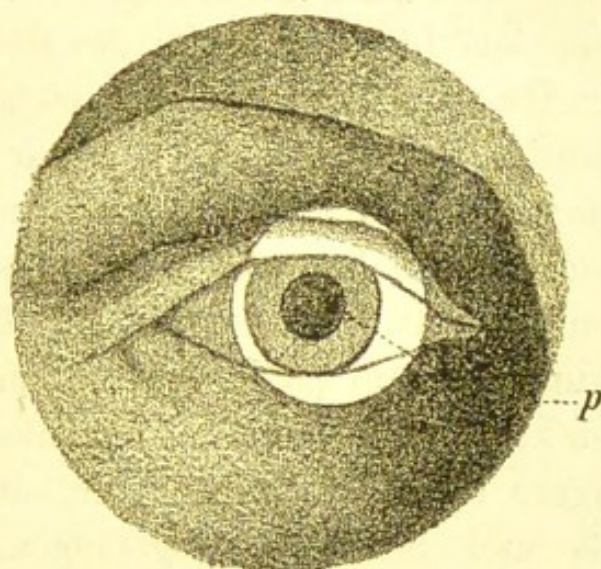
stelle des Sehnerven als einen kleinen runden weissen Fleck, die Verästelungen der Centralgefäße, welche als feine dunkelrothe Linien auf dem hellrothen Grunde erscheinen. Den gelben Fleck wie Ruete zu sehen, ist mir nicht gelungen, weil das von der Hornhaut reflectirte Lichtbildchen sehr hell und durch die Glaslinse stark vergrößert in den Weg tritt, sobald man in der Richtung der Sehaxe in das beobachtete Auge zu blicken sucht. Das Hornhautbildchen ist bei der beschriebenen und ebenso bei Ruetes Methode sehr viel störender als bei meinem Augenspiegel. Letzterer schwächt es bedeutend durch die polarisirende Wirkung der spiegelnden Glasplatten, es erscheint als ein matter Schein, hinter welchem man die Netzhaut noch sehr gut wahrnehmen kann. Durch die Convexlinse dagegen präsentirt es sich so glänzend und so breit, daß es die Beobachtung der hinterliegenden Parteen der Netzhaut vollständig verhindert. Indessen verschwindet es aus dem Gesichtsfelde, sobald man schief gegen die Sehaxe in das Auge blickt, und die seitlichen Parteen der Netzhaut erscheinen scharf und hell. Außer dem Hornhautbildchen stören auch die Reflexe von den beiden Oberflächen der Glaslinse. Um sie möglichst unschädlich zu machen, wende man die Linse etwas schief gegen die Gesichtslinie und kehre ihre am stärksten gekrümmte Seite dem Beobachter zu. Bei dieser Stellung erscheinen die Lichtreflexe kleiner und rücken aus der Mittellinie weg. Die Helligkeit ist bei der eben beschriebenen Methode auf der dem Lichte zugekehrten Hälfte des Gesichtsfeldes etwas größer als auf der anderen und übertrifft die

meines Augenspiegels mit reflectirenden Glasplatten sehr merklich. Nach theoretischen Bestimmungen kann sie an den hellsten Stellen beinahe viermal so groß werden als die letztere. Es erscheint daher der Grund des Auges auch in einem viel helleren Roth. Dagegen erkennt man dessen ungeachtet im gesunden Auge wegen der geringen Vergrößerung eben nicht viele Einzelheiten. Die Hauptäste der Centralgefäße erscheinen so fein, daß man ihre arterielle oder venöse Beschaffenheit weder an der Farbe des Blutes noch an der Dicke ihrer Wandung unterscheiden kann. Auch kann kein begrenztes Bild der Flamme oder eines anderen äußeren Gegenstandes bei diesem Verfahren auf der Netzhaut des beobachteten Auges entworfen werden und es wird deshalb kein solches dem Beobachter sichtbar.

Wir wollen nun zur Vergleichung des von uns beschriebenen vereinfachten Rueteschen Verfahrens mit dem ursprünglichen übergehen. Die Anordnung des optischen Theiles von Ruete's Instrument ist in Fig. 3 abgebildet. Die Flamme einer Lampe *A* steht neben dem beobachteten Auge *B*, ihr Licht fällt auf den Hohlspiegel *CC*, durch dessen durchbohrte Mitte das Auge des Beobachters *D* nach *B* hinsieht. Die Brennweite dieses Spiegels bestimmt Ruete auf 10 Zoll, während *BD* 12 Zoll beträgt. Der Spiegel entwirft alsdann für das Auge *B* ein stark vergrößertes, nicht deutlich begrenztes Bild der Flamme, welches dieselbe Helligkeit darbietet, wie die Flamme selbst und bei günstiger Anordnung den ganzen Spiegel zu bedecken scheint, so daß die ganze Spiegelfläche für das Auge *B* gleichsam eine

neue Lichtquelle von der Intensität der Flamme wird. Die Linse *L* entwirft bei richtiger Stellung ein Bild der hellen Spiegelfläche mit ihrer mittleren dunklen Öffnung, wie es in Fig. 4 abgebildet ist, auf der Oberfläche des in ihrem Brennpunkte stehenden Auges *B*. Der helle Kreis in der Figur ist das helle Bild der runden Spiegelfläche, der schwarze, mit *p* bezeichnete Fleck das Bild der Öffnung in der Mitte des Spiegels. Wenn der Beobachter den Mittelpunkt der Linse in die gerade Verbindungslinie der beiden Augen gebracht hat, so daß er die Pupille des Auges *B* dadurch sieht, so fällt auch das von der Linse *L* entworfene Bild der Öffnung des Spiegels auf die Pupille von *B*.

Fig. 4.



Die Erscheinungen des Augenleuchtens und des Netzhautbildes sind dieselben wie in dem einfacheren Verfahren und erklären sich ebenso.

Ruete hat die betreffenden Theile des Apparates auf einem sehr zweckmäßigen Gestelle befestigt und durch die Nebeneinrichtungen überhaupt wohl die Beobachtung so bequem als möglich gemacht. Nur will ich für diejenigen Ärzte und Physiologen, welche sich das Instrument zu einzelnen Versuchen provisorisch und möglichst billig

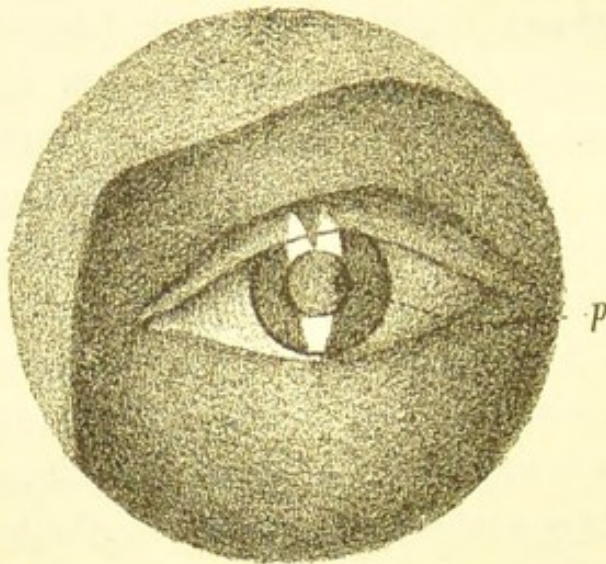
zusammenstellen möchten, hier noch bemerken, daß der Hohlspiegel, so viel ich sehe, ohne Schaden durch einen gewöhnlichen ebenen Glasspiegel ersetzt werden kann, in dessen Quecksilberbelegung man ein Loch von der Gröfse der Pupille für den Beobachter zum Hindurchsehen angebracht hat. Wenn man eine Lampenflamme von nicht zu kleinem Querdurchmesser anwendet, welche man dem schräg gegen die Verbindungslinie der Augen gestellten Planspiegel von der Seite her ganz nahe bringen kann, wird auch die Helligkeit der Beleuchtung dieselbe. Von dem Lichte, welches der Hohlspiegel sammelt, muß bei Ruetes Instrument das meiste verloren gehen. Die Linse *L* entwirft nämlich durch Concentration des vom Spiegel kommenden Lichtes auf der Oberfläche des Auges *B* ein Bild der hellen Spiegelfläche, welches nach den von Ruete angegebenen Dimensionen seines Instrumentes fünf Linien im Durchmesser haben muß. Davon kann natürlich nur der kleinste Theil durch die viel engere Pupille hindurchtreten, das meiste wird von der Iris und Sclerotica abgefangen. Das Maximum der Helligkeit muß schon erreicht sein, wenn die Linse *L* von der leuchtenden Fläche (der gespiegelten Lampenflamme) ein Bild von der Breite der Pupille des beobachteten Auges entwirft und das wird sich bei einer zollbreiten Flamme auch ohne Hohlspiegel erreichen lassen. Ja es möchte die Zuleitung überflüssigen Lichtes durch den Hohlspiegel nicht einmal ganz unschädlich sein, da die Lichtreflexe an den beiden Oberflächen der Linse und an der Hornhaut desto störender werden, je mehr Licht nach dem Auge hingeworfen wird. Stellt

man übrigens zwischen Flamme und Spiegel eine Sammel-
linse auf, so kann man die Flamme auch beliebig ver-
größern. Linse und Spiegel zusammen vertreten dann
die Stelle des Hohlspiegels und man hat noch den Vor-
theil, daß auch die unbelegte Stelle des Spiegels genau
in der Richtung der Gesichtslinie des Beobachters Licht
in das beobachtete Auge sendet.

Was zunächst das Verhältniß der Helligkeit zwischen
Ruete's ursprünglichem und dem vereinfachten Ver-
fahren betrifft, so können wir, ohne uns auf strengere
theoretische Untersuchungen einzulassen, durch folgende
Überlegung einsehen, daß die Helligkeit bei dem ein-
facheren Verfahren nicht viel geringer zu sein braucht;
eine Thatsache, welche sich auch bei der Beobachtung
bestätigt. Das beobachtete Auge empfängt das Licht
zunächst von der Glaslinse her, diese erscheint ihm als
eine stark leuchtende Kreisfläche. Auf seiner Retina
wird ein Bild dieser Kreisfläche entworfen und offenbar
muß alles Licht, welches von der Linse in das Auge gelangt,
sich in dem Umfange ihres kreisrunden Bildes vertheilen.
Gebrauchen wir nun in Ruete's Augenspiegel und bei
dem einfacheren Verfahren eine Linse von derselben Größe
und Brennweite, so wird auch der Umfang ihres Bildes
im beobachteten Auge derselbe sein und da sich somit
das einfallende Licht in beiden Fällen auf einen gleich
großen Raume vertheilt, wird die Helligkeit der Erleuch-
tung nur von der Quantität des einfallenden Lichtes ab-
hängen. Die Linse L entwirft nur bei ihrer vortheil-
haftesten Stellung auf der Oberfläche des Auges B ein Bild
des beobachtenden Auges und der leuchtenden Fläche,

entweder wie in Fig. 4 des Spiegels oder, beim einfacheren Verfahren, wie in Fig. 5, der Lichtflamme. In beiden Figuren bezeichnet p das Bild der Pupille des Beobachters, welches auf die Pupille des beobachteten Auges fallen muß, wenn der Beobachter soll hineinsehen können. Im günstigsten Falle wirkt der Hohlspiegel, als leuchtete seine ganze Fläche mit derselben Intensität, wie der hellste Theil der Lichtflamme, die Linse wird

Fig. 5.



also von ihm, wie in Fig. 4, ein viel größeres, aber kein helleres Bild entwerfen, als von der Flamme in Fig. 5. Aus dem Anblick beider Figuren ergibt sich leicht, daß nur durch diejenigen Theile der Pupille, welche von dem hellen Theile des Bildes

bedeckt werden, Licht in das Innere des Auges zur Erleuchtung der Netzhaut fallen wird und zwar in beiden Fällen wegen der gleichen Helligkeit der beiden Bilder durch gleich große Theile der Pupillenfläche gleich viel. Wenn aber das Lichtbild auf dem Auge die Lage hat, welche in Fig. 5 gezeichnet ist, sieht man, daß auch hier fast die ganze Pupille mit Ausnahme eines ganz kleinen Kreisabschnittes Licht empfangen wird, daß also fast ebenso viel Licht bei dem einfacheren Verfahren in das Auge fallen und die

helle Netzhautstelle fast ebenso stark beleuchten kann, wie in Ruete's Augenspiegel. Uebrigens vertheilt sich die Lichtmenge bei dem einfachen Verfahren nicht ganz gleichmäfsig auf der Netzhaut. Die nach der Seite des Lichtes gelegenen hellen Theile derselben sind stärker, ebenso stark wie in Ruete's Augenspiegel beleuchtet, die anderen ein wenig schwächer. Im ganzen zeigt sich bei vergleichenden Versuchen der Unterschied in der Beleuchtung so gering, dafs ich sehr zweifle, ob dadurch irgend ein Nachtheil bei der praktischen Anwendung entstehen wird.

Der zweite wesentliche Punkt der Vergleichung ist die Leichtigkeit, mit welcher man bei den beiden Verfahrungsweisen die richtige Stellung des Instruments findet. Ruete's Spiegel möchte in Bezug auf Bequemlichkeit nichts zu wünschen übrig lassen, namentlich, wenn man einen intelligenten Gehilfen hat, welcher den Kopf des Kranken fixirt und in die erforderliche Stellung bringt. Ruete giebt in seiner Schrift nichts darüber an, wie er den Kopf des Kranken fixirt habe. Ich hatte anfänglich den optischen Theil meines Augenspiegels auf einem feststehenden Gestelle befestigt, gab es aber auf weil selbst geschickte und einsichtige Personen, welche sich zur Beobachtung hergaben, nicht im Stande waren, den Kopf genügend lange in unveränderter Stellung zu erhalten. Bei Ruete's Augenspiegel bietet sich aber ein bequemes Mittel dar, durch einen Gehülften den Kopf des Kranken richten zu lassen. Dieser mufs nur auf das von der Linse auf dem beobachteten Auge entworfene Bild des Spiegels mit der mittleren dunklen Öffnung

achten und sorgen, daß dieser dunkle Fleck auf die Pupille fällt, dann wird auch der Beobachter ohne Weiteres die Netzhaut vor sich sehen.

Bei dem Gebrauche einer einfachen Convexlinse hat es der Beobachter allerdings nicht ganz so leicht, sondern er muß fortdauernd auf die richtige Stellung der Linse und seines Auges achten und ich muß gestehen, daß ich bei den ersten Probeversuchen damit, wo ich die oben beschriebene Methode, der Linse die richtige Stellung zu geben, noch nicht gefunden hatte, nur nach vielem Herumtappen mit dem Versuche zu Stande kam und ihn ohne die theoretische Überzeugung von seiner Ausführbarkeit bald aufgegeben haben würde. Seitdem ich aber die oben beschriebenen Regeln zur Orientirung der Linse benütze, gelingt es mir mit der größten Sicherheit und Leichtigkeit jedesmal augenblicklich und ich bitte diejenigen meiner Leser, welche den Versuch nachmachen wollen, nur alle dort gegebenen Regeln sorgsam zu beachten, dann glaube ich ihnen auch Gelingen versprechen zu können. Namentlich achte der Beobachter darauf, stets ganz dicht am Rande des Lichtes vorbeizusehen, und wenn er die Linse vom Auge allmählich entfernt, die Pupille stets in ihrer Mitte zu behalten. Auch lasse er das kranke Auge nicht in den hellen Kreis der Linse hinein, sondern ein wenig seitwärts sehen; er würde im ersteren Falle durch das Hornhautbildchen an der Beobachtung gehindert werden. Eine andere Schwierigkeit, welche aber ganz in demselben Grade bei Ruete's zusammengesetztem Augenspiegel besteht, ist die, daß das sichtbare Netzhautbildchen nicht in der Ebene der Linse,

sondern vor derselben liegt und es einem Beobachter, der nicht an willkürliche Änderungen der Sehweite gewöhnt ist, oder es durch einen glücklichen Blick erhascht, vielleicht nicht gelingt, die Gefäße der Netzhaut zu sehen, während er doch die rothe Beleuchtung derselben ganz gut erkennt. Erschwert wird die Ausführung der richtigen Accommodation noch dadurch, daß das Netzhautbildchen, wenn nicht gerade die Eintrittsstelle des Sehnerven darin enthalten ist, keine auffallenden Lichtcontraste darbietet sondern schwach in dunkelrothen Linien auf hellrothem Grunde gezeichnet erscheint, während die Linse mit den grellen Lichtreflexen ihrer beiden Oberflächen den Blick unwillkürlich auf sich zieht. Einem Beobachter, dem es gar nicht gelingen sollte, die richtige Accommodation zu finden, würde ich rathen, die Beobachtungen mit einem schärferen Convexglase anzufangen, weil diesem das Netzhautbildchen näher liegt und letzteres daher schon bei einer geringeren Veränderung der Sehweite aufgefunden werden kann. Oder der Beobachter übe sich in der Beobachtung ähnlicher Bilder, welche solche Convexlinsen von anderen entfernten Gegenständen des Zimmers entwerfen und welche leicht zu sehen sind, wenn man die Linsen aus 8—12 Zoll Entfernung betrachtet. Bei einiger Aufmerksamkeit wird er sehen, daß auch diese Bilder nicht in der Ebene der Linse liegen und wird lernen, mit seinem Blicke von der Linse auf das Bild und zurück zu gehen.

Obgleich daher der Augenspiegel von Ruete für Augenkliniken und für das Consultationszimmer des Augenarztes die bequemste Form sein möchte, um die

Arten der Beobachtung anzustellen, welche er zuläfst, so glaube ich doch, empfiehlt sich die Anwendung einer einfachen Convexlinse, welche bei einiger Übung des Beobachters wohl kaum weniger leisten wird als jenes complicirte Instrument, durch ihre große Einfachheit, Billigkeit, die Möglichkeit, sie in jedem Augenblicke bei sich zu tragen und zu gebrauchen, hinreichend, um die Augenärzte zu Versuchen damit aufzufordern, und vielleicht sind es gerade die Umstände, welche eine ausgedehntere Ausführung von Netzhautuntersuchungen durch eine möglichst große Zahl von Augenärzten möglich machen.

Ich knüpfe hier endlich noch eine Vergleichung des Instrumentes von Ruete mit meinem Augenspiegel an. Die wesentlichen Unterschiede beider Methoden sind, daß sowohl die ursprüngliche als die vereinfachte von Ruete ein größeres Gesichtsfeld bei geringerer Vergrößerung und eine größere Helligkeit gewähren. Das größere Gesichtsfeld wird bei vielen Krankheitszuständen die Untersuchung sehr erleichtern und ebenso hat Ruete gewiß Recht, wenn er die geringere Vergrößerung in einer großen Zahl von Fällen für ausreichend erklärt. Ich halte deshalb die Erfindung seines Instrumentes für einen wesentlichen Fortschritt in der Untersuchung des Augenhintergrundes. In welchen Fällen von pathologischen Veränderungen der Retina die stärkere Vergrößerung nothwendig werden wird, in welchen die schwächere ausreicht, darüber kann natürlich nur die Erfahrung der Augenärzte entscheiden. Ich will hier nur noch darauf aufmerksam machen, daß die in physiologischer Beziehung wichtigen Beobachtungen über die Gestalt und

Genauigkeit der Netzhautbilder, ihre Veränderung bei der Accommodation und über die durchscheinende Beschaffenheit der Sehnervenmasse nach Ruete's Methode nicht ausgeführt werden können, und daß man dabei auch nicht die arteriellen von den venösen Gefäßstämmen unterscheidet, was in einzelnen Fällen von Wichtigkeit sein kann und durch meinen Augenspiegel unterschieden wird.

Die Helligkeit ist in Ruete's Spiegel nahezu 4 Mal größer als in meinem. Denn bei diesem geht die Hälfte des einfallenden Lichts bei der Spiegelung an den unbelegten Glasplatten verloren, die Netzhaut wird also nur halb so stark beleuchtet und von dem zurückkehrenden Lichte geht wiederum die Hälfte verloren, wenn es durch die Glasplatten hindurchtritt. Ich habe mich bei der Konstruktion meines Instrumentes nicht bemüht, eine stärkere Beleuchtung zu erzeugen, weil diese für die Beobachtung der Netzhaut normaler Augen genügt und weil eine stärkere nicht ohne Belästigung ertragen wird. In der That ertragen gesunde Augen fast beliebig lange die Untersuchung mit meinem Augenspiegel, ja selbst gereizte und empfindliche Augen habe ich untersucht, ohne daß die Kranken sich geblendet fühlten oder über üble Folgen zu klagen gehabt hätten. Das ist aber bei Ruete's Methode anders. Der Grad der Blendung hängt nicht nur von der Intensität des einfallenden Lichtes ab, sondern auch von der Ausdehnung des beleuchteten Netzhautfeldes, oder, was damit gleich ist, von der scheinbaren Größe der leuchtenden Fläche. Außerdem ist zu bemerken, daß die Stelle des directen Sehens sehr viel empfindlicher ist als die Seitentheile der

Netzhaut. Bei Ruete's Methode wird nun ein sehr viel größeres Feld der Netzhaut mit doppelt so hellem Lichte erleuchtet als bei meinem Spiegel, und selbst wenn man den Beobachteten nicht, wie es Ruete vorschreibt, direct in den hellen Lichtkreis hinein, sondern seitwärts vorbei blicken läßt, erträgt ein gesundes Auge die Beobachtung nur wenige Minuten, ohne Thränenfluß und lang anhaltende Nachbilder zu bekommen. Die Untersuchung empfindlicher Augen verwirft deshalb Ruete ganz und gar, während ein geübter Beobachter, der schnell mit der Untersuchung zu Stande kommt, meinen Augenspiegel natürlich mit der nöthigen Rücksicht auf den Kranken dazu wohl anwenden kann. Dem beobachteten Auge erscheint dabei in den spiegelnden Gläsern das Bild der Flamme unvergrößert und in halber Lichtstärke, es blickt aber nicht direct nach diesem Flammenbilde hin, sondern seitwärts. Ein Auge, welches z. B. ein neben die Lampenflamme gehaltenes Buch ohne geblendet zu werden betrachten kann, kann auch ohne Bedenken mit dem Augenspiegel untersucht werden. Bei Ruete's Verfahren erscheint dagegen die Glaslinse dem beobachteten Auge als ein großer feuriger Kreis, dessen Lichtintensität der der Flamme fast gleich ist, dessen Durchmesser etwa die Hälfte von dem Durchmesser des ganzen Gesichtsfeldes beträgt. Bei blinden Augen oder solchen mit stark getrübbten Medien ist man natürlich in der Anwendung größerer Lichtmengen unbeschränkt; bei ersteren würde auch mein Augenspiegel jeden nöthigen Grad der Helligkeit geben können, wenn man mit Hülfe von Sonnenlicht beobachtete.

Zu bemerken ist übrigens noch, daß Ruete's Augenspiegel das Licht am meisten in der Pupille concentrirt und nach der Netzhaut hin sich wieder ausbreiten läßt, während der meinige es an letzterer am meisten concentrirt. Darin ist der eigenthümliche Vorthail für die Diagnose anfangender Trübungen der Linse begründet, welchen Ruete an seinem Instrumente rühmt.

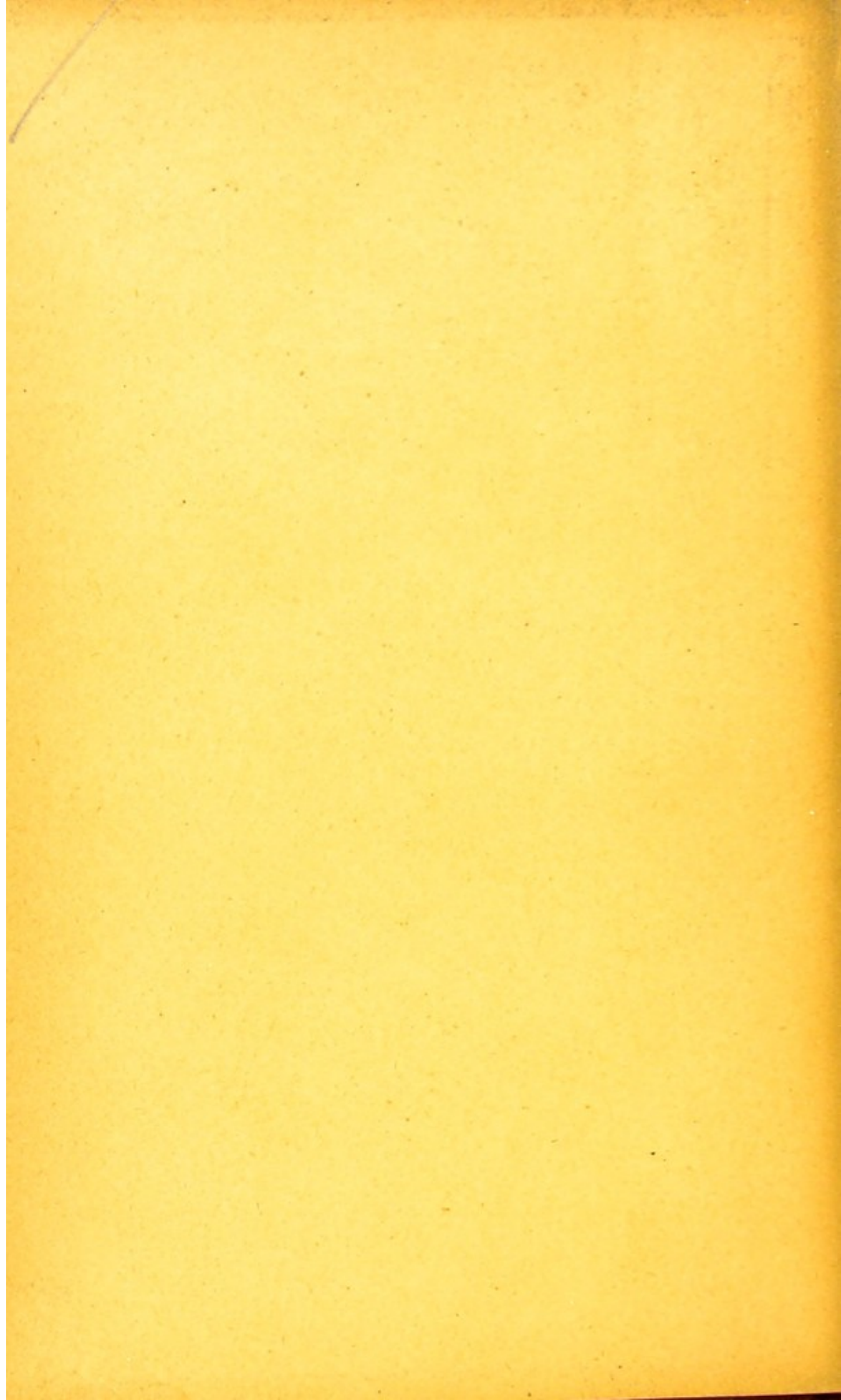
Dies sind die wesentlicheren Punkte der Vergleichung. Von Nebenpunkten wäre noch zu erwähnen, die größere Bequemlichkeit der Beobachtung für den Ungeübten auf Seiten von Ruete's Instrument. Dagegen ist das Bild meines Spiegels freier von störenden Nebenerscheinungen. Der Hornhautreflex erscheint als ein blasser Lichtnebel, während er bei Ruete ein sehr helles großes Bild der leuchtenden Fläche darstellt und außerdem noch die Lichtreflexe der beiden Glasflächen hinzukommen.

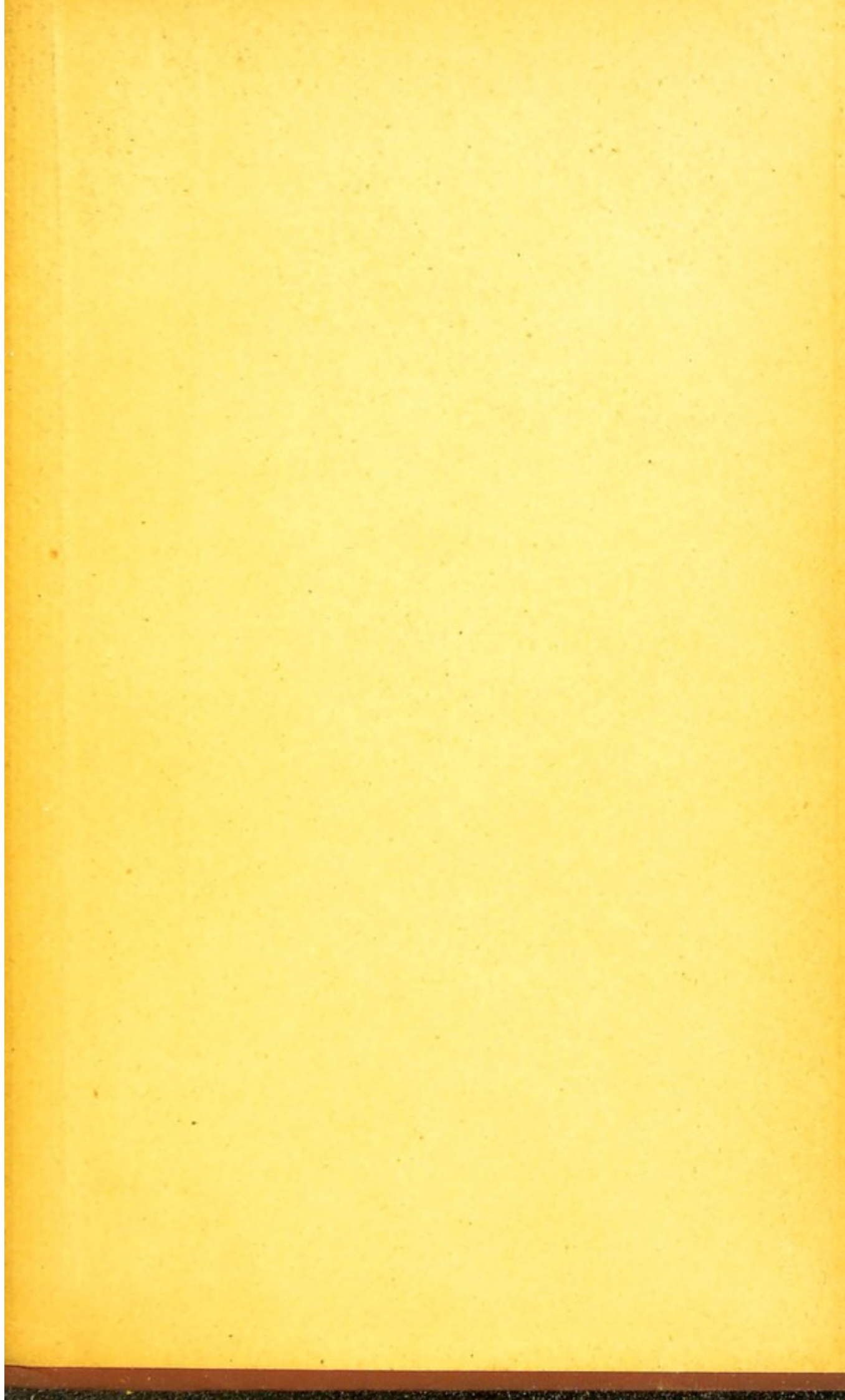
Übrigens will ich bei dieser Gelegenheit noch auf eine sehr vortheilhafte Verbesserung meines Augenspiegels aufmerksam machen, welche mir von dem hiesigen Mechanikus Hrn. E. Rekoss vorgeschlagen wurde und von demselben auch an einer Anzahl von Instrumenten ausgeführt ist. Der Wechsel der verschiedenen Concavgläser, welche zu meinem Instrument gehören, war bei solchen Augen, wo man sich das passende Glas erst suchen mußte, lästig und erschwerte die Beobachtung. Hr. Rekoss hat jetzt diese Gläser in zwei drehbare Scheiben eingesetzt, welche an dem Gestelle des Instrumentes so befestigt sind, daß beim Drehen derselben die verschiedenen Gläser, welche sie enthalten, nacheinander vor das Auge treten. Jede Scheibe enthält ein

freies Loch und vier Concavgläser, die eine Nr. 6 bis 9, die andere Nr. 10 bis 13 der Brillengläser, so daß man ein jedes dieser Gläser einzeln oder gleichzeitig eines von den niederen und eines von den höheren Nummern vor das Auge bringen kann. Die Gläser lassen sich während der Beobachtung leicht vertauschen, ohne daß man den Augenspiegel aus seiner Stellung zu bringen braucht. Man dreht die betreffende Scheibe mittels des Zeigefingers der Hand, in welcher man das Instrument hält, indem man diesen Finger an dem Rande der Scheibe anlegt. Kleine Federchen, welche in Vertiefungen am Rande der Scheiben einspringen, markiren während der Drehung jedesmal diejenigen Stellungen der Scheiben, wo ein Concavglas gerade vor die Oeffnung des Spiegels getreten ist und befestigen es ein wenig in dieser Stellung. Der Gebrauch des Augenspiegels hat dadurch außerordentlich an Bequemlichkeit gewonnen und ich hoffe, daß namentlich kurzsichtige Beobachter, denen seine Anwendung gewöhnlich schwer wird, die Schwierigkeiten, welche ihnen bisher entgegentraten, durch die neue Form beseitigt finden werden.









Ältere Beiträge
zur
Physiologie der Sinnesorgane
in Neudrucken und Übersetzungen
herausgegeben
von
Arthur König.

I.