



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### **Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### **About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>

old  
HUCB



LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY

TRANSFERRED TO LANE LIBRARY  
STANFORD CITY,  
LANE MEDICAL LIBRARY  
STANFORD UNIVERSITY  
300 PASTEUR DRIVE  
PALO ALTO, CALIF.







0

# ARCHIV

FÜR

# OPHTHALMOLOGIE

HERAUSGEGEBEN

VON

PROF. A. F. ARLT  
IN PRAG

PROF. C. F. DONDERS  
IN UTRECHT

UND

DR. A. VON GRAEFE  
IN BERLIN.

---

ZWEITER BAND.

ABTHEILUNG I

---

MIT ZWEI TAFELN ABBILDUNGEN.

---

Stanford Lib

BERLIN 1855.

VERLAG VON HERMANN PETERS.

LIBRARY  
UNIVERSITY OF CALIFORNIA  
DAVIS

159449

УВАЖЛИВО ПРОСИМ



## Inhalts - Verzeichniss.

	Seite
Zur Lehre von den Bewegungen des Auges von Dr. Georg Meissner . . . . .	1—123
Vergleichend histologische Mittheilungen v. Prof. v. Wittich	124—132
1) Ueber den Bau der Chorioidea des Säugethier- und Vogelauges . . . . .	124
2) Membrana hyaloidea des Froschauges . . . . .	131
Ein Fall von partieller Hyperaemie der Chorioidea bei einem Kaninchen, von Dr. A. Weber . . . . .	133—152
Ueber Myopia in distans nebst Betrachtungen über das Sehen jenseits der Grenzen unserer Accommodation von Dr. A. v. Graefe . . . . .	158—186
Mittheilungen vermischten Inhalts von Dr. A. v. Graefe .	187—306
1) Beobachtungen über Accommodation bei Linsendefekt, Muskelkrankheiten und Anomalieen der Iris . . . . .	187
2) Ein aussergewöhnlicher Fall von Extraction einer in die vordere Kammer vorgefallenen verkalkten Linse . .	195
3) Notiz über Bläschenbildung auf der Hornhaut . . . . .	206
4) Präparat von Chorioideitis tuberculosa bei einem Schweine .	210
5) Ueber eine Krebsablagerung im Innern des Auges, deren ursprünglicher Sitz zwischen Sclera und Chorioidea war .	214
6) Ein Fall von Pilzbildung im unteren Thränenröhrchen .	224
7) Einige aussergewöhnliche Verletzungen . . . . .	227
8) Ophthalmoscopischer Befund bei einem Fall von Microphthalmus congenitus mit Colobom . . . . .	239
9) Notiz über die Lage der Ciliarfortsätze bei Ausdehnung der Sclera . . . . .	242

	Seite
10) Fälle von spontanen Linsen-Dislocationen . . . . .	250
11) Fälle von Cysticercus im Innern des Auges . . . . .	259
12) Ueber ein einfaches Mittel Simulation einseitiger Amaurose zu entdecken, nebst Bemerkungen über die Pupillar-Contraction bei Erblindeten. . . . .	266
13) Notiz über Schichtstaar . . . . .	272
14) Sektionsbefund nach vorausgegangener Reclination . . . . .	273
15) Sektionsbefund nach Oculomotorius-Lähmung . . . . .	282
16) Ueber eigenthümliche zur Zeit noch unerklärliche Anomalieen in der Projection der Netzhautbilder . . . . .	284
Fälle von Albinismus, von Prof. C. W. F. Uhde. . . . .	308

---

# Zur Lehre von den Bewegungen des Auges.

Von

Dr. Georg Meissner.

(Mit 3 Figuren.)

Bei dem grossen Interesse, welches seit langer Zeit von so vielen Seiten den Bewegungen des Auges, der Physiologie der Augenmuskeln zugewendet wurde, ist es eine sehr auffallende Erscheinung, dass bis vor wenig Jahren alle Untersuchungen auf diesem Gebiete sich nur auf die Beantwortung von Fragen gerichtet haben, welche im Vergleich zu gewissen anderen nicht nur fernliegend und minder wichtig genannt werden müssen, sondern auch, was von übleren Folgen gewesen ist, zum Theil secundäre Fragen waren, solche, deren richtige Beantwortung erst nach der Lösung anderer Aufgaben möglich ist, und deren unrichtige Beantwortung zu manchfachen und sehr eingewurzelten Irrthümern geführt hat. Die Frage, von welcher jede Untersuchung über die Physiologie der Augenmuskeln unbedingt hätte ausgehen müssen, und mit deren Beantwortung zugleich eine grosse Zahl von Nebenfragen unmittelbar ihre Erledigung gefunden haben würden, blieb so weit unberücksichtigt, dass sie bis vor nicht gar langer Zeit gar nicht ein Mal aufgeworfen wurde. Anstatt die Bewegungen des Auges zuerst unter den einfachsten Umständen zu betrachten, anstatt die einfachsten, nächstliegenden Versuche auszubeuten, richtete man das Augenmerk fast lediglich auf die verwickelteren Verhältnisse, welche bei gleichzeitigen Bewegungen der Augen und des Kopfes eintreten. Von den bekannten Versuchen Hueck's

kann man, so anregend sie gewesen sind, nicht anders sagen, als, dass sie einen verwirrenden Einfluss ausgeübt haben, dass nicht nur ihre Ergebnisse Irrthümer in die Physiologie gebracht, sondern auch die ihnen zum Grunde liegende Fragestellung und Idee lange Zeit verhindert haben, das eigentliche Ziel und den richtigen Weg dahin zu sehen. Eine allgemein verbreitete unglückliche Tradition trat einer unbefangenen Betrachtung der Augenmuskeln in den Weg, und sicherte den beiden sogenannten *Musculus obliquus* ihre unberechtigte Auszeichnung und einen gewissen Vorrang gleichsam vor den vier anderen Muskeln, welche mit vollem Rechte sowohl auf dieselbe Benennung, als auf dieselbe Berücksichtigung Anspruch machen konnten. Aber während die Wirkungen dieser vier Muskeln ohne Weiteres durchaus klar und daher weniger interessant zu sein schienen, während sie auch wohl schon allein dem Bedürfniss der gewöhnlichen Bewegungen des Auges vollständig zu entsprechen schienen, wendeten sich alle Versuche und Reflexionen hauptsächlich der Wirkung der *Obliqui* zu, deren besonderer Verlauf und resp. Ursprung, so wie gewissermassen Ueberzähligkeit durchaus eine ganz besondere Function, ja selbst die ihnen zugesprochene exceptionelle Stellung als unwillkürliche Muskeln zu postuliren schien. Nach den Ergebnissen theils anatomischer Untersuchungen, theils des Experimentes und der chirurgischen Erfahrungen wurde jedem Muskel seine bestimmte Function vindicirt, wobei die Urtheile gar oft seltsam auseinandergingen, und man vergass dabei durchaus zu untersuchen, ob denn jemals ein Muskel für sich allein am Auge thätig ist, ob die Bewegungen, welche man für die einfachsten, für die Hauptbewegungen halten wollte, überhaupt nur vorkommen; denn war das nicht oder nur höchst selten der Fall, so hätte das Suchen nach einer dem einzelnen Muskel zu

ertheilenden Function nur den Zweck haben können, durch Auffindung seiner ihm allein zugehörigen Drehungsaxe seinen Antheil bei diesen oder jenen Bewegungen zu ermitteln, und zu dem Zweck waren die Experimente, wie sie angestellt wurden, nicht nur Umwege, sondern in den meisten Fällen Irrwege. Man vergass, dass, wie Gräfe\*) sagt, was der Muskellagerung nach möglich ist, nicht factisch vorzukommen braucht. — Donders\*\*) ist es, welcher zuerst sich die Frage stellte und ihre Beantwortung versuchte: Welche Bewegungen werden überhaupt dem Auge ertheilt; „denn erst wenn die Bewegung gegeben ist, lässt sich nach den bewegenden Kräften fragen“.

Um diese Bewegungen erforschen zu können, ist im Allgemeinen nur nothwendig, ausser der jeweiligen Richtung der Sehaxe oder der Lage des Mittelpunktes der Netzhaut noch die gleichzeitige Lage irgend eines anderen Punktes des Auges zu kennen. Welcher Punkt zu dieser Beobachtung benutzt wird, ob ein Punkt der Iris, der Bulbusoberfläche, der Retina, ist an sich ganz gleichgültig; es kommt nur darauf an, einen solchen Punkt zu wählen und diejenige Art der Versuche zu benutzen, welche die grösstmögliche Genauigkeit zulassen. In dieser Beziehung verdienen die Versuche, welche einen Punkt der Netzhaut benutzen, unbedingt den Vorzug, sie allein lassen wirkliche Messungen zu, bei ihnen ist das Object der Beobachtung der Beobachter selbst. Aber auch hier giebt es wiederum verschiedene Versuchsweisen. Donders hat, angeregt durch eine Aeusserung Ruete's, die Nachbilder benutzt, um über die jeweilige Lage der im Nachbilde afficirten Netzhaut-

\*) Beiträge zur Physiologie und Pathologie der schiefen Augenmuskeln. Archiv für Ophthalmologie I.

\*\*) Beitrag zur Lehre von den Bewegungen des menschlichen Auges. Holländische Beiträge I.

punkte Aufschluss zu erhalten. Ob derartige Versuche den Grad von allerdings auch nur approximativer Genauigkeit bei den Messungen zulassen, welcher bei einer anderen, sogleich zu nennenden Versuchsart erreicht werden kann, bin ich nicht im Stande zu beurtheilen, weil ich durch zu kurzes Verweilen der Nachbilder von jenen Versuchen so gut wie ausgeschlossen bin. Die vor sieben Jahren erschienene Abhandlung von Donders enthält nur den Anfang zur Erledigung der aufgeworfenen Frage, und von den beiden Theilen, in welche dieselbe zerlegt wurde, ist der wichtigere und eigentlich fundamentale Theil noch übrig. Die Versuche, auf welche ich eben hindeutete, sind diejenigen, welche ich in meinen „Beiträgen zur Physiologie des Sehorgans (Leipzig. 1854.)“ mitgetheilt habe, deren Ergebnisse dort zunächst und hauptsächlich nur zum Zweck der Ermittlung des Horopters angewendet wurden; sie bestehen in der Beobachtung der relativen Lagen der Doppelbilder, und ich habe dort schon angedeutet, dass und in welcher Weise sich diese Versuche auch für die Lehre von den Bewegungen des Auges verwerthen lassen.\*) So fern ich versucht habe, das dort Angedeutete weiter auszuführen und den Beweis zu liefern für einige ausgesprochne Sätze, bildet die folgende Untersuchung eine Fortsetzung jener Schrift, und hinsichtlich der Ausführung der Versuche und der durch gewisse Rechnungen erst zu verwerthenden nächsten Ergebnisse derselben verweise ich auf die früher ge-

---

\*) Ich muss hier bemerken, dass mir die oben citirte Abhandlung von Donders vor der Veröffentlichung meiner obengenannten Untersuchungen leider unbekannt war, und aus diesem Grunde von meiner Seite nicht der sonst naheliegende und nothwendige Anschluss an die Resultate, zu welchen Donders bereits gekommen war, versucht ist.

bene Auseinandersetzung. Ich habe die Versuche noch oftmals wiederholt und mit Hilfe eines besseren, genauere Messungen zulassenden Apparats (der übrigens der Art nach dem früher beschriebenen ganz gleich ist) die früheren Ergebnisse controlirt: letztere sind im Allgemeinen durchaus dieselben geblieben, und nur in Betreff der einzelnen numerischen Werthe, bei denen es jetzt nicht bloss auf relative Grössen ankommen durfte, werde ich zu einer Kritik am Schlusse Gelegenheit haben.

Die Frage, welche Bewegungen überhaupt dem Auge ertheilt werden, ist gleichbedeutend mit der Frage: Um welche Axen wird das Auge gedreht; und es ist im Folgenden der Versuch gemacht, neben der nothwendigen Erörterung gewisser die Physiologie des Sehorgans betreffender Momente, folgende Einzelfragen zu beantworten:

1) Ist es aus physiologischen Gründen möglich, dass das Auge um alle diejenigen Drehungsaxen wirklich gedreht werde, welche vermöge der Anordnung der Augenmuskeln, vermöge der rein mechanischen Verhältnisse möglich sind?

Aus der Entscheidung dieser Frage wird sich die zweite von selbst ergeben, nämlich:

2) Von welcher Art wird und muss die stattfindende Beschränkung der möglichen Drehungsaxen sein, und speciell, welche sind die Drehungsaxen, um die das Auge wirklich gedreht wird?

3) Welche Consequenzen ergeben sich aus dem Verhältniss der Lage dieser Drehungsaxen zu der Lage der Axen, um welche jeder einzelne Muskel, wenn er allein thätig wäre, das Auge drehen würde, in Bezug auf die Functionen der Augenmuskeln und auf die Art ihres Zusammenwirkens? — Diese letzte Frage wird hier jedoch nur ganz im Allgemeinen erörtert werden. —

## §. 1.

Zur Beantwortung der ersten dieser drei Fragen ist zunächst nothwendig festzustellen, welche Drehungsaxen im Auge überhaupt vermöge der rein mechanischen Verhältnisse möglich sind, wobei die möglichst freie Disposition über das Gegebene, ohne besondere Rücksicht auf etwa in speciellen Fällen stattfindende Verhältnisse, vorausgesetzt werden darf.

Wir betrachten das Auge als eine um ihren festen Mittelpunkt drehbare Kugel. Die sechs Muskeln sind Zugkräfte, deren jede das Auge in einer bestimmten Richtung zu drehen strebt. Die Ebene, in welcher ein Muskel thätig ist, welche die Richtung seines Zuges enthält, ist bestimmt durch drei Punkte, durch den Ursprungspunkt, durch den Insertionspunkt\*) des Muskels und durch den Drehpunkt, d. i. Mittelpunkt des Auges. Die Axe, um welche ein Muskel, wenn er allein thätig wäre, das Auge drehen würde, ist die auf der eben genannten Drehungs- oder Muskelebene im Drehpunkte Senkrechte, oder der auf dieser Ebene senkrecht stehende Durchmesser des Auges. Um jeden Durchmesser einer freibeweglichen Kugel ist eine Drehung nach zwei einander gerade entgegengesetzten Richtungen möglich, und man pflegt eine jede dieser beiden Richtungen auf einen Halbmesser als Drehungsaxe zu beziehen, so zwar, dass diejenige Halbaxe des Durchmessers als Drehungsaxe betrachtet wird, um welche, vom Endpunkte der-

\*) Der Ursprung und die Insertion der Augenmuskeln sind flächenartig, oder wenigstens linear ausgedehnt, und es ist daher, bei der approximativ parallelen Faserung der Muskeln, als Ursprungs- und Insertionspunkt der geometrische Mittelpunkt jener Linien zu betrachten. Vergl. hierüber A. Fick. Die Bewegungen des menschlichen Augapfels. Zeitschrift für rationelle Medicin. IV. 1854. p. 101. Beim Obliquus superior wird statt des Ursprungspunktes die Trochlea zu nehmen sein. —



selben aus gesehen, die Drehung in dem Sinne erfolgt, wie sich der Uhrzeiger dreht.\*) Jeder Augenmuskel wird also um eine solche Halbaxe zu drehen streben. Da nun aber der eine der drei Punkte, durch welche die Muskelebene bestimmt wird, nicht unbeweglich ist, sondern seine Lage im Raume bei den Drehungen des Auges ändert, indem nämlich der Insertionspunkt eines Muskels mit dem Auge sich bewegt, und zwar keinesweges immer so, dass er innerhalb derselben durch Ursprungspunkt und Drehpunkt gehenden Ebene bleibt, so wird in den verschiedenen Lagen des Auges die Muskelebene eine verschiedene sein können (nicht in allen Lagen ist es nothwendig), und ebenso wird auch die Drehungs-Halbaxe des Muskels verschiedene Lagen haben können, je nach der augenblicklichen Lage des Auges. Es würde deshalb nothwendig sein, bei einer speciellen mechanischen Betrachtung zunächst eine bestimmte Stellung des Auges als Ausgangspunkt festzusetzen, eine Anfangsstellung, wie sie sich am Einfachsten in derjenigen darbieten würde, bei welcher alle Augenmuskeln im nicht contrahirten Zustande sich befinden. Eine solche Ruhelage genau zu ermitteln, würde einer besonderen Untersuchung bedürfen, und ich muss hier von vorn herein bemerken, dass dieselbe keinesweges für identisch zu halten ist mit der sogenannten Primärstellung des Auges; letztere ist ein Begriff, zu welchem bereits meine frühere Untersuchung über den Horopter führte, und dessen wir auch hier bald bedürfen werden, welcher aber nicht in unmittelbarem Zusammenhange mit der Mechanik der Augenmuskeln steht und auf dessen Definition und Verhältniss zu der Mechanik ich durchaus erst unten eingehen kann. Für die Erörterung

---

\*) Diese Bezeichnungswiese wird im ganzen Verlauf des Folgenden beibehalten werden.

nun der hier zunächst interessirenden Verhältnisse ist es in der That nicht nothwendig, eine Untersuchung der Ruhelage des Auges vorzunehmen, wie sich sogleich herausstellen wird. Man pflegt gewöhnlich diejenige Stellung des Auges als Anfangsstellung zu betrachten, bei welcher die Sehaxe horizontal und rechtwinklig zur Frontalebene\*) gerichtet ist. Wir können ohne Weiteres auch hier diese Augenstellung als Anfangsstellung wählen, zumal für diese die Lagen der Muskelebenen am Genauesten bekannt sind; und zwar verhalten dieselben sich in dieser Augenstellung so, dass es annähernd richtig ist, je zwei der Augenmuskeln gradezu als Antagonisten zu betrachten, wie es gewöhnlich geschieht und hier wenigstens die Betrachtung vereinfachen mag. Sollte der Antagonismus genau stattfinden, so müssten je zwei der Muskelebenen zusammenfallen, und je zwei Halbaxen in die Richtung eines Durchmessers fallen.

Befindet sich nun das Auge in der Ruhelage und ein Muskel ist im Begriff sich zu contrahiren, so ist die Kraft, mit welcher er am Auge zu wirken strebt, multiplicirt mit der Länge des Hebelarms, an welchem er wirksam zu denken ist, d. i. der Halbmesser des Auges (welcher also in jedem Falle und für jeden Muskel derselbe ist), das Drehungsmoment, und die Drehungs-Halbaxe des Muskels ist die Axe dieses Moments. Wenn wir nun vollkommen frei über sechs Drehungsmomente am Auge in seiner Ruhelage disponiren können, von denen nur je zwei in einer Ebene, diese aber in entgegengesetztem Sinne thätig sind, wenn wir dieselben in jeder möglichen Weise combiniren und gleichzeitig wirksam sein lassen können, und über die Stärke eines jeden Moments frei verfügen können (nur negative

---

\*) Dieser Ausdruck ist den neuerlichst durch Henle in die Anatomie eingeführten Bezeichnungen entlehnt.

Werthe sind der Natur der Sache nach ausgeschlossen), so sind alle möglichen Fälle enthalten in acht Combinationen je dreier Momente, deren zugehörige Drehungsebenen nicht je zwei zusammenfallen. Indem wir, wie gewöhnlich, den Halbmesser des Auges als Einheit zum Grunde legen, denken wir die Grösse des Moments als Lineargrösse auf der Axe des Moments abgeschnitten; dann bedeutet die vorbehaltene freie Disposition über die Stärke der Momente, dass jedes derselben alle Werthe zwischen 0 und 1 haben kann. Die acht Combinationen nun der je drei gleichzeitig thätigen Momente entsprechen den acht Theilen, in welche die Kugel, das Auge, durch die Drehungshalbaxen der Muskeln zerlegt gedacht werden kann, die wir, obwohl sie ungleich sind, schlechtweg als Octanten bezeichnen können; und zwar so, dass in je einem Octanten die Axen aller derjenigen resultirenden Momente gelegen sind, welche durch je eine Art jener acht Combinationen der componirenden Momente entstehen können. Sind die drei componirenden Momente als Lineargrössen auf den drei ihnen zugehörigen Momentenaxen abgeschnitten, so ist die Axe des resultirenden Moments die Diagonale des Parallelepipedes resp. Parallelogramms, welches aus den combinirten Momentengrössen als Seiten gebildet wird, und die Länge dieser Diagonale ist die Lineargrösse des resultirenden Moments. Da nun, wie wir voraussetzten, über die Grössen der combinirten Momente frei verfügt werden kann, so kann die Axe des resultirenden Moments in dem Octanten, dem sie überhaupt angehört, jede beliebige durch den Mittelpunkt des Auges gehende Lage erhalten, und da dasselbe von jedem Octanten oder von jeder der acht Combinationen gilt, so kann die Axe des resultirenden Moments überhaupt jede beliebige durch den Mittelpunkt gehende Richtung haben, oder jeder Halbmesser des Auges kann Axe des resultirenden Moments

sein. Die Ruhelage des Auges ist es, für welche zunächst dies allerdings nur gilt: wenn es, mit Berücksichtigung der schon oben erinnerten möglichen Lagenveränderungen der Momentenaxen bei Bewegungen des Auges, solche Augenstellungen gäbe, in denen zwei Momente nach Ebene und Richtung, in der sie thätig sind, zusammenfielen, dann würde in diesen Augenstellungen von Seiten der mechanischen Verhältnisse schon eine Beschränkung in der möglichen Zahl der Lagen der Axe des resultirenden Moments eintreten, sofern zwei der Ebene und Richtung nach zusammenfallende Momente gleich einem Momente von der Stärke der arithmetischen Summe derselben sind. Aber solche Fälle kommen nicht vor, es giebt keine Augenstellung, in welcher z. B. die Drehungshalbaxe des Obliquus superior mit der des Rectus inferior zusammenfielen, sondern in allen Augenstellungen wird es sechs differente Drehungshalbaxen der Muskeln geben,\*) wenn auch ihre Lagen wechselnd sind; und so lange es sechs Drehungsmomente giebt, über die disponirt werden kann, so lange hat auch das eben Abgeleitete Geltung, dass nämlich die Axe des resultirenden Moments jeder beliebige Halbmesser des Auges sein kann, was also für jede Augenstellung als Ausgangspunkt von Drehungen gilt. Daher bedurfte es oben für diese ganz allgemeine Betrachtung gar nicht der genauen Feststellung der Ruhelage des Auges, die wir überhaupt nur, um irgend einen Ausgangspunkt zu haben, wählten. Wir werden nun im Folgenden nicht mit Drehungsmomenten, nicht mit Dre-

---

\*) Es mag hier auch noch daran erinnert werden, dass auch in dem Falle eine der sechs Muskelaxen ausfallen würde, wenn die Augenstellung von der Art ist, dass die Richtung eines Muskelzuges nicht mehr den Bulbus tangirt, der Muskel also vom Auge ganz abgewickelt ist; indessen sind die Drehungen des Auges überhaupt nicht so ausgiebig, dass solche Augenstellungen vorkommen.

hungsbestreben und unendlich kleinen Drehungen zu thun haben, sondern mit endlichen Drehungen. Denken wir aber die endliche Drehung einer um ihren festen Mittelpunkt drehbaren Kugel aus lauter unendlich kleinen Drehungen zusammengesetzt, so erfolgt eine jede solche unendlich kleine Drehung um eine während des Zeitelements derselben feste Drehungsaxe, d. i. die augenblickliche Drehungsaxe. Diese augenblickliche Drehungsaxe ist für diejenige Lage, in welcher sich das Auge beim Beginn der unendlich kleinen Drehung befindet, die Axe des resultirenden Moments und zwar im Allgemeinen des aus den componirenden Momenten und aus der dem Auge bereits mitgetheilten Winkelgeschwindigkeit resultirenden Moments, von welcher letzteren wir jedoch wahrscheinlich practisch wenigstens, wenn auch theoretisch nicht ganz, abstrahiren können, weil angenommen werden darf, dass es in jedem Augenblicke des erneuten Muskelzuges bedarf, damit das Auge nicht zu Ruhe gelangt, oder gar in die Ruhelage zurücksinkt vermöge der Elasticität der am Auge befestigten Theile. Unter gewissen Voraussetzungen nun, welche wir später berühren wollen, kann die augenblickliche Drehungsaxe für die ganze Dauer einer endlichen Drehung eine und dieselbe bleiben, es kann in jedem Zeitelement die Drehung um dieselbe Axe erfolgen, d. h. es erfolgt die Drehung um eine im Raume und in der Kugel feste Drehungsaxe: wenn jene Voraussetzung, eine gewisse Bedingung, erfüllt ist, und es liegt vor der Hand gar kein Grund vor, dieses für das Auge von vorn herein in Abrede zu stellen, so kann also die Axe eines resultirenden Moments in irgend einer Stellung, z. B. in der Anfangsstellung des Auges, die feste Drehungsaxe für die ganze Dauer einer Drehung des Auges aus dieser Stellung sein, und da nun, wie wir sahen, jeder beliebige Halbmesser des Auges, in jeder Stellung desselben,

Axe des resultirenden Moments sein kann, so kann vermöge der stattfindenden mechanischen Verhältnisse das Auge aus der Anfangsstellung sowohl, wie aus jeder anderen, um jeden beliebigen Halbmesser als Drehungsaxe eine endliche Drehung erleiden.

Da sich herausstellen wird, dass aus Gründen, welche sich aus der Physiologie des Auges oder des Sehorgans ergeben, eine sehr beträchtliche Beschränkung in der Zahl der mechanischer Seits möglichen Drehungsaxen stattfindet, so bedarf es hier keiner näheren Untersuchung, ob nicht vielleicht schon durch die Physiologie jedes einzelnen Augenmuskels eine Beschränkung in gewissen Fällen bedingt sein möchte, so fern es nämlich möglich ist, dass in dieser oder jener Augenstellung ein Muskel sich unter solchen Umständen befindet, dass er nicht mehr im Stande ist, das zu leisten, was die Stärke eines componirenden Moments zur Darstellung oder Erzeugung gewisser resultirender Momente von ihm verlangen würde. Es sollte, wie gesagt, diese Möglichkeit hier nur angedeutet werden, ohne dass es erforderlich ist, näher darauf einzugehen.

## §. 2.

In Fig. 1. bedeutet der Punkt *A* den Mittelpunkt und Drehpunkt des Auges; *AB* ist die Richtung der Sehaxe in der Primärstellung. Der Begriff der Primärstellung muss, wie schon bemerkt, hier schon eingeführt werden, aber vor der Hand gewissermassen als eine willkürliche Annahme, so fern die Erklärung und Definition desselben erst dann gegeben werden kann, wenn derselbe ganz von selbst aus den gefundenen That-sachen zu Tage treten wird; vorläufig ist es genügend, daran zu erinnern, dass meine früher mitgetheilten Versuche ergaben, dass die durch einige ganz besondere

Eigenschaften ausgezeichnete Stellung des Auges, welche ich nach dem Vorgange von Listing die Primärstellung nannte, diejenige ist, bei welcher die Sehaxe  $45^\circ$  unter den Horizont geneigt und rechtwinklig zur Grundlinie\*) gerichtet ist. Auf diese numerischen Werthe werde ich, so wie auf die übrigen früher erhaltenen, unten zurückkommen; im Folgenden wird die Primärstellung des Auges auch wohl als Primärstellung der Sehaxe schlechtweg bezeichnet werden.

Das Auge soll nun aus der Primärstellung so gedreht worden sein, dass die Sehaxe die ganz beliebig gewählte Richtung *AE* (Fig. 1.) erhalten hat. Da der Ausdruck Secundärstellung (so wie Tertiärstellung) für gewisse, ganz bestimmte Arten von Augenstellungen aufbewahrt werden muss, wie ich diese Ausdrücke auch schon früher in einem ganz bestimmten Sinne gebraucht habe, so kann ich die ganz beliebig gewählte Richtung *AE* der Sehaxe, welche für alle Richtungen derselben, ausser der primären, gilt, nicht anders, als mit dem Ausdruck: zweite Lage oder zweite Richtung bezeichnen, welcher also im Folgenden diese ganz allgemeine Bedeutung haben wird.

Es ist nun ganz gleichgültig, auf welchem Wege die Sehaxe oder ihr Endpunkt auf der Kugeloberfläche, der Punkt *B* in die Lage des Punktes *E* geführt worden ist, welche Zwischenlagen die Sehaxe eingenommen hat, bevor sie die Richtung *AE* erhielt: es giebt zufolge eines wichtigen von Euler\*\*) gefundenen Satzes

---

\*) Grundlinie ist der schon früher von mir gebrauchte Ausdruck für die die beiden Drehpunkte, hier also die beiden Augencentra verbindende Grade.

\*\*) *Formulae generales pro translatione quacunq[ue] corporum rigidorum. Novi commentarii academ. scient. imp. Petropolitanae. T. XX. 1776. pag. 202. Vergl. auch: Lexell, Theoremata nonnulla generalia de translatione corporum rigidorum. Dasselbst pag. 248.*

auf einer um ihren festen Mittelpunkt drehbaren Kugel nach irgend welchen, ganz beliebigen Drehungen derselben immer zwei einander diametral gegenüberliegende Punkte der Oberfläche, welche nach vollendeter Bewegung wiederum dieselbe Lage im Raume eingenommen haben, welche sie vor der Drehung hatten. Dieser Satz ist aber gleichbedeutend mit dem: Es giebt für jede zweite Lage der um ihren Mittelpunkt drehbaren Kugel einen Durchmesser, um welchen als Axe gedreht die Kugel direct aus der primären Lage in die zweite übergeführt werden kann. — Hat demnach die Sehaxe die zweite Richtung  $AE$  erhalten, so giebt es einen Durchmesser des Auges, um welchen dasselbe aus der Primärstellung unmittelbar in jene zweite Lage (die indessen noch unbekannt ist) gedreht werden kann.

Um nun für irgend eine zweite Lage der Kugel diese in Frage stehende Drehungsaxe zu finden, bedarf es nur der Auffindung eines der Endpunkte derselben an der Kugeloberfläche, nämlich eines der beiden Punkte, welche, nachdem der Punkt  $B$  nach  $E$  gelangt ist, dieselbe Lage im Raume wieder erhalten haben, welche sie vor dieser Drehung hatten, die also auch während der Ueberführung von  $B$  nach  $E$  auf einem gewissen Wege in Ruhe bleiben konnten. Wir wollen uns zunächst an eine einfache geometrische Construction halten, wie sie sich aus dem Beweise des Euler'schen Satzes ohne Weiteres ergibt.

Es sei in Fig. 1.  $AD$  (neben  $AB$ ) ein zweiter beliebiger Halbmesser der Kugel,  $D$  also ein Punkt der Oberfläche. Wenn der Punkt  $B$  die zweite Lage  $E$  erhalten hat, so mag der Punkt  $D$  die zweite Lage  $F$  erhalten haben. Der Punkt der Kugeloberfläche nun, welcher während der Drehung in Ruhe bleiben konnte, ist offenbar derjenige, welcher gleiche räumliche Beziehungen zu den Halbmessern  $AB$  und  $AD$  einerseits,



$AE$  und  $AF$  anderseits hat. Verbindet man die erste und zweite Lage der beiden Punkte  $B$  und  $E$  durch die grössten Kreise  $BE$  und  $DF$ , errichtet im Mittelpunkt eines jeden der beiden Bögen rechtwinklig einen grössten Kreis,  $PM$  und  $QN$ , so ist der Punkt  $O$ , einer der beiden Durchschnittpunkte dieser beiden grössten Kreise, der gesuchte Punkt, und  $AO$  ist die Axe, um welche  $AB$  und  $AD$  direct in ihre zweiten Lagen  $AE$  und  $AF$  gedreht werden können. Dass der Punkt  $O$  eine und dieselbe Lage in Bezug auf  $AB$  und  $AE$  einerseits, auf  $AD$  und  $AE$  anderseits hat, ergibt sich unmittelbar aus der Construction, wenn man die beiden gleichschenkligen sphärischen Dreiecke  $OBE$  und  $ODF$  construiert. Der Vollständigkeit wegen müssen noch zwei besondere Fälle kurz in Betracht gezogen werden, welche dann eintreten können, wenn die beiden grössten Kreise  $PM$  und  $QN$  zusammenfallen. Die Construction richtet sich dann darnach, ob ein grösster Kreis  $BD$ , welcher die beiden Punkte in ihrer primären Lage verbindet, die beiden zusammenfallenden Kreise  $PQ$  zwischen den beiden Punkten  $P$  und  $Q$  schneidet, oder erst in der Verlängerung von  $PQ$ , mit anderen Worten darnach, ob die beiden Punkte  $B$  und  $D$  sich in entgegengesetztem oder in gleichem Sinne bewegt haben. Haben sie sich in gleichem Sinne bewegt, schneiden die Verbindungslinien  $BD$  und  $EF$  den Kreisbogen  $PQ$  nicht, sondern erst dessen Verlängerung, so kann der gesuchte Punkt  $O$  nicht zwischen  $P$  und  $Q$  gelegen sein; auf dem grössten Kreise aber, dem der Bogen  $PQ$  angehört, muss er liegen, was nicht weiter des Beweises bedarf: es ist der Punkt, in welchem die beiden Verbindungskreise  $BD$  und  $EF$  verlängert sich schneiden. Dass dieser Durchschnittpunkt auf der Verlängerung der beiden zusammenfallenden Kreise  $PQ$  gelegen sein muss, ergibt sich aus der Gleichschenkligkeit der beiden über  $BD$  und

*EF* entstandenen sphärischen Dreiecke von selbst. Ebenso bedarf es nur der Erwähnung, dass wenn die beiden Punkte *B* und *D* sich in entgegengesetztem Sinne bewegt haben, wiederum der Durchschnittspunkt der die beiden ersten und die beiden zweiten Lagen verbindenden Kreise der gesuchte Punkt *O* ist, welcher ebenfalls auf den beiden zusammenfallenden Kreisen *PQ*, und zwar zwischen *P* und *Q* selbst, gelegen sein muss.

Wenn nun von allen Punkten der Kugeloberfläche nur der eine Punkt *B* seiner ersten und zweiten Lage nach bekannt ist, so kann nur der geometrische Ort für den Punkt *O* oder für die fragliche Drehungsaxe gefunden werden. Der geometrische Ort für *O* ist allemal, wie wir eben sahen, der im Mittelpunkt des grössten Kreises *BE* rechtwinklig zu diesem stehende grösste Kreis (*PM*), und der geometrische Ort für die Drehungsaxe die durch diesen grössten Kreis gelegte Ebene. Daraus folgt nun aber unmittelbar, dass, wenn es sich nur darum handelt, dem Punkte *B* durch einfache, kontinuierliche Drehung der Kugel die Lage *E* zu ertheilen, dies um unendlich viele verschiedene Drehungsaxen geschehen kann, um alle die Halbmesser nämlich als Drehungsaxen, deren Endpunkte in der einen Hälfte des grössten Kreises *PM* gelegen sind. So viel Drehungsaxen aber, so viel Wege giebt es für den Punkt *B*, um durch eine kontinuierliche Drehung nach *E* zu gelangen: unendlich viele, welche enthalten sind zwischen dem grössten Kreise *BE* selbst, bei welchem die Drehungsaxe rechtwinklig zu dem Halbmesser *AB* steht, und zwischen dem Kreise, dessen Durchmesser auf der Kugeloberfläche der Bogen *BE* ist, bei welchem die Drehungsaxe in der durch die drei Punkte *A*, *B* und *E* bestimmten Ebene liegt.

Wenn demnach beim Auge die erste und zweite Rich-

tung der Sehaxe bekannt ist, so ist, bei übrigens völliger Freiheit, wie wir sie mechanischerseits für unsere Betrachtung gesichert haben, die Lage der Drehungsaxe nur ihrem geometrischen Orte nach bekannt, und es würde noch zwischen unendlich vielen Axen zu wählen sein. Da nun, wie wir sahen, durch die Kenntniss der ersten und zweiten Lage nur noch eines einzigen beliebigen zweiten Punktes der Kugeloberfläche die Lage der Kugel und der Drehungsaxe sogleich vollkommen bestimmt war, so ist umgekehrt einleuchtend, dass bei freier Disposition über die ihrem geometrischen Orte nach bekannten Drehungsaxen, die zweite Lage irgend eines beliebigen zweiten Punktes der Kugeloberfläche bei jeder Axe, welche von den möglichen zur Ueberführung von *B* nach *E* gewählt wird, eine andere, eine besondere sein wird. Ganz dasselbe gilt für das Auge. Während es aber bei einer überall gleichbeschaffenen, in jedem Punkte ihrer Oberfläche gleichwerthigen Kugel als gleichgültig gelten könnte, welche Lage irgend ein zweiter Punkt nach der Drehung einnimmt, wenn es eben nur darauf ankommen soll, einem Punkte *B* die Lage *E* zu ertheilen, so ist dies offenbar beim Auge nichts weniger, als gleichgültig. Denn obwohl allerdings alle Bewegungen des Auges zunächst ebenfalls als Bewegungen eines Punktes, nämlich des Punktes des deutlichsten Sehens oder kurz der Sehaxe, angesehen werden können, alle Drehungen als zum Zweck lediglich der Bewegung der Sehaxe ausgeführt betrachtet werden mögen, so ist doch das Auge keinesweges eine überall gleichbeschaffene, und in allen übrigen Punkten indifferente Kugel: es sind vielmehr besonders zwei, von einander ganz unabhängige, ja, wie sich herausstellen wird, in gewisser Beziehung einander entgegengesetzte Momente, welche eine sorgfältige Berücksichtigung der zweiten Lage

irgend eines zweiten Punktes der Oberfläche beim Auge erheischen. Das eine Moment besteht darin, dass das Auge nicht frei in seiner Orbita liegt, sondern mit vielen Nachbartheilen und Organen in Verbindung steht, die zum Theil an dasselbe befestigt sind und keine freie, unbeschränkte Beweglichkeit besitzen. Das andere Moment aber, wohl bei weitem das wichtigere, besteht darin, dass die einzelnen Punkte der Netzhaut keinesweges alle gleichwerthig sind, sondern dass im Gegentheil jeder Punkt derselben die besondere Dignität besitzt, dass mit seiner qualitativen Erregung das Zustandekommen einer bestimmten Raumvorstellung gegeben ist, welche identisch mit derjenigen ist, die mit der qualitativen Erregung eines bestimmten Punktes der andern Netzhaut gegeben ist, so dass also, wenn ein Objectpunkt diese beiden den Raumwerthen nach identischen Retinapunkte qualitativ erregt, derselbe an ein und demselben Orte im Raume durch Vermittlung beider Augen wahrgenommen, d. h. einfach gesehen wird, dass aber, wenn ein Objectpunkt nicht zwei zusammengehörige, identische Netzhautpunkte zu erregen im Stande ist, was Folge seiner eignen Lage im Raume, aber natürlich auch Folge der Lage der beiden Netzhautpunkte sein kann, und der Objectpunkt also jedenfalls (wenn überhaupt zwei) zwei in der Raumvorstellung nicht gleichwerthige, nicht identische Netzhautpunkte erregt, derselbe mit zwei verschiedenen Raumwerthen in der Vorstellung ausgestattet ist, d. h. doppelt gesehn wird.

Dass diese beiden genannten Momente bei den Bewegungen des Auges Berücksichtigung überhaupt finden, kann gar keinem Zweifel unterworfen sein. Dann aber kann und muss nothwendig eine Beschränkung in der Zahl der Drehungsaxen, welche für die beiden Richtungen der Sehaxe  $AB$  und  $AE$ , (deren letztere für jede beliebige zweite Richtung gilt) zur Ueberführung aus

der einen in die andere möglich sind, postulirt werden. Denn zunächst kann man schon ohne eine specielle Betrachtung ersehen, dass es unter den obengenannten unendlich vielen Wegen von  $B$  nach  $E$  sehr viele giebt, welche so beträchtliche Lagenveränderungen irgend eines zweiten Punktes  $D$  in der zweiten Stellung mit sich bringen würden, dass sowohl in seiner Orbita das Auge erheblichen Disorientirungen unterliegen würde, als auch hinsichtlich der Identitätsverhältnisse beider Netzhäute, sobald die beiden Augen im entgegengesetztem Sinne, convergirend, bewegt werden. Aber die Beschränkung muss noch weiter postulirt werden. Da die zweite Lage irgend eines Netzhautpunktes überhaupt nicht gleichgültig ist, so wird diejenige Lage, welche derselbe nach irgend einer beliebigen Drehung erhält, in jedem Falle, wenn dieselbe Bewegung ausgeführt ist, eine und dieselbe sein müssen. Sind überhaupt die identischen Netzhautpunkte bei den Drehungen der Augen gegenseitigen Disorientirungen ausgesetzt, sind nicht bei allen Richtungen der Sehaxe gleich günstige gegenseitige Lagen der beiden Netzhäute möglich, so werden diese Disorientirungen jedenfalls gesetzmässig und gleichförmig stattfinden müssen, und nicht bei einer und derselben Richtung der Sehaxe das eine Mal in höherem, das andere Mal in geringerem Masse. Konnten die Augen nicht ohne gewisse Disorientirungen der beiden Netzhäute (Doppelnetzhaut) bewegt werden, so kann wohl mit Sicherheit vermuthet werden, dass den daraus erwachsenden Nachtheilen für das Einfachsehen, für die Ausdehnung des Horopters, durch ein gewisses Verhältniss der Schärfe der Wahrnehmung einigermaßen das Gleichgewicht gehalten wird, so dass die nach der Peripherie des Gesichtsfeldes immer weiter von einander weichenden Doppelbilder in proportionalem Verhältniss weniger scharf und deutlich erkannt werden, wie es ja

in der That der Fall ist; und dann musste natürlich auch die Disorientirung eine bestimmte und regelmässige sein. Das heisst nun aber Nichts Anderes, als dass von allen den für eine bestimmte zweite Richtung der Sehaxe ( $AE$ ) aus der Primärstellung  $AB$  möglichen Drehungsaxen nur eine einzige stets in Anwendung kommen soll; alle übrigen müssen, obwohl sie mechanisch möglich sein mögen, als für das Auge überflüssig und ihre Anwendung zweckwidrig erscheinen. Wenn nun damit also auch nur ein einziger Weg für den Punkt  $B$ , um nach  $E$  zu gelangen, gefordert ist, so ist hier, wie schon oben bemerkt, nur von einfachen, continuirlichen Drehungen die Rede, von solchen, auf welche sich eben der Euler'sche Satz bezieht. Auf unendlich vielen Umwegen, durch successive Drehungen um viele verschiedene Axen kann  $B$  ebenfalls schliesslich nach  $E$  gelangen, aber jede dieser einzelnen einfachen Drehungen muss mit der eben verlangten Gesetzmässigkeit erfolgen, und wenn zuletzt der Punkt  $B$  nach  $E$  kommt, muss das ganze Auge dieselbe Lage haben, als wenn die Sehaxe direct aus der Primärstellung in jene zweite Richtung gedreht worden wäre.

Dass diese a priori gestellten Anforderungen am Auge wirklich erfüllt sind, bedarf kaum der besondern Erwähnung. Die Versuche, welche ganz sichere Auskunft darüber geben und mir, so oft ich sie wiederholt habe, immer jenes Postulat gerechtfertigt haben, sind die früher mitgetheilten, welche die relativen Lagen der Doppelbilder messen. Vielleicht mag auch die Erörterung dieser Gesetzmässigkeit überflüssig und sie selbst von vorn herein als selbstverständlich erscheinen: hier musste jedoch davon ausgegangen werden, zumal die einfache Schlussfolgerung in Beziehung auf die Drehungsaxen bisher nicht daraus gezogen wurde. Die erste der anfangs aufgestellten Fragen haben wir demnach

dahin beantwortet, dass jedenfalls eine Beschränkung der mechanisch möglichen Drehungsaxen am Auge stattfinden muss, und zwar eine so beträchtliche, dass von allen denen, welche zur Ueberführung aus der Primärstellung in irgend eine zweite Richtung der Sehaxe möglich sind, für deren Endpunkte ein Bogen von  $180^\circ$  der geometrische Ort ist, nur eine einzige in Anwendung kommen darf. Bei genauerer Erwägung der Consequenzen dieses Satzes und der vorhergehenden Reflexionen wird man finden, dass derselbe noch weit mehr involvirt, dass darin allein zum Theil schon die Lösung der beiden anderen oben hingestellten Fragen enthalten ist, und wir daher von hieraus direct zum Ziele gelangen könnten. Indessen ziehe ich es vor, das Ergebniss des Bisherigen noch nicht weiter auszubeuten, sondern erst später auf jenen Satz zurückzukommen, da es von Nutzen sein wird, zuvor auch auf einem andern, allerdings weiteren Wege, gleichfalls der Beantwortung jener Fragen näher zu kommen. Der Vortheil, welcher bei diesem Gange der Untersuchung erstrebt werden soll, wird sich später herausstellen, so fern die physiologische Bedeutung und der Werth des Gesetzes, wonach die Drehungen des Auges erfolgen, nach den hauptsächlichlichen Gesichtspunkten zu Tage treten werden.

### §. 3.

Dass nach einem Prinzipie der Drehungen, nach einem Gesetze der Bewegungen des Auges gesucht werden muss, haben wir gesehen. Die nächste Frage wird die sein, von welcher Art das Gesetz sein wird. Die Zahl der möglichen Principe ist eben so gross, wie die Zahl der möglichen Drehungsaxen für eine bestimmte zweite Richtung der Sehaxe. Geometrisch wird jedes aller dieser möglichen Principe qualitativ von allen übrigen verschieden sein, und sich bestimmt definiren

lassen; aber bei einem experimentellen Untersuchungs-  
gange liegt der physiologische Gesichtspunkt näher, als  
der mathematische, und man wird von diesem Stand-  
punkte aus geneigt sein müssen, das zu suchende Ge-  
setz zunächst nach seinen physiologischen Consequenzen  
zu formuliren, bei den Drehungen des Auges die Realis-  
sirung gewisser physiologischer Anforderungen zuerst  
zu fordern, und darnach ein Gesetz über die Lage der  
Drehungaxen abzuleiten. Nach den physiologischen Con-  
sequenzen nun ist der bei weitem grösste Theil der  
möglichen Drehungsprincipe gleichartig, nicht qualitativ  
verschieden, so dass aus einer sehr grossen Zahl der-  
selben jedes mit gleichem Rechte der Prüfung unterlie-  
gen könnte, ob es am Auge realisirt sei; und somit  
mag es auch von dieser Seite her gerechtfertigt sein,  
die folgenden Betrachtungen anzustellen, in welchen  
aus allen jenen möglichen Gesetzen zwei hervorgehoben  
werden sollen, welche, zunächst lediglich nach ihren  
physiologischen Consequenzen formulirt, in dieser Be-  
ziehung vor allen übrigen qualitativ ganz besonders und  
ausgezeichnet dastehen, und mit deren Erörterung sich  
das Gebiet, innerhalb welches die wirklichen Drehungs-  
axen des Auges zu suchen sind, enger begränzen wird.

In dem, wie bisher, als Kugel um den im Raume  
festen Mittelpunkt drehbar gedachten Auge nehmen  
wir zwei rechtwinklige Coordinatensysteme an. Das  
eine derselben wird im Auge fest und mit demselben be-  
weglich gedacht; sein Anfangspunkt ist der Mittelpunkt  
oder Drehpunkt; die Axe der  $x$  fällt mit der Sehaxe zu-  
sammen, die Axe der  $y$  wird so gelegen gedacht, dass sie  
in der Primärstellung der Sehaxe, (diese nämlich nach ex-  
perimenteller Ermittlung  $45^\circ$  unter den Horizont geneigt  
und rechtwinklig zur Grundlinie gerichtet), mit der Grund-  
linie zusammenfällt. Dadurch ist die Lage der  $Z'$ Axe  
ebenfalls bestimmt. Auf eine Kritik der Primärstellung



werde ich, wie gesagt, unten zurückkommen. Das zweite im Auge gedachte Coordinatensystem wird im Raume fest angenommen, sein Anfangspunkt ist ebenfalls der Mittelpunkt, und seine Axen fallen mit den gleichnamigen Axen des im Auge festen Systems in der Primärstellung zusammen. Die drei Axen dieses im Raume festen Systems sollen mit  $X, Y, Z$  bezeichnet werden, die des mit dem Auge beweglichen Systems mit  $X^1, Y^1, Z^1$ , oder auch noch mit dem Zusatz beweglich. Die positive Halbaxe der  $x$  (und  $x^1$ ) ist nach vorn gerichtet, die positive Halbaxe der  $y$  (und  $y^1$ ) nach innen, nasenwärts, die positive Halbaxe der  $z$  (und  $z^1$ ) nach oben.

Fig. 2. stellt einen Octanten des linken Auges vor.  $A$  ist der Drehpunkt,  $AB, AC$  und  $AD$  bezeichnen der Reihe nach die positiven Halbaxen der  $x, y$  und  $z$  beider in der Primärstellung der Sehaxe ( $AB$ ) zusammenfallenden Coordinatensysteme. Somit ist der dargestellte Octant beiläufig der innere obere der vordern Augenhälfte. — Die Sehaxe oder die bewegliche  $X^1$  Axe soll aus der primären Richtung  $AB$  in die beliebig gewählte zweite Richtung  $AE$  übergeführt werden. Die Frage dabei ist also die, welche Lage bei dieser Drehung irgend ein anderer Punkt des Auges erhält: kennen wir dieselbe, so ist die Lage der Drehungsaxe bekannt. Es leuchtet nun ein, dass an die Stelle des Auges das in demselben fest und mit demselben beweglich gedachte Coordinatensystem gesetzt werden kann, und allein dessen Lagenveränderung in Betracht gezogen zu werden braucht. Wenn dann bekannt ist, welche Lage eine der beiden anderen Axen erhält, während die  $X^1$  Axe in irgend eine zweite Lage aus der Primärstellung gedreht wird, so ist die Lage des ganzen Coordinatensystems und damit die des ganzen Auges bekannt. Es wird im Folgenden die bewegliche  $Z^1$  Axe ( $AD$  in der

Primärstellung) zur Ermittlung der Lage des Coordinatensystems benutzt werden, da sich die davon ausgehenden Betrachtungen am Unmittelbarsten an die früher mitgetheilten Versuche anschliessen, deren Ergebniss immer als Kriterium benutzt werden muss.

Den beabsichtigten Effekt, welcher durch continuirliche Drehung des Auges um die unbekannte Axe erreicht werden soll, nämlich die Ueberführung der Sehaxe in die Richtung  $AE$ , wollen wir zunächst hervorgebracht denken durch zwei successive Drehungen um zwei zu einander rechtwinklige Axen des einen unserer beiden Coordinatensysteme selbst, und zwar um zwei Axen des beweglichen Systems. Statt des unbekanntenen diagonalen Weges des Punktes  $B$  nach dem Punkte  $E$ , denken wir die Bewegung aus zwei zu einander rechtwinkligen, successive erfolgenden Componenten zusammengesetzt. Dies kann offenbar dadurch geschehen, dass die Sehaxe  $AB$  zuerst durch eine Drehung um die negative Halbxaxe der  $y^1$  in die Richtung  $AH$  gebracht wird; durch diese Drehung ist die bewegliche  $Z^1$ Axe in die Lage von  $AF$  gelangt, und geschieht nun um diese  $Z^1$ Axe, und zwar um ihre positive Halbxaxe eine Drehung, so wird  $AH$ , die Sehaxe, in die verlangte Lage  $AE$  gebracht werden. — Die erste dieser beiden successive Drehungen der Sehaxe erfolgte in der  $XZ$ Ebene des festen und unbeweglichen Coordinatensystems, während derselben verblieb die  $Z^1$ Axe ( $AF$ ) in der  $XZ$ Ebene des festen Systems. Für das zweite Tempo der Bewegung ist die bewegliche  $Z^1$ Axe selbst die Drehungsaxe, die Drehung der Sehaxe geschieht in der  $X^1Y^1$ Ebene, und es ist daher, wenn die Sehaxe oder  $X^1$ Axe die Schlussstellung  $AE$  erhalten hat, die  $Z^1$ Axe in der  $XZ$ Ebene des festen Systems geblieben.

Dies ist eine von den unendlich vielen Lagen, welche die  $Z^1$ Axe haben kann, wenn der  $X^1$ Axe die

Richtung  $AE$  ertheilt ist. Aber, so wie dies durch diese Lage der  $Z^1$  Axe bestimmte Lage des beweglichen Coordinatensystems geometrisch vor allen übrigen hier möglichen Lagen ausgezeichnet ist, so ist, wie sich sogleich bei näherer Betrachtung herausstellen wird, auch in physiologischer Beziehung seine Lage, sobald wir sie auf das Auge übertragen, von ganz besonderer Eigenthümlichkeit, so, dass es vollkommen gerechtfertigt sein wird, die Frage zu stellen, warum das Auge nicht so bewegt wird, dass das Resultat der Drehung gleich dem in unserem Falle durch jene beiden successiven Drehungen erreichten ist. Wir setzen daher den Fall, das Auge würde aus der Primärstellung durch eine nicht aus successiven Drehungen in verschiedenen Richtungen zusammengesetzte, sondern durch eine einzige Bewegung so gedreht, dass, wenn  $AE$  die Richtung der Sehaxe geworden ist, die  $Z^1$  Axe des im Auge festen Coordinatensystems in der  $XZ$  Ebene des im Raume festen Coordinatensystems geblieben\*ist.

Die Ebene  $ACH$ , in welcher die Sehaxe  $AE$  gelegen ist, und welche rechtwinklig zu der  $Z^1$  Axe,  $AF$ , steht, ist die  $X^1P^1$  Ebene des beweglichen Coordinatensystems. In unserem Falle nun schneidet diese  $X^1P^1$  Ebene die  $YZ$  Ebene des festen Coordinatensystems in der  $P^1$  Axe selbst ( $AC$ ). Wenn nun die Sehaxe des anderen Auges auf denselben Punkt im Gesichtsfelde gerichtet ist, welchen das linke Auge mit der Richtung  $AE$  fixirt, so ist offenbar die Sehaxe des rechten Auges ebenfalls in der Ebene  $ACH$  oder in der  $X^1P^1$  Ebene gelegen, denn unserer obigen Annahme zufolge fällt die  $P^1$  Axe des festen Coordinatensystems mit der Grundlinie, welche die beiden Augencentra verbindet, zusammen, und es wird daher eine für die symmetrische Stellung des rechten Auges gedachte  $X^1P^1$  Ebene mit der Ebene  $ACH$  in unserm linken Auge identisch sein. Die Ebene nun, in welcher

bei binocularem Sehen die beiden Sehaxen gelegen sind, habe ich früher bei der Lehre vom Horopter die Visirebene genannt, und es wird zweckmässig sein, diese Bezeichnung auch hier beizubehalten. Somit ist die  $X^1F^1$  Ebene in unserem Falle mit der Visirebene identisch. (Es bedarf kaum der Erwähnung, dass die Ebene  $ACH$  unter allen Umständen die Visirebene für die Richtung  $AE$  der Sehaxe ist, dass aber mit dieser die  $X^1F^1$  Ebene nur in dem einzigen jetzt vorliegenden Falle identisch ist, da die  $Z^1$  Axe in der  $XF$  Ebene liegt; bei jeder andern Lage der letztern oder des Auges sind beide Ebenen nicht identisch.)

Wenn sich nun im fixirten Punkte eine zur Visirebene senkrecht stehende grade Linie befindet, so wird das Retinabild derselben in dem grössten Kreise gelegen sein, welcher, durch den Mittelpunkt der Retina gehend, rechtwinklig zu dem grössten Kreise gelegen ist, in welchem die Visirebene die Retina schneidet, oder, mit anderen Worten, eine durch jene Objectlinie und durch ihr Retinabild gelegte Ebene steht senkrecht zur Visirebene und geht durch den Mittelpunkt, Drehpunkt des Auges. Dass der Kreuzungspunkt der Lichtstrahlen oder die zu einem Punkte reducirten beiden Knotenpunkte (Listing) nicht mit dem Drehpunkte zusammenfallen, ist für die hier in Betracht kommenden Verhältnisse gleichgültig. Ich werde später darauf zurückkommen. Da nun in unserem Falle die Visirebene  $ACH$  zugleich die  $X^1F^1$  Ebene ist, so ist die  $X^1Z^1$  Ebene die ebengenannte Ebene, in welcher die Objectlinie und ihr Retinabild gelegen sind. In der Figur ist die Ebene  $AEF$  für unsern Fall die  $X^1Z^1$  Ebene, und der grösste Kreis  $EF$  würde in seiner Verlängerung auf den hintern Umfang der Kugel das Retinabild jener Linie enthalten.

Ganz dasselbe, was für das linke Auge gilt, wird

auch für das rechte bei binocularem Sehen gelten, und die beiden Retinabilder der zur Visirebene senkrechten Linie werden in den beiden  $X^1Z^1$  Ebenen der beiden Augen gelegen sein. In dieser Ebene ist nun aber auch das Retinabild einer Linie gelegen, welche für die Primärstellung des Auges senkrecht zur Visirebene im fixirten Punkte steht. In der primären Richtung der Sehaxe,  $AB$ , ist die Ebene  $ABC$  oder die zusammenfallenden  $XY$  Ebenen beider Coordinatensysteme die Visirebene, und das Retinabild einer zu dieser Ebene in der Verlängerung von  $AB$  senkrechten Linie wird in dem grössten Kreise  $BD$ , in den zusammenfallenden  $XZ$  Ebenen beider Coordinatensysteme gelegen sein. Folglich wird in unserm Falle das Object in beiden Augenstellungen, in der primären, wie in der zweiten,  $AE$ , ein und dieselben Punkte der Retina erregen, wenn, wie wir voraussetzen, die Linie im Sehfelde für beide Augenstellungen in gleichen Verhältnissen zum Auge, im fixirten Punkte senkrecht zur Visirebene, steht. Da nun dasselbe auch für das zweite Auge stattfinden würde, so herrschen also zwischen den Doppelbildern jener Linie in der zweiten Augenstellung ganz dieselben räumlichen Relationen, welche in der Primärstellung vorhanden sind; d. h. lagen die beiden Retinabilder in der Primärstellung auf lauter je zwei identischen Punkten, deckten sich demnach die Doppelbilder in der Raumanschauung oder wurde die Linie einfach gesehen, so wird sie auch in der supponirten zweiten Augenstellung einfach gesehen werden; lagen in der Primärstellung in den beiden die Bilder enthaltenden grössten Kreisen ausser den beiden Mittelpunkten der Netzhäute keine identische Stellen, so dass die Doppelbilder sich nicht deckten, sondern vom fixirten Punkte aus unter einem gewissen Winkel divergiren, so werden sie auch in der zweiten Augenstellung divergiren, und zwar unter dem-

selben Winkel. Es würde bei der supponirten Lage des Auges bei der zweiten Richtung der Sehaxe keine Disorientirung des Auges in Bezug auf das gemeinschaftliche Sehfeld beider Augen, oder in Bezug auf binoculares Sehen stattfinden, was wir auch so ausdrücken können, es würde in Bezug auf binoculares Sehen keine auf die optische Axe projectirte Drehung stattfinden. — Was so eben in Bezug auf eine Linie im Sehfelde abgeleitet wurde, muss unmittelbar auf das ganze Sehfeld übertragen werden: alle Punkte, welche im primären Sehfelde einfach gesehen werden, würden auch im Sehfelde der zweiten Stellung einfach gesehen (d. h. Objectpunkte, welche gleiche räumliche Relationen in den beiden Sehfeldern haben), und ebenso würden sich auch alle doppelt gesehenen Punkte ganz gleich verhalten in beiden Sehfeldern. Es ist dies die ganz besondere physiologische Eigenschaft der in Betracht gezogenen Augenstellung, auf welche ich oben hingedeutet habe, welche bei keiner der unendlich vielen übrigen möglichen Lagen der beweglichen Z<sup>1</sup>Axe in der zweiten Augenstellung vorhanden ist.

Das Auge darf aber nicht ausschliesslich in seiner Beziehung zum Sehorgan betrachtet werden, nicht bloss als dessen peripherischer, Reiz empfangender und erregbarer Apparat; sondern dasselbe verdient auch lediglich für sich genommen, bloss als Körpertheil im Verhältniss zu den benachbarten und mit ihm in Verbindung stehenden Theilen berücksichtigt zu werden, als Augapfel mit dem Stiel, dem Sehnerven, von der Conjunctiva bekleidet u. s. w. Um die Consequenzen, welche in dieser Beziehung die supponirte Augenstellung haben wird, abzuleiten, braucht nur die Lagenveränderung irgend eines Punktes der Iris z. B. verfolgt zu werden. Ein Punkt derselben, welcher in der Primärstellung grade senkrecht über der Mitte der Pu-

pille gelegen ist, mag z. B. durch den Punkt  $H$  in Fig. 2. repräsentirt sein. Dieser Punkt liegt in der  $X^1Z^1$  Ebene des beweglichen Coordinatensystems, welches in der Primärstellung mit dem im Raume festen zusammenfällt. Da nun in der zweiten Augenstellung die bewegliche  $X^1Z^1$  Ebene die Lage der Ebene  $AEF$  hat, jener Punkt der Iris also nun in dem Kreise  $EF$  gelegen ist, welcher zwar senkrecht zur Visirebene, aber nicht senkrecht zur Ebene  $ACB$  steht, so wird einem wiederum grade vor der Pupille stehenden Beobachter jetzt jener Punkt nicht mehr senkrecht über deren Mitte, d. i.  $E$ , erscheinen, sondern diejenigen Punkte werden nun senkrecht über der Pupillenmitte liegen, welche in dem Kreisbogen  $DE$  enthalten sind, da die Ebene  $AEK$  ( $EK$  ist die Verlängerung von  $ED$ ) senkrecht zu der Ebene  $ACB$  steht. Es wird somit der ins Auge gefasste Punkt der Iris und mit ihm das ganze Auge nach der vollführten Drehung eine Drehung um die Sehaxe selbst erlitten zu haben scheinen, wenn der Beobachter wiederum grade so vor dem Auge steht, wie während der Primärstellung, und zwar eine Drehung von der Grösse des Winkels, welchen die beiden Ebenen  $AFE$  und  $ADE$  mit einander einschliessen, indem nämlich bei dem vorläufig sphärisch vorausgesetzten Auge dieser Flächenwinkel gemessen wird durch den von zwei grössten Kreisen ( $FE$  und  $DE$ ) eingeschlossenen Winkel  $n$ . — In der jetzt in Betracht gezogenen Rücksicht hat also das Auge eine auf die optische Axe projicirte Drehung von der Grösse des Winkels  $n$  erlitten.

Alle Theile nun, welche mit dem Augapfel fest verbunden sind, werden an dieser Drehung Theil genommen haben. Der Sehnerv ist mit dem einen Ende fest dem Augapfel verbunden, während das andere Ende als unbeweglich im Foramen opticum zu betrachten ist. In unserm supponirten Falle würde die Insertion des

Opticus am Auge eine Drehung um den Winkel  $n$  erlitten haben, beschrieben mit einem Radius, der der Entfernung des gelben Fleckes oder dessen Mittelpunktes vom Centrum des Mariotte'schen Fleckes gleich ist. Diese Drehung der Insertion wird sich als Torsion des mittleren in der Orbita verlaufenden Theiles den Sehnerven herausstellen, und von der sogleich zu besprechenden Grösse des Winkels  $n$  hängt es ab, wie gross diese Torsion sein würde, die, bei der geringen Länge des Drehungs-Radius leicht sehr erheblich werden kann. Die Conjunctiva ferner ist mit der Cornea und einem Theile der übrigen Bulbusoberfläche ganz genau und nicht verschiebbar verbunden; nach der Peripherie zu wird die Verbindung allmählich lockerer, bis sich die Haut ganz vom Bulbus abhebt, um die Augenlider zu bekleiden. Der mit dem Bulbus vereinigte Theil der Bindehaut wird an jener Drehung des Auges Theil nehmen, und in Folge dessen wird der zu den Lidern übergespannte Theil ebenfalls eine Torsion erleiden. Auch die Muskelinsertionen würden eine Lagenveränderung zu erleiden haben, die bei einigermassen excursiven Drehungen, bei denen der Winkel  $n$  eine beträchtliche Grösse erlangt, wie jene Torsionen sehr erheblich werden würde.

Es sind also die Consequenzen, welche die supponirte Augenstellung hat, sehr verschieden nach den beiden hauptsächlichsten Beziehungen, in welchen das Auge betrachtet werden muss, und wir wollen sogleich versuchen, einfache und symmetrische Ausdrücke für die beiden Beziehungen zu gewinnen; vorher aber muss kurz die Grösse des Winkels  $n$  abgeleitet werden, theils weil dieselbe zur näheren Beurtheilung des eben Erörterten dienen kann, theils aber, weil dieser Winkel im weiteren Verlauf noch von Wichtigkeit sein wird,



und eine unter allen Umständen vorhandene und für die Untersuchung nothwendige Constante bildet.

In dem sphärischen Dreiecke  $FDE$  ist, wenn der Winkel  $EFD$  mit  $F$  bezeichnet wird

$$\cot n \sin F + \cos F \cos FE = \cot FD \sin FE$$

daher

$$\cot n = \frac{\cot FD \sin FE - \cos F \cos FE}{\sin F}$$

Da nun  $FE = 90^\circ$ , mithin  $\sin FE = 1$ ,  $\cos FE = 0$  ist, so ist

$$\cot n = \frac{\cot FD}{\sin F}$$

Der Bogen  $FD$  ist gleich dem Bogen  $BH$ , und dieser, oder der Winkel  $d$ , ist der Winkel, um welchen die Visirebene ( $ACH$ ) gegen die  $XY$ Ebene des festen Coordinatensystems geneigt ist, welcher also bei jeder Augenstellung unmittelbar gemessen werden kann. Dieser Winkel ist auf der Kugeloberfläche mit  $d$  bezeichnet. Der Winkel  $F$  ist gleich dem Winkel  $EAH$ , d. i. der Winkel, um welchen jede der beiden Sehaxen bei binocularem Sehen in der Visirebene von der primären parallelen Richtung abweicht, mit anderen Worten, die Hälfte des Winkels, unter welchem die Sehaxen convergiren, der mit  $2r$  bezeichnet werden soll, und der ebenfalls bei jeder Augenstellung unmittelbar beobachtet werden kann, sofern die Tangente von  $r$  gleich ist dem Verhältniss der halben Grundlinie (3 Cm. etwa) zu der Entfernung des fixirten Punktes von der Mitte der Grundlinie. Es ist also der Winkel  $n$ , wie zu erwarten war, Function der beiden Winkel, welche ich früher als Neigungs- und Convergenzwinkel der Sehaxe bezeichnet habe, aus denen sich jede zweite Richtung der Sehaxe zusammensetzt, nämlich  $\cos n = \frac{\cot d}{\sin r}$ .

Es tritt bei der angewendeten Art der Ableitung das Vorzeichen des Winkels  $n$  oder die Richtung der

auf die optische Axe projecirten Drehungen nicht auf; es wäre dazu eine andere, aber weniger einfache Ableitung nothwendig gewesen. Aber es ist leicht ersichtlich, dass die auf die optische Axe projecirte Drehung dann auf die negative Halbaxe derselben bezogen werden muss, wenn, wie in dem gezeichneten Falle, die zweite Augenstellung durch die successiven Drehungen um die negative Halbaxe der  $y'$  und um die positive Halbaxe der  $z'$  oder (unterhalb der Primärstellung) wenn sie durch successive Drehungen um die positive Halbaxe der  $y'$  und um die negative Halbaxe der  $z'$  erreicht wurde; dass jene Drehung auf die positive Halbaxe der  $x'$  bezogen werden muss, wenn die zweite Stellung durch successive Drehungen um die beiden positiven oder um die beiden negativen Halbaxen der  $y'$  und  $z'$  erreicht wird. Dies heisst, dass, wenn die Sehaxe oberhalb der Primärstellung nach Innen, und wenn sie unterhalb der Primärstellung nach Aussen gerichtet ist, der Winkel  $n$  (welcher, wie gesagt, ein constantes Moment bleiben wird) auf die negative Halbaxe der Sehaxe zu beziehen ist; auf die positive Halbaxe dagegen, wenn die Sehaxe oberhalb der Primärstellung nach Aussen, und wenn sie unterhalb derselben nach Innen gerichtet ist.

Die Beziehung des Auges, für welche und in welcher der Winkel  $n$  nach Grösse und Vorzeichen, wie eben besprochen, vorhanden ist, in welcher nicht die Ebene  $AFE$ , sondern die Ebene  $ADE$  die verticale Norm ist, auf die sich die durch den Winkel  $n$  repräsentirte Drehung bezieht, kann kurz in der Weise ausgedrückt werden, dass man das Auge in Bezug auf das ihm allein angehörige, nicht beiden Augen gemeinschaftliche, Sehfeld betrachtet. Denken wir das in der Figur gezeichnete linke Auge allein thätig, das andere geschlossen, so wird eine Linie, welche diesem einen Auge senkrecht erscheinen soll, nicht in oder parallel der

Ebene *AFE* gelegen sein dürfen, sondern in oder parallel der Ebene *ADE*. Nun haben zwar die Identitätsverhältnisse der Netzhauptpunkte durchaus keine Bedeutung bei monocularem Sehen, und es wird sich daher, mag die Lage des Auges sein, welche sie wolle, mag der Winkel  $n$  so gross sein, wie er wolle, in dem Sehfeld des einen Auges Nichts von der Lage des Auges bei der zweiten Richtung der Sehaxe offenbaren, und in so fern bedarf es einer Erklärung und einer Entschuldigung für die Bezeichnung, mit welcher jedoch kurz und symmetrisch das ausgedrückt werden mag, was eben hinsichtlich der mit dem Auge in Verbindung stehenden Theile, Sehnerv, Conjunctiva, auseinandergesetzt wurde, wenn wir sagen, das Auge hat in der supponirten Lage in Bezug auf das ihm allein angehörige, auf sein eignes Sehfeld eine auf die optische Axe projecirte Drehung von Grösse und Richtung des Winkels  $n$  erlitten, während es in Bezug auf das gemeinschaftliche Sehfeld beider Augen, in Bezug auf binoculares Sehen, keine auf die optische Axe projecirte Drehung erlitten hat.

Es unterliegt nun gar keinem Zweifel, dass die Lage des Auges, welche für die zweite Richtung der Sehaxe bisher vorausgesetzt wurde, durch eine Eigenschaft vor allen übrigen ausgezeichnet ist, und dass sie in Bezug auf binoculares Sehen die vortheilhafteste und, wenn der Ausdruck gestattet ist, zweckmässigste sein würde. Ich habe früher nachgewiesen, dass ein flächenartiger Horopter nur in der Primärstellung und in den Secundärstellungen des Auges existirt, und dass in allen Tertiärstellungen, wie die aus zwei Secundärstellungen, Neigung und Convergenz, zusammengesetzten Augenstellungen genannt wurden, und wie z. B. die in der Figur gezeichnete Richtung der Sehaxe *AE* eine solche ist, keine Horopterfläche, sondern nur eine mittlere Ho-

ropterlinie vorhanden ist. In der bisher vorausgesetzten Lage des Auges würde auch in der Tertiärstellung ein flächenartiger Horopter vorhanden sein, wie das oben bereits erörtert wurde, und zwar ausschliesslich nur bei dieser einzigen Lage des Auges, in welcher die  $Z^1$ Axe in der  $XZ$  Ebene des festen Coordinatensystems liegt; und das kann immerhin als das vortheilhafteste Verhältniss, welches überhaupt stattfinden könnte, bezeichnet werden. Unvermeidlich aber würde mit diesem Vorzuge der Nachtheil verbunden sein, welcher aus dem Winkel  $n$  für die mit dem Auge verbundenen Theile resultirt. Alle physiologischen Beziehungen (mit Ausnahme derjenigen hinsichtlich der Wirkung der Augenmuskeln), welche bei einer Augenstellung überhaupt in Betracht kommen können, sind in den beiden erörterten, binoculares und monoculares Sehfeld, erschöpft, und es würde vor der Hand auf die immerhin erlaubte Frage, weshalb die Tertiärstellungen nicht von der besprochenen, für binoculares Sehen vortheilhaftesten Art sind, nur die Antwort gegeben werden können, dass die durch den Winkel  $n$  bedingten Torsionen der mit dem Auge verbundenen Theile wohl zu beträchtlich für die Integrität dieser Theile gewesen sein würden. Aber diese Antwort dürfte besonders angesichts der wirklich stattfindenden Verhältnisse, wie sie unten betrachtet werden sollen, nicht genügend sein, und es ist nothwendig zur Beurtheilung nach allen Seiten und zur vollständigen Analyse der in Frage gestellten Verhältnisse auch das zu erwägen, was von Seiten der Mechanik vorausgesetzt werden müsste, welche Bedingungen hier erfüllt sein müssten, wenn die Lagen des Auges jenen physiologischen Anforderungen entsprechen sollten. Sollte nämlich der bedeutende Vorzug der betrachteten Lage des Auges dem Sehorgan zugewendet sein, so musste es als unbedingt nothwendig gefordert werden, dass

das Auge die Bedingungen dazu nicht nur bei einer oder der anderen tertiären Richtung der Sehaxe erfüllt, sondern in allen, so dass also aus den erörterten Eigenthümlichkeiten ein Princip, wonach das Auge gedreht wurde, hätte gemacht werden müssen. Geometrisch nun war jene Stellung dadurch characterisirt, dass die  $Z^1$ Axe des beweglichen Coordinatensystems in der  $XZ$  Ebene des festen Systems lag. Wird dies zu einem Princip gemacht, so soll die  $Z^1$ Axe stets, in jeder Stellung des Auges, in der  $XZ$  Ebene liegen.

Man sieht nun sogleich, dass es gewisse Drehungen des Auges giebt, oder wenigstens geben kann, bei welchen ohne Weiteres dieses Prinzip eingehalten wird. Wenn nämlich die  $Z$  Axe und die  $Y$  Axe des festen Coordinatensystems ( $AD$  und  $AC$ ) Drehungsaxen des Auges sein können, wenn die Sehaxe sowohl in der  $XY$  Ebene wie in der  $XZ$  Ebene des festen Coordinatensystems aus der Primärstellung herumgeführt werden kann, wenn diese Drehungen einbegriffen sind in dem Gesetze, welches wir suchen, so ist bei diesen beiden Arten von Drehungen, mag das Gesetz übrigens sein, welches es wolle, das bisher supponirte Gesetz ebenfalls eingehalten, so fern die in der Primärstellung mit der festen  $Z$  Axe zusammenfallende  $Z^1$ Axe in Ruhe bleibt, wenn die  $Z$  Axe selbst Drehungsaxe ist, und in der  $XZ$  Ebene sich bewegt, wenn die feste  $Y$  Axe Drehungsaxe ist. Giebt es solche Drehungen, so giebt es auch zwei Arten von Augenstellungen, bei welchen dieselben Verhältnisse in Bezug auf binoculares Sehen stattfinden, wie in der Primärstellung, bei welchen der Horopter dieselbe Ausdehnung hat, wie in der Primärstellung. Ich habe nun früher nachgewiesen, dass es allerdings solche Augenstellungen giebt, es sind dies nämlich die sogenannten Secundärstellungen, zwei Arten derselben, bei deren einer die Sehaxe die primäre

Neigung von  $45^\circ$  unter den Horizont hat, aber jeden beliebigen Convergenzwinkel haben kann, bei deren anderer die Sehaxe jede beliebige Neigung haben kann, aber stets den primären Parallelismus mit der anderen Sehaxe wahren muss, stets rechtwinklig zur Grundlinie stehen muss. Somit giebt es also auch die eben geforderten Drehungen des Auges, einerseits um die  $Z$  Axe, andererseits um die  $Y$  Axe des im Raume festen Coordinatensystems; denn die eine der beiden diesen Axen zugehörigen Drehungsebenen der  $X^1$  Axe oder Sehaxe ist die  $XY$  Ebene des festen Systems, welche mit der primären Neigung der Visirebene identisch ist, und die andere Drehungsebene der Sehaxe ist die  $XZ$  Ebene des festen Systems, welche der Annahme gemäss rechtwinklig zur Grundlinie (identisch mit der  $Y$  Axe) steht. Somit haben wir also beiläufig zwei Drehungsaxen, um welche das Auge wirklich gedreht wird, gefunden in der  $Z$  und  $Y$  Axe unseres festen Coordinatensystems, und dieses ist, wie sich später herausstellen wird, ein sehr wichtiger Umstand.

Sollte nun aber jenes Princip auch in allen übrigen Stellungen des Auges, ausser der Primärstellung und den Secundärstellungen, in allen Tertiärstellungen eingehalten sein, so musste die bewegliche  $Z^1$  Axe z. B. auch während der ganzen Drehung der Sehaxe aus der Primärstellung in die Richtung  $AE$  in der  $XZ$  Ebene des festen Coordinatensystems bleiben, d. h. es musste, während der Punkt  $B$  sich nach  $E$  bewegte, der Punkt  $D$  den Theil  $FD$  des in der  $XZ$  Ebene gelegenen grössten Kreises beschreiben. Wenn aber die Drehung der Kugel, durch welche der Endpunkt der  $Z^1$  Axe einen grössten Kreis in der  $XZ$  Ebene beschreibt, eine continuirliche Drehung um eine feste Axe sein soll, so kann durch dieselbe der Endpunkt der  $X^1$  Axe auch nur gleichfalls in diesem grössten Kreise herumgeführt werden,

und zwar beide Punkte um gleiche Winkel; für den Weg  $FD$  des Endpunktes der  $Z^1$ Axe kann die feste, in jedem Augenblicke der Bewegung dieselbe bleibende Drehungsaxe nur die  $Y$ Axe selbst sein. Da aber während dieser Bewegung der  $Z^1$ Axe von  $AD$  nach  $AF$  in der  $XZ$  Ebene, die  $X^1$ Axe von  $AB$  nach  $AE$  geführt werden soll, so kann diese Drehung der Kugel nicht um eine feste Drehungsaxe geschehen, welche während der ganzen Dauer der Bewegung eine und dieselbe Lage behält. Die Drehungsaxe, auf welche sich der Euler'sche Satz bezieht, um welche die Kugel so gedreht werden kann, dass  $AB$  nach  $AE$  und  $AD$  nach  $AF$  gelangt, erfüllt zwar in diesem einen Augenblicke die geforderte Bedingung, aber auch ausschliesslich nur bei dieser einen bestimmten Drehungsamplitude, in keinem anderen Augenblicke der um sie stattfindenden Drehung. Der hier gestellten Forderung aber, dass in jedem Augenblicke der Drehung jene Bedingung erfüllt sein soll, kann überhaupt nicht durch eine continuirliche Drehung um eine feste Axe entsprochen werden, sondern in jedem Augenblicke der Drehung muss die Drehungsaxe eine andere sein, oder die augenblickliche Drehungsaxe ändert in jedem Zeitelement ihre Lage im Raume und in der Kugel. Obwohl dieses schon hinlänglich aus dem eben Erörterten hervorgeht, so mag doch hier noch eine Art des Beweises Platz finden, welche auch in anderer Beziehung von Nutzen sein wird.

Statt weniger einfacher Erörterungen kann hier ein Beweis dafür genügen, dass es für eine jede feste Drehungsaxe in der Kugel, welche nicht mit der  $Y$  Axe oder  $Z$  Axe selbst zusammenfällt, nur eine Drehungsamplitude zwischen  $0$  und  $180^\circ$  giebt, welche die Bedingung erfüllt, dass die  $Z^1$ Axe in der  $XZ$  Ebene des festen Coordinatensystems liegt, an welche ja alle oben besprochenen Consequenzen geknüpft sind.

Wenn in Fig. 1.  $O$  wiederum den Endpunkt der Drehungsaxe bedeutet, um welche die Kugel so gedreht werden kann, dass gleichzeitig der Punkt  $B$  nach  $E$ , der Punkt  $D$  nach  $F$  gelangt, so ist der in den beiden sphärischen Dreiecken  $OBE$  und  $ODF$  mit  $\varphi$  bezeichnete Winkel die Drehungsamplitude für jene zweite Lage der Kugel. Es wird nun noch die Annahme gemacht,  $AB$  ist die  $X^1$ Axe und  $AD$  die  $Z^1$ Axe eines in der Kugel festen, mit ihr beweglichen Coordinatensystems, wie in der bisherigen Betrachtung also für die Fig. 2.

Nun ist in dem sphärischen Dreiecke  $OBE$

$$\cos BE = \cos BO \cos EO + \sin BO \sin EO \cos \varphi.$$

Da die beiden Seiten  $BO$  und  $EO$  gleich sind, so ist

$$\cos BE = \cos BO^2 + \sin BO^2 \cos \varphi.$$

$BO$  aber ist nun offenbar Nichts Anderes, als der Winkel, welchen die Drehungsaxe ( $AO$ ) mit der  $X^1$ Axe ( $AB$ ) sowohl in ihrer primären, wie in ihrer zweiten Richtung einschliesst; an der Stelle der primären Richtung des beweglichen Coordinatensystems denken wir auch hier ein im Raume festes, und so ist denn  $BO$  der Winkel, den die Drehungsaxe mit der festen und beweglichen  $X$ Axe einschliesst. Bezeichnen wir nun die drei Winkel, durch welche überhaupt die Lage der Drehungsaxe im festen wie im beweglichen Coordinatensystem bestimmt ist, die ja für beide dieselben sein müssen, der Reihe nach mit  $a$ ,  $b$ ,  $c$ : so ist also

$$\cos BO = \cos a.$$

$BE$  aber ist der Winkel, welchen die bewegliche  $X^1$ Axe mit der festen  $X$ Axe einschliesst, einer der neun Winkel, welche die Lage eines zweiten Coordinatensystems bestimmen, welcher mit  $\alpha$  bezeichnet werden mag; dann ist also:

$$\cos \alpha = \cos a^2 + \sin a^2 \cos \varphi.$$

Wenn nun ganz analog in dem sphärischem Dreiecke  $ODF$  ( $AD$  und  $AF$  bedeuten die  $Z$  und  $Z^1$ Axe)  $DF$



mit  $\gamma''$ \*) bezeichnet wird, als der Winkel, welchen die bewegliche  $Z^1$ Axe mit der festen  $Z$ Axe einschliesst, und  $OD = OF$  mit  $c$ , wie schon angegeben, so ist:

$$\cos \gamma'' = \cos c^2 + \sin c^2 \cos \varphi.$$

Eine dritte analoge Gleichung wird erhalten für  $\beta''$ ), wenn damit der Winkel bezeichnet wird, welchen die bewegliche  $F^1$ Axe mit der festen  $F$ Axe einschliesst, nämlich:

$$\cos \beta'' = \cos b^2 + \sin b^2 \cos \varphi.$$

Aus diesen drei Gleichungen erhält man

$$\frac{\cos \alpha - \cos a^2}{\sin a^2} = \frac{\cos \beta'' - \cos b^2}{\sin b^2} = \frac{\cos \gamma'' - \cos c^2}{\sin c^2} = \cos \varphi. \quad (1)$$

Werden die Zähler und Nenner dieser drei unter sich gleichen Verhältnisse addirt, so ist das Verhältniss der beiden Summen gleich jedem einzelnen Verhältniss, daher

$$\frac{\cos \alpha + \cos \beta'' + \cos \gamma'' - 1}{2} = \cos \varphi.$$

Die Winkel  $\alpha$ ,  $\beta''$ ,  $\gamma''$ , sind von den neun Winkeln, welche die Lage des beweglichen Coordinatensystems zu dem festen bestimmen, die drei unabhängig veränderlichen Winkel, und diese allein bestimmen also mit jener Gleichung den Winkel  $\varphi$ , die Drehungsamplitude, den Winkel um welchen eine Drehung stattfand, um das bewegliche Coordinatensystem aus der primären Lage in die durch  $\alpha$ ,  $\beta''$ ,  $\gamma''$  bestimmte zweite Lage zu bringen. Dieser Winkel  $\varphi$  ist also, wie zu erwarten

---

\*) Die Accente sind diesen Winkelbezeichnungen der Symmetrie halber beigelegt, weil  $\alpha$ ,  $\gamma''$  und  $\beta''$  drei unabhängig veränderliche von den neun mit  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta'$ ,  $\gamma'$  etc. gewöhnlich bezeichneten Winkeln sind. Die übrigen sechs Winkel werden unten in Betracht kommen.

war, ganz unabhängig von der Lage der Drehungsaxe, oder von den drei Winkeln  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , welche vielmehr selbst in unten zu besprechender Weise abhängig sind von den übrigen sechs jener neun Winkel  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  etc. Diese Unabhängigkeit des Winkels  $\varphi$  von den Winkeln  $a$ ,  $b$ ,  $c$  heisst Nichts weiter, als dass um jede Drehungsaxe einer Kugel eine Drehung von  $360^\circ$  stattfinden kann, oder dass jede Drehungsamplitude möglich ist. Wenden wir nun die eben erhaltenen ganz allgemein gültigen Gleichungen auf den am Auge vorliegenden Fall an, so ist der Theil eines grössten Kreises, welcher die Punkte  $B$  und  $E$  in Fig. 2 verbindet, der Winkel  $\alpha$ . Da die Ebene  $ACH$ , wie wir oben sahen, die bewegliche  $X^1Y^1$  Ebene ist, so ist der Winkel  $\beta'$ , derjenige nämlich, welchen die (in der Figur nicht gezeichnete)  $F^1$  Axe mit der  $F$  Axe ( $AC$ ) einschliesst, offenbar der Winkel, welcher den Winkel  $CAE$  zu  $90^\circ$  ergänzt, mithin  $\beta' = EAH$ . Der Winkel  $\gamma''$ , welchen die  $Z^1$  Axe mit der  $Z$  Axe einschliesst, ist der Winkel  $DAF$ , und dieser ist gleich dem mit  $d$  bezeichneten Winkel  $HAB$ . Da nun in dem rechtwinkligen sphärischen Dreiecke  $EHB$

$$\cos EB = \cos EH \cos d$$

ist, so ist also

$$\cos \alpha = \cos \beta' \cos \gamma''.$$

In unserem Falle also sind die drei Winkel  $\alpha$ ,  $\beta'$ ,  $\gamma''$  nicht drei unabhängig veränderliche Winkel, sondern der Cosinus des einen ist das Product aus dem Cosinus der beiden anderen. Setzen wir nun den Werth

$\frac{\cos \alpha}{\cos \gamma''}$  für  $\cos \beta'$  in die Doppelgleichung [1] (S. 39), so ist

$$\frac{\cos \alpha - \cos a^2}{\sin a^2} = \frac{\frac{\cos \alpha}{\cos \gamma''} - \cos b^2}{\sin b^2} = \frac{\cos \gamma'' - \cos c^2}{\sin c^2} = \cos \varphi'$$

wenn mit  $\varphi'$  die Drehungsamplitude für den speciellen vorliegenden Fall bezeichnet wird.

Aus dem zweiten Verhältniss erhält man:

$$\frac{\cos \alpha}{\cos \gamma''} = \cos \varphi' \sin b^2 + \cos b^2.$$

Reducirt man die beiden anderen Verhältnisse auf  $\cos \alpha$  und resp.  $\cos \gamma''$  und dividirt dann, so wird

$$\frac{\cos \alpha}{\cos \gamma''} = \frac{\cos \varphi' \sin a^2 + \cos a^2}{\cos \varphi' \sin c^2 + \cos c^2}.$$

Mithin ist

$$\cos \varphi' \sin b^2 + \cos b^2 = \frac{\cos \varphi' \sin a^2 + \cos a^2}{\cos \varphi' \sin c^2 + \cos c^2}$$

Wird mit dem Nenner des Ausdrucks rechterseits multiplicirt und  $\cos \varphi' - 1 = \psi$  gesetzt, so ist

$$\psi^2 \sin b^2 \sin c^2 + \psi (\sin b^2 + \sin c^2) + 1 = \psi \sin a^2 + 1$$

oder

$$\psi \sin b^2 \sin c^2 + \sin b^2 + \sin c^2 = \sin a^2.$$

Da nun die Summe der Quadrate der drei Sinus = 2 ist, so ist

$$\psi \sin b^2 \sin c^2 = 2 (\sin a^2 - 1),$$

mithin

$$\cos \varphi' - 1 = 2 \left( \frac{\sin a^2 - 1}{\sin b^2 \sin c^2} \right)$$

$$\cos \varphi' = 1 + 2 \left( \frac{\sin a^2 - 1}{\sin b^2 \sin c^2} \right)$$

In diesem Ausdruck ist der eingeklammerte Werth negativ, so lange der Winkel  $a$ , d. i. der Winkel, welchen die Drehungsaxe mit der  $X$  und  $X^1$  Axe einschliesst, kleiner als  $90^\circ$  ist. Es ist also bei einer gegebenen Drehungsaxe, bestimmt durch die drei Winkel  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , diejenige Drehungsamplitude, welche der gestellten Bedingung (die  $Z^1$  Axe in der  $XZ$  Ebene) genügt, eine ganz bestimmte, die, deren Cosinus gleich dem eben abgeleiteten Ausdruck, einer Funktion der drei Winkel  $a$ ,

*b, c* ist.— Ich will noch hervorheben, dass, wenn der Winkel  $\alpha = 90^\circ$  und  $\sin \alpha^2 - 1 = 0$  wird, eine jene Bedingung erfüllende Drehungsamplitude gar nicht existirt, da dann  $\cos \varphi' = 1$  wird, und also nur dann, wenn  $\varphi' = 0$  ist, d. h. wenn das bewegliche Coordinatensystem sich in der Primärstellung befindet, die Bedingung erfüllt ist. Wenn nämlich  $\alpha = 90^\circ$  ist, so liegt die Drehungsaxe in der *YZ*Ebene (die Coordinatenaxen selbst haben wir ausgeschlossen), und dann giebt es ausser der Primärstellung, in welcher die *Z*<sup>1</sup>Axe mit der *Z*Axe zusammenfällt, keine Drehungsamplitude, in welcher die *Z*<sup>1</sup>Axe nicht ausserhalb der *XZ*Ebene läge. Dieses Ergebniss wird später wieder in Betracht kommen. Die Fälle, in welchen eine der Coordinatenaxen selbst die Drehungsaxe ist, sind in jener Gleichung nicht enthalten, nur wenn  $\sin \alpha = 0$  ist, die *X*Axe also die Drehungsaxe ist, ergibt sich für  $\varphi' = 180^\circ$ , d. h. die *Z*<sup>1</sup>Axe liegt in der Primärstellung und nach  $180^\circ$  Drehung um die *X*Axe in der *XZ*Ebene; die beiden anderen Fälle, wenn die *Z* oder *Y*Axe Drehungsaxe ist, bedürfen keiner Erörterung, es versteht sich von selbst, dass dann die *Z*<sup>1</sup>Axe stets in der *XZ*Ebene gelegen ist.

Gehen wir zurück zu den mechanischen Voraussetzungen, welche das verlangte Princip der Bewegung des Auges erforderte, so musste also die Drehungsaxe in jedem Augenblicke der Bewegung eine andere sein, oder die augenblickliche Drehungsaxe musste selbst sich bewegen. Von dieser Bewegung derselben können wir im Allgemeinen Folgendes aussagen: der Winkel, welcher bisher mit  $\varphi'$  bezeichnet wurde, hat bei der augenblicklichen Drehungsaxe, welche nur die für ein Zeitelement der Bewegung feste Axe vorstellt, nicht die Bedeutung als Drehungsamplitude, denn letztere ist für die augenblickliche Drehungsaxe nur ein Differential von  $\varphi'$ ; greifen wir aber irgend eine augenblickliche Drehungsaxe

von denen heraus, um welche in den einzelnen Zeitelementen die verlangte Drehung erfolgt, so bedeutet  $\varphi'$  den Winkel, welchen zwei sich im Endpunkt dieser augenblicklichen Drehungsaxe schneidende grösste Kreise einschliessen, von denen der eine diesen Endpunkt der augenblicklichen Drehungsaxe mit der primären Lage des Endpunktes z. B. der  $X^1$  Axe (Sehaxe) verbindet, der andere den Endpunkt der augenblicklichen Drehungsaxe mit der Lage des Endpunktes der  $X^2$  Axe, welche derselbe nach der unendlich kleinen Drehung um jene augenblickliche Drehungsaxe erreicht hat. Es würde hier zu weit abführen, wenn wir aus obiger Gleichung

$$\varphi' = \arccos \left( 1 + 2 \frac{\sin a^2 - 1}{\sin b^2 \sin c^2} \right)$$

die Differentialgleichung ableiten wollten, nach welcher sich die drei nicht von einander unabhängigen Grössen  $a$ ,  $b$ ,  $c$  verändern bei stetiger Zunahme des Winkels  $\varphi'$ . Die augenblickliche Drehungsaxe ist die Axe des aus den einzelnen an der Kugel zugleich wirksamen Drehungsmomenten resultirenden Moments\*), um welche sich die Kugel in irgend einem Zeitelement wirklich dreht. Im Allgemeinen wird bei einer um ihren festen Mittelpunkt drehbaren Kugel die augenblickliche Drehungsaxe überhaupt so betrachtet, dass dieselbe in jedem Zeitelement der Bewegung ihre Lage im Raume und im Körper zugleich ändert (Poincot\*\*); und zwar wird diese Bewegung der augenblicklichen Drehungsaxe dargestellt durch die Rotation eines in der Kugel gedachten Kegels, dessen Spitze im Drehpunkt, auf einem im Raume fest gedachten Kegel, dessen Spitze gleichfalls im Drehpunkt: die augenblickliche Berührungslinie dieser

\*) Von einer schon bestehenden Geschwindigkeit wird beim Auge abgesehen, wie schon oben bemerkt wurde.

\*\*\*) Poincot, Neue Theorie der Drehung der Körper. Uebersetzt von Schellbach. Berlin 1851.

beiden Kegel ist die augenblickliche Drehungsaxe. Der Radius der Grundflächen beider Kegel kann  $= 0$  werden, die Kegel also zu Linien, dann ist die augenblickliche Drehungsaxe fest im Raume und im Körper, die Kugel dreht sich um eine feste Axe. In unserem Falle nun würden die Radien der beiden Kegelgrundflächen endliche Grössen sein, auf deren Bestimmung und Verhältniss zu einander hier jedoch ebenfalls nicht eingegangen werden kann. Es genügt, aus dem Angeführten zu ersehen, dass in unserm Falle die augenblickliche Drehungsaxe sich bewegen muss, und zwar in durchaus regelmässiger, streng gesetzmässiger Weise. Die Anforderung nun, welche dadurch an die Mechanik der Augenmuskeln gestellt wird, ist die, dass das Verhältniss der augenblicklichen Winkelgeschwindigkeiten, welche in Bezug auf die festen oder beweglichen Coordinatenaxen stattfinden, oder welche den rechtwinkligen Componenten der augenblicklichen drehenden Bewegung entsprechen, in jedem Zeitelemente der Bewegung sich in bestimmter, gesetzmässiger Weise ändern muss, dass also das Verhältniss, in welchem die bei einer Drehung des Auges zugleich thätigen Muskeln wirksam sind, in jedem Augenblicke sich ändern muss, und zwar wiederum für jede Richtung, in welcher die Sehaxe bewegt werden soll, in besonderer, streng gesetzmässiger Weise. Eine Unveränderlichkeit der augenblicklichen Drehungsaxe setzt voraus, dass die augenblicklichen Winkelgeschwindigkeiten der rechtwinkligen Componenten der Drehung während der ganzen Dauer der Bewegung in einem constanten Verhältniss stehen. (Dies ist die Bedingung, auf welche in der Einleitung schon hingewiesen wurde, welche beim Auge, wie wir sehen werden, nahezu erfüllt ist, wie das auch viel eher, als das Gegentheil, von vorn herein zu erwarten ist.)

Jetzt sind wir also im Stande, eine genügendere Ant-

wort zu geben auf die Frage, weshalb die Drehungen des Auges nicht nach einem Princip erfolgen, welches unbestreitbar und erlaubter Weise als dasjenige bezeichnet werden kann, welches für binoculares Sehen oder für das Sehorgan von allen das vortheilhafteste und zweckmässigste sein würde: wir brauchen nicht anzustehen, dem einen schon besprochenen Moment, welches aus der Grösse des Winkels  $n$  für das monoculare Sehfeld resultirte, das zweite in der Mechanik begründete Moment hinzuzufügen, wonach die Realisirung jenes Princip's einen äusserst complicirten Mechanismus beim Zusammenwirken der Augenmuskeln bei jeder einzelnen Bewegung erheischen würde, wie eben besprochen wurde, eine nach den kleinsten Zeitelementen und in der manchfachsten Weise gesetzmässig veränderliche Contractionsenergie jedes Augenmuskels, die auf entsprechend veränderliche Innervationsgrössen und auf den verwickeltsten physiologischen Mechanismus gleichsam in dem Centralorgan für die Augenbewegungen zurückgeführt werden müsste.

In der Lage des Auges, welche nun nach den wichtigsten Seiten hin besprochen ist, ist eine der Gränzen enthalten, zwischen welchen die wahre Lage des Auges in Tertiärstellungen der Sehaxe gesucht werden muss: es schliesst nämlich die bewegliche  $X^1Z^1$  Ebene, bisher durch die Ebene  $AFE$  repräsentirt, mit der senkrecht zur festen  $XPE$  Ebene stehenden Ebene  $ADE$  keinenfalls einen Winkel ein, welcher grösser ist als der Winkel  $n$ , so dass die wahre Lage der  $X^1Z^1$  Ebene nicht über die Ebene  $AFE$  hinaus geneigt (in dem gezeichneten Falle nicht nach innen zu) gesucht werden kann. Dieses geht aus der folgenden Ueberlegung hervor. Es liegt, wie oben schon erörtert wurde, das Retinabild einer im fixirten Punkte senkrecht zur Visirebene stehenden Linie in dem grössten Kreise  $EF$ . Die Ver-

suche ergeben nur, wie früher mitgetheilt ist, dass dieses Retinabild in Tertiärstellungen mit der Trennungslinie identischer Netzhauthälften oder mit dem grössten Kreise, in welchem das entsprechende Retinabild jener Linie in der Primärstellung enthalten ist, einen Winkel einschliesst. Dieser Winkel, von dessen Grösse noch ganz abstrahirt werden kann, ist von der Art (in Bezug auf seine Richtung), dass z. B. bei einer Tertiärstellung, wie die in Fig. 2. gezeichnete, in welcher die Sehaxe nach oben und innen (von der Primärstellung aus gerechnet) gerichtet ist, derselbe sich darstellt als eine auf die positive Halbaxe der  $X^1$  oder der Sehaxe zu beziehende Drehung des Auges. Wenn die  $X^1Z^1$  Ebene unter einem Winkel  $\eta$  gegen die Ebene  $ADE$  geneigt wäre, welcher grösser ist als der Winkel  $n$ , wenn also das Retinabild jener Linie allerdings einen Winkel mit der verticalen Trennungslinie identischer Netzhauthälften einschliessen würde, nämlich den Winkel  $\eta - n$ , so würde dieser Winkel so gelegen sein, dass er als eine auf die negative Halbaxe der  $x'$  projecirte Drehung angesehen werden müsste. Es kann somit der Winkel  $\eta$ , d. i. der Winkel, welchen die  $X^1Z^1$  Ebene wirklich einschliesst mit der Ebene  $ADE$ , welchen wir suchen werden, nicht grösser sein, als der Winkel  $n$ ; der Winkel  $n$  selbst kann es ebenfalls nicht sein, weil dieser ja, wie wir sahen, für binoculares Sehen gar keine auf die optische Axe zu projecirende Drehung zur Folge haben würde; es kann also der Winkel  $\eta$  nur kleiner sein als der Winkel  $n$ . Wir müssen jetzt untersuchen; ob der Winkel  $\eta$  nicht  $= 0$  sein kann.

#### §. 4.

Die im vorigen Paragraphen besprochene Lage des Auges wurde zuerst erhalten dadurch, dass wir zwei successive Drehungen, und zwar zuerst eine Drehung



um die  $F^1$ Axe, dann um die  $Z^1$ Axe eintreten liessen. Um nun zu jener ersten Gränzlage, als welche sie am Schlusse des Paragraphen erkannt wurde, die zweite hinzuzufügen, vertauschen wir nur die Reihenfolge der beiden successiven Drehungen. Wird das bewegliche Coordinatensystem zuerst um die mit der festen gleichnamigen Axe zusammenfallende  $Z^1$ Axe gedreht, bis die  $X^1$ Axe die Richtung  $AK$  erhält (Fig. 2.), und geschieht dann eine Drehung um die  $F^1$ Axe, welche nun selbst eine neue Lage in der festen  $XY$  Ebene erhalten hat (welche in der Figur nicht gezeichnet ist), so wird die  $X^1$ Axe ebenfalls wiederum in die Richtung  $AE$  gelangen; aber da die  $Z^1$ Axe jetzt an der zweiten Drehung participirt hat, so wird dieselbe nun die Lage  $AG$  erhalten (in dem Octanten der negativen  $x$  und negativen  $y$ ), indem nämlich der Winkel  $DG =$  dem Winkel  $EK$  ist, und die  $X^1Z^1$ Ebene, jetzt repräsentirt durch die Ebene  $AGE$ , steht senkrecht zu der  $XY$  Ebene des festen Systems.

War nun die im vorigen Paragraphen besprochne Gränzlage dadurch geometrisch characterisirt, dass die bewegliche  $Z^1$ Axe in der festen  $XZ$  Ebene lag, so ist die jetzt blos durch Vertauschung der Reihenfolge der beiden successiven Drehungen erhaltene Lage geometrisch dadurch characterisirt, dass die feste  $Z$ Axe in der beweglichen  $X^1Z^1$ Ebene liegt. Bei Uebertragung dieser Lage des Coordinatensystems auf das Auge, wird dieselbe sich wiederum als eine ganz besondere, zumal von der zuerst betrachteten verschiedene herausstellen. Wenn man aber von gewissen Dignitäten der Axen des beweglichen Coordinatensystems abstrahirt, die, sobald durch dasselbe das Auge repräsentirt wird, von selbst in die Betrachtung eingeführt werden, wenn man den Fall rein geometrisch nimmt, so ist die jetzt erhaltene Lage der Kugel nicht wesentlich verschieden von der frü-

heren, denn sie kann auch dadurch characterisirt werden, dass jetzt die bewegliche  $F^1$  Axe in der festen  $X^1Y^1$  Ebene geblieben ist, so wie vorher die  $Z^1$  Axe in der festen  $X^1Z^1$  Ebene. Dies hervorzuheben ist deshalb von Wichtigkeit, weil nun von vorn herein erwartet werden muss, dass die mechanischen Voraussetzungen für die jetzt in Frage gestellte Lage des Auges, sobald wir dieselbe zum Princip erheben wollten, keine durchgreifenden Verschiedenheiten darbieten werden von denen, welche jenes erste Princip verlangte. Die physiologischen Consequenzen aber, bei deren Berücksichtigung natürlich ganz besonders die verschiedene Dignität der Axen des beweglichen Systems in's Gewicht fällt, werden sehr verschieden sein.

Unmittelbar an das Frühere anknüpfend ist bekannt, dass das Retinabild der im fixirten Punkte zur Visirebene senkrechten Linie in den grössten Kreis  $FE$  fällt. Da jetzt aber die Lage der beweglichen  $X^1Z^1$  Ebene durch die Ebene  $AGE$  repräsentirt ist, so liegen die Retinapunkte, welche in der Primärstellung in dem verticalen Meridiane  $DB$  lagen und das Retinabild der entsprechenden Linie enthielten, jetzt in dem grössten Kreise  $GE$ . Entsprech  $DB$  (alle Kreise werden auf die Netzhautfläche fortgesetzt gedacht) der verticalen Trennungslinie identischer Netzhauthälften in der Primärstellung, so entspricht dieser nun, in der zweiten Lage, der Kreis  $GE$ , welcher mit dem Kreise, der das Retinabild jener Linie in der zweiten Lage enthält, nämlich mit  $FE$ , den Winkel  $n$  einschliesst. Wurde in der Primärstellung jene Linie einfach gesehen, so wird die entsprechende jetzt in der zweiten Lage in vom fixirten Punkt aus divergirenden Doppelbildern erscheinen, welche mit einander über und unter dem fixirten Punkte einen Winkel von der Grösse  $= 2n$  einschliessen. Der Winkel  $n$  ist natürlich ganz derselbe, welcher schon frü-

her, damals aber in Bezug auf das monoculare Sehfeld, in Betracht kam, dessen

$$\cot n = \frac{\cot d}{\sin r}.$$

Die jetzt in Frage stehende Lage des Auges würde also für das binoculare Sehen mit einer auf die optische Axe projecirten Drehung verbunden sein, von derselben Grösse, wie sie vorher in Bezug auf die mit dem Auge in Verbindung stehenden Theile vorhanden war. Dagegen hat in dieser letzteren Hinsicht jetzt keine auf die optische Axe projecirte Drehung stattgefunden, denn die  $X^1Z^1$ Ebene steht senkrecht zu der  $XY$ Ebene des festen Coordinatensystems. Diese Lage des Auges bildet also in physiologischer Beziehung gradezu den Gegensatz zu der zuerst besprochenen; so wie letztere für binoculares Sehen die vortheilhafteste war, auf Kosten der für jedes einzelne Auge, für sich betrachtet, stattfindenden Drehung um den Winkel  $n$ , so ist erstere die vortheilhafteste Lage in dieser Beziehung, auf Kosten des binocularen Sehens, in welchem nun derselbe Winkel  $n$  sich geltend macht. Das Vorzeichen, welches der Winkel  $n$  jetzt erhalten muss, oder die Richtung, in welcher die auf die optische Axe projecirte Drehung jetzt für binoculares Sehen stattfindet, wird entgegengesetzt dem frühern sein müssen; denn für binoculares Sehen ist die Ebene  $AFE$  der Ausgangs- oder Beziehungspunkt, der Nullpunkt für diese Drehung; für das monoculare Sehfeld dagegen, wie wir die Beziehung oben bezeichnet haben, in welcher der Winkel  $n$  im vorigen Paragraphen auftrat, bildet die Ebene  $ADE$  den Ausgangs- oder Nullpunkt dieser Drehung um die optische Axe. Es muss also jetzt der Winkel  $n$  auf die positive Halbaxe der Sehaxe bezogen werden, wenn diese nach Innen und Oben, und wenn sie nach Aussen und Unten (auf die Primärstellung bezo-

gen) gerichtet ist; dagegen auf die negative Halbaxe der Sehaxe, wenn sie nach Innen und Unten und wenn sie nach Aussen und Oben gerichtet ist.

Es wurde schon angedeutet, dass die mechanischen Voraussetzungen, welche ein nach der eben betrachteten Lage des Auges formulirtes Princip erfordern würde, dass nämlich in allen Stellungen die bewegliche  $X^1Z^1$ Ebene so gelegen sei, dass sie die feste  $Z$ Axis enthält, ganz ähnlich denen sind, welche für das zuerst betrachtete Princip gefunden wurden. Wir müssen sie aber doch etwas näher ins Auge fassen, zumal da es auf den ersten Blick wohl so scheinen könnte, als ob wir schon das wirkliche Gesetz, wonach sich das Auge dreht, gefunden hätten, sofern meine früheren Versuche ergaben, dass ein solcher Winkel, wie der Winkel  $\alpha$ , für's binoculare Sehen in den Tertiärstellungen existirt, und auch die Abwesenheit einer Drehung um die optische Axis in Bezug auf die mit dem Auge verbundenen Theile der gewöhnlichen Annahme zu entsprechen scheint.

Auch bei dem jetzt zu besprechenden Princip giebt es für jede Drehungsaxe nur eine bestimmte Drehungsamplitude  $\varphi''$ , in welcher jene Bedingung erfüllt ist, und zwar ist dieses  $\varphi''$  durch ganz dieselbe Gleichung von den drei Winkeln  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , welche die Lage der Drehungsaxe bestimmen, abhängig, weil zwischen diesen drei sonst unabhängig veränderlichen Winkel  $\alpha$ ,  $\beta'$ ,  $\gamma''$  (vergl. oben) dieselbe Beziehung stattfindet, wie früher.

Es ist nämlich wiederum der Winkel, welchen die  $X^1$ Axis mit der  $X$ Axis einschliesst,

$$a = EAB \text{ oder } EB.$$

$\beta' = KAB$  oder  $KB$ , denn die  $Y^1$ Axis liegt in der  $XY$ Ebene und schliesst mit der  $Y$ Axis den

Winkel ein, welcher den Winkel  $CAK$ , den die Projection der  $X^1$ Axe ( $AK$ ) mit der  $Y$ Axe einschliesst, zu  $90^\circ$  ergänzt. — Endlich ist der Winkel

$$\gamma' = GAD = EAK = EK.$$

Da nun in dem rechtwinkligen sphärischen Dreiecke  $EKB$

$$\cos EB = \cos KB \cos EK \text{ ist,}$$

so ist also

$$\cos \alpha = \cos \beta' \cos \gamma',$$

dieselbe Beziehung, welche wir oben hatten.

Es findet daher auch wiederum zwischen der Drehungsamplitude, welche der in Rede stehenden Bedingung genügt, welche, nur auf eine andere Axe bezogen ( $Y^1$ Axe), ganz dieselbe ist, wie früher, die Beziehung statt:

$$\cos \varphi'' = 1 + 2 \left( \frac{\sin a^2 - 1}{\sin b^2 \sin c^2} \right).$$

Hiernach, bei diesen ganz gleichen Werthen für  $\varphi'$  (s. oben) und  $\varphi''$ , könnte es nun scheinen, als ob bei einer durch die drei Winkel  $a, b, c$  bestimmten Drehungsaxe eine und dieselbe Drehungsamplitude  $\varphi' = \varphi''$  sowohl der ersten, als der jetzt in Rede stehenden Bedingung genügte, worin ein Widerspruch enthalten sein würde. Dieser scheinbare Widerspruch wird sich aber sogleich erklären, wenn man berücksichtigt, dass die drei Winkel  $a, b, c$  die Lage der Drehungsaxe noch gar nicht vollkommen bestimmen, was erst jetzt in Betracht gezogen zu werden brauchte. In den durch die Cosinus der drei Winkel  $a, b, c$  ausgedrückten Coordinaten sind nämlich acht Drehungshalbaxen enthalten, wie sich das später noch besonders bei der Ableitung dieser drei Cosinus aus den neun Winkeln, welche die Lage des beweglichen Coordinatensystems bestimmen, ergeben wird, wodurch man beiläufig ganz unwillkürlich und allein

durch die Gleichungen auf die gebräuchliche Unterscheidung der beiden Halbaxen für die zwei Richtungen der Drehung um einen Durchmesser geführt wird. In jedem Octanten der Kugel nämlich kann eine durch die drei Winkel  $a$ ,  $b$ ,  $c$  bestimmte Drehungshalbaxe gelegen sein. Aus diesem Umstande wird sich jener Widerspruch erklären. Da alle die Lagen, in welche das bewegliche Coordinatensystem bei der Drehung um eine Halbaxe kommt, auch erreicht werden, in umgekehrter Reihenfolge, bei Drehung um die zugehörige andere Halbaxe, so vereinfacht sich hier die Betrachtung zunächst dahin, dass wir nur vier durch jene drei Winkel bestimmte Halbaxen zu berücksichtigen brauchen. Diese vier Halbaxen lassen sich nun aber hier für unseren Zweck noch wieder auf zwei reduciren, entsprechend  $\varphi'$  und  $\varphi''$ . Offenbar wird nämlich das bewegliche Coordinatensystem oder, wenn der Einfachheit wegen nur die  $Z^1$  Axe z. B. in Betracht gezogen wird, diese Axe bei der Drehung um die eine jener vier Halbaxen successive solche Lagen erhalten, deren Coordinaten auf den festen Axen dieselben sind, welche, mit entgegengesetztem Zeichen der  $x$  und  $y$ , die in derselben Aufeinanderfolge stattfindenden Lagen der  $Z^1$  Axe haben, wenn um diejenige der übrigen drei Halbaxen gedreht wird, welche der ersteren grade gegenüber in dem Octanten mit entgegengesetztem Zeichen der  $x$  und  $y$  liegt. Durch ein Beispiel wird dies anschaulicher werden: eine durch die drei Winkel  $a$ ,  $b$ ,  $c$  bestimmte Drehungsaxe soll in dem Octanten der positiven  $x$  und negativen  $x$  und  $y$  (Fig. 2.) gelegen sein; bei der Drehung um dieselbe soll bei der Drehungsamplitude  $\varphi'$  die bewegliche  $Z^1$  Axe die Lage  $AF$  erhalten, also in der festen  $XZ$  Ebene liegen; ihre Coordinaten sind dann  $+x$ , und  $-y$ . Wenn dann eine Drehung um eine durch dieselben drei Winkel  $a$ ,  $b$ ,  $c$  bestimmte Drehungsaxe

geschieht, welche in dem Octanten der positiven  $x$  und der positiven  $y$  liegt, also jener ersten grade gegenüber, so wird bei derselben Drehungsamplitude  $\varphi'$  (die Drehung stets im Sinne des Uhrzeigers gedacht) die  $Z^1$ Axe ebenfalls in der  $XZ$  Ebene liegen, und zwar werden die Coordinaten dieser Lage  $x'$  und  $y'$  gleich sein den vorigen Coordinaten  $x$  und  $y$ , aber  $x'$  wird positiv sein, während  $x$  negativ war. Daher fallen nun für unsere Betrachtung, in welcher es nicht auf die Vorzeichen der Coordinaten ankommt, sondern nur auf die Coordinatenebenen, die beiden eben besprochenen Fälle zusammen, für beide durch  $a, b, c$  bestimmte Halbaxen gilt ein und dasselbe  $\varphi'$ . So reduciren sich also jene vier Halbaxen hier auf zwei differente, indem nämlich für die beiden noch übrigen der durch  $a, b, c$  bestimmten Halbaxen dasselbe gilt, wie für jene beiden; von ihnen ist die eine in dem Octanten der positiven  $x$  und negativen  $y$ , die andere in dem der negativen  $x$  und positiven  $y$ , beide mit positiven  $z$ , gelegen. Diese beiden Halbaxen sind nun nämlich diejenigen, für welche, wie das eben unsere Gleichungen ergeben, dieselbe Drehungsamplitude  $\varphi' = \varphi''$ , bestimmt durch obige Function von  $a, b, c$ , nicht der Bedingung:  $Z^1$ Axe in der  $XZ$  Ebene, sondern dem Entgegengesetzten entspricht, nämlich unserm zweiten Prinzip: die feste  $Z$ Axe in der beweglichen  $X^1Z^1$  Ebene, oder die  $F^1$ Axe in der  $XY$  Ebene. Obwohl also in den obigen Gleichungen

$$\cos \varphi' = \cos \varphi'' = 1 + 2 \left( \frac{\sin a^2 - 1}{\sin b^2 \sin c^2} \right)$$

der Werth der beiden Drehungsamplitüden ganz derselbe ist, so ist dennoch die Bedingung, welche diese Drehungsamplitude erfüllt, eine ganz verschiedene, je nachdem die durch die Winkel  $a, b, c$  bestimmte Drehungsaxe in dem einen oder anderen Paar einander gegenüberliegender Octanten angenommen wird. In

welchem derselben sie angenommen werden müsste für die Erfüllung der einen oder der anderen Bedingung durch  $\varphi'$ , oder umgekehrt, welche der beiden Bedingungen  $\varphi'$  bei ganz bestimmter Drehungsaxe erfüllt, ist nicht aus den hier in Anwendung kommenden Gleichungen zu ersehen, und ein weiteres Eingehen hierauf würde hier nicht am Platze sein; die Beurtheilung ist indessen in jedem Falle einfach. Eine Drehungshalbaxe, für welche bei irgend einer Drehungsamplitude die  $Z^1$ Axe in die Richtung  $AF$  gekommen ist, wird nur in dem Octanten der negativen  $x$  und  $y$  gesucht werden können, und ebenso eine Drehungshalbaxe, für welche bei irgend einer Amplitude die  $Z^1$ Axe in die Lage  $AG$  gekommen ist, nur in dem Octanten der positiven  $x$  und negativen  $y$ .

Nach dieser, durch den Gang der Untersuchung nothwendig gewordenen Abschweifung kehren wir zu dem zweiten Princip zurück, welches bei den Drehungen des Auges eingehalten werden sollte. Dasselbe kommt also, wie wir sahen, in seinen mechanischen Voraussetzungen darin mit dem zuerst besprochenen Principe überein, dass die augenblickliche Drehungsaxe ebenfalls in jedem Zeitelement der Bewegung ihre Lage ändern muss; sie muss sich ebenfalls bewegen, und zwar im Allgemeinen in derselben Weise, wie im ersten Falle (in entgegengesetzter Richtung aber, worauf wir nicht näher eingehen). Diese wiederum durchaus gesetzmässige Bewegung der augenblicklichen Drehungsaxe würde also auch ganz analoge Anforderungen an die Wirkungsweise der einzelnen gleichzeitig thätigen Muskeln stellen, wie das oben angedeutet wurde.

Während es nun bei dem zuerst supponirten Bewegungsprincipe sogleich offenbar war, dass dasselbe am Auge nicht realisirt ist, weil die nächsten und allgemeinsten Ergebnisse der Versuche beweisen, dass



jener in demselben bedingte Vorzug für das binoculare Sehen in der That nicht erreicht ist, sondern dass eine auf die optische Axe projicirte Drehung in den Tertiärstellungen stattfindet; so bedarf es dagegen bei dem zweiten in Frage gestellten Principe schon einer näheren Prüfung, um zu entscheiden, ob dasselbe realisirt ist oder nicht. Zunächst leuchtet sogleich ein, dass bei den Drehungen des Auges, durch welche die Sehaxe aus der Primärstellung in die oben schon als Secundärstellungen aufgeführten Richtungen gebracht wird, nämlich bei Drehungen um die *Y* und *Z* Axe selbst, auch dieses Princip, wie das erste, ohne Weiteres eingehalten ist, dass dasselbe für diese Drehungen ebenfalls in dem noch unbekanntem allgemeinen Princip enthalten sein muss; die feste *Z* Axe liegt in allen Secundärstellungen in der beweglichen *X'Z'* Ebene, und daher vereinigen denn auch die Secundärstellungen mit dem Vorzuge, den das erste Princip für das binoculare Sehen gewährte, den Vorzug, welchen das zweite Princip für das monoculare Sehfeld mit sich bringt: es findet bei diesen Stellungen eine auf die optische Axe projicirte Drehung weder in Bezug auf binoculares Sehen, noch in Bezug auf die mit dem Auge in Verbindung stehenden Theile statt. Ob nun das zweite Princip ein allgemeines ist, ob alle Bewegungen des Auges danach erfolgen, wird zu entscheiden sein, einerseits dadurch, dass das Auge dann in den Tertiärstellungen ebenfalls durchaus keine auf die optische Axe projicirte Drehung in seiner Orbita erleiden dürfte, andererseits durch den Winkel  $n$ , der beim binocularen Sehen vorhanden sein müsste. Das erste Kriterium ist sehr unsicher und trügerisch; es wird mehrfach behauptet, es sei durchaus keine Drehung z. B. eines markirten Irispunktes oder von Conjunctivalgefäßen bei irgend welchen Bewegungen des Auges wahrzunehmen, und doch finden solche Drehungen statt,

wie wir sehen werden, sie müssen stattfinden, wenn sie auch so klein sein mögen, dass sie sich der immer nur ungenau möglichen Beobachtung entziehen. Wir halten uns demnach wiederum an das binoculare Sehen, an den Winkel  $n$ , und zunächst muss verglichen werden, ob die Richtung der Drehung, der dieser Winkel entspricht, übereinstimmend ist mit der Richtung der Drehung, welcher der wirklich beim binocularen Sehen vorhandene Winkel (der Doppelbilder) entspricht.

In der gezeichneten Tertiärstellung, in welcher die Sehaxe nach oben und innen gerichtet ist, und das Retinabild einer in bekannter Weise gelegenen Linie in der Ebene  $AFE$  liegt, während die  $X^1Z^1$  Ebene durch die Ebene  $AGE$  repräsentirt wird, muss der Winkel  $n$  auf die positive Halbaxe der Sehaxe bezogen werden, wie schon oben erörtert, und allerdings stimmt hiermit die Richtung der auf die optische Axe projecirten Drehung überein, welche sich bei ähnlicher Augenstellung wirklich bei den Versuchen mit Doppelbildern herausstellt. So muss also die Grösse des Winkels  $n$  in Betracht gezogen und mit der Grösse der beobachteten Drehung verglichen werden. Es ist aber nicht nothwendig, hier die speciellen Rechnungen und Belege dafür aufzuführen, dass der Winkel  $n$  zu gross ist, um auch nur in der approximativen Weise, wie sie billig erwartet werden dürfte, mit der Beobachtung übereinzustimmen. Unten werden numerische Werthe des Winkels  $n$  folgen.

### §. 5.

Es ist nun die zweite der Gränzen gefunden, zwischen denen die wahre Lage des Auges zu suchen ist, denn wir wissen jetzt ganz gewiss, dass die  $X^1Z^1$  Ebene dann, wenn die  $X^1$  Axe die Richtung  $AE$  hat, nur zwischen den beiden Ebenen  $AFE$  und  $AGE$  gelegen sein kann.

Der Winkel  $n$  ist für binoculares Sehen nicht  $= 0$ , deshalb konnte  $AFE$  nicht die Lage der  $X^1Z^1$  Ebene sein; das Vorzeichen des Winkels verwies die  $X^1Z^1$  Ebene jedenfalls nach der Ebene  $AGE$  zu; und  $AGE$  selbst als  $X^1Z^1$  Ebene ergibt in dem Winkel  $n$  einen zu grossen Werth für die Disorientirung der Netzhäute bei binocularem Sehen. — So wie geometrisch die wahre Lage des Auges zwischen den beiden analysirten Gränzlagen liegen wird, so wird sie auch in ihren physiologischen Consequenzen nur die Mitte halten können zwischen denen der beiden Gränzlagen. Eine Tertiärstellung, in welcher die auf die optische Axe projecirte Drehung sowohl für's binoculare Sehen, wie für den Augapfel an und für sich gleich Null wäre, kann es nicht geben, die vollständige Erfüllung der einen dieser beiden Anforderungen kann nur auf Kosten der Vernachlässigung der anderen geschehen. Der Winkel  $n$  also ist, wie das schon oben angedeutet wurde, immer vorhanden; entweder konnte er ungetheilt allein im gemeinschaftlichen Sehfelde, oder ebenfalls ungetheilt, mit dem entgegengesetzten Zeichen (die Richtung der Drehung bedeutend), im monocularen Sehfelde vorhanden sein; die dritte Möglichkeit ist die, dass der Winkel  $n$  getheilt ist, ein Theil ist im gemeinschaftlichen Sehfelde als auf die optische Axe projecirte Drehung, von der Ebene  $AFE$  aus gerechnet, vorhanden, der andere im Sehfelde jedes einzelnen Auges ebenfalls als auf die optische Axe projecirte Drehung, die hier aber von der Ebene  $ADE$  aus gerechnet werden, also das entgegengesetzte Zeichen haben muss; und so ist es in der That am Auge der Fall. Es kommt nun also darauf an, die Grösse eines dieser beiden Theile des Winkels  $n$  zu bestimmen.

Die zweite der zu Anfang aufgestellten Fragen war, die Art der Einschränkung der Drehungsaxen, die Art des Gesetzes zu bestimmen. Wir wollen zunächst ver-

suchen, hierauf eine Antwort aus dem bisherigen Ergebnisse zu entnehmen. In den beiden im zweiten und dritten Paragraphen besprochenen Principien, wonach das Auge hätte gedreht werden können, wenn der Ausdruck erlaubt ist, wurde, ohne zunächst auf die Drehungsaxen selbst Rücksicht zu nehmen, vom physiologischen Gesichtspunkt ausgehend das Principielle in gewissen stets gleich bleibenden Lagenverhältnissen der an Stelle des Auges gesetzten Coordinatenaxen gesucht, Lagenverhältnisse der  $Z^1$  Axe oder  $F^1$  Axe, welche bei allen möglichen Richtungen der  $X^1$  Axe (Sehaxe) ein und dieselben bleiben sollten. Dies war a priori ein vollkommen gerechtfertigter Gang der Untersuchung; aber es stellte sich heraus, dass bei derartigen Principien die Drehungsaxen durchaus nicht unmittelbar auf irgend einen Theil der Kugel etwa beschränkt werden, dass sogar feste Drehungsaxen mit ihren einfacheren Voraussetzungen gar nicht ausreichen zur Realisirung solcher Principe, sondern dass die augenblickliche Drehungsaxe in jedem Zeitelement in der gesetzmässigsten Weise ihre Lage ändern, und ein dem entsprechendes äusserst complicirtes Zusammenwirken der Augenmuskeln stattfinden musste. Dass ganz analoge Verhältnisse verlangt sind, wenn irgend ein anderes Princip derselben Art realisirt sein sollte, wenn die  $Z^1$  Axe z. B. irgend eine andere, aber auch wiederum für alle Stellungen gleichbleibende Lage haben sollte, ist durch die beiden betrachteten Beispiele bewiesen. Diese beiden, jedes in besonderer Weise, vortheilhaftesten Principe dieser Art, sind nun am Auge weder das eine noch das andere realisirt; mit grosser Wahrscheinlichkeit darf geschlossen werden, dass ein Hauptmoment gegen das eine wie gegen das andere dieser beiden Principe in den mechanischen Voraussetzungen, welche dasselbe machen würde, gelegen ist, zumal wenn man bedenkt, dass für die Realisirung

des zuerst besprochenen, welches für binoculares Sehen das vortheilhafteste gewesen sein würde, die Befestigungsweise des Sehnerven und die der Conjunctiva etc. ebensowohl hätte adaptirt sein können, wie für das wirklich am Auge realisirte Princip, welches gleichfalls eine, wenn auch geringere Drehungs- oder Torsionsfähigkeit jener Theile verlangt. So werden wir also darauf geführt, dass das Principielle, wornach wir suchen, überhaupt nicht in solchen bestimmten, constanten Lagenverhältnissen der einen oder anderen Coordinatenaxe gesucht werden muss, sondern vielmehr, denn hier giebt es nur eine Alternative, in bestimmten, stets gleichbleibenden Lagenverhältnissen der Drehungsaxe selbst, von der wir ausserdem, wie von vorn herein, nun aber berechtigt postuliren können, dass die augenblickliche Drehungsaxe für die ganze Dauer der Bewegung eine und dieselbe bleibt, die Drehungen um feste Axen erfolgen. Sucht man nun nach solchen constanten Lagenverhältnissen für jede Drehungsaxe, um die das Auge aus ein und derselben Anfangsstellung wirklich gedreht werden möchte, so bietet sich offenbar zunächst und als das Einfachste eine Ebene dar, in welcher alle diese Drehungsaxen vielleicht enthalten sein könnten.

Der geometrische Ort für die Drehungsaxe, welche der ersten ( $AB$ ) und zweiten Richtung der Sehaxe  $AE$  entspricht, ist bekannt, denn der geometrische Ort für den Endpunkt derselben ist, wie wir oben sahen, der in der Mitte des Kreisbogens  $BE$  senkrecht zu demselben stehende grösste Kreis. Sucht man nun auf diesem geometrischen Orte die Endpunkte der beiden festen Drehungsaxen, um welche das Auge aus der Primärstellung in die beiden bekannten Gränzlagen (ohne Berücksichtigung der Zwischenlagen) geführt werden kann, so liegt, wie schon angeführt wurde, die Axe für die durch die Ebene  $AFE$  als  $X^1Z^1$  Ebene characterisirte Gränzlage in

dem Octanten der negativen  $x$  und  $y$ , die Axe für die durch die Ebene  $AGE$  als  $X^1Z^1$  Ebene charakterisirte Gränzlage in dem Octanten der positiven  $x$  und negativen  $y$ . Der die Endpunkte dieser beiden Axen verbindende Theil des grössten Kreises, jenes geometrischen Ortes, ist nur klein, jene Punkte liegen nahe beisammen, und zwischen diesen beiden Endpunkten schneidet der geometrische Ort die  $XY$  Ebene des festen Coordinatensystems. Die  $XY$  Ebene kann also die zu suchende Drehungsaxe für unsere zweite Richtung der Sehaxe enthalten, sie liegt innerhalb des bedeutend eingeschränkten geometrischen Orts. Wir werden sehen, dass die  $XY$  Ebene die Drehungsaxe enthalten muss.

Jetzt müssen wir eine Betrachtung wieder aufnehmen, welche schon im Anfang angestellt, aber unterbrochen wurde, weil es gut und nothwendig schien, auf ihr Endresultat durch die zwischengeschobenen Untersuchungen vorzubereiten und hinzuleiten. Es wurde nämlich schon besprochen, dass sowohl eine aprioristische Deduction, wie die experimentelle Erfahrung den Satz rechtfertigen, dass diejenige Lage, welche das Auge bei irgend einer zweiten Stellung der Sehaxe erhalten soll, eine constante sein muss, welche wiederkehrt, wie oft und auf welche Weise auch die Sehaxe in jene zweite Richtung gebracht wird; es soll also die Lage des Auges bei einer zweiten Richtung der Sehaxe ganz unabhängig sein von dem Wege, auf welchem die Sehaxe dahin geführt wurde. Gesetzt nun, z. B. die Drehungsaxe für diejenige Bewegung des Auges, durch welche die Sehaxe aus der primären Richtung  $AB$  (Fig. 3.) in die Richtung  $AE$  geführt wird, läge in der  $XY$  Ebene des festen Coordinatensystems ( $AO$ ). Dann steht also diese Drehungsaxe senkrecht zur primären und folglich auch zur zweiten oder tertiären Richtung der Sehaxe, und die Ebene, in welcher letztere gedreht wird, ist die

durch die primäre und tertiäre Richtung gelegte Ebene, der Weg, welchen der Punkt  $B$  beschreibt, ist der grösste Kreis  $BE$ . — Könnte nun, um die Sehaxe aus der Primärstellung in eine andere zweite Lage, z. B.  $AN$  überzuführen, das Auge um eine nicht in der  $XY$ Ebene gelegene Drehungsaxe gedreht werden, also z. B. um eine in dem Octanten der drei positiven Coordinatenaxen gelegene Drehungsaxe, so wird der Punkt  $B$ , der Endpunkt der Sehaxe, bei dieser Bewegung einen Kreisbogen beschreiben, dessen Radius kleiner, als der Halbmesser der Kugel oder des Auges ist, er wird keinen grössten Kreis beschreiben, und jener Kreis mit kleinerem Radius wird nothwendig den grössten  $BE$  in irgend einem Punkte schneiden. Nehmen wir an, dieser Durchschnittspunkt sei der Punkt  $E$ ; so wird also die Sehaxe  $AB$  aus der primären Richtung auch während der Drehung um jene zweite Drehungsaxe in die Richtung  $AE$  gelangen. Aber auf diesem Wege daselbst angekommen wird das Auge oder das dasselbe repräsentirende Coordinatensystem, nämlich die  $F^1$  und  $Z^1$ Axe, eine ganz andere Lage haben, als wenn durch Drehung um unsere erste, zur Sehaxe oder  $X^1$ Axe senkrechte Drehungsaxe die Sehaxe in die Richtung  $AE$  geführt wird. Wenn nun die Drehungsaxen für Bewegungen aus der Primärstellung überhaupt jede beliebige Lage haben könnten, so würde es noch unendlich viele solcher Wege geben auf denen die Sehaxe aus der Primärstellung durch eine einfache, continuirliche Drehung in die Richtung  $AE$  gelangen könnte, und jeder dieser Wege würde eine besondere, von den übrigen verschiedene Lage des Auges bedingen für die eine einzige Richtung  $AE$  der Sehaxe. Dies darf nicht stattfinden, und findet auch in der That nicht statt. Daher kann nun mit Sicherheit geschlossen werden, dass die Drehungsaxen in der Weise beschränkt sind, hinsichtlich

ihrer Lage oder ihres geometrischen Ortes im Auge, dass die Sehaxe durch ununterbrochne, continuirliche Drehung um eine Axe aus der Primärstellung nur auf einem einzigen Wege in jede der Secundär- und Tertiärstellungen geführt werden kann; es dürfen sich die graden, ununterbrochnen Wege, welche der Endpunkt der Sehaxe von  $B$  aus nach allen Seiten hin radiär beschreiben kann, niemals durchschneiden. Soll diese Bedingung erfüllt sein, so müssen die Drehungsaxen, um welche das Auge aus der Primärstellung gedreht werden kann, in der Weise beschränkt sein, dass die Kreise, welche der Endpunkt der Sehaxe  $B$  um die Endpunkte aller Drehungsaxen als Centra auf der Kugeloberfläche beschreibt, sich entweder alle nur in einem Punkte überhaupt schneiden, nämlich im Punkte  $B$ , im Endpunkte der Sehaxe in der Primärstellung, oder sie müssen sich alle in denselben zwei Punkten schneiden, von denen der eine ebenfalls der Punkt  $B$  ist, der andere aber, gegenüberliegend, ausser dem Bereiche der Drehungsamplitüden liegt, die das Auge überhaupt erreichen kann. Sollten die Wege des Punktes  $B$  sich wirklich nur in dem einen Punkte  $B$  selbst schneiden, so würde der geometrische Ort für alle Drehungsaxen aus der Primärstellung die  $XZ$  Ebene des festen Coordinatensystems sein müssen, falls nämlich Symmetrie der Wege nach Aussen und nach Innen vorausgesetzt wird; dass aber dies nicht der geometrische Ort für die Drehungsaxen wirklich ist, wissen wir schon aus den beiden Gränzlagen und aus dem in engere Gränzen eingeschlossenen geometrischen Orte für die Drehungsaxe, welche der Richtung  $AE$  der Sehaxe entspricht. Es bleibt also der andere Fall übrig: Die Wege des Endpunktes der Sehaxe werden von der Art sein, dass sie sich im Allgemeinen zwei Mal schneiden in denselben beiden Punkten, aber der zweite Durchschnittspunkt wird ausserhalb



des Bereichs der Drehungsamplitüden fallen. Nun ist der geometrische Ort für die Centra aller Kreise, in der Ebene, welche sich in denselben beiden Punkten schneiden sollen (die zusammenfallen können — jener erstgenannte Fall) die grade Linie, welche senkrecht auf der Verbindungslinie jener beiden Durchschnittspunkte steht; folglich ist der entsprechende geometrische Ort auf der Kugeloberfläche ein grösster Kreis, nämlich der geometrische Ort für die Endpunkte aller Drehungsaxen für Drehungen aus der Primärstellung dann aber ist der geometrische Ort für die Drehungsaxen selbst die Ebene, welche durch diesen grössten Kreis gelegt wird. Eine Ebene ist bestimmt, wenn zwei in ihr gelegene Linien bekannt sind; und nun brauchen wir gar nicht ein Mal weiter zu untersuchen, wie diese Ebene, der geometrische Ort für alle Drehungsaxen, um die das Auge aus der Primärstellung gedreht wird, gelegen sein möchte, wie sie sich verhalten könnte hinsichtlich der beiden Durchschnittspunkte aller Wege des Punktes *B*, (von denen der eine ausserhalb des Kreises fallen müsste, welcher alle möglichen Stellungen der Sehaxe einschliesst): — denn die Ebene ist schon bestimmt, wir kennen bereits zwei in ihr gelegene Linien, zwei Drehungsaxen. Diese sind die *Y* Axe und die *Z* Axe des festen Coordinatensystems, diejenigen Axen, um welche das Auge aus der Primärstellung in die Secundärstellungen gedreht wird, deren factische Existenz, wie oben schon besprochen, durch meine Versuche nachgewiesen worden ist. Ist nun unser Schluss richtig, dass eine Ebene der geometrische Ort für alle Drehungsaxen des Auges in der Primärstellung ist, so kann diese Ebene keine andere sein, als die *XY* Ebene des im Raume festen Coordinatensystems. Alle Halbmesser des Auges nun, welche in der *XY* Ebene des festen Coordinatensystems gelegen sind, stehen senk-

recht zu der Sehaxe in ihrer Primärstellung ( $AB$ ), und es steht daher jede Drehungsaxe, um welche das Auge aus der Primärstellung in irgend eine zweite Lage gedreht wird, senkrecht zur primären und zur zweiten, secundären oder tertiären, Richtung der Sehaxe, der Weg, welchen der Endpunkt der Sehaxe von der Primärstellung aus beschreibt, ist in jedem Falle ein grösster Kreis.

Bevor wir nun an dieses Resultat, obwohl es auf ganz sicherer Basis gebauet ist, noch den Massstab des Experiments anlegen, was im Allgemeinen freilich auch schon gesehen ist, indem grade der factische Nachweis jener Secundärstellungen ein so wichtiges Moment war, müssen wir noch eine andre Frage von grosser Bedeutung beantworten.

#### §. 6.

Die ganze bisherige Untersuchung bezog sich zunächst, wie das gleich von Anfang an und mehrfach im Verlauf hervorgehoben wurde, nur auf diejenigen Drehungsaxen, um welche das Auge aus der Primärstellung in irgend eine zweite Lage gedreht wird. Jetzt muss die Frage entstehen, um welche Drehungsaxe das Auge dann gedreht wird, wenn es aus einer zweiten Lage in eine andere zweite Lage übergeführt werden soll. Der Fall, in welchem das Auge aus einer zweiten Lage wieder in die Primärstellung zurückgedreht wird, bedarf keiner Erörterung: war es für die Hinbewegung eine positive Halbaxe, so ist es für die Herbewegung die zugehörige negative Halbaxe.

So wie wir oben von der Anforderung ausgingen, dass die Wege, welche die Sehaxe oder ihr Endpunkt von der Primärstellung aus nach allen Seiten hin beschreiben kann, von der Art sein sollten, dass sie sich niemals durchschneiden, ausser in dem Endpunkte der Sehaxe bei primärer Richtung und in einem gegenüberliegenden Punkte, der nicht in das Bereich der möglichen Drehungsamplitüden fällt, eine Anforderung,

wie sie die grössten Kreise also erfüllen, die wir als die Wege erkannt haben; so werden wir nun auch die Anforderung stellen, dass, wenn das Auge aus einer zweiten Lage in eine andere zweite Lage gedreht wird, zwar der dann von der Sehaxe beschriebene Weg die von der Primärstellung ausgehenden natürlich durchschneiden darf, aber so beschaffen sein muss, dass, wenn die Sehaxe in irgend einem dieser Durchschnittspunkte mit den von der Primärstellung ausgehenden Wegen anlangt, die augenblickliche Lage des Auges oder des dasselbe repräsentirenden Coordinatensystems ganz dieselbe sei, welche das Auge haben würde, wenn es aus der Primärstellung direct in jene Lage gedreht worden wäre. Auch diese Anforderung an die Mechanik des Auges ist durch die Ergebnisse des Experiments durchaus gerechtfertigt, da sich gar kein Unterschied in der gegenseitigen Lage der beiden Netzhäute zeigt, je nachdem die Sehaxe auf diesem oder jenem Wege in irgend eine Stellung gelangt ist. Es fragt sich also nun, wie dann die Drehungsaxe für einen solchen Uebergang aus der einen in eine andere zweite Lage gelegen sein muss.

In Fig. 3. bedeutet  $AO$  die in der festen  $YZ$  Ebene gelegene Drehungsaxe, um welche sich das Auge dreht, wenn die Sehaxe aus der Primärstellung in die Richtung  $AE$  bewegt wird, und durch die Ebene  $APE$  ist die  $X^1Z^1$  Ebene für diese Richtung der Sehaxe repräsentirt, welche, indem  $AP$  die  $Z^1$  Axe bedeutet, die Lage des ganzen Auges bestimmt. — Wenn anderseits die Sehaxe die Richtung des in der festen  $XZ$  Ebene gelegenen Halbmessers  $AH$  hat, so ist das eine Secundärstellung des Auges, in welche es durch Drehung um die feste  $Y$  Axe selbst gelangt und wobei die  $Z^1$  Axe die Richtung  $AF$  hat, die  $X^1Z^1$  Ebene mit der festen  $XZ$  Ebene zusammenfällt. Soll nun die Sehaxe aus der Richtung

*AE* in die Richtung *AH* übergeführt werden, so soll diese Bewegung also so geschehen, dass gleichzeitig die *Z*<sup>1</sup>*A*xe aus der Richtung *AP* in die Richtung *AF*, die *X*<sup>1</sup>*Z*<sup>1</sup>*E*bene aus der Lage *APE* in die Ebene *AFH* (*XZ* Ebene) gelangt. — So wie nun oben für die Primärstellung die Anforderung gestellt werden musste, dass die von derselben ausgehenden Wege des Endpunktes der Sehaxe sich nur noch in einem, dem Punkte *B* gegenüberliegenden Punkte, der ausserhalb des Bereichs der Drehungsamplitüden liegt, schneiden dürfen, damit das Auge nicht bei gleicher Richtung der Sehaxe verschiedene Lagen erhalten kann, eine Anforderung, welche identisch ist damit, dass der geometrische Ort für alle Drehungsaxen, um welche das Auge aus der Primärstellung gedreht wird, eine Ebene ist: so ist nun diese Anforderung auch für jede beliebige andere Augenstellung schon darin enthalten, dass, wenn das Auge aus irgend einer zweiten Lage in eine andere gedreht wird, die Lage des Auges in dieser letzten zweiten Lage stets dieselbe sein soll, als wenn es aus der Primärstellung in dieselbe gelangt wäre. Für alle Bewegungen also, welche die Sehaxe von der Richtung *AE* aus machen kann, ist es ebenfalls eine Ebene, welche alle Drehungsaxen enthält, und ebenso ist für die Richtung der Sehaxe *AH* eine Ebene der geometrische Ort für alle Drehungsaxen, um welche das Auge aus dieser Lage (*AH*) gedreht werden kann.

Wenn nun die Sehaxe sich von *AE* nach *AH* bewegt, so ist eine negative Halbaxe, und wenn sie sich von *AH* nach *AE* bewegt, die zugehörige positive Halbaxe die Drehungsaxe, ein Durchmesser also ist Drehungsaxe für die Bewegung der Sehaxe zwischen *AH* und *AE*. Für die Drehung um die positive Halbaxe muss diese in dem geometrischen Orte der Drehungsaxen für die Richtung *AH* als Ausgangspunkt, für die Drehung um die nega-

tive Halbaxe (von  $AE$  nach  $AH$ ) muss dieselbe in dem geometrischen Orte der Drehungsaxen für die Richtung  $AE$  als Ausgangspunkt gelegen sein; da beide Halbaxen einen Durchmesser ausmachen, so ist dies der beiden geometrischen Oertern (beiden Ebenen) gemeinsame Durchmesser. — Kann derselbe gefunden werden, so sind alle die Drehungsaxen bekannt, um welche die Sehaxe aus der Richtung  $AE$  als Anfangsstellung und die, um welche sie aus der Richtung  $AH$  als Anfangsstellung gedreht wird, so fern jener Durchmesser oder die Drehungsaxe für die Bewegung zwischen  $AE$  und  $AH$  die Durchschnittslinie der beiden geometrischen Oerter, der beiden Ebenen, für alle jene Drehungsaxen ist, von welchen Ebenen die eine durch die  $F$  Axe ( $AC$ ) und jene Durchschnittslinie, die andere durch den Halbmesser  $AO$  und jene Durchschnittslinie bestimmt ist.

Da bei der Drehung, um welche es sich handelt, der Punkt  $E$  nach  $H$ , und der Punkt  $P$  nach  $F$  bewegt werden soll, so kann die Drehungsaxe nach der Eulerschen Construction gefunden werden. Wird  $E$  mit  $H$ ,  $F$  mit  $P$  durch grösste Kreise verbunden, in der Mitte der Bögen senkrechte Kreise construirt, von denen der eine durch den Punkt  $F$ , der andere durch den Punkt  $E$  gehen muss, so ist der Durchschnittspunkt dieser beiden Kreise der Endpunkt der fraglichen Drehungsaxe. Ist der Punkt  $Q$  in Fig. 3. dieser Durchschnittspunkt, so ist  $AQ$ , oder vielmehr die zugehörige negative Halbaxe diejenige, um welche das Auge gedreht wird, um die Sehaxe aus der Richtung  $AE$  in die Richtung  $AH$  zu bringen. Die durch  $AQ$  und  $AC$  gelegte Ebene enthält alle die Drehungsaxen, um welches das Auge aus der durch  $AFE$  als bewegliche  $X'Z'$  Ebene characterisirten Lage gedreht wird; die durch  $AQ$  und  $AO$  gelegte Ebene enthält alle Drehungsaxen für die Lage  $APE$  der  $X'Z'$  Ebene als Ausgangspunkt. Da nun nach dem oben gefunde-

nen Gesetze für jede beliebige Augenstellung die Drehungsaxe gefunden werden kann, um welche das Auge aus der Primärstellung in dieselbe gedreht wird, so kann auch für jede beliebige Augenstellung die Drehungsaxe gefunden werden, um welche das Auge aus derselben in irgend eine andere gedreht wird.

Die Berechnung der Lage der Axe  $AQ$  ist nicht einfach, wie man es vielleicht hätte erwarten mögen; wenigstens ist es mir bisher nicht gelungen, einen einfachen allgemeinen Ausdruck dafür aufzufinden; die Lage von  $AQ$  und allen übrigen analogen Drehungsaxen lässt sich nicht mit kurzen Worten als ein Gesetz aussprechen, wie die Lage der Drehungsaxen für die Primärstellung. Die Lage von  $AQ$  ist aber zum Theil Consequenz jenes Gesetzes. Ist irgend eine zweite Lage des Auges, Secundär- oder Tertiärstellung, der Ausgangspunkt für Drehungen, so steht die Drehungsaxe nur dann senkrecht zur Sehaxe, wenn es sich darum handelt, entweder das Auge in die Primärstellung zurück, oder in irgend eine demselben grössten Kreise angehörige Richtung der Sehaxe zu führen, welcher der Weg für den Endpunkt der Sehaxe in jene zweite Lage aus der Primärstellung war. Bei allen übrigen Drehungen aus dieser zweiten Lage steht die Drehungsaxe nicht senkrecht zur Sehaxe, und der Endpunkt derselben beschreibt daher keine grössten Kreise. Jede Stellung der Sehaxe muss als Ausgangspunkt für Bewegungen nach unendlich vielen Richtungen betrachtet werden. Für alle diese Bewegungen aus einer Lage ist eine Ebene der geometrische Ort der Drehungsaxen. Nur für die Primärstellung steht diese Ebene senkrecht zur Richtung der Sehaxe; alle übrigen geometrischen Oerter schneiden diese Ebene und sich unter einander; die Durchschnittslinie mit jener, mit dem geometrischen Ort der Drehungsaxen für die Primärstellung ist die Drehungs-

axe, um welche das Auge aus der Primärstellung in die betreffende zweite Lage gedreht wird, um deren geometrischen Ort der Drehungsaxen es sich handelt; die Durchschnittslinie der geometrischen Oerter der Drehungsaxen für zwei zweite Lagen des Auges ist die Drehungsaxe, um welche das Auge aus der einen in die andere dieser beiden Lagen gedreht wird. Wie nun für jede einzelne Richtung der Sehaxe die Ebene gelegen ist, welche alle die Drehungsaxen für Bewegungen aus derselben als Anfangsstellung enthält, ist im Allgemeinen ohne specielle Rechnung gar nicht zu sagen.

Betrachten wir nun aber z. B. alle Secundärstellungen, welche das Auge nach und nach erlangt, wenn es um die  $Z$  Axe gedreht, wenn also die Sehaxe in der  $XY$  Ebene ( $ABC$ ) herumgeführt wird; da alle die auf diesem Wege zu erreichenden Secundärstellungen darin mit einander übereinkommen, dass die eine  $Z$  Axe die Drehungsaxe ist, um welche das Auge aus der Primärstellung in sie gelangt, so müssen auch die geometrischen Oerter, welche für alle diese Secundärstellungen als Ausgangsstellungen die Drehungsaxen enthalten, sich untereinander in dieser  $Z$  Axe schneiden, da sie ja alle in dieser Linie die  $YZ$  Ebene schneiden müssen. Auf die Lage dieser geometrischen Oerter im Uebrigen wollen wir gar nicht speciell eingehen; man sieht aber sogleich, dass, je weiter die als Ausgangsstellung gewählte jener Secundärstellungen von der Primärstellung entfernt ist, je näher sie der Richtung  $AC$  (für die Sehaxe) gelegen ist, einen desto grösseren Winkel der geometrische Ort ihrer Drehungsaxen mit der  $YZ$  Ebene in der Durchschnittslinie  $AD$  bildet, und dass dieser Winkel  $= 90^\circ$  ist, wenn die Sehaxe die Richtung  $AC$  selbst hat und diese Stellung Ausgangsstellung sein sollte; denn dann sind die der Primärstellung entsprechenden Verhältnisse, nur um  $90^\circ$  gedreht, wiedergekehrt; von  $AC$  aus müsste die Sehaxe

wiederum lauter grösste Kreise beschreiben, die Drehungsaxen würden alle senkrecht zu der Richtung der Sehaxe stehen, sie würden alle in der  $XZ$  Ebene gelegen sein. Folglich würde zu den Drehungsaxen für diese Ausgangsstellung auch die primäre Richtung der Sehaxe selbst, nämlich die  $X$  Axe, gehören. Da wir nun einerseits wissen, dass, wie sogleich noch erörtert werden soll, eine jede Drehungsaxe im Auge nur für eine einzige ganz bestimmte Drehung, aus einer bestimmten Anfangsstellung in bestimmter Richtung, vorhanden ist, so können wir mit Sicherheit sagen, dass die  $X$  Axe, die primäre Richtung der Sehaxe, nur in dem einen einzigen Falle, der eben gefunden wurde, Drehungsaxe ist; da nun aber anderseits diese Augenstellung, bei welcher die Sehaxe die Richtung  $AC$  hat (so wie die grade entgegengesetzte nach aussen), niemals vorkommt, gänzlich ausser den Bereich der möglichen Drehungsamplitüden fällt, so ist die  $X$  Axe in der That niemals Drehungsaxe. — Dass nun gar für keine einzige Augenstellung die jeweilige zweite (secundäre oder tertiäre Richtung) der Sehaxe,  $X^1$  Axe, selbst Drehungsaxe sein kann, geht aus dem, was im Allgemeinen über die Ebenen, die die geometrischen Oerter für die Drehungsaxen sind, zu ersehen ist, hinlänglich hervor. Wäre für irgend eine Augenstellung  $AE$  (die Sehaxe) selbst als Drehungsaxe möglich, so müsste ja der geometrische Ort aller Drehungsaxen für diese Anfangsstellung die Ebene  $AEO$  sein, denn  $AO$  ist die Drehungsaxe, um welche das Auge aus der Stellung  $AE$  in die Primärstellung zurückgeführt wird. Dass ein solcher geometrischer Ort nie, für keine Augenstellung vorkommen kann, lehrt eine einfache, hier nicht weiter anzustellende Betrachtung über die Lagen, in welche dann das Auge gelangen würde. Wir können ohne weitere Berechnung, und ohne dass es mir, wie gesagt, möglich ist, einen all-



gemeinen Ausdruck dafür anzugeben, sagen, dass für alle Augenstellungen als Ausgangsstellungen die geometrischen Oerter der Drehungsaxen, Ebenen also, nicht um sehr grosse Winkel von der rechtwinkligen Lage zur jeweiligen Richtung der Sehaxe abweichen; aber rechtwinklig zur Richtung der Sehaxe steht der geometrische Ort der Drehungsaxen nur für die Primärstellung, wenn nämlich nur die den Drehungsamplitüden nach möglichen Augenstellungen berücksichtigt werden. So viel können wir aber auch mit völliger Sicherheit aussagen, dass eine Drehung um die optische Axe als Drehungsaxe niemals vorkommt, dass das Auge weder um die primäre, noch um irgend eine zweite Richtung derselben, wenn diese Ausgangsstellung für Drehungen ist, gedreht wird. Wie die auf die optische Axe projicirten Drehungen zu Stande kommen, scheinbare Drehungen um dieselbe als Drehungsaxe, haben wir aus dem Bisherigen gesehen. Donders\*) ist es übrigens, welcher zuerst die auf die optische Axe projicirten Drehungen als solche erkannt und erörtert hat.

In dem ersten Paragraphen wurde die Frage besprochen, ob alle die Drehungsaxen, welche mechanischerseits im Auge möglich sind, wirklich in Anwendung kommen. Die Antwort lautete, dass eine erhebliche Beschränkung stattfinden muss. Jetzt könnte es scheinen, als ob alle diese zu Anfang ausgeschlossenen Drehungsaxen wieder zugelassen werden müssen. Aber das, was die Anordnung der Muskeln, bei freier Disposition über ihr Zusammenwirken zuliess, bestand nicht nur darin, dass überhaupt jeder Halbmesser des Auges Drehungsaxe sein könnte, sondern auch darin, dass für jede beliebige Stellung des Auges als Ausgangspunkt um jeden Halbmesser eine endliche Drehung erfolgen könnte. Wir betrachteten dann den geometrischen Ort,

\*) Holländische Beiträge a. a. O.

welcher alle Drehungsaxen enthält, um welche das Auge mechanischerseits aus irgend einer Stellung in eine bestimmte andere Stellung gedreht werden könnte, und fanden dann, dass von allen in diesem geometrischen Orte, ebenfalls eine Ebene, enthaltenen Drehungsaxen nur eine einzige wirklich in Anwendung kommen darf, und diese Beschränkung der möglichen Drehungsaxen ist nicht nur ganz ungestört geblieben, sondern wir haben sie sogar für jede einzelne Augenstellung bewiesen, sofern der geometrische Ort, welcher alle die Drehungsaxen enthält, um welche das Auge aus einer bestimmten Stellung als Anfangsstellung gedreht wird, eine Ebene ist, und für jede bestimmte andere Stellung, in welche es aus jener übergeführt werden soll, nur eine Axe vorhanden ist. Da nun aber der letztgenannte geometrische Ort für jede Augenstellung eine besondere Ebene ist, so ist, wenn lediglich die Zahl der Drehungsaxen, die Summe, ohne ihre Bedeutung, in Betracht kommen soll, diese allerdings eine unendlich grosse, und man wird sagen können, dass jeder Halbmesser des Auges wirklich Drehungsaxe sein kann, aber jeder einzelne Halbmesser ist für eine einzige, ganz bestimmte Richtung der Bewegung der Sehaxe, und wiederum für diese nur jener einzige Halbmesser Drehungsaxe. Ein Mensch bildet durch Zusammenwirken seiner Augenmuskeln so viel einzelne Drehungsaxen, als er im Stande ist, in verschiedenen Richtungen seine Sehaxe zu bewegen, jede einzelne Augenstellung als Ausgangspunkt betrachtet. Ich werde unten hierauf zurückkommen. Wollte man einen Ausdruck für die Zahl der Drehungsaxen haben, so würde sich dieselbe leicht aus bekannten Combinationsformeln ergeben.

Handelt es sich nun darum, für zwei beliebige Richtungen der Sehaxe, wie  $AE$  und  $AH$ , die Drehungsaxe  $AQ$  aufzufinden, so kann dieses in folgender Weise ge-

schehen. Der Punkt  $Q$  (Fig. 3) ist, wie gesagt, der Durchschnittspunkt zweier grössten Kreise, von denen der eine den Mittelpunkt des Bogens  $EH$  mit  $F$ , der andere den Mittelpunkt des Bogens  $FP$  mit  $E$  verbindet. Gehen wir, um die Zeichnung nicht zu sehr zu verwirren, zu der Fig. 1 zurück, so sind die beiden Kreise  $PM$  und  $QN$  in derselben die eben besprochenen, welche sich hier im Punkte  $O$  schneiden. Denkt man nun in Fig. 3 die beiden im Punkte  $Q$  stehenden sphärischen Dreiecke  $FPQ$  und  $EHQ$  construirt, welche den Dreiecken  $EOB$  und  $DOF$  in Fig. 1 entsprechen, so sind diese beiden Dreiecke gleichschenklige und ähnliche; die beiden Basen derselben  $FP$  und  $EH$ , verhalten sich wie die auf der Mitte dieser Bögen senkrecht stehenden Bögen. In unserem Falle nun, der speciell einfach gewählt ist, ist nicht nur  $EH$ , sondern auch  $FP$  unmittelbar bekannt, da  $FP$  der Winkel  $\vartheta$  ist, d. i. der Winkel, welcher im binocularen Sehfelde als auf die optische Axe projectirte Drehung vorhanden ist; in anderen Fällen, wenn diese Identität nicht stattfindet, muss der Bogen zwischen Anfangs- und Endstellung der  $Z^1$ Axe, in unserem Falle  $P$  und  $F$ , erst berechnet werden. Sind nun aber  $FP$  und  $EH$  bekannt, so kann, da die sich im Punkte  $Q$  (Fig. 3) schneidenden (grössten) Kreisbögen jeder  $= 90^\circ$  ist, mittelst einfacher Gleichungen das Dreieck  $FPQ$  oder  $EHQ$  berechnet werden. Damit ist der Winkel bekannt, welchen die Drehungsaxe  $AQ$  mit den beiden Halbmessern  $AF$  und  $AP$  einschliesst. Da die Lage dieser beiden als bekannt angesehen werden darf (sie kann nämlich in später anzugebender Weise gefunden werden), so lässt sich die Lage von  $AQ$  in dem festen Coordinatensystem berechnen. Aus der Gleichung für  $AQ$  und aus denen für  $AO$  und die  $Y$ Axe selbst würde man dann die Gleichungen für die beiden Ebenen erhalten, die alle Drehungsaxen für die beiden

Richtungen *AE* und *AH* der Sehaxe als Ausgangsstellungen enthalten. — Dieser Weg der Berechnung ist, zumal wenn der Fall nicht in der Weise einfach ist, dass die eine der beiden zweiten Lagen eine Secundärstellung ist, wie der dargestellte, umständlich und unpraktisch; wir werden unten einen andern, freilich nicht kürzern Weg kennen lernen.

### §. 7.

Kehren wir zu dem Princip zurück, welches für die Drehungen des Auges aus der Primärstellung gefunden wurde; dies darf immerhin, trotz der verschiedenen und verwickelten Verhältnisse, welche im vorigen Paragraphen besprochen wurden, als das den Bewegungen des Auges zum Grunde liegende Gesetz bezeichnet werden, weil jene Verhältnisse, welche dann eintreten, wenn irgend eine zweite Lage des Auges als Anfangsstellung gewählt wird, in denselben Momenten begründet sind, für welche jenes Princip der kurzgefasste Ausdruck ist. Das Gesetz lautet also: Das Auge wird aus der Primärstellung stets um die Axe gedreht, welche auf der primären und zweiten (secundären oder tertiären) Richtung der Sehaxe senkrecht steht. Ich hatte schon früher\*) angedeutet, ohne nähere Untersuchung, dass dieses Drehungsprincip sich wahrscheinlich aus den Ergebnissen der Versuche mit Doppelbildern würde ableiten lassen, und zugleich daran erinnert, dass damit der factische Nachweis für das von Listing bereits früher\*\*) aufgestellte Princip geliefert

\*) Beiträge zur Physiologie des Sehorgans. p. 95.

\*\*) Ruete, Lehrbuch der Ophthalmologie. 2. Auflage. p. 37. In den kurzen Worten Listing's, welche Ruete hier wiedergegeben hat, sind gleiche Ausdrücke, deren ich mich bedient habe, in anderem Sinne gebraucht, wodurch eine, wie mir scheint, nur scheinbare Verschiedenheit zwischen Listing's Princip und dem

sein würde. Auf die Erörterung eines hiehergehörigen falschen Schlusses, den ich früher gemacht habe, werde ich unten zurückkommen.

Ueberblicken wir noch ein Mal den Weg, auf welchen wir zu jenem Princip gelangten, so waren es nur zwei experimentell festgestellte Sätze, aus denen dasselbe sich ergab. 1) Die Constanz der Lage des Auges bei bestimmter Richtung der Sehaxe; diese verlangt eine Ebene als geometrischen Ort aller Drehungsaxen für eine bestimmte Anfangsstellung. 2) Die Ausmittlung der Secundärstellungen führte zur Kenntniss zweier in jener Ebene für die Primärstellung gelegenen Axen, wodurch diese Ebene als die zur primären Richtung der Sehaxe senkrechte bestimmt war. Obwohl daher nun streng genommen Nichts mehr übrig bleibt, woran der Massstab des Experiments nothwendiger Weise zu legen wäre, da schon der ganze Beweis auf experimenteller Basis ruhet, und obwohl jede Lage, welche das Auge bei bestimmter Richtung der Sehaxe hat, übereinstimmen muss mit der durch jenes Gesetz verlangten; so muss doch überhaupt die Prüfung der Theorie auf jede mögliche Weise, mit allen zu Gebote stehenden Mitteln vorgenommen werden, und hier zumal deshalb, weil noch einige Punkte, auf die zum Theil schon im früheren Verlauf der Untersuchung verwiesen werden musste, und von denen andere scheinbare Abweichungen von jenem Gesetze enthalten, im Zusammenhange zur Sprache kommen müssen.

Die Ergebnisse der Versuche, welche ich als ferneres Mittel zur Prüfung der Richtigkeit von Listing's Gesetz im Auge habe, sind die auf die optische Axe

---

hier nachgewiesenen stattfindet. Doch muss ich bemerken, dass eine weitere Erklärung und Erörterung von Listing's Gesetz dort nicht gegeben ist.

projicirten Drehungen, welche sich in allen Tertiärstellungen zeigen. Es wurde oben abgeleitet, dass, wenn die Richtung der Sehaxe durch *AE* (Fig. 3) vorgestellt ist, das Auge eine solche Lage haben muss, dass die *X'Z'* Ebene des dasselbe repräsentirenden Coordinatensystems zwischen den beiden in bekannter Weise gelegenen Ebenen *AFE* und *ADE* gelegen ist, eine Lage, der die Drehungsaxe *AO* entspricht. Der Winkel *n*, eine constante in abstracto stets vorhandene Grösse (aber natürlich für jede einzelne Tertiärstellung von besonderem numerischen Werthe), wird daher getheilt, so zwar, dass der eine Theil,  $\vartheta$ , auf die positive Halbaxe der Sehaxe als projicirte Drehung zu beziehen (da die Sehaxe nach Oben und Innen gerichtet ist), im binocularen Sehfelde, der andere Theil,  $\eta$  oder  $n - \vartheta$ , auf die negative Halbaxe der Sehaxe zu beziehen, in dem Sehfelde des einen Auges, d. h. in Bezug auf die Orbita und die mit dem Auge verbundenen Theile, vorhanden ist. Es geht aus dem Bisherigen hinlänglich hervor, dass das eben Gesagte nicht so zu verstehen ist, als ob eine zweifache auf die optische Axe zu projicirende Drehung mit  $\vartheta$  und  $\eta$  bezeichnet werden sollte, sondern die überhaupt vorhandene projicirte Drehung kann ein Mal als Winkel  $\vartheta$  von der Ebene *AFE* aus gerechnet, und ausserdem als Winkel  $\eta$ , von der Ebene *ADE* aus gerechnet, betrachtet werden. Welche von diesen beiden (ungleichen) Hälften des Winkels *n* zur Prüfung benutzt wird, ist, abgesehen von praktischen Gesichtspunkten, gleich; nur die eine braucht berechnet und beobachtet zu werden, da der Winkel *n* für jede Richtung der Sehaxe bekannt ist, so fern

$$\cot n = \frac{\cot d}{\sin r}$$

ist, worin *d* den Neigungswinkel der Visirebene in Bezug auf die feste *XY* Ebene, (d. i. die primäre Neigung

der Visirebene),  $r$  den halben Convergenzwinkel der beiden Sehaxen bedeutet. Der Winkel  $\eta$ , d. h. die im monocularen Sehfelde auf die optische Axe projectirte Drehung, kann im Allgemeinen nur objectiv beobachtet werden, und eben hierin liegt die Möglichkeit begründet, vielleicht auch bei Thieren das Gesetz der Augenbewegungen zu ermitteln, wenn irgend ein im Raume festes Coordinatensystem im Auge zu Grunde gelegt und damit die beiden Ebenen *AFE* und *ADE* oder der Winkel  $n$  für eine bestimmte Richtung der Sehaxe bekannt wird; ich kann hierauf an diesem Orte nicht weiter eingehen.

Für das menschliche Auge ist, wie schon oben erwähnt, der nur subjectiv zu beobachtende Winkel  $\vartheta$  weit sicherer und leichter zu benutzen; es ist der Winkel, auf welchen sich ein grosser Theil meiner Versuche mit Doppelbildern bezieht, die Hälfte des Winkels, welchen bei Tertiärstellungen die divergirenden Doppelbilder einer im fixirten Punkte senkrecht zur Visirebene stehenden Linie mit einander einschliessen, über dessen indirecte Ermittlung und Messung, nämlich mittelst Doppelbildern einer hinter dem fixirten Punkte stehenden Linie, ich auf meine oben citirte Schrift (§. 4 — 16) verweise.

Für alle die Fälle, in welchen nicht aus anderweitigen Versuchsergebnissen die Lage der Drehungsaxe bekannt ist (wie also für alle Drehungen aus der Primärstellung, für die wir bereits ein ganz bestimmtes Gesetz kennen, welches nur noch in einzelnen seiner Consequenzen geprüft werden soll), reicht neben der Kenntniss der Richtung der Sehaxe, die ja direct beobachtet wird, die Kenntniss des einen der beiden Winkel,  $\vartheta$  oder  $\eta$ , hin, um für diese Richtung der Sehaxe die Lage des ganzen das Auge repräsentirenden Coordinatensystems und die Lage der Drehungsaxe für

die Bewegung aus einer bekannten Anfangsstellung in die fragliche Lage berechnen zu können. Der hierbei einzuschlagende Weg ist derjenige, welcher einerseits dann angewendet werden muss, wenn es sich darum handelt, für zwei zweite Lagen des Auges, als Anfangs- und Endstellung, die Drehungsaxe zu finden, also für die im vorigen Paragraphen besprochenen Verhältnisse, und welcher andererseits der bei Thieren in hier nicht näher zu bezeichnender Weise anwendbare sein würde.

Ist  $AE$  (Fig. 3), wie bisher, eine beliebige Richtung der Sehaxe, so wird einerseits der Winkel beobachtet, unter welchem die Visirebene oder die durch die Sehaxe und die  $Y$  Axe des im Raume festen Coordinatensystems gelegte Ebene gegen die feste  $XY$  Ebene geneigt ist, d. i. der Winkel  $HB$  oder  $d$ ; andererseits der Winkel, unter welchem die Sehaxe in der Visirebene gegen die verticale Medianebene oder gegen die feste  $XZ$  Ebene convergirt, d. i. der Winkel  $EH$  oder  $r$ ; durch diese beiden Winkel ist die Lage der Sehaxe oder der  $X^1$  Axe des beweglichen Coordinatensystems vollständig bestimmt. Denn wenn wir mit  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  der Reihe nach die Winkel bezeichnen, welche die  $X^1$  Axe mit den festen positiven Coordinatenachsen einschliesst, so ist in dem rechtwinkligen sphärischen Dreiecke  $EHB$

$$\cos \alpha (EB) = \cos r \cos d;$$

ferner ist

$$\beta (EC) = 90^\circ - r; \gamma = 90^\circ - EK$$

und schon durch  $\alpha$  und  $\beta$  bekannt.

Ist nun der Winkel  $\vartheta$  in bekannter Weise beobachtet, so ist damit der Winkel bekannt, welchen die Ebene  $AFE$  und die unbekannte  $X^1Z^1$  Ebene mit einander einschliessen; die Gleichung der Ebene  $AFE$  ist bekannt durch  $AE$  selbst und durch  $AF$  ( $FD = d$ ), und aus einer bekannten Beziehung zwischen dem Cosinus des Winkels  $\vartheta$  und den Coefficienten der Gleichungen



der beiden Ebenen  $AFE$  und der  $X^1Z^1$  Ebene findet sich der eine Coefficient der Gleichung der letzteren; die gleichfalls bekannte Ebene  $ADE$  schliesst den Winkel  $n - \vartheta$  mit der  $X^1Z^1$  Ebene ein, und somit findet sich in ähnlicher Weise aus der Gleichung der Ebene  $ADE$  und dem Winkel  $n - \vartheta$  der andere Coefficient der Gleichung der  $X^1Z^1$  Ebene. Da die  $X^1$  Axe bekannt ist, so kann nun die Gleichung für die  $Z^1$  Axe gefunden werden und damit also auch die drei Winkel  $\alpha'', \beta'', \gamma''$ , welche die  $Z^1$  Axe mit den festen positiven Coordinatenaxen einschliesst. Die Gleichung der  $F^1$  Axe endlich ist gegeben, da die Gleichung der  $X^1Z^1$  Ebene bekannt ist. Somit sind also alle neun Winkel bekannt, welche die Lage des beweglichen Coordinatensystems in dem festen bestimmen, nämlich:

- $\alpha, \beta, \gamma$ , (die  $X^1$  Axe mit den drei festen Axen)  
 $\alpha', \beta', \gamma'$ , (die  $F^1$  Axe „ „ „ „ „ )  
 $\alpha'', \beta'', \gamma''$ , (die  $Z^1$  Axe „ „ „ „ „ )

Mit Hülfe dieser neun Winkel wird nun die Lage der Drehungsaxe, um welche das bewegliche Coordinatensystem aus der Lage, welche das feste hat, in jene Lage gedreht wurde, folgendermassen bestimmt. Die Drehungsaxe ist derjenige Durchmesser der Kugel, welcher gleiche Lage in Bezug auf das feste und bewegliche Coordinatensystem hat. Sind  $a, b, c$  die Winkel, welche die Drehungsaxe mit den drei festen Coordinatenaxen der Reihe nach einschliesst, so sind das auch die Winkel, welche sie mit den gleichnamigen Axen des beweglichen Coordinatensystems einschliesst. Somit haben wir die bekannten Gleichungen für die Umwandlung eines rechtwinkligen Coordinatensystems in ein anderes, deren Anfangspunkte zusammenfallen, als Beziehungen zwischen den drei unbekanntem Winkeln  $a, b, c$  und obigen neun Winkeln, nämlich, indem wir zuerst das feste Coordinatensystem als Ausgangspunkt

nehmen, für welches die durch  $\cos a$ ,  $\cos b$ ,  $\cos c$  ausgedrückten Coordinaten der unbekanntenen Drehungsaxe dieselben sind, wie für das zweite Coordinatensystem:

$$\begin{aligned}\cos a &= \cos a \cos \alpha + \cos b \cos \alpha' + \cos c \cos \alpha'' \\ \cos b &= \cos a \cos \beta + \cos b \cos \beta' + \cos c \cos \beta'' \\ \cos c &= \cos a \cos \gamma + \cos b \cos \gamma' + \cos c \cos \gamma''.\end{aligned}$$

Da nun aber ebensowohl das bewegliche Coordinatensystem als Ausgangspunkt gewählt werden kann, für welches die Coordinaten der Drehungsaxe dieselben sind, und mit dessen drei Axen die Axen des festen Coordinatensystems dieselben neun Winkel einschliessen, aber in anderer Reihenfolge, sofern die feste X-Axe mit den drei beweglichen Axen der Reihe nach die Winkel  $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\alpha''$  u. s. w. einschliesst, so erhalten wir drei neue Gleichungen aus denselben Elementen, in denen nur die Coefficienten von  $\cos a$ ,  $\cos b$ ,  $\cos c$  statt nach verticalen Reihen (vergl. oben), wie vorher, nach horizontalen Reihen sich combiniren; nämlich:

$$\begin{aligned}\cos a &= \cos a \cos \alpha + \cos b \cos \beta + \cos c \cos \gamma \\ \cos b &= \cos a \cos \alpha' + \cos b \cos \beta' + \cos c \cos \gamma' \\ \cos c &= \cos a \cos \alpha'' + \cos b \cos \beta'' + \cos c \cos \gamma''\end{aligned}$$

Werden diese drei Gleichungen mit den ersten drei vereinigt, indem die Summen rechterseits der Reihe nach gleich sind, so fällt in jeder der drei neuen Gleichungen jederseits ein Glied aus, und man erhält:

$$\begin{aligned}\cos b \cos \alpha' + \cos c \cos \alpha'' &= \cos b \cos \beta + \cos c \cos \gamma \\ \cos a \cos \beta + \cos c \cos \beta'' &= \cos a \cos \alpha' + \cos c \cos \gamma' \\ \cos a \cos \gamma + \cos b \cos \gamma' &= \cos a \cos \alpha'' + \cos b \cos \beta''\end{aligned}$$

Diese Gleichungen formen sich in die folgenden um:

$$\begin{aligned}(\cos \alpha' - \cos \beta) \cos b &= (\cos \gamma - \cos \alpha'') \cos c \\ (\cos \alpha' - \cos \beta) \cos a &= (\cos \beta'' - \cos \gamma') \cos c \\ (\cos \gamma - \cos \alpha'') \cos a &= (\cos \beta'' - \cos \gamma') \cos b\end{aligned}$$

von welchen die dritte schon in den beiden ersten ent-

halten ist, und aus denen sich die Doppelgleichung ergibt:

$$\frac{\cos a}{\cos \beta'' - \cos \gamma'} = \frac{\cos b}{\cos \gamma - \cos \alpha''} = \frac{\cos c}{\cos \alpha' - \cos \beta} \quad (1)$$

Setzt man nun jedes dieser drei unter sich gleichen Verhältnisse  $= \frac{1}{\omega}$  und quadriert dann die drei Gleichungen, so erhält man:

$$\begin{aligned} \frac{\cos a^2}{(\cos \beta'' - \cos \gamma')^2} &= \frac{\cos b^2}{(\cos \gamma - \cos \alpha'')^2} \\ &= \frac{\cos c^2}{(\cos \alpha' - \cos \beta)^2} = \frac{1}{\omega^2} \end{aligned}$$

Nun ist das Verhältniss der Summe der Zähler zu der Summe der Nenner ebenfalls  $= \frac{1}{\omega^2}$ ; und daher, wenn der Kürze halber die Nenner der Reihe nach mit  $A^2$ ,  $B^2$ ,  $C^2$  bezeichnet werden:

$$\frac{\cos a^2 + \cos b^2 + \cos c^2}{A^2 + B^2 + C^2} = \frac{1}{\omega^2};$$

wir gewinnen demnach zunächst einen Werth für die eingeführte Grösse  $\omega$ , indem

$$\begin{aligned} \frac{1}{A^2 + B^2 + C^2} &= \frac{1}{\omega^2} \\ \omega^2 &= A^2 + B^2 + C^2 \\ \omega &= \pm \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} \end{aligned}$$

Wird nun dieser Werth für  $\omega$  in die Doppelgleichung (1) gesetzt, in welcher jedes Verhältniss gleich  $\frac{1}{\omega}$  gesetzt wurde, so erhält man die drei Coordinaten der Drehungsaxe in Functionen jener sechs Winkel (drei unabhängig veränderliche fielen aus) ausgedrückt, nämlich:

$$\cos a = \frac{A}{\pm \sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}$$

$$\cos b = \frac{B}{\pm \sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}$$

$$\cos c = \frac{C}{\pm \sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}$$

$A, B, C$  bezeichnen hierin, wie angegeben, die Differenzen je zweier Cosinus der sechs Winkel, nämlich  $A = \cos \beta'' - \cos \gamma'$ ,  $B = \cos \gamma - \cos \alpha''$ ,  $C = \cos \alpha' - \cos \beta$ .

Es ist aber sogleich ersichtlich, dass den Coordinaten  $\cos a$ ,  $\cos b$ ,  $\cos c$  nicht ein, sondern acht Halbmesser der Kugel entsprechen, indem das doppelte Zeichen des Nenners für jede der drei Coordinaten einen negativen und positiven Werth bedingt, und daher acht Combinationen dieser je drei Coordinaten möglich sind. Auf die Erörterung dieses Punktes wurde schon oben verwiesen. In jedem Octanten der Kugel kann eine durch dieselben drei Winkel  $a, b, c$  bestimmte Drehungsaxe gelegen sein, und man sieht also, wie die Gleichungen ganz ohne Weiteres und mit Nothwendigkeit auf die Unterscheidung von Drehungshalbxen, je für eine der beiden möglichen Richtungen der Drehung um einen Durchmesser, führen, wie denn gewöhnlich die Drehung auf diejenige Halbxaxe bezogen wird, um welche sie, vom Endpunkt derselben aus betrachtet, im Sinne der Drehung des Uhrzeigers erfolgt. — Welche von den vier ganzen Drehungsaxen im speciellen Falle genommen werden muss, was aus obigen Gleichungen nicht hervorgehen kann, ist immer aus den Vorzeichen der Coefficienten der Projectionsgleichungen für die beweglichen Coordinatenaxen zu ersehen. In dem Falle, wenn eine der Coordinaten der Drehungsaxe = 0 wird, z. B.  $\cos a = 0$ , sind nur zwei Durchmesser in den Gleichungen enthalten, welche beide in der  $PZ$ Ebene des festen Coordinatensystems liegen. Dieses müsste sich in allen den

Fällen ergeben, in denen die Drehungsaxe für die Primärstellung und irgend eine Tertiärstellung berechnet wird; es ist nämlich dann  $A = 0$ , oder  $\cos \beta'' = \cos \gamma'$ , indem der Winkel, den die  $Z^1$ Axe mit der  $Y$ Axe einschliesst, gleich ist dem Winkel, den die  $Y^1$ Axe mit der  $Z$ Axe einschliesst. Für die Primärstellung einerseits und Secundärstellungen andererseits wird auch  $\cos b$  oder  $\cos c = 0$ , es ist die Drehungsaxe entweder die  $Z$ Axe oder die  $Y$ Axe selbst.

Wenn es sich nun darum handelt, für den Uebergang aus einer zweiten Lage in eine andere zweite Lage die Drehungsaxe zu finden, so müssen zunächst diese beiden Lagen selbst, oder die betreffenden neun Winkel für jede derselben, in der angegebenen Weise berechnet werden; dann muss eine dieser beiden Lagen des beweglichen Coordinatensystems, welche als zwei bewegliche Systeme zu betrachten sind, an die Stelle des im Raume festen Coordinatensystems gesetzt werden, indem man die neun Winkel, welche die Lage des anderen beweglichen Coordinatensystems in Bezug auf das im Raume feste System bestimmen, mit den gewöhnlichen Umwandlungsgleichungen in diejenigen neun Winkel verwandelt, welche die gegenseitige Lage der beiden beweglichen Coordinatensysteme ausdrücken; dann verfährt man mit diesen Elementen grade so, wie so eben angegeben wurde, erhält dann aber die Coordinaten der Drehungsaxe nicht in Bezug auf die im Raume festen Axen, sondern in Bezug auf die beiden beweglichen Coordinatensysteme, aus denen die für die im Raume festen Axen dann verwandelt werden müssen.

Da, wie wir oben fanden, durch die Ermittlung einer einzigen Drehungsaxe für irgend eine zweite Lage des Auges als Ausgangsstellung die Ebene bekannt wird, welche alle Drehungsaxen für diese Ausgangsstellung enthält, sofern eine zweite in dieser Ebene ge-

legene Axe immer als bekannt vorausgesetzt werden kann, nämlich die in der *YZ* Ebene gelegene, um welche das Auge aus der Primärstellung in jene zweite Lage, welche nun Ausgangsstellung sein soll, gedreht wird; so würden durch eine einzige in obiger Weise ausgeführte Berechnung sogleich alle die Wege oder Richtungen bekannt, welche der Endpunkt der Sehaxe von jener Ausgangsstellung aus beschreiben kann, unter denen, wie oben erörtert, nur zwei grade entgegengesetzt verlaufende Theile eines grössten Kreises sind, nämlich der zur Primärstellung zurück-, und der in derselben Linie von ihr weiter fortführende.

Sollte, um alle hier einschlägigen Fragen zu beantworten, auch die Grösse der Drehungsamplitude bestimmt werden, welche in irgend einer zweiten Lage, sei es in Bezug auf die Primärstellung oder auf irgend eine andere zweite Lage, enthalten ist, so geschieht die Berechnung in der oben (§. 3.) schon angegebenen Weise. Drehungsamplitude und Coordinaten der Drehungsaxe sind neben einander auf gleicher Linie bestimmt durch die neun Winkel, die die Lage des bewegten Coordinatensystems bestimmen: für die Drehungsamplitude  $\varphi$  fanden wir oben den Ausdruck:

$$\cos \varphi = \frac{\cos \alpha + \cos \beta' + \cos \gamma'' - 1}{2}$$

und es sind diese drei Winkel  $\alpha$ ,  $\beta'$ ,  $\gamma''$  diejenigen, welche aus den Gleichungen für die Coordinaten der Drehungsaxe ausfielen.

### §. 8.

Wie schon bemerkt, würden wir nun auch auf dem im vorigen Paragraphen angedeuteten Wege, ohne irgend Etwas über die Lage der Drehungsaxen, um welche das Auge aus der Primärstellung gedreht wird, zu wissen, das Resultat erhalten müssen, dass für jede der Berechnung unterworfenen dieser Drehungsaxen

die Coordinate  $x$  oder  $\cos a = 0$  ist, abgesehen von einem hier wesentlich in Betracht kommenden Moment, welches bald erörtert werden wird. Wir können aber zur Prüfung jenes Gesetzes einen kürzeren Weg einschlagen, der, wie sich zeigen wird, sogar nothwendiger Weise zur Elimination eines Fehlers angewendet werden muss.

Da wir nämlich aus anderen experimentellen Ergebnissen bereits wissen, dass alle Drehungsaxen für die Primärstellung als Ausgangsstellung in der  $YZ$  Ebene gelegen sind, so gehen wir hiervon aus, berechnen von dieser Seite her die Grösse des Winkels  $\vartheta$ , wie sie die Theorie verlangt, und vergleichen diese berechnete Grösse mit der für dieselbe Richtung der Sehaxe beobachteten.

In Fig. 3. ist wiederum  $AE$  die Richtung der Sehaxe, und wir nehmen nun also als gegeben an, dass  $AO$  in der  $YZ$  Ebene die Drehungsaxe ist, um welche die Sehaxe aus der Richtung  $AB$  in diese Richtung  $AE$  gedreht wurde.  $AH$  und  $AL$  sind die Projectionen der Sehaxe  $AE$  auf die  $XZ$  und  $YZ$  Ebene. Der Winkel  $HB$ , dessen Cotangente der Coefficient der einen Projectionsgleichung ist, ist schon bekannt, es ist der Winkel  $d$ . Der Winkel  $LC$ , der auf der Kugeloberfläche mit  $m$  bezeichnet ist, wird leicht gefunden aus dem Dreiecke  $EKB$ , wie unten bei den numerischen Beispielen angegeben werden soll; wir setzen  $m$  vorläufig als bekannt voraus. Dann sind also die beiden Projectionsgleichungen von  $AE$  oder der  $X^1$  Axe:

$$\begin{aligned}x &= \cot d z \\y &= \cot m z\end{aligned}$$

Daher ist die Gleichung der zu der  $X^1$  Axe senkrecht stehenden  $P^1Z^1$  Ebene:

$$z = -\cot d x - \cot m y.$$

Nun müssen die Projectionsgleichungen der  $Z^1$  Axe gefunden werden, welche die Form haben mögen:

$$\begin{aligned}x &= p z \\ y &= q z\end{aligned}$$

in denen also  $p$  und  $q$  zu bestimmen sind (deren negatives Zeichen in dem vorliegenden Falle übrigens schon erwartet werden muss). Zwischen diesen Coefficienten und denen der Gleichung der  $F^1Z^1$ Ebene findet die Beziehung statt:

$$\cot d p + \cot m q = -1. (1)$$

Die Drehungsaxe  $AO$  nun, in der festen  $FZ$  Ebene gelegen, schliesst mit der  $Z$  Axe offenbar einen Winkel ein, welcher gleich dem Winkel  $m$  ist, so fern die Ebene  $ALB$  senkrecht zu  $AO$  steht, Drehungsebene der Sehaxe ist. Daher sind die drei Winkel, welche die Drehungsaxe  $AO$  der Reihe nach mit den festen positiven Coordinatenaxen einschliesst:

$$90^\circ, 90^\circ + m \text{ und } m.$$

Wenn wir nun die drei Winkel, welche die bewegliche  $Z^1$  Axe mit den drei festen Coordinatenaxen einschliesst, der Reihe nach mit  $\alpha''$ ,  $\beta''$ ,  $\gamma''$  bezeichnen, und berücksichtigen, dass der Winkel, den die Drehungsaxe  $AO$  mit der beweglichen  $Z^1$  Axe einschliesst, nämlich  $OAP$ , derselbe ist, den sie mit der festen  $Z$  Axe einschliesst, also  $= m$  ist, so haben wir für diesen Winkel die bekannte Gleichung:

$$\begin{aligned}\cos 90^\circ \cos \alpha'' + \cos (90^\circ + m) \cos \beta'' + \cos m \cos \gamma'' \\ = \cos OAP = \cos m.\end{aligned}$$

Mithin

$$\cos m \cos \gamma'' - \sin m \cos \beta'' = \cos m. (2)$$

Nun findet zwischen den Winkeln, welche die  $Z^1$  Axe mit den festen Axen einschliesst, nämlich  $\alpha''$ ,  $\beta''$ ,  $\gamma''$ , und den Coefficienten der Projectionsgleichungen derselben  $Z^1$  Axe, nämlich  $p$  und  $q$ , die Beziehung statt, vermöge welcher ist:

$$\begin{aligned}\cos \beta'' &= \frac{q}{\sqrt{1 + p^2 + q^2}} \\ \cos \gamma'' &= \frac{1}{\sqrt{1 + p^2 + q^2}}\end{aligned}$$



Setzen wir diese Werthe für  $\cos \beta''$  und  $\cos \gamma''$  in die Gleichung (2), so erhalten wir

$$\frac{\cos m - \sin m q}{\sqrt{1 + p^2 + q^2}} = \cos m.$$

Daraus erhält man durch Quadriren und Umformen

$$\begin{aligned} \cos m^2 - 2 \cos m \sin m q + \sin m^2 q^2 \\ = \cos m^2 + \cos m^2 p^2 + \cos m^2 q^2 \end{aligned}$$

Oder

$$(\sin m^2 - \cos m^2) q^2 - 2 \cos m \sin m q = \cos m^2 p^2$$

Mithin

$$p^2 = (\tan m^2 - 1) q^2 - 2 \tan m q.$$

Oben erhielten wir die Gleichung

$$\cot d p + \cot m q = -1. \quad (1)$$

Wird dieselbe quadriert und für  $p^2$  der eben erhaltene Werth gesetzt, so ist

$$\begin{aligned} [(\tan m^2 - 1) q^2 - 2 \tan m q] \cot d^2 \\ = 1 + 2 \cot m q + \cot m^2 q^2 \end{aligned}$$

woraus sich durch Umformung ergibt

$$[(\tan m^2 - 1) \cot d^2 - \cot m^2] q^2 - 2 [\tan m \cot d^2 + \cot m] q = 1.$$

Bezeichnen wir den Coefficienten von  $q^2$  mit  $A$ , den Coefficienten von  $2q$  mit  $B$ , so ist also

$$Aq^2 - 2Bq = 1$$

$$q^2 - 2 \frac{B}{A} q + \left(\frac{B}{A}\right)^2 = \frac{1}{A} + \left(\frac{B}{A}\right)^2$$

$$q - \frac{B}{A} = \pm \sqrt{\frac{1}{A} + \left(\frac{B}{A}\right)^2}$$

$$q = \pm \sqrt{\frac{1}{A} + \left(\frac{B}{A}\right)^2} + \frac{B}{A} \quad (I)$$

Für die numerische Berechnung mag hier sogleich bemerkt werden, dass, wie sich aus späteren die Grösse  $q$  enthaltenden Gleichungen ergibt, die Quadratwurzel in dem eben erhaltenen Werthe für  $q$  in den Fällen, in welchen, wie in dem hier als Beispiel dienenden (Fig. 3),

die Sehaxe nach Innen und Oben gerichtet ist, so wie, wenn sie nach Aussen und Oben gerichtet ist, negativ genommen werden muss, wodurch dann  $q$  selbst negativ wird, was, wie schon bemerkt, erwartet werden muss.

Für  $p$  ergibt sich nun aus der Gleichung (1), indem also  $q$  negativ genommen werden soll:

$$p = - \left( \frac{1 - \cot m q}{\cot d} \right) \text{ (II)}$$

Die Coefficienten der Projectionsgleichungen der  $Z^1$ Axe sind also nun bekannt,  $-p$  und  $-q$ , und da die Gleichungen für die  $X^1$ Axe ebenfalls bekannt sind, so können wir nun die Gleichung für die  $X^1Z^1$  Ebene finden, welche die Form haben möge

$$z = sx + ty.$$

$$\left. \begin{array}{l} x = \cot d z \\ y = \cot m z \end{array} \right\} \text{Projectionsgleichungen der } X^1 \text{Axe.}$$

$$\left. \begin{array}{l} x = -p z \\ y = -q z \end{array} \right\} \text{Projectionsgleichungen der } Z^1 \text{Axe.}$$

Dann finden die beiden Beziehungen statt

$$sp + tq = -1$$

$$s \cot d + t \cot m = 1.$$

Aus der ersten dieser Gleichungen ist:

$$s = - \left( \frac{1 + tq}{p} \right). \text{ (III.)}$$

Dieser Werth in die zweite Gleichung gesetzt giebt

$$t \cot m - \frac{(1 + tq) \cot d}{p} = 1.$$

Mithin

$$(p \cot m - q \cot d) t = p + \cot d$$

$$t = \frac{p + \cot d}{p \cot m - q \cot d} \text{ (IV.)}$$

Somit ist die Gleichung für die  $X^1Z^1$  Ebene bekannt, und es kommt also nur noch darauf an, den Winkel  $\vartheta$  zu finden, welchen diese Ebene mit der Ebene  $AFE$  einschliesst. Wenn die Gleichung der Ebene  $AFE$  die Form hat

$$z = ux + vy,$$

so ist der Coefficient

$$u = -\cot d, \quad (\text{V.})$$

weil  $AF$  die Durchschnittslinie dieser Ebene mit der  $XZ$  Ebene ist. Also ist

$$z = -\cot dx + vy.$$

Da nun in dieser Ebene die  $X^1$  Axe liegt, deren Projectionsgleichungen sind:

$$x = \cot dz$$

$$y = \cot mz$$

so ist

$$v \cot m - \cot d^2 = 1$$

$$v = \frac{1 + \cot d^2}{\cot m} \quad (\text{VI.})$$

Die Gleichungen der beiden Ebenen, deren eingeschlossener Winkel  $\vartheta$  gesucht wird, sind also, wenn wir für die Coefficienten die Zeichen  $s, t, u, v$  ohne Berücksichtigung der Vorzeichen beibehalten:

$$z = sx + ty$$

$$z = ux + vy$$

Dann findet zwischen  $\vartheta$  und den Coefficienten dieser Gleichungen die Beziehung statt:

$$\cos \vartheta = \frac{1 + su + tv}{\sqrt{(1 + s^2 + t^2)(1 + u^2 + v^2)}} \quad (\text{VII.})$$

Würden in diesem Ausdrücke an Stelle der Zeichen die vorher gefundenen Werthe, wie sie enthalten sind in den Gleichungen I bis VI, gesetzt, so würde der  $\cos \vartheta$  ausgedrückt in Functionen der beiden Winkel  $d$  und  $m$ , d. i. in den Coefficienten der Projectionsgleichungen der Sehaxe erscheinen. Damit ist unser Zweck erreicht, und es ist nun also nothwendig für einige specielle Fälle die sieben mit römischen Zahlen bezeichneten Gleichungen auszurechnen, nämlich die Werthe für die Grössen:  $p, q, s, t, u, v$ , um daraus schliesslich den Winkel  $\vartheta$  zu finden, und diesen zu ver-

gleichem mit dem an den Doppelbildern beobachteten. Von den beiden Winkeln  $d$  und  $m$ , in deren Functionen alle diese Grössen ausgedrückt werden, wird der eine,  $d$ , unmittelbar beobachtet; denn nach möglichst genauer Bestimmung der Primärstellung oder der primären Neigung der Visirebene ist  $d$  der Winkel, welchen die Visirebene bei irgend einer anderen Richtung der Sehaxe mit jener einschliesst, welcher positiv und negativ sein kann, wonach die Vorzeichen der Grössen  $p$  und  $q$  sich richten. Der Winkel  $m$  muss erst berechnet werden.

Der Winkel  $r$  oder  $EH$  wird beobachtet, indem  $\tan r$  gleich ist dem Quotienten aus der halben Grundlinie dividirt durch die Entfernung des fixirten Punktes von der Mitte der Grundlinie. Nun ist in dem rechtwinkligen Dreiecke  $EBH$ :

$$\cos EB = \cos r \cos d,$$

und in dem Dreiecke  $LCE$  ist:

$$\cos (90^\circ - r) = \cos (90^\circ - EB) \cos m,$$

mithin

$$\cos m = \frac{\sin r}{\sin EB}.$$

Der Winkel  $r$  kann ebenfalls positiv oder negativ sein; positiv ist er bei allen symmetrischen Stellungen beider Augen, d. h. dann, wenn der fixirte Punkt gleich weit von beiden Augen entfernt ist. Ist  $r$  für das eine Auge negativ (wobei er für das andere immer positiv ist), so wird der Coefficient der einen Projectionsgleichung für die  $X^1$ Axe negativ. Bei solchen unsymmetrischen Augenstellungen muss natürlich immer für jedes Auge eine besondere Rechnung vorgenommen werden; doch ziehen wir hier nur die symmetrischen Augenstellungen in Betracht.

Meine früheren Versuche haben als Primärstellung diejenige ergeben, bei welcher die Sehaxe  $45^\circ$  unter den Horizont geneigt und rechtwinklig zur Grundlinie

gerichtet ist. Ich habe, wie schon Eingangs gesagt, die Versuche in grosser Zahl von Neuem angestellt und zwar mit einem Apparat, welcher genauere Messungen, hauptsächlich der Neigung der Visirebene, zulässt, und was zunächst die Bestimmung der Primärstellung betrifft, so habe ich stets dasselbe Ergebniss, wie früher erhalten; es wurde dabei auch besonders darauf Rücksicht genommen, ob nicht vielleicht die beiden Sehaxen in der Primärstellung unter einem kleinen Winkel convergiren möchten, doch habe ich durchaus in allen Versuchen Parallelismus derselben gefunden. Es müssen zu derartigen Versuchen verkehrte Doppelbilder angewendet werden, deren Parallelismus man beurtheilt, während ein unendlich ferner Punkt fixirt wird. Ich beabsichtigte auch, die Versuche Anderer zur Controle zu benutzen, zumal, da es gar nicht unmöglich ist, dass geringe Verschiedenheiten in Bezug auf die primäre Neigung der Visirebene bei verschiedenen Individuen stattfinden: ich musste aber davon abstehen, irgend eine derartige Vergleichung und Controle anzustellen, sowohl hinsichtlich der Primärstellung, als hinsichtlich der Grösse der auf die optische Axe projecirten Drehung in den Tertiärstellungen, weil Diejenigen, welche ich an meinen Apparat führte, ganz unsicher in dem Urtheil über die relative Lage der Doppelbilder waren, ja meistens dieselben überhaupt nicht beachten konnten bei ruhiger und fester Fixation, und ich habe mich überzeugt, dass nur nach längerer Uebung sichere und brauchbare Resultate erlangt werden können; um so mehr aber muss ich den Wunsch wiederholen, es möchten sich auch Andere dieser Mühe unterziehen, da für die rein subjectiven Versuche dadurch allein eine Controle möglich ist, und bis zu derselben die Zahlen, wie schon früher erinnert, nicht auf allgemeine Geltung Anspruch machen können.

## §. 9.

Nach der im vorigen Paragraphen angegebenen Methode habe ich nun für einige Richtungen der Sehaxe die numerische Berechnung jener sieben Grössen angestellt; es schien unnöthig, die ganze Rechnung hier zu detailliren, und führe ich daher nur die Werthe für jene Grössen auf. Die Zahl der Beispiele brauchte nicht gross zu sein, weil, wie schon bemerkt, die ganze Rechnung weniger den Zweck hatte, das oben gefundene Gesetz noch besonders zu bestätigen, als vielmehr auf die Erörterung einer scheinbaren Abweichung hinzuleiten; ausserdem würden schon zwei beliebig gewählte Beispiele des Beweises genug liefern können.

Der grösseren Einfachheit der Rechnung wegen einerseits, anderseits wegen grösserer Sicherheit der Beobachtung, habe ich Beispiele mit horizontaler Visirebene gewählt, in denen also der Winkel  $d = 45^\circ$  ist: auf die Beweiskraft der Fälle hat diese Wahl durchaus keinen Einfluss.

W.  $d = 45^\circ$ . W.  $r = 5^\circ$  (Convergenzwinkel der Sehaxen  $= 10^\circ$ )

---

log. $q$	$= 0,7057868$	— 2
„ $p$	$= 0,9972636$	— 1
„ $t$	$= 1,4417109$	
„ $s$	$= 0,3837467$	
„ $u$	$= 0$	
„ $v$	$= 1,2087640$	
„ $\cos \vartheta$	$= 9,9996984$	
$\vartheta$	$= 2^\circ 8'$	

W.  $d = 45^\circ$  W.  $r = 8^\circ$  (C. W. d. S. =  $16^\circ$ )

---

log $q$	=	0,9063728	— 2
„ $p$	=	0,9929800	— 1
„ $t$	=	1,2363993	
„ $s$	=	0,3852761	
„ $u$	=	0	
„ $v$	=	1,0023682	
„ cos $\vartheta$	=	9,9992697	
„ $\vartheta$	=	$3^\circ 19'$	

---

W.  $d = 45^\circ$  W.  $r = 10^\circ$  (C. W. d. S. =  $20^\circ$ )

---

log $q$	=	0,9947745	— 2
„ $p$	=	0,9891671	— 1
„ $t$	=	1,1361385	
„ $s$	=	0,3822333	
„ $u$	=	0	
„ $v$	=	0,9042589	
„ cos $\vartheta$	=	9,9988806	
„ $\vartheta$	=	$4^\circ 6'$	

---

W.  $d = 45^\circ$  W.  $r = 15^\circ$  (C. W. d. S.  $30^\circ$ )

---

log $q$	=	0,1622357	— 1
„ $p$	=	0,9754111	— 1
„ $t$	=	0,9611024	
„ $s$	=	0,3916521	
„ $u$	=	0	
„ $v$	=	0,7226442	
„ cos $\vartheta$	=	9,9974180	
„ $\vartheta$	=	$6^\circ 15'$	

---

W.  $d = 45^\circ$  W.  $r = 16^\circ$  (C. W. d. S. =  $32^\circ$ )

---

log $q$	=	0,1870015	—	1
„ $p$	=	0,9720389	—	1
„ $t$	=	0,9326157		
„ $s$	=	0,3929059		
„ $u$	=	0		
„ $v$	=	0,6931673		
„ cos $\vartheta$	=	9,9970588		
$\vartheta$	=	6°40'		

---

W.  $d = 45^\circ$  W.  $r = 17^\circ$  (C. W. d. S. =  $34^\circ$ )

---

log $p$	=	0,2100535	—	1
„ $q$	=	0,9684200	—	1
„ $t$	=	0,9055576		
„ $s$	=	0,3942509		
„ $u$	=	0		
„ $v$	=	0,6651510		
„ cos $\vartheta$	=	9,9966717		
$\vartheta$	=	7°5'		

---

In diesen sechs Beispielen wächst also, bei horizontaler Visirebene, der Convergenzwinkel der Sehaxe, nämlich  $2r$ , von  $10^\circ$  bis  $34^\circ$ , und gleichzeitig wächst der Winkel  $\vartheta$ , d. i. die im binocularen Sehfelde vorhandene auf die optische Axe projecirte Drehung, von  $2^\circ 8'$  bis  $7^\circ 5'$ . Bevor wir diese Resultate mit denen der Versuche vergleichen, ist es nothwendig, an eine zu Anfang dieser Untersuchung gemachte Voraussetzung zu erinnern. Das Auge wurde als Kugel betrachtet, und für ein solches Auge allein haben die absoluten Werthe für  $\vartheta$ , wie sie eben gefunden wurden, Geltung. Der Winkel  $\vartheta$  ist der Winkel, welchen das Retinabild einer im fixirten Punkte zur Visirebene senk-



recht stehenden graden Linie mit der Trennungslinie identischer Netzhauthälften einschliesst. In Fig. 3 entspricht der grösste Kreis *FE* dem Retinabilde jener Linie, und der Kreis *PE* der Trennungslinie identischer Netzhauthälften. In einer Kugel nun wird der Flächenwinkel, welchen zwei durch das Centrum gehende Ebenen mit einander einschliessen, gemessen durch den Winkel, welchen die beiden grössten Kreise, die Durchschnittslinien jener beiden Ebenen mit der Kugeloberfläche, mit einander einschliessen. So berechneten wir den Winkel  $\vartheta$ , indem wir ihn gleichsetzten dem Flächenwinkel zwischen den Ebenen *AFE* und *APE*. Dieser Winkel  $\vartheta$ , dessen Schenkel rechtwinklig zur Durchschnittslinie *AE* der beiden Ebenen stehen, ist der grösste Winkel, den zwei je in einer der beiden Ebenen liegende Linien, die gleiche Winkel mit der Durchschnittslinie einschliessen, mit einander bilden können. Nun ist das Auge, und speciell der hintere Umfang, nicht sphärisch gekrümmt, sondern nahezu ellipsoidisch. Denken wir nun in dieser wahren Gestalt des Auges das in obiger Weise zu einer Kugel reducirte Auge eingeschlossen (oder umgekehrt), so werden wir die beiden Ebenen *AFE* und *APE* noch über die Kugeloberfläche hinaus fortgesetzt denken müssen, bis sie die Retina schneiden, und da ihnen diese nun jedenfalls eine von der Kugelgestalt abweichende Krümmung darbietet, so werden die beiden Durchschnittslinien der Ebenen *AFE* und *APE* mit der Retina, indem sie, wie jedenfalls angenommen werden darf, gleiche Winkel mit *AE* einschliessen, unter sich auf der Retinaoberfläche einen Winkel  $\vartheta^1$  bilden, welcher kleiner ist, als der Flächenwinkel zwischen *AFE* und *APE*, kleiner also, als der Winkel  $\vartheta$ .—Andere Umstände sind hier nicht von Einfluss; obwohl der Kreuzungspunkt der Richtungsstrahlen nicht mit dem Drehpunkte zusammenfällt, so liegt er

doch stets auf  $AE$ , und daher ist die Ebene  $AFE$  die Ebene, welche jene Objectlinie und ihr Retinabild enthält. Die Annahme, dass der Drehpunkt in das Centrum des zur Kugel reducirten Auges fällt, weicht kaum von der Wahrheit ab. — Somit darf also nicht nur, sondern muss nothwendiger Weise erwartet werden, dass die einzelnen berechneten absoluten Werthe für  $\vartheta$  grösser sind, als die beobachteten für  $\vartheta^1$ ;)\*) aber andererseits müssen die relativen Werthe nahezu gleich auf beiden Seiten erwartet werden, d. h. die Proportion, in welcher der Winkel  $\vartheta$  bei verschiedenen Richtungen der Sehaxe wächst oder abnimmt, muss ähnlich oder gleich derjenigen sein, in welcher  $\vartheta^1$  bei denselben Veränderungen der Sehaxenrichtung sich ändert. Dass das Vorzeichen der beiden Winkel  $\vartheta$  und  $\vartheta^1$ , oder das Vorzeichen der Halbaxe der Sehaxe, auf welche die durch jene Winkel repräsentirte projicirte Drehung zu beziehen ist, übereinstimmend ist, wenn die Ebene  $APE$  ( $X^1Z^1$ ) zwischen  $AFE$  und  $ADE$  gelegen ist, wurde oben schon nachgewiesen.

Bei der Mittheilung meiner früheren Versuche habe ich schon angeführt, dass die Fehler, die den einzelnen Zahlen anhaften, von der Art waren, dass sie zu geringe Werthe für den Winkel  $\vartheta^1$  ergeben haben.\*\*\*) Meine später genauer angestellten Messungen haben dies bestätigt, und ich habe für die Richtungen der Sehaxe, für die oben die Berechnung angestellt worden ist, folgende Werthe für  $\vartheta^1$  erhalten:

---

\*) Hierin liegt auch der Grund dafür, dass, wenn bei unbekannter Lage der Drehungsaxe diese nach der im 7. Paragraphen angegebenen Methode mit Hilfe des beobachteten Winkels  $\vartheta^1$  berechnet werden sollte, eine der Differenz zwischen  $\vartheta$  und  $\vartheta^1$  entsprechende Correction nothwendig sein würde. (Vergl. pag. 84. §. 8.)

\*\*) A. a. O. pag. 46.

$d$	$= 45^{\circ}$	"	"	"	"	"
$r$	$= 5^{\circ}$	$= 8^{\circ}$	$= 10^{\circ}$	$= 15^{\circ}$	$= 16^{\circ}$	$= 17^{\circ}$
$\vartheta^1$	$= 0^{\circ} 54'$	$= 1^{\circ} 53'$	$= 2^{\circ} 37'$	$= 3^{\circ} 10'$	$= 3^{\circ} 50'$	$= 4^{\circ} 30'$
$\vartheta$	$= 2^{\circ} 8'$	$= 3^{\circ} 19'$	$= 4^{\circ} 6'$	$= 6^{\circ} 15'$	$= 6^{\circ} 40'$	$= 7^{\circ} 5'$

Die Werthe für  $\vartheta^1$  sind das Mittel aus einer grösseren Reihe von Versuchen; wer dieselben wiederholt hat, wird es in der Art der Versuche begründet finden, dass Schwankungen bis  $30'$  für  $\vartheta^1$  so gut wie unvermeidlich sind. Die oben berechneten Werthe sind neben  $\vartheta$  noch ein Mal zur Vergleichung aufgeführt. Die absoluten Werthe zeigen eine ziemlich gleichmässige und constante Differenz, wie sie erwartet werden musste; dagegen ist das Verhältniss, in welchem  $\vartheta^1$  und  $\vartheta$  wachsen, ein durchaus ähnliches, so weit überhaupt die Anforderungen gehen dürfen; und für diese Uebereinstimmung der relativen Werthe liefern auch die früher mitgetheilten zahlreicheren Beispiele Belege.

Somit glaube ich, dass nach Allem, was erörtert wurde, ganz besonders aber, wie ich wiederholen muss, nach dem, was die thatsächliche Feststellung der Secundärstellungen beweist, dass das oben abgeleitete Listing'sche Gesetz für die Drehungen des Auges als feststehend und bewiesen angenommen werden darf.

Es versteht sich nun auch von selbst, dass die andere Hälfte des Winkels  $n$ , nämlich  $\eta$ , d. i. die auf die optische Axe projectirte Drehung, wie sie im monocularem Sehfelde, objectiv, zu beobachten ist, wirklich in den Tertiärstellungen vorhanden ist; ihre Existenz ist durch die des Winkels  $\vartheta$  nach Richtung und Grösse (sofern  $\vartheta$  nicht  $= n$ ) bewiesen. Entzieht sich der Winkel  $\eta$ , der also z. B. an einem markirten Punkte der Iris in oben angegebener Weise beobachtet werden könnte, der unmittelbaren Wahrnehmung, so kommt

das lediglich auf Rechnung seiner geringen Grösse in den meisten Augenstellungen und der in der Natur der Sache begründeten Ungenauigkeit der Beobachtung. Da der Winkel  $\eta$  gleich  $n - \vartheta$  ist, so kann er leicht gefunden werden. In der folgenden kleinen Tabelle ist der Winkel  $n$ , dessen Cotangente 
$$= \frac{\cot d}{\sin r}$$
 für die obigen sechs Augenstellungen berechnet und  $\eta$  durch Subtraction von  $\vartheta$  (natürlich nicht  $\vartheta^1$ ) gefunden.

$d$	$=45^\circ$	"	"	"	"	"
$r$	$=5^\circ$	$=8^\circ$	$=10^\circ$	$=15^\circ$	$=16^\circ$	$=17^\circ$
$n$	$=4^\circ 58'$	$=7^\circ 55'$	$=9^\circ 51'$	$=14^\circ 30'$	$=15^\circ 25'$	$=16^\circ 18'$
$\eta$	$=2^\circ 50'$	$=4^\circ 34'$	$=5^\circ 45'$	$=8^\circ 15'$	$=8^\circ 45'$	$=9^\circ 13'$

Ich bemerke in Bezug auf die gewählten Stellungen des Auges, dass die beiden letzten, bei denen der Convergzwinkel der Sehaxen  $32^\circ$  und  $34^\circ$  ist, zu den äussersten gehören, welche erreicht werden können: für meine Augen ist  $34^\circ$  der grösste Convergzwinkel, bei welchem nur noch mit einiger Mühe eine anhaltende Fixation zur Beobachtung von Doppelbildern möglich ist. Eine diesen Werthen von  $\eta$  entsprechende Beweglichkeit, Dehnbarkeit und Nachgiebigkeit müssen demnach alle die mit dem Bulbus in Verbindung stehenden Theile, Conjunctiva, Ciliarnerven, Sehnerv und besonders auch die Muskeln, besitzen, deren letzterer Insertionen daher auch nicht unbeträchtlich ihre Lage im Raume ändern, wodurch für jede einzelne Augenstellung die Lage der Axe, um welche ein Muskel allein zu drehen strebt, eine besondere wird, worauf ich zurückkommen werde. — Da die Gestalt des Augapfels auch an dem vorderen Umfange von der sphärischen

abweicht, so würde der etwa an einem markirten Punkte oder einem Gefässchen in der Nähe der Cornea zu beobachtende Winkel  $\eta^1$  ebenfalls kleiner ausfallen müssen, als der berechnete Winkel  $\eta$ . Gefässe, als Beobachtungsobjecte, welche weiter von der Cornea entfernt sind, werden eine geringere Grösse des Winkels  $\eta^1$  noch aus anderem Grunde ergeben können; da nämlich die Befestigung der Conjunctiva nach der Peripherie zu allmählich lockerer wird, so wird sie sich dem entsprechend, je weiter von der Cornea entfernt, desto weniger bei jener durch  $\eta$  repräsentirten Drehung theiligen. Die eigenthümliche, spannende und schmerzhaft empfindung, welche bei sehr grossem Converganzwinkel der Sehaxen und bei sehr starker Auf- oder Abwärtsneigung der Visirebene auftritt, wird, abgesehen von der Spannung der Muskeln, vielleicht auch in der bei derartigen Augenstellungen beträchtlichen Grösse des Winkels  $\eta$  begründet sein, mögen die Nerven der Conjunctiva oder die in der Orbita verlaufenden Nerven gezerrt die Vermittler der Empfindung sein.

Ein bekannter Versuch, die Eintrittsstelle des Sehnerven leuchtend wahrzunehmen, besteht darin, dass man bei geschlossenen Lidern möglichst rasch die Augen von einer Seite zur anderen wirft: während der Bewegung treten zwei leuchtende Flecke im dunklen Sehfeld auf. Eine Bedingung gehört, wie mir scheint, noch zum Gelingen des Versuches: man darf die Augen nicht in der primären Neigung der Visirebene halten; dann erfolgt nämlich jene Bewegung in dieser primären Richtung, d. h., in der  $XY$ Ebene, das Auge gelangt in lauter Secundärstellungen, bei denen der Winkel  $\eta$  stets gleich Null ist. Macht man dagegen den Versuch z. B. bei horizontaler oder aufwärtsge-  
neigter Visirebene, so gelingt er, wenn recht rasch aus-

geführt, und gewiss ist das Auftreten der leuchtenden Stellen wiederum in der rasch zu- und abnehmenden Grösse des Winkels  $\eta$  begründet, der, wie oben bemerkt, Torsion des peripherischen Endes des Sehnerven bedingt, die derselbe, wenn sie langsam und allmählig eintritt, ohne Reaction ertragen wird, wahrscheinlich aber nicht, wenn sie plötzlich bis zu hohem Grade erfolgt.

Endlich erinnere ich noch daran, dass der Mariotte'sche Fleck in doppelter Weise benutzt werden kann, um die auf die optische Axe projecirte Drehung als Winkel  $\eta$  auch subjectiv zu beobachten. Die beiden Winkel  $\vartheta$  und  $\eta$  unterscheiden sich ja wesentlich durch den Beziehungspunkt, von wo aus jeder gemessen werden muss;  $\vartheta$ , im binocularen Sehfelde zu beobachten, also lediglich subjectiv, wird von der Ebene *AFE* aus gerechnet. Die bei derselben Richtung der Sehaxe vorhandene Lage des Auges kann auch durch den Winkel  $\eta$  bezeichnet werden; dann wird eine auf die optische Axe projecirte Drehung an dem Auge selbst und seiner Umgebung beobachtet und von der Ebene *ADE* aus gerechnet. Der Winkel  $\eta$ , im Allgemeinen objectiv zu beobachten, kann nun subjectiv ebenfalls am Mariotte'schen Fleck beobachtet werden: dies sind die von mir schon früher mitgetheilten Versuche (a. a. O. §. 40 und 44.) in denen das Bild eines Objects auf die Eintrittsstelle des Sehnerven gebracht wird, und man nun für verschiedene Augenstellungen den relativen Ort des Objects im Sehfelde ändern muss, je nachdem sich der Mariotte'sche Fleck um die optische Axe gedreht hat; die anderen Versuche werden mit Hülfe der Purkinje'schen Versuche gemacht, bei denen man in verschiedenen Augenstellungen den Mariotte'schen Fleck höher oder tiefer am äusseren Rande des Sehfeldes auftauchen sieht, Drehungen, welche sich an den Gefässen selbst ebenfalls wahrnehmen lassen.

Was nun den Begriff der Primärstellung des Auges betrifft, welchen wir gleich im Anfang dieser Untersuchung ohne Weiteres eingeführt haben, so wird die Erklärung und Bedeutung desselben im Verlauf sich ergeben haben. Es ist diejenige Augenstellung, welche man sich gewissermassen bei der Einrichtung der Bewegungen zum Grunde gelegt denken kann; als Ausgangspunkt gewählt sind die Lagen, in welche das Auge von ihr aus gelangt, die Norm für alle übrigen Bewegungen, von allen übrigen Stellungen als Ausgangsstellungen aus. Die Primärstellung darf in ihrer nächsten Beziehung zu den Bewegungen des Auges nur als *prima inter pares* bezeichnet werden, und es darf nicht die Bedeutung hereingezogen werden, als ob das Auge etwa vorzugsweise sich in dieser Stellung befinden müsste, als ob es leichter und häufiger aus dieser Stellung bewegt würde, als aus irgend einer anderen. Die Primärstellung ist höchst wahrscheinlich nicht die Ruhelage des Auges, und keinesfalls ist sie *a priori* dafür zu halten; sondern die Muskeln befinden sich wahrscheinlich dann in der Ruhelage, wenn die Visirebene horizontal gerichtet ist, wie man es gewöhnlich anzunehmen pflegt. Aber das Gesetz, wonach alle Drehungen erfolgen, kann angesehen werden, als wäre es zunächst für diese eine, aus allen übrigen Stellungen herausgegriffen, geschaffen, und daher lässt sich das Gesetz in der oben abgeleiteten Form ausdrücken, dass nämlich das Auge aus der Primärstellung stets um eine zur Sehaxe senkrechte Axe gedreht wird; die Lagen, welche das Auge auf diese Weise erhält, und die Sehaxe kann ja aus der Primärstellung in alle überhaupt möglichen Richtungen geführt werden, sind nun Regel, Gesetz für alle übrigen Bewegungen, die so geschehen, dass die Lagen des Auges bei bestimmten Richtungen der Sehaxe stets dieselben sind, welche Augenstellung auch Aus-

gangsstellung war, und zwar diejenigen, in welche das Auge aus der Primärstellung gelangt. Für die Physiologie des Sehorgans haben ausserdem die Primärstellung und die Secundärstellungen ihre besondere Bedeutung, welche besprochen wurde. Eben diese aus der Existenz der Primärstellung und der Secundärstellungen sich ergebenden Consequenzen für die Verhältnisse des Einfachsehens, für die Beschaffenheit des Horopters sind es, welche mit grosser Wahrscheinlichkeit als Gründe angesehen werden können dafür, dass grade jene,  $45^{\circ}$  unter den Horizont geneigte, Richtung der Sehaxe zur primären für die Mechanik des Auges gemacht worden ist, welche bei alleiniger Berücksichtigung der Bewegungen, wie aus dem so eben Erörterten ersichtlich, wahrscheinlich eben sowohl jede andere Augenstellung hätte sein können. Im Allgemeinen erfordern nämlich die Augenstellungen mit abwärts gerichteter Sehaxe beim Menschen die grösste Ausdehnung des Horopters. Werden aufwärts geneigte Sehaxen benutzt, so sind sie auch in den meisten Fällen parallel oder nahezu parallel gerichtet, selten bedürfen wir der Convergenz der Sehaxen auf nahe liegende Punkte bei aufwärts gerichteter Visirebene; mithin sind solche Augenstellungen nahezu Secundärstellungen der einen Art, bei denen ja die Neigung der Visirebene überhaupt ohne Einfluss auf die Lage der Netzhaut und bei denen der Horopter eine Fläche ist.

Dagegen bedürfen wir bei abwärts gerichteter Visirebene meistens oder immer zugleich der Convergenz der Sehaxen: wäre nun die Primärstellung nicht selbst eine Stellung mit abwärts geneigter Sehaxe, läge sie also und die Secundärstellung der anderen Art nicht in der Nähe jener Augenstellungen mit Convergenz der Sehaxen, so würde in diesen, die so häufig andauernd und vorzugsweise von den meisten Menschen gebraucht werden müs-



sen, eine erhebliche auf die optische Axe projecirte Drehung, ein Winkel  $\vartheta$  von ansehnlicher Grösse vorhanden sein, der den grade dann gleichfalls so nothwendigen flächenartigen Horopter streng und mathematisch genommen zur Linie, praktisch genommen jedenfalls doch auf einen kleinen mittleren Theil des Sehfeldes reduciren würde. (Vergl. hierüber auch das a. a. O. §. 35 Gesagte.) Mag dieses Moment nicht das einzige sein, welches die Abwärtsneigung der primären Richtung der Sehaxe bedingte, mögen auch vielleicht in der Mechanik selbst noch Gründe für dieselbe enthalten sein, die Berechtigung des Angeführten als eines der Gründe liegt, wie mir scheint, auf der Hand.

In den Beiträgen zur Physiologie des Sehorgans (p. 93) habe ich einen falschen Schluss aus den Versuchen gezogen, indem ich meinte, dass Auge würde so gedreht, dass es stets eine und dieselbe Orientirung zu seinem eignen Gesichtsfelde behielte. Das Irrthümliche hierin ergiebt sich aus dem Bisherigen von selbst: ich war der Meinung, der Winkel  $\eta$  existirte nicht, oder eine auf die optische Axe projecirte Drehung existirte nicht als Winkel  $\eta$ , sondern nur als Winkel  $\vartheta$ , der Winkel  $\vartheta$  allein sei gleich dem Winkel  $n$ , wie es der Fall sein würde, wenn das zweite der beiden oben supponirten Bewegungsprincipe realisirt wäre, in welchem die feste Z-Axe in der beweglichen  $X^1Z^1$  Ebene lag. Eine genauere Untersuchung und Berechnung hatte ich damals noch nicht angestellt.

### §. 10.

Nachdem wir nun versucht haben, die Bewegungen, welche dem Augapfel im Leben ertheilt werden, festzustellen, würde die Frage nach den bewegenden Kräften folgen. Wir kennen für jede einzelne Drehung des

Auges die Drehungsaxe, und zwar wissen wir von derselben nicht nur ihre Lage im Auge, sondern auch, dass diese Lage für die ganze Dauer einer einfachen Drehung constant bleibt, oder dass die augenblickliche Drehungsaxe in jedem Zeitelement der Bewegung eine und dieselbe ist. Die augenblickliche Drehungsaxe des Auges nun kann, wie schon in der Einleitung bemerkt, angesehen werden als die Axe des aus den in dem Zeitelement am Auge wirksamen Drehungsmomenten resultirenden Moments, weil die Widerstände beim Auge so gross angeschlagen werden können, dass die dem Auge in dem vorhergehenden Augenblicke der Bewegung ertheilte Geschwindigkeit um dieselbe augenblickliche Drehungsaxe beim Beginn des folgenden Augenblickes gleich Null gesetzt werden kann, so dass das Auge in jedem Augenblicke der Drehung zu Ruhe kommen würde, wenn nicht immer von Neuem die Muskeln anzögen, und zwar, da die endliche Drehung um eine feste Axe erfolgt, in jedem Augenblicke mit der gleichen relativen Kraft. Ganz streng genommen kann allerdings wohl niemals die schon bestehende Geschwindigkeit gleich Null gesetzt werden, doch glaube ich, dass beim Auge diese die Betrachtung vereinfachende Annahme vorläufig erlaubt sein kann. Wie nun bei gegebener Axe des resultirenden Moments die componirenden Momente der Muskeln gefunden werden, darüber haben wir neuerlichst eine erschöpfende Untersuchung von A. Fick erhalten: „Die Bewegungen des menschlichen Augapfels“ (Zeitschrift für rationelle Medicin, IV. Band. 1854. p. 101). Fick hat die Coordinaten der Ursprungs- und Insertionspunkte der Augenmuskeln in Bezug auf ein im Raume festes Coordinatensystem berechnet, welches letztere so gelegen angenommen wurde, dass es die Ruhelage des Auges, bei horizontal gradeaus gerichteter Sehaxe characterisirt, in

Bezug auf die Primärstellung eine Secundärstellung mit  $45^\circ$  aufwärts von der Primärstellung geneigter Sehaxe. (Ich bemerke hier, dass Fick eine andere Bezeichnung der einzelnen Axen hat, als ich oben angenommen habe, und dass ich der Fick'schen Nomenclatur gefolgt sein würde, wenn mir nicht andere Gründe die Abweichung wünschenswerth gemacht hätten; eine Umformung der einen in die andere Bezeichnung hat indess durchaus keine Schwierigkeiten.) Fick stellt dann die Gleichungen für die Axen auf, um welche jeder Muskel, wenn er allein thätig wäre, das Auge zu drehen strebt. Mit diesen Axen, deren Coordinaten in Bezug auf das im Raume feste System sich mit den Augenstellungen selbst ändern, wird dann zur Componirung gegebener augenblicklicher Drehungsaxen verfahren, wie mit Kräften, nach dem Parallelogramm oder Parallelepipid der Kräfte. Sollten nun z. B. für irgend eine Axe, um welche das Auge aus der Primärstellung gedreht wird, die componirenden Momente gefunden werden, so würde anzunehmen sein, ein im Auge festes, mit demselben bewegliches, Coordinatensystem sei zunächst aus der Ruhelage, d. h. aus Coincidenz mit dem Fick'schen im Raume festen System, in die Lage des in dieser Untersuchung zu Grunde gelegten festen Systems, d. h. in die Primärstellung gedreht; und indem nun die Insertionspunkte der Muskeln an dieser Bewegung Theil nahmen, sind also die von Fick berechneten Coordinaten dieser Punkte auf diesen im Auge festen Axen dieselben geblieben; diese Coordinaten müssen nun zurück verwandelt werden in die auf den Fick'schen; im Raume festen Axen, welche die Ruhelage des Auges repräsentiren, eine Transformation, welche einfach ist, weil die Axe der  $x$  des Fick'schen Systems mit der  $Y$  Axe des die Primärstellung repräsentirenden Systems zusammenfällt. Nach dieser Umwandlung kennt man also die Lage

der Muskelebenen und damit die der Muskelaxen für die Primärstellung bezogen auf die Ruhelage des Auges oder der Muskeln. Dann können mittelst der Fick'schen Gleichungen die componirenden Momente für eine bekannte Axe des resultirenden Moments berechnet werden. Aehnlich würde für jede beliebige andere Stellung des Auges als Ausgangsstellung für Drehungen zu verfahren sein, in denen die Lage des beweglichen Coordinatensystems ja stets in Bezug auf die Primärstellung, und durch diese auch in Bezug auf die Ruhelage (festes System von Fick) bekannt ist.

Sollen nun aber für eine gegebene Drehungsaxe oder Axe des resultirenden Moments die componirenden Momente berechnet werden, so muss, wie Fick speciell nachgewiesen hat, immer noch eine Annahme zu machen erlaubt sein; die Muskeln können sich nämlich auf unendlich vielerlei Weisen betheiligen, um das Auge um eine gegebene Axe zu drehen: während es eine einzige Art des Zusammenwirkens giebt, bei welcher um eine gegebene Axe mit dem möglichst kleinen Kraftaufwand die Drehung erfolgt, können sich diesen nothwendigen Wirkungen noch in unendlich vielen verschiedenen Graden überflüssige, sich gegenseitig aufhebende Wirkungen der Muskeln zugesellen, die auf das Resultat, auf die Drehung keinen Einfluss haben. Will man nun eine Berechnung der Drehungsmomente anstellen, so muss irgend eine Annahme über diese Verhältnisse gemacht werden, und Fick hat diejenige als die wahrscheinlichste hingestellt, wonach die Drehung mit der möglichst geringen Gesamtanstrengung ausgeführt wird; denn „jede überflüssige, d. h. zu der gewünschten Drehung nicht absolut nothwendige, Anstrengung wird in den Muskeln, die sie im Gleichgewicht halten, als Widerstand empfunden; es ist also wahrscheinlich dass sie die Seele sofort fallen lässt und nach einiger

Uebung gar nicht mehr versucht." Gräfe\*) hat sich gegen diese Annahme erklärt und hält es für unzulässig, grade am Auge die Mitbewegungen ganz wegzuleugnen und die Associationen der Bewegungen lediglich auf das Zweckmässige zu beschränken, da bei allen übrigen Muskelgruppen des Körpers Mitbewegungen stattfinden. Obwohl allerdings von vorn herein kein Grund dafür vorliegt, dass die Augenmuskeln eine Ausnahme in dieser Beziehung machen sollten, als ob gleich von Anfang an das Kind nur den graden nothwendigen und zweckmässigen Kraftaufwand bei den Augenbewegungen machte, so scheint es mir doch mit Fick sehr wahrscheinlich, dass in dem Centrum für die Augenbewegungen Verhältnisse stattfinden, vermöge deren leichter, als sonst, das Ueberflüssige eliminirt wird; zwar vielleicht nicht bei allen Menschen in gleichem Grade, besonders aber da, wo häufige, rasche Augenbewegungen zur Gewohnheit geworden sind, und Gräfe vermuthet wohl mit Recht, dass Verschiedenheiten in diesen Verhältnissen die Unterschiede in der Rapidität und Leichtigkeit des Blickes zum Theil begründen. Aber wenn nun auch nicht ganz allgemein angenommen werden kann, dass die Drehungen des Auges stets mit dem geringsten Kraftaufwand gemacht werden, so muss doch, wie mir scheint, diese Annahme bei Berechnungen zum Grunde gelegt werden, da jedenfalls angenommen werden darf, dass es Menschen giebt, für die sie Geltung hat; denn das physiologische Interesse einer derartigen Rechnung würde doch wohl vielmehr darin liegen, zu wissen, welche Kraft und Combinationen gegebener Kräfte nothwendig sind, um dem Auge diese oder jene Bewegung zu ertheilen, als darin, für irgend einen speciellen Fall einen immer nur hypothetischen unnöthigen Kraftaufwand zu kennen.

\*) A. a. O. p. 24.

Etwaige Mitbewegungen bei den Augenmuskeln in dem Sinne von Fick sind auch nicht völlig identisch und in jeder Beziehung vergleichbar den zwecklos associirten Bewegungen in anderen Muskelgruppen. Jene würden nämlich nicht nur zwecklos, sondern zweckwidrig sein, sie würden in den Muskeln, die jene im Gleichgewicht halten müssen, wenn das Resultat, die gewünschte Drehung, ungestört erfolgen soll, als Widerstand empfunden werden: die Mitbewegungen innerhalb anderer Muskelgruppen, so weit uns dieselben bekannt sind und welche gewöhnlich gemeint sind, pflegen sich nicht so, nicht als Widerstände zu verhalten; sie laufen gewissermassen nur nebenher, erhöhen zwar oft um Bedeutendes die Gesamtanstrengung, welche der Organismus auf irgend eine Bewegung verwendet, aber dieses nur durch ihr Auftreten, sie erhöhen im Allgemeinen nicht die zu leistende Arbeit der einzelnen für die intendirte Bewegung wesentlichen Muskeln. Zwar könnten bei jedem Gelenke, wie beim Auge, solche nicht bloss Mit- sondern Gegenbewegungen in Frage kommen; wir wissen über sie Nichts, aber die von Fick für die Augenbewegungen gemachte Annahme scheint mir für alle derartige Mitbewegungen als von vorn herein gestattet, besonders wenn man berücksichtigt, dass die Grösse des Querschnitts jedes einzelnen Muskels für irgend ein bestimmtes Mass der Widerstände oder des zu hebenden Gewichts adaptirt sein muss, ein Moment, welches besonders bei den Augenmuskeln der Berücksichtigung verdient und uns sogleich einen ferneren Anhaltspunkt liefern soll.

Ist nun in der erörterten Weise ein resultirendes Moment in die componirenden Momente der Muskeln zerlegt, so fragt es sich, was für Aufschluss wir dadurch über die Wirkungen der bethelligten Augenmuskeln erhalten. Drehungsmoment wird das Product aus der

Kraft  $P$  und der Länge des Hebelarms genannt. Vergleichen wir Drehungsmomente der Augenmuskeln und ihre resultirenden Momente, so ist die Länge des Hebelarms, d. i. der Halbmesser des Auges, stets dieselbe, und wir haben es nur mit  $P$  allein zu thun. Ist nun das als Einheit zu Grunde gelegte resultirende Moment z. B. in zwei rechtwinklige componirende Momente  $P'$  und  $P''$  nach dem Parallelogramm der Kräfte zerlegt, so verhalten sich diese beiden wie die Cosinus der Winkel, welche ihre Momentenaxen mit der Axe des resultirenden Moments einschliessen,

$$\frac{P'}{P''} = \frac{\cos a}{\cos b}.$$

Es fragt sich nun, welchem physiologischen Begriffe dieses bekannte Verhältniss der Cosinus gleich zu setzen ist.

Donders \*) hat vorgeschlagen, den quantitativen Antheil eines Muskels an einer Drehung dadurch zu bestimmen, dass in der nach vollendeter Bewegung erlangten Lage des Auges die Lagenveränderung der Muskelinsertionen ermittelt wird, wobei diejenigen Muskeln als die thätig gewesenen anzusehen sind, deren Insertionspunkt dem Ursprungspunkte näher gerückt ist: das Verhältniss der so zu findenden Verkürzung der betheiligten Muskeln ist das Verhältniss, in welchem dieselben Antheil an der Drehung nahmen. Dieser Vorschlag von Donders ist durchaus nicht so zu verstehen, was bereits Gräfe bemerkt hat, als ob das Quantum der Verkürzung eines Muskels ein Ausdruck für die Kraft sein sollte, mit welcher er thätig war; das Verhältniss der Verkürzung zweier als gleich zu betrachtender Augenmuskeln, die gleichzeitig sich zu verkürzen begannen und gleichzeitig ihre Wirkung einstellten, soll nur dem Verhältniss gleichgesetzt werden, in welchem

---

\*) Holländische Beiträge I. p. 136.

sie sich bei der Drehung des Auges beteiligten. Wenn man diesen Antheil, den ein Muskel activ an der Drehung nahm, die von ihm entwickelte Kraft nennen will, seine Kraftäusserung, so ist dieser Begriff nicht identisch mit dem Begriffe Kraft, den wir mit  $P$  bezeichneten; sondern jener Antheil des Muskels an der Drehung ist nur die Arbeit, der Nutzeffect, die der Muskel geleistet hat; und das Verhältniss der Verkürzung der beiden Muskeln ist identisch mit dem Verhältniss der geleisteten Arbeit. Von hieraus kann man nun allerdings noch etwas weiter kommen. Zunächst muss ich ein Moment hervorheben, welches auch Donders schon berücksichtigt hat: die Insertionspunkte der Muskeln ändern während der Drehungen des Auges ihre Lage nicht nur innerhalb der ursprünglichen Muskelebene, wobei die Axe des Muskels eine und dieselbe Lage behält, sondern auch so, dass die Muskelebene und damit die Axe, um die der Muskel zu drehen strebt, in jedem Augenblicke der Drehung eine andere Lage erlangt. Da nun die Drehungen des Auges in der That um feste Axen erfolgen, oder da die augenblickliche Drehungsaxe eine und dieselbe Lage behält, so muss das Verhältniss, in welchem die beteiligten Muskeln zusammenwirken, in jedem Augenblicke, entsprechend der Lagenveränderung der Ebene, in der sie wirksam sind, schwanken, und die componirenden Momente können nicht in jedem Augenblicke dieselben sein. Bei kleinen Drehungsamplitüden kommt dies Moment wenig in Betracht, und für den Muskel gar nicht, dessen Insertionspunkt sich nur innerhalb der ursprünglichen Muskelebene bewegt. Wird aber von dem eben angeführten Umstande abgesehen, so wird man sagen können, dass das Verhältniss, in welchem sich zwei gleiche, ihre Wirkung zugleich beginnende und einstellende Augenmuskeln verkürzt haben, auch das Verhältniss ist, in welchem sie sich in jedem Augenblicke



der Wirkung verkürzten, und in welchem sie das Zusammenwirken begannen. Verkürzt sich nun ein Muskel während eines Zeitelements z. B. um das Doppelte von dem, um welches sich in demselben Zeitelement ein anderer gleicher Muskel verkürzt, so wird man sagen können, dass der eine Muskel sich mit der doppelten Energie von der des anderen verkürzt hat. Fick hat das Drehungsmoment  $P'$  eines Muskels gradezu der Contractionsenergie gleichgesetzt; aber es ist nicht angegeben, was unter Contractionsenergie zu verstehen ist, und das möchte weiter in Frage kommen. In welchem Verhältniss die Energie und Lebhaftigkeit des der Contraction des Muskels zum Grunde liegenden chemischen Processes, deren Verschiedenheiten Unterschiede der Contractionsenergie bedingen können, zu der Contractionsenergie oder der zu leistenden Arbeit steht, wissen wir nicht; ausserdem kennen wir noch kein Maass für die Contractionsenergie, keine zum Grunde zu legende Einheit.

Man darf annehmen, dass Fälle vorkommen, in denen ein einziger Muskel das Auge dreht. Nennen wir nun mit Weber \*) das Gewicht, welches einem sich zu contrahiren strebenden Muskel grade das Gleichgewicht hält, so dass der Muskel weder das Gewicht hebt, noch durch dasselbe ausgedehnt wird, die absolute, volle Kraft des Muskels, so ist diese, wie Weber nachgewiesen hat, lediglich dem Querschnitte des Muskels proportional, wobei ein bestimmter physiologischer Zustand der Muskelsubstanz vorausgesetzt wird. Diese absolute Kraft wird nur entwickelt, wenn der Muskel aus dem Zustand der Ruhe in den der Contraction überzugehen strebt. Alle sechs Augenmuskeln haben nun nahezu gleichen Querschnitt, welcher  $n$  heissen mag, was die

\*) Artikel Muskelbewegung, Handwörterbuch der Physiologie.

Zahl der Primitivbündel bedeutet. Wenn nun unter Umständen ein Augenmuskel allein das Auge aus einer bestimmten Anfangsstellung zu drehen vermag, so wissen wir also, dass die einem menschlichen Muskel vom Querschnitt  $n$  entsprechende Kraft grösser ist, als das gehobene Gewicht, d. h. der um einen festen Punkt drehbare Augapfel mit den Widerständen, zu denen auch die durch die Bewegung angespannten Muskeln zu rechnen sind. Der Querschnitt des Augenmuskels wird von der Art sein müssen, dass, bis das Auge die grösstmögliche Drehungsamplitude um die Axe jenes Muskels erlitten hat, die, mit der Contraction abnehmende, entwickelte Kraft noch grösser ist, als das Gewicht. Niemals aber hat der Augenmuskel mehr zu leisten, als dies, und daher darf angenommen werden, dass der Querschnitt des Muskels nicht grösser ist, als für die Drehung des Auges um die Muskelaxe selbst erforderlich ist, oder umgekehrt, dass das durch den drehbaren Augapfel repräsentirte Gewicht, nur um Weniges vergrössert, der absoluten Kraft eines Augenmuskels von  $n$  Primitivbündeln entsprechen würde. Ein unnützes Uebermaass von absoluter Kraft wird der Augenmuskel nicht haben. Aus derselben Stellung nun, aus welcher wir eben einen Muskel allein drehen liessen, kann das Auge nach unendlich vielen anderen Richtungen mit derselben Geschwindigkeit gedreht werden. Bei allen diesen Drehungen aber ist das Gewicht, in welches der drehbare Augapfel mit den Widerständen übersetzt werden muss, ein und dasselbe; folglich reicht auch für alle diese Drehungen dieselbe Kraft aus, welche bei der Drehung um jene Muskelaxe erforderlich war, nämlich die absolute Muskelkraft von  $n$  Primitivbündeln. Findet aus jener Anfangsstellung eine Drehung mit bestimmter Geschwindigkeit um irgend eine Axe, die nicht Muskelaxe ist, statt, so können wir

behaupten, dass die dann wirksame Kraft sich so verhalten muss, als ob ein Augenmuskel vom Querschnitt  $n$  um jene Axe, als seine eigne Muskelaxe, drehte. Es ist also bei jener Anfangsstellung jedes resultirende Moment  $P$  gleich der einem menschlichen Muskel vom Querschnitt  $n$  entsprechenden absoluten Kraft zu setzen. Verhalten sich nun zwei componirende Momente eines resultirenden wie  $\frac{\cos a}{\cos b}$ , so hat der eine der beiden Augenmuskeln mit einer Kraft gewirkt, oder der beginnende Muskelzug ist einer Kraft gleichzusetzen, welche gleich der absoluten Kraft eines menschlichen Muskels ist, der aus  $n \cos a$  Primitivbündeln besteht, oder dessen Querschnitt sich zu dem des Augenmuskels verhält, wie  $\frac{\cos a}{1}$ ; der andere Muskel hat mit der absoluten Kraft eines Muskels vom Querschnitt  $n \cos b$  gewirkt. Es bedarf nicht der Erwähnung, dass dies durchaus nicht so zu verstehen ist, als ob sich von dem einen Muskel etwa nur  $n \cos a$  Bündel, von dem andern  $n \cos b$  Bündel contrahiren hätten, die übrigen in Ruhe geblieben wären: es müssen sich vielmehr alle Bündel des Muskels contrahiren, und zwar in jedem Abschnitte des Muskels; aber sie contrahiren sich bald mit grösserer, bald mit geringerer Energie, je nachdem die Drehungsaxe zu der Muskelaxe gelegen ist, und für diese Unterschiede können wir in obiger Weise ein absolutes Maass erhalten, indem die absolute Kraft eines Muskels von bestimmtem Querschnitt zu Grunde gelegt wird. Nach dem, was unter der absoluten Kraft eines Muskels zu verstehen ist, ist nun das, was wir mit den Ausdrücken  $n \cos a$  und  $n \cos b$  erhalten, nicht Leistung, Arbeit des Muskels, sondern es ist wirklich die im ersten Augenblicke der Bewegung am Auge wirkende, die das Drehungsbe-

streben äussernde Kraft  $P'$  und  $P''$ , oder, wenn verschiedene Energie, mit der die Bewegung ausgeführt werden kann, berücksichtigt werden soll, wenigstens diesen durchaus proportional; und wenn ein Muskel seine absolute Kraft nur beim Uebergange aus der Ruhe in den Zustand der Contraction äussern kann, wenn die entwickelte Kraft überhaupt mit der zunehmenden Verkürzung abnimmt, die Contractionsenergie zweier gleichzeitig wirksamer Muskeln also so gross sein muss, dass sie auch bei der grössten Drehungsamplitude, mit der die Widerstände wachsen, noch ausreicht, so ist dieser Umstand auch involvirt und berücksichtigt, wenn die componirenden Momente in absoluten Muskelkräften von bestimmten Primitivbündelmassen ausgedrückt werden. Die der Betrachtung zum Grunde liegende Annahme ist die, dass ein Augenmuskel, der allein im Stande ist, das Auge zu drehen, ein resultirendes Moment, die Einheit, also allein darzustellen vermag, eben für diese Leistung, die die grösste ist, welche von ihm verlangt wird, in einem ganz bestimmten Verhältniss steht, so dass die seinem Querschnitt proportionale Kraft nicht überflüssig vorhanden ist. Ein solches Princip der Ersparniss scheint mir von vorn herein grade in dem Muskelsysteme sehr wahrscheinlich; doch müsste es experimentell geprüft werden; der nahezu gleiche Querschnitt aller Augenmuskeln bei einem Thiere scheint mir auch für Obiges zu sprechen, so wie eine den Dimensionen des Auges proportionale Ab- oder Zunahme des Querschnitts der Augenmuskeln bei verschiedenen Thieren. Immerhin mag die durch  $n$  repräsentirte Kraft so gross sein, dass sie auch unter gewissen Schwankungen des physiologischen Zustandes der Muskelsubstanz noch adäquat dem Gewichte ist, doch ist zu berücksichtigen, dass diesen Schwankungen auch

die übrigen jeweilig auf der Seite der Widerstände befindlichen Muskeln unterworfen sind.

Was nun die Zahl der zur Bildung der resultirenden Momente nothwendigen Muskeln betrifft, so geht schon aus allem Erörterten hervor, dass die Fälle, in denen ein einziger Muskel allein ausreicht, um das Auge zu drehen, im Verhältniss zu allen übrigen verschwindend wenige sind, so dass eben nur die Möglichkeit dieser Fälle unbestreitbar ist. Da der geometrische Ort für alle Drehungsaxen bei gegebener Ausgangsstellung eine Ebene ist, so kann aus dieser Stellung das Auge nur dann um die Axe eines Muskels, durch dessen Contraction allein also, gedreht werden, wenn eine der sechs Muskelaxen in jene Ebene fällt. Betrachten wir wiederum die Primärstellung, für welche als Ausgangsstellung alle Axen in einer zum Horizont unter  $45^\circ$  nach vorn geneigten Ebene liegen, in welcher die Grundlinie gelegen ist, so fällt in diese Ebene keine einzige Muskelaxe; es müssen also zu allen Drehungen aus der Primärstellung mehr als ein Muskel beitragen. Die Fälle, in denen das Zusammenwirken von zwei Muskeln hinreicht, lassen sich ebenfalls ganz bestimmt angeben. Die Ebenen nämlich, welche durch die Axen je zweier Muskeln in der Primärstellung gelegt werden, schneiden jenen geometrischen Ort der Drehungsaxen; die Durchschnittslinien mit dieser Ebene können Drehungsaxen für Bewegungen aus der Primärstellung sein, und wenn sie es sind, so reichen die Axen der beiden Muskeln, denen die Ebene angehört, hin, um eine jener Drehungsaxen zu erzeugen, so lange, als nicht während der Drehung selbst der eine oder beide Insertionspunkte der beiden Muskeln ihre Lage so geändert haben, dass die Axe der Muskeln dadurch ihre Lage verändert hat. Solcher Durchschnittslinien der genannten Ebenen mit der Ebene, die die Drehungsaxen für die Primärstel-

lung enthält, giebt es zwölf, folglich kann das Auge um zwölf Axen aus der Primärstellung durch Zusammenwirken von nur zwei Muskeln gedreht werden, oder zu drehen gestrebt werden; bei allen übrigen unendlich vielen Axen ist das Zusammenwirken von drei Augenmuskeln nothwendig. Für diejenigen Augenstellungen, deren geometrischer Ort der Drehungsaxen mit einer der durch zwei Muskelaxen gelegten Ebene zusammenfällt, was vorkommen kann, aber nicht vorzukommen braucht, würden die Muskeln dieser beiden Axen bei beginnender Drehung aus jener Anfangsstellung für alle Richtungen ausreichen. Jedenfalls aber muss für ein in seiner Beweglichkeit ausgebildetes Auge die Zahl der Fälle, in denen das Zusammenwirken von zwei Muskeln ausreicht, im Verhältniss zu der Zahl derer, in denen das Zusammenwirken von drei Muskeln nothwendig ist, als sehr gering angeschlagen werden. Fick hat diese Nothwendigkeit des Zusammenwirkens von drei Muskeln ebenfalls für viele Fälle nachgewiesen. (Vergl. die citirte Abhandlung.)

Die Frage, weshalb sechs Muskeln am Auge angebracht sind, bedarf nun gar keiner besonderen Erörterung mehr; vier Muskeln hätten zwar das Auge auch aus allen Stellungen nach allen übrigen Richtungen der Sehaxe hinführen können, aber ein Gesetz über das Wie war dann nicht möglich; die Anordnung der Muskeln und ihre jeweilige Lage war dann selbst Gesetz, es konnte nur das Eine geschehen, was der Muskellagerung nach eben möglich war; während bei sechs Muskeln, oder genauer bei sechs Drehungshalbaxen nicht Alles das geschehen darf, was der Muskellagerung nach möglich ist, sondern Dasjenige ausgewählt werden konnte und musste, was ein bestimmtes physiologisches Gesetz verlangte.

Alle sechs Augenmuskeln stehen auf vollkommen

gleicher Stufe, alle haben denselben Werth, dieselbe Dignität für die Drehungen des Auges;\*) keiner von ihnen nimmt physiologisch eine exceptionelle Stellung ein, weder in Bezug auf Wirksamkeit, noch in Bezug auf die Art und Weise, wie er zur Wirksamkeit veranlasst wird. Schon oben erinnerte ich daran dass man, die beiden sogenannten schiefen Augenmuskeln im Gegensatz zu den graden wohl als unwillkührliche Muskeln bezeichnet hat. Was soll da überhaupt willkührlich und unwillkührlich heissen? Wollte man den Begriff der Willkührlichkeit eines Muskels dahin definiren, dass die Wirksamkeit desselben vom Willen unmittelbar abhängig sei, so gäbe es am ganzen Leibe keinen willkührlichen Muskel. Wir intendiren Bewegungen, wir concipiren die Idee einer ausgeführten Bewegung, und sie wird ausgeführt, wie sie aber geschieht, ist vom Willen unabhängig; es ist möglich, dass manche Bewegungen durch die Wirkung eines Muskels geschehen, dennoch ist dieser Muskel nicht dem Willen unterworfen, sondern er dient nur dem Centrum für jene Bewegung, und auf dieses allein vermag der Wille zu wirken. Einen einzelnen Augenmuskel kann kein Mensch willkührlich bewegen, aber er kann eine Drehung intendiren, die dann auch durch einen physiologischen Mechanismus zu Stande kommt, zu welcher nur ein Augenmuskel nothwendig ist. Auch in dieser Beziehung verhalten sich alle Augenmuskeln gleich; wir könnten hinzufügen, vorläufig in Betreff der Bewegungen des Auges bei ruhendem, aufrechtem Kopfe. Eine unwillkührliche Drehung des Auges hat man bei Bewegungen des Kopfes suchen wollen, die der besonderen Wirkung der *Obliqui* zugeschrieben werden sollte. Abgesehen davon, dass die Behauptungen Hueck's

---

\*) Vergl. auch Gräfe a. a. O. p. 23.

hinlänglich, und neuerlichst besonders von Donders\*) widerlegt worden sind, wird man es auch wohl von vorn herein für höchst unwahrscheinlich halten müssen, dass, während die eigentlichen intendirten Drehungen des Auges nach einem ganz bestimmten und physiologisch so offenbar zweckmässigen Gesetze erfolgen, bei Bewegungen des Kopfes plötzlich Abweichungen von diesem Gesetze stattfinden sollten, Drehungen ganz anderer Art, nach einem neuen Gesetze, dessen Zweck in der That gar nicht einzusehen wäre. Neigen wir den Kopf auf die Schulter, so ändern wir absichtlich den Begriff von Oben und Unten, von Horizontal und Perpendicular in unserem gemeinschaftlichen Sehfeld, wir schaffen uns ein neues Sehfeld, geneigt im Verhältniss zu dem früheren, und es kann nur Das als das Zweckmässige und als das wünschenswerthe Verhältniss erscheinen, wenn sich die Augen in Bezug auf dieses neue Sehfeld grade so verhalten, wie in Bezug auf das frühere bei aufrechtem Kopfe, wenn dieselben Bewegungsgesetze bei allen Stellungen des Kopfes gelten. Die Versuche, welche ich in dieser Beziehung mit Doppelbildern angestellt habe, bestätigen dies auch vollständig; doch würde es hier zu weit führen, die Erscheinungen detaillirt zu beschreiben. — Auch bei den Bewegungen des Kopfes von vorn nach hinten und umgekehrt müssen die Gesetze der einfachen Augenbewegungen gelten. Donders, welcher schon viel früher, als ich, die auf die optische Axe projicirte Drehung bei gewissen Bewegungen des Auges an den Nachbildern beobachtete und dieselbe als solche zuerst von einer Drehung um die Axe der Obliqui unterschied, hat bei seinen Versuchen Neigungen der Gesichtsfläche mit in die Untersuchung gezogen und ist zu einigen Ergebnissen hin-

---

\*) A. a. O.



sichtlich des Einflusses solcher Bewegungen des Kopfes auf die Lagen des Auges gelangt, die auf ein zweites besonderes Gesetz für die Augenbewegungen unter solchen Umständen zu deuten scheinen. Ich glaube, dass zunächst die Bewegungen des Auges für sich, ohne alle Complication, einer Analyse unterworfen werden mussten, und dass man von den dabei gefundenen Thatsachen bei ferneren Untersuchungen ausgehen muss und allein mit Sicherheit ausgehen kann. Die Erscheinungen, welche die alleinigen Bewegungen des Auges zur Folge haben, können bei gleichzeitigen Bewegungen des Kopfes nicht sogleich klar und ungestört auftreten, und die Fehlerquellen können leicht unübersehbar werden. Bei Neigungen des Kopfes ist es schon äusserst schwer, die Stellung des Auges oder der Sehaxe selbst zu bestimmen, die doch immer das wichtigste Moment bleibt. Die Versuche von Donders habe ich nicht wiederholen können, da Nachbilder mir dazu nicht deutlich und lange genug zu Gebote stehen, und die Methode der Doppelbilder sich mit einiger Genauigkeit nur bei aufrechter Stellung des Kopfes in der früher beschriebenen Weise anwenden lässt. — Dass es am Sichersten und Einfachsten für meine Versuche war, dem Beobachtungsobjecte immer eine und dieselbe relative Lage im Sehfelde zu geben, nämlich eine zur jeweiligen Visirebene senkrechte Linie zu benutzen, anstatt etwa einer im Raume stets dieselbe Lage behaltenden, festen Linie, mit der Donders seine Versuche ausgeführt hat, geht aus der unmittelbaren und einfachen Anwendung hervor, welche wir in dieser Untersuchung von jenen Versuchen machen konnten: es schien überhaupt das Zweckmässigste zu sein, alle Umstände möglichst einfach und gleich zu halten, Nichts, als die Stellung der Augen in Wahrheit zu verändern, für diese Aenderungen also die entsprechenden Aenderungen der übrigen

Umstände vorzunehmen, dann waren die beobachteten Differenzen die unmittelbaren und sogleich rein dastehenden Consequenzen der veränderten Augenstellung.

So wie wir den Gebrauch unserer Muskelgruppen zu den verschiedenartigsten Bewegungen der Glieder durch Uebung allmählich erlernen, so werden wir auch den Gebrauch der Augenmuskelgruppe erst nach und nach lernen, und zwar wird das hier zu Erlernende darin bestehen, Drehungsaxen nach obigem Gesetze zu bilden. Jede neue Combination der Thätigkeiten von zwei oder drei Muskeln, jedes neue Zusammenwirken von verschiedenen Graden ihrer Contractionsenergie zu dem resultirenden der Einheit gleichen Moment nach jenem Gesetze ist eine neue Bewegung der Sehaxe. Je mehr Drehungsaxen ein Mensch für jede einzelne Augenstellung als Ausgangsstellung bilden kann, desto leichter, freier und rascher sind die Bewegungen seiner Augen, nach desto mehr Punkten des Sehfeldes kann er auf einem directen Wege mit seinen Sehaxen gelangen; und wenn, wie Gräfe meint, ein Theil der hieher gehörigen Verschiedenheiten des Blickes und der Augenbewegungen bei verschiedenen Menschen auf der geringeren oder grösseren Menge überflüssiger, sich gegenseitig aufhebender Anstrengungen einzelner Augenmuskeln beruht, so ist ein anderer Theil dieser so auffallenden und für die Physiognomie so bedeutungsvollen Unterschiede ganz gewiss in den Verschiedenheiten der Zahl und Lage der durch Uebung erlangten Drehungsaxen begründet; von ihnen hängen ab die sichtbare Schwerfälligkeit oder Leichtigkeit der Bewegungen, die Wege, die Curven, welche die Pupille beschreibt, um von einer Stellung in die andere zu gelangen, Momente, welche dem Blicke der Menschen und dem Ausdrucke ihrer Augen ihr eigenthümliches Gepräge und physiognomische Bedeutung verleihen. Ueber diesen anziehenden und interessanten

Gegenstand ist ganz besonders ein Abschnitt aus Johannes Müller's Physiologie des Gesichtssinns zu vergleichen. (Ueber die Bewegungen der Augen und über den menschlichen Blick. A. a. O. p. 241.) Dasselbst ist auch hervorgehoben, dass wir nur mit Anstrengung und unter einem unangenehmen Spannungsgefühl grade Linien mit der Sehaxe beschreiben können, dass vielmehr Kreisbögen die natürlichen Wege derselben sind: sollen grade Linien im Sehfelde verfolgt werden, so kann die Bewegung keine continuirliche Drehung um eine feste Axe sein, sondern es ist dann eine aus lauter kleinen discontinuirlichen Drehungen um verschiedene Drehungsaxen zusammengesetzte Bewegung, welche das Auge gern aufgibt.\*) „Ein wohlgebildetes Auge geht, wo es immer kann, in Bogenlinien von einem Gegenstande zu anderen fixirend über. — Das Auge muss von dem Reichthum seiner Bewegungen Gebrauch zu machen wissen, ohne deshalb luxuriös zu sein. Es verfolgt mit Leichtigkeit in einer gewissen Breite fixirend auch die seitlichen Gegenstände des Gesichtsfeldes, ohne dass das Haupt durch seine Bewegungen oder überhaupt der Körper durch seine Kehrungen dem Auge neue Gesichtsfelder biete. Die Beschränktheit der Bewegungen der Augen in einem und demselben Gesichtsfelde und das Bedürfniss, die Bewegungen der ersteren durch die Bewegungen des Kopfes zu ersetzen, ist immer ein Mangel des Blickes, der sich zu anderen Merkmalen gesellt, um den Ausdruck der Ungeschicklichkeit zu vollenden.“ (Joh.

---

\*) Nur dann, wenn der Endpunkt der Sehaxe grösste Kreise beschreibt, verfolgt er im Sehfelde grade Linien, also bei allen Bewegungen von der Primärstellung aus; daher geschieht es ohne Anstrengung und dem Gesetze der einfachen Drehungen gemäss, bei abwärts geneigtem Blick, also z. B. in der beim Lesen gewöhnlichen Stellung der Augen, grade Linien im Sehfelde zu verfolgen.

Müller. a. a. O. p. 264.) „Vom Kinde werden alle näheren und ferneren Bilder, selbst wenn sie die Lust und den Gefallen desselben erregen, ohne Fixation bei parallelen Sehaxen mehr betrachtet, als deutlich gesehen; und darin ist der physiognomische Ausdruck des Kindesblickes begründet, der sich gleich bleibt in der Ruhe, wie in der Bewegung.“ (Das. p. 293.)

Ich habe früher darauf aufmerksam gemacht, dass sich Versuche mit Doppelbildern, ähnlich den von mir angestellten, auch für die Pathologie, für die Lehre vom Strabismus verwerthen lassen würden, deren Ergebnisse dann wiederum der Physiologie zu Hülfe kommen werden. Ich wusste nicht, dass dies bereits in ausgedehnter Weise von Gräfe\*) geschehen war, welcher dadurch eine wichtige, genaue, bis dahin unbekannte oder wenigstens nur sehr unvollkommene, Untersuchungs-methode begründet hat, wie es die a. a. O. niedergelegten Resultate beweisen. Um bei Lähmungen und Contracturen von Augenmuskeln oder nach Durchschneidung des einen oder anderen quantitativ die Wirkung auf die Lage des Auges bei bestimmten Richtungen der Sehaxe bestimmen zu können, wird es zunächst erforderlich sein, Tabellen, wie ich sie früher in kleinem Maassstabe über die Grösse des Winkels  $\vartheta$ , Abweichung der verticalen Trennungslinien, für gesunde Augen mitgetheilt habe, in grossem Maassstabe für eine möglichst grosse Zahl von Richtungen der Sehaxe zu entwerfen, die aber wohl nur nach den sich gegenseitig controlirenden Beobachtungen mehrerer Individuen aufgestellt werden können.

Auch bei den Thieren (alle Wirbelthiere mit ausgebildetem Sehorgane haben wenigstens sechs Augenmuskeln) muss den Drehungen der Augen ein bestimm-

---

\*) Archiv f. Ophth. I. Beitr. z. Physiol. u. Pathol. d. schiefen Augenmuskeln. — Ueber das Doppelsehen nach Schiel-Operationen etc.

tes Gesetz zum Grunde liegen, analog dem Listing'schen Gesetze für das menschliche Auge. Die Möglichkeit, dasselbe auf experimentellem Wege zu ermitteln, abgesehen von grossen practischen Schwierigkeiten, ist vorhanden, doch wird der Weg natürlich ein anderer sein müssen, als der beim Menschen mögliche. Bei den Thieren, denen binoculares Sehen möglich ist, kommen bei den Bewegungen der Augen dieselben beiden Rücksichten in Betracht, wie beim Menschen; aber im Einzelnen können die Verhältnisse wesentlich verschieden sein. Bei den Thieren, deren Augen so sehr seitlich liegen, dass sie kein gemeinschaftliches Sehfeld besitzen, fehlt jene gegenseitige Beziehung der beiden Netzhäute vollkommen, und man wird erwarten dürfen, dass das den Drehungen der Augen zum Grunde liegende Gesetz hier sehr verschieden ist, von dem bei jenen Thieren mit binocularem Sehen. Dies scheint auch schon aus den interessanten Versuchen Gräfe's am Kaninchen hervorzugehen. Versuche, welche über die Drehungen des Auges bei ruhendem Kopfe bei Thieren Aufschluss geben sollen, werden allerdings bedeutendere Schwierigkeiten, als beim Menschen, zu überwinden haben, doch stehen zur objectiven Beobachtung auch mehr Mittel, als beim Menschen, zu Gebote, z. B. die von Gräfe, und früher auch von Busch, angewendete Einführung einer Nadel in das Auge, deren Richtungsveränderungen beobachtet werden.

Göttingen, März 1855.

## Berichtigungen:

Seite	24	Zeile	10	von unten:	statt unbeweglich l. beweglich.
"	25	"	12	" unten:	" X'Axo l. YAxo
"	26	"	10	" oben:	" XYEbene l. XZEbene
"	—	"	14	" unten:	" Lichtstrahlen l. Richtungsstrahlen.
"	30	"	6	" oben:	" den l. des.
"	31	"	3	" unten:	" cos n l. eot n.
"	72	"	16	" unten:	" dass jeder Halbmesser des Auges
				l. dass der grösste Theil der Halbmesser des Auges.	
"	102	"	4	von unten:	Secundärstellung l. Secundärstellungen.

## Vergleichend histologische Mittheilungen.

- I Ueber den Bau des Chorioidea des Säugethier- und Vogelauges.
- II. Membrana hyaloidea des Froschauges.

Von

Prof. v. Wittich

in Königsberg.

Ich habe seit ich in Siebold's und Koelliker's Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie eine kurze Mittheilung über das Vorkommen einer Lage quergestreifter Muskelbündel in der hintern Ausbreitung der Chorioidea machte, mehrfach mit mehr oder weniger Erfolg die Augen verschiedener Vögel untersucht. Ein Haupthinderniss für eine klare Einsicht in die histologischen Verhältnisse dieser Theile bildete stets die bei den Vögeln vorzüglich massenhafte Ablagerung dunkelen Pigments in jenen sternförmigen Zellen des Chorioideastratum. Endlich ist es mir gelungen, auch dieses Hinderniss zu beseitigen, und ich glaube hiermit eine Methode kennen gelernt zu haben, die zwar nicht alle Schwierigkeiten zu beseitigen, uns wohl aber über manche noch nicht hinlänglich aufgeklärte Verhältnisse der Chorioidea Aufschluss zu geben im Stande sein wird. Zunächst war es das Auge unseres gelben Canarienvogels, das mir auf das unzweideutigste das Vorkommen jener Muskelausbreitung nachwies. Während nämlich in ihm die Zellen der eigentlichen membrana pigmenti nur noch auf den processus ciliares und in ihrer nächsten Umgebung ein ziemlich helles bräunliches Pigment zeigen, nach der Mitte zu aber vollkommen farblos sind, fehlt das Pigment im Chorioideal-

stratum ganz, und bietet uns so das beste, natürliche Object, um über jene eigenthümlich angeordnete Muskelbündel ins Klare zu kommen. Ueber die Art und Weise ihrer Anordnung, die hier ganz dieselbe ist wie ich sie im Drosselauge beschrieb, verweise ich auf jene schon früher erwähnte Mittheilung.

Um aber auch stark pigmentirte Augen zur Untersuchung tauglich zu machen, liess ich dieselben, nachdem ich sie halbirt und Linse und Glaskörper entfernt hatte, mehrtägig in Chlorwasser liegen, die Wirkung ist um so schneller, je sorgfältiger man das Chlorwasser vor Einwirkung des Sonnenlichts schützt. Auch ist es rathsam, um den ganzen Prozess zu beschleunigen, die Chorioidea, Sclerotica und Cornea isolirt zu behandeln. Mitunter gelingt es in kurzer Zeit, die Pigmentmasse zu bleichen. Zuweilen aber behält die Chorioidea immer noch eine braungelbliche Färbung, erneuert man das Chlorwasser, so erfolgt die Entfärbung dann meistens vollständig. Häufig blieben aber selbst nach mehrmaligem Erneuern des Chlors immer noch gefärbte Partien, dieselben entfärben sich aber vollständig, wenn man sie in concentrirte Kalilauge bringt, mit einem Glasstäbchen vorsichtig ausdrückt, dann die Chorioidea in reines Wasser bringt, und das noch gelöst vorhandene Kali mit Essigsäure neutralisirt. Oft glückte es mir auch, das Pigment vollkommen zu zerstören, wenn ich auf das Präparat, nachdem es unvollkommen entfärbt und kurze Zeit in Kalilösung gelegen hatte, von Neuem Chlorwasser einwirken liess.

Auffallend und für die Natur des dunkeln, körnigen Pigments von Wichtigkeit ist, dass dasselbe im natürlichen Zustande so äusserst resistent gegen Aetzkali, durch eine unvollkommene Einwirkung von Chlor in einen Zustand versetzt wird, in dem es durch jenes sehr leicht gelöst wird. Das dunkle Pigment in der

Froschhaut verhält sich gegen Chlorwasser und Kali ganz ebenso.\*)

Die Gewebselemente der Choירוidea werden nur wenig durch diese Methode verändert, und lassen sich durch abwechselnde Behandlung mit Essigsäure oder Aetzkali leicht durchschauen. Vorzüglich geeignet ist diese Methode auch zur Untersuchung injicirter Augen. Ich pflege mit einer mit Berliner Blau gefärbten Leimlösung zu injiciren, muss daher in diesem Fall natürlich das Auswaschen etwaiger Pigmentreste mit Kalilauge vermeiden, weil durch sie gleichzeitig die blaue Farbe zerstört wird. Das Chlor macht die Bläue der Injections-Masse noch schärfer. Die Schwierigkeiten, die sich nun der Untersuchung der Choירוidea bieten, trotz der Entfärbung des Pigments, sind bald grösser, bald geringer. Zunächst wird das Pigment des Stroma sowohl, wie das Blutpigment der damit mehr oder weniger gefüllten Gefässe nicht vollständig zerstört, sondern bildet eine feinkörnige wohl vollkommen weisse, aber für durchfallendes Licht wenig durchgängige Masse,

---

\*) Die ersten Angaben über die Einwirkung von Chlor auf das dunkle Pigment der Choירוidea sind, so viel ich weiss, von Hünefeld (Physiologische Chemie. Bd. II. 88. 1827). Nach Lehmann's Angaben (Physiologische Chemie Bd. I. pag. 317) soll Chlor nur nach längerer Einwirkung dasselbe entfärben. Ich sah dagegen besonders in menschlichen Augen und Augen kleinerer Säugethiere die Choירוidea, in denen das Pigment in dünneren Schichten abgelagert war, daher einer allseitigen Einwirkung des Chlors mehr Gelegenheit bot, bereits nach wenigen Stunden vollständig entfärbt. Nach Gmelin soll das Pigment durch Chlorwasser zum Theil entfärbt werden, der ungelöst bleibende Theil dagegen durch Kali wieder braun werden. Die Angabe giebt nur zum Theil Wahres; von einer Lösung des Pigments durch Chlorwasser kann wohl nicht die Rede sein, im Gegentheil erscheint dasselbe, wie bereits Hünefeld angiebt, in Form weisslicher Gerinnsel. Der vom Chlor nicht gebleichte Theil wird allerdings von Kali mit dunkelbrauner Farbe gelöst.



erscheint daher unter dem Mikroskop stets dunkel. Sind besonders die Capillaren der Chorioideacapillaris stark gefüllt, so sind sie nach der Behandlung mit Chlor äusserst störend. Man kann nun zwar durch Behandlung mit Aetzkali diese Gerinnungen beseitigen und durchsichtig machen, dann aber quellen auch andre histologische Elemente stark auf, und verlieren so ihr charakteristisches Aussehen. Zur Untersuchung der Nervenaustritte ist diese letztere Methode jedoch äusserst brauchbar. Sind dagegen die Capillaren leer, so stört die Schicht, in der dieselben ausgebreitet, häufig dadurch, dass sie, wie alle elastischen Membranen, sich besonders auf Zusatz von Essigsäure vielfach faltet, runzelt, und so die darunter liegenden Gewebe verdeckt. Eine andere Störung, die oft, jedoch nicht immer, im Vogelauge die Untersuchung der Chorioidea erschwert, ist, dass die quergestreiften Muskelbündel zuweilen in der Iris, wie auch in den andern Muskelapparaten des Auges, viel von ihrer Eigenthümlichkeit einbüßen. Dieselben erscheinen nämlich wie von einer äusserst feinkörnigen Masse erfüllt, und lassen nur sehr undeutlich eine Querstreifung erkennen, und verlieren dieses veränderte Ansehen auch nicht auf Zusatz irgend eines Reagens. Immer aber erkennt man dieselben in der Iris an ihrer cylindrischen, so wie in der hintern Ausbreitung der Chorioidea an ihrer eigenthümlichen, fast sternförmigen Gestalt, so dass man wohl aus der eigenthümlichen Art ihrer Ausbreitung auf ihr Vorkommen schliessen kann, selbst wenn vergleichende Beobachtungen verschiedener Augen derselben Thierspecies das Auftreten der Querstreifung nicht direct nachweisen. Ich benutzte übrigens zum Bleichen theils die Chorioidea frischer, theils solcher Augen, die schon einige Zeit in Spiritus gelegen hatten. Die Untersuchung derartiger Präparate ergibt nun Folgendes:

Die Chorioidea der Vögel unterscheidet sich von der der Säugethiere bedeutend durch ihre Dicke, sie ist besonders nach dem Opticus zu sehr viel derber und fester, und verdünnt sich dann in dem vordern Drittheil ihrer Ausbreitung. Dieser dickern Partie entspricht eine Lage ein eigenthümliches Maschennetz bildender quergestreifter Muskelbündel, die, meist von isolirten Knotenpunkten ausgehend, sich allseitig verbreiten. Dieser Muskelanordnung entspricht nun auch ein ungemein verzweigtes Netz vielfach sich ramificirender und anastomosirender Nerven, meist in grösseren oder kleineren Stämmchen treten die aus doppeltcontourirten Nervenröhren bestehenden Nerven in das Gewebe der Chorioidea, und umspinnen die grössern Gefässe derselben. Jemehr die einzelnen Röhren sich isoliren, desto deutlicher und häufiger sieht man Ramificationen, desto mehr verzüngen sich die ursprünglich dicken Röhren, und scheinen entschieden in äusserst feinen zugespitzten Ausläufern zu endigen. Der Kamm des Vogelauges muss wohl entschieden als eine Dupplikatur der Chorioidea angesehen werden, und steht derselbe mit seiner Basis in sehr viel engerer Verbindung mit der Sclerotica, als der ganze übrige Theil der Chorioidea. Er lässt sich nie mit der letzteren zusammen loslösen, sondern bleibt fest auf der Sclerotica sitzen, und ihm entspricht auch in letzterer eine sich von der Umgegend scharf abgrenzende Stelle, die, meist vollkommen frei von Pigment, als eine gelblich weisse Leiste etwas hervorragt. Ferner scheint dieser eigenthümlichen Chorioidea-Dupplikatur entschieden die Choriocapillar-Schicht zu fehlen. Ein Umstand, der nirgend mit der nöthigen Bestimmtheit hervorgehoben wird, tritt gleichfalls in den gebleichten Aderhäuten sehr bestimmt hervor. Es fehlt nämlich den Gefässen der äusseren Chorioideal-Schicht, obwohl sie dem Innern nach noch zu den grösseren gehören, die Querfaserschicht,

zwar nicht ganz, ist aber verhältnissmässig nur sehr schwach, und auch nur an den grössten derselben ist das fasrige Stroma der Chorioidea in der Nachbarschaft zu einer Art Tunica adventitia verdichtet. Nicht anders verhalten sich die Arterienstämme, die die processus ciliares versorgen, auch sie haben eine kaum deutliche Quersfaserhaut. Das eigentliche Stroma der Chorioidea wird von einem Gewebe gebildet, das man jedenfalls dem Bindegewebe zurechnen muss; nach der Entfernung des dunklen Pigments durch Chlorwasser besteht es aus ziemlich grossen, kernhaltigen strahligen oder spindelförmigen Zellen, die durch Zwischensubstanz von einander getrennt sind. Es scheinen jedoch diese strahligen Zellen nicht allein Pigment zu führen, auch das die Muskeln begleitende Sarcolem ist pigmentirt. Von dem Fehlen radial die Iris durchziehender Muskelbündel (Dilatator pupillae) überzeugt man sich an gebleichten Vogeläugen, wie an der Iris des Kanarienvogeläuges, leicht. Allerdings sieht man fast in allen Vögeläugen Bündel, die vom äussern Iris-Rande aus sich nach Innen erstrecken, behandelt man aber das Präparat mit Kali, so sieht man leicht, dass dieselben nur grössere Nervenzweige sind, die in ihrem Verlauf sich vielfach zu jenem äusserst engmaschigen Netze der Iris ausbreiten. Im Auge des Seeadlers, das ich in gleicher Weise untersuchte, ist der Muskelring der Iris fast ganz auf den innern Kreis beschränkt, und ist mit dem Ciliartheil der Chorioidea durch eine sehr viel breitere Schicht lockeren gefäss- und nervenführenden Bindegewebes verbunden. Die Verbindung des Muskels mit der Chorioidea ist dadurch äusserst locker und reisst leicht. Zunächst würde eine radiär die Iris durchziehende Muskelmasse, wenn sie nur den innern Muskelring durchzöge, eines festen Punktes entbehren, da die Bindegewebsschicht zu nachgiebig ist, zumal dieselbe auch mit der Cornea oder

Sclerotica in gar keiner Verbindung steht. Erst hinter der Uebergangsstelle dieses äussern bindegewebigen Irisringes zur Chorioidea legt sich letztere an die Sclerotica. Der feste Punkt für einen Dilator pupillae müsste also hier liegen, an ein Uebersehen der quergestreiften Muskelbündel in dieser äusserst dünnen durchsichtigen Partie ist wohl nicht zu denken, und doch sieht man kein Faserbündel dieselbe in der erforderlichen Richtung durchziehen. Bei den meisten Vogeläugen ist dieses Verhalten des inneren und äusseren Irisringes in derselben Art mehr oder weniger deutlich ausgesprochen. Ich glaube daher entschieden das Vorhandensein eines Dilator pupillae hier in Abrede stellen zu müssen\*).

Im Menschen- und Säugethier-Auge habe ich ebensowenig bei dieser Untersuchungsmethode, wie früher, muskulare Elemente in der hintern Ausbreitung der Chorioidea finden können, dem entspricht aber auch der Nervenmangel derselben. Die Ciliarnerven bleiben meist in den äusseren Schichten der Chorioidea, und verzweigen sich nur mit äusserst selten von den Stämmen abgehenden Fasern in dem Gewebe derselben\*\*), ihre Hauptverwendung finden sie im Ciliarmuskel und in der Iris, woselbst sie allerdings ein ziemlich engmaschiges Netz bilden, sie sind jedoch in ihren elementaren Gebilden feinfasriger, zeigen weniger deutlich doppelte Contouren, wie im Vogelauge, endigen aber ebensowenig wie diese mit deutlichen Schlingen, vielmehr spitzen sie

---

\*) Koelliker (*Microscop Anat. II.* pag. 654) sah ihn im Auge des Truthahns. Mir ist es, wie erwähnt, in Augen anderer Vögel nie gelungen, ihn zu finden.

\*\*) Koelliker (a. a. O.) leugnet das Vorkommen der Nervenfasern in der eigentlichen Chorioidea wohl mit Unrecht ganz, jedenfalls aber finden sie nicht jene enorme Verbreitung, wie im Vogelauge, woselbst sie, wie ich glaube, bisher noch von Niemand beschrieben wurden.

sich der Peripherie zu mehr und mehr zu, bis sie als kaum noch zu unterscheidende Fäden dem Auge des Beobachters verschwinden. Mit grosser Klarheit tritt sowohl im Menschenauge, als in Augen kleiner Säugethiere die Iris-Muskulatur hervor, doch ist es stets nothwendig, die gebleichten Präparate durch verdünnte Natronlösung etwas aufquellen zu machen. Die Iris grösserer Säugethiere sind ihrer Dicke wegen nicht wohl zu brauchen, wenigstens kann man sie nicht im Ganzen untersuchen, sondern muss sie erst zerzupfen. Ebenso wenig wie Koelliker konnte ich noch einen zweiten äussern Muskelring, wie ihn Valentin und Pappenheim beschreiben, finden, dagegen ist die Existenz des Dilators wohl ganz ausser Zweifel.

In den Transactions of the Microscopical Society of London (Vol. III. pag. 9) beschreibt Quekett (observations on the vascularity of the capsule of the crystalline lens; especially that of certain reptilia) ein Capillarnetz in der hintern dem Glaskörper zugewendeten Linsenkapsel im Auge des erwachsenen Frosches und einiger andern Amphibien. Schon bei der Betrachtung der Präparate, nach denen die dem Text beigegebenen Abbildungen angefertigt wurden (die ich selbst zu sehen Gelegenheit hatte), fiel mir auf, dass die das Capillarnetz führende Schicht äusserst locker der Linse anlag, während die Linsenkapsel dieselbe doch eng umschliesst. Die Abbildungen geben das Verhältniss genau wieder, und werden es jedem, der sie betrachtet, zweifelhaft machen, ob die injicirte Membran wirklich die Kapsel ist. Um so mehr, da weder in der Abhandlung, noch in der Abbildung des Glaskörpers Erwähnung gethan wird. Die Abbildung (Pl. II. Fig. 1) giebt die Gefässinjection bei *Python tigris*. Im Froschauge soll sich nach Quekett's Angabe dieselbe Anordnung zeigen, und dass das Capillarnetz weniger engmaschig, die Gefässe

selbst von grösserem Durchmesser sind. Nach mehreren Injectionen, die ich selbst vom Bulbus aortae aus an Fröschen vornahm, habe ich mich nunmehr überzeugt, dass Quekett's Angabe auf einem Irrthum beruht, nicht die hintere Linsenkapsel, sondern die Membrana hyaloidea ist im erwachsenen Frosch mit Gefässen durchzogen. Ein Irrthum, der darin seinen Grund hat, dass der von der Hyaloidea umgränzte Glaskörper im Froschauge, besonders im Vergleich zu der sehr grossen Linse, verschwindend klein ist, und nur als eine dünne flottirende Masse diese umgiebt, die um so leichter übersehen werden kann, wenn das Präparat durch längeres Liegen in Alkohol sehr geschrumpft ist. Ganz wie Quekett es angiebt, verläuft ein ziemlich starkes Ringgefäss um den Umfang der Linse, und steht durch ein nicht sehr engmaschiges Netz mit einem grösseren arteriellen Gefässe in Verbindung, das von der Centralis retinae ausgeht, es ist aber ohne alle Schwierigkeiten leicht zu erkennen, dass dieses Gefässnetz ganz oberflächlich dem Glaskörper aufliegt. Der Retina kann es nicht angehören, da letztere sich ganz leicht, und ohne alle Verletzung von ihm trennen lässt. Die Substanz des Glaskörpers selbst führt keine Gefässe. Was hier vom Fröschauge gilt, wird auch wohl nach Quekett's Abbildungen vom Auge des Python tigris gelten.



## **Ein Fall von partieller Hyperämie der Chorioidea bei einem Kaninchen.**

Von

**Dr. A. Weber.**

Die Beobachtung von Krankheitszuständen an Augen von Thieren ist für die Ophthalmologie immer von einiger Wichtigkeit, da der Verlauf beliebig verfolgt und die Sektion in jedem Stadium vorgenommen werden kann. Mehr Interesse gewinnt eine solche jetzt noch dann, wenn die Krankheit Objekt der ophthalmoskopischen Untersuchungsmethode ist, und so der schliessliche Sektionsbefund mit dem ophthalmoskopischen verglichen werden kann, wodurch neue Anhaltspunkte für dieses ingeniose diagnostische Hilfsmittel gewonnen werden; denn, obgleich auf mathematisch exakten Principien basirend, giebt die Ophthalmoskopie doch wegen der reinen Erfahrungsmässigkeit unseres Sehaktes zu vielen Irrthümern Veranlassung, die noch um so leichter einlaufen, da hier der Sehakt wegen der Benutzung nur Eines Auges ein unvollkommener ist, — Aus beiden obigen Gründen also wohl forderte mein verehrter Lehrer, Herr Dr. v. Graefe, mich zur Beschreibung des folgenden Falles auf, und hält sie eines kleinen Raumes in seinem Archive nicht für unwerth.

Ein halbjähriges, schwarz und weiss geflecktes männliches Kaninchen mit blauer Iris, an dessen linkem Auge ein Colobom durch Iridectomye gebildet worden war, bot ophthalmoskopisch eine eigenthümliche

Erkrankung dar, während an den äusseren Theilen nicht die mindeste Veränderung und auch in der Beweglichkeit der Bulbi und dem Sehvermögen — so weit hierüber eine Beurtheilung an Thieren möglich — nichts pathologisches zu entdecken war. Der Hintergrund beider Augen war bei vollkommener Durchsichtigkeit aller brechenden Medien ziemlich dunkel colorirt, die Färbung aber nicht diffus, sondern im aufrechten Bilde liess sich schon die mosaikförmige Anordnung des Pigmentes, wie aus punktförmigen Täfelchen zusammengesetzt, unterscheiden; zugleich war das Pigment über den Gefässstämmen der Chorioidea bedeutend geringer angehäuft, als in den Intervascularräumen; im Durchschnitt zeigte die obere Hälfte des Augenhintergrundes eine sparsamere Pigmentirung als die untere. Der gleichmässige blassrothe Schimmer, wie er durch die Choriocapillarschicht erzeugt wird, ist nur sehr schwach; an einzelnen Stellen jedoch, welche sich auch noch durch anderweitige Abnormitäten auszeichnen, ist diese diffuse Röthe so hochgradig entwickelt, dass sie die darunter liegende Schicht der Gefässstämmen vollkommen verdeckt; es befindet sich an dieser Stelle eine deutliche Hyperämie der Choriocapillarschicht.

Die grossen Gefässstämmen der Chorioidea laufen im Allgemeinen von der Peripherie nach dem Centrum hin; der Haupttraktus derselben geht in gestrecktem parallelen Verlaufe von unten nach oben, und an ihn schliessen sich die übrigen in mehr radiärer Richtung an; der von oben kommende Theil ist durch den Eintritt der Sehnerven und dessen Ausstrahlung für das Ophthalmoskop unterbrochen, und zeigen seine Gefässe einen weniger gestreckten Verlauf. Bei allen ist die Verästelung an der Peripherie nur äusserst sparsam, und meist erst gegen die Mitte hin beginnt eine dichotomische Theilung, deren Aeste dann in dem Centrum des Augenhintergrundes einen gewundenen Verlauf haben, so dass an dieser Stelle die Stromrichtung weniger gut zu erkennen ist. Nach 3—4maliger Theilung



hören die noch ziemlich breiten Aeste fast wie abgeschnitten auf, und gehen jetzt schon in Capillaren über. Die Gefäßstämme sind von derselben Breite wie ihre Intervascularräume; in der Umgegend jener circumscribten hyperämischen Stelle der Choriocapillarschicht sind indess auch die Stämme breiter, stärker gefüllt und röther. — Symmetrisch auf beiden Seiten sieht man fast genau in der horizontalen Mittellinie die langen Ciliargefässe stracks von hinten nach vorn in Gestalt von je zwei oder drei breiten dunklen Streifen auf der Sclerotica hin verlaufen, und nachdem sie nahe der seitlichen Gränze des ophthalmoskopischen Gesichtsfeldes die Chorioidea durchbohrt haben, sich in baumförmiger Verzweigung zwischen den übrigen Chorioideal-Gefässen verlieren. — Der Sehnerveneintritt des rechten Auges — im linken zeigt derselbe eine unten zu beschreibende Abnormität — befindet sich wie gewöhnlich ein Weniges nach innen oder vorn von der senkrechten Mittellinie des Augenhintergrundes an der obersten Gränze des ophthalmoskopischen Gesichtsfeldes; er ist von normaler Grösse, Form und Farbe, und seine Contour ist, trotz einer am Rande befindlichen, unten näher zu beschreibenden Veränderung, deutlich zu unterscheiden; auch jene trichter- oder nabelförmige Einziehung im Centrum lässt sich im aufrechten Bilde nicht verkennen. Von dieser runden weissen Scheibe des Sehnerveneintritts strahlen die atlasglänzenden Fasern nach allen Seiten hin aus, jedoch, wie immer bei Kaninchen, vorzugsweise in zwei seitlichen Bündeln angeordnet, so dass dieser Theil besonders hervorsteht, während die Ausbreitung nach den übrigen Seiten nur wie ein schmaler glänzender Strahlenkranz, der bald in dem Roth des Augenhintergrundes untergeht, um die weisse Scheibe des Optikus sich darstellt. — Die Retinalgefässe tauchen am untern Rande dieser Scheibe hervor und theilen sich sehr rasch in einzelne Aeste, die sich dann vorzugsweise nach rechts und links zu den zwei büscheligen Hauptausstrahlungen des Sehnerven wenden und blank und licht auf demselben dahinziehen.

Die pathologische Veränderung, welche man nun in dem rechten Auge ausser der schon erwähnten circumscribten Hyperaemie wahrnimmt, besteht erstens in

einem, die untere halbe Peripherie des Opticus sichelförmig umgreifenden, weissen Fleck, dessen beide Enden sich noch unter die seitlichen Ausstrahlungen des Opticus hinziehen. Der convexe Rand dieser Sichel ist unregelmässig ausgebuchtet, und durch stärkere Pigmentanhäufung markirt. Bei sehr genau eingestelltem Flammenbilde und Hin- und Herbewegen desselben sieht man die kurzstrahligen glänzenden Fasern der Sehnerven deutlich über den weissen Fleck hinweglaufen, und zwar so dicht aneinander, wie gewöhnlich und wie auch an dem oberen Rande, so dass man mit Gewissheit sagen kann, dass die Fasern nicht von allenfalls darunter liegendem Exsudate emporgehoben und auseinander gespreizt, oder gar von solchem bedeckt seien.

Chorioideal- oder Retinalgefässe sieht man keine durch oder über diese Stelle hinlaufen. — In senkrechter Richtung unter dem Opticus und ungefähr seine Durchschnittsbreite von dem unteren, convexen Rande des sichelförmigen, weissen Flecks entfernt, liegen zwei ähnliche weisse Plaques, die nur durch eine schmale Brücke halbgelichteter Chorioidea von einander getrennt sind. Der obere kleinere, von der Grösse des halben Opticus, hat einen vollkommen weissen, stark glänzenden Hintergrund, über ihn laufen in unveränderter Breite mehrere Chorioideal-Gefässe hin, jedoch mehr zur Seite als durch die Mitte; denn hier sieht man statt derselben einige undeutlich contourirte, unterbrochne, schmutzig rothe Streifen, die sich als oblitirirte Gefässe, deren Ursprung man noch bis zu dem nächsten Stamme verfolgen kann, kund geben; ausserdem zieht sich in horizontaler Richtung eine unregelmässig strahlige Pigmentfigur durch diesen Fleck. — Ein ganz ähnliches Aussehen bietet der unter ihm befindliche, grössere Fleck dar, auch sein Hintergrund ist weiss und glänzend, die Gefässstämme der Chorioidea, welche schon den obigen

Fleck passirt haben, laufen, nachdem sie die schmale Chorioidealbrücke überschritten, auch durch ihn hin; in noch grösserer Anzahl, denn im obigen zeigen sich auch hier die Reste von obliterirten Gefässstämmen als unterbrochne rothe Streifen, ebenso liegt noch auf ihm eine unregelmässig strahlige Pigmentfigur ausgebreitet. — Ausser diesen findet man noch eine Menge kleiner, punktförmig eingestreuter, weisser Fleckchen, theils die geschilderten rings umgebend, theils in einzelnen Gruppen zusammenstehend in derselben senkrechten Mittelzone, welche die bereits beschriebenen einhalten, bis an die Gränzen des ophthalmoscopischen Gesichtsfeldes sich hinziehend. — Alle diese pigmentlosen Stellen sind es nun auch, an und um welche sich die erwähnte Hyperämie der Choriocapillarschicht befindet.

Der Befund des linken Auges, der, so verschieden er auch in Manchem von dem des rechten Auges zu sein scheint, doch auf ein und denselben Prozess zurückgeführt werden kann, ist folgender:

Man findet in der Mittelzone gruppenweis zusammengestellte, punktförmige Pigmentdefekte, welche durch ihr Zusammenfliessen erst die fleckenförmigen weissen Plaques darstellen; auch hier beschränkt sich die Hyperämie der Chorioidea auf diese Gruppe und ihre Umgebung. Ausserdem findet man noch zwei, von dem vorderen Rande der vergrösserten Sehnervenscheibe ausgehende, strichförmige, weisse Streifen, innerhalb welcher das Pigment zu einzelnen Häufchen angesammelt ist. Die grösste Veränderung scheint aber hier die Gegend um den Sehnerveneintritt und dieser selbst erlitten zu haben. Man sieht nämlich an dieser Stelle eine ungefähr sechs Mal grössere, längsovale weisse Scheibe, innerhalb welcher die Gränze des Opticus nicht mehr zu erkennen ist. — Der Deutlichkeit der weiteren Beschreibung halber, wollen wir

uns diese Scheibe in vier Quadranten getheilt denken. — Der Rand derselben ist an seinem untern Umfange mit Pigment umsäumt. Parallel mit dem pigmentirten Rande läuft fast um die ganze Scheibe ein, bei der zwei- bis dreimaligen Vergrößerung des umgekehrten Bildes eine Linie breit erscheinender weisser, glänzender limbus, der wie entblösste Sclerotica sich darstellt. Von diesem limbus und continuirlich mit ihm zusammenhängend gehen an verschiedenen Seiten glänzend weisse Balken, die ebenfalls Scleralgewebe zu sein scheinen, annähernd nach dem Centrum der Scheibe hin, nämlich nach der Stelle derselben, wo die zwei büschelförmigen seitlichen Ausstrahlungen der Sehnerven in Gestalt von zwei nach oben und aussen gebogenen Hörnern aus dem Weissen der Scheibe entspringen. Der breiteste von diesen Balken läuft fast genau in der Theilungslinie der beiden vordern oder innern Quadranten; die zwei anderen, schmälere Balken ziehen sich, von dem untern Theile des Sclerallimbus bogenförmig ausgehend, in gerader Richtung nach oben zu der Ursprungsstelle der beiden Sehnervenhörner.

Die ganze Scheibe ist von dem Rande nach dem Centrum hin leicht vertieft, ausserdem finden sich in der innern und untern Hälfte tiefe Ausbuchtungen, welche durch die erwähnten Balken von einander getrennt sind. Die Wände dieser Ausbuchtungen strahlen im wundersamsten Silberglanze wieder, als ob sie mit glitzernden Cholestearinkristallen ausgetäfelt seien; ein ähnliches Glitzern zeigt sich auch an der äussern Hälfte der Scheibe, wo die Ausbuchtung nicht so bedeutend ist. — Die eigentliche Stelle des Sehnerveneintrittes ist zwar durch keine Gränze mehr angedeutet, man kann sich aber eine ungefähre Vorstellung davon machen, wenn man um die Ursprungsstelle der Sehnervenhörner, als dem Centrum der normalen Sehnerven-

scheibe, sich einen entsprechenden Kreis gezogen denkt; innerhalb -dieses Kreises haben auch die Theile eine bei weitem geringere Veränderung erlitten, als an allen übrigen Stellen; denn, wenn auch die beiden seitlichen büschelförmigen Ausstrahlungen der Sehnerven hier zu zwei Hörnern zusammengedrängt sind, die erst, nachdem sie von unten nach oben in die Höhe gestiegen, in die horizontale Richtung übergehen; so wird dieser abnorme Verlauf doch nur durch die Lageveränderung der Umgegend hervorgebracht. Dass der Ursprung der beiden Sehnervenhörner annähernd die Mitte des Sehnerveneintrittes bezeichnet, wird auch durch die Art der Gefässverbreitung dargethan, die Retinalgefässe entspringen nämlich an derselben Stelle, und laufen von da sich mannigfach verzweigend nach beiden Seiten auf diesen Hörnern dahin. Ausserdem gehen noch einige weite Gefässchen mit unterbrochnem Verlaufe durch verschiedene Theile der weissen Scheibe, welche, indem sie bald am Rande, bald in der Tiefe der Ausbuchtungen dahinziehen, je nach der Stellung des Auges verkürzt oder verlängert, gewunden oder gestreckt erscheinen.

Ein weiterer pathologischer Zustand zeigt sich an dem hintern oder äussern Horne des Sehnerven, an dessen Umbiegungsstelle von dem aufsteigenden in den horizontalen Theil ein Zipfel abgelöster Netzhaut aufsitzt; derselbe ist nach vorn und oben so von der Unterlage abgehoben, dass man in einigen Stellungen des Auges hinter denselben zu sehen vermag; von seiner Spitze läuft ein feiner glänzender Faden durch den obern Theil des Auges, gleichsam in den Glaskörper einschneidend, nach vorn, zu der Stelle hin, wo von der künstlichen Pupillenbildung her noch die Scleralwunde zu sehen ist. Auf der inneren Kante dieses Zipfels steigt ein kleines Gefässchen bis fast zum Gip-

fel empor und wendet sich hier mit starker Knickung abwärts auf die vordere Fläche desselben. — In welchem Zusammenhange diese Abnormität mit den übrigen vorher geschilderten steht, soll unten weiter besprochen werden.

Sehen wir nun, in welcher Weise sich der ophthalmoskopische Befund beider Augen auslegen lässt, und welche Mittel diese Untersuchungsmethode hat, das Wahrgenommene zu präcisiren. Betrachten wir zuerst jene weissen Plaques des rechten Auges, so möchte man, wie man es in ähnlichen Fällen früher gethan hat, wohl zuerst an ein Exsudat denken, und zwar an ein flächenförmig unter der Chorioidea ausgebreitetes, da die Gefässstämme der äussersten Chorioideal-Schicht ununterbrochen durch diese weissen Stellen hinlaufen. Diese Möglichkeit kann man aber, abgesehen von anderen begleitenden Erscheinungen, schon mit Gewissheit durch den glänzend weissen Reflex ausschliessen, der den Exsudaten niemals zukommt. Und ebenderselbe ist es auch, welcher diesen Zustand von der Donders'schen Colloidmetamorphose der Pigmentkerne unterscheidet, da hier der Grund der Plaques gewöhnlich matt und schmutzig verfärbt ist und auch die Chorioidealgefässstämme nur undeutlich und wie verwaschen sich darbieten. Dieser glänzend weisse Reflex kann allein der von der Pigment- und Choriocapillarschicht entblösten Sclerotica zukommen, wie die Section in ähnlichen Fällen nachwies. In derselben Weise sind jene in Gruppen stehenden, punktförmigen weissen Fleckchen des linken Auges zu deuten.

Am meisten Schwierigkeiten für die Interpretation bieten die Verhältnisse der grossen weissen Scheibe des linken Auges dar; diese Schwierigkeit liegt besonders in der Beurtheilung der Erhöhungen und Vertiefungen. So haben selbst competente Ophthalmoskopi-

ker, welche dieses Auge betrachteten, sich nicht überreden können, dass der grösste Theil jener Scheibe tief ausgebuchtet sei, sondern sie sahen in ihm im Gegentheile eine geschwulstförmige starke Hervortreibung, die durch die geschilderten Scleralbalken in einzelne Hügel abgetheilt sei. Es ist dieser Irrthum leicht begreiflich, da bei der ophthalmoskopischen Untersuchung der Hauptfactor zur Beurtheilung des Körperlichen, nämlich die Convergenzstellung beider Augen fehlt, die Hilfsmittel aber, welche uns ein Auge zu dieser Beurtheilung darbietet, schon bei unmittelbarem Schakte sehr trüglich sind.

Zu diesem Irrthume tragen noch einige Verhältnisse bei, welche, von dem Ophthalmoskop durchaus unabhängig, dem umgekehrten Bilde überhaupt eigenthümlich sind, und die man, worauf mich mein Freund, Dr. Schmauss, aufmerksam machte, besonders überzeugend an einem ausgeprägten Siegel oder gravirten Petschier wahrnimmt. Kehrt man nämlich einen solchen leicht erhabenen oder vertieften Gegenstand durch eine Convexlinse um, so giebt es gewisse Stellungen, in welchen man sich durchaus nicht von der wahren Beschaffenheit dieser Gegenstände überzeugen kann, sondern man sieht das Erhabene vertieft und das Vertiefte erhaben. Die Versuche, welche ich darüber anstellte, und wobei ich mich meist eines ungefähr zwei Quadratlinien grossen, ziemlich tief gravirten Petschiers und dessen Ausdrücke in verschiedenfarbigem Lacke und einer Linse von bald 1 Zoll, bald  $1\frac{3}{4}$  Zoll Brennweite und 1 Zoll Durchmesser bediente, haben mich belehrt, dass diese Täuschung von zwei Ursachen abhängt. Die Eine ist die Umkehrung des Schattens; stellt man nämlich bei verdunkeltem Zimmer ein Licht neben das Petschier oder Siegel, so liegt natürlich der Schatten bei den Vertiefungen an dem, dem Lichte zunächst liegenden Rande der Figur, bei den Erhöhungen auf der von dem Lichte abgewandten Seite; kehrt man nun diese Bilder durch die Linse um, so wird das reelle Luftbild im ersteren Falle den Schatten auf der vom Lichte abgewandten, im letzteren auf der dem Lichte zugewandten Seite tragen; behält man während der Be-

trachtung die Beleuchtungsquelle im Auge, und bezieht deren Schattenwirkung auf das reelle Lichtbild, so wird man kaum mit der grössten Mühe sich das Erhabene als erhaben, das Vertiefte als vertieft vorstellen können, weil sonst die Schatten des Luftbildes der Stellung der Lampe nach auf der entgegengesetzten Seite liegen müssten. Ja diese Abstraktion ist hier so schwach, dass, wenn man noch ein zweites Licht auf die andere Seite so neben oder etwas hinter den betrachteten Gegenstand stellt, dass kein Schatten dadurch auf demselben erzeugt wird, man aber bei Verdeckung des wirklich Schatten gebenden nur dieses zweite Licht während der Betrachtung des reellen Luftbildes im Auge behält, man die Schattenwirkung vollkommen nach diesem letzteren berechnet, und so das, was im reellen Luftbilde vorher fälschlich erhaben oder vertieft erschien, nun wirklich in seinem richtigen Verhältnisse betrachtet, da dieses zweite Licht in Hinsicht der Schatten zu dem umgekehrten Luftbilde dieselbe Stellung hat, wie das Schatten gebende zu dem Gegenstande selbst. Verdeckt man wieder das zweite Licht, und fasst das erste in's Auge, so wird auch sofort wieder das Luftbild in seinem unrichtigen Verhältnisse aufgefasst. — Dass aber diese Umkehrung des Schattens nicht die einzige Ursache der Täuschung bei dem umgekehrten Bilde ist, bemerkt man sogleich, wenn man den betrachteten Gegenstand einer allseitigen Beleuchtung, z. B. von zwei gleich hellen Lampen oder Sonnenlicht, aussetzt: auch so tritt meist derselbe Irrthum zwischen erhaben und vertieft ein, nur ist allerdings die Täuschung eine nicht so constante und starre, und dasselbe Bild, welches uns im Augenblicke erhaben oder vertieft erscheint, springt auch ebenso rasch, ohne welche Aenderung der Verhältnisse, in das entgegengesetzte über. Nach den darüber angestellten Versuchen, wobei ich, um die aberrirenden Strahlen einer so starken Convexlinse abzuschneiden, dieselbe mit einem Papierstreifen beklebte, welcher nur im Centrum der Linse ein  $1\frac{1}{2}$  Quadratlinie grosses, viereckiges Loch hatte, muss ich glauben, dass die Täuschung unter diesen Verhältnissen von der ungenauen Accommodation herrührt. Es ist nämlich einleuchtend und bekannt, dass wir mit einem Auge, so lange wir eine Locomotion desselben nicht vornehmen, nur mit Hilfe des



Accommodationsgeföhls und der Abstraktion zur Anschauung des Körperlichen gelangen können; da nun ein reelles Luftbild, so lange es nicht auf eine, diffuses Licht verbreitende Grundlage auffällt, natürlich auch nur mit Einem Auge betrachtet werden kann, so ist es einleuchtend, dass wir auf diese Weise nur eine Flächenanschauung von den Gegenständen haben. Da aber bei einem körperlichen Gegenstand, wie ein erhabenes Siegel oder gravirtes Petschier, die einzelnen Theile nicht in derselben Ebene liegen, und man den Abstand derselben bei der Umkehrung des Bildes noch dadurch vergrössern kann, dass man den Gegenstand innerhalb der einfachen und doppelten Brennweite der Umkehrungslinse bewegt, wo die geringen Vertiefungen und Erhabenheiten, wie sie ein Petschier und Siegel tragen, schon zu sehr colossal werden, besonders bei Linsen von kurzer Brennweite, so ist ebenfalls einleuchtend, dass man innerhalb des Flächenbildes die einzelnen Theile von sehr verschiedener Deutlichkeit sieht, da wir ja nicht gleichzeitig für verschiedene Entfernungen accommodiren können. Wie es nun ferner sehr bekannt ist, dass wir einen undeutlich gesehenen Gegenstand innerhalb seines Schwinkels in die verschiedensten Entfernungen versetzen (ich will nur an den, gewiss Jedem schon vorgekommenen Fall erinnern, dass man eine schnell vorbeiflatternde Fliege, die man nicht deutlich erkannte, leicht für einen sehr entfernten Vogel hielt), so ist es auch leicht begreiflich, dass man die einzelnen undeutlich gesehenen Theile der oben genannten Gegenstände nicht in die richtige Entfernung setzt, besonders da das Accommodationsgeföhls, welches hier allein entscheiden könnte, für ein Auge äusserst wenig mikrometrisch ist. So kommt es, dass wir die erhabenen, also dem Auge näher liegenden Theile, wenn sie innerhalb der Fläche des übrigen Luftbildes undeutlich erscheinen, noch hinter diese Fläche, also als vertieft setzen, und umgekehrt die vertieften als erhaben. Mit dieser Erklärung stimmt auch der Versuch vollkommen: denn eine solche Täuschung tritt um so lieber ein, je näher der Gegenstand dem Hauptfocus der Linse sich befindet, je beträchtlicher also der Abstand der einzelnen Theile im Luftbilde ist; ja man kann diesen Abstand und somit die Täuschung noch bedeutend dadurch erhöhen, dass man das umgekehrte Lichtbild mit einer

Loupe betrachtet. Liegt dagegen der Gegenstand ausserhalb der doppelten Brennweite der Umkehrungslinse, ist also das reelle Luftbild kleiner als der Gegenstand, und sind somit auch die Abstände der einzelnen erhabenen oder vertieften Theile geringer, so tritt die hier behandelte Täuschung nur noch höchst selten, und in weiter Entfernung meist gar nicht mehr ein; dass sie jetzt aber überhaupt noch eintreten kann, muss der ungenauen Accommodation, die bei dem reellen Luftbilde diese Täuschung überhaupt sehr begünstigt, da man nie so genau für seine Ebene accommodiren kann, zugeschrieben werden. — Von der Richtigkeit der Versuche und, wie ich meine, auch der Erklärung, kann man sich sehr leicht an den nebenstehenden zwei Linien, welche unter einen, zur Bezeichnung der Enden aufgesetzten Hut divergiren, überzeugen, wenn man sie in der Fläche des Papiers, welches weiter keinen An-



haltspunkt zur Berechnung der Entfernungen giebt, im umgekehrten Bilde betrachtet; hält man z. B. die Figur so, dass die convergirenden Enden gegen den Beobachter gewandt sind, so wird man bei Fixation des Hutendes sowohl die beiden Linien parallel, und geübt, selbst unter den Hut convergiren, als auch den Hut gegen sich gewandt sehen, umgekehrt wird man die Divergenz nach dem Hute zunehmen und diesen von sich abgewandt sehen, wenn man, dieses Ende gegen sich gekehrt, das hutlose fixirt. —

Trotz dieser Täuschungen besitzt die Ophthalmoskopie Hilfsmittel, um zu einer plastischen Anschauung der Gegenstände zu gelangen; solche sind für das umgekehrte Bild Erstens die gegenseitige Lageveränderung zweier in verschiedenen Ebenen liegender Punkte, bei verschiedener Stellung des Auges des Beobachters oder des Beobachteten; so nahm ich dieses Moment bei dem in Rede stehenden Fall aufs Schönste an einem parallel mit dem geschilderten horizontalen Skleralbalken der weissen Scheibe am Grunde der erwähnten Ausbuchtung hinlaufenden Gefässe wahr, das je nach der Stellung des Auges bald von dem Balken verdeckt, bald ein grosses Stück von ihm entfernt gesehen wurde. — Unter dieses Capitel gehört auch die Verkürzung und Verlängerung der von dem Rande aus auf die Anhöhe oder in die Tiefe steigenden Gefässe, je nachdem man

senkrecht auf ihre Fläche oder in der Richtung ihres Verlaufes blickt; in dieser Weise zeichnete sich an der oft erwähnten weissen Scheibe besonders eine kleine Arterie aus, welche bald als ansehnliches Gefäss einen ganzen Quadranten durchschlängelte, bald in einer winzigen kurzen Windung am Rande lag. Mit der Verkürzung erscheint dann auch häufig das Gefäss an einigen Stellen dunkler gefärbt, oder durch einen dunklen Punkt markirt, da man an der Verkürzungsstelle durch eine längere Blutsäule hindurchsehen muss, wie dies bekanntlich fast immer an der Austrittsstelle der vena centralis retinae, da wo sie in den Opticus einbiegt, zu sehen ist, und zwar hier wegen der pulsweisen Füllung und Entleerung der Blutkugel oder des Blutkegels sehr deutlich. Ferner nimmt man hier oft eine plötzliche Unterbrechung der Gefässe und Verrückung der beiden coupirten Enden gegen einander wahr, worauf schon Herr Dr. v. Graefe bei der glaucomatösen Hervorwölbung der Sehnervenpapille aufmerksam machte. — Als ein zweites wohl sehr gutes Hilfsmittel zur Beurtheilung des Körperlichen im umgekehrten Bilde sind die Prismen zu betrachten, die je nach ihrer Stärke einer, beim Ophthalmoskopiren kaum ausführbaren Locomotion des Auges gleichkommen. Ich sah diese Anwendung einmal bei Herrn Dr. v. Graefe und entnahm dorthier den Gedanken, weiss aber nicht, ob Herr v. Graefe diese Methode als eine anwendbare adoptiren will; principiell dünkt mir die Sache sehr praktikabel und die Versuche, welche ich damit bei dem umgekehrten Bilde eines Siegels und Petschafts anstellte, rechtfertigten meine Erwartung vollständig; denn selbst ein Prisma von 6 Grad (leider hatte ich kein schärferes zur Hand) benahm schon jede Täuschung des umgekehrten Bildes und zeigte mir die richtige Beschaffenheit. Ein drittes Hilfsmittel ist, dass man den Patienten während des Untersuchens für verschiedene Entfernungen accommodiren lässt, oder sich verschiedener starker Convexlinsen bedient; nach dem Resultate der oben erwähnten Versuche werden die stärksten Convexgläser, wo das Bild sehr nahe vor der Linse fällt und klein ist, die richtigste Anschauung der Verhältnisse geben. — 4) Das Wandernlassen des umgekehrten Bildes durch Nähern und Entfernen der Convexlinse, wodurch man aus dem früheren oder späteren Verschwinden resp. Undeut-

lich werden der einzelnen Theile auf ihre erhabene oder vertiefte Lage schliessen kann. — Obgleich die angegebenen Hilfsmittel für das umgekehrte Bild in den meisten Fällen vollkommen sichere Entscheidung liefern, so werden sie doch in schwierigen, minutiösen Verhältnissen die Anschauung zweifelhaft lassen, und es muss dann das aufrechte Bild aushelfen. Schon die unter 1) erwähnten parallaktischen Verhältnisse, welche bei dem umgekehrten Bilde wegen der totalen Umdrehung etwas complicirter Natur sind, lassen sich im aufrechten Bilde wegen der Einfachheit und vor Allem wegen der stärkeren Vergrößerung ungleich genauer unterscheiden. Ausserdem besitzt aber das aufrechte Bild noch zwei sehr scharfe diagnostische Hilfsmittel zur Beurtheilung des Erhabenen oder Vertieften. Erstens nämlich der Gebrauch verschieden starker Concavgläser; ist z. B. die Hervorwölbung so stark, dass der Gipfel derselben über die hintere Brennpunktebene des Auges hervortritt, so wird man je nach der Accommodation des zu untersuchenden Auges und der Brechkraft des untersuchenden ein sehr schwaches oder gar kein Concavglas für diesen erhöhten Theil nöthig haben, wie man ja auch den schwappenden Sack einer abgelösten Netzhautpartie mit grösster Leichtigkeit ohne Concavgläser deutlich erkennen kann. Ist im Gegentheile eine Ausbuchtung vorhanden, so wird mit der Tiefe der Ausbuchtung die Stärke des Concavglases zunehmen, und zwar ist diese Zunahme selbst bei diesen minutiösen Verhältnissen, wie man aus der kurzen Brennweite des menschlichen Auges leicht überblickt, nicht unbedeutend. Ein zweites Moment ist die Beurtheilung des Schattens, der oft die besten Aufschlüsse über die gegenseitige Lage der Theile giebt. — Diese beiden letzteren Punkte waren es auch besonders, welche mich bei dem in Rede stehenden Falle zur richtigen Anschauung leiteten.

In dieser Weise nun wurden beide Augen längere Zeit hindurch beobachtet und ein langsames Fortschreiten weniger in den hyperämischen Erscheinungen, als in der Ausbreitung der weissen Plaques constatirt. — Darnach schritt man zur Sektion, die Folgendes ergab:

An dem rechten extirpirten bulbus war von aussen

keine Abnormität bemerkbar, nur sah man, wenn man die Pupille dem Lichte zuwandte, die weissen pigmentlosen Flecken durch die Sclerotica hindurchschimmern. An dem linken bulbus dagegen sah man an der innern oder vordern Seite des Sehnerveneintrittes eine fast eine Linie hohe Hervortreibung der Sclerotica, welche letztere hier bis zur vollkommenen Durchsichtigkeit verdünnt war; die Hervortreibung war durch einen querhindurchlaufenden Strang in zwei Hügel abgetheilt, und diese beiden Hügel entsprachen genau jenen durch das Ophthalmoskop wahrgenommenen Vertiefungen der oft erwähnten weissen Scheibe. Die Basis der Hügel bog ziemlich rasch in einem fast rechten Winkel in das Niveau der übrigen Sclerotica über. Auch die Partie dicht unter dem Sehnerven war seicht nach hinten hervorgewölbt, jedoch ohne merkbare Verdünnung der Sclerotica. Auf gleiche Weise wie im rechten Auge gaben sich auch in diesem jene kleinen, weissen Flecken in der mittleren Zone des Augenhintergrundes durch ihre grössere Durchsichtigkeit von aussen zu erkennen.

Nachdem man sich nochmals durch das Ophthalmoskop von der Integrität des Innern des Auges überzeugt hatte, wurde zuerst das linke Auge durch einen im Aequator des bulbus geführten Schnitt sorgfältig geöffnet, so dass die Fortsetzung jenes feinen Fadens, welcher von der Spitze der oben beschriebenen zipfelförmigen Netzhautablösung nach vorn lief, unverletzt bleiben musste. Indessen konnte auch jetzt schon mit der Loupe der Faden nur eine kurze Strecke weit verfolgt werden.

Die frisch und in weiterer Ausdehnung am wohl conservirten Präparate vorgenommene mikroskopische Untersuchung ergab für das linke Auge folgende Resultate: Jene zipfelförmige Netzhautablösung, welche

zuerst der Untersuchung unterworfen wurde, bestand in ihrem grössten Theile nur aus Nervenfasern des Opticus, an der Spitze derselben gesellten sich aber alle Elemente der retina hinzu. Von der Spitze ausgehend fand man keine Nervenfibrillen mehr auf den Glaskörper dahinlaufen, sondern ich bekam an einem solchen Präparate nur die blasse hyaloidea zu sehen. An der Innenseite der von der künstlichen Pupillenbildung herührenden Skleralwunde fand ich ebenfalls keine Retinalelemente mit in die Vernarbung hineingezogen, sondern es endete diese scharf vor den unverletzten processus ciliares.

Darnach wurden die um den Opticus befindlichen, am meisten degenerirten Theile der mikroskopischen Untersuchung unterworfen. Doch war auch so die frühere Grenze des Sehnervenloches innerhalb der weissen Scheibe auf keine Weise zu constatiren, und beweist das Vorhandensein der retina an jenen ausgebuchteten Stellen, dass diese Partie sicher nicht mehr zu der normalen Sehnervenscheibe gehörte. — An dem grössten Theile dieses weissen Ovals waren noch alle Membranen des Auges vertreten, wiewohl in sehr verändertem und in Betreff der Chorioidea kaum mehr membranartigem Zustande. Das Skleralgewebe war an allen diesen Stellen, selbst an jener tiefen Ausbuchtung, mit Ausnahme ihrer Dicke, die bis 0, 1<sup>'''</sup> und 0, 15<sup>'''</sup> abgenommen hatte, und ihrer Dichtigkeit von vollkommen normalem Zustande. Einlagerung von Exsudat oder dessen Metamorphosen, wie allenfalls zu vermuthen war, fanden sich nicht. Auch jene Stränge, welche die Vertiefungen brückenartig von einander trennten, bestanden aus nichts als Skleralgewebe. — Eine grosse Zerstörung zeigte dagegen die Chorioidea, das Einzige, was von ihr übrig war, waren einzelne zerstreute Pigmentmoleküle, die sparsam und ohne jeglichen Zusam-

menhang hier auflagen. An dem Rande des weissen Flecks zeigte sich die Pigmentzerstörung in ihren Anfangsstadien, wie sie weiter unten bei der mikroskopischen Beschreibung des andern Auges, wo dieselbe deutlicher verfolgt werden konnte, angegeben werden soll. —

Spuren von Chorioidealgefässen und zusammenhängendem Stroma waren an diesen Stellen nirgends mehr wahrzunehmen, sondern dies Alles wurde durch spärliches Bindegewebe, welches der Sclerotica auflag, repräsentirt. — Die retina war, wie schon oben bemerkt, an dem grössten Theile des weissen Flecks vorhanden, doch liess sie sich nicht ohne Zerreiſsung vollkommen von den unterliegenden degenerirten Theilen loslösen. Ihre Stäbchenschicht war an den Stellen der Ausbuchtung in hohem Grade verändert, und bot dieselbe das Aussehen, wie man es bei sehr unvorsichtiger Präparation der retina manchmal wahrnimmt: die Stäbchen waren in der verschiedensten Richtung durcheinander gestellt, die meisten von ihnen gebückt oder zerbrochen und an der Bruchstelle durch ein helles Tröpfchen markirt, die ganze Schicht sowohl aussen wie innen, als auch zwischen den Stäbchen war von hellen Tröpfchen, von denen viele äusserst stark reflektirten, umflossen. Das Ganze bot das Bild einer grossen mechanischen Zerstörung dar, die, wenn ich sie mit dem aus der Nachbarschaft genommenen Präparaten vergleiche und auch solche zu Rathe ziehe, wo gleichzeitig an demselben Querschnitte retina von der unverletzten wie der degenerirten Stelle sich befand, wohl mit Bestimmtheit als eine nicht durch die Präparation hervorgebrachte angesehen werden kann. — Die obigen Schichten der retina zeigen keine besondere Abnormität, und ist die Körnerschicht sehr gelichtet, die Körner sparsam. Auch auf der retina zeigte sich keine Spur eines entzündlichen

Produktes; Cholestealinkrystalle, wie sie sonst mit Bestimmtheit aus dem wundervollen Glitzern der ganzen Scheibe erwartet wurden, waren nicht vorhanden; sondern es rührte dieses Phänomen von den unendlich vielen hellen, ölartigen Tröpfchen, welche fast die ganze Stäbchenschicht ausfüllten, und vielleicht auch zum Theil von den unendlich durcheinander geworfenen Stäbchen selbst her; denn auch unter dem Mikroskope bekam man bei starkem auffallendem Lichte und schnelleren Hin- und Herbewegen des Glasplättchens eine ähnliche Erscheinung im Kleinen, wie man sie früher mit dem Ophthalmoskope im Grossen wahrgenommen hatte.

Die mikroskopische Untersuchung der nicht vertieften weissen Plaques, welche in beiden, aber vorzugsweise im rechten Auge sich vorfanden, wurde besonders an diesem studirt. Ich fand hier bei vollkommen normaler Sclerotica die pathologische Veränderung sich nur auf die Chorioidea beschränken. Die Gefässstämme der äussersten Schicht waren obliterirt und das Stroma zwischen ihnen fast vollständig geschwunden. Das Pigment zeigte eine eigenthümliche Degeneration, die sich vom Rande nach dem Centrum der weissen Flecken, wo der Reflex derselben viel heller und weisser war, in fortschreitender Entwicklung verfolgen liess; im Anfange, also vorzugsweise am Rande, sieht man die Kerne der Pigmentzellen angeschwollen, oder es entstehen in denselben mehrere durchsichtige runde Stellen, gleichsam als ob mehrere Kerne vorhanden seien, mit diesem Anschwellen schienen aber dieselben keine weitere Aenderung in ihren physikalischen oder chemischen Eigenschaften zu erleiden. Das Pigment ist jetzt noch um diese so angehäuft, dass man noch deutlich die schöne polygonale Gestalt der Zellen unterscheiden kann. In einem weiteren Stadium sieht man die Zellen-



membranen geplatzt, das Pigment unregelmässig zusammengeflossen, und somit das mosaikartige Aussehen der Pigmentschicht an dieser Stelle geschwunden. Von hier an verschwindet auch das Pigment, und ausser einzelnen unregelmässigen Gruppen sieht man dasselbe bloss noch als schwarze Ringe um die grossen blassen Kerne angeordnet. Zuletzt, also gegen die Mitte der weissen Plaques, sind auch diese schwarzen Pigmentringe sammt den blassen kugligen Kernen geschwunden, und nur hier und da liegen einzelne Pigmentmoleküle unregelmässig zerstreut. — Ueber die ganze Stelle zieht sich die retina scheint's unverletzt darüber hin, wenigstens konnte sie in continuo davon abgelöst werden; wie weit jedoch die einzelnen Schichten derselben erhalten waren, ob namentlich auch hier eine solche mechanische Zerstörung der Stäbchenschicht vorhanden war, wie ich sie an jener ovalen weissen Scheibe beobachtete, wage ich nicht zu entscheiden, da ich dieselbe nicht frisch untersuchte; indessen halte ich eine solche nach Zerstörung der Pigmentzellen, auf denen die Stäbchen wie Pallisaden senkrecht aufgestellt sind, selbst wenn eine Ausbuchtung der Sclerotica das Ausweichen derselben noch nicht erleichtert, für eine nothwendige Folge. In beiden Augen hatte der Glas-Körper die normale Consistenz und zeigten sich nirgends abnorme Trübungen, wie schon das Ophthalmoskop negirt hatte.

In Betreff des Wesens dieses ganzen geschilderten Zustandes muss ich bekennen, dass ich vor der mikroskopischen Untersuchung stets geneigt war, in denselben die Gräfe'sche Sclerotico-chorioiditis post. zu sehen, welche, so fremdartig auch der ophthalmoskopische Anblick des linken Auges sich präsentirte, in diesem doch nur in einem noch nicht gekannten hohen Grade der Ausbildung sich befinden sollte. Was mich zu dieser Annahme verleitete, war die Aehnlichkeit des oph-

thalmoskopischen Bildes, besonders des rechten Auges mit dem bei Sclerotico-chorioiditis; der sichelförmige weisse Fleck um den, dem hintern Augenpole zugewandten Rande des Sehnerveneintritts, welche Stelle für das Anfangsstadium der Sclerotico-chorioiditis fast charakteristisch ist und wahrscheinlich in der Gefässverbreitung seinen Grund findet; die vorwiegende Entwicklung nach dieser Seite hin, oder auch, wie an dem linken Auge, um den Sehnerven herum, so dass dieser zuletzt nur noch als eine Insel excentrisch in der pigmentlosen Scheibe liegt; die Umgränzung dieser Sichel durch stellenweise dichtere Anhäufung des Pigments; die einzelnen isolirten weissen Plaques mit ihren Pigmenträndern und durchziehenden Pigmentfiguren; das Vorkommen dieser weissen Plaques in der, von dem Sehnerveneintritt über das Centrum des Augenhintergrundes zu ziehenden vertikalen Zone; das Wachsen dieser Plaques durch Zusammenfliessen kleiner, inselförmiger weisser Fleckchen in der Umgebung; dazu nun noch die Ausbuchtung der Sclerotica des linken Auges an der am weitesten vorgeschrittenen Stelle; — dies Alles zeigte eine Aehnlichkeit, wie sie oft ein und derselbe Krankheitsprozess an demselben Individuum nicht darbietet. Das Mikroskop zeigte mir jedoch Unterschiede, welche zu wesentlich sind, als dass ich diesen Zustand noch länger mit der genannten Krankheit identificiren dürfte. Vor Allem ist es der gänzliche Mangel aller Entzündungsprodukte, welcher ihm eine wesentliche Aehnlichkeit mit der Sclerotico-chorioiditis raubt; denn wenn diese sich auch gerade nicht in einem lebhaften Exsudationsprozesse ergeht, sondern einen mehr chronischen Charakter hat, so deuten doch die einzelnen Membranen unter einander am Rande der pigmentlosen Stelle, die Umbildung von Bindegeweben ebendasselbst, wie beides durch Untersuchungen constatirt ist, wohl auch die

stellenweise pathologische Umbildung von Pigment, die knötchenförmigen Verdickungen und Trübungen der retina, die sonst constant vorkommenden intraoculären Blutungen etc. — alles dieses, sage ich, deutet bei der Sclerotico-chorioid. auf einen entzündlichen Prozess; und eben der Mangel alles dieses ist es auch, warum ich den in Rede stehenden Zustand nicht für gleichbedeutend halten kann. — Ein weiterer Unterschied liegt in der geringen Theilnahme der Sclerotica, denn während bei Sclerotico-chorioid. der Prozess in der Sclerotica dem in der Chorioidea oft in der Weise voraneilt, dass man die Ausbuchtung und Verdünnung der ersteren weit über die pigmentlosen Stellen hinausgehen, ja oft bei noch geringem Pigmentdefekt die ganze hintere Hemisphäre des bulbus einnehmen sieht, oder während wenigstens beide Prozesse Hand in Hand gehen, so haben wir in unserm Falle schon ansehnliche Defekte des Chorioidealpigmentes ohne irgend welche Theilnahme der Sclerotica, die überhaupt an der Einen Stelle, wo sie stattfindet, das lauterste Zeugnis eines mechanischen Produktes an sich trägt. — Ich möchte daher dem in Rede stehenden Zustande nur den Namen einer partiellen Hyperämie des Chorioidea geben, die sich durch die circumscribte gleichmässige Röthe und die starke Anfüllung der grossen Gefässstämme um die pigmentlosen Stellen her charakterisirt, welche beide auf das Entschiedenste gegen die Umgebung sich auszeichnen. Alle übrigen Erscheinungen sind secundärer Natur, bekunden jedoch in ihrer Ausbreitung ebenfalls einen durchaus lokalen Prozess.

Zu diesen secundären Erscheinungen gehört vor Allem der Mangel des Chorioidealpigments, nur innerhalb der mit dem Traktus der Chorioidealgefässstämme parallellaufenden Zone in der Mittellinie des Augenhintergrundes beider Augen. Diese Pigmentdegeneration

halte ich für eine wahre Maceration desselben, in Folge einer serösen Durchtränkung und Dehiscenz der Pigmentzellen und schliesslichen Resorption des Pigmentes. — Als secundären Prozess betrachte ich weiter die Obliteration der in der Mitte der weissen Plaques liegenden Chorioidealgefässstämme, welche an der Stelle, wo die übrigen Schichten der Chorioidea vollkommen geschwunden sind, dem grössten Drucke ausgesetzt waren. — Ebenso ist das Zurückdrängen der ganzen weissen Scheibe und vor Allem die enormen hügeligen Ausbuchtungen der Sclerotica um den Optikus des linken Auges herum eine reine Druckerscheinung, welche aus freilich unbekanntem Gründen nur an dieser einen Stelle sich Geltung verschaffte, wenn nicht gerade die Nachgiebigkeit dieser der Grund war, warum die Ausdehnung nicht weiter Platz griff, und nicht, wie sonst bei Chorioidealhyperämie, eine Ausdehnung des gesammten bulbus hervorbrachte. Ob die fehlende Ausdehnung in dem anderen Auge Folge einer jüngeren Dauer des Prozesses war, oder ob sich hier der Druck wegen grösserer Resistenz der Sclerotica in concentrischer Richtung geltend machte, ist nicht zu entscheiden. Die hochgradige mechanische Zerstörung der Stäbchenschicht desjenigen Retinaltheiles, welcher sich in den Ausbuchtungen um den linken Optikus befand, und von welcher, wie ich meine, jenes unruhige Glitzern der Aushöhlungen herrührte, kann ich ebenfalls nur auf Rechnung eines stark einwirkenden Druckes schreiben, vielleicht dass die daraus folgende Ernährungsstörung auch eine Aenderung in der chemischen Beschaffenheit der einzelnen Elemente der Stäbchen- und Körnerschicht hervorbrachte, wie z. B. ein fettiges Zerfallen derselben, worauf allerdings jene Anzahl ölartiger Tröpfchen in jener Lichtung der Körnerschicht hindeuten könnte.

Am meisten Schwierigkeit für die Erklärung bietet jene zipfelförmige Netzhautablösung am äussern Sehnervenhorne dar. Und schon jene eigenthümliche zwei-gehörnte Gestalt dieser seitlichen Nervenaustrahlungen kann ich nicht ohne ein erklärendes Wort übergehen, da dieselbe von der gewöhnlichen und zumal von der des andern Auges zu abweichend ist, als dass man sie für eine individuelle Verschiedenheit ansprechen dürfte. Diese Gestalt erklärt sich indess auch leicht, wenn man sich daran erinnert, dass die ganze Umgebung des Opticus und mit ihr der Opticus selbst nach hinten zurückgewichen resp. gedrängt waren; es entsteht so aus der gradlinigen horizontalen Ausstrahlung beider Büschel eine von hinten nach vorn gekrümmte; bedenkt man nun, dass das Zurückdrängen bei weitem bedeutender am unteren Umfange statt fand, und dass man, um den Schnerveneintritt bei Kaninchen ophthalmoskopisch zu Gesicht zu bekommen, von unten nach oben schauen muss, und man so nicht die in der Ebene des Augenhintergrundes stattfindende Krümmung, sondern vielmehr die von hinten nach vorne bestehende überschaut, so wird sich leicht diese enorme Gestaltveränderung erklären, wie sich denn auch in der That bei der Sektion fand, dass die Krümmung in der Fläche, abgesehen von der mangelnden Vergrösserung der brechenden Medien, keine so bedeutende war. — Aehnliche mechanische Verhältnisse kommen bei der Erklärung jener zipfelförmigen Netzhautablösung in Betracht, bei der jedoch noch ein anderes, gleich zu besprechendes Moment eingewirkt haben muss. Es ist einleuchtend, dass die mit dem seitlichen Nervenbüschel zusammenhängende Netzhaut gerade an der Stelle der stärksten Krümmung desselben der grössten Spannung und Zerrung ausgesetzt war, und so, wenn nicht zerreißen, doch von der Unterlage sich loslösen konnte. Entstand nun auf diese

Weise ein breit aufsitzender, plattrunder Sack, der sich vielleicht mit Serum füllte, so glaube ich, dass jetzt das Trauma, welches an diesem Auge durch die künstliche Pupillenbildung stattfand, dessen Vorfall bewirkte, indem bei dem Hervorziehen des oberen Theiles der Iris, also gerade dieser Stelle gegenüber, ein kleiner Glaskörpervorfall stattfand und so die losgelöste Membran zuerst dem Drucke folgte. Jener glänzende Faden, welcher, von der Spitze des Zipfels ausgehend, nach dem Vordergrunde des Auges in gerader Richtung gegen den Irißausschnitt hinlief, würde sich so auch nur als eine Falte der hyaloidea ergeben, welche sich durch den Glaskörpervorfall in die Wunde hineinzog. Es scheint mir dies die einzig mögliche Erklärung, nachdem die Section und mikroskopische Untersuchung erwiesen hat, dass sowohl erstens die processus ciliares an der Stelle des künstlichen Coloboms vollkommen intakt und auch die retina an dieser Stelle nicht in die Wunde mit hineingezogen war, als auch zweitens jene glänzende fadenförmige Linie, welche von der Spitze des Zipfels ausging, nach der Eröffnung des bulbis bis auf ein kurzes Endchen, welches unter dem Mikroskope nur hyaloidea zeigte, verschwunden war. Vor der Section dachte ich nämlich daran, dass möglicherweise bei dem Hervorziehen der Iris einige Nervenfasern der retina mit in die Wunde hineingezogen und der gegenüberliegende Netzhauttheil so zipfelförmig hervorgezerrt worden sei; dass nach dem anatomischen Befunde hieran nicht mehr gedacht werden kann, sieht sich leicht ein. — Dass aber die ganze Degeneration des linken Auges nicht Folge des erwähnten operativen Eingriffes war, brauche ich wohl nicht erst zu vertheidigen, wenn ich, absehend von der Schwierigkeit der Erklärung, wie eine künstliche Pupillenbildung mit Glaskörpervorfall eine Ausbuchtung und Verdünnung der Sclerotica

hervorbringen könnte, nur auf die Gleichartigkeit des Prozesses in beiden Augen, von denen das rechte vollkommen unberührt blieb, hinweise, und noch hinzufüge, dass ich diesen Zustand in nur wenig geringerer Ausbildung schon 2 Tage nach der Operation ophthalmoskopisch constatirte.



## Ueber Myopia in distans

nebst Betrachtungen über das Sehen jenseits der Grenzen unserer  
Accommodation.

Von

Dr. A. v. Graefe.

Es ist eine Thatsache, dass der Grad der Kurzsichtigkeit mit der Art und Weise, wie entfernte Gegenstände den Kurzsichtigen erscheinen, nicht in einem constanten Verhältnisse steht. Wenn wir mehrere an Myopia verschiedenen Grades Leidende mit einander vergleichen, ereignet es sich, dass die am meisten Kurzsichtigen von entfernteren Gegenständen deutlichere Wahrnehmungen erhalten, als die weniger Kurzsichtigen. So ist auch die Beobachtung bereits von mehreren Seiten her gemacht, dass zuweilen Kurzsichtige, welche noch in verhältnissmässig grosser Entfernung kleine Objekte erkennen, z. B. Druckschrift bis auf 2' lesen, entfernte grosse Objekte nur in ihren allgemeinsten Umrissen wahrzunehmen im Stande sind. Man hat diesen Zustand Myopia in distans genannt, doch bin ich leider trotz angestellter litterarischer Nachforschungen nicht im Stande anzugeben, von welchem Autor die erste Beschreibung und der Name dieses Zustandes herrührt. In Betreff der Erklärung finden wir nichts recht Stichhaltiges aufgestellt, und es konnte sogar der Verdacht entstehen, dass es sich in einzelnen der beschriebenen Fälle nicht um ein einfaches Akkommodationsleiden, sondern um einen anderen Hergang, inson-



derheit um Blendungserscheinungen handle. Einige exquisite Fälle solcher Myopia in distans gaben mir eine wie ich glaube richtige Deutung an die Hand, welche ich um so weniger zögere hier mitzutheilen, als sich an dieselbe einige Betrachtungen über das Verhalten gegen Zerstreungskreise bei Accommodativkrankheiten im Allgemeinen auf ungezwungene Weise anschliessen lassen.

Ein Gärtner von circa 30 Jahren war im Stande, feinste Druckschrift von 4" bis auf 18", mittlere Druckschrift bis auf 2' grösste bis auf 2 $\frac{3}{4}$ ' zu lesen, und dennoch konnte er von einem 50 Schritt weit entfernten Hause nur die vagen Umrisse der Fenster, nicht einmal die Abtheilung derselben in Scheiben erkennen, er war ferner nicht fähig, zu sagen, ob sich auf einem in der nämlichen Entfernung befindlichen Schilde Schriftzüge befänden oder nicht. Ein des Vergleichs wegen daneben gestellter Kurzsichtiger, der die grösste Druckschrift nur bis auf 2' lesen konnte, hatte viel deutlichere Wahrnehmungen von denselben entfernten Objekten und konnte, ohne mit den Augen zu kneipen, sogar die Anfangsbuchstaben der auf dem Schilde befindlichen 1' hohen Schrift angeben. Ein dritter Kurzsichtiger, der die grösste Schrift nur auf 1 $\frac{1}{2}$ ' las, hatte immer noch beträchtlich deutlichere Wahrnehmungen als der erstgenannte Patient, und ein excessiv Myopischer, an Sclerotico-chorioideitis posterior Leidender, der feinste Schrift nur bis auf 4", grösste auf 6" lesen konnte, gab über die entfernten Objekte beinahe dieselben Aufschlüsse, als der Ersterwähnte, obwohl dieser zum Deutlichsehen in der Entfernung nur Concav 30, der Excessiv-Myopische aber Concav 3—3 $\frac{1}{2}$  brauchte. — Es schien mir somit der ersterwähnte Patient ein vortreffliches Beispiel von Myopia in distans zu sein, sehr geeignet, die obwaltenden Verhältnisse genau zu bestimmen.

Vor allen Dingen konnte der Grund des Undeutlichsehens nur in einer Anomalie der Akkommodation gesucht werden, da die Sehschärfe absolut normal, die Beleuchtung frei von jedem blendenden Einfluss, und endlich schwache Concavgläser vollständig ausreichend waren, um die präzisesten Wahrnehmungen entfernter Objekte zu ermöglichen; auch wurden die Beobachtungen unter den verschiedensten Verhältnissen der Beleuchtung wiederholt, und immer stellte sich dasselbe Resultat heraus. Allen Erklärungsversuchen musste nun eine genaue optometrische Bestimmung der Accommodationsgrenzen, insonderheit des Fernpunktes, vorangeschickt werden, denn möglicherweise konnte dieser letztere weit näher liegen, als es aus den Leseproben hervorzugehen schien; wissen wir doch, dass Presbyopische, selbst Hyperpresbyopische nicht selten Druckschrift bei grosser Annäherung erkennen, weil sie im Interesse der Wahrnehmung sich über die Undeutlichkeit der Netzhautbilder wahrscheinlich durch Uebung hinwegzusetzen gelernt haben. In derselben Weise hätte vielleicht auch der fragliche Patient die Fähigkeit besessen, sich beim Erkennen von Druckschrift über die Zerstreungskreise hinwegzusetzen, und so einen hohen Grad von Myopia verdeckt; diese supponirte Fähigkeit, auf welche wir unten zurückkommen werden, hätte dem Patienten für entferntere Objekte — aus mangelnder Uebung oder andern Gründen im Sehakt selbst — gefehlt, und hieraus wäre der scheinbare Widerspruch in der Wahrnehmungsfähigkeit entstanden. Die Messungen ergaben nun, dass sich der Fernpunkt wirklich auf  $1\frac{3}{4}'$  befand, während derselbe bei den übrigen Myopischen weit näher, bei dem Excessiv-Myopischen auf 4" gelegen war.

Zu diesen Bestimmungen bediene ich mich nicht mehr das Stampfer'sche Optometers oder ähnlicher auf das Prin-

zip des Scheiner'schen Versuchs basirten Instrumente, weil dieselben für die Praxis an sehr misslichen, schon von verschiedenen Fachgenossen hervorgehobenen Mängeln leiden.

Wenn man nämlich in einen verschlossenen Tubus hineinsieht, so fehlt das Bewusstsein von der Entfernung des Objects, und es bedarf beim Mangel dieses Anhaltspunktes einer nicht jedem Gesunden, geschweige denn einem Kranken gegebenen Feinheit respective Uebung des Accommodationsgeföhls, um zu wissen, ob man den Brechzustand zu stark oder zu schwach einrichtet. Es erklären sich hierdurch namhafte Fehler und Schwankungen in den Resultaten. Ferner knüpft sich jede scharfe Accommodation an die Intention, die Formen der Gegenstände so wahrzunehmen, dass sich das Urtheil daraus praecise Vorstellungen bildet; diese Intention ist aber eine höchst unvollkommene bei dem Prinzip der erwähnten Optometer, weil es sich bei deren Anwendung nicht, wie im gewöhnlichen Sehakt, um das Herauserkennen der Formen, sondern um ein wesentlich verschiedenes Postulat handelt. Hierzu kommen noch gewisse Schwierigkeiten der Anwendung bei wenig gelehrigen Patienten, besonders darauf beruhend, dass nicht immer alle, die verschiedenen Spalten des Okulars durchdringenden Lichtportionen gleichzeitig in die Pupille einfallen. — Wegen der ungenügenden Resultate die aus der Anwendung der früheren Optometer für die ärztliche Praxis hervorgehn, hat man theils sämmtliche Optometer verworfen und sich Behufs der Accommodations-Bestimmungen lediglich auf die Leseproben beschränkt, theils aber andere Prinzipie als das des Scheiner'schen Versuchs den Instrumenten zu Grunde gelegt. Ich für meinen Theil wünsche, dass sich die Bedingungen des Erkennens bei diesen Prüfungen den beim gewöhnlichen Sehakt vorkommenden möglichst anschliessen, ferner, dass das Bewusstsein über die Entfernung des Gesichtsobjects aufrecht erhalten, endlich, dass die früher erwähnte Unterdrückung der Zerstreungskreise bei der Beurtheilung des Deutlichsehens vermieden wird. Die beiden ersten Bedingungen werden durch die usuellen Leseproben am besten erfüllt, dem letztgenannten Postulat nähern wir uns dadurch, dass wir sehr feine, dicht an einander stehende Objecte zum Erkennen wählen, für deren Wahrneh-

mung die Zerstreuungskreise eher, als für grosse störend werden. So fallen schon die gewöhnlichen Leseproben für Bestimmung der Accommodationsgrenzen desto genauer aus, je kleiner man die Schrift wählt — wobei natürlich wegen des geringen Gesichtswinkels das Akkommodationsgebiet durch Convexgläser genügend angenähert werden muss. Wir sehen dies am besten bei Presbyopen und Hyperpresbyopen, welche wie oben erwähnt, zwar grosse und mittelgrosse Schrift, niemals aber feinste Schrift bedeutend ausserhalb ihrer Accommodationsgrenzen lesen können. Dennoch ist es nicht zu läugnen, dass auch für das Erkennen feinsten Schrift eine wiewohl sehr beschränkte Unterdrückung der Zerstreuungskreise erlangt und durch Uebung erweitert werden kann. Ich habe es deshalb für praktisch befunden, auf letzterwähntem Prinzip (geringen Gesichtswinkel der Objecte oder richtiger ihrer Intervalle) fussend nur den Gegenstand des Erkennens etwas anders zu wählen. In einem kleinen Rahmen ungefähr vom 1" Quadrat sind viele möglichst feine Stäbchen eingesetzt, welche regelmässige Intervalle zwischen sich lassen und in Summa eine feinstreifige Figur bilden. Es handelt sich um zu recht exakten Resultaten über die Accommodationsgrenzen zu gelangen, besonders um die Feinheit der Stäbchen, welche zu diesem Zwecke am besten aus dünnstem Metalldraht gefertigt werden. Nimmt man einen solchen Rahmen in die Hand und benutzt zum Hintergrund die Wand eines Hauses oder den Himmel, so ist es nur möglich die Stäbchen scharf zu sehen, wenn genau für dieselben accommodirt ist; so wie die Accommodation abweicht, bilden sich die bekannten farbigen Doppelbilder der Stäbchen, welche sich in den durchsichtigen Intervallen entwerfen und dieselben theilweis oder ganz einnehmen, es verschwindet alsdann die scharf gezeichnete streifige Figur und das Gesamtbild wird vollkommen verwischt. Es möchte dies Prinzip so ziemlich mit dem von Coccius (siehe dessen Buch über den Augenspiegel) benutzten zusammenfallen, nur scheint mir neben der grösseren Feinheit der Stäbchen ein wesentlicher, technischer Vortheil darin zu liegen, dass ein beleuchteter Hintergrund benutzt wird, wodurch die farbigen Doppelbilder weit deutlicher hervortreten. Solche Rahmen sind auf einem graduirten Stabe verschiebbar, dessen eines Ende

mit einer Platte versehen an die Stirn der Kranken angelegt wird; an dem Rahmen selbst befindet sich ein kleiner Handgriff, mittelst dessen der Patient denselben nähert und entfernt, damit er allemal eine deutliche Empfindung von der Entfernung des Gesichtsobjectes habe, und die Accommodation willkürlich bis auf ihre natürlichen Grenzen ausdehnen könne. Handelt es sich um Unterschiede der Accommodation für verticale und horizontale Objecte, so braucht nur der Stab  $90^{\circ}$  um seine Axe gedreht zu werden und die Bestimmungen successive in der einen oder der andern Haltung gemacht zu werden. Die konstanten Angaben, welche ich auch von wenig gelehrigen Patienten erhielt, überzeugten mich von der praktischen Brauchbarkeit dieser kleinen Instrumente, welche ich seither bei den verschiedensten Accommodationskrankheiten vielfach angewandt habe.

Wodurch konnte sich nun die genannte Verschiedenheit im Sehen entfernter und naher Objecte erklären? Es blieben hier nur zwei Annahmen übrig, entweder mussten die bei der angegebenen Lage des Fernpunktes verhältnissmässig kleinen Zerstreungskreise entfernter Objecte die Funktion der Netzhaut in der Weise stören, dass die Wahrnehmungsfähigkeit beschränkt oder aufgehoben war, etwa in derselben Weise, wie man zuweilen bei Hyperaesthesia retinae die Wahrnehmung unter Einfluss gewisser Farben, unregelmässiger Brechung, leichter Blendung erlöschen sieht, oder es wurde beim Betrachten entfernter Objecte nicht für den Fernpunkt, nämlich  $1\frac{3}{4}'$ , sondern für einen näher gelegenen Punkt, vielleicht selbst für den Nahepunkt accommodirt, wobei die Grösse der Zerstreungskreise genugsam wachsen konnte, um die Confusion der Bilder zu erklären. Im ersteren Fall wäre die Myopia in distans als eine mit leichter Myopie verbundene eigenthümliche Form der Hyperaesthesia retinae aufzufassen, im letzteren aber als eine auf perverse Thätigkeit des Accommodationsapparates zu basirende Erscheinung, kraft deren, wenn einmal eine scharfe Accommoda-

tion unmöglich ist, nun nicht mehr der relativ günstigste Zustand der Accommodation, sondern geradezu ein conträrer eingeleitet wird. Ich glaube mich durch eine genügende Anzahl von Versuchen überzeugt zu haben, dass die letztere Annahme die vorwaltend richtige ist, wenngleich eine pathologische Reizbarkeit der Netzhaut gegen Zerstreungskreise nothwendig das reflektorische Mittelglied des Phänomens abgeben muss.

Ging ich bei dem eben erwähnten Kranken mit einem Gesichtsobjekt, z. B. einem Portrait, allmählig vom Auge ab, so trat nicht jenes successive Verschwimmen desselben, wie bei gewöhnlich Kurzsichtigen ein, sondern an einer bestimmten ziemlich constanten Stelle, allerdings bedeutend jenseits des angegebenen Fernpunktes, trat ein plötzliches Breit- und Undeutlichwerden des Objectes ein, so dass Patient z. B. in 6 Fuss Entfernung noch die Gesichtszüge erkennen, in 10 Fuss aber selbst die Umrisse nicht mehr deutlich zu unterscheiden vermochte. Wurde nun unter den letzterwähnten Verhältnissen oder beim Sehen auf ein entferntes Haus ein schwaches Concavglas (Nr. 30) vor das Auge gehalten, so konnte der Kranke allerdings scharf erkennen, doch war hierzu eine gewisse Zeit erforderlich, er fühlte, dass sich die „Spannung seines Auges dabei verändere“ und beschrieb diese Veränderung durchaus so, wie man eine Veränderung der Accommodation zu empfinden pflegt. Wurde dasselbe Concavglas ziemlich rasch an den Augen vorüber bewegt, so sah Patient angeblich nicht besser durch das Glas als mit blossem Auge. Ich erkläre mir dies so, dass die nothwendige Veränderung des Brechzustandes bei der nunmehr kurzen Zeit nicht mehr zu erreichen war. — Nahm ich ferner, immer beim Verschwommensehen in die Entfernung, ein starkes Concavglas (Nr. 6), so konnte Patient augenblicklich scharf sehen, auch hatte er nicht die

obenerwähnte Empfindung einer Accommodations-Veränderung und konnte das Concavglas beliebig rasch an dem Auge vorüber bewegt werden, immer waren die entfernten Objekte deutlich.

Es schien mir schon aus diesen Thatsachen höchst wahrscheinlich, dass beim Sehen in die Entfernung das Auge des Patienten nicht für den Fernpunkt, sondern in entgegengesetzter Weise accommodirt sei, doch waren mir noch directere Beweisgründe wünschenswerth. Es ist durch die Versuche mit Concav- und Convexgläsern einerseits und mit prismatischen Gläsern andererseits bewiesen, dass beim binocularen Sehakt eine absolute Abhängigkeit der Sehaxenconvergenz von der Accommodation nicht existirt, dass wir vielmehr bei gleichbleibender Convergenz innerhalb gewisser Grenzen verschieden accommodiren können (Versuche mit concaven und convexen Gläsern bei gleicher Entfernung des Objekts), und andererseits bei wechselnder Convergenz denselben Accommodations-Zustand erhalten können (Versuche mit prismatischen Gläsern und dadurch hervorgebrachtem willkürlichem Schielen). Es ist aber ebenso gewiss, dass diese scheinbare Unabhängigkeit lediglich ein Product des beim doppelseitigen Sehakt herrschenden Dranges nach Einfachsehen ist, wodurch die natürliche Abhängigkeit beider Faktoren bis auf einen gewissen Punkt gelockert wird. So wie wir nämlich das doppelseitige Sehen aufheben, zeigt sich die natürliche Abhängigkeit darin, dass eine jede Veränderung der Accommodation auch mit veränderter Convergenz sich verbindet. Wird das eine Auge eines Gesunden mit der Hand halb verdeckt, so dass es nicht mehr auf das Gesichtsobject gerichtet, aber seine Stellung genau controlirt werden kann, und lässt man nun mit dem zweiten offenen Auge in einer und derselben Richtung bald für die Nähe, bald für die Entfernung accommo-

diren, so rückt bei wachsendem Brechzustand allemal das halbverdeckte Auge nach innen, bei abnehmendem Brechzustand nach aussen. Um den Versuch gegen alle Einwürfe zu schützen, verfährt man besser so, dass man vor das zweite Auge bei unverrücktem Gesichtsobject successive Zerstreuungsgläser von verschiedener Stärke vorschiebt; bei wachsender Stärke dieser negativen Gläser muss behufs des Deutlichsehens der Brechzustand des Auges in compensirender Weise wachsen, wobei das verdeckte Auge nach innen abweicht. Sehr schön zeigt sich dies auch, wenn durch irgend welohe pathologische Verhältnisse, z. B. Schwachsichtigkeit, Trübungen der brechenden Medien, Schielen oder die so sehr häufige Angewöhnung aus unbekanntem Ursachen, kein doppelseitiger sondern nur einseitiger Sehakt stattfindet. Halten wir vor das gesunde Auge eines Schielenden Concavgläser von wachsender Stärke und lassen immer dasselbe Gesichtsobject fixiren, so wird die pathologische Convergenz des schielenden Auges zu-, respective die Divergenz abnehmen und ich habe dieses Mittel oft genug zur Orthopädie nach vorausgegangenen Schieloperationen angewandt, weil in der That darin eine Methode zur Veränderung der Sehaxenconvergenz bei einseitigem Sehakt liegt. Ich liess z. B. Schieloperirte, bei denen ich die Sehaxenconvergenz um Einiges vermehren wollte, temporär durch Concavgläser lesen etc. Auch die Entstehung des Schielens ist häufig hierdurch zu erklären. So lange doppel-seitiger Sehakt herrscht, wird durch die gemeinsame Einstellung der Sehaxen für verschiedene Accommodation dem Schielen vorgebeugt, wenn aber, wie bei so vielen Individuen, die mit Accommodativ-Krankheiten behaftet sind, einseitiger Sehakt existirt, so wird Steigerung in der Accommodation durch Concavgläser auf dem einen Auge leicht zu pathologischer Convergenz



des andern Auges veranlassen. Bei vielen Kurzsichtigen können wir auf diese Weise uns die Entstehung des Schielens durch das Tragen relativ zu starker Concavgläser erklären, und es dürfte dies weit häufiger die Ursache abgeben, als die geringe prismatische Wirkung der Concavgläser, da es in der That nicht einzusehen ist, wie so schwache Prismen, wie sie durch den Randtheil der Concavgläser repräsentirt werden, beim binocularen Sehakt eine andere Stellung hervorrufen, als die ausserordentlich schwache Ablenkung, welche unter ihrer Einwirkung zum Einfachsehen erforderlich ist.

Diese Thatsachen festgestellt, so dürfte die veränderte Stellung eines vom Sehakt ausgeschlossenen Auges als Index für den Wechsel im Accommodationszustand des zweiten im Sehakt fungirenden Auges zu betrachten sein, und habe ich grade dieses Mittel benutzt, um den Beweis für die oben angeführte Natur der Myopia in distans zu führen. War nämlich beim Sehen in die Entfernung das Auge nicht für den Fernpunkt, sondern in conträrer Weise accommodirt, so musste auch, wenn das Gesichtsobject über den Fernpunkt hinaus allmählig entfernt wurde, das zweite verdeckte Auge etwas nach innen abweichen; dies trat nun in der That ein und zwar gerade dann, wenn das plötzliche Verschwommensehen entstand, ferner zeigte sich, dass wenn Patient zuerst mit blossem Auge in die Entfernung sah und alsdann ein schwaches Concavglas (30) vorgehalten wurde, das halb verdeckte Auge um Etwas von seiner Stellung nach aussen abwich, ein Beweis, dass der Brechzustand sich verringerte. Es geschah dies gleichzeitig mit jener vom Kranken angegebenen fühlbaren Veränderung in der „Spannung“ seiner Augen. Wenn dagegen starke Concavgläser (6) vorgehalten wurden, wobei augenblicklich Scharfsehen eintrat, so zeigte sich nicht die mindeste Verrückung im Stande des zweiten

Auges, woraus ich schloss, dass nun auch keine Veränderung im Accommodationszustand der Augen eingetreten sei, dass also vorher beim Sehen in die Entfernung das Auge sich ziemlich im Maximum seiner Brechkraft, oder wenigstens dem Nahepunkt mehr adaptiv, als dem Fernpunkt befunden habe.

Es scheint demnach, dass bei der Myopia in distans die verhältnissmässig kleinen Zerstreungskreise, welche entfernte Objecte abgeben würden, so lange die Adaptation für den Fernpunkt erhalten wäre, mit dem Sehakt in irgend einer Weise unverträglich sind, so dass unter ihrem Einfluss ein Impuls zur Einleitung eines entgegengesetzten Accommodationszustandes entsteht.

Diese seltsame Thatsache lässt sich vielleicht so erklären, dass bei vollständig verschwommenem Sehen überhaupt der Drang nach scharfem Erkennen erlischt, und so eine sensorielle Spannung gelöst wird, welche für die (bei diesen Kranken) herrschende Richtung der Nerventhätigkeit störend ist. Man könnte dies vergleichen mit der Unverträglichkeit gegen nahe aneinander stehende Doppelbilder. Bei solchen ist der Drang nach Einfachsehen ein so entschiedener, dass extraordinäre Muskelspannungen hervorgerufen werden, um sie zu verschmelzen; ist dies aber unmöglich, so werden sie durch andere entgegengesetzte Muskelcontractionen von einander entfernt, wahrscheinlich weil in einer grösseren Entfernung der beiderseitigen Gesichtsfelder auch die Intention der Verschmelzung sich verliert. Bei verschiedenen Individuen ist der Drang nach genauem Erkennen undeutlich gesehener Objecte — wie der Drang nach Einfachsehen — sehr verschieden und es mag auf dieser Verschiedenheit der sensoruellen Spannung beruhen, dass unsere Wahrnehmung oft in liberaler Weise über die Ungenauigkeiten der Netzhautbilder

hinweggeht, zuweilen dagegen, wie bei der Myopia in distans dadurch so beleidigt wird, dass lieber die ganze Tendenz des Erkennens geändert und ein vollständig verschwommenes Bild einem nicht ganz scharfen Bilde vorgezogen wird.

Gerne würden wir diese Betheiligung der Netzhaut als reflectorisches Mittelglied umgehen und die Myopia in distans lediglich auf eine Alienirung in dem Accommodations-Apparat beziehen, allein wir würden hierdurch zu noch gewaltsamern Erklärungen gelangen; denn in der That lässt es sich nicht absehen, warum der Accommodationsapparat, nachdem er bei der Einrichtung für den Fernpunkt in den Zustand der äussersten Erschlaffung gerathen ist, sich nun plötzlich in einen entgegengesetzten Zustand, nämlich den der äussersten Spannung begiebt. Wir haben hierfür in der physiologischen Function der Muskelapparate kein Analogon. Das Umgekehrte, dass excessive Anspannung eines Muskels plötzliche Erschlaffung hervorrufen kann, ist a priori begreiflich. Auch finden wir bei einer so verbreiteten Form von Hebetudo visus\*), dass die

\*) Das Wort hebetudo visus ist von Autoren und Praktikern in so verschiedenem Sinne gebraucht worden, dass ein Jeder der es ausspricht, um Missdeutungen zu entgehen, wirklich die Pflicht hat, sich über die beigelegte Bedeutung zu erklären. Unserer Sprachweise gemäss bezeichnet hebetudo visus keine bestimmte Krankheit sondern nur ein Symptom, dasjenige nämlich, dass bei normaler Sehschärfe und normalem Gesichtsfelde der Sehsakt nach kürzerem oder längeren Intervall durch ein Schwanken im Accommodationszustande oder in der Einstellung der Sehaxen unterbrochen wird, Dieses Symptom findet nun seinen nächsten Grund in sehr verschiedenen Zuständen der Accommodation und der Augenmuskeln.

1) Den häufigsten Grund in der Accommodation gibt Presbyopie geringen Grades.

Weitsichtige höheren Grades können nur ausnahmsweise auch für kürzere Zeit ohne optisches Hilfsmittel lesen und deshalb pflegt bei ihnen das Symptom der hebetudo nur aufzu-

Accommodationskräfte, nachdem sie einige Zeit ihr relatives Maximum von Kraftanstrengung entwickelt, auf einmal in den Zustand äusserster Erschlaffung verfallen. Aber auch hier müssen wir die Function der

treten, wenn sie sich falscher, etwas zu schwacher Brillen bedienen. Wenn aber der Nahepunkt von seiner normalen Lage nur mässig abgerückt ist, so werden die Objecte am Beginn der Arbeit entfernt gehalten, und dadurch in das Accommodationsbereich hineingebracht, oder demselben so nahe geführt, dass die kleinen Zerstreuungskreise nicht wesentlich stören; je länger die Arbeit fortgesetzt wird, je mehr erwacht im Sehakte der Drang grosse Netzhautbilder zu erhalten; werden die Objecte zu diesem Zwecke dem Auge genähert, so werden sie von der natürlichen Accommodationsgrenze entfernt und demgemäss die Zerstreuungskreise grösser und störender. Dieser Störung auszuweichen ziehen die Meisten es vor, die Objecte entfernt zu halten, wobei die Netzhaut wegen zu kleiner Bilder ermüdet; ja, da mit Fortsetzung der Thätigkeit die Unverträglichkeit gegen die Zerstreuungskreise wächst, so müssen die Objecte immer genauer in das Accommodationsbereich gebracht, d. h. immer entfernter gehalten werden. Häufige Unterbrechungen ermöglichen es, bis auf einen gewissen Punkt, diesem optischen Dilemma zwischen zu kleinen Bildern und Zerstreuungskreisen zu entgehen, weil die Verträglichkeit gegen Beides am Beginn des Sehaktes, bei ungeschwächter Energie der Netzhaut einerseits, des Accommodationsapparats andererseits relativ am grössten ist. Convexgläser beseitigen die Schwierigkeiten und heben das Symptom der Hebetudo.

- 2) An diese Fälle, welche durchaus in das Bereich der Presbyopie hinein gehören, reihen sich diejenigen an, deren in unserem Text gedacht ist, nämlich solche, wo der Nahepunkt nur um Weniges abgerückt, aber doch das Gebiet der ausdauernden Accommodation namhaft weiter vom Auge liegt, als in der Norm. Um sich hiervon zu überzeugen, muss man die optometrischen Prüfungen etwas länger fortsetzen, wobei man bemerkt, dass die Patienten nur auf wenige Augenblicke für ihren Nahepunkt, auch für die angrenzenden Theile des Accommodationsgebiets nur auf kurze Zeit accommodiren können. Zu vollgültigen Schlüssen muss man immer den Vergleich mit gesunden Augen benutzen, denn auch ein Gesunder accommodirt anhaltend nur für ein bestimmtes, relativ kleines Stück (accommodativen Mesopter) seines gesammten Accommodationsraumes. Bei derartigen Kranken ist der Mangel an Ausdauer

Netzhaut als ein wesentliches Mittelglied in der Reihe der Erscheinungen betrachten. Analysiren wir nämlich die Thatsachen bei Accommodativ-Krankheiten genauer, so bleibt es auffallend, dass zwischen dem Wirkungs-

der Accommodation für die Nähe allerdings der Kern des Symptoms, es bleibt aber immerhin, wie oben angeführt, zu bemerken, dass die sich bildenden Zerstreuungskreise die Netzhauthätigkeit so bald aufheben, während bei anderen Kranken viel grössere Zerstreuungskreise es nicht thun, ferner dass Blendungserscheinungen bei Einleitung des Symptoms wesentlich bethelligt sind. Die Entstehung des Uebels aus übertrieben anhaltender Accommodation in die Nähe (siehe Sichel's amblyopie presbytique) spricht deutlich genug dafür, dass es sich um eine Uebermüdung des Accommodations-Apparates handele, zu deren Entstehung wahrscheinlich eine etwas unsicherere Regulirung der Accommodation seitens der (reizbaren) Netzhaut den Grund giebt. — Die Behandlung besteht aus 2 Theilen, erstens Ruhe des ermüdeten Accommodationsapparates, zweitens methodische Uebung desselben. Das erste Postulat wird theils dadurch erfüllt, dass wir dem Kranken entweder für eine gewisse Zeit jede Arbeit in die Nähe untersagen, oder dadurch, dass wir ihm für die Arbeit — wenn solche unvermeidlich — Convexgläser geben, unter denen sie für nahe Objecte sowie sonst für ihren Fernpunkt accommodiren. Das zweite Postulat wird erst nach Wochen resp. Monaten dadurch angestrebt, dass wir die Accommodations-Kräfte durch successive Annäherung der Objecte üben. Dies könnte nun scheinbar ohne Convexgläser geschehen, wenn wir nämlich die Aufgabe uns so stellten, sofort auf den Nahepunkt annähernd zu wirken, doch haben wir als Begriffsbestimmend für diese Fälle hervorgehoben, dass es weniger die Abrückung des Nahepunktes als des mittleren Accommodationsgebietes ist, welche die Symptome hervorruft. Es gilt übrigens für alle Uebungen der Accommodation dasselbe Prinzip, was für die Uebungen im Einfachsehens gilt; ebenso wie man hier niemals das Gebiet benutzen darf, wo die Verschmelzung der Doppelbilder unsicher und vorübergehend ist, so darf man auch für Accommodations-Uebungen niemals Entfernungen benutzen, in denen nur vorübergehend scharfe Bilder erhalten werden, bald aber sich Zerstreuungs-Kreise einstellen. — Einen Muskel übt man am besten, indem man auf den mittleren Contractionszustand desselben wirkt,

vermögen der Accommodationskräfte und zwischen dem Phänomen der eintretenden Ermüdung kein constantes Verhältniss obwaltet; wir finden Individuen, deren Accommodation sehr beschränkt, mühsam und unsicher

jede Zusammenziehung bis an die Grenze der Excursion bedingt leicht Uebermüdung, wie es die Entstehung dieser Krankheitsform selbst bezeugt; es ist auch die Willkürlichkeit und das Bewusstsein der Muskelcontraktion in den mittleren Contractionszuständen grösser respective feiner. Für die gedachten Uebungen der Accommodation ist die methodische Anwendung von Convexgläsern ebenfalls dringend nothwendig, weil das mittlere Accommodations-Gebiet zu entfernt liegt, um bei den gewöhnlichen Gesichtsobjecten genügend grosse Netzhautbilder abzugeben; da wir vollends hier eine reizbare Netzhaut vorfinden, so müssen wir deren Funktion in jeder Weise erleichtern, wozu namentlich die Erhaltung einer gewissen Bildgrösse erfordert wird. Man könnte auch daran denken, durch das Tragen von Concavgläsern für entfernte Objecte die Accommodation zu kräftigen, doch fielen wenigstens in meinen Händen die hierher zielenden Versuche deshalb unbefriedigend aus, weil beim Sehen auf entfernte Objecten viel weniger Ansprüche auf scharfes Erkennen gemacht werden und überhaupt das Ganze viel weniger in dem Bereiche der gewöhnlichen Uebung liegt. — Die Nummern der Convexgläser schliessen sich zuerst an die anfänglich behufs der Accommodationsruhe benutzten an und wir empfehlen dem Kranken bei der Arbeit successive die Gegenstände zu nähern, doch müssen diese Annäherungen niemals in die Nachbarschaft des Nahepunktes kommen, weil dann die oben angeführten Uebelstände sich geltend machen. Mit vorschreitender Annäherung werden die Gläser schwächer gewählt und es gelingt die meisten jugendlicher Kranken von deren Gebrauch zu entbinden, wie überhaupt in der ersten Lebenshälfte der Brechzustand des Auges therapeutischen Einflüssen sich in unerwarteter Weise hingiebt, so dass ich selbst Hyperpresbyopen, die anfangs Convex 8 brauchten, bis auf einen normalen Brechzustand (durch methodische Uebungen mit Convexgläsern) zurückkehren sah. Dass wir für die Myopie ähnliche günstige Veränderungen nicht erzielen, mag zum Theil in den zu Grunde liegenden Ursachen, zum grossen Theil aber auch darin liegen, dass Kurzsichtige das für den Sehsakt in mannichfacher Beziehung förderliche Sehen an den Grenzen ihres Nahepunktes nicht aufzugeben im Stande sind. Im hö-

ist, so dass wir allen Grund haben, auf eine Schwäche der hierbei wirkenden Muskelkräfte zu schliessen, und doch können eben diese Individuen die ungenauen Bilder, welche ausserhalb der Accommodationsgrenzen ent-

---

heren Alter widersteht die Weitsichtigkeit therapeutischen Versuchen, obwohl ich Hindertungen besitze, dass auch hier eine Compensation durch andere entgegengesetzte Zustände mittelst des Sehaktes eingeleitet werden kann; so sah ich wiederholentlich einen weitsichtigen Brechzustand sich dadurch corrigiren, dass Hornhaut oder Linsentrübungen hinzutraten, welche die Kranken zwingen, die Objecte näher ans Auge zu nehmen (siehe Kurzsichtigkeit aus Schwachsichtigkeit Arch. f. O. Bd. I. 2. S. 241). Es wäre vielleicht nicht praktisch dankbar, aber physiologisch interessant, einen mässig Weitsichtigen zu diesem Zweck durch eine stenopäische Lorgnette lesen zu lassen. — Bei der Behandlung dieser Form ist ferner die mehrfach erwähnte Reizbarkeit der Netzhaut wesentlich zu berücksichtigen, das Tragen blauer Gläser, um alles blendende Licht abzuschliessen und leichte Bläuung sämtlicher Convexgläser für den Erfolg hier unumgänglich; kalte Douchen unterstützen die Behandlung, ebenso wie bei vielen Individuen Seebäder, Eisen und alles was den individuellen Verhältnissen gemäss die allgemeine Reizbarkeit herabsetzt.

- 3) Bei einer dritten Klasse von Kranken erklärt sich das Symptom der Hebetudo durch wirkliche Accommodationsparese, d. h. durch einen sehr beschränkten Spielraum der Accommodation. Das noch übrige enge Bereich der Accommodation pflegt dem Auge entfernt zu liegen, in welchem Falle die Erklärung des Symptoms keinen Schwierigkeiten unterliegt; aber selbst da, wo die aneinander gerückten Grenzen in die für das Nahesehen günstige Entfernung fallen, kommt Hebetudo geringeren Grades vor. Der Grund der Unterbrechung kann hier nicht in Zerstreuungskreisen liegen, da der Accommodationszustand sich gleich bleibt, ich glaube vielmehr, dass die stetige Spannung und der hiermit verbundene stetige Druck der Netzhautfunktion entgegenwirkt, welche wie wir es leicht beobachten können, einen gewissen Wechsel des Accommodationszustandes liebt. Ich habe aber das Phänomen (welches obiger Definition zufolge nicht streng zur hebetudo visus gehört) in diesen Fällen zu wenig genau analysirt, um dieser Erklärung ein Gewicht beilegen zu können, möglich auch, dass eine gewisse schmerzhaft Alienirung des Accommodationsgefühls

stehen, ziemlich ausdauernd für ihre Wahrnehmung benutzen, während andere Individuen, bei denen die Accommodationsverhältnisse weit günstiger erscheinen, die genannte Fähigkeit nicht besitzen, vielmehr durch ge-

die Ursache des Symptoms abgiebt. Letzteres scheint mir nach Belladonna-Wirkung zu existiren wo manche Individuen selbst mit Stenopäisch-Convexen Brillen nicht ausdauernd lesen können, wegen intraocularer Schmerzen, doch ist auch dieser Vergleich wegen der hier obwaltenden Cirkulationsveränderung im innern Auge nicht schlagend. — Bei der Behandlung des Accommodationsparese handelt es sich besonders um die zu Grunde liegenden Momente; sie folgt nicht selten neuralgischen Affectio-  
 nen, ist mit allgemeiner Muskelschwäche — bes. bei Säufern, chlorotischen und Herzkranken — verbunden, begleitet die meisten schweren Allgemeinkrankheiten, nach deren Ablauf sie nicht selten zurückbleibt. Sie ist vielfach mit Amblyopie verwechselt worden, und Beobachtungen über den Zusammenhang von Krankheiten innerer Organe mit Amblyopie sind oft an dieser Klippe gescheitert, da in den Hospitälern die nöthigen Brillenprüfungen selten angestellt werden, und die Beschwerden der Patienten, so wie flüchtige Sehversuche ganz wie bei Schwachsichtigkeit ausfallen. Oertlich sind hier Accommodations-Uebungen und gewisse Reflexreize dienlich z. B. das Einträufeln von Opiumtinctur, wonach neben dem kräftigen Lidschlag und der Pupillarverengerung auch der Brechzustand nachweisbar zunimmt.

- 4) Von allen diesen Ursachen der Hebetudo, die sich mannigfach gruppiren, in einander übergehen und denen sich, wenn wir ins Bereich der eigentlichen Hyperaesthesia retinae übergreifen wollen, noch mehrfache, anderweitige Zustände hinzuzufügen liessen, unterscheiden sich wesentlich die, welche von mangelnder Energie der den Bulbus bewegenden Muskeln abhängig sind. Abgesehen von Paresen und Konvulsionen der Augenmuskeln (Nystagmus giebt nur selten den Grund ab, weil sich der Sehakt durch Uebung über die Störung weghilft; dennoch sah ich zweimal bei Nystagmus der Obliqui das erhaltene Gefühl fortwährender Scheinbewegungen, und hierauf basirende schnelle Ermüdung) ist es besonders un-  
 genügendes Wirkungs-Vermögen der Musculi recti  
 interni, welches bei vielen Individuen eine ausdauernde Ein-  
 stellung der Sehaxen auf sehr nahe liegende Objecte un-  
 möglich macht; nach einiger Zeit verlässt das eine Auge die



ringe Zerstreuungskreise in ihrer Wahrnehmung so gestört werden, dass der Sehakt selbst (und die mit ihm verbundene Einleitung eines bestimmten, relativ zweckmässigsten Accommodations-Zustandes) erlischt.

ihm zukommende Richtung, die beiden Gesichtsfelder weichen auseinander und der Kranke giebt entweder Doppel- oder Verschwommensehen (verkapptes Doppelsehen) an. Besonders häufig ist dieser Zustand bei Myopischen, welche Behufs ihrer Brechungsverhältnisse eine stärkere Convergenz und deshalb auch stärkere innere Augenmuskeln brauchen. Ist nun der nöthige Consensus zwischen der Accommodation und den inneren Augenmuskeln durch eine anomale Anlage gelockert, oder haben die Kurzsichtigen selbst durch das unzuweckmässige Tragen von Concavgläsern denselben aufgehoben, indem sie sich einen ihrer Kurzsichtigkeit nicht zukommenden parallelen Blick aneigneten, so tritt die Störung ein; bei einigen flieht dann das eine Auge ganz nach aussen, um durch grösseren Abstand der Doppelbilder den Sehakt weniger zu stören. — Das Postulat der Therapie besteht in systematischer Stärkung der Musculi recti interni, damit die gewünschte Harmonie wieder hergestellt werde. Obigen Grundsätzen zu Folge darf man auch hier nicht durch Uebungen den äussersten Grad von Verkürzung bei der gemeinschaftlichen Einrichtung beider Augen zu vermehren suchen, vielmehr muss man dahin streben, den mittleren Spannungszustand allmählig zu erhöhen. Man erreicht dies am Besten durch das Tragen von concav-prismatischen Gläsern. Die Concavitaeten sind so gewählt, dass die Patienten mit möglichst herabgesetzter Accommodation andauernd klar in die Entfernung sehen, um nicht die Kurzsichtigkeit in einer überhaupt, aber besonders bei der erwähnten Disharmonie unerwünschten Weise zu vermehren. — Die mit den Concav-Gläsern in ein Stück verbundenen Prismen sind 3 oder 4 Grad stark und haben ihre Basis auf der Schläfenseite. Unter diesen Gläsern nehmen trotz der grossen Entfernung der Gesichtsobjecte die Schaxen behufs des Einfachsehens eine leicht convergirende Richtung an und es wird so unvermerkt der mittlere Spannungszustand der musculi recti interni vermehrt. Von der vortrefflichen Wirkung dieser Gläser, die natürlich nur für die Entfernung gebraucht werden, habe ich mich noch jüngst an einem Patienten überzeugt, der anfangs Concav 18 zum lesen gebrauchen musste, weil seine Augenmuskeln andauernd keine grössere Convergenz als auf 10" Entfernung unterhalten konnten

Zu der ersten Reihe gehören offenbar viele Presbyopen und Hyperpresbyopen, deren Accommodations-Gebiet ausserordentlich beengt ist, und welche dennoch lange Zeit jenseits ihrer Accommodations-Grenzen Wahrneh-

und nach dem sechswöchentlichen Tragen von Concav prismatisch ( $\frac{\text{No. } 10}{4}$ ) dahin kam, ohne Brille, d. h. in 6—7" ausdauernd zu lesen.

Eine freilich nicht so mühevoll, aber auch weit unvollkommenere Therapie besteht darin, dass man den Individuen schwache (in einigen Fällen leicht gebläute) Concavgläser für die Arbeit giebt. Mittelst dieser können sie die Objecte weiter abhalten und stellen also an die Musculi recti interni geringere Anforderungen. Es heisst dies aber mehr die Schwierigkeiten umgehen, als sie heben. Auch der methodische Gebrauch solcher Concavgläser d. h. das Wählen höherer Nummern führt nach obigen über Muskelübung angegebene Grundsätzen zu keinem Resultat für die Energie der recti interni. Wer den Nachtheil von Concavgläsern beim Sehen in die Nähe genau studirt hat, wird gewiss dies Verfahren wirkt unbedingt gut heissen, wengleich es sich äusserer Umstände wegen nicht vollständig umgehen lässt.

Ein noch bequemerer aber noch unvollkommenerer Weg besteht darin, das eine Auge auf irgend eine Weise z. B. durch das Vorsetzen eines gebläuten Planglases vom Sehakt auszuschliessen. Die Physiologen werden nach so vielen Errungenschaften über das binoculare Sehen den Augenärzten wegen dieses Zudeckens, wenn es verallgemeinert würde, nicht eben Lobsprüche weihen; in der That dürfen wir dieses Mittel nur dann gut heissen, wenn Unterschiede in der Brechkraft oder Sehkraft oder unheilbare Muskelparalysen oder natürliche Antipathie gegen Einfachsehen (Archiv für Ophthalmologie, Bd. I. S. 117.) eine Herstellung des binocularen Sehakts unmöglich machen. Wegen der hier in Rede stehenden Muskelschwäche halte ich niemals den Ausschluss des einen Auges für nöthig, da ich, wenn alle Mittel ihren Dienst versagen, stets ein so grosses Uebergewicht des rect. extern. über rect. intern. fand, dass die partielle oder totale Tenotomie des letzteren verrichtet werden konnte.

Der Gegenstand der Hebetudo ist so vielfach an- und abgegriffen worden, mit so vielen Namen aus verschiedenen Sprachen bezeichnet, dass es schliesslich wie in der Krankheit selbst zu einer grossen Verwirrung der Objecte gekommen ist. Die Arbeit des Entwirrens möchte sich in einigen

mungen zu ermitteln im Stande sind; vor allen Uebrigen gewisse Staaroperirte, die mit sehr unpassenden Convexgläsern oder auch ganz ohne dieselben Druckschrift lesen, obwohl ihr Nahepunkt jenseits unendlich liegt, und das Accommodations-Gebiet (s. w. u. pag. 188) ausserordentlich klein, beinahe = 0 ist. Zu der letzteren Reihe dagegen gehören jene zahlreichen Patienten, die bei unbedeutender Abrückung des Nahepunktes, oder fast ohne dieselbe lediglich bei Abrückung des mittleren Accommodations-Gebiets (siehe die Anmerkung) nach kurzen Zeiträumen jede Wahrnehmungsfähigkeit vollständig verloren, weil der natürliche Refleximpuls des Sehactes auf die Accommodation aufgehoben oder alienirt wird. Wäre die gedachte Form von *Hebetudo visus* lediglich eine Krankheit der Accommodationsmuskeln — nämlich Mangel an ausdauerndem Contractionsvermögen — so müsste nothwendig, wenn wir anders die aus der Muskelpathologie gezogenen Schlüsse für den Accommodations-Apparat gelten lassen, ein gleichmässigeres Verhältniss stattfinden zwischen ihrem Vorkommen und dem Spielraum der Accommodation, dem mittleren Spannungsgrad der accommodativen Kräfte (Brezzustand) und dem Accommodationsgefühle, und doch stellt sich ein solches Verhältniss keineswegs heraus. Wir sind deshalb zu der Annahme gezwungen, dass zwar das Phänomen der eintretenden Verwirrung der Gesichts-objecte (*hebetudo*) auf einem Nachlassen des Accommodations-Zustandes beruht, dass aber

---

Grenzen nicht gut abthun lassen, und würde auch literarisch sehr weitläufig ausfallen. Die vorstehenden Notizen habe ich mitgetheilt, theils um mich gegen den Vorwurf einer ontologischen Auffassungsweise der „*hebetudo*“ zu schützen, theils weil die Beobachtungen, als auf Messungen beruhend, Einiges zur weiteren Forschung beitragen könnten.

der Hergang für eine Reihe von Fällen in der engsten Abhängigkeit von einer pathologischen Unverträglichkeit der Netzhaut gegen kleine Zerstreungskreise stehe; für solche Erklärung sprechen auch die gleichzeitig vorhandenen Blendungserscheinungen, der Nutzen blauen Lichtes und alle übrigen *juvantia et nocentia*.

Der Zustand unserer Accommodation ist in derselben Weise durch die Netzhautfunction regulirt, wie die Bewegungen des Augapfels. Die Wechselwirkung, welche zwischen beiden Factors Statt findet, macht oft die Analyse des Herganges sehr schwierig: unregelmässige Accommodation muss durch Bildung von Zerstreungskreisen die Netzhaut zweckwidrig erregen, und unregelmässige Perception Seitens einer krankhaft erregten Netzhaut hebt ihrerseits die Einleitung der zweckgemässen Brechzustände auf. So ist auch die Ueberreizung der Netzhaut bei der fraglichen Form der *hebetudo* von Vielen lediglich als Folgeerkrankung, nämlich als Product des Undeutlichsehens, betrachtet worden, aber auch hierfür muss ich auf Hyperbresbyopen und Staaroperirte hinweisen, welchen nahe und entfernte Objecte in Zerstreungskreisen erscheinen, und bei denen doch eine ähnliche Erregung der Netzhaut nicht eintritt. Endlich dient zur Unterstützung unserer Anschauungsweise das Verwandtschaftsverhältniss der einfachen *hyperaesthesia retinae* zum Symptom der *hebetudo*. Bei ersterer verhalten sich anfangs die Grenzen der Accommodation vollkommen normal, und doch ist ein dauernder Sehakt in der einen oder anderen Entfernung mit und ohne Convexgläser unmöglich. Es kommen solche Patienten vor, welche bei der optometrischen Prüfung sich als wahre Muster einer excursiven und normalen Accommodation erweisen, und trotzdem sind sie nicht im Stande, durch irgend ein

optisches Hilfsmittel länger als einige Minuten zu lesen; unerträgliche Schmerzen, bei Einigen innerhalb der Augen, bei Anderen in der Umgebung, oder auch auf entfernteren Nervenbahnen ausstrahlend, häufig zum Schwindel und zur Uebelkeit, zuweilen sogar zu allgemeinem Zittern und Convulsionen führend, unterbrechen den Sehakt. Bildet sich nun diese, oft äusserst hartnäckige Symptomgruppe zurück, so hat man gewöhnlich Gelegenheit, alle Uebergangsstufen zum gewöhnlichen Symptom der *hebetudo visus successive* zu beobachten, indem die Zeichen der *Hyperaesthesia* sich allmählich verlieren, dagegen eine Schwäche des *Accommodations-Apparats* — durch die anomale Regulirung Seitens der Netzhaut bedingt — sich deutlicher ausprägt.

Ich kann diesen Gegenstand nicht verlassen, ohne die Erscheinung zu erwähnen, dass vielen Individuen die Wahrnehmungsfähigkeit bei Zerstreuungskreisen in grösseren Abständen von den *Accommodationsgrenzen* bis auf einen gewissen Punkt erhalten ist, während sie in geringeren Abständen von denselben fehlt. Das deutlichste Beispiel hiervon geben uns die *Hyperbryopischen*, d. h. solche Individuen, deren Auge sich nur für convergirendes Licht adaptiren lässt, so dass es auch zum Sehen entfernter Objecte der *Sammellinsen* bedarf; diese Individuen sind meist im Stande, bei grosser Annäherung, z. B. auf 4 — 6 Zoll, grössere Druckschrift zu lesen; entfernt man dieselbe aber mehr vom Auge, etwa über 8—10 Zoll, so sind sie nicht mehr im Stande, zu erkennen, und doch nimmt für die letztgenannten Verhältnisse die *Divergenz* des Lichtes relativ ab, und werden somit die Verhältnisse der Brechung relativ günstiger. Solche Kranke halten sich, weil sie entfernte Objecte undeutlich erkennen, meist für kurzsichtig, obwohl sie sich von wahrhaft *Myopischen* schon dadurch unterscheiden, dass Letztere die allerfeinsten

Objecte, selbst feinere als Gesunde in gehöriger Nähe zu erkennen vermögen. Man könnte, ohne den Bau des Auges genau zu controliren, der sich durch flachere vordere Kammer und durch engere Pupille genügend von dem Bau der Myopischen abscheidet, und ohne Anwendung von Gläsern die Symptome auf eine Combination von Kurzsichtigkeit und Schwachsichtigkeit beziehen; überzeugt man sich aber von der Wirkung der Sammelgläser, so findet man für die Entfernung mittelstarke (No. 10—20), für nahe Objecte starke (6—10) passend. Durch die letzteren kann nun Druckschrift weit über das frühere Bereich hinaus, zuweilen bis an die Grenze einer natürlichen Tragweite erkannt werden; denn nicht immer ist mit diesem Zustande eine erhebliche Beschränkung des Accommodationsvermögens verbunden. In einzelnen Fällen werden sogar Convexgläser, die wir sonst nur bei Staarkranken verabreichen ( $2\frac{1}{4}$ —3), die letztgenannten Dienste leisten, und ich besinne mich eines 12jährigen Knaben (mit vollkommen normalem Stand der Linse), der durch Convex  $1\frac{3}{4}$  von 4 bis auf 8 Zoll las. Eben weil diese Individuen ihre excessive Weitsichtigkeit maskiren, ereignet es sich häufig, dass die wahre Natur des Uebels später als bei einfach Presbyopischen erkannt, und auch die richtige Wahl der Gläser später getroffen wird. Sie sind bis dahin gezwungen, ihr Sehen in Zerstreungskreisen möglichst auszubilden, so dass sie oft eine erstaunenswerthe Fähigkeit darin erlangen; wir hören sie nicht selten mehr über das Undeutlichsehen in der Entfernung als in der Nähe klagen, obwohl, genau genommen, die Brechungsverhältnisse für nahe Objecte doch noch weit ungünstiger sind. — Wie erklärt es sich nun, dass diese Patienten grade in der nächsten Nähe (4—8') besser erkennen, als in einer etwas grösseren Distanz? Auf die absolute Grösse des Gesichtswinkels kann es

hierbei nicht ankommen, da die Sehschärfe normal und die Druckschrift so gewählt ist, dass sie einem gesunden Auge auch noch in doppelter und dreifacher Entfernung vollkommen deutlich wahrnehmbar ist. Um dies zu entscheiden, ahme man die Verhältnisse am gesunden Auge nach, indem man dasselbe mit einem starken Concavglas (5—6) ausrüstet; nimmt man alsdann eine grössere Druckschrift recht nah ans Auge, so kann man dieselbe entziffern, freilich der mangelnden Uebung wegen nicht so gut als der Hyperpresbyopische; entfernt man sie aber, je nach den Verhältnissen über 8, 12, 16 Zoll, so breiten sich die Zerstreuungskreise der einzelnen Buchstaben über die Intervalle aus, und die Schrift läuft unkenntlich durcheinander. Wir überzeugen uns hierbei, dass die relative Grösse der Zerstreuungskreise zu dem Bilde wächst, wenn das Object über die genannte Grenze entfernt wird, ein Resultat, was auch a priori vorauszusehen war. Ein jeder Punkt der Aussenwelt giebt offenbar, je näher er bei einem Hyperpresbyopischen ans Auge gebracht wird, auch einen desto grösseren Zerstreuungskreis. Aber diese Vergrösserung der Kreise geschieht, wie es einfache dioptrische Betrachtungen ergeben, nicht in dem umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen, d. h. in dem Verhältnisse, in welchem die Flächenausdehnung der Bilder auf der Netzhaut steigt, sondern in einem langsameren Verhältnisse.

Wir können uns die dioptrische Wirkung des normalen Auges ersetzt denken durch die Wirkung einer Fläche vom radius 2,472 par. Linien deren Scheitel 0,953 lin. nach einwärts von der Hornhaut absteht, und welche ein brechenden Medium mit dem index 1,339 gegen ein medium vom index 1,000 scheidet. \*)

\*) Diese Annahme müsste mit der Hinzuziehung einer zweiten (Hauptpunkts-) Ebene ergänzt werden; da aber diese zweite Ebene (Gauss) sich den bekannten Rechnungen zufolge 1,10 lin. einwärts

Es bedeute in der Figur  
 $AH = a$  den Abstand des Objectes ( $A$ )  
 $BH = \alpha$  den Abstand des Bildes ( $B$ )  
 $RH = e$  den Abstand der Netzhaut ( $R$ )  
 $CH = d$  den Abstand der Hornhaut ( $C$ )

von dem Scheitel ( $H$ )  
 der Substitutions-  
 fläche.

$DD_1 = O$  den Diameter der Sehöffnung, d. h. desjenigen  
 Kreises der Hornhaut, durch welchen den Brechungs-  
 zuständen gemäss Lichtstrahlen zur Pupille gelangen.

$x$  den Diameter des Zerstreuungskreises auf der Netz-  
 haut.

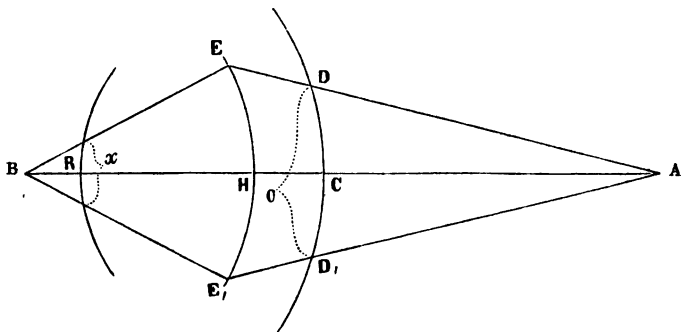
so ist  $x:EE_1 = \alpha - e : \alpha$ , und hierin für  $EE_1$ , den Ausdruck  
 $\frac{O \cdot a}{a - d}$  (aus den Dreiecken  $ADD_1$  und  $AEE_1$ ) gesetzt:

$$x = O \cdot \frac{a}{a - d} \cdot \frac{\alpha - e}{\alpha}$$

Dividiren wir im ersten Bruch Zähler und Nenner mit  $a$ ,  
 im zweiten Bruch mit  $\alpha$ , so verwandelt sich der Ausdruck in

$$x = O \cdot \frac{1}{1 - \frac{d}{a}} \cdot 1 - \frac{e}{\alpha}$$

Da nun der Abstand  $d$  (für das normale Auge 0,952 lin.)  
 gegen den Abstand  $a$  verschwindend klein ist,



von der Hornhaut, also von jener nur um 0,147 lin. distant befindet, so  
 entspringen keine erheblichen Fehlerquellen, wenn man der Einfach-  
 heit wegen für unsere Zwecke sich mit jener einen Substitutions-  
 fläche begnügt.



so darf der Bruch  $\frac{d}{a}$  vernachlässigt und hiermit  $\frac{1}{1 - \frac{d}{a}} = 1$  gesetzt werden.

Es bleibt also

$$x = O \left( 1 - \frac{e}{a} \right)$$

Substituiren wir nun für  $\frac{1}{a}$  den aus dioptrischen Gesetzen bekannten Werth

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{f} - \frac{1}{m a},$$

in welchem  $m$  den Brechungsindex des Substitutions-Mediums (für das normale Auge 1,339) u.  $f$  die Fokaldistanz desselben (für das normale Auge 9,764 lin. \*) bezeichnet, so bleibt für  $x$

$$x = O \left[ \left( 1 - \frac{e}{f} \right) + \frac{e}{m a} \right]$$

In diesem allgemeinen Ausdrücke für den Diameter des Zerstreungskreises befindet sich bei variablen  $a$  einmal die konstante Grösse  $\left( 1 - \frac{e}{f} \right)$  während  $\frac{1}{m a}$  reziproken Veränderungen von  $a$  unterworfen ist. Wäre die konstante Grösse  $= 0$ , so würde mithin der Zerstreungskreis im umgekehrten Verhältnisse zu  $a$  stehen; diese Bedingung ist erfüllt, wenn  $e = f$  ist, d. h. wenn die Netzhaut sich in der Fokaldistanz und demnach das Auge für paralleles Licht accommodirt befindet; für diesen Fall werden also die Zerstreungskreise in demselben Verhältnisse zunehmen, als die Entfernungen des Objectes abnehmen. Was aber für diese letzteren gilt, gilt in reziproker Weise auch für die Grössen der Netzhautbilder, sofern wir anders den (gegen den Objectabstand) ver-

---

\*) Aus den obigen Werthen  $r = 2,422$  lin. und  $m = 1,339$  nach  $F = \frac{m}{m-1} \cdot r$  gerechnet.

schwindend kleinen Abstand der Substitutionsfläche von dem Kreuzpunkt der Richtungsstrahlen vernachlässigen, und demnach die Diameter der Netzhautbilder den Abständen  $a$  umgekehrt proportional setzen. Es werden also auch bei fortschreitender Annäherung des Objectes die Zerstreungskreise nicht relativ kleiner zu den Netzhautbildern werden können.

Ist dagegen das Auge für konvergirendes Licht adaptirt, also  $e < f$  so stellt die konstante  $\left(1 - \frac{e}{f}\right)$  einen positiven Werth dar, welcher die Reziprozität zwischen  $a$  und  $x$  stät, und zwar in der Weise — wie sich aus der Formel ergibt — dass nun bei wachsendem  $a$ ,  $x$  relativ langsamer sich verkleinern, und bei Verringerungen von  $a$  relativ langsamer wachsen wird. Statt  $a$ , den Objectabständen können wiederum die Bildgrössen gesetzt werden. Es sind dies die erwähnten Verhältnisse der Hyperpresbyopen, und da die Grösse  $f - e$  den Grad der Hyperpresbyopie anzeigt, so wird auch die Disproportionalität um so ausgesprochener sein, je hochgradiger die Hyperpresbyopie ist. — Ich brauche nicht zu erwähnen, dass bei diesen Rechnungen, welche lediglich bestimmt sind, die im Text beschriebene Erfahrungsthatsache zu veranschaulichen, von allen Nebenumständen, d. h. Wechsel im Pupillarumfang, Verschiedenheit des Brechzustandes für vertikale resp. horizontale Objecte abstrahirt ist,

Denken wir uns zwei Punkte auf einem Blatt Papier, und zwar in geringem Abstände von einander, so werden für eine gewisse Entfernung des Blattes die Zerstreungskreise (jemaliger Complex des Bildes mit seinen farbigen Nebenbildern) auf der Netzhaut so gross sein, dass sie sich in dem Intervalle eben berühren. Wird nun das Blatt mit den zwei Punkten entfernt, so verringert sich zwar die absolute Grösse der Zerstreungskreise auf der Netzhaut, weil eine relativ bessere Brechung Statt findet, aber die absolute Breite des Intervalles verringert sich auch, und zwar noch rascher, weshalb nun die Zerstreungskreise sich nicht blos berühren, sondern schneiden. Am schönsten macht man

den Versuch mit zwei schwarzen Strichen auf weissem Hintergrund: Man zeichne zwei parallele, ziemlich starke verticale Linien mit Dinte in einem Abstände von 3", rüste das normal brechende Auge mit Concav 4 aus, und betrachte nun zuerst die Linien in einer Entfernung von 4 Zoll, so erscheinen sie freilich nicht vollkommen scharf, sondern das Bild jeder Linie ist von jenen farbigen Nebenstreifen in bekannter Anordnung umgeben, deren Complex den Zerstreungskreis bildet. Die Breite des Ganzen nimmt aber nur  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  des Intervalles ein; vermehrt man nun die Entfernung von 4" allmählich auf 12", so werden die Zerstreungskreise im Verhältnisse zum Intervall immer breiter, dies letzte relativ immer enger; ist endlich die Entfernung auf 16" gekommen, so berühren sich die beiderseitigen Zerstreungskreise, so dass gar kein freies Intervall mehr übrig gelassen ist. Beim Erkennen der Druckschrift kommt nun alles darauf an, dass die Buchstaben durch die 'gehörigen Zwischenräume von einander getrennt erscheinen; so wie dies aufhört, ist auch die Distinction aufgehoben, während ohnedem die Zerstreungskreise immer noch für die Wahrnehmung benutzt werden, weil ihre Ränder mit denen der Bilder nahezu parallel bleiben, also einen Schluss auf die Formen gestatten. Der Nachweis, dass das Erkennen der Schrift gerade da aufhört, wo die benachbarten Zerstreungskreise sich schneiden und deshalb ihre Formen vermischen, ist besonders bei grosser Druckschrift sehr schlagend, weil man beinahe so gut als bei den Streifen die Nebenbilder und ihren Complex, den Zerstreungskreis, zu beurtheilen vermag.

Ganz dasselbe Phänomen finden wir bei Staaroperirten. Dieselben können bekanntlich vorgehaltene Finger ohne Convexglas meist nur in einigen Fuss Entfernung, selten weiter als 10, 12' erkennen und doch

nähern sich die Objecte mit zunehmender Entfernung ihren Accommodationsgrenzen, wie auch die absolute Grösse des Gesichtswinkels kein Hinderniss für ein weiteres Erkennen abgibt. Können, wie es ausnahmsweise vorkommt, Staaroperirte ohne Brille lesen, so geschieht dies ebenfalls in der grössten Nähe, weil hier so grosse Netzhautbilder geliefert werden, dass selbst bei der höchst ungenauen Brechung doch freie Intervalle zwischen den benachbarten Zerstreungskreisen bleiben.



## Mittheilungen vermischten Inhalts

von

Dr. A. v. Graefe.

- 1) Beobachtungen über Accommodation bei Linsendefekt, Muskelkrankheiten und Anomalieen der Iris.

Die Prüfung der Accommodation bei Staaroperirten hat von jeher Interesse auf sich gezogen, weil man aus deren Ergebnissen Aufschlüsse über die Theorie der Accommodation zu gewinnen hoffte. Es wurde von mehrfachen Seiten her behauptet, dass Staaroperirte ein leidliches Accommodationsvermögen besäßen, und in der That schienen die gewöhnlichen Sehverhältnisse in einzelnen Fällen hierfür zu argumentiren. Wer hätte nicht derartige Patienten beobachtet, die mit einem und demselben Convexglase mittelgrosse Schrift in der Nähe zu lesen und gleichzeitig entfernte Objecte scharf zu unterscheiden im Stande waren. Noch jüngst habe ich einen Patienten untersucht, welcher vier Wochen nach der beiderseitigen Extractio Cataractae mit Convex 3 mittlere Druckschrift (Nr. 11 der Jägerschen Schriftproben) von 6" bis 20" las, und mit demselben Glas eine circa einen Fuss hohe Schrift ohne Mühe entziffern konnte. Allerdings würde die Gegenwart eines guten Accommodationsvermögens nach Linsendefect die neuere von Kramer und Helmholtz begründete Accommodationslehre im höchsten Grade entkräften. Wir wissen an-

dererseits zur Genüge, wie sehr Hyperpresbyopische ihre Zerstreungskreise behufs der Wahrnehmung unterdrücken, und wie vorsichtig man deshalb bei den gewöhnlichen Sehproben in Schlussfolgerungen auf den Accommodationszustand sein muss. Diese Bedenken rechtfertigen sich nun durchaus für Staaroperirte, und wenn ich einen Blick über die in dem letzten Halbjahr angestellten optometrischen Prüfungen meiner Operirten werfe, so ergibt sich daraus mit Gewissheit, dass dieselben kurz nach der Operation entweder gar kein oder nur eine Spur von Accommodationsvermögen besitzen. Ich halte es für überflüssig, hier eine grosse Reihe von Zahlen mitzuthemen und werde mir nur erlauben, nach Ablauf einiger Jahre das Maximum von Accommodationsvermögen, welches ich bei fortgesetzten Prüfungen werde beobachtet haben, zu veröffentlichen.

Als Beispiele mögen folgende Messungen von Patienten dienen, die zum Theil bei den gewöhnlichen Sehproben noch leidlich zu accommodiren schienen. Es wurden dieselben in der oben beschriebenen Weise mit den kleinen Stäbchenoptometern ausgeführt.

Während Dr. Liebreich, mit normalem Accommodationsvermögen begabt, durch Convexglas 10 von  $2\frac{2}{3}$ " bis  $8\frac{1}{2}$ " accommodirt, accommodirte

Samuel Seiffert, 66 Jahre alt, rechterseits extrahirt, und den äusseren Sehprüfungen zu Folge noch mit leidlichem Accommodationsvermögen begabt, durch Convexglas  $2\frac{1}{2}$  von 6" bis 8",

Louise Zehlike, 60 Jahr, links extrahirt, durch Convex 2 von  $4\frac{1}{2}$ " bis  $5\frac{1}{2}$ ".

Bartels, 61 Jahr, beiderseitig extrahirt, mit Convex  $2\frac{1}{2}$  auf dem einen wie auf dem andern Auge von 5" bis  $5\frac{3}{4}$ ".

Kunz, 65 Jahr, links extrahirt, mit Convex  $2\frac{1}{2}$  von  $8\frac{1}{2}$ " bis 11".

Reuschner, auf der linken Seite durch lineare Extraction operirt, mit Convex  $2\frac{1}{2}$  von 4" bis  $4\frac{3}{4}$ ",  
mit Convex  $3\frac{1}{2}$  „ 8" „ 11".

Morgen, 65 J., recliniert mit  $2\frac{1}{2}$ , nur in 7" scharf.

Ich muss ferner bemerken, dass, je schärfer und constanter die Angaben bei wiederholten Prüfungen, desto geringer auch die Spielräume waren, so dass wir auch von diesem kleinen Accommodationsgebiet noch vielleicht eine Quote abzuziehen hätten. Letzteres wird um so wahrscheinlicher, als die Accommodationsbeschränkung sich mit wachsender Entfernung (relativ) immer deutlicher herausstellte; überhaupt ist der verhältnissmässig grösseren Intervalle wegen zweckmässiger mit solchen Convexgläsern zu prüfen, wo das Accommodationsbereich innerhalb 1' bis 2', als da, wo es näher liegt, und werde ich bei Gelegenheit eine in dieser Weise ausgeführte Tabelle mittheilen. So viel ist mir schon jetzt zur Ueberzeugung geworden, dass der Grad von Adaptationsfähigkeit im Verhältniss zum Normalen ausserordentlich gering ist, und dass demnach die Ergebnisse vollkommen geeignet sind, für eine Herleitung der Accommodation aus Formveränderung der Linsenflächen zu sprechen. Das kleine Residuum zurückgebliebener Accommodationsthätigkeit könnte sich vielleicht, wie es Einige annehmen, durch eine accommodative Wirkung der iris auf die Peripherie der verstrichenen tellerförmigen Grube erklären, und es wäre wichtig zu sehen, ob eine solche rückwärts drängende Bewegung der Iris (S. Hemholtz A. f. O. Bd. 1, 2, p. 36.) unter obwaltenden Umständen noch zu sehen ist. Möglich wäre es aber auch, dass ein zweiter, wenn auch weniger wichtiger Factor, etwa eine Verlängerung der Sehaxe, die immer noch nicht experimentell widerlegt ist, hier zu wir-

ken fortführt. Eine solche Verlängerung der Sehaxe könnte sich füglich nur durch die den Bulbus bewegenden Muskeln erklären, da bei der Spannung der Sclera mcines Erachtens die inneren Muskeln, insonderheit der tensor chorioideae, hierfür nicht das gehörige Kraftmaass abgeben\*).

Es schien mir sowohl in dieser Idee, als auch um den etwaigen Einfluss der Augenmuskeln auf die accommodative Bewegung der Iris zu prüfen, wichtig, genaue Accommodationsprüfungen bei Individuen mit Augenmuskellähmungen anzustellen, denn auch die nachgewiesene accommodative Bewegung der Iris konnte der Fortpflanzung eines von aussen her (durch die Augenmuskeln) kommenden Drucks zugeschrieben werden, oder von der Augenmuskelhätigkeit in irgend einer unbekanntem Abhängigkeit stehen. Es fand sich nun bei den optometrischen Prüfungen das übereinstimmende Resultat, dass, wenn mit den Muskellähmungen nicht gleichzeitig Pupillaraffectionen verbunden waren, die

---

\*) Dass die Augenmuskeln weit stärker sind, als es zur einfachen Bewegung des Bulbus gehört, geht aus folgenden Thatsachen hervor:

- 1) Löst man die Sehne eines Augenmuskels bis auf ein Drittheil der Breite ab und verringert hierdurch die Kraft des Muskels, so ist derselbe doch noch fähig, den Bulbus in normaler Weise zu rotiren, weshalb auch partielle Tenotomien nur dann einen Einfluss gewinnen, wenn äussert wenige Muskelbündel zurückbleiben.
- 2) Hänge ich vor einer Tenotomie des rectus internus in gewohnter Weise eine ziemlich schwere Schieberpincette an die äussere Seite des Bulbus fest, so können einige Individuen trotz des erheblichen Gewichtes den Bulbus mit einer gewissen Anstrengung nach innen bewegen, d. h. ausser dem Bulbus die Pincette heben.
- 3) Träufeln wir ein Mydriaticum ins Auge, so wird die Spannung der Muskeln verringert, (Siehe A. f. O. Bd. I. 1 p. 223) aber die Beweglichkeit in keiner Weise beschränkt.



Accommodationsthätigkeit durchaus unbehindert von Statten ging. Von den vielen angesammelten Beispielen theile ich folgende, wie mir scheint, besonders instructive mit:

H. Degebrodt litt in Folge eines Orbital-Leidens an Lähmung des linkseitigen Nerv. oculomotorius, n. abducens und n. trochlearis, so dass der Bulbus vollkommen immobil war, und nur beim Schliessen des Orbicularis durch den letzteren verschoben wurde. Die Pupille war träge, doch zeigte die Iris deutliche accommodative Bewegungen. Patient accommodirte mit dem gesunden presbyopischen Auge durch Convex 10 von 5" bis 18", mit dem linken afficirten Auge durch dasselbe Glas von 6" bis 24" und gab somit einen glänzenden Beweis, dass bei vollkommener Unthätigkeitsämmtlicher Augenmuskeln eine unbehinderte Accommodation möglich ist.

Ein anderer Patient mit vollkommener Lähmung des Oculomotorius, ausgenommen des Pupillarastes, gab eine durchaus normale Accommodation an, und waren die Aussagen desselben bei häufig wiederholter Prüfung in Betreff der Accommodationsgrenzen von der constantesten Präcision. Die Thatsache, dass bei Lähmung des Oculomotorius freies Spiel der Pupille vorhanden war, erklärte sich in diesem Falle wohl, wie in den meisten übrigen, dadurch, dass eine frühere Lähmung des Pupillarastes bereits rückgängig geworden, wenigstens sprach die Angabe des Kranken dafür, welcher am Anfange des Uebels nahe Gegenstände bedeutend schlechter gesehen zu haben versicherte.

Bei Lähmungen des Oculomotorius mit Betheiligung des Pupillarastes (die sich durch leichte Erweiterung und Immobilität der Pupille ausspricht) war die Accommodation etwas verringert, aber bei weitem nicht aufgehoben, doch besitze ich noch nicht eine genügende

Anzahl von Messungen. Ob hierbei wirklich die accommodative Bewegung der iris aufgehoben ist, halte ich bisher für unentschieden, weil es sich fragt, ob diese vom n. oculomotorius bedingt wird, und es schon jetzt erhellt, dass dieselbe zwar mit der Pupillarenbewegung in einem gewissen Connex, aber in einem keineswegs absoluten Abhängigkeitsverhältniss von der letzteren steht.

Nach Schieloperationen ergaben optometrische Prüfungen keine unmittelbare Veränderung der Accommodation, so dass alles hierher Bezügliche auf Verwechslungen mit der Sehschärfe zu beziehen ist; dagegen kommen sie als spätere Folgeerscheinungen auf Grund des veränderten Gebrauchs der Augen vor, namentlich pflegen sich die Grenzen der ausdauernden Accommodation durch die freiere Thätigkeit des operirten Auges allmählig zu erweitern. — Selbst jene Augen, welche durch verunglückte Schieloperationen nach älterer Weise in den äussersten Strabismus divergens mit Exophthalmus verfallen sind, und nur einige horizontale Beweglichkeit im äusseren Theil der Lidspalte und noch weniger verticale Beweglichkeit besitzen, sah ich wiederholentlich gut accommodiren.

Diese Beobachtungen sollen nicht zu dem irrigen Schlusse leiten, dass die Thätigkeit der Augenmuskeln für die Accommodation gleichgültig und überflüssig sei, es existirt vielmehr ein enger Zusammenhang, auf dessen Wichtigkeit ich selbst wiederholentlich die Aufmerksamkeit zu lenken bestrebt war, aber soviel, glaube ich, geht mit Sicherheit daraus hervor, dass die Augenmuskeltätigkeit nicht die bewegende Kraft für die Adaptation des Auges ist. Da die bei den gewöhnlichen Sehprüfungen durchaus berechtigten Einwürfe wegen Unterdrückung der Zerstreuungskreise, der benutzten Messungsmethode nicht gemacht werden können, so dürfte dies

als ein der neueren Accommodationslehre günstiger Beitrag seitens der Pathologie zu betrachten sein.

Bei Krankheiten der Iris habe ich auch optometrische Prüfungen angestellt. Ein Tischler hatte vor geraumer Zeit durch ein Trauma eine Iridodialysis erhalten. Das obere, von der Ciliarinsertion abgelöste Drittheil der Iris, war so herabgesunken und um sich selbst halb umgeschlagen, dass es den obersten Theil der normal erhaltenen, nur etwas nach unten excentrischen und querovalen Pupille deckte. Patient, welcher die widernatürliche Pupille mit dem oberen Augenlid verdeckte, und dann vollkommen scharf sah, konnte mit Convex 6 von  $4\frac{1}{2}$ " bis  $8\frac{1}{2}$ " accommodiren, und würden wir Grund haben, dies als eine mässige Beschränkung der Accommodation anzusehen, wenn es nicht vollkommen mit der Accommodation des anderen leicht presbyopischen Auges zusammengefallen wäre. Dr. Liebreich überzeugte sich bei dem Patienten von der Integrität der accommodativen Bewegungen in der Iris, und durfte daher aus dieser Beobachtung nichts anderes hervorgehen, als dass ausgedehnte Iridodialyse die Accommodativ-Bewegung der Iris nicht stört.

Ein ähnliches habe ich bei Colobom-Kranken gesehen, allerdings zu einer Zeit, wo ich die genannten Messungen noch nicht anstellte. Ich finde in meinem Journal einen 12jährigen Knaben mit beiderseitigem Colobom verzeichnet, welcher die kleinste Schrift (Nr. 1 der Jäger'schen Schriftproben) von  $4\frac{1}{2}$ " bis 18", die Schrift Nr. 8 von 4" bis 4' zu lesen im Stande war, und ist bei diesem Befunde trotz fehlender genauer Messungen nicht zu bezweifeln, dass derselbe ein gutes Accommodationsvermögen hatte.

Pupillarexsudate, wenn sie zu Abschluss der Pupille (Synechia posterior totalis) geführt hatten, erwie-

sen sich allemal hemmend für die Accommodation. In Fällen, wo freie contractionsfähige Ausbuchtungen vorhanden waren, wurde zuweilen ein beinahe normaler Spielraum der Accommodation constatirt. Genauere numerische Ergebnisse hierüber habe ich vorläufig zurück, da die in der Mehrzahl vorhandenen hochgradigen Sehstörungen die Auswahl der für die Messungen geeigneten Fälle sehr schwer machen.

Bei jener bekannten, mit Accommodationsparese gepaarten Form von Mydriasis wurde die accommodative Bewegung der Iris\*) vollkommen vermisst, der Nahepunkt eines derartigen Kranken, dessen Pupille  $5\frac{1}{2}$  Millimet. im Durchmesser betrug — die des gesunden anderen Auges hatte 3 Millimet. — lag auf 21", Patient konnte mit Convex 10 nur von  $7\frac{1}{4}$ " bis  $8\frac{1}{4}$ " accommodiren. Die Heilung der Accommodationslähmung ging hier, wie es nicht immer der Fall ist, (s. A. f. O. Bd. I. pag. 316) proportional zur Verringerung des Pupillardurchmessers; beides wurde besonders durch den methodischen Gebrauch von Convexgläsern beschleunigt und zum Schlusse accommodirte Patient, wie auf dem anderen Auge, nämlich mit Convex 10 von 3"— $8\frac{1}{4}$ ".

Bei einem anderen Patienten war der Grad der Mydriasis nur unbedeutend, die Pupille mass  $3\frac{1}{2}$  Mill. — die Pupille des gesunden Auges war enger, als in der Norm —, Patient konnte mit Convex 6 nur für 6" accommodiren, mit Convex 10 nur für 11".

---

\*) Leider konnte ich die Versuche mit den Linsenbildern wegen Mangel eines tauglichen Instruments nicht gleichzeitig anstellen, was in Zukunft geschehen wird.

Ein aussergewöhnlicher Fall von Extraction einer in die vordere Kammer vorgefallenen verkalkten Linse.

Es ist höchst selten, dass die Extraction verkalkter Linsen im Zwecke einer Wiederherstellung des Sehvermögens unternommen wird, weil in der Regel die Verkalkung des Linsensystems an das Vorhandensein von Amaurose in Folge innerer Entzündungsprocesse gebunden ist; dagegen wird nicht selten deren Entfernung an amaurotischen Augen dadurch nothwendig, dass sie sich dislociren und eine Ursache inneren Reizes, wiederkehrender Entzündungen abgeben. Solche Entzündungen hindern den Gebrauch eines zweiten unversehrten Auges und werden selbst zum Quell sympathischer Erkrankungen auf diesem letzteren. Es ist offenbar die Verflüssigung der Glaskörper (meist bei hochgradiger Ablösung der Netzhaut von der Choïroidea durch seröse Ansammlungen), welche einerseits, und die Schrumpfung des Linsensystems nebst Lockerung der natürlichen Linsenanheftung andererseits, welche das Zustandekommen des Linsenflottirens, oder auch des Vorfalles in die vordere Kammer hervorruft, während die, durch den Exsudationsprocess herbeigeführte chemische Entmischung des Glaskörpers die vermehrte Aufnahme von Kalksalzen in das Linsensystem erklärt. Diese dislocirten Staare sind oft so mobil, dass ihre Lage lediglich von der Kopfhaltung abhängt; bei Gelegenheit kommt es dann vor, dass sie sich zwischen Iris und Hornhaut gewissermaassen einklemmen, oder auch durch einen erregten Exsudationsprocess seitens der Iris fixirt werden.

Die Extraction vorgefallener verkalkter Linsen findet zuweilen erhebliche Schwierigkeiten. Ein Haupt-

übelstand liegt in dem Vorfall des Glaskörpers, welcher jedoch, wenn man in der Rückenlage operirt, selten einen gefährlichen Grad erreicht, ja sogar in einzelnen Fällen gegen alles Erwarten vollständig ausbleibt\*).

Der Glaskörpervorfall ist überhaupt nur nach zwei Richtungen hin ein böser Zufall, einmal nämlich indem plötzliche Druckveränderung im Innern des Auges dadurch hervorgerufen und so zu intraocularen Haemorrhagien oder Exsudationsprozessen disponirt wird, zweitens aber sofern durch das Vorfallen gallertartiger Theile die genaue Anlagerung der Wundränder leidet. Beides gilt mehr für den Ausfluss normalen, gallertartigen Glaskörpers, der immer plötzlich klumpenweis vorfällt, als für das allmähliche Auswickern desselben bei pathologischer Verflüssigung. Auf das Quantum des ausgetretenen Glaskörpers an und für sich ist ebenfalls kein Gewicht zu legen, weil der Glaskörper, so lange der Quell der Sekretion, nämlich die Chorioidea intakt bleibt, auch bis zu einer jeden Grenze hin regenerirt werden kann, wobei wir natürlich von den für das Sehen nicht allzuwichtigen Unterschieden des regenerirten Sekrets von dem ursprünglichen absehen. Würden wir ein Auge vollkommen entleeren und allen Veränderungen der Chorioidea hierbei vorzubeugen im Stande sein, so würde auch eine Ausfüllung desselben eintreten. Nur weil übermäßige Entleerung von Glaskörper durch die mechanischen Folgen chorioidale Ergüsse beinahe nothwendig mit sich führt, wird sie leicht deletär. Die Phthisis bulbi aber stellt sich niemals durch ungenügende Regeneration bei normaler Chorioidea ein; Chorioiditis (oft in sehr schleicher Erscheinung)

---

\* Ich besinne mich, einst einen Mann operirt zu haben, bei welchem die Linse mehrere Jahre so beweglich war, dass sie bald in der vorderen Kammer lag, bald hinter der Iris, bald vollständig unsichtbar war, und bei dem endlich die vorgefallene Linse eine heftige Iritis erregte. Obwohl die Umstände äusserste Verflüssigung des Glaskörpers vermuthen liessen, so floss doch nichts vom Corpus vitreum aus. In solchen Fällen ist freilich die Natur des Corpus vitreum in der Weise alienirt, dass eine scharfe Abgrenzung vom Humor aqueus unmöglich ist, weshalb sich unsere Aussagen nur auf quantitative Schätzung basiren.

ist nimmer das Mittelglied und die bedingende Ursache der ausbleibenden Regeneration. Es ist bei Paracentesen der vorderen Kammer dasselbe Verhältniss, der humor aqueus regenerirt sich in normaler Weise, es sei denn, dass Haemorrhagieen oder Entzündungen der Iris auftreten.

Eine Schwierigkeit gewährt ferner die Anlegung des Hornhautschnittes, wenn nämlich die Lage der Linse der gewöhnlichen Führung des Cataract-Messers entgegensteht. Verkalkte Linsen sind jedoch immer erheblich verkleinert, so dass bei genauer Abwägung der Umstände nach der einen oder anderen Seite ein freier Raum in der vorderen Kammer bleibt, der geräumig genug ist, um einen für die Umstände genügenden, verkleinerten Hornhautschnitt anzulegen. Am meisten empfiehlt sich auch hier der obere Lappenschnitt, da die verkalkten Linsen auf dem Boden der vorderen Kammer zu liegen pflegen. Die Entfernung des Staars selbst wird am besten mit dem Daviel'schen Löffel verrichtet, welcher, hinter die Linse eingeführt, noch am sichersten das Zurückweichen derselben durch die Pupille verhindert.

Die grösste Schwierigkeit liegt in der zuweilen ausserordentlich grossen Mobilität des Staars, zufolge welcher derselbe, so wie humor aqueus ausfliesst, und die iris sich der Hornhaut anlegt, durch den Pupillarraum zurücksinkt. — Wie beschwerlich hierdurch die Extraction werden kann, mag aus folgendem Krankheitsfall hervorgehen:

H. v. P. hatte in seinem zehnten Lebensjahre beim Spielen mit einem Schiessbogen einen Bolzen gegen sein linkes Auge bekommen. Es trat starke Blutung und Entzündung ein, welche mehre Monate dauerte und nach deren Ablauf Patient anf dem betroffenen Auge vollkommen blind war. In der Pupille erschien, wie Patient angiebt, allmählig ein weisser Fleck, wel-

cher mehr und mehr an Grösse zunahm, und endlich das ganze Pupillargebiet ausfüllte. Dieser belästigte jedoch während der verfloßenen 20 Jahre nicht, bis vor  $1\frac{1}{2}$  Jahren ohne nachweisbare Gelegenheitsursache die weisse Linse allmählig zur Pupille hervortrat und sich senkte. Auf Anrathen eines Arztes bog P. den Kopf stark zurück und schüttelte ihn hin und her, worauf der Staar hinter die Pupille zurücktrat und nur im untersten Segmente desselben noch ein wenig sichtbar blieb. Dieser Zustand erhielt sich bis 6 Wochen, ehe P. zu mir kam. Zu dieser Zeit „gerieth die Linse beim Reiten in etwas starke Bewegung“ und trat, anfangs ohne Schmerzen, wieder hervor, bald darauf kamen anhaltende innere Entzündungen, welche nicht wichen, obwohl Patient beim starken Zurückbeugen seines Kopfes die Linse willkürlich hinter die Pupille zu bringen vermochte. Nachdem die gewöhnlichen Antiphlogistica fruchtlos gebraucht, kam Patient hierher mit dem Wunsche, von der Linse befreit zu werden, und ich willigte, da kein anderes Mittel zur Beseitigung der Entzündungen übrig schien, und die Function des rechten Auges wesentlich bedroht war, in die Operation ein.

Das Auge war absolut blind, beträchtlich weicher und etwas kleiner als das gesunde, in der Gegend der graden Augenmuskeln aber noch keine Abflachung vorhanden, die vordere Kammer tiefer, die etwas entfärbte Iris schlotternd, der untere Theil der letzteren leicht entzündet, was sich durch stärkere Entfärbung, verwischteres Gewebe und feinen Beschlag auf der hintern Hornhautfläche aussprach, der humor aqueus um ein wenig diffus getrübt, die Pupille, von mittlerer Grösse, und, so weit es der humor aqueus zuließ, schwarz. So wie P. den Kopf nach vorn bog, erschien die weiss-gelbe, beinahe glänzende Linse, bedeutend (wohl um  $\frac{1}{3}$  diametral) verkleinert; sie trat aber nicht



vollständig in die vordere Kammer, sondern sass mit der einen ausgehöhlten Fläche auf dem unteren Pupillarrande so auf, dass der letztere in die grösste Buchtung fiel, und dessen Einschneiden selbst den Grund für der Aushöhlung oder Knickung abzugeben schien — irrig, wie wir später sehen werden. — Es war zugleich diese Fläche etwas nach hinten gewandt, und deshalb deren Beurtheilung nur bei der Seitenansicht möglich, die obere gleichmässig convexe Fläche sah zugleich etwas nach vorn. In dieser Stellung blieb die Linse nun, wenn Patient nicht gewaltsam den Kopf nach hinten bog und schüttelte, worauf sie über den Pupillarrand herüber kippte und verschwand, bis sie durch ein Vorwärtsbeugen des Kopfes wieder hervorgebracht wurde. — Die subconjunctivalen Gefässe waren ziemlich stark injicirt, der Gebrauch des gesunden Auges durch Lichtscheu und Thränen wesentlich behindert.



Ich beschloss zunächst, trotz der Glaskörperverflüssigung den Kranken im Sitzen zu operiren, da ich in der Rückenlage ein Zurücksinken der Linse durch die Pupille fürchtete, um so mehr als die etwas nach vorn gewandte obere Linsenfläche sich beim Liegen bereits von der Hornhaut abzuwenden schien. Ich glaubte ferner wegen der deutlichen Einbiegung der unteren Linsenfläche über den Pupillarrand, dass hier der Sack der Linsenkapsel verschiebbare Theile, etwa eine kalkbreiähnliche Masse enthalte, wie man sie zuweilen in solchen hellen, beinah glänzenden, weissgelben Kataracten vorfindet. In dieser letzteren Vermuthung schien mir ein linearer Schnitt um so erwünschter, als der drohende Glaskörpervorfall dabei weniger zu fürchten war. Dennoch stürzte schon

bei der Incision eine solche Menge Fluidum aus dem Auge, dass dasselbe stark collabirte, und ich musste nothwendig daran gehen, die Operation in der Rückenlage fortzusetzen. Bei der ersten Berührung mit dem Häkchen sank die Linse hinter die Pupille zurück, wodurch ich gezwungen war von der Operation abzustehen. Bei dieser Berührung hatte ich mich überzeugt, dass die Consistenz des Staars viel grösser war, als ich vermuthet, und dass die eingedrückte Form der unteren Linsenfläche wohl nicht auf Wirkung des Pupillarrandes, sondern auf die präexistirende Gestalt des Staars zu beziehen sei. Es hatte ferner das schnelle Zurückweichen vor dem Instrument mich von der ausserordentlichen Mobilität der Linse unterrichtet.

Vier Tage später, als der Schnitt vollkommen geheilt, liess ich den Patienten durch Vorwärtsbeugen seines Kopfes abermals den Staar hervorbringen, wobei derselbe die früher geschilderte Stellung einnahm. Ich wollte nun wegen der grösseren Consistenz der Linse einen kleinen Bogenschnitt nach oben, ungefähr  $\frac{2}{5}$  der Hornhautperipherie umfassend, ausführen, zur Sicherheit aber denselben nicht sogleich beenden, vielmehr eine Brücke von 1 —  $1\frac{1}{2}$ ''' Hornhautsubstanz nach oben stehen lassen. Diese Vorsicht schien mir angezeigt, einmal um den Staar noch bei anliegendem Hornhautlappen mit einem Instrument zu fassen und ihn dann, nach Lösung der Brücke, schleunigst zu entfernen, zweitens aber um für den Fall, dass das Fassen abermals scheitere, wenigstens unter günstigeren Verhältnissen als nach beendetem Lappenschnitt, abstehen zu können. Dass die Operation bei der excessiven Verflüssigung des Glaskörpers sofort in der Rückenlage zu unternehmen sei, schien mir aus dem früheren Operationsversuch hervorzugehen. Dem Entschlüpfen der Linse hoffte ich dadurch vorzubeugen, dass ich zum Fassen das Instru-

ment zuerst in den oberen freien Theil der Pupille hinter die verkalkte Linse zu bringen, und diese behutsam von hinten, von der concaven Fläche aus zu ergreifen beschloss. — Dies geschah 7 Tage nach der ersten Operation. Das Staarmesser wurde eingeführt, die Contrapunktion verrichtet und das Messer, nachdem es einigermaassen vorgestossen war, dem Plane gemäss, (unter mässigem collapsus) herausgezogen. Als aber die Iris sich gegen die Hornhaut legte, wandte sich zugleich die obere Fläche der Linse um einiges nach hinten, und so wie ich mit dem zum Unterlegen bestimmten Daviel'schen Löffel in den oberen freien Theil der Pupille vordrang und den hinteren Rand des Staars im leisesten berührte, sank derselbe abermals durch die Pupille zurück und wurde vollständig unsichtbar, so dass ich von neuem unverrichteter Sache von der Operation abstehen musste. — Es war mir hierbei klar geworden, dass wegen der allzugrossen Mobilität der Linse, die ohne jeden Widerstand umherschwanke, ein Fassen auf dem gewöhnlichen Wege unmöglich sein, und dass es bei weiteren Operationen wesentlich darauf ankommen würde, vor Eröffnung der vorderen Kammer und Anlagerung der Iris an die Hornhaut, die Linse in ihrer Totalität nach der vorderen Kammer herüberzubringen, wobei dann die Iris eine Unterlage und Widerstandsfläche gegen das Zurücksinken, wie in gewöhnlichen Fällen vorgefallener Linsen, bilden müsste. Am sichersten schien es mir, die Linse durch irgend ein Instrument in der vorderen Kammer fixirt zu erhalten und kam ich, nachdem ich alle Chancen gehörig erwägt, zu folgendem Operationsplan, welcher anderthalb Wochen nach der zweiten Operation genau so, wie ich ihn vorher entworfen hatte, mit Erfolg ausgeführt wurde.

Zunächst führte ich bei sitzender Stellung des Kran-

ken eine feine, etwas über die Fläche gekrümmte Staarnadel, wir zur Reklination, durch die Sclera in die hintere Kammer und drängte mit ihr den hinter der Pupille befindlichen Linsentheil in die vordere Kammer. Hierbei richtete sich der Staar aus seiner beinahe horizontale Lage in die vertikale auf, so dass die obere Fläche zur vorderen, die untere dem Pupillarrand aufsitzende concave Fläche zur hinteren wurde. Ich bohrte nun die Staarnadel in diese letztere ein, wobei sich die convexe Fläche stark gegen den seitlichen Theil der Hornhaut stemmte; die Linse zeigte sich so hart, dass sie bei diesen Versuchen bald nach der einen, bald nach der anderen Seite auszuweichen strebte, doch gelang es endlich, — dank der sitzenden Stellung — in dieselbe so weit einzudringen, dass sogar die Spitze der Nadel an der vorderen Fläche erschien. Nun erst wurde der Kranke ins Bett gebracht, welches dicht neben dem Operationsstuhl bereit stand, und die Staarnadel, welche an ihrer Spitze den Staar trug, einem Assistenten zur behutsamen Haltung übergeben. Ich selbst behielt in meiner linken Hand die schon früher während der Anbohrung als Ophthalmostat gebrauchte Hakenpincette — unmöglich wäre es ohne Fixation des Bulbus gelungen, in die harte und so überaus bewegliche Linse einzudringen — und verrichtete mit der rechten Hand den Lappenschnitt nach oben, vor dessen Vollendung ich jedoch, wie bei der zweiten Operation, das Messer auszog.

Jetzt wurde in die gemachte Hornhautwunde von der Schläfenseite her eine Hakenpincette eingeführt, deren eine Branche an die vordere, deren andere an die hintere Linsenfläche angelegt, und eine feste, jedes Entgleiten verhütende Fassung ausprobirt. Hierauf wurde vom Assistenten die Staarnadel sanft ausgezogen, der

Lappenschnitt durch das Desmarres'sche stumpfe Erweiterungs-messer rasch beendet und die Pincette mit der Linse herausgenommen. Die zum Anbohren benutzte Staarnadel zeigte sich vollkommen verbogen und an der Spitze gekrümmt, so stark war die Gewalt gewesen, welche zum Eindringen erforderlich war. Es erfolgte die Heilung ohne jede Entzündungserscheinung, so dass Patient schon 3 Wochen später zur Beseitigung seines Strabismus divergens einer Tenotonomie auf demselben Auge unterworfen werden konnte. —

Leider fiel die Untersuchung des Staars unvollständig aus, weil das Präparat vor Beendigung derselben verloren ging. Es zeigte die verkalkte Linse eine cinem Krebsstein ähnliche Form; auf der einen Seite stark convex, auf der anderen etwas ausgehöhlt; mit der letzteren hatte sie auf dem unteren Pupillarrand balancirt. Die convexe Fläche war vollkommen glatt und ohne den geringsten membranösen Ueberzug, an der concaven dagegen war ein Häutchen eingestülpt, welches sich unterm Microscop deutlich als die durch Präcipitate und streifige Entartung verdickte Kapsel kundgab. Ein solches Verschwinden der hinteren Kapsel, sei es durch Aufsaugung, sei es durch Zurückbleiben an der tellerförmigen Grube, habe ich bei dislocirten verkalkten Linsen in zwei ähnlichen Präparaten zu constatiren Gelegenheit gehabt. Die Schrumpfung selbst scheint immer von der vorderen Linsenhemisphäre anzufangen, so dass die vordere Linsenkapsel sich abflacht und dann einstülpt, während die hintere Begränzung ihre normale Wölbung behält. Die Ablagerung von Kalksalzen geschieht zum Theil in jene unregelmässig streifige Masse, welche die opaken Kapselverdickungen bildet, und deren Verhältniss zur Kapsel trotz der neueren Befunde von Robin und Broca noch nicht zur

Genüge aufgeklärt ist\*), zum Theil in die Schicht der intracapsulären Zellen, deren (Zellen-)Inhalt wir Fett- und Kalkgranula führen sehen, zum Theil endlich in die Linsenröhren selbst. Um sich von dem Letzteten zu überzeugen, passen besser als völlig verkalkte Linsen jene extrahirten weissen „Kapselstaare“, denen meist noch periphere Linsentheile anhaften; wir können nämlich an solchen Präparaten alle Uebergänge zur Verkalkung von Linsensubstanz studiren, und finden schliesslich

---

\*) Dass die Kapsel in den weissen undurchsichtigen Opacitäten wirklich durch eine streifig körnige Masse ersetzt ist, welche an den Randtheilen in das normale Kapselgewebe übergeht, ist ausser Zweifel, ebenso dass sich diese streifig körnige Masse, welche Fett und Kalk in den verschiedensten Formen enthält, nicht als eine Auflagerung von einer normalen Kapsel abziehen lässt; aber die Frage, ob diese Masse wirklich aus der Kapsel hervorgegangen sei durch eine Differenzirung des natürlich-amorphen Gewebes und Aufnahme von Körnchen in dasselbe, oder ob vielmehr das Ganze eine ursprüngliche Auflagerung (auf der inneren Oberfläche) allmählig die Kapsel verdrängt, atrophirt habe, das bin ich zur Zeit nicht im Stande zu entscheiden, ja ich gestehe, dass ich nach verschiedenen Untersuchungen dieser Art zu schwankenden Ansichten gekommen bin.

Die Schwierigkeit der Entscheidung liegt darin, dass die gehörigen Uebergangsstufen zur gesunden Kapsel an der Grenzregion der weissen Partie vermisst werden, insofern dieselbe scharf absetzt. Dass Auflagerungen an der innern Kapseloberfläche meist den Ausgangspunkt bilden, ist meinen Präparaten zufolge ausser Zweifel, aber auch hiermit ist für die obige Frage Nichts gewonnen, da solche nach beiden Richtungen hin auf die Kapsel zu wirken vermögen. —

Von dem weissen Kapselstaar wesentlich zu unterscheiden ist der als Nachstaar so häufige dünnhäutige, durchscheinende spinnwebige Kapselstaar, dessen Natur und Entstehung keinem Zweifel mehr unterliegt. In demselben ist nämlich die Kapsel vollkommen klar, Die Opacität wird durch die locker anhaftende Schicht der intracapsulären Zellen, und meist auch durch einige trübe Cortikalsubstanz gebildet. In jener Schicht finden sich aber reichliche Körnchen (Fett, Kalk) sowohl als Zelleninhalt, als zwischen den Zellen abgelagert. Es besteht also diese Trübung lediglich in einer bei Cataract-

Fragmente, welche schon vollkommen knirschen und in schärfsten Bruchflächen auseinanderspringen, aber noch in exquisiter Weise die Form der Linsenröhren darbieten.

Man wird mich der etwas kühnen Operation wegen nicht leichtsinniger Verwegenheit beschuldigen, denn die Entfernung der Linse war, um den inneren Entzündungen Einhalt zu thun, des gesunden Auges wegen angezeigt, selbst auf die Gefahr der Phthisis bulbi; auch hatte ich den Kranken auf die Möglichkeit dieses Ausgangs zur Genüge vorbereitet. Ist doch in ähnlichen Zwecken zuweilen selbst eine absichtliche Destruction des Auges räthlich! Im Allgemeinen dürfen wir aber nicht zu ängstlich sein, Operationen an einmal erblindeten, von langwierigen inneren Exsudativprocessen heimgesuchten Augen zu unternehmen. Es ist eine Erfahrungsthat- sache, dass die Disposition zu traumatischen Entzündungen in solchen Organen auffallend gering ist, sei es nun, dass der Reizzustand sich erschöpft habe, oder dass umfangreichere Gefässobliterationen nebst Atrophie der inneren Membranen das Zustandekommen entzündlicher Prozesse erschweren. Ganz anders verhält sich die Sache, wenn bei Glaskörpererweichung noch die Erhaltung des Sehvermögens im Spiele ist, alsdann

---

Bildung oder Entfernung der Linse sehr natürlichen trophischen Ali- nierung der intracapsulären Zellen. Diese Form führt eigentlich mit Unrecht den Namen des Kapselstaars, doch mag derselbe für die Praxis beibehalten werden, weil die Opacität nicht ohne Kapsel aus dem Auge zu entfernen ist. — Es scheint auch deshalb zweckmässig, beide Formen von einander zu unterscheiden, weil der erstere (weisse Kapselstaar) seiner Dichtigkeit wegen sich sehr gut mit einer Pincette fassen und extrahiren, aber sehr schwer aus- einandersprengen und disloriren lässt; während von dem letzteren (dünnhäutigen) seiner Feinheit wegen gerade das Umgekehrte gilt. — Dass übrigens zwischen beiden Formen Combinationen vorkom- men, bedarf wohl keiner Erwähnung.

müssen wir mit jedem operativen Eingreifen — schon der unvermeidlichen Veränderung des intraocularen Druckes wegen — höchst vorsichtig sein, da selbst das einfache Ablassen des Humor aqueus bei einer Paracentese (besonders wenn der Ausfluss unvorsichtiger Weise zu rasch geschieht), in solchen Fällen Netzhautablösungen veranlassen, und einmal vorhandene vergrössern kann.

#### Notiz über Bläschenbildung auf der Hornhaut.

Jüngst sah ich bei einer älteren Frau mit chronischer Conjunctivitis palpehralis eine Gruppe von Bläschen sich in der Mitte der Hornhaut bilden, welche man mit nichts Anderm als mit einer Herpes-Gruppe vergleichen konnte. Es waren bei ziemlich normaler Conjunctiva bulbi wohl 15—20 kleine Bläschen, gleichmässig wie ein starker Stecknadelknopf gross, dicht nebeneinander, in ihrem Ensemble eine unregelmässige Figur beinahe von der Grösse der Pupille und dieser gegenüber bildend. Der Inhalt der Bläschen schien beinahe vollkommen durchsichtig und floss aus, sowie man mit der Spitze einer Staarnadel die dünne, wohl nur von Epithel gebildete Hülle durchstach. Eine mikroskopische Untersuchung desselben konnte wegen zu geringer Quantitäten nicht unternommen werden. Es fiel übrigens allemal nur das eine, angestochene Bläschen zusammen, was für einen Mangel von gegenseitigem Zusammenhang sprach. — Die Krankheit sammt der damit verbundenen heftigen Lichtscheu ging sehr schnell vorüber; ob von selbst, oder durch die eingestrichene Höllenstein-Solution kann ich nicht sagen, da ähnliche Fälle nicht zur Beobachtung kamen. Schon Tags darauf waren die Bläschen geschrumpft, weniger prominent und 3 Tage später von der ganzen Affektion nichts mehr zu sehen.



Bläschenförmige Verbildungen anderer Natur habe ich bei parenchymatöser Keratitis beobachtet. Im Verlauf dieser Krankheit tritt zuweilen nebst einer früher nicht vorhandenen Lichtscheu grauliche Lockerung, und dann Hervortreibung an umschriebenen Stellen der Hornhautoberfläche ein. Es bildet sich allmählig ein schwappendes Bläschen, gewöhnlich ziemlich breit, der untere Theil desselben pflegt prominenter zu sein, weil sich die Flüssigkeit in der Höhlung senkt. Legt man den Finger auf das obere Augenlid und drückt dasselbe nach verschiedenen Richtungen hin gegen die Hornhaut an, so kann man die Form des Bläschens mannigfach verändern, besonders einzelne Theile desselben prominenter machen, indem man die anderen comprimirt. Ich sah zuweilen mehrere derlei Bläschen, welche durch normal anliegende Hornhautpartien von einander getrennt waren und in Summa  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$  von der Hornhaut einnahmen. — Sie pflegen nicht im Beginne der Krankheit, sondern dann einzutreten, wenn der Anfangs ganz diffus über die Hornhaut verbreitete Exsudativprozess sich gegen die centrale Hornhautregion hin stärker zusammenzieht, und hierbei auch seine ursprünglich rein parenchymatöse Natur verliert. — Es sind diese Bläschen ausserordentlich langwierig und gegen Arzneimittel hartnäckig, belästigen die Kranken durch Druck und Lichtscheu, welche Symptome erst nach dem spontanen Platzen des Bläschens aufhören. Alsdann sieht man die zusammengefallene, oft gerunzelte vordere Bläschenwand einen entblösten Theil (Geschwür) der cornea umgeben. Dieser Theil aber ist weit kleiner, als das ursprüngliche Bläschen, er vergrößert sich erst später zu dessen Umfange, indem die aufliegende Bläschenhülle nekrotisirt, worauf allmähliche Regeneration eintritt. Unmittelbar nach der Perforation lässt sich die aufliegende Schicht

in dem früheren Umfange des Bläschens mit einem beliebigen Instrument frei verschieben, durch Ausstreichen glätten, u. s. w.

Der Untersuchung wegen trug ich einmal diese verschiebbare Schicht nach spontanem Durchbruch in ihrem ganzen Umfang ab. Sie bestand aus 3 Lagen: erstens einem Epithel, zweitens der Bowman'schen Haut, drittens einer dünnen Lage oberflächlicher Hornhautsubstanz. Das Epithel zeigte zahlreichere Schichten als in der Norm und sehr merkwürdige Zellenformen, nämlich grosse Mutterzellen mit vielen Kernen und concentrische Bildungen, ähnlich denen, die man in Epitheliomen u. s. w. findet. Ausserdem waren einzelne Zellenlagen stark körnig. Die Bowman'sche Haut erschien vollkommen normal, und zeichnete sich wahrscheinlich der vorhandenen Imbibition wegen noch schöner gegen die benachbarten Theile ab, als es bei normaler frischer Hornhaut der Fall ist. Die anliegende Hornhautschicht erwies sich durch die normale streifige nur etwas trübere Struktur; Hornhautkörperchen wurden darin nicht gesehen. Die innere Fläche der Haut war vollkommen glatt und ohne Andeutungen von Verbindung mit den darunter liegenden Hornhauttheilen. — So wenig es mir in den Sinn kommt, die früheren Ideen eines strikt lamellösen Baues der Hornhaut wieder hervorzuholen, so möchten doch ähnliche pathologische Thatsachen deutlich darauf hinweisen, wie verschieden die Cohärenzverhältnisse parallel zu den Hornhautflächen, resp. in vertikaler Richtung zu denselben sind, und wie Unrecht einige Pathologen daran thun, die Möglichkeit interstieller Ergüsse und lamellöser Abhebungen für die Hornhaut zu bezweifeln.

Nach der gemachten Abtragung bemerkte ich, dass eine bedeutend schnellere Heilung auf diesem Auge erfolgte, als auf dem zweiten, ganz in der nämlichen

Weise erkrankten, auf welchem ich nicht chirurgisch eingriff, und ich habe, hierauf gegründet, dasjenige, was Anfangs nur der Untersuchung wegen geschah, in das therapeutische Verfahren gegen die so hartnäckige Krankheit aufgenommen. In späteren Fällen wartete ich das spontane Platzen der Bläschen nicht ab, sondern fasste die vordere Wand mit einer feinen Hakenpincette, kappte den gefassten Theil mit einer Cooper'schen Scheere ab, und entfernte nachträglich die locker anliegenden Nachbartheile bis zu ihrer Anheftung. Auch erschien mir dies Verfahren vollkommen rationell, da es ohnehin zu einer Nekrose dieser Theile kommt, und die Gegenwart von Exsudaten unterhalb derselben offenbar die parenchymatöse Exsudation in den oberflächlichen Hornhauttheilen unterhält. Es verschwindet hierauf sofort die Lichtscheu, und es stellt sich ein gleichmässig-graulicher Exsudationsprocess in den entblösten oberflächlichen Hornhautschichten ein. Derselbe endet mit einer vollkommen durchsichtigen Regeneration. Ob hierbei die Bowman'sche Haut wieder ersetzt wird, ist mir unbekannt, dass deren Existenz aber zur Durchsichtigkeit nicht nothwendig, geht ja bereits aus früheren Experimenten und aus der allen Pathologen bekannten unvollkommenen, durchsichtigen Hornhautregeneration nach Geschwüren (bleibende Facettirungen) hervor. — Um übrigens Missverständnisse oder Verwechslungen mit den so häufigen prominenten geblähten Hornhautexsudaten (Hornhautphlyktänen) zu vermeiden, sei es bemerkt, dass die beschriebenen Bläschen nur selten zur Beobachtung gelangen. Zufällig sah ich deren im letzten Jahre (unter circa 5000 Kranken) bei vier Individuen an sieben Augen. Bis dahin hatte ich sie nur ein einziges Mal gesehen. An den einmal befallenen Theilen kehrten nach Nekrose der Bläschenhülle niemals neue Bläschen wieder, dagegen

traten sie mehrmals successive an benachbarten Hornhauttheilen auf, und zuweilen verlöthete sich nach stattgefundenener Berstung die enge Perforationsstelle, so dass sich das alte Bläschen wieder erhob, um jedoch bald in grösserem Umfange zu bersten.

Auch nach Verbrennungen kommen zuweilen bläschenförmige Abhebungen auf der Hornhaut-Oberfläche vor. Unter diesen Verhältnissen thut man ebenfalls am besten, die äussere Wand total oder partiell abzutragen, da sie nekrotisirt. Meist kommen die Kranken erst nach geplatzttem Bläschen. — Neulich begab sich in meine Klinik ein Mann mit noch wohl erhaltenen Bläschen von circa 1<sup>4</sup> im Durchmesser. Die äussere Hülle war ziemlich glashell und bestand unterm Mikroskop aus normalem Epithel, Bowman'scher Haut und einer unverkennbaren dünnen Lage faseriger Hornhautsubstanz.

---

Präparat von Chorioiditis tuberculosa bei einem Schweine (siehe Taf. II. Fig. 2).

An einem Schweineauge, welches zu Operationsübungen benutzt werden sollte, fand ich eine staphylo-  
matöse Ausdehnung der Sclera, etwas nach aussen und oben vom Eintritt des nervus opticus. Die Beurtheilung der vorderen Theile, Hornhaut, Iris, Linse, war durch bereits eingetretene Leichenveränderungen getrübt. Bei der Betastung des ausgedehnten Theils blieb kein Zweifel übrig, dass derselbe von einer soliden Masse ausgefüllt war, denn er bot nicht jene pralle, elastische Resistenz wie ein staphyloma scleroticae ex hydrophthalmo, sondern war ohne Elasticität, knorpelhart. — Nach der Eröffnung zeigte sich nicht bloss die Prominenz selbst von einer weissen soliden Geschwulst ausgefüllt, son-

dern die letztere ragte noch erheblich in den inneren Raum des bulbus hinein, so dass ein Theil des Glaskörpers durch dieselbe verdrängt war (siehe die Figur). Diese Geschwulst schien der inneren Fläche der um ein Weniges verdünnten Sclerotica anzuliegen. Von der Chorioidea war bei oberflächlicher Beschauung im Bereiche des Tumor nichts zu sehen, dessen innere Fläche aber von der adhaerenten Netzhaut bekleidet. — Im übrigen Umfange des Augenhintergrundes war die Netzhaut durch gelbliches serum von der unten zu beschreibenden chorioidea abgelöst.

Bei genauer Betrachtung des Tumor zeigte sich zunächst, dass verschiedene Zellgewebsschwarten denselben durchsetzten. Die stärkeren hatten eine der Scleralfäche ziemlich parallele Richtung; vor allen zeichnete sich eine aus, die ihrer Lage nach ungefähr eine Ergänzung des durch die Geschwulst unterbrochenen chorioidal-tractus darstellte, sie schied gewissermaassen den Tumor in einen äusseren (die Prominenz ausfüllenden) und einen inneren (in das cavum bulbi hineinragenden) Theil. Von diesen Schwarten gingen zahlreiche Ausläufer in die Masse der Geschwulst hinein und bildeten deren derbes Gerüst, oder umkapselten einzelne Abtheilungen, wie es besonders in dem äusseren Theile der Fall war. Pigment fehlte in dem ganzen Bereiche; nur am Randtheil, da wo die oben erwähnte hervorstechendste Schwarte sich mit dem stroma chorioideae vereinigte, war an einer Stelle (siehe die Figur) eine scharf umschriebene, gleichsam melanotische Anhäufung. — In dies derbe Gerüst unregelmässig eingebettet, zum Theil umkapselt, lagen, die eigentliche Substanz bildend, käsig brüchlige, an vielen Stellen kalkige Nester, von  $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$  mm. Durchmesser. Das Mikroskop zeigt als Constituens eine krümelige molekuläre Masse in welcher verschiedenartig geschrumpfte, mit kleinen

Körnern besetzte Körperchen, die gegen Essigsäure resistent sind, theils isolirt, theils zu Haufen aggregirt, umhertreiben. Die Schwarten bestehen aus lockigem Bindegewebe, in welchem Essigsäure nur wenig Kerne erscheinen lässt; die Ausläufer derselben, so wie das die Nester abscheidende Gerüst zeigt vorwaltend fibroplastische Elemente. Die Geschwulst stösst hart an den Eintritt des opticus; der innerste mit der (nicht näher untersuchten) Netzhaut fest adhärente Theil ist etwas weicher, käsiger, und das Gerüst in demselben spärlicher, als in dem äusseren Theile.

Im übrigen Umfange des Augenhintergrundes ist die von der Netzhaut durch gelbes Serum geschiedene Aderhaut gut sichtbar, aber deren innere Fläche mit zahlreichen weissen oder weisslich gelben, leicht linsenförmig-erhabenen Knötchen besetzt. In der Nachbarschaft des Tumor treten dieselben dicht aneinander und bilden eine ununterbrochene, jedoch an der inneren Fläche hügelige Exsudatschwarte. Von den isolirten Knötchen sind die kleinsten kaum wie Stecknadelknöpfe gross, verdrängen nur die Pigmentlage, und lassen sich mit einiger Mühe von der innern Fläche des Chorioidealstroma ablösen; etwas grössere sitzen schon in dem stroma fest und schimmern an dessen äusserer Fläche hindurch; noch grössere verdrängen das Chorioidealgewebe seiner ganzen Dicke nach, und haften sogar der inneren Scleralfläche an. Offenbar geht der Exsudationsprocess von der innern Fläche der Chorioidea aus.

Das äussere und mikroskopische Ansehen des Ganzen lässt keinen Zweifel über die tuberculöse Natur des Exsudativprocesses zurück, denn auch die kleineren Knötchen glichen unter dem Mikroskop vollständig den Lungentuberkeln. Der Tumor bildete wohl den localen Ausgangspunkt des Processes; ein massenhafteres Exsudat hatte, wie in der Pleural- oder Peritonealhöhle,

eine tuberculöse Rückbildung erfahren, und hierauf war successive in den anliegenden Theilen Tuberkelablagerung gefolgt. Die beinahe totale Netzhautablösung durch flüssiges Exsudat darf als eine begleitende oder consecutive Erscheinung nicht befremden.

Ob eine der beschriebenen ähnliche Ablagerung von Tuberkeln auf der Chorioidea von Menschen vorkommt, ist noch nicht mit Sicherheit erwiesen; gewisse Chorioidealexsudate, welche nicht gar selten an Kindern beobachtet werden, und durch ihr Ansehen als Medullarsarkom imponiren können, wurden von Chelius (Lehrb. der Augenheilkunde 1843, Band I. S. 243) und Arlt (Lehrb. Bd. II. S. 212) als Chorioideitis scrophulosa (tuberculosa) beschrieben. In der That haben sich diese Auctoren grosse Verdienste erworben durch den Nachweis, dass die Erscheinung des sogenannten amaurotischen Katzenauges (Beer) den Schluss auf Medullarsarkom nicht unbedingt gestatte, ein Irrthum, der die trügerischen Annahmen geheilter Carcinome mit sich brachte. Ob aber die erwähnten nicht medullaren Ablagerungen ihrem Baue nach tuberculöser Natur sind, ist, so viel ich weiss, durch Sectionen bisher nicht entschieden und könnte um so mehr angezweifelt werden, nachdem durch Robin neuerdings auch andere das Innere des Auges erfüllende, nicht krebsige Ablagerungen nachgewiesen sind. Ob an anderen der Tuberculose häufig ausgesetzten Thieren Chorioidealtuberkeln gefunden wurden, weiss ich nicht zu sagen. Auch konnten mir bekannte Thierärzte keine Rechenschaft hierüber geben.

In neuester Zeit hat Ed. Jaeger (Oesterreichische Zeitschrift für prakt. Heilkunde 1855 No. 4) gewissen mit dem Augenspiegel sichtbaren Chorioidealexsudaten (auf Grund der Coincenz mit Lungentuberculose und zweier Sections-Befunde) tuberculöse Natur zugeschrieben und

muss die weitere Beobachtung lehren, ob diese Exsudate unter geeigneten Umständen so ausgebreitete Ablagerungen und tuberculöse Zerstörungen, wie in diesem charakteristischen Präparate, herbeizuführen vermögen. —

Ueber eine Krebsablagerung im Innern des Auges, deren ursprünglicher Sitz zwischen Sclera und Chorioidea war.

Ein 10jähriger Knabe mit etwas bleicher Gesichtsfarbe, von gesunden Eltern, wurde mir wegen Erblindung und Hervordrängung des rechten Auges vorgestellt. Derselbe war schon vor länger als einem halben Jahre einmal in meiner Poliklinik gewesen, bereits rechter Seits erblindet. Es war dazumal, wie aus den Journalen hervorging, nichts als eine beinahe totale Netzhautablösung diagnosticirt worden. Ich hatte das betroffene Auge für incurabel erklärt, und nur das seit einigen Monaten bemerkte, in den letzten Wochen rasch zunehmende Hervortreten aus der Orbita hatte die Eltern gemahnt, auf's Neue ärztlichen Rath nachzusuchen.

Das Bild der Krankheit war jetzt ganz das eines intraocularen Tumors. Der bulbus stand circa 4<sup>lin</sup> mehr hervor, als der des gesunden. Die subconjunctivalen Venen, so wie die Augenliderven, waren varikös ausgedehnt, die Pupille unbeweglich, ad maximum erweitert, und vom Hintergrunde strahlte durch dieselbe ein heller, gelber, beinahe leuchtender Reflex zurück. Dass der Quell dieses Reflexes nicht mehr in der normalen Netzhautebene, sondern der Linsengegend angenähert lag, ging schon zur Genüge aus der Deutlichkeit hervor, mit welcher man die unregelmässig hervorgebuchtete gelbe Oberfläche in ihren Details ohne optische Hilfsmittel zu er-



kennen vermochte. Wurden vollends die Verschiebungen dieser Oberfläche gegen den Pupillarrand bei schiefer Beleuchtung bemessen, so blieb kein Zweifel, dass sich derselbe nicht weit von der hinteren Kapsel befände. Offenbar wurde die vordere Abgrenzung durch eine Membran gebildet; ob aber diese Membran die Netzhaut war, liess sich in Ermangelung von Gefässen und sonstigen Kriterien nicht entscheiden. Ein Flottiren, auf welches, wegen der früher vorhanden gewesenen Netzhautablösung, sehr genau untersucht wurde, war positiv nicht zu entdecken.

Um einen einfachen Exsudativprozess konnte es sich hier nicht handeln, da ein solcher, wenn er eine gewisse Höhe erreicht hat, immer zur Kompression des Chorioidealgefässnetzes und zur Phthisis bulbi führt. Der Exophthalmos bewies ferner, dass entweder sich der Tumor auch hinter den bulbus erstreckte, oder dass der bulbus nach hinten bedeutend ausgedehnt sei, und letzteres war wieder deshalb höchst unwahrscheinlich, weil die hierfür charakteristische Abflachung der aequatorialen Theile vollkommen fehlte. — Es musste demnach die Wahrscheinlichkeitsdiagnose auf Carcinoma medullare zwischen Chorioidea und Retina gestellt werden, welches entweder die sclera nach hinten perforirt, oder sich ohne Perforation (siehe Archiv f. O. Bd. I. 1 S. 413) um die hintere Peripherie des bulbus ausgedehnt hatte. Unerklärt blieb mir vorläufig nur die frühere Anwesenheit einfacher Netzhautablösung.

Die durch den raschen Wachsthum und die Schmerzen dringend angezeigte Exstirpation wurde mit Schonung der Augenmuskeln vollzogen. Als ich den bulbus mit der Muzeux'schen Zange, nach abgelösten Augenmuskel-Sehnen, aus der Zellgewebetskapsel heraus hob, zeigte sich in der That die hintere Peripherie mit Geschwulstmassen belegt, und zwar in

grösserem Umfange, als ich es dem Grad des Exophthalmos entsprechend vermuthet hatte. Es mussten einige derselben, welche durch eine hintere Zellgewebsscheide in das orbitale Fettpolster eindrangen, noch nachträglich excidirt werden. Dennoch wurde der grösste Theil der Tenon'schen Kapsel, namentlich sämtlicher Seitentheile, unversehrt erhalten, was gewiss, um dem lästigen Einwachsen der Lider in die orbita vorzubeugen und das Tragen eines künstlichen Auges zu ermöglichen, immerhin von Vortheil ist.

Der Durchschnitt des Präparats erwies, dass die Sclera nirgends durchbrochen und somit der intra- und extraoculare Theil der Geschwulst vollkommen von einander geschieden war. Es hätte demnach zunächst eine Frage über den Ausgangspunkt der Geschwulst entstehen können. Wenn nicht die Erfahrung es zur Genüge lehrte, dass derlei getheilte Geschwülste stets vom Innern des bulbus ausgehen, während die von den umgebenden Theilen herstammenden den bulbus weit vordrängen, ehe sie dessen Gebilde ergreifen, so würde doch in diesem Fall die Krankheitsgeschichte und die Beschaffenheit des Tumor selbst genügenden Aufschluss gegeben haben. Die Erblindung war schon sehr alt, und die frühere Netzhautablösung sprach mindestens für das Vorhandensein intraocularer Veränderungen, dagegen datirte der Exophthalmos, der index extraocularer Ablagerung, erst seit einigen Monaten. Ausserdem erschien der äussere Theil der Geschwulst weicher, einzelne Stellen hatten die Charaktere ganz frischer medullarer Bildung. Es hatte hier also eine Fortpflanzung vom Inneren nach dem Aeusseren ohne Perforation der Sclera, wie in einem früher erwähnten Fall, stattgefunden und seit dieser Zeit war Exophthalmus und raschere Zunahme des Uebels erfolgt. Im Uebrigen haftete der äussere Theil der Geschwulst un-

gewöhnlich fest an der Sclera, deren äussere lockerere Schichten an einzelnen Stellen continuirlich in das Stroma der Geschwulst übergingen.

Sehr interessant und von den gewöhnlichen Befunden abweichend waren die Verhältnisse innerhalb des Bulbus. Gehen wir in der Beschreibung von vorn nach hinten, so lag hart hinter dem vollkommen durchsichtigen Linsensystem, der hinteren Kapsel stellenweis anhaftend, eine gelbliche, glänzende Membran, welche eine etwas ungleichmässige aber doch im Allgemeinen der Kapsel sich anschliessende Abgrenzung bildete; sie war der Ausgangspunkt des gelben Reflexes, wie es behutsame Versuche vor und während der Zerlegung bewiesen. Beim Durchschnitt zeichnete sie sich durch eine viel saturirtere, beinahe goldgelbe Färbung gegen die dahinterliegenden Theile ab. Hinter dieser Membran lag eine dickbreiige, schmutzig-weissgelbe Masse, welche den grösseren Theil der natürlichen Augapfelhöhle ausfüllte, dann folgte ungefähr  $2\frac{1}{2}$ “ vor dem hinteren Umfange der Sclera die Oberfläche einer soliden, sogar ziemlich resistenten Geschwulst, welche die hintersten Theile einnahm, gegen den hinteren Pol am dicksten war, sich in seitlicher Richtung verdünnte, und ungefähr gegen den Aequator des Auges in eine dünne Schicht auslief; es sass dieselbe fest an der inneren Scleralwand, konnte jedoch mit dem Griff eines Scalpells bei vollkommen glatter Oberfläche aus dem Cavum der Sclera ausgelöst werden, so dass für diesen intraocularen Theil der Geschwulst keine Uebergänge zwischen dem Stroma des Tumor und dem Scleralgewebe anzunehmen waren.

Es handelte sich nun um das Verhältniss dieser pathologischen Bildungen zu den inneren Membranen des Auges; am nächsten lag es, an den so gewöhnlichen Fall von Krebsablagerung zwischen retina und

chorioidea, von der inneren Fläche dieser letzteren ausgehend, zu denken, allein vergebens suchte ich — was dann nie fehlt — einen Ueberrest von Chorioideal-Gewebe an der inneren Fläche der Sclera; es war nicht eine Spur desselben vorhanden, sondern die innere Scleralfäche stiess hart an die Geschwulst an, ebenso wenig fand ich Chorioidea in der Dicke der Geschwulst, was schon a priori unwahrscheinlich war, dagegen lag dieselbe unverkennbar an der inneren Grenze der festen Geschwulst und bildete die Trennungsfäche dieser letzteren gegen die vor derselben liegende weissgelbe breiige Masse. Sie markirte sich hier schon bei oberflächlicher Beschauung des Durchschnitts als ein brauner Streif, der die verschieden gefärbten und verschieden consistenten Theile von einander trennte. Bei der Dissection erwies sich diese bräunliche Membran, d. h. die Chorioidea, mit der Oberfläche des festen Tumor verwachsen und an verschiedenen Stellen durch denselben in hohem Grade atrophirt. Man musste offenbar annehmen, dass sich der Tumor von der äusseren Fläche derselben entwickelt hatte. Die Oberfläche desselben, und hiermit auch die Oberfläche der Chorioidea, war übrigens nicht gleichmässig ausgehöhlt, sondern bildete mehrere leichte Prominenzen; an diesen war auch die Chorioidea besonders atrophirt und deshalb der Tumor, von innen gesehen, stärker durchschimmernd. Gegen die seitliche Grenze des Tumor hin wurde das Gewebe der Chorioidea allmählig dicker, sass etwas lockerer auf, und ging endlich in das gesunde Chorioidealgewebe diesseits des Aequators continuirlich über. — Etwas schwieriger war es, sich von der Lage der Netzhaut zu überzeugen. An der inneren Fläche der Chorioidea war jedenfalls keine Spur derselben vorhanden; ich glaubte am besten zu thun, vom Nervus opticus auszugehen, dies führte jedoch zu keinem Resultat, da eine

Fortsetzung desselben durch die dichte Geschwulst nicht zu verfolgen war. Ich wandte mich deshalb in umgekehrter Richtung zur Untersuchung der gelben Membran, welche die vordere Grenze der gesammten Geschwulst bildete. Obwohl dieselbe ihrer grösseren Dicke, ihrem intensiv gelben Aussehen und der Gefässlosigkeit nach nicht an das Aussehen einer normalen Netzhaut erinnerte, so erweckte doch das mikroskopische Ansehen die Ueberzeugung, dass es sich um eine pathologisch veränderte Netzhaut handele. Das Gewebe bestand nämlich vorwaltend aus dichten Körnerlagen, welche sich nur durch ihr stärker granulirtes Wesen und etwas höhere Lichtbrechung von der Nuclearschicht der Netzhaut unterschieden. Andere charakteristische Gebilde, namentlich Stäbchen, wurden freilich nicht gefunden, aber auch wegen der leichten Zerstorbarkeit dieser Elemente unter obwaltenden Verhältnissen nicht erwartet. Das glänzend gelbe Aussehen rührte von zahlreichen, theils in Zellen eingeschlossenen, theils freien Fettkörnchenaggregaten her, deren Bildung in Gemeinschaft mit einer gewissen Imbibition wohl die grosse Dicke der Membran erklären mochte.

Es scheint uns nicht bloss aus diesem, sondern auch aus früheren Präparaten gewöhnlichen intraocularen Medullarsarcoms hervorzugehen, dass der für das amaurotische Katzenauge charakteristische goldgelbe Reflex nicht von irgend einer dem Tumor angehörigen Textur herrührt, sondern lediglich einer in der beschriebenen Weise veränderten Netzhaut zuzuschreiben ist. Dies erklärt mir, warum man selbst bei melanotischem Carcinom zuweilen exquisites Katzenauge findet, und dass überhaupt dieses Aussehen für Carcinom nicht charakteristisch ist, sondern auch bei anderweitigen Ablagerungen, wenn auch vielleicht in weniger exquisitem Grade, vorkommt.

Eine grössere Sicherheit für die Annahme, dass die gelbe Membran eine veränderte Netzhaut sei, suchte ich

durch die weitere Verfolgung derselben bei der Dissection zu gewinnen. Die seitliche Anlöthung an die Chorioidea in der Nähe der Ora serrata sprach günstig, und als ich die breiige Masse, welche hinter ihr gelegen war, allmählig entfernte, gelang es, den Uebergang des centralen Theils der gelben Membran in einen spitzen Trichter nachzuweisen, der nichts anderes als die zusammengefaltete Netzhaut darstellte. Derselbe verlief gradlinig nach hinten zur Oberfläche des festen Tumor, in welchen er sich dem Eintritt des Opticus gegenüber versenkte. Als diese strangförmig erscheinende Partie herausgenommen und auf einem Objektblättchen entfaltet war, zeigten sich besonders in dem hintern Abschnitt unverkennbare Reste der Centralgefässe; in den vorderen Theilen schienen dieselben obliterirt, was bei den obwaltenden Compressions-Verhältnissen und andern Störungen nicht zu verwundern. Die Netzhaut war bis nach hinten stark verdickt, verlor aber ihr gelbes Ansehen schon in der Nachbarschaft der vorderen Ausbreitungen; sie wurde dann grauweiss getrübt, und wies unter dem Microscop ausser der deutlichen Nuclearschicht Andeutungen von Faserzügen und spärlicheren Fettkörnchenzellen nach.

Somit blieb kein Zweifel, dass der feste Tumor zwischen Sclera und Chorioidea sass, ausserdem aber die Netzhaut von der vorgetriebenen Chorioidea durch einen pathologischen Erguss (weissgelbe Masse) abgelöst war. Es wäre nun immer noch die Annahme statt-  
haft gewesen, dass der ursprüngliche Sitz der Ablagerung zwischen Retina und Chorioidea gewesen. Diese Entscheidung musste wieder der microscopischen Untersuchung zugeschrieben werden. Es zeigte nun jene weissgelbe Masse nicht die mindeste Andeutung von Krebsstruktur, sondern bestand lediglich: 1) aus granulirten Eiterzellen, 2) aus Fettkügelchen, 3) aus Blut.

Letzteres gab sich schon bei der oberflächlichen Betrachtung in Form blassrother, die Masse hier und da durchsetzender Streifen kund, welche sich bis gegen die Chorioidea hin verfolgen liessen und nichts anderes, als unvollkommen diffundirte Haemorrhagien aus den Aderhautgefässen (wahrscheinlich durch mechanische Hyperaemie bedingt) darstellten. Dagegen zeigte der hintere, zwischen Sclera und Chorioidea liegende Tumor alle Charaktere eines ziemlich dichten Carcinoms. Wir müssen also annehmen, dass hier der ursprüngliche Sitz des Tumor gewesen, und ein begleitender oder sekundärer Erguss zwischen Chorioidea und Netzhaut stattgefunden habe. Es ist diese Annahme übrigens höchst wahrscheinlich, da eine dermassen konsistente Ablagerung zwischen Sclera und Chorioidea offenbar den Ausfluss des Venenbluts durch die hinteren Ciliargefässe behindern, respective aufheben und so die Ursache zu mechanischer Hyperaemie und Ergüssen abgeben muss. Auch bestätigt die Erfahrung, dass bei allen festen chorioidealen Exsudativprozessen, wenn dieselben einigermassen ausgedehnt sind, sich gewöhnlich Netzhautablösung hinzugesellt.

Endlich zwingt uns der vor  $\frac{3}{4}$  Jahren stattgehabte Befund einer einfachen Netzhautablösung noch zu einer Erklärung. War damals das intraoculare Carcinom schon im Beginn? Es ist dies mehr, als wahrscheinlich, nur konnte natürlich die Diagnose nicht gemacht werden, da der Augenspiegel nichts, als eine abgelöste, von der Chorioidea durch Serum getrennte, flottirende Membran nachwies. Während der weiteren Entwicklung des Carcinoms war alsdann (sowohl in der abgelösten Netzhaut, als in dem subretinalen Fluidum) eine wesentliche Veränderung eingetreten, auf der ersteren fortschreitende Gefässobliteration, Imbibition und fettige Metamorphose, in dem letzteren wiederholte Blutergüsse,

Zellenbildung, Fettablagerung und hierdurch Verwandlung der ursprünglich flüssigen Masse in eine gelbe, dickbreiige; ja es wäre aller Wahrscheinlichkeit nach bei vorrückendem Uebel zu einer medullaren Umwandlung dieser Masse gekommen, und es hätte dann, besonders wenn das Carcinom gleichzeitig die Chorioidea von aussen nach innen durchbrochen, die Entscheidung über den ursprünglichen Sitz ausserordentlich schwer oder unmöglich werden können.

Allmähliche Umwandlung der zwischen Netzhaut und Chorioidea liegenden Flüssigkeit in eine consistentere Masse sind schon von früheren Beobachtern, Sichel, Arlt etc., vor der Erfindung des Augenspiegels nachgewiesen worden. Wiederholentlich sah ich mit dem Augenspiegel an der flottirenden Netzhaut weisse undurchsichtige Körper, welche ich nur für Kalkconglomerate halten kann, sich bilden. Dass zuweilen Resorption des Fluidums und dadurch Wiederanlagerung der Netzhaut an die Chorioidea eintritt, habe ich schon früher erwähnt und kann hierfür mehrere neuere Beobachtungen beibringen. Am lebendigsten im Sinn ist mir der Fall einer Frau, die im Puerperium an Morbus Brightii erkrankte, bei welcher sich neben sehr verbreiteten, weissen Exsudatplaques auf der Netzhaut\*) eine ausgedehnte Netzhautablösung nach unten einfand. Ich war erstaunt, diese Kranke einige Monate später mit vollkommen anliegender Netzhaut wieder zu untersuchen; freilich schienen die Gefässe innerhalb des früher abgelösten Bereichs zum grössten Theile obliterirt, denn sie stellten dünnere, dunklere, geschlängelte Stränge, hie und da wie unterbrochen, dar. Der Fall war aber nach 2 Richtungen hin interessant, erstens nämlich befanden sich die früher so sehr ausgedehnten weissen Plaques vollständig im Verschwinden und waren einige Wochen später wirklich

---

\*) Diese liegen wirklich bei Brightscher Amaurose lediglich in der Netzhaut, wie ich es in Uebereinstimmung mit den früheren Befunden von Türck, von Meckel u. s. w. aus einer durch die Güte des Dr. Mosler in Giessen mir gewordenen Sektion versichern kann.



bis auf den letzten Rest verschwunden, was ich bisher bei Brightscher Krankheit noch nicht beobachtet hatte; zweitens zeigte die Kranke den früher abgelösten Netzhautparthieen gegenüber eine entschiedene quantitative, sogar einige qualitative Lichtempfindung. Es wird, was ich früher (A. f. O. Bd. I. 1 S. 364) aussprach, dass der einmal abgelöste Netzhauttheil als für den Sehakt verloren zu betrachten sei, wohl für die unendliche Mehrzahl der Fälle seine Richtigkeit behalten, wie auch in diesem Falle Beschränkung des Gesichtsfeldes nach oben und bedeutend undeutlicheres excentrisches Sehen in der ganzen oberen Hälfte des Gesichtskreises zurückblieb, aber es bleibt immerhin physiologisch interessant, dass in Ausnahmefällen ein gewisser Grad funktioneller Thätigkeit seitens der früher abgelösten Netzhaut möglich ist. Bei der in Rede stehenden Frau kam es auch mit Rückbildung der Brightschen Krankheit zu einer so bedeutenden Besserung des Sehvermögens, wie ich sie früher noch nie sah, da Patientin von der Unfähigkeit, Finger sicher zu zählen, wieder dahin gelangte, grössere Druckschrift zu erkennen.

Was den Verlauf des Krankheitsfalls selbst anbetraf, so verheilte die Operationswunde rasch und ohne Zufälle; der durch Granulationen innerhalb der Tenonschen Kapsel sich bildende, von den Augenmuskeln umschlossene Stumpf konnte so gut bewegt werden, dass die örtlichen Verhältnisse für das Tragen eines künstlichen Auges kaum zu wünschen übrig liessen; aber leider traten schon wenige Wochen nach der Operation heftige ischiatische Schmerzen in den Beinen auf, die dem kleinen Patienten die Fähigkeit zu gehen zeitweise gänzlich raubten, und welche den Verdacht auf eine carcinomatöse Ablagerung innerhalb des Spinalcanals lenkten, wie solche wiederholentlich nach Exstirpation krebsiger Augen beobachtet wurden; ausserdem verfällt das Aussehen des kleinen Patienten, und ich zweifle nicht daran, dass derselbe, sei es durch örtliche Recidive, sei es durch Bildung von Carcinom in anderen Organen, bald der carcinomatösen Cachexie unter-

liegen wird. — Ueberhaupt kann ich von diesen Fällen aus meiner Erfahrung nur Trauriges berichten, und vollführe die Exstirpatio bulbi bei vorgerücktem Carcinom mehr als einen Akt der Humanität, dazu bestimmt, die Schmerzen der Kranken, wenn solche vorhanden sind, zu lindern und der für die Betroffenen und deren Anverwandten so qualvollen Symptom-Gruppe des wuchernden Krebses vorzubeugen, als dass ich wirklich die Ueberzeugung hätte, in der vorwiegenden Zahl von Fällen das Leben zu verlängern.

#### Ein Fall von Pilzbildung im unteren Thränenröhrchen.

Ich habe schon früher (s. A. f. O. Bd. I. 1 S. 284) einen solchen Fall mitgetheilt und beeile mich, einen zweiten in aller Kürze hinzuzufügen:

A. T., ein gesundes Mädchen von 9 Jahren, frei von Scrophulosis, hatte vor  $\frac{5}{4}$  Jahren nach Aussage des Vaters ein „Bläschen“ am untern Augenlid in der Nähe des Thränenpunktes bekommen, es erschien dasselbe, besonders wenn man das untere Lid vom Bulbus abzog, an der Conjunctivalfläche und wurde für eine entzündete Meibomsche Drüse gehalten. Dasselbe vergrösserte sich allmählig, und es gesellte sich eine leichte Anschwellung auf der äusseren Lidparthie an der betroffenen Stelle hinzu, so dass es nach dreimonatlichem Bestand das Aussehen eines „Gerstenkorns“ hatte; zuweilen kam ein kleines Eiterpföpfchen heraus (aus dem Thränenpunkt), und beim Druck auf die kleine Geschwulst konnte ein solches einige Mal täglich entleert werden. Damals verordnete Cataplasmen hatten die Folge, dass sich von selbst mit dem Eiter ein kleines festes, weisses Knötchen entleerte, welches

sich, an der Luft trocknend, braun entfärbte; hierauf verringerte sich die Geschwulst um etwas, und die Eiterung hörte für einige Wochen beinahe gänzlich auf. Allmählig aber stellte sich beides wieder ein und nahm successive zu, bis sich einige Monate später wieder ein solches Knötchen entleerte. So wiederholte sich die Sache in Intervallen von einigen Monaten, und es wurden im Ganzen vier Knötchen, das letzte einige Wochen vor der Vorstellung der kleinen Patientin, entleert.

Bei der Untersuchung zeigte sich die Gegend des Thränensacks vollkommen frei, die kleine, ziemlich diffuse Geschwulst sass gerade in der Gegend des untern Thränenröhrchens, beim Druck auf dieselbe trat ein geringes Quantum dicklichen gelben Eiters zum untern Thränenpunkt hervor. Die Haut war kaum geröthet, die conjunctiva nach innen vom untern Thränenpunkt röthlich - gelb durchschimmernd. Da sich die Geschwulst selbst bei starker Kompression nicht vollständig verlor und mir der Vater ausserdem die kleinen bräunlichen vertrockneten Knötchen in einem Papier vorlegte, so konnte kein Zweifel obwalten, dass noch solche feste Conglomerate im untern Thränenröhrchen enthalten waren. Mit einer feinen Anelschen Sonde gelang es nicht, vom untern Thränenpunkt aus in den Thränensack vorzudringen, ich kam auf einen Widerstand, schon nachdem die Sonde 1 bis 1½''' vorgehoben war. Ebenso drang eine gemachte Injektion nicht vor, sondern floss an der Seite der Spritze zum untern Thränenpunkt wieder aus. Thränenträufeln war für gewöhnlich nicht vorhanden, nur dann in mässigem Grade, wenn bei zunehmender Eiterung das ganze Auge etwas gereizt erschien. Schmerzen fehlten; Patientin hatte ausser über die lästige Eiterung nur über ein unbequemes Gefühl von Druck zu klagen.

Ich erweiterte den unteren Thränenpunkt mit einem

koniachen Stilet, führte die eine Branche einer feinen graden Scheere in das Thränenröhrchen ein und spaltete dessen innere Wand wie zur Bowman'schen Operation ungefähr in einer Ausdehnung von  $1\frac{1}{2}$ ''' . Es erschien bereits in der schlitzförmigen Wunde ein kleines Knötchen, circa  $\frac{2}{3}$ ''' im Durchmesser, und bei leisem Druck folgte diesem noch ein zweites. Da dieselben den anderen Orts (Archiv für Ophthalmologie. Band I. 1 pag. 284) beschriebenen vollkommen identisch waren, sowohl dem äusseren Aussehen nach, als bei der microscopischen Untersuchung, so verweise ich auf die frühere Beschreibung. — Das Thränenröhrchen selbst war zu einem, wohl 1''' weiten Tubus ausgedehnt, in welchem man bei geeigneter Auseinanderhaltung der Wände bis in die Nähe der Thränensack-Mündung hineinsehen konnte; die umkleidende Schleimhaut war glatt, leicht geröthet, etwas nässend. Anfangs hatte ich einige Mühe, mit der Anel'schen Sonde in den Thränensack vorzudringen; weil die Mündung durch eine Ausbuchtung der Höhle nach oben verdrängt war, bald gelang es jedoch, auch das Ansatzrohr einer Anel'schen Spritze ohne irgend eine Gewalt einzuführen, und die gemachte Injection drang frei nach der Nase durch, ein Beweis, dass die früheren Hindernisse lediglich von den Knötchen herrührten.

Ich hielt den gemachten, das Thränenpünktchen erweiternden Conjunctivalschlitz wie nach der Bowman'schen Operation offen und introducirte in Abständen von 3 Tagen einen feinen Stift von mitigirtem Lapis infernalis lediglich in der Absicht, die an der Wand der Höhle herrschende Sekretion, welche wahrscheinlich auch ohnedem nach der Entfernung der Concretionen verschwunden wäre, zu beseitigen. Nur zweimal wurde diese leichte Aetzung wiederholt, alsdann zeigte die Höhle ein normales Ansehn. Ich habe das Kind noch

einige Wochen beobachtet, der Schlitz blieb, wie gewöhnlich offen, und alle Krankheitssymptome waren verschwunden.

### Einige aussergewöhnliche Verletzungen.

1) Ein Knabe wurde mir, ungefähr eine Stunde nachdem er mit der Spitze eines Regenschirmes einen heftigen Stoss ins Auge erhalten hatte, zugeführt. Ich hatte einige Mühe, das sehr stark gereizte, thränende Auge zu öffnen. — Die Cornea war unverletzt, aber am ganzen innern Theil des bulbus die Conjunctiva sammt dem subconjunctivalen Bindegewebe fetzenförmig von der sclera abgelöst. Diese letztere lag vollkommen weiss zu Tage und die Beobachtung, dass das Auge um Einiges divergirte, liess mich vermuthen, dass eine Ablösung oder ZerreiSSung der Sehne des musculus rectus internus stattgefunden habe. Wie gross aber war mein Erstaunen, als ich mit einer Pincette die Conjunctivalfetzen von der Gegend der Muskel-Insertion etwas hinwegschob, und diese letztere wie nach der gelungensten Schieloperation vollkommen frei präparirt, die bekannte vertikale Leiste bildend, fand. Ich wollte mich nun auch überzeugen, ob die Lostrennung vollständig sei. Der eingeführte Haken erwies, dass ein dünnes Bündel der Sehne, und zwar das oberste, noch anhaftete. Die Beweglichkeit nach innen war gegen das gesunde Auge um  $1\frac{1}{4}''$  bis  $1\frac{1}{2}''$  beschränkt. Der Stoss musste von aussen nach innen ungefähr parallel mit der Oberfläche des bulbus gewirkt haben, auch war die Spitze des Schirmes weit in das subconjunctivale Gewebe vorgedrungen, wie es aus der beinahe bis zum Aequator reichenden Verwüstung und der Gegenwart zahlreicher Schmutztheile in demselben sich ergab. Letz-

tere mussten aus der Vertiefung mit dem Daviel'schen Löffel ausgegraben werden\*).

Die Sache verlief vollkommen günstig. Wäre die Sehne vollständig abgelöst und das Auge nach innen vollkommen unbeweglich gewesen, so hätte ich, um eine spätere Fadenoperation zu sparen, durch eine Naht das zurückgewichene Muskellager gegen die Hornhaut hin geheftet. Doch wäre dies bei dem obwaltenden heftigen Reizzustande selbst dann für den Augenblick kaum rätlich, sondern offenbar auf einige Tage zu verschieben gewesen; da nun vollends die Ablösung nur unvollständig und die Beweglichkeit nur wenig beschränkt war, so glaubte ich die Sache der Natur überlassen und mir selbst die Beobachtung vorbehalten zu dürfen, in wie weit der Drang nach Einfachsehen wohl eine günstige Anheilung der Sehne nach vorn vermitteln würde. Die Entzündung verlor sich nach einigen Tagen, nachdem ein Theil der abgelösten Conjunctivalfetzen nekrotisch abgestossen worden. Nach acht Tagen war freilich bei gedankenlosem Blick noch einige Divergenz vorhanden, aber beim Fixiren konnte der Patient bereits die gekreuzten Doppelbilder in einander bringen. Nach 3 Wochen zeigte sich der Stand der Augen unter allen Verhältnissen des Sehens vollkommen normal.

---

\*) Bei derlei seltsamen Zufällen können wir die wunderliche Idee an eine willkürliche Nachahmung zuweilen nicht abhalten. In welche grausame Verlegenheit würden wir aber bei der Aufgabe kommen, unsere Schieloperation, ohne cornea oder bulbus zu verletzen, mit der Spitze eines Regenschirmes zu vollführen. Hätte nur Patient vor der Verletzung konvergierend geschielt, und wäre durch dieselbe von seinem Uebel befreit worden, so hätte er ein würdiges Pendant zu jenen Staarkranken gebildet, welche durch Unfälle oder Misshandlungen plötzlich sehend werden, oder auch zu jener Kranken mit hydrops ovarii, die nach vielen vergeblichen Bemühungen Seitens der Aerzte endlich durch einen Fall von der Treppe gonass.

2) Als ein anderes Kuriosum führe ich hier einen Mann an, der zehn Tage nach einer Verletzung sich zu mir begab, und erzählte, es sei ihm beim Zerspringen einer Flasche ein Glasscherben an das Auge geflogen, zwar sei derselbe nirgends eingedrungen, sondern abgeprallt, aber doch habe er einen lästigen Druck und Reiz seither nicht verloren. — Bei der Untersuchung fand ich das untere Augenlid geschwellt, zum Theil ecchymosirt, das Abziehen desselben verursachte stechenden Schmerz. Die conjunctiva war an der untern Uebergangsfalte und den benachbarten Theilen stark blutig suffundirt, und zeigte mehrere unregelmässige Wunden, aus deren einer bereits die Spitze eines länglichen Glassplitters hervorsah. Dieser Splitter hatte eine Länge von beinahe 1", eine Breite von 2"', war ausserordentlich scharf und lagerte im subcutanen Bindegewebe ungefähr parallel dem untern Orbitalrande. — Als ich nun mit der Sonde die Wunde nach allen Seiten hin untersuchte, stiess ich weiter auf einen zweiten Splitter, ungefähr 8"' lang und 1½"' breit, der im subconjunctivalen Bindegewebe selbst sass und sich mit einer concaven Fläche der äussern untern Peripherie des bulbus anschloss. Es wäre derselbe auch von aussen durch die Conjunctiva sichtbar gewesen, hätte ihn nicht eine Ecchymose verhüllt. — Die Verheilung ging ohne Zwischenzufälle in kurzer Zeit von statten.

Lehrreicher scheinen mir folgende zwei Fälle von Entfernung fremder Körper aus dem Linsensystem und aus dem Fettzellgewebe der Orbita.

3) Ein Handwerker hatte einen Metallspahn in das rechte Auge bekommen; es war seitdem ein leichter Reizzustand desselben zurückgeblieben, und schon Tags darauf hatte das Sehvermögen sich getrübt. Als er zu mir kam, ungefähr 1½ Wochen nach dem Zufall, war eine hochgediehene, cataraktöse Trübung vorhanden.

Bei genauer Untersuchung der Hornhaut fand ich dem unteren-inneren Pupillarrande gegenüber eine sehr feine Narbe, wohl kaum eine halbe Linie lang und von unbestimmbar kleiner Breite. Da so feine Körper niemals durch Contusion des Auges Cataract bewirken, so lag schon deshalb die Vermuthung nahe, dass der Metallspahn in das Innere des Auges eingedrungen sei; als nun für die nähere Bestimmung die Pupille erweitert und die vordere Kapselgegend bei schiefer Beleuchtung untersucht wurde, fand sich eine deutliche Continuitätstrennung in der letzteren; die circa 1<sup>''</sup> lange,  $\frac{1}{2}$ <sup>''</sup> breite Kapselwunde, durch welche bereits einige gelockerte Corticaltheile sich in den humor aqueus hervordrängten, war nicht der früher angegebenen Hornhautwunde gegenüber, sondern ziemlich im Centrum der Pupille gelegen. Nothwendig musste, wenn beide Wunden durch das Eindringen desselben Körpers hervorgeufen waren, dieser letztere von innen und unten nach aussen und oben gegangen sein. Demgemäss wurde die weitere Aufmerksamkeit besonders auf den äusseren oberen Theil der Linse gerichtet. Die vorgerückte Trübung war zum Glück noch durchscheinend genug, um einen Einblick bis in die hinteren Corticalmassen zu gestatten: Der fremde Körper, ein schmaler Metallsplitter von ca.  $\frac{2}{3}$ <sup>''</sup> Länge, wurde in der hinteren Corticalsubstanz, ungefähr dem äusseren Rande der erweiterten Pupille gegenüber, entdeckt.

Die Aufgabe der Therapie war hier eine doppelte:

- 1) Beseitigung des traumatischen Staars,
- 2) Entfernung des fremden Körpers.

Letztere Indication scheint mir entschieden gerechtfertigt zu sein, denn auf den glücklichen Zufall, dass fremde ins innere Auge eingedrungene Körper durch Einkapselung indifferent werden, dürfen wir niemals rechnen; es ist vielmehr der gewöhnliche Hergang der, dass chronische Entzündungen der inneren Membranen entweder kontinuierlich,



oder sich periodisch (bei entsprechenden Gelegenheitsursachen) steigernd, zur Aufhebung des Sehvermögens führen. Ich gebe zu, dass diese Regel für fremde Körper, die in der Iris oder im Linsensystem sitzen, häufiger Ausnahmen erleidet als für den Sitz in tieferen Gebilden, aber es wird in Erwägung sämtlicher Thatsachen doch immer ein richtiger Grundsatz bleiben, den fremden Körper, wo er irgend zugänglich ist, aus dem Auge zu entfernen, so wie er einmal den geringsten inneren Reizzustand hervorbringt.

Am einfachsten wären diese beiden Aufgaben durch die Extraction des Linsensystems gelöst worden, jedoch war die Cataract zu unreif, um nicht erhebliche Gefahren sowohl von der Lappenextraction, als auch von der Linearextraction fürchten zu lassen, ausserdem war es noch zweifelhaft, ob bei einer solchen Extraction sich der kleine fremde Körper nicht am Pupillarrand oder der hintern Fläche der Iris abstreifen und dann aller Wahrscheinlichkeit nach einen deletären Ausgang bedingen würde. — Ich fasste deshalb einen andern Heilplan. Die ohnehin für eine rasche Linsenresorption etwas zu kleine Kapselwunde sollte mit einer Discisions-Nadel etwas erweitert und durch Leitung dieser Nadel in Richtung des fremden Körpers die Imbibition der dorthin gelagerten Linsentheile möglichst beschleunigt werden; der fremde Körper musste seiner Schwere wegen bei zunehmender Imbibition sich senken, und ich hoffte, dass er bei seiner Verschiebung gegen die Kapselwunde, oder bei seinem Austritt durch dieselbe in den humor aqueus für eine sichere Entfernung zugänglich werden würde. Dies ereignete sich nun in der That, wie ich es erwartet, die Lockerung der vorderen Linsenpartie nahm mehr und mehr zu, und es traten immer mehr Linsenflocken in den humor aqueus aus. Ungefähr 14 Tage nach der Operation lag der fremde Körper schon dem oberen Rande der Kapselwunde gegenüber und nicht mehr in den hinteren, sondern in den mitt-

leren Theilen des Linsensystems, eine Woche später trat derselbe von imbibirten Corticalmassen umschlossen in die vordere Kammer aus. Ich glaubte nun mit der Entfernung nicht länger zögern zu dürfen, denn es stand zu erwarten, dass sich das Metallstück in der vorderen Kammer senken und wie gewöhnlich in den Winkel zwischen Iris und Cornea niederlassen würde. Wie schwer aber die Entfernung fremder Körper aus diesem Orte ist, wird mir ein jeder Praktiker, der sich damit abgemüht, zugeben; es ist meist unmöglich, an der Iris haftende, sehr kleine Metallspähne zu extrahiren, ohne die nach ausgeflossenem Humor aqueus eng anschliessende Irisfalte mit zu ergreifen\*). Um solchen Schwierigkeiten vorzubeugen, wurde die erwähnte schwebende Stellung des fremden Körpers in der vorderen Kammer benutzt, und stand ich um so weniger an, zu operiren, als jetzt die fortgeschrittene Imbibition des Staars für eine lineare Extraction ausreichend erschien. Das Lanzenmesser wurde unter die den fremden Körper enthaltenden, sich blähenden Corticaltheile geführt und schon beim Ausziehen des Instruments entwichen diese letzteren sammt dem Metallspahn. Die Extraction der übrigen Linse durch den linearen Schnitt geschah sofort auf die früher (Archiv für Ophthalmologie. Band I. 2 pag. 278), angegebene Weise, und der Kranke konnte am sechsten

\*) Nicht selten habe ich in dieser Erfahrung absichtlich ein Colobom gemacht, um wenigstens des fremden Körpers auf dem sichersten Wege habhaft zu werden, und würde ich dies Verfahren langwierigen Extractionsversuchen des Körpers ohne Iris, selbst wenn sie endlich glückten, deshalb vorziehen, weil durch die iridec-tomie am sichersten der Entstehung von iritis oder der Zunahme einer vorhandenen vorgebeugt wird, während von jenen Versuchen ein Umgekehrtes gilt. Die Ausschneidung einer kleinen Irisfalte giebt für das Sehvermögen höchst unerhebliche Nachtheile, welche den Gefahren einer unter solchen Verhältnissen um sich greifenden iritis nicht an die Seite gestellt werden können.

Tage die Klinik verlassen und 1½ Wochen später aus jeder ärztlichen Behandlung mit vollkommen entsprechendem Sehvermögen austreten.

Es scheint mir das befolgte Verfahren, kleine in der Linse sitzende Körper, wenn deren Entfernung überhaupt angezeigt ist, zugänglich zu machen, vielleicht einer allgemeinen Beachtung würdig zu sein.

4) Ein Kind (von 5 bis 6 Jahren) wurde mir acht Tage nach einer stattgehabten Verletzung mit einem Zündhütchen zugeführt. Dicht unter dem Augenbrauenbogen, und zwar wenige Linien von dessen Nasalende, befand sich eine unscheinbare, mit kleinen Krusten bedeckte Hautwunde. Hier sollte das Zündhütchen gegengeschlagen und abgeprallt sein. Das obere Augenlid war entzündlich angeschwollen, Haut und subkutanes Bindegewebe nahmen an der Entzündung nur geringen Antheil, aber eine Infiltration der tieferen Gebilde ging aus der teigigen, beim Eindrücken des Fingers an Resistenz zunehmenden Beschaffenheit der Geschwulst hervor. Es war ferner absolute Unbeweglichkeit des herabgesunkenen oberen Lides vorhanden. Dies entsprach dem Grade von Gewichtszunahme eben dieses Lides nicht; sieht man doch selbst bei grösster Geschwulst meist noch eine gewisse Contractions-Tendenz des Hebemuskels, wenn auch der Zusammenziehung durch die Last eine niedrige Grenze gesetzt wird. Eine solche Tendenz, die sich äusserlich durch ein stossweises zuckendes Anziehen der Falten kund giebt, fehlte hier vollkommen; es war somit eine paralytische Ptosis anzunehmen, und mit der tieferen Infiltration in Verbindung zu bringen. Hierzu kam, dass auch die Augenmuskelhätigkeit nach verschiedenen Seiten hin, besonders nach oben, um Einiges behindert und der Bulbus wohl um 2''' prominenter war.

Dies alles liess über eine Abscedirung im oberen

Theil des orbitalen Fettzellgewebes keinen Zweifel, und diese konnte wieder unter obwaltenden Verhältnissen kaum auf etwas anderes, als auf einen eingedrungenen fremden Körper bezogen werden. Derartige Abscedirungen sind wegen der Gefahr hinzutretender Caries des oberen Orbitaldachs ausserordentlich gefährlich, und man muss mit der Entfernung des Eiters resp. des eingedrungenen Körpers keinen Augenblick zögern. — Die an der Hautwunde haftenden Borken wurden sorgfältig entfernt, und nun die Wunde mit einem feinen Stilet vorsichtig sondirt. Es ging von ihr ein Kanal nach aussen und hinten zwischen dem oberen Orbitaldach und dem Bulbus in die Tiefe. Als ich in demselben circa  $\frac{3}{4}$ '' vorgedrungen, kam ein ziemlich beträchtliches Quantum mässig dicken Eiters herausgeflossen. Ich glaubte mich bei fortgesetzter Untersuchung von einem verdächtigen Widerstand an der einen Seite zu überzeugen, nur war es sehr schwer, durch das Tastgefühl eine Ueberzeugung zu gewinnen, weil die Weichgebilde die Sonde eng umschlossen, und so die genauere Beurtheilung der Betastung äusserst erschwerten. Eine Entfernung, so dringend sie war, schien auf diese Weise nicht möglich, und sah ich mich deshalb genöthigt, unter Leitung einer Sonde ein schmales geknöpftes Messer in den Kanal einzuführen, und denselben gegen die Schläfe hin zu erweitern, wodurch unter den bestehenden Verhältnissen der musc. Levator noch in keiner Weise gefährdet wurde. Nachdem die geringe Blutung einigermaßen gestillt, konnte nun eine dickere Sonde bis in den tiefsten Theil ohne Mühe eingeführt werden, und fand ich an der einen Stelle, es mochte einige Linien hinter und nur wenig über dem höchsten Punkt des Bulbus sein, einen deutlich metallischen Widerstand. Mit dem einfachen Knopf eines Myrthenblattes gelang es, den von Eiter umspülten fremden Körper nach der

Wunde hinzubringen, und es wurde der Deckeltheil des Zündhütchens (wohl die grössere Hälfte) als das Corpus delicti entfernt. Die Heilung ging rasch von Statuten, und die Besorgniss, dass die noch einige Tage nach der Operation fortdauernde Ptosis zurückbleiben möchte, war ebenfalls nach drei Wochen verschwunden, zu welcher Zeit das betroffene Auge bis auf die unscheinbare Narbe im Lide vollkommen normal erschien.

5) Zu den traurigsten Verletzungen, welche uns in der ophthalmologischen Praxis begegnen, gehören offenbar die Verbrennungen des Auges mit im Löschen begriffenem Kalk. Die Einwirkung dieser Substanz auf das Gewebe der cornea und conjunctiva ist eine im höchsten Grade deletäre, und die späteren Veränderungen fallen immer ungünstiger aus, als man es aus dem ursprünglichen Ansehen schliessen möchte. Nur wenn die weisse opake Färbung, welche die Hornhaut direct chemisch erhält, sehr oberflächlich und deshalb durchscheinend wie ein leichter Schleier ist; kommt es bei der hier unvermeidlichen Abscedirung zu einem leidlich günstigen Abstossungsprocess, doch wird die Narbe selbst dann trüber, als sonst unter ähnlichen Verhältnissen, und es bleibt langwierige Reizung des Auges zurück. Wenn dagegen die Hornhaut unmittelbar nach dem Eingriff eine diffus- weisse Opacität zeigt, die dem Auge ein eigenthümlich starres, todes Aussehen verleiht, und wenn — dies scheint mir prognostisch wichtig — dieselbe bei der Berührung unempfindlich, etwas härter\*) und ohne Elasticität ist, dann

---

\*) Ein directes Weich- oder Matschigwerden der Hornhaut habe ich in einer Reihe von 6 oder 7 Fällen nicht finden können. In den höchsten Graden der Verbrennung gab ihre Oberfläche vielmehr eine höhere Resistenz; man hätte auf Grund derselben und der verringerten Elasticität glauben können, dass sich eine Kalkkruste auf der Oberfläche oder unter dem Epithel befände, doch bewies die Ab-

kann man annehmen, dass es trotz aller Fürsorge zu einer vollständigen Necrose der cornea kommt. Es bleibt dies richtig, selbst wenn die ursprüngliche Trübung noch leicht genug ist, um die Pupillargrenzen mit Deutlichkeit zu sehen, und dem Betroffenen gröbere Gesichtswahrnehmungen zu gestatten. Ich habe diesen traurigen Ausgang leider wiederholentlich beobachtet und die ursprünglich gefassten Hoffnungen successive zu Schanden werden sehen. In der weissen gleichmässigen Opacität differenziren sich (nach 2 — 5 Tagen) unter Eintritt von Erweichung allmählig gelbliche verschieden vertheilte Wolken, welche bald deutliche Abscedirungen darstellen; die über denselben liegenden Hornhauttheile werden abgestossen, und es verdünnt sich die Hornhaut immer mehr und mehr. Endlich, wenn nur eine feine Lage noch übrig ist, bekommt sie jenes aus zerstörenden Ulcerationsprocessen bes. bei Diphtheritis bekannte verrätherisch-durchsichtige Ansehen: die Iris scheint wie eine Blase von absoluter Transparenz hindurch. Kurz darauf stellt sich ausgebreitete Perforation ein. — Dass das Ganze durchaus die Abstossung einer nekrotischen cornea bedeutet, geht aus der bis zu Ende — d. h. bis in die tiefsten Schichten — sich erhaltenden Gefühlslosigkeit hervor\*). —

Vielleicht würde dieser Process doch zuweilen eine

---

schlängung des verhärteten Epithels, dass die Veränderung die Hornhautsubstanz betraf. — Im Uebrigen variirt die Konsistenz der Hornhaut nach dem Grade, in welchem der Kalk bereits gelöscht ist; und hierdurch mögen sich die abweichenden Angaben einiger Autoren erklären. Experimente an todtten und lebenden Thieraugen sind in dieser Beziehung sehr lehrreich.

\*) Die Prüfungen der Empfindlichkeit im Geschwürsgrunde geben für Hornhautprozesse manche interessante, bisher noch nicht genügend studirte Aufschlüsse. Es sind besonders die um sich greifenden Ulcerationen, welche sich durch beinahe vollständige Anaesthesie im Geschwürsgrunde auszeichnen.

günstigere Wendung nehmen, wenn nicht mit dem Eingriff in die cornea auch meist die conjunctiva im grössten Umfange zerstört wäre. Anfangs entwickeln sich im Conjunctivalsack dicke weisse Schwarten, die sich aber nicht etwa frei von der Oberfläche abziehen lassen, sondern mit derselben eng verbunden, zum Theil auch das nekrotische, sich imbibirende Gewebe der Schleimhaut selbst darstellen. In einer späteren Periode (8—14 Tage) kommt es zur wirklichen Ausscheidung faserstoffiger Membranen, welche den bulbus mit den Augenlidern verbinden, und die Grundlage zu den hier unvermeidlichen Verwachsungen abgeben. Diese Membranen, die sich jetzt abziehen lassen, werden übrigens nicht (wie bei einer croupösen Schleimhautkrankheit) von den Gefässen der verletzten Conjunctiva abgesondert, sondern sie zeigen sich grade da, wo die Conjunctiva abgestossen ist, und rühren von den darunter liegenden Theilen her. Die sclera, welche man zuweilen marmorweiss und mit den Muskel-Insertionen wie präparirt daliegen sieht\*), scheidet natürlich solche Membranen nicht aus, sondern dieselben stammen von der innern Fläche der Lider. Allmählig erlischt diese Bildung von Membranen, indem dieselben dünner werden, und sich unter ihnen ein wucherndes Gefässnetz und ziemlich harte Wundgranulationen entwickeln. Nichts vermag die bei der Vernarbung eintretende Verwachsung des Lids mit dem bulbus zu heben.

---

\*) So sah ich es neulich bei einem unglücklichen, siebenzehnjährigen jungen Menschen, der in Folge einer Kalkverbrennung beide Augen verlor. Als er am dritten Tage nach stattgehabter Verletzung in die Klinik gebracht wurde, war die Hornhaut beiderseits diffus-weis getrübt, aber doch noch durchscheinend genug, um die Grenzen der Pupille zu unterscheiden, und den Kranken Finger auf einige Fuss zählen zu lassen. Die Cornea war bei der Berührung noch härtlich und vollkommen unempfindlich, der Conjuncti-

In therapeutischer Beziehung kann ich, wie aus dem Angeführten hervorgeht, über die Kalkverbrennungen Nichts Erfreuliches sagen. Die hauptsächlichste ärztliche Wirksamkeit wird immer darin bestehen, kurz nach der Verbrennung das Auge auf das Sorgfältigste von zerstreuten Kalktheilen zu reinigen, deren meist noch zahlreiche in den Falten des Bindehautsackes stecken und durch die Anschwellung der nekrotischen Massen zurückgehalten werden. Chemische Antidota, z. B. das angerathene Bespülen des Auges mit verdünntem Essig, könnten zwar auf noch ungebundene Theile des Kalks Einfluss haben, doch werden diese besser mechanisch entfernt und mit Oel involvirt. Jedenfalls dürfte nur von einer einmaligen Anwendung die Rede sein, da der Essig das Auge heftig reizt. Einen Einfluss auf die eingetretenen Hornhautveränderungen haben diese Mittel in keiner Weise, wovon ich mich durch Experimente an Thieren überzeuge. — Die Hauptgefahr liegt nächst der Zerstörung der Hornhaut, gegen welche leider die Antiphlogose ziemlich ohnmächtig ist, in der

---

valsack mit weissen nekrotischen Schwarten angefüllt. Die Augen wurden von den zahlreichen, an der Bindehaut anhaftenden Kalktheilchen gereinigt, die Verwachsungen möglichst oft gelöst, fleissig Oel eingeträufelt und die strengste Antiphlogose angewendet. Trotzdem verlief, wie ich vorausgesehen, der Hornhautprozess in oben geschilderter Weise, und führte nach 10 Tagen unaufhaltsam zur beiderseitigen Zerstörung. — Die Schwarten im Bindehautsack wurden allmählig abgestossen, worauf die Sclerotica (8 — 14 Tage) in ihrem ganzen Umfange marmorweiss erschien. Sie veränderte dies Ansehen auch während 8 Tage in keiner Weise; erst dann (14 Tage) begann ein Granulationsprozess von dem die Muskelsehnen umkleidenden Zellgewebe, sich allmählig in die Interstitien ausdehnend. Während jener Zeit entwickelten sich an der inneren Fläche der Lider — die Conjunctiva war vollständig abgestossen — Faserstoffschichten, die man abziehen konnte, und dann allmählig harte Wundgranulationen, die trotz aller Fürsorge, Einlegen geölter Leinwandsläppchen und dergleichen zum Symblypharon totale führten.



Verwachsung der Lider mit dem bulbus. Sanfte Lösung der faserstoffigen Verlöthungen, häufige Einträufelungen von Oel und, sofern es vertragen wird, das Einlegen von beülten Läppchen scheinen entsprechend, sind aber in den meisten Fällen unwirksam, so dass es leicht zu einer gänzlichen Verwachsung des bulbus mit den Lidern kommt.

Weit günstigere Ausgänge als nach Kalkverbrennungen habe ich zweimal nach Verbrennung mit caustischem Kali gesehen. Es bildet sich hierbei eine ähnliche weisse Entfärbung der Cornea. In dem einen Fall bei einem Kinde, dem tinctura Kalina über beide Augen gelaufen war, fand ich die untere Hälfte der Cornea stark weiss, so dass von der untern Pupillarhälfte absolut nichts zu sehen war. Die Hornhaut hatte aber normale Empfindlichkeit behalten und die Conjunctiva war unverletzt. Bei Einträufelungen von Oel, Umschlägen mit kaltem Wasser trat eine vollkommene Lichtung der weissen Hornhautpartie und zwar ohne Ulcerationsprocess ein, nur in der Epitheliallage waren an einzelnen Stellen in der Mitte der Trübung kleine Substanzverluste.

---

#### Ophthalmoscopischer Befund bei einem Fall von Microphthalmus congenitus mit Colobom.

F. K., 9 $\frac{3}{4}$  Jahr alt, in seiner körperlichen Entwicklung etwas zurückgeblieben, geistig frisch, litt an beiderseitigem Microphthalmus congenitus. Die Augen waren vollkommen rund und in ihren Verhältnissen proportionirt. Das beiderseitige, ziemlich senkrecht nach

unten gerichtete Colobom ist seiner Form nach durch beifogende Figur versinnlicht (*r* bedeutet das rechte Auge, *l* das linke). Der Querdurchmesser des bulbus betrug beiderseits 7''' (bei einem Kinde von gleicher Grösse 10'''), der vertikale Durchmesser (samt den Lidern auf 10''' gemessen) wurde auf 8''' abgeschätzt.



Der Querdurchmesser der Hornhaut betrug rechts  $3\frac{3}{4}$ ''', links 4''', der Höhendurchmesser beiderseits  $4\frac{1}{2}$ '''. Der Querdurchmesser der Pupille (im Dunkeln beim Visiren auf der Hornhaut gemessen) betrug beiderseits 2''', der Höhendurchmesser (mit Einschluss des Coloboms) rechts  $2\frac{3}{4}$ ''', links  $2\frac{1}{2}$ '''. — Die Distanz vom äussern bis zum innern Augenwinkel (bei einem normalen Kind von ähnlicher Grösse 12''') jederseits 10''', wovon  $2\frac{1}{2}$ ''' auf den verhältnismässig grossen Raum vom untern Thränenpunkt bis zum innern Augenwinkel kamen. — Die Lidspalte wurde beim gewöhnlichen Sehakt nur um  $1\frac{3}{4}$ ''' (bei dem gesunden Kinde 3''') geöffnet, und nahm bei dem gewaltsamen Voneinanderziehen mit angelegtem Finger eine vertikale Oeffnung von 8''' an, wobei sich jedoch die horizontale Oeffnung von ihrer natürlichen Länge (10'''), so weit verkürzte, dass die gesammte Oeffnung eine beinahe kreisrunde Form annahm. — Die Distanz vom äussern Augenwinkel des rechten bis zum äussern Augenwinkel des linken betrug 34''', der Abstand beider innern Augenwinkel (verhältnismässig gross) 14'''.

Die Pupille war auf Lichteinfall vollkommen präcis-beweglich, wenn auch in geringer Exkursion, es verengerte sich hierbei der natürlichen Pupillaröffnung angehörige Kreis nach dem Colobom hin grade sowie eine natürliche Pupille, die, z. B. bei Schichtstaar, durch ein künstliches Colobom erweitert ist

Auffallend gut war das Sehvermögen des kleinen Patienten, welcher mit jedem Auge Schrift No. 4 (der Jaeger'schen Schriftproben) ohne Mühe lesen und auch noch feinere Schrift entziffern konnte.

Die ophthalmoscopische Untersuchung erwies in dem hintern Theil des Augengrundes beiderseits einen grossen Chorioidealdefekt nach, dessen seitliche Grenzen jedoch ausserordentlich verwaschen waren. Die helle glänzende sclera warf ihr ungeschwächtes Licht durch die Netzhaut hindurch, deren Gefässfiguren sich wie gewöhnlich auf so hellem Hintergrunde sehr scharf abzeichneten, der Opticus-Eintritt schien normal. Es kam nun besonders darauf an, zu entscheiden, ob dieser hintere Defekt in irgend einer nähern Beziehung zum Colobom stände, doch war es bei dem vorhandenen Nystagmus leider sehr schwer, hierüber die gewünschte Sicherheit zu gewinnen. Dass sich die den Defekt bezeichnende Figur nach unten weit mehr ausdehnte als nach den anderen Richtungen, ergab sich bald, ja es konnte ein breiter Ausläufer derselben von hinten an bis diesseits der untern Aequatorialgegend verfolgt werden. Noch mehr nach vorn wurden die Grenzen immer verwischer, und konnte ich so wenig als Dr. Liebreich, der den Knaben lange untersuchte, hierüber eine bestimmtere Ueberzeugung gewinnen.

Es ist bereits mehrfach nachgewiesen worden, dass ein hoher Grad von Microphthalmos doch ein leidliches Sehvermögen zulässt. Desmarres verrichtete die Corremorphose an einem ausgeprägten Microphthalmos mit Glück. Ich selbst habe Fälle gesehen, wo der bulbus kaum die Grösse einer Haselnuss hatte, und doch eine unverhältnissmässige gute Wahrnehmungsfähigkeit vorhanden war. Man schätzt übrigens der geringeren Lidöffnung wegen gewöhnlich die Dimensionen zu gering, weshalb ich die obige Anführung von Messungsergeb-

nissen nicht für überflüssig hielt. Colobom an und für sich stört die Sehschärfe gar nicht, so dass man, wenn Letztere gelitten, allemal auf Complicationen bedacht sein muss. — Trotz alledem schien mir der Fall theils des verhältnissmässig vortrefflichen Sehvermögens, theils des ophthalmoskopischen Befundes wegen der Mittheilung werth.

Von dem aus gehemmter Entwicklung herzuleitenden Microphthalmus ist übrigens derjenige wesentlich zu unterscheiden, der durch Erkrankungen während des Foetuslebens entsteht. Ich habe mehrmals angeborenen Pupillarverschluss durch Exsudate mit noch fortbestehenden Zeichen von iritis gesehen, und vermüthe sogar, dass Verwechslung dieser Prozesse mit zurückbleibender Pupillarmembran vorgefallen sind. Dass solche frühzeitige Erkrankungen nicht ohne Einfluss auf die Grössenentwicklung des Auges bleiben, ist wohl erklärlich, da ähnliche Folgen selbst nach Prozessen während der ersten Lebensperiode eintreten. Es ist schon genügend davor gewarnt worden, alle angeborenen Augenkrankheiten schlechthin als Entwicklungshemmungen zu betrachten; erfahrene Beobachter, wie Sichel, haben sich überzeugt, dass ein grosser Theil der bekannten Augenübel während des Foetuslebens vorkommt, und habe ich andern Orts hierzu einen Beitrag geliefert. Auch die als Hydrophthalmus congenitus, cornea globosa etc. beschriebenen Krankheiten gehören meines Erachtens in das Bereich der Pathologie des Foetus.

---

#### Notiz über die Lage der Ciliarfortsätze bei Ausdehnung der sclera.

Die seitliche Beleuchtung (siehe Liebreich. Ophthalmosk. Notizen. A. f. O. Bd. I. 2 S. 351) giebt uns ein Mittel an die Hand, die anatomischen Verhältnisse bei Scleral-Ausdehnungen während des Lebens zu

beurtheilen, und hat sich durch die Beobachtung mehrerer derartiger Fälle das Resultat herausgestellt, dass grosse Verschiedenheiten hierbei obwalten.

Ein gesunder junger Mensch von 20 Jahren, etwas kleiner Körperstatur, zeigte rechter Seits ein höchst merkwürdiges, nach Angabe seiner Eltern angeborenes Augenübel. Die ganze rechte Gesichtshälfte war in ihren Dimensionen kleiner, besonders der Oberkiefer niedriger und schmaler. Die rechte Orbita stand tiefer als die linke. Der bulbus war wenigstens um 4''' aus seiner natürlichen Lage hervorgedrängt, und schien dies durch ein teigiges, hier und da knotiges, im Orbitalraum angesammeltes Zellgewebe, welches sich auch noch in die stark gedunsenen Augenlieder hinein erstreckte, bewirkt zu sein. Die cornea, stark nach unten gerollt, zeigte nur eine sehr geringe Beweglichkeit. — Das Auge, vollkommen blind, war in seinem vordern Scleral-Abschnitt um die Hornhaut herum gleichmässig ausgedehnt, bläulich durchschimmernd. Hinter der normalen Hornhaut und einer ziemlich tiefen vorderen Kammer erschien eine schmale, bei den Bewegungen des Auges schlotternde Iris von vorwaltend schiefergrauer Färbung, in welcher tiefbraune Flecke unregelmässig zerstreut lagen. Das Gewebe derselben war verwischt, des normalen Glanzes verlustig. Auch bei Pupillarcontraktion im linken gesunden Auge blieb die weite Pupille des rechten vollkommen starr. Durch diese hindurch sah man zunächst auf eine grosse, gelbweisse, beinahe glänzende Scheibe, welche ihrer Form und Grösse nach wohl an die Linse erinnerte, aber von der Irisfläche so weit abstand, dass das Urtheil beim ersten Anblick schwankend sein musste. Es hätte recht wohl eine durchsichtige Linse von normaler Dicke zwischen der Pupille und der Oberfläche dieser Scheibe liegen können. Als aber

die gewohnten Reflexexperimente angestellt wurden, fehlte eine jede vor der gelben Scheibe liegende Fläche, und bei seitlicher Beleuchtung zeigte sich den Formen nach die vollständigste Uebereinstimmung der Scheibe mit dem allenfalls um Einiges verkleinerten Krystallkörper; noch mehr, man sah an der Peripherie der Scheibe eine feinfaltige, an verschiedenen Stellen durchbrochene oder lückenhafte Membran von beinahe untadelhafter Transparenz. Dieselbe spannte sich halbkrausenförmig nach dem Aequator bulbi hin, und konnte für nichts Anderes als die Zonula Zinnii gehalten werden. Auf der Oberfläche derselben zeigten sich nicht die geringsten Spuren einer Pigmentirung und es erschien nun besonders wichtig, die Lage des corpus ciliare genau zu bestimmen. Liess man den Patienten stark nach der entgegengesetzten Seite sehen, so konnte man die Iris in äusserster Verkürzung oder selbst im Profil zu Gesicht bekommen, und es guckten bei dieser Haltung hinter dem innern Pupillenrand und sich demselben eng anschliessend die Firsten der Ciliarfortsätze in der bekannten gezackten Figur hervor. Es lagen dieselben ganz in normaler Weise hart am grössten Kreise der Regenbogenhaut, und das corpus ciliare hatte seine Stellung im Verhältniss zur Cornea-Gränze nicht verloren, haftete vielmehr der ausgedehnten Scleralpartie an. Zwischen dem corpus ciliare und der Zonula Zinnii war ein weiter Raum, ebenso tief, als die durch Abdrängung des verkalkten Linsensystems gebildete hintere Kammer. — Es dürfte dieser Fall von Scleral-Ausdehnung als Beleg für eine Ablösung der Zonula von den Ciliarfortsätzen und Rückwärts-Drängung des Linsensystems relativ zur Pupille allerdings zu den seltensten gehören. — Durch die durchscheinende Zonula, sowie durch deren oben erwähnte Lücken sah man in den Augenhintergrund, welcher, röthlich-gelb,

mit einzelnen rothen Streifen, aber ohne deutliche Gefässfiguren und ohne Fluctuation erschien. Am wahrscheinlichsten war es anzunehmen, dass die Netzhaut durch ein (früher flüssiges) Exsudat von der Chorioidea abgelöst und durch allmähliche Metamorphosen die Textur der ersteren unkenntlich geworden war.

2. Fräulein J. W., 19 Jahr alt, litt seit unbestimmter Zeit (nach Aussage der Eltern seit den ersten Kinderjahren) an einer Verbildung des linken Auges. Man sah um die Hornhaut herum, vorwaltend um den innern untern Theil derselben, jene bekannte, bläulich durchscheinende, wurstförmige Scleralausdehnung, ungefähr von  $2\frac{1}{2}$ ''' bis 3''' breit, durch mehrere radiale Einschnürungen in grössere Vorbuchtungen abgetheilt. Dieselbe schloss sich beinahe hart der Hornhautgrenze an.

Die iris zeigte keine wesentlichen Veränderungen; dicht hinter der erweiterten Pupille lag der normaldurchsichtige Linsenkörper. Auf dem glänzend grünen Augenhintergrunde zeichneten sich sehr scharf die Netzhautgefässe, waren aber dunkler, beinahe schwarz, gewunden, verschmälert, mit einem Wort, so wie man sie nach alten Netzhautablösungen vorfindet. Zwar konnte ein Fluktuiren der Membran nirgends gesehen werden, und es schienen die einzelnen Theile in einer gleichmässig gehöhlten Fläche zu liegen, aber doch musste aus den früheren Kriterien und aus dem Mangel jedes sichtbaren Chorioidalgewebes geschlossen werden, dass ein Exsudat die Netzhaut von der Chorioidea trenne. Das Auge war vollkommen blind.

Bei der seitlichen Beleuchtung wurde die Aufmerksamkeit vorwaltend auf die Lage des corpus ciliare im Verhältniss zu der wurstförmigen Ausdehnung gerichtet. Es mussten die Beobachtungen, da das Urtheil durch die starke Verkürzung der Theile sehr erschwert war, längere Zeit fortgesetzt werden und gestalteten sich

schliesslich folgenderweise: Liess man mässig nach innen sehen, so gelangte das durch die Pupille eingedrungen convergente Licht bei geeigneter Haltung des Convexglases ungefähr auf die Aequatorialgegend. Richtete nun die Patientin den Blick immer mehr nach innen, so fiel der Zielpunkt der Beleuchtung auf der sclera auch immer mehr nach vorn vom Aequator, und gelangte bald in den ausgedehnten Scleral-Theil hinein. Es markirte sich Letzteres durch einen plötzlichen Wechsel der Färbung, sofern nämlich die ectatische Parthie von Chorioidea beinahe gänzlich entblösst war, wart sie glänzend weisses Licht durch die Pupille zurück. Der veränderten Brechungsverhältnisse wegen traten auch die Détails auf der Innenfläche der fraglichen Partie weit schärfer als auf den hinteren Partien hervor, dennoch wurden auch die letzteren genügend scharf gesehen, um über das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Ciliarfortsätzen in denselben zu urtheilen. Es zeigte sich bei diesem Wandern der Beleuchtung vom Aequator bulbi bis an den hinteren Theil der Scleralbucht, dass sich hier nicht die mindesten Andeutungen von Ciliarfortsätzen befänden. Wurde nun das Auge noch mehr nach innen gerichtet, so erschien auch ein immer grösserer Theil der weissen Scleralbucht. Bei fortschreitender Drehung wechselte aber die Figur wieder und zwar ziemlich plötzlich: neben dem (wegen zunehmender Schiefheit des Lichteinfalls) immer mehr hervortretenden Linsenrande erschienen in einem Abstände von ungefähr  $\frac{3}{4}$  die Firsten der Ciliarfortsätze, welche ein durchaus normales Ansehen hatten, und den gewohnten mit dem Linsenäquator concentrischen Kranz bildeten. Abnorm war es nur, dass sich dieser Kranz in grösserem Abstände vom Linsenrande befand; beide wurden durch die sehr schön sichtbaren Falten der zonula Zinnii von einander



getrennt, auf welchen hier und da einiges Pigment haftete. — (Es schien so, als wären die Ciliarfortsätze gewissermassen auf der Zonula nach aussen, d. h. von der Linse abgeglitten, und mochte dies durch die Ausdehnung der anliegenden Scleralparthie bedingt sein; vielleicht wäre bei fortschreitendem Uebel, wie in dem vorerwähnten Fall, Ablösung der Ciliarfortsätze von der Zonula eingetreten). — Anfangs konnte man bei dieser Configuration der Objekte, theils durch den Zwischenraum zwischen Linsenrand und Ciliarfortsätze, also durch die Zonula, theils durch den peripherischen Linsenthail hindurch, — welcher letztere bei den früheren Stellungen allein den Durchblick vermittelt hatte — noch einen schmalen Saum des ausgebuchteten Sclerathails sehen, je mehr aber die Seitenwendung des Auges zunahm, desto mehr traten die Ciliarfirsten hervor, desto mehr verkürzte sich der Raum zwischen ihnen und dem Linsenrand, und desto weniger Licht liess des immer schieferen Auffallens wegen der Randtheil der Linse hindurch. Darum verschwand auch der Augenhintergrund vollständig, und man sah nur die vorderen Theile. Es ging schon aus diesen Beobachtungen hervor, dass sich die Ciliarfirsten vor der Scleralausbuchtung dicht hinter der Hornhautgrenze befänden, doch wurden die Verhältnisse vollends klar, wenn die Innenwendung des Auges ihren höchsten Grad erreichte. Alsdann sah man die Fortsätze gerade im Profil, und blickte zum Theil in den Winkel hinein, welchen dieselben mit der hintern Irisfläche bilden: bräunliche Streifen konnten von den Fortsätzen unzweifelhaft in die Hinterfläche der Iris verfolgt werden, und es war kein Zweifel, dass das gewöhnliche Contiguitaets-Verhältniss zwischen der Corona ciliaris und der Iris in normaler Weise fortbestände.

Unterstützend war hier auch die Besichtigung der

durch seitliche Beleuchtung erhellten Sclerotica von aussen her; namentlich an der verdünnten Partie war die Sclerotica so durchscheinend, dass man für die stärkstbeleuchteten Theile selbst feinere Details, wie die Vertheilung der Pigmenthäufchen an der Innenfläche, sehen konnte. In den hinteren Theilen der Ausdehnung war Nichts, als radiäre etwas pigmentirte Streifen zu sehen, welche wohl dem verdünnten flachen Theil des Corpus ciliare entsprechen mochten; wurde aber der vorderste Theil der Ausbuchtung erhellt, so erschien dicht an der Hornhautgrenze eine dunkle Zone, der Lage der Ciliarforstseite entsprechend. Auch noch hinter der ausgedehnten Scleralpartie war die Sclera so stark durchschimmernd, dass man hier liegende Reste der Ciliarfortsätze nicht hätte verkennen können.

In dem anderen Auge der Patientin ergab sich eine, wie ich glaube, *acquisite Anomalie in der papilla noptici*; der mittlere Theil differenzirte sich durch eine etwas gelblichere Färbung gegen den Randtheil, und es sah im umgekehrten Bilde bei flüchtiger Beschauung so aus, als wenn dieser mittlere Theil eine mehrfach ausgebuchtete Prominenz bildete. Genauere Untersuchung zeigte, dass dies Ansehen trügerisch sei (Siehe oben Seite 140 Weber: Fall von partieller Hyperämie der Chorioidea), und dass wenigstens die Gefässe des mittleren Theils in einer ausgehöhlten Ebene lägen. Die funktionellen erst kürzlich aufgetretenen Störungen bestanden in unbedeutender Schwachsichtigkeit und einiger Beschränkung des Gesichtsfeldes. — Was übrigens die Formen des Opticus-Eintritts anbetrifft, so werden genaue Sektionen noch manche optische Täuschung nachzuweisen berufen sein; man wird in deren Beurtheilung immer vorsichtiger, je länger man untersucht; selbst beim Glaucom liegen die Gefässe in dem mittleren, scheinbar gewölbten Theil des Sehnerven dem beobachtenden Auge nicht näher, sondern entfernter als die in der Netzhautebene liegenden Gefässe, wie man es zum Beispiel durch die Zunahme der Deutlichkeit (im aufrechten Bilde) bei Wahl stärkerer Concavgläser erweisen kann.

Die Verschiebungen und Knickungen der Gefässenden, da wo die Stämme ihre frühere Ebene verlassen, bleiben analog, ob dieselben innerhalb des Opticus in eine dem Beobachter nähere (convexe) oder entferntere (concave) Ebene übergehen, und demnach bleibt auch das hierüber (Archiv f. O. Bd. I. p. 373) Gesagte richtig; dennoch nehme ich im Hinweis auf eine detaillirtere Mittheilung gern diese Gelegenheit zur Correction früherer Beobachtungen wahr, und begnüge mich vorläufig damit, gegen die von den anderen Beobachtern, wie von mir angenommene gewölbte Form der Papille bei Glaucom Bedenken auszusprechen.

Die vorliegenden Fälle führe ich nicht etwa als gegensätzlich zu früheren Sektionsbefunden (Arlt) über Staphyloma corporis ciliaris an, sondern nur, weil sie den Beweis von der Verschiedenartigkeit der Verhältnisse liefern. Ich selbst habe mich bei Abtragungen von solchen Staphylomen wiederholentlich überzeugt, dass zuweilen die Ausdehnung gerade von dem Grenztheil der sclera gegen die cornea (Schlemmschen Canal, Stellwag) so ausgeht, dass die Ciliarfortsätze von der Corneagrenze abrücken, und der ganze ectatische Theil gewissermassen dazwischen eingeschoben ist (Arlt). — Bei einer Frau, die durch einen Stoss mit dem Horn einer Kuh auf dem rechten Auge erblindet und bei welcher neben einer Einstülpung der iris nach hinten (v. Ammon) Staphyloma sclerae entstanden war, trug ich das letztere, an der Aussenseite der Hornhaut sitzende ab, weil es den Lidschluss behinderte und heftige Schmerzen verursachte. Das excidirte Stück, welches hart bis zur Hornhautgrenze reichte, wurde genau untersucht, aber nicht eine Spur des Ciliar-Körpers darin gefunden. Es scheinen sich diese zwischen Corpus ciliare und Hornhaut intercallirten Ausbuchtungen auch dadurch zu markiren, dass die Grundfläche der Hornhaut zur Augenaxe in eine schiefe Lage

kommt, und die Hornhaut selbst nach der dem Staphylom entgegengesetzten Richtung gewendet und abgedacht erscheint. Es ist dies natürlich nur bei vorwaltend einseitiger Entwicklung des Staphyloms der Fall. — Einem Invaliden trug ich ein enormes Staphyloma sclerae an der äusseren und oberen Hornhautgrenze ab. Bei der Untersuchung fand ich im vordern Theil der Sclera anliegend nichts, als ein verdünntes Stroma (dem Chorioideal-Stroma ähnlich), im hinteren Theile aber lagen die sehr stark verlängerten und verbreiteten Ciliarfortsätze. Das ersterwähnte Stroma musste als eine Ausdehnung des Uebergangstheils zwischen Corpus ciliare und Iris betrachtet werden.

#### Fälle von spontanen Linsen-Dislokationen.

Ich würde es nicht wagen, bei der nun schon ziemlich grossen Zahl von derartigen Fällen, welche seit Sichels ersten Beobachtungen veröffentlicht wurden, abermals mit solchen hervorzutreten, wenn diese Mittheilungen nicht einen besonderen Zweck hätten, nämlich die Erblichkeit des besagten Zustandes nachzuweisen.

1) H. v. R. (ein sehr corpulenter, gesunder Mann von 50 Jahren) begab sich zu mir mit hochgradiger Sehschwäche des linken und excessiver Kurzsichtigkeit des rechten Auges. Schon die flüchtige Untersuchung des linken Auges erwies eine Dislocation der Linse; die vordere Kammer war auf der Nasenseite tiefer, als auf der Schläfenseite und die Iris schlotterte daselbst; es gelang auch bei gewöhnlicher Beleuchtung, wenn man recht schief von aussen nach innen in die ziemlich enge Pupille hinein sah, einen gewissen Unterschied in der Tünchung des innersten Pupillarsegments

relativ zum übrigen Pupillarraum zu entdecken. Dieses innerste Segment war nämlich schwärzer und jenes Linsenreflexes verlustig, welcher der Pupillarfärbung besonders im vorgerückterem Alter immer einen gewissen Grad von graulich-gelber Beimischung giebt, und dieselbe von der vollkommen schwarzen Farbe nach Cataract-Operation unterscheidet. Der Augenspiegel zeigte die Linse im innersten Theil der Pupille, der Linsenrand, war nach aussen und etwas nach unten dislocirt, in der Kapsel eingeschlossen und mässig getrübt. Wurde die Pupille erweitert, so erschien nun ein geräumigerer freier Theil nach innen von der getrühten Linse, und das Wahrnehmungsvermögen des stark amblyopischen Auges wurde um Einiges besser.

Auf der rechten Seite war eine ähnliche Dislokation der Linse, aber im ersten Beginn; nur dadurch zu erkennen, dass die vordere Kapselfläche nach innen zu ein wenig von der Pupille abstand und die Iris hier schlotterte. Der innere obere Linsenrand kam nur bei künstlicher Erweiterung der Pupille und auch dann noch unter der Iris, also beim schiefen Einblick, zum Vorschein. Die Verschiebung nach innen und unten mochte circa  $\frac{2}{8}$ ''' bis  $\frac{3}{4}$ ''' betragen. Im Uebrigen war die Linse schief zur Pupillarfläche gestellt — ein gemeinschaftlicher Befund beinahe aller dieser Fälle, was dadurch bedingt, dass der der Augenaxe zurückende Linsenrand nach hinten absteht, während der Diametral entgegengesetzte Linsentheil die Iris um Einiges in die vordere Kammer hervordrängt. Die Pupille war hier, wie bei den meisten betroffenen, nur unvollständig zu erweitern; die Linse, vollkommen klar, Glaskörper und Augenhintergrund normal; und liess die Sehschärfe bei excessiv myopischen Bau, der durch Concav 4 ziemlich gut corrigirt wurde, kaum etwas zu wünschen übrig. — Die Erkrankung des linksseitigen Augenhintergrun-

des mochte wohl ein accessorisches Uebel darstellen, wie auch die Sehschwäche auf diesem Auge in den letzten Jahren rasch zugenommen hatte. —

Die Tochter des Patienten, F. v. R., 15 Jahre alt, ein etwas bleiches, schmalgebautes, hüstelndes Mädchen (zur Zeit keine nachweisbare Lungentuberkulose) litt ebenfalls an spontaner Linsendislokation auf beiden Augen. Bei ihr war aber die rechtseitige Erkrankung weit hochgradiger als die linkseitige. Mehr lag die Linse nach aussen und unten verrückt, und zwar so bedeutend, dass deren Rand bereits im Gebiete der ziemlich engen Pupille war. Zonula Zinnii (oder Rudimente derselben) wurden an dem sichtbaren Randtheil vollkommen vermisst.

In einem anderen Falle von spontaner Luxation der Linse nach aussen, in welchem sekundär die Linse sich vollständig cataraktös getrübt hatte, erwies sich in dem analogen inneren Pupillarsegment nach eingeleiteter Mydriasis ein durchsichtiges unterbrochenes Häutchen, welches mit schmalen Fetzen an den Linsenrand anhaftete. Dasselbe kam noch schöner zu Tage, als ich eine künstliche Pupille nach innen anlegte. \*) Dies Häutchen, wel-

---

\*) Die Coremorphose scheint mir für derartige Fälle sehr vortheilhaft, da alle grösseren (Cataract-Operationen) an diesen zu inneren Entzündungsprozessen, Netzhautablösungen und dergleichen geneigten Augen sehr gefährlich sind, und solche nach innen excentrische Pupillen, wie es anderen Ortes (siehe Archiv f. O. Bd. I. 2 p. 243) hervorgehoben ist, ein sehr befriedigendes Sehvermögen gewähren. Auch die oben erwähnte Patientin konnte durch ihre Pupille Schrift No. 4 (der Jaeger'schen Leseproben) ohne Mühe lesen und Schrift No. 2 entziffern. Sehr vorsichtig muss jedoch unter obwaltenden Verhältnissen selbst die an sich so unverletzende Pupillenbildung gemacht, und besonders ein rasches Ausströmen des humor aqueus vermieden werden. Es steht ausserdem Vorfalle des verdünnten Glaskörpers zu gewärtigen, da die Pupille immer in dem linsenfremden Theil angelegt wird. Dennoch habe ich denselben unter mehren ähnlichen Fällen nur einmal bekommen, vielleicht weil ich immer in der Rückenlage operire, und auch in diesem einen Fall war das Quantum höchst unbedeutend.

ches vom Linsenrand nach dem Ciliarband herübergang, und sich an den Nachbartheilen der künstlichen Pupille auf die Hinterfläche der Iris zu verlieren schien, hatte jedoch keine hinreichend charakteristische Form, um es mit Sicherheit als Zonula anzusprechen. In den meisten Fällen von spontanen Linsendislokationen scheint es jedenfalls, dass die Zonula verkümmert, und dass dieses Verschwinden derselben neben der Glaskörpererweichung den eigentlichen Grund der Verschiebung abgibt. —

Obwohl das Ophthalmoskop alle brechenden Medien und den Augenhintergrund normal zeigte, so war dies Auge doch im hohen Grade schwachsichtig und konnte Patientin weder durch geeignete Brillen, noch durch stenopäische Lorgnetten befähigt werden, mit derselben mittlere Druckschrift zu lesen. Die Dislokation war so weit vorgerückt, dass Patientin sehr gut hätte doppelt sehen können, wie auch bei der ophthalmoscopischen Untersuchung der Augenhintergrund doppelt erschien (siehe A. f. O. Bd. 1 S. 345). Möglich, dass das Phänomen wegen der hochgradigen Schwachsichtigkeit nicht hervortrat. — Auf der linken Seite war die Linse im ersten Grade der Dislokation, und zwar nach innen und unten. Vor künstlicher Mydriasis wurde dieselbe nur auf Grund des rechtsseitigen Befundes und eines leichten Schlotterns, vorwaltend im obern äussern Theil des Iris, vermuthet.

Nach der Pupillarerweiterung aber zeigte sich der äussere obere Rand der Linse von seiner natürlichen Lage ca. um  $\frac{2}{3}$ “ der Augenaxe zugerückt, und von der Pupille um Einiges abstehend. Dies Auge war vollkommen sehkräftig, nur stark myopisch. Patientin konnte mässig grosse Druckschrift bis auf 6“, mit Concav 5 bis auf 10“, mit Concav 4 bis auf 14“, und mit Concav 3 bis auf 18“ lesen; feinste Schrift mit blosssem Auge auf  $4\frac{1}{2}$ “, mit Concav 4 auf 10“.

Unzweifelhaft können wir die erbliche Diathesis

nur auf die dem Phänomen zu Grunde liegende Beschaffenheit des Glaskörpers, vielleicht auf Fehlen oder unvollkommene Ausbildung der Zonula beziehen. Denn dass zwischen der Linsendislokation selbst bei verschiedenen Individuen einer Familie kein directer Zusammenhang besteht, geht meines Erachtens aus der verschiedenen Richtung der Verschiebung hervor, wie solche zum Beispiel für diesen Fall, und noch eclatanter für einen gleich zu beschreibenden stattfand. Auch dürfte es überhaupt schwer sein, da sich das Phänomen wenigstens zum Theil während des Lebens entwickelt, über einen solchen Hergang klare Anschauungen zu gewinnen, selbst wenn wir unsere Anforderungen so weit herabsetzen, als wir dies in dem dunklen Felde der erblichen Bildungsfehler bereits zu thun gewohnt sind. Für erbliche Anomalieen der Iris beobachten wir zuweilen, bei einer Reihe von befallenen Individuen, die minutiöseste Uebereinstimmung. Corectopia und Dyscoria congenita erweisen nicht selten in verschiedenen Generationen die congruentesten Charaktere, und bleiben gewöhnlich, wenn sie einseitig sind, auch auf derselben Seite\*). Verhält es sich nun mit den Linsendislokationen anders, so beruht dies wohl eben darauf, dass die Erscheinung selbst sich erst während des Lebens entwickelte oder modificirte. Es mag von Zufälligkeiten in den Augenbewegungen, äusseren Druckverhältnissen und derlei abhängen, ob die Verschiebung nach der einen oder andern Seite zu Stande kommt. Ist einmal

---

\*) Noch vor wenigen Wochen kam ein Mann zu mir, dessen Pupille eine Diagonale, von aussen und oben nach innen und unten durch die Iris verlaufende und in derselben bedeutend nach unten excentrische Ellipse, bildete. Bei dessen Tochter existirte auf dem nämlichen Auge ganz dieselbe Erkrankung, und es war gleichviel das Bild vom Vater oder von der Tochter abzunehmen. Das Sehvermögen erwies sich hierbei durchaus normal, eine accidentelle Augenentzündung trieb denselben Hülfe zu suchen.



die Ablenkung nach irgend einer Richtung eingeleitet, so scheint sich dieselbe im weiteren Verlaufe, wenigstens in den von mir beobachteten Fällen, nicht wesentlich zu verändern.

Ueber die nähere Natur der die Glaskörpererweichung mit sich führenden Diathese lässt sich zur Zeit nichts Positives sagen. Es ist weder eine constante Dyscrasie, noch auch in der Constitution der verschiedenen Betroffenen irgend ein durchgehender typus zu entdecken. Der Vater war zum Beispiel in diesem Falle ein kräftiger, ungemein corpulenter Mann, die Tochter schwächlich, schlecht genährt, vielleicht mit beginnender Tuberkulose behaftet.

2) Herr und Frau R. führten mir ihre beiden Kinder zu, einen zehnjährigen Knaben und ein Mädchen von  $1\frac{3}{4}$  Jahren. Die vier Augen dieser Kinder sind in Tafel II. versinnlicht.

Fig. III. stellt den Knaben, Fig. IV. das Mädchen, *a* jedesmal das rechte, *b* das linke Auge dar.

Die Eltern beider Kinder sind vollkommen gesund und zeigen in ihren Augen nicht die geringste Anomalie. Die beiden Kinder scheinen ebenfalls gesund, nur von etwas zarter Constitution. Das Mädchen ist noch nie erkrankt gewesen, der Knabe hat einmal die Masern und einigemal *impetigo capitis* durchgemacht.

Bei dem Knaben ist rechterseits die Pupille nach unten und etwas nach innen dislocirt, und bildet eine nach dieser Seite hin etwas spitzer ausgezogene elliptische Figur. Auf der linken Seite ist die Pupille ebenso geformt, aber nach oben und innen dislocirt. Die durchsichtigen Linsen sind auf beiden Augen in einer der Pupillendislocation entgegengesetzten Richtung verschoben, so dass deren Rand, ungefähr senkrecht zur Längsaxe der Pupille stehend, den Pupillarraum in zwei Theile scheidet. Der sphincter iridis scheint an

dem schmalen Theil der iris zu fehlen, denn es findet hier keine Contraction beim Lichteinfall statt; auch wird ein an den übrigen Theilen der Iris sehr schön ausgeprägter erhabener Fasern-Wulst ungefähr den Verlauf des sphincter bezeichnend, hier vermisst. Dieser Wulst, welcher in der Figur durch einen dunklen, den Pupillarrand umkreisenden Streifen angedeutet ist, zeigte sich schon bei gewöhnlicher, besonders aber bei seitlicher Beleuchtung auf der vorderen Irisfläche als entschieden erhaben. Gegen den schmalen Iristheil zu wird derselbe aber immer flacher und flacher, und läuft endlich innerhalb des letzteren zu einer weisslichen Linie aus, welche das in diesem Theile überhaupt mehr verstrichene (atrophische) Irigewebe gegen die Pupille säumt, und bei den Contractionen der letzteren einen fixen Punkt bildet, gegen welchen hin der übrige Pupillarumfang sich zusammenzieht, so dass bei zunehmender Lichtstärke immer schlankere, nach dem schmalen Iristheil hin zugespitzte Ellipsen entstehen. Die Einträufelung von Atropin hatte eine bedeutende Erweiterung der Pupille zur Folge, wobei sich dieselbe einer runden Form um Einiges annäherte, ohne jedoch dieselbe zu erreichen. Es war interessant zu sehen, dass auch der schmalere Iristheil sich hierbei verkürzte, wenn gleich die Verschmälerung desselben im Verhältniss zur Zurückziehung der übrigen Theile sehr klein ausfiel.

Im linken Auge ist übrigens die Verschiebung der Linse hochgradiger als im rechten, so dass Patient im ersteren ohne Linse sieht, wie es der Einfluss von Convexgläsern beweist. Mit dem rechten Auge sieht derselbe doppelt, zum Theil nämlich mit, zum Theil ohne Linse, und zwar verhalten sich die übereinander liegenden Bilder ganz in analoger Weise, wie es anderen Ortes (A. f. O. Bd. I. pag. 347) geschildert ist. Die ziemlich stark pigmentirte bräunliche

Iris schlotterte in ihrem ganzen Umfange, besonders aber an den seitlichen Theilen der Pupille stark. Auch hier stand der freie Linsenrand erheblich von der Pupillarfläche ab, während der gegenüberliegende Theil der vorderen Kammer durch die Schiefstellung der Linse etwas beengt war.

Die Beobachtung, dass nach künstlicher Pupillarerweiterung der seines sphincters beraubte Iristheil sich verschmälert, könnte ihrerseits als Beweisgrund — wenn es dessen noch bedürfte — dafür angeführt werden, dass mydriatica nicht bloss lähmend auf den sphincter, sondern Contraktionserregend auf den dilatator wirken. Dennoch muss man bei partieller Ausschneidung des sphincter über die Wirkung der zugehörigen Dilatatorfasern nur sehr vorsichtig urtheilen, weil die Iris ein Continuum bildet, und die Erweiterung des dem excidirten Theil benachbarten Irisabschnittes durch seitliche Zerrung verschmälern auf den zurückgelassenen Randtheil wirken kann, ohne dass dieser letztere sich auf irgend eine Weise activ bei dem Phaenomen betheiligt.

Das Sehvermögen war linkerseits vollkommen befriedigend, so dass Patient mit passendem Convexglas die feinste Schrift zu erkennen vermochte. Rechts war das Erkennen wahrscheinlich durch die Diplopie etwas behindert, doch konnte immer noch Nr. 3 (der Jägerschen Schriftproben) gelesen werden. Für gewöhnlich benutzte Patient für das Erkennen das durch die Linse fallende Licht, doch konnte das Verhältniss durch die Anwendung von Convexgläsern umgekehrt werden, wobei die Sehschärfe beträchtlich geringer blieb. Am allerbesten erkannte er, wenn man ihm eine stenopäische Brille so verhielt, dass der Lichtkegel durch die Krystalllinse fiel. Es zeigte sich alsdann der excessiv myopische, durch Concavgläser nicht vollkommen zu corrigirende Bau.

Myopie hohen Grades scheint niemals in hierher gehörigen Fällen zu fehlen; mitunter ist sie so hochgradig,

dass nach vollendeter Linsendislokation nur ein äusserst schwaches Convexglas erfordert wird. Ob der veränderte Brechzustand des Glaskörpers oder eine Formanomalie des bulbus, namentlich Verlängerung der Sehaxe, die Myopie bedingen, ist noch nicht ausgemacht. Die Verminderung des Brechungsindex allein, bei normalen Abständen und Krümmungen der brechenden Flächen, kann kaum zur Erklärung ausreichen, da sie die wahrscheinlichen Grenzen bedeutend überschreiten müsste. Eine Verlängerung der Sehaxe ist möglich, jedoch ergibt weder der ophthalmoscopische Befund, noch die äusseren Messungen bei seitlichster Wendung des Auges etwas, was für dieselbe argumentirt.

Auf beiden Augen ist von der Zonula Zinnii zwar jenseits der freien Linsenperipherie nichts Deutliches zu entdecken; es erscheint aber am Linsenrande selbst ein unregelmässiger, spinnwebenförmiger Belag gleichmässig angelagert, jedoch ohne irgend membranöse Fetzen und dergl. Besonders auffällig ist derselbe im rechten Auge, wo auch die Abgrenzung des Linsenkörpers nicht vollkommen rund, sondern wie eckig ist und den erwähnten Belag auf ihrer dunkler erscheinenden Kontour in Form radiärer kurzer Rippen trägt; diese haben etwas hellere Interstitien zwischen sich, und entsprechen ihrer Breite nach ungefähr den Falten der Zonula. Der Augenhintergrund ist normal, die Chorioidea im Verhältniss zur Iris etwas schwach pigmentirt.

Bei dem Mädchen ist die Iris lichtblau, die elliptische Pupille ist rechterseits nach unten und um ein Weniges nach aussen, auf dem linken Auge nach oben und etwas nach aussen dislocirt. Sie ist nach dem schmalen Irissaum etwas weniger ausgezogen, als bei dem Knaben. Die Verhältnisse bei der Pupillarcontraction und im Gefüge der Iris verhalten sich ganz so wie bei jenem. Die durchsichtigen Linsen sind hier nicht in Richtung der Längsaxe der Pupille dislocirt, sondern

in einer Richtung, welche zwischen der genannten und einer horizontalen intermediär ist. Demgemäss steht auch der Linsenrand nicht genau quer in der Pupille, sondern zwischen der Querrichtung und einer verticalen Durchschnittslinie der Iris intermediär. Im Uebrigen ist der Grad der Verschiebung auf beiden Augen gleich gross, erheblicher als auf dem rechten, aber geringer als auf dem linken Auge des Knaben. Die mehrerwähnte Schiefstellung ist ebenfalls ausgeprägt und das Schlottern der Iris gegen deren schmalen Randtheil und gegen die Seitentheile der Pupille am stärksten. Das Sehvermögen konnte bei dem Alter der kleinen Patientin nicht genau ermittelt werden. Jedenfalls fixirte sie Objecte richtig, und bot nicht den Eindruck einer hochgradigen Schwachsichtigkeit.

#### Fälle von Cysticercus im Innern des Auges.

Seit meiner letzten Publikation (A. f. O. Bd. I. 2 p. 326) sind abermals Kranke mit Cysticercus behaftet in meine Klinik gekommen, und muss ich in der Anhäufung dieser Fälle eine besonders glückliche Zufälligkeit sehen, da trotz der wachsenden Zahl ophthalmoskopischer Untersucher immer noch keine anderweitigen Beobachtungen bekannt gemacht wurden.

##### I. Cysticercus hinter (oder in) der Netzhaut.

Dorothea M., 58 Jahr alt, war vollkommen gesund gewesen (hatte auch nie an Bandwürmern gelitten). Sie will immer zwei gleich sehkräftige Augen gehabt haben, doch ist dies wenig verlässlich, da sie niemals die jederseitigen Organe für sich prüfte. — Vor 8 Wochen, nachdem sie einige Zeit vorher „an rheumatischem Kopfschmerz“ gelitten, verspürte sie einen inneren Druck im rechten Auge. Derselbe war anhaltend,

ohne Paroxysmen, behielt seinen Sitz im Innern des Auges und war nicht heftig genug, um den Schlaf zu stören. Auch etwas Röthung in den Augenwinkeln will Patientin zu jener Zeit bemerkt haben. Durch diese Symptome aufmerksam gemacht, schloss sie das linke Auge und bemerkte nun im Gesichtsfeld des rechten, fast genau in der Mitte, einen schwarzen Fleck und bedeutende Schwäche im Erkennen. Beides, der Fleck und die Sehschwäche, sollen schon damals, vor acht Wochen in derselben Entwicklung wie jetzt bestanden haben. Auch hatte sie zu jener Zeit lästige (punkt- und schnurförmige) mouches volantes, welche später verschwanden.

Gegenwärtig ist dem Auge äusserlich nichts Krankhaftes anzusehen, nur ist Patientin auf demselben etwas geblendet, wodurch das gesunde Auge in der Arbeit erheblich gestört wird. Bei der Prüfung des Sehvermögens zeigt sich centrale Amaurose. Der in der Mitte befindliche Fleck erscheint ihr grau, und desto dunkler, je heller der Hintergrund. Der Gesichtswinkel dieses Fleckes bleibt sich in allen Entfernungen gleich, so dass, mit bestimmten Gegenständen verglichen, die Grösse desselben proportional zu den Abständen dieser Gegenstände zunimmt. Innerhalb der Grenzen des Fleckes fehlt jedes Sehen. Es ist der Kranken, als sei dieser Theil des Gesichtsfeldes wie hinweggenommen. — Mit dem Augenspiegel entdeckt man, bei normal brechenden Medien auf dem mittleren Theile des Augenhintergrundes aufsitzend und in das Innere des Auges hineinragend, einen Cysticercussack, ungefähr 4 mal diametral grösser, als die Opticus-Insertion. Die ziemlich regelmässige runde Peripherie zeigt nur hier und da seichte Ausbuchtungen, welche bei den periodisch stattfindenden Bewegungen mehr hervortreten, und durch jene wellenförmig sich verbreitenden Einschnürungen

in wechselnder Form gegen die anliegenden Theile abgegrenzt werden. Der mittlere Theil des Sackes trägt den Kopf und den Halstheil. An ersterem erscheinen unzweifelhaft angedeutet, obwohl nicht vollkommen scharf, die Anschwellungen der Saugnäpfe, und sieht man bei längeren Beobachtungen diesen Theil sich vorstrecken, zuweilen sogar rüsselförmig pendeln, wobei die Details des Kopfes bedeutend an Schärfe gewinnen, in anderen Momenten dagegen in die Blase zurückgezogen nur als ein weisserer, stärker reflektirender Theil in derselben markirt. Die Farbe des Sackes ist ziemlich licht und das Gewebe stark durchscheinend, leicht ins Graubläuliche spielend. Uebrigens zeigt es sich deutlich, dass der Sack des *Cysticercus* von einer zweiten Membran umschlossen ist; besonders wenn während der Bewegungen einzelne Theile der Blase sich hervorbuchten, sieht man im Bereich der Vertiefungen oder Einschnürungen die umhüllende Membran brückenförmig herüber gespannt, oder sich durch Beibehaltung ihrer früheren Krümmung gegen die innere Membran des Sackes absetzend. Offenbar liegt auch in dieser Membran der Grund, weshalb man die Details am Kopftheil für gewöhnlich matt, wie beschleiert, und nur dann scharf sieht, wenn beim Vorstrecken des Kopfes die Falten verstreichen. Von allen Seiten, jedoch vorwaltend von innen (wo die benachbarten auf- und absteigenden Hauptgefäße liegen), gehen Netzhautgefäße auf die äussere Membran über; einige verästeln sich in derselben Weise wie auf der retina, andere laufen über die ganze Prominenz hinweg, um sich jenseits derselben fortzusetzen und nach gewohnter Weise in der Netzhaut zu vertheilen. Hiernach wird es sehr wahrscheinlich, dass die Netzhaut selbst den *Cysticercus*balg umhüllt und dieser sich zwischen Netzhaut und Chorioidea befindet; möglich [aber auch, dass nur die inneren

Netzhautlagen mit der Gefässschicht hervorgedrängt worden und sich das Entozoon ursprünglich im Gewebe der Netzhaut selbst entwickelt hat. Für eine Herkunft desselben aus der Chorioidea möchte eine nach aussen von der Blase sichtbare, gelb gefleckte, umgrenzte Chorioidealpartie sprechen, welche sich nur wenig über die Contouren der Blase ausdehnt, und wohl den unter der Blase liegenden Chorioidealtheil behaftet. Es könnte dieselbe vielleicht den Ausgang einer umschriebenen Chorioidealentzündung darstellen, welche, wie Aehnliches in der Regel der Fall ist, das erste Auftreten des Entozoos begleitete. Vielleicht würde auch der damalige Reizzustand des Auges und die intraocularen Schmerzen dahin zu deuten sein. — Die Lage des Balges im Augenhintergrund ist ziemlich central, dessen innerste Wand liess nur einen engen Raum, ungefähr  $\frac{1}{3}$  des Opticusdurchmessers, zwischen sich und der Papille, ja sie berührte diese letztere bei den ausbuchtenden Bewegungen. Der übrige Theil des Augenhintergrundes erscheint vollkommen gesund. Bei der Fixation schießt die Sehaxe in einem der Ausdehnung des Cysticercus entsprechenden Winkel am Gesichtsobjekt vorbei, doch ist die Richtung des Abweichens wenig constant; die Kranke sucht und tastet gewissermassen mit den anliegenden Netzhauttheilen auf dem Objekt herum, am wenigsten dienlich scheint ihr das sonst so gewöhnliche Vorbeischiessen nach innen zu sein, wahrscheinlich wegen der Nachbarschaft des Mariotte'schen Flecks. Interessant war es, dass man zwischen dem centralen, dem Cysticercus zukommenden und dem vom blinden Flecke herzuleitenden Defekte im Gesichtsfeld zuweilen ein kleines Objekt zur Wahrnehmung bringen konnte, welches, nach der einen oder anderen Seite hin bewegt, sofort verschwand. Patientin ist übrigens im Stande, Finger in mehreren Fuss Entfernung zu zählen und



Buchstaben der grössten Schrift (18—20 der Jäger'schen Schriftproben) mühsam zu entziffern.

Diese Patientin ist in Berlin, und werde ich nicht ermangeln, die weiteren Veränderungen mitzuthellen. Ja ich gestehe, dass dieser Fall bei dem normalen Augenhintergrund sehr einladend für einen operativen Eingriff ist, doch kann von einem solchen nur erst die Rede sein, wenn das Uebel sich in irgend einer Weise verschlimmert. Unmöglich könnten wir darauf hoffen, selbst nach dem Absterben des Thieres die Leitung in dem einmal abgelösten Netzhauttheil wieder herzustellen, welcher jetzt absolut empfindungslos ist. Bei dieser Gelegenheit beeile ich mich anzuzeigen, dass das Auge der mit *Cysticercus* behafteten Lehrerin (Siehe Archiv für Ophthalmologie. Band. I. 1. pag. 463) inzwischen phthisisch geworden ist. Der spätere Verlauf nach *Cysticercus* scheint sich ganz wie nach Netzhautablösungen zu verhalten; wenn das Uebel eine gewisse Ausdehnung erreicht hat, kommt es zu einer schleichenden Entzündung der inneren Membranen mit Ablösung der Netzhaut, und iritis, welche mit Pupillarabschluss, Hervordrängung der Iris gegen die Hornhaut und phthisis bulbi endigt.

## 2. *Cysticercus* im Glaskörper.

H. M., aus Posen, ein 10jähriger Knabe, wurde mir wegen Schwachsichtigkeit des rechten Auges zugeführt. Die Iris erscheint an demselben leicht grünlich entfärbt, hat dabei aber noch normalen Glanz, Gefüge und Pigmentrand, so dass man mehr an einen natürlichen Farbenunterschied denkt. Sie ist leicht erweitert und träge. Bei der ophthalmoscopischen Untersuchung sieht man einen *Cysticercus* ganz in derselben Weise, wie es bei einem früheren Falle (A. f. O. Bd. I, 2 p. 348) von Dr. Liebreich beschrieben wurde, in einem länglichen, von hinten nach vorn durch den Glaskörper verlaufen-

den Schlauch ausgestreckt. Der Kopf mit dem Halstheil liegt nach vorn, dicht hinter dem hintern Pol der Linse und von demselben leicht nach oben und innen excentrisch. Die umhüllende Membran geht hier, wie in jenem Fall, in ein System von strahligen Ausläufern durchsichtigster Häute über, welche gegen die hintere Linsenfläche fächerförmig divergiren und diesen Theil des Thieres zu fixiren scheinen. Von hier ist der häutige Schlauch ziemlich grade nach hinten gerichtet, und inserirt sich auf der papilla nervi optici selbst, welche bis auf zwei schmale, stark weisse Segmente davon vollständig verdeckt wird. Der fundus der Cysticercus-Blase scheint ungefähr in der Mitte des Glaskörpers zu liegen, und setzt sich durch eine sehr scharfe, eirunde Contour gegen den hinteren leeren Theil des Schlauches ab. Die Blase selbst schimmert mit einer hellen, ins Blaugrüne spielenden Färbung durch die Membran des Schlauches hindurch. Diese letztere hat ein lichtgraues, etwas bräunliches, nur mässig reflektirendes Ansehen. Sie ist übrigens gegen den Augenhintergrund verschiebbar, sofern der ganze Schlauch gewisse seitliche Schwankungen eingeht; besonders bemerkt man dies, wenn nach einer ausgeführten Bewegung das Auge plötzlich fixirt wird. Der hinterste leere Theil des Schlauchs schickt seitwärts einen membranösen Fortsatz aus, welcher ganz das Aussehen der Schlauchmembran selbst hat, und sich in den Winkel zwischen den Schlauch und den Augenhintergrund, nach der Schläfen-  
 seite hin, segelförmig ausspannt, und somit der gesammten hintern Insertion des Schlauches eine grössere Breite giebt. Dicht oberhalb des opticus schliesst sich an die Insertion des Schlauches eine gelblich gefleckte Choroidalpartie, wie in dem letzt erwähnten Falle, an. Der übrige Augenhintergrund ist normal. Die Bewegungen des Thieres waren hier wieder (vid. l. c.), wegen

der enormen Verkürzung, ausserordentlich schwer zu konstatiren, doch glaube ich mich an dem fundus der Blase deutlich von ihrer Existenz überzeugt zu haben. Im Uebrigen liess wohl die charakteristische Form über die diagnostische Deutung keinen Zweifel.

Anamnestisch war nichts zu eruiren, da die Sehschwäche vor einigen Wochen zufällig beim Ausprobiren einer Lorgnette entdeckt wurde. Der Vater des Kindes giebt an, vor 20 Jahren Bandwürmer entleert zu haben. Der kleine Patient selbst hatte im zweiten Lebensjahre Ohrenlaufen, wiederholentlich impetigo capitis gehabt, und sehr viel an Würmern, nach Angabe auch an Bandwürmern gelitten; eine neuerdings vorgenommene Bandwurmkur war jedoch ohne Resultat geblieben.

Was das Sehvermögen anbetrifft, so konnte Patient Buchstaben der grössten Schrift (20 Jaeger) entziffern. Die Fixation war unsicher, umherirrend. Nach erweiterter Pupille konnte er mit Convex 4 grösste Schrift präcis, wenn auch mühsam lesen. Das Gesichtsfeld war nicht namhaft beschränkt, doch traten bei den Bewegungen des Auges Abschattungen der mittleren Sehregion in der verschiedensten Form und Grösse, von dem Schlauche herrührend, ein, und die Objecte verschwanden dem Kranken plötzlich in derselben Weise, wie während der ophthalmoscopischen Untersuchung bei der geringsten Bewegung der Augenhintergrund plötzlich von dem Schlauche verdeckt und dem Blick entzogen wurde. Bei anderen Bewegungen ward ihm der mittlere Theil des Gesichtsfeldes ziemlich hell und das Erkennen deutlicher, ja es schien, als wenn Patient mit einiger Uebung diese Stellungen besser für den Sehakt benutzen würde; denn es nahm seine Wahrnehmungsfähigkeit bei fortgesetzten Untersuchungen um Einiges zu und die Fixation, obwohl

abirrend, wurde ruhiger. Stenopäische Brillen besserten das Erkennen nur unerheblich, und erschwerten die Orientirung bedeutend. Patient hatte bei Abend und bei Tageslicht eine ziemlich lästige Blendung. Das andere Auge war, wie in den früheren Fällen, vollkommen gesund, nur mit Presbyopie (durch Convex 30 corrigirt) behaftet.

Ich habe diesen Fall nach einem Monate ganz in demselben Zustande wiedergesehen. Ist nun auch dieser Zeitraum für ein definitives Urtheil zu kurz, so geht aus der mehr als jährigen Beobachtung des früheren Falles (l. c.) von Glaskörper-Cysticercus hervor, dass sowohl in der Form des Schlauches als in dem Sehvermögen hier die Veränderungen ausserordentlich langsam eintreten, und liegt hierin schon ein wesentlicher Unterschied gegen die so deletären Cysticerken im Augenhintergrunde.

---

Ueber ein einfaches Mittel, Simulation einseitiger Amaurose zu entdecken, nebst Bemerkungen über die Pupillar-Kontraktion bei Erblindeten.

Trotz der neueren diagnostischen Mittel kommen immer noch eine Reihe von Amaurosen vor, bei welchen keine Veränderungen im Auge nachweisbar sind. Es ist wahr, dass deren Zahl gegen die grosse Zahl von Amaurosen verhältnissmässig klein ist, wenn wir anders die sich bei centraler Anästhesie gewöhnlich einstellenden Metamorphosen im Sehnerveneintritt und den Netzhautgefässen nicht unberücksichtigt lassen. In solchen Fällen sind wir leider mehr oder weniger angewiesen, uns an die Versicherungen der Kranken zu

halten. Nun ist es sehr leicht, eine simulirte Schwachsichtigkeit durch controlirende Versuche nachzuweisen. Wenn wir verschieden grosse Objekte nehmen, dieselben in verschiedene Entfernungen bringen, und vor allen Dingen den Einfluss von Gläsern benutzen, so werden schon bei wenigen Prüfungen sich Widersprüche zeigen, welche auf die Simulation hindeuten. Besonders zweckmässig ist es bei diesem Verdachte, den Kranken Convexgläser aufzusetzen. Um nicht für einfach accommodationskrank gehalten zu werden, versichern sie gewöhnlich, durch kein Glas irgend etwas zu sehen, und da ein vorgehaltenes Convexglas nur die Entfernung des Erkennens verringern, niemals aber das Erkennen selbst aufheben kann, so liegt hierin schon ein Unsinn. — Die Simulanten wissen es auch recht gut, dass sie bei Prüfung auf Schwachsichtigkeit sich leicht in Widersprüche verwickeln, und ziehen es deshalb vor, vollständige Blindheit auf einer Seite zu erheucheln.

Von allen äusserlich sichtbaren Zeichen ist seit jeher die Beweglichkeit der Pupille am meisten benutzt worden, um ein sehendes Auge von einem nicht sehenden zu unterscheiden. Es giebt aber vielleicht kein Kennzeichen, welches in der allgemeineren Praxis so irrtümlich gedeutet würde, als dieses. Abgesehen von der mit dem fortschreitenden Lebensalter sich in verschiedener Weise einstellenden Verringerung der Pupilarexkursionen, abgesehen von den zahlreichen Modalitäten derselben bei Accommodations-Anomalien, giebt es so unendlich viel individuelle Schwankungen, dass wir mit unsern Schlüssen aus der Pupillarbewegung auf die Sehschärfe im höchsten Grade vorsichtig sein müssen. Es scheinen diese Schwankungen bei gleicher Sehschärfe theils von Verschiedenheiten im Irigewebe und der Pigmentirung, theils von physiologischen Mo-

dalitäten der Accommodation, theils von verschiedener quantitativer Reizbarkeit der Netzhaut, endlich auch von gewissen mechanischen Verhältnissen, z. B. Tiefe der vorderen Kammer, abzuhängen. Diese so zusammengesetzten Einflüsse hier ergründen zu wollen, liegt mir ferne; ich will mich lediglich mit der Frage beschäftigen, wie sich die Pupille bei Erblindeten verhalte. Wenn die zur Iris gehenden Nerven bei bestehender Erblindung ihre Leitungsfähigkeit verloren haben, so wird eine jede Contraction der Pupille, vollständig ausbleiben, gleichviel ob sie durch Lichtreiz, Veränderungen im Accommodationszustande, durch Anspannung der Augenmuskeln (rect. int. orbical.) oder ob sie durch Pupillarverengerung im zweiten Auge erstrebt wird. So ist es bei den Krankheiten, welche durch Steigerung des intraocularen Drucks, oder vielleicht durch materielle Veränderungen die Irisnerven ihrer Leitungsfähigkeit berauben, z. B. bei glaukomatöser Chorioideitis, zuweilen bei hydrophthalmus aus sclerotico-chorioideitis u. s. w. Es kann bei diesen Processen zur vollständigen Lähmung der iris selbst dann kommen, und so ist dies in der Regel bei glaucom, wenn das Sehvermögen noch nicht vollkommen erloschen ist. Wenn dagegen die Function der Netzhaut aufgehoben, und die Leitung in den Irisnerven erhalten ist, so werden alle von der Netzhaut unabhängigen Pupillarcontractionen ungehindert fortbestehen können. Es ist bekannt, dass bei vollständiger einseitiger Erblindung die sympathische Pupillarcontraction mit dem andern Auge erhalten bleibt.

Ferner hat man an beiderseitig Erblindeten Pupillarcontractionen bei Augenbewegungen, oder selbst ohne dieselben wahrgenommen, und die letzteren durch die wechselnden Accommodationsimpulse erklärt. Vor allen Dingen muss bei diesen Untersuchungen jede

quantitative Reizempfänglichkeit ausgeschlossen werden, denn die Pupillarcontraction wird nicht durch die Wahrnehmung der Netzhautbilder, sondern lediglich durch die quantitative Erregung der Netzhaut hervorgebracht, weshalb sie z. B. bei reifen Staaren, die jedes Erkennen aufheben, aber das Licht durch Zerstreuung auf der Netzhaut verbreiten, beinahe in ungeschwächter Weise fortbesteht, vorausgesetzt, dass der Staar selbst nicht durch seine Grösse von hinten auf die Iris drängt, und so ein mechanisches Hinderniss abgiebt (z. B. der weiche Corticalstaar.)

Vor einigen Monaten begab sich ein 14jähriger Knabe zu mir, der durch einen Fall auf die Stirn mit darauf folgender Periostitis und Caries orbitae beiderseits vollkommen erblindet war. Er hatte nicht die geringste quantitative Lichtempfindung. Die linke Pupille erwies sich demgemäss vollkommen reactionslos, wenn dies Auge allein beleuchtet wurde, dagegen zeigte die Pupille des rechten Auges auf den Einfall auch mässigen Lichtes eine sehr deutliche Zusammenziehung. Dieselbe war so auffallend, dass sie von Laien bemerkt und hierauf die Hoffnung einer Wiederherstellung begründet worden war. Das Auge selbst stand hierbei vollkommen ruhig, und die Zusammenziehung hatte ganz die Charaktere der gewöhnlichen Pupillarreaction auf Licht. Nachdem jeder Verdacht einer Simulation, der übrigens nicht im Geringsten vorlag, durch längere Beobachtung und vielfache Versuche ausgeschlossen worden war, handelte es sich um eine Erklärung der erwähnten Pupillarcontraction. Zuerst wurde natürlich an eine unwillkürliche Veränderung im Brechzustand gedacht, allein wodurch hätte sich das regelmässige Verhältniss zum Lichteinfall erklären lassen? Ich kann mir wohl denken, dass bei aufgehobener Distinctionsfähigkeit, aber fortbestehender quantitativer Lichtem-

pfundung ein jeder Reiz der Netzhaut durch Licht einen höheren Brechzustand hervorruft. Unter solchen Verhältnissen brauchen wir aber überhaupt die Accommodations-Veränderungen zur Erklärung nicht. Wenn dagegen gar keine Lichtempfindung mehr stattfindet, so sind die Schwierigkeiten der Erklärung dieselben für Einleitung höheren Brechzustandes durch Licht, und für Pupillarcontraction durch Licht. Etwas anderes wäre es wieder, wenn von innen her, unabhängig vom Lichteinfall, Pupillarveränderungen, als Begleiter verschiedener Accommodationsimpulse, einträten. Um vollends hierüber in Sicherheit zu sein, wurde die Bewegung der Iris selbst und die Linsenreflexe genau studirt. Es konnte nun weder ein accommodatives Zurücktreten der Iris, noch eine Verkleinerung und Verschärfung des vorderen Kapselbildes vorgefunden werden. Demnach müsste die Pupillarcontraction, wie die normale, bei diesem Kranken, durch einen von der Netzhaut und dem opticus auf den oculo-motorius reflectirten Impuls vermittelt werden. In der That lässt es sich a priori denken, dass dieser Hergang stattfindet, ohne dass das Sensorium dadurch erregt wird, und es würde sich eine solche Pupillarcontraction bei absoluter Erblindung überall da vorfinden können, wo die Leitung zwischen den diesen Reflex bedingenden Organen (Retina, Opticus, Oculomotorius, Sphincter pupillae) functionell erhalten, aber der Zusammenhang zwischen dem reflectirenden Centraltheil und dem sensorium functionell aufgehoben ist. Solche Beobachtungen geben vollends der semiotischen Untrüglichkeit der Pupillarcontraction für Fortbestehen der Lichtempfindung einen harten Stoss, so sehr sie auch zu den Ausnahmen gerechnet werden mögen. —

Für die Erkenntniss simulirter einseitiger Amaurose kommt nun obenein der Uebelstand zur Sprache, dass



viele Patienten, mit den usuellen ärztlichen Ideen über diesen Gegenstand bekannt, sich die Pupille künstlich erweitern. Das so hervorgerufene Maximum von Mydriasis wird freilich augenärztliche Richter schwer täuschen, weil sich gerade dieser Zustand in Folge von einseitiger Anaesthesie der Netzhaut kaum vorfindet, vielmehr die sympathische Contraction der Pupille mit dem anderen Auge auch den Pupillar-Durchmesser seiner Mittelgrösse nahe erhält\*).

Trotz alledem schien uns für flüchtige Prüfungen, z. B. bei Militairconscriptionen, ein praktisches Verfahren nicht überflüssig, und glauben wir ein solches in der Anwendung prismatischer Gläser empfehlen zu können, weil sich hierbei, im Vortheil gegen alle übrigen Mittel, die Untersuchung in keiner Weise mit dem angeblich kranken, sondern lediglich mit dem gesunden Auge beschäftigt. Es wird vor dieses letztere ein Prisma gehalten, am besten mit der Basis nach oben oder nach unten, und der Simulant befragt, ob er ein vorgehaltenes Licht einfach oder doppelt sehe. Sieht derselbe zwei übereinanderliegende Lichter, welche sich den Drehungen des Prisma entsprechend gegen einander verschieben, so rührt das eine feststehende von dem zweiten Auge her, und ist somit die Simulation entdeckt. — Das Praktische dieser Methode bestätigte sich auf sehr glänzende Weise neulich bei einem Mädchen, welche eine rechtseitige Amaurose simulirte. Sie hatte es in ihrer Kunst so weit gebracht, dass alle möglichen Schreck-

---

\*) Man wird vielmehr bei einem solchen Maximum von Erweiterung, wenn sich keine anderweitigen Zeichen im Auge vorfinden, welche die Irislähmung erklären, sofort entweder an eine künstliche oder an die so häufige mit Accommodationslähmung verbundene Mydriasis, aber nicht an Amaurose denken.

versuche, mit blutigen Instrumenten auf das Auge zuzustossen, ihr nicht das mindeste Zucken entlockten. Als ich sie nun mit den Prisma versehen, vor eine Lampe führte und fragte, ob sie durch dies Glas zwei Lichter sehe, bejahte sie ohne jeden Verdacht, und beschrieb eben so die kreisende Bewegung des einen Lichtes um das andere bei der Drehung des Prisma. Erst als ich nun das zweite Auge verschloss, gewahrte sie, dass das eine Bild von diesem Auge hergerührt habe und stürzte in Beschämung von dannen.

#### Notiz über Schichtstaar.

Seit meiner letzten Veröffentlichung habe ich abermals einen Fall von doppeltem Schichtstaar gesehen. Die äussere der beiden getrübbten Linsenschichten nahm die gewöhnliche, ungefähr  $2\frac{3}{4}$ ''' grosse Rundung ein; die innere dagegen lag um einen kleinen Kern von circa  $1\frac{1}{4}$ ''' Diameter. Die äussere Schicht war nur schwach und vollkommen gleichmässig vertheilt, so dass sie die Untersuchung der tieferen Theile nicht wesentlich behinderte. Auf ihrem vorderen Pol lag, wie gewöhnlich wieder ein Häufchen punktförmiger weisslicher Opacitäten. Die tiefere Schicht war in ihrem Randtheil und an der hintern Wand stark undurchsichtig, gelblichweiss; die vordere Wand, besonders deren centraler Abschnitt, erschien dagegen stark durchscheinend, und sah man durch den letzteren, wie durch eine Lücke, in den durchsichtigen kleinen Kern, der von der hintern Wand dieser Schicht wie von einer Schale umgeben war. Das betroffene Kind war 2 Jahre alt, und konnte über die Entstehung des Uebels nichts ermittelt werden. Der Staar wurde beiderseits durch *discisio per corneam* glücklich operirt.

Obwohl der Schichtstaar in der entschiedenen Mehrzahl der Fälle sich während der ersten Lebensjahre entwickelt, so scheinen doch auch Beispiele vorzukommen, wo derselbe in späterer Zeit, und zwar als sekundäres Uebel, auftritt.

Herr M. will früher ein absolut gutes Sehvermögen für die Nähe und Entfernung gehabt haben, ehe er vor etlichen Jahren von beiderseitiger Iritis befallen wurde. Es hatte dieselbe beiderseits zu unvollständigem Pupillar-Verschluss geführt. Die kleine noch bewegliche Ausbuchtung der Pupille war für den Sehakt nicht ausreichend, und wurde deshalb nach innen erweitert. In dem gebildeten Colobom zeigte sich der Abschnitt eines Schichtstaars. Der Rand der Trübung befand sich ungefähr  $\frac{3}{4}$  vom Linsenrand. Patient war befähigt, durch den peripherischen durchsichtigen Theil der Linse noch feine Schrift ganz in der Nähe zu lesen. Es lässt sich allen bisherigen Beobachtungen zufolge nicht annehmen, dass dieser Schichtstaar vor dem anderweitigen Augenübel existirte, wenigstens habe ich ein scharfes Erkennen entfernter Objekte, wie es Patient durch die schlagendsten Belege aus seiner Vergangenheit bewies, niemals bei Schichtstaar gesehen.

---

#### Sektionsbefund nach vorausgegangener Reclination.

Ich hatte Gelegenheit, in dem hiesigen Arbeitshause die Augen eines Mannes zu untersuchen, der vor einigen (4—5) Jahren beiderseits reclinirt worden war. Das eine Auge erwies sich vollständig erblindet, jeder quantitativen Lichtempfindung verlustig. Hinter der starren,

mässig vergrösserten Pupille befand sich ein in der Mitte leicht durchscheinender, an den Randtheilen opaker Nachstaar. Die Iris war ziemlich normal, und auch im sonstigen Aussehen des Auges kein Zeichen innerer Entzündung zu entdecken. Auf der anderen Seite war die Linse wieder aufgestiegen, liess nur den oberen Theil der Pupille frei und konnte Patient durch diesen gröbere Objekte erkennen. Der Mann starb an einem accidentellen Leiden und verdanke ich die Autopsie beider noch gut erhaltenen Augen der Güte des Dr. Leubuscher, welcher unsere pathologisch-anatomischen Bestrebungen stets auf das Freundlichste unterstützt.

Es wurde zuerst die Eröffnung des amaurotischen Auges mit allen Vorsichten angestellt und zeigten sich hierbei folgende Veränderungen:

Dicht hinter der Pupille lag der Sack der Linsenkapsel vor, dessen vordere Fläche vollkommen geschlossen, dessen hintere Fläche aber in einen centralen, kreisförmigen Abschnitt von circa  $2\frac{1}{2}$ “ Durchmesser offen stand.

Die erhaltene Continuität der vorderen Kapsel ist in der That bemerkenswerth. Verlöthungen der Kapselzipfel zu einer scheinbaren continuirlichen Membran habe ich nach Extraktionen und Reklinationen häufig gesehen, es markiren sich aber die früheren Kapselwunden immer noch durch Leisten oder Rippen, Verhältnisse, für deren Beurtheilung wieder kein Mittel so vorzüglich ist, als die von Dr. Liebreich gepriesene seitliche Beleuchtung. Hier war nun die Kapsel vollkommen glatt, auf ihrer Oberfläche spiegelnd, und ich muss annehmen, dass dieselbe überhaupt nicht zerschnitten wurde. Dies mag sich namentlich dann ereignen, wenn noch bei durchsichtiger Corticalsubstanz operirt wird; gelangt man alsdann mit der Nadel durch ein Versehen nicht in den humor aqueus, sondern in die Rindensubstanz hinein, so wird die sich senkende Linse verfolgt und die vordere Kapsel dabei nicht zerstückelt. —

Dieser Sack war an seiner Peripherie durch eine vollkommen undurchsichtige weisse Masse ausgefüllt, welche den noch erhaltenen Randtheil der hintern Kapsel von der vorderen ungefähr um  $\frac{1}{2}$ ''' auseinander hielt, und so den, schon aus früheren Sectionen bekannten, weissen Wulst bildete. Es umschloss dieser Wulst kranzförmig den vollkommen flachen, lediglich aus der vorderen Kapsel bestehenden Centraltheil des Sacks. Innerhalb des letzteren war die vordere Kapsel an ihrer inneren Fläche mit einer trüben Masse (s. u.) beschlagen, welche auch diesen Theil, wenn gleich in weit geringerem Maasse, undurchsichtig machte. Der Rand des Kapselsacks war durch eine ziemlich dichte, mit der Zonula eng verbundene Exsudatmasse an die Firsten der Ciliarfortsätze geheftet. —

Die Linse, zur Oeffnung der hinteren Kapsel ausgetreten, war so nach unten gelagert, dass ihr oberer Rand ungefähr in der Höhe und dicht hinter der unteren Hornhautgrenze lag; sie war um beinahe  $180^\circ$  gedreht worden, so dass die vordere (weniger convexe) Fläche jetzt nach hinten und etwas nach oben, die hintere nach vorn und etwas nach unten sah. Sehr schön liess sich der Weg der Linse in den Glaskörper verfolgen. Es befand sich nämlich in dem letzteren eine nicht mit Flüssigkeit angefüllte durch weisslich trübe feine Membranen abgegrenzte Tasche, welche sich ohne Verletzung ihrer Wandungen offen halten liess. Von ihrer Mündung in die Apertur der hinteren Kapsel sah man alsdann bis in den untern Grund hinein, wo der erwähnte Linsenkern den inneren Membranen ziemlich nah, aber ohne irgend wie auf dieselbe mechanisch eingewirkt zu haben, lag. Dieser Kern hatte  $2\frac{3}{4}$ ''' im Durchmesser und war bräunlich-gelb, noch stark durchscheinend. In der Nähe der Tasche befanden sich hier und da in dem sonst

normalen, farblosen Glaskörper feine, weisslich trübe Membranen.

Sah man auf die Innenfläche der Netzhaut herauf, so markirte sich zunächst eine an verschiedenen Theilen ungleich saturirte Trübung der Membran. Besonders trat diese Trübung in der Nachbarschaft der Gefässe hervor, an deren Verlauf sie sich stellenweise mit parallelen Grenzlinien unmittelbar anschloss. Am allerstärksten war sie nach aussen von der Papille und wurde diese vorwaltend behaftete Partie sowohl nach oben als nach unten durch einen Seitenast der Centralgefässe in der Weise begrenzt, dass sie ein mit seiner Spitze an der papilla optici, mit seiner Basis in der Gegend des äusseren Aequator liegendes sphärisches Dreieck einnahm. Ausser dieser diffusen Trübung bot sich im Augenhintergrund, scheinbar auch im Gewebe der Netzhaut, eine Anzahl umschriebener, punkto- oder fleckförmiger weisser Exsudate dar; die meisten waren von unmessbarer Kleinheit, auf den grösseren stecknadelknopfgrossen schien die Netzhaut bei schief auffallendem Licht hügelige Erhabenheiten anzudeuten. Die Farbe derselben war zart-grauweiss und stark in Gelb spielend. Dicht an der äusseren Grenze der papilla nervi optici schienen sich mehrere Exsudate an einander gereiht zu haben, so dass eine leicht geschwellte undurchsichtige Netzhautpartie die äussere Begrenzung der Papille verwischte. Am schönsten aber gestalteten sich die Verhältnisse an der macula lutea. Es sprang daselbst sofort eine eigenthümliche, querovale Figur in die Augen, mit horizontaler Längsaxe, in ihrer Mitte achterförmig verschmälert. Innerhalb ihrer Grenzen schien die Netzhaut über die nachbarlichen Partien bedeutend (wohl  $\frac{1}{3}$ ''' ) prominent. Die Substanz der Membran erschien hier vollkommen undurchsichtig und gerade in der Mitte der Prominenz trat, leicht nabel-

förmig eingezogen, die schön gelb gefärbte macula lutea hervor. — Es handelte sich darum, zu bestimmen, wo der ursprüngliche Sitz dieses Exsudationsprozesses sei. Zu dieser Bestimmung schien es am dienlichsten, bei der Dissektion von den vorderen Theilen allmählig auf die hinteren fortzuschreiten. Die Iris zeigte keine wesentliche Veränderung, aber schon das corpus ciliare war auffallend steif, dick, und die Leisten der Fortsätze sahen nicht bloss an den Firsten (wie in der Norm wegen Pigmentmangel an diesem Theil), sondern in ihrem ganzen erhabenen Theil grau entfärbt aus. Es gelang, von ihrer Innenfläche eine membranöse, jedoch an einzelnen Punkten unter der Nadel knirschende Exsudatschicht abzuziehen, welche von hier aus zum Theil an den Linsenrand geheftet war, zum Theil nach hinten sich über die Innenfläche des gesammten Chorioidealtractus ausdehnte. Als der hintere Abschnitt des durch einen Aequatorialschnitt getheilten bulbus, welcher den Glaskörper noch vollkommen unlädirt enthielt, von diesem getrennt werden sollte, fiel es bereits auf, dass der Glaskörper sich ganz leicht herausnehmen liess, während die retina an keiner Stelle die Innenfläche der Aderhaut verliess. Die erwähnte Exsudatschicht schien die Pigmentlage grösstentheils zerstört zu haben, und war mit der Choriocapillarschicht unzertrennlich fest verbunden. Der Aderhaut ertheilte sie allerwärts grosse Steifheit und Dicke, auf einem gemeinschaftlichen Durchschnitt sämmtlicher Umhüllungsmembranen des bulbus markirte sie sich als ein graugelber Streifen von ansehnlicher Breite. Sie war es ferner, die im ganzen Umfange die Netzhaut so fest an die Chorioidea verlöthete, dass in dem vordern Theil eine reine Trennung nur mühsam, in den hintern Theil beinahe gar nicht möglich war. Vollends fiel die Trennung unrein aus in dem Bereiche der früher beschriebenen Theile des Au-

genhintergrundes, innerhalb derer die Netzhaut saturirt getrübt erschien. Wurde ferner die Netzhaut, so gut es eben ging, von der Chorioidea abgezogen, so erschienen in jener Exsudatlage weisse und weissgelbe, leicht prominente Pünktchen, wie kleine Granulationen. Diese waren es, welche, durch die Netzhaut hindurchschimmernd und dieselbe ein wenig hervordrängend, jene dem äussern Anschein nach in der Netzhaut liegenden Exsudatflecke bildeten. Die retina selbst war nur diffus, nirgends fleckig getrübt. In der Umgebung der macula lutea war das eben genannte Verhältniss in seiner ganzen Deutlichkeit nachweisbar. Hier konnte nämlich die Netzhaut etwas freier als an den Nachbartheilen, wiewohl immer unrein, abgehoben werden, und der oben erwähnte beträchtliche Exsudathügel bestand in einer locker-breiigen, geblähten, subretinalen Masse, welche der Innenfläche der Chorioidea auflag. So viel schien aus dem Befunde schon ohne Zuziehung des Mikroskops hervorzugehen, dass es sich um einen diffusen, die ganze Chorioidea von den Ciliar-Firsten an einnehmenden Exsudationsprozess handele. Derselbe hatte vorn zur Verlöthung der Ciliar-Firsten mit dem Linsenrande und, wie wir unten sehen werden, auch zur exsudativen Durchtränkung des im Kapselsack zurückgebliebenen Crystallwulstes, in dem ganzen hintern Umfange aber zu einer engen Verlöthung mit der Netzhaut Anlass gegeben. Die innere Gefässschicht der Chorioidea bildete offenbar den Quell dieses Prozesses, und die diffuse Netzhauttrübung muss als eine, bei der Contiguität so natürliche Folgekrankheit erscheinen.

Mikroskopisch wurde zunächst die Linsenkapsel untersucht. Der centrale, mehr durchscheinende Theil der vordern Kapsel zeigte die vollkommen glashelle amorphe Membran, deren Innenfläche mit den stark körnigen intra-



kapsulären Zellen behaftet war. Fettgranula, besonders zahlreiche Kalkgranula waren um die Kerne der Zellen angehäuft; die Zellenwandungen erschienen sehr dunkel markirt. Diese Zellschicht, die sich übrigens ohne Mühe von der Kapselfläche abstreifen liess, bildete im Verein mit einem körnigen, ebenfalls kalkhaltigen Belag die mässige Trübung dieses Theils, der sich in einem Wort ganz so verhielt, wie der früher beschriebene durchscheinende Nachstaar. — Ich schritt nun zur Untersuchung des Randtheils; die in diesem enthaltene weisse Masse liess sich ebenfalls von der vorderen und hinteren umgebenden Kapsel abstreifen, und erschienen beide Membranen vollkommen glashell, amorph. Die weisse Masse selbst, welche am Aequator ziemlich zähe angeklebt sass, zeigte nur spärliche Reste von Linsenröhren. Sie bestand beinahe lediglich aus einer feinkörnigen, hier und da gröbere Kalkconvoluta führende Grundlagen. Ich konnte bei dieser Beschaffenheit und bei der Verklebung mit dem Linsenaequator, an welchen wiederum die Ciliärfortsätze durch festes Exsudat angelöthet waren, diese weisse Masse als nichts Anderes betrachten, als eine exsudative Durchtränkung, welche von den Ciliarfortsätzen ausgehend, natürlich im amorphen Zustande durch den aequatorialen Theil der Kapsel hindurchgetreten, und sich in dem peripheren Linsenabschnitt körnig differenzirt hatte. Hierfür sprach besonders das Aussehen der längs des Linsenaequators stark angehäuften intrakapsulären Zellen, welche hier besonders körnchenhaltig waren, und die stärkere Adhärenz der weissen Masse gerade an diesem Theil vorwaltend vermitteln mochten. Die hintere Kapsel war am innern Kreise des Wulstes nicht mit der vorderen verklebt, sondern bedeckte die weisse Masse sogar unvollständig und endigte gegen die centrale

Lücke mit einem unregelmässig zerfetzten, überall locker anliegenden Rande. — Die im Glaskörper befindlichen, die Tasche bildenden Membranen erwiesen sich bei der Dissection derber, als man es dem Aussehn nach vermuthet. Sie boten eine strukturlose, deutlich membranöse, hie und da durch Faltenbildung streifige Membran dar, welche mit einer feinkörnigen Schicht belegt war. Der Linsenkern wurde, da er ganz das Aussehen des gewöhnlichen gelben Kerns bei Cataract hatte, nicht näher untersucht. — Das Exsudat, welches die Zonula mit den Ciliärfortsätzen verlöthete, zeigte hier nur eine schwache, unbestimmt körnige und streifige organische Grundlage. Es war beinahe vollständig verkalkt, und zwar wies die rasche Gas-Entwicklung, unter Einwirkung von Salzsäure, das Vorherrschen kohlenaurer Kalkerde nach. In den hinteren Theilen der Chorioidea trat die Verkalkung nur fleckenweise hervor, es war dieselbe nämlich an jene früher erwähnten Hügelchen oder Körnchen gebunden. In deren Intervallen bestand die Exsudatmasse aus einer körnig-streifigen amorphen Membranetzen einschliessenden Grundlage, in welcher Fettkörnchen-Aggregate und Kalkmoleküle sparsam eingestreut lagen. An den Stellen, wo die Netzhaut fest anhaftete, fand man in Präparaten vom Exsudat stets Theile der äusseren Netzhautlagen. Der grössere subretinale Exsudathaufen unter der Umgebung der macula lutea enthielt vollends in der reichlicheren feinkörnigen Grundlage eingeschlossen, die unversehrte Stäbchenschicht, welche auf diese Weise von den inneren Netzhautlagen getrennt war. — Die Netzhaut-elemente waren übrigens noch besser erhalten als ich vermuthete, so dass man die Nervenfasern beinahe bis zum Aequator und die Körnerschicht bis in die vordersten Theile verfolgen konnte. An den

vorwaltend getrübten Stellen, besonders in der Umgebung der Gefässe, schien das Netzhautgewebe mit einer feinkörnigen, nicht näher zu spezifizirenden Masse gleichmässig durchsetzt, und enthielt in unregelmässigen Intervallen Körnchenzellen. — Es ist möglich, dass der ganze Exsudationsprozess auf einmal aufgetreten, obwohl die Angabe einer allmählichen Erblindung nach der Operation es wahrscheinlicher macht, dass zuerst die vorderen Theile (Ciliarkörper) befallen wurden. Hierfür spricht auch die Beschaffenheit des Exsudates, welches hier am dicksten angehäuft, und in der Verkalkung am vorgeschrittensten war.

Auf dem zweiten Auge, wo die Linse aufgestiegen, war der Glaskörper und die inneren Membranen normal. Im ersteren zeigten sich nur unter dem unteren Linsenrand einige trübe Membranen, wahrscheinlich von jenen Theilen herrührend, in denen die Linse vor ihrem Aufsteigen gelegen hatte. Eine Tasche oder Narbenhöhle, wenn man es so nennen darf, war nirgends zu entdecken. Die Linse hatte sich vollständig wieder aufgerichtet, so dass ihre vordere (wenig convexe) Fläche nach vorn, und die hintere nach hinten sah. Wegen des geringen Volums des noch übrigen Kerns ( $2\frac{1}{2}$ ''' ) war das obere Pupillensegment dadurch nicht bedeckt, obwohl dessen unterer Rand genau in dem unteren Kapselfalz haftete. Die hintere Kapsel fehlte bis auf einen schmalen Randtheil, die vordere war zerstückelt, die Fetzen aber nur wenig auseinandergewichen. In dem Kapselfalz haftete besonders nach oben ein leicht weisslich getrübter Krystallwulst, der vorwaltend aus fettig zerfallenen Cortikalmassen bestand. —

## Sektionsbefund nach Oculomotorius-Lähmung.

Louise F. wurde 6 Monate alt in meine Klinik wegen einer beiderseitigen Conjunctivitis und leichter Keratitis exsudativa gebracht. Sie sollte bis dahin mit Ausnahme von beiderseitiger Otorrhoea vollkommen gesund gewesen sein. — Nachdem dieselbe sich einige Wochen in Behandlung befand, wurde sie von konvulsivischen Bewegungen auf der linken Körperhälfte, zuerst in den Fingern, bald darauf im ganzen Arm, befallen. Etwas später dehnten sich dieselben, wenn gleich in geringerem Grade, auch auf das Bein aus. Diese Convulsionen traten periodisch ein und führten, wenn sie lebhaft waren, zu einer förmlichen tonischen Contraction der Flexoren, der dann plötzliche Erschlaffung des ganzen Gliedes folgte. Dasselbe blieb beim Anfasen vollständig ohne Resistenz, war deutlich paralytisch. Kurz darauf, im Beginn des achten Lebensmonats, trat eine rechtseitige Oculomotorius - Lähmung ein, anfangs unvollkommene ptosis und strabismus divergens paralyticus; allmählig Ausbreitung auf alle Oculomotorius - Aeste und Vervollständigung der Lähmung in den bereits befallenen. 14 Tage nach dem Auftreten der Parese des oberen Lides, deren Beginn wegen gleichzeitig bestehender entzündlicher Geschwulst leicht zu übersehen war, konnte die rechtseitige Oculomotorius - Lähmung als vollständig betrachtet werden. Gleichzeitig veränderte sich das ganze Wesen des Kindes, es wurde gleichgültig, liess den Kopf schlaff hängen, bohrte mit demselben beim Liegen in die Kissen, zeigte bei Bleicherwerden der Gesichtsfarbe vorübergehende umschriebene Röthe auf den Wangen. Stuhlgang war immer träge, so dass künstlich nachgeholfen werden musste. Puls regelmässig, kein Erbrechen. — Am Ende des achten

Monats entwickelte sich Lähmung des rechtseitigen Trigemini. Man konnte die cornea betasten, ohne dass der orbicularis zuckte, und doch war dieser deutlich genug innervirt. — Der rechtseitige Opticus fungirte, denn obwohl wegen Lähmung des Pupillarastes keine Pupillarcontraction stattfand, so schloss das Kind beim Vorhalten eines hellen Lichtes die Lider fester zusammen. — Am Anfang des neunten Monats entwickelte sich allmählig auch linkseitige Oculomotorius-Paralyse; doch blieb dieselbe unvollständig, so dass der rectus inferior und der Pupillarast ihr Contractions-Vermögen nicht verloren. Eine unvollkommene linkseitige Trigemini-Lähmung trat am Ende des neunten Monats ebenfalls ein, und zwar gleichzeitig mit einem hämorrhagischen Ausschlag auf dem gelähmten Arm (lichen lividus), der sich allmählig verlor. Mechanische Insultation der Gesichtshaut blieb freilich empfindlich, aber die Hornhaut liess sich beinahe ohne Reaction betasten. Dabei war die Conjunctivitis ausserordentlich hartnäckig, gegen alle Arzneimittel rebellisch, und musste sie sowohl, als die periodischen Hornhautexsudate und die venöse Hyperämie der Lider mit der Trigemini-Paralyse in eine gewisse Beziehung gebracht werden.

Der Beginn der Krankheit mit linkseitiger Hemiplegie und rechtseitiger Oculo-motorius-Lähmung liess über das Vorhandensein eines centralen rechtseitigen Leidens keinen Zweifel übrig. Das Kind, welches ich deshalb Herrn Professor Romberg zuwies, starb im 10ten Lebensmonat.

Bei der Section fand sich (bei bestehender Lungentuberkulose) eine wallnussgrosse vom pedunculus dexter ausgehende (tuberkulöse) Geschwulst. Folgende Notiz über deren Sitz verdanke ich der Güte des Dr. Stich:

Nach Aufhebung des corpus callosum und des

fornix fand sich eine Geschwulst von der Grösse einer mässigen Wallnuss, welche am rechten pedunculus cerebri ansass, zwischen beiden pedunculis eingelagert war, und frei in den dritten Ventrikel hineinragte. Sie ruhte auf der substantia perforata media, lag unter dem fornix vor der eminentia quadrigemina. Die Ventrikel waren stark ausgedehnt und mit klarem Serum ausgefüllt. Die Geschwulst stellt eine Cyste dar, deren innere Wand mit einem, mehrere Linien dicken, käsigen Beschlage behaftet war. Die komponirten Nerven schienen äusserlich gesund, von normaler Dicke. Ein Urtheil über feinere Texturanomalien in denselben, so wie über die mikroskopische Beschaffenheit der Geschwulst zu fällen, war mir nicht möglich, weil das Präparat, als es in meine Hände gelangte, hierzu nicht mehr frisch genug war.

---

Ueber eigenthümliche, zur Zeit noch unerklärliche Anomalieen in der Projektion der Netzhautbilder.

H. H., ein Mann in den Vierzigern, wurde wegen eines hochgradigen Strabismus convergens alternans, vorwaltend des linken Auges, welcher in den ersten Kinderjahren ohne nachweisbare Ursachen entstanden, von mir operirt. Nach der Tenotomie des internus auf beiden Augen war nur noch unbedeutende pathologische Convergenz übrig, und Patient gab gleich nach der zweiten Operation an, doppelt zu sehen. — Bei der Untersuchung zeigte sich eine auffallende Lage der Doppelbilder. Fixirte nämlich Patient, wie gewöhnlich, mit dem rechten Auge, wobei das linke noch etwas nach innen und oben vom Gesichtsobjekt vorbeischoß,

so lagen die Doppelbilder gekreuzt, und zwar in sehr weitem Abstand, auf 3' Objekt-Distanz ungefähr 2' auseinander. Ich glaubte nun zuerst einen jener mehrfach erwähnten Fälle von Incongruenz der Netzhäute (A. f. O. Bd. I. 1. S. 102) vor mir zu haben, war jedoch nicht wenig verwundert, als sich die Sachlage wesentlich änderte, so wie Patient mit dem linken Auge fixirte; denn obwohl nun das rechte etwas nach unten und ebenfalls nach innen am Gesichtsojekt vorbei schoss, der Stand der Doppelbilder war jetzt dieser Lage vollkommen entsprechend: es zeigten sich gleichnamige, wenig distante Bilder, von denen das rechte etwas höher lag als das linke. Mit Prismen gelang es, eine wachsende Annäherung der gleichnamigen Doppelbilder zu erzielen, nur war hierbei auffallend, dass über eine gewisse Grenze in der Stärke der Prismen keine der wachsenden Brechkraft entsprechende seitliche Verrückung des Bildes mehr zu Stande kam. Es war dies nämlich dann der Fall, wenn der seitliche Abstand der gleichnamigen Bilder sich auf ein Minimum verringert hatte. Hielt ich z. B., immer bei Fixation mit dem linken Auge, für eine gewisse Entfernung des Objekts (Kerze) ein Prisma von  $10^{\circ}$ , die Basis nach aussen und oben vor, das rechte Auge, so war nun der Höhenunterschied der Bilder ausgeglichen und der seitliche Abstand auf ein Minimum verkleinert. Wählte ich nun ein Prisma von  $12^{\circ}$ , successive von  $14^{\circ}$ , so machte sich deren grössere Stärke zwar in entsprechender Weise auf die Höhe der Bilder geltend, so dass nach Belieben das Bild des rechten Auges auch unter das Niveau des linkseitigen gesenkt werden konnte; aber diese Prismen brachten nicht das rechte Bild, wie es zu erwarten war, über das andere Bild nach links herüber, sondern es blieb hart an dessen rechter Seite stehen. Wählte ich nun das Prisma noch stärker, um gekreuzte Bilder zu bekommen, so

trat ein höchst merkwürdiges Phänomen ein: So wie das Bild über das des anderen Auges herüber fiel, entfernte es sich rasch von demselben, so dass niemals die gekreuzten Doppelbilder in einem geringen Abstand, sondern wie bei der Fixation mit dem andern Auge, in einem unverhältnissmässig grossen Abstand gesehen wurden. Der Kranke sagte aus, dass, wenn das Bild sich nicht mehr auf der rechten Seite halten könne, es nun rasch nach links herüber wandere, zuweilen so rasch, dass das Ganze mehr einem Sprunge gleiche. Ich dachte nun zuerst daran, dass dieser Hergang, wie so häufig bei Doppelsehen, durch eine Muskelcontraction eingeleitet werde. Es hätte aber für diese Erklärungsweise wegen des übergrossen Abstandes, in den die gekreuzten Bilder geriethen, die Ablenkung eine sehr erhebliche sein müssen. Eine weitere Beobachtung bewies nun, dass weder eine solche erhebliche Ablenkung, noch irgend eine wahrnehmbare zu Stande kam; das Auge blieb während des erwähnten Wanderns oder Springens des Bildes vollkommen ruhig stehen, so dass die ganze Erscheinung etwas höchst Seltsames behielt. Dabei waren die Angaben des Kranken vollkommen präcis, und er war fähig, den räumlichen Platz der Bilder genau anzugeben. — Der nächste Grund dieser perversen Projektion war offenbar eine Unverträglichkeit des Sehakts gegen nahe an einander stehende gekreuzte Doppelbilder. Dieselbe Unverträglichkeit, welche sonst zu einer Ablenkung der Sehaxe durch Augenmuskelcontraction veranlasst, bewirkte hier eine anomale Thätigkeit der Netzhaut oder des Sehsinnorganes selbst. Dass diese mit dem früheren Schielen im Zusammenhang stand, ist wohl nicht zu bezweifeln, und es könnte vielleicht dieser Zustand den Schlüssel abgeben, zu der (l. c.) beschriebenen Form von Netzhaut-Incongruenz, bei wel-



cher mit der macula lutea fixirt wird, aber das Identitätsverhältniss der beiden maculae luteae aufgehoben ist. Möglich wäre es, dass in einer gewissen Epoche der Krankheit, je nach verschiedenen Bedingungen im Sehakt, die anomale Weise der Projektion und die ursprüngliche richtige abwechselnd benutzt werden, und dass in späteren Epochen die ursprüngliche Weise erlischt und nur die anomale zurückbleibt. Wir befinden uns jedoch hier in einer höchst dunkeln Reihe von Erscheinungen, und ich will mich, aller Hypothesen enthaltend, lediglich darauf beschränken, die Thatsachen mitzutheilen, welche zu einer künftigen Aufklärung möglicher Weise beitragen können. — In Betreff des Kranken füge ich hinzu, dass derselbe in kurzer Zeit das linke Auge für die Fixation zu gebrauchen lernte, und durch die (dann gleichnamigen) Doppelbilder, welche bald nur noch mittelst gefärbter Gläser nachzuweisen waren, nicht im Mindesten belästigt war. Die endliche Stellung fiel durchaus befriedigend aus.

Ich habe einen zweiten, dem erwähnten Falle analogen, eigentlich noch seltsameren, gesehen.

A. L., ein 22jähriges Mädchen, war vor 10 Jahren an einem seit dem zweiten Lebensjahre bestehenden Strabismus convergens operirt worden, und durch die beiderseitige, fehlerhafte Tenotomie der recti interni hatte sich äusserste Divergenz mit Unbeweglichkeit nach innen und Exophthalmus eingestellt. Ich unternahm die Vorlagerung der beiden zurückgezogenen inneren Augenmuskeln, und es wurde ein in kosmetischer Beziehung vortreffliches Resultat erzielt; die Exophthalmi traten vollständig zurück, die Beweglichkeit nach oben und unten erreichte beinahe ihr normales Spiel, und es wurde in Voraussicht des späteren Erfolges eine leichte pathologische Convergence der Sehaxen erhalten. Fixirte die Kranke mit dem rechten Auge ein entferntes in der

Medianebene befindliches Object, so stand die linke Hornhaut nur äusserst wenig ( $\frac{1}{2}$ '''') von der ihr zukommenden Stellung nach innen abgerückt. Fixirte sie mit dem linken, so stand die rechte Hornhaut etwas mehr (1''') nach innen. Die Doppelbilder lagen dem entsprechend gleichnamig, mässig distant. Durch scharfe Prismen ( $6^\circ$ ,  $8^\circ$ ,  $10^\circ$ ), mit der Basis nach aussen, wurden dieselben genähert. Sind beide Bilder bis auf ein Minimum-Intervall aneinander getreten (Prisma  $10^\circ$ ) und werden nun die Prismen allmählig noch stärker gewählt, so bleibt, wie in dem vorerwähnten Fall, die erwartete Mehrwirkung auf die Stellung der Bilder aus, so dass ein Glas von  $11^\circ$ ,  $13^\circ$ ,  $15^\circ$  dieselbe Annäherung der Bilder auf ein Minimum zur Folge hat. Wird nun das Prisma noch stärker gewählt, z. B.  $18^\circ$ — $20^\circ$ , so tritt eine merkwürdige Discordanz ein, hier jedoch seltsamer Weise so, dass die Bilder nicht nach der Richtung fehlerhaft (excessiv) projecirt werden, die das Prisma bedingen würde, sondern dass die Bilder gleichnamig bleiben und weit auseinander gehen (auf 3' Objectabstand 2'). Auch hierbei wird jede Veränderung in der Stellung des Auges vermisst. Es schien diese Kranke demnach überhaupt keine gekreuzten Doppelbilder zu vertragen. Unerklärlich bleibt es aber wieder, dass sie alsdann nicht die frühere Stellung, nämlich äusserste Annäherung der gleichnamigen Bilder beibehielt, sondern eine, der Wirkung des Prisma grade entgegengesetzte Projection einleitete. Diese Verhältnisse waren hier dieselben, ob Patientin mit dem rechten oder linken Auge fixirte; nur bedurfte es in dem letztern Falle, wegen der grösseren Convergenz zur Einleitung des Phänomens auch stärkerer (der oben angegebenen), bei der Fixation mit dem rechten Auge dagegen schwächerer Prismen. — Aeusserst selten, und ohne

nachweisbare Specialursachen, gelang es bei Fixation mit dem rechten Auge und Vorhalten eines  $16^{\circ}$ — $18^{\circ}$  starken Prisma vor das linke, die den Umständen entsprechenden, mässig entfernten, gekreuzten Doppelbilder zu sehen. Niemals konnte diese Wahrnehmung längere Zeit unterhalten werden, und es trat dann, wie „durch einen Sprung,“ wieder die perverse Erscheinung der gleichnamigen, weit von einander entfernten Doppelbilder ein. Noch stärkere Prismen hatten den letzteren Erfolg constant, und von Anfang an.

Ich hoffe beide Patienten, obwohl sie von ausserhalb sind, nach geraumer Zeit nochmals untersuchen zu können, und wird es mich um so mehr interessiren, zu sehen, wie sich dann deren Projection verhält, als sich daraus vielleicht Aufschlüsse auf das ursächliche Verhältniss dieser Anomalie zum Schielen ergeben. —

---

Notizen über das Schielen nach oben, resp. nach unten und über die Durchschneidung des obern resp. des untern graden Augenmuskels.

I. Es ist bekannt, dass beim gewöhnlichen concomitirenden Schielen nach innen oder nach aussen das betroffene Auge nicht immer genau in der horizontalen, sondern zuweilen in einer schiefen Richtung abweicht, und dass der hierdurch gesetzte Unterschied in der Höhe beider Hornhäute sich dann besonders für gewisse Richtungen der Sehaxen herausstellt. So ist in der Regel bei sehr hochgradigem convergirendem Schielen die Hornhaut gleichzeitig nach oben etwas devürt, so dass sie bei ihrem Stande im innern Winkel ihren oberen Theil unter der palpebra superior verbirgt.

Je mehr durch seitliche Haltung des Objectes die Hornhaut aus ihrer Stellung im innern Augenwinkel herausgebracht wird, desto mehr sinkt aus ihrer widernatürlichen Höhe auch dieselbe gegen die horizontale Durchschnittslinie der Augenlidspalte zurück. — Eine solche Stellung der Hornhaut kann unmöglich durch die alleinige Zusammenziehung des *rectus internus* hervorgebracht werden, sondern es muss noch ein anderer Augenmuskel, entweder der *obliquus inferior* oder der *rectus superior* sich dabei betheiligen. Früher als die physiologischen Ideen über Augenmuskelwirkung noch nicht so allgemein in das chirurgische Publikum übergegangen waren, glaubte man die erwähnte Nebenrichtung nach oben auf Contraction des *obliquus superior* schieben zu müssen, und unternahm zu deren Beseitigung wohl gar die Durchschneidung dieses Muskels. Wenn nun auch grosse chirurgische Auctoritäten günstige Resultate eines solchen Verfahrens für die Stellung des *bulbus* angeführt haben, so steht es doch fest, dass eben diese Resultate lediglich der Durchschneidung und Ablösung der *subconjunctivalen* Faserkapsel, und nicht dem Eingriff in die Continuität des *trochlearis* zu verdanken waren. Denn es ist physiologisch unmöglich, dass der *trochlearis* bei der Einwärtsstellung der *cornea* diese nach oben zieht; es ist dies vielmehr gerade diejenige Stellung, in welcher der *trochlearis* am meisten nach unten wirkt. — Ob sich dagegen bei der fraglichen Aufwärtsstellung der *obliquus inferior* oder der *rectus superior* mit dem *rectus internus* verbindet, das dürfte aus der Stellung selbst nicht zu bestimmen sein. Eine Entscheidung gab mir hier wieder die Beobachtung der Doppelbilder an die Hand, zu der die Gelegenheit um so seltener ist, als *Diplocie* bei so hochgradigen Ablenkungen immer sehr ausnahmsweise spontan vorkommt, und auch

künstlich nur in einer kleinen Zahl von Fällen darzustellen ist. In diesen wenigen Fällen nun fand ich, dass, wenn sich das Gesichtobjekt nach der Seite des gesunden Auges herüberbewegt, und demgemäss die Hornhaut des Schielenden nach oben deviirt, dann das herabsinkende Doppelbild dieses Auges (mit seinem oberen Ende) sich bedeutend schief nach aussen neigt. Es nahm die Schiefstellung proportional mit der Senkung des Bildes zu, und demgemäss musste der verticale Meridian des Auges sich nach innen herüberneigen. Da ferner der Grad dieser (dem *rectus superior* conformen) Neigung den mit gleicher Richtung der Sehaxe vorkommenden physiologischen Neigungsgrad bedeutend überstieg, so dürfte wenigstens der Schluss gerechtfertigt sein, dass bei der Einleitung dieser Stellung sich der *rectus superior* in einer pathologisch überwiegenden Weise betheiligt. Trotzdem können wir die Zusammenziehung des *rectus superior* in diesen Fällen nur als eine mit der excessiven Spannung des *rectus internus* nothwendig verknüpfte Mitbewegung betrachten, aber dieselbe wenigstens ursprünglich nicht auf eine substantielle Vermehrung in dem mittleren Spannungsvermögen des *rectus superior* beziehen. Verdecken wir nämlich das gesunde Auge und lassen mit dem zuvor nach innen und oben schielenden fixiren, so flieht das gesunde Auge nach innen und weicht, wenn auch in geringerem Grade, ebenfalls nach oben ab. Wäre nun der Zustand auf vermehrter mittlerer Spannung des *rectus superior* zu basiren, so würde nach dem Gesetze der Associationen die willkührliche Erschlaffung dieses Muskels in dem ursprünglich schielenden Auge auch eine Erschlaffung des nämlichen Muskels im anderen Auge zur Folge haben, und es müsste demgemäss das gesunde Auge bei dem letzt erwähnten Versuch nicht nach in-

nen und oben, sondern nach innen und unten abweichen. — Der beste Beweis ferner, dass die excessive Zusammenziehung des rectus superior hier lediglich als eine Mitbewegung zu betrachten ist, geht aus den Wirkungen der tenotomie hervor; es genügt nämlich für diese Fälle zur Regulirung der Augenstellung die alleinige Tenotomie des rectus internus. So wie hierdurch die Cornea aus dem inneren Augenwinkel herausrückt\*), so biegt sich dieselbe

---

\*) Bei dem obwaltenden hohen Grade physiologischer Convergence ist immer die Durchschneidung successive auf beiden Seiten rätlich. Kurz nach Ablösung der Sehne muss ferner genau beobachtet werden, ob die erwartete Correction der Stellung, nämlich ein Abrücken aus der früheren um 2'''—3'', wirklich zu Stande gekommen sei; auch muss die Beweglichkeit nach innen gegen früher mindestens 1'''—1½''' verringert sein. Diese Vorsichten, welche sonst nach beendeter totaler Ablösung der Sehne zu entbehren sind, halte ich immer da für nöthig, wo man mit stark fibrösen Muskeln zu thun hat. Letzteres darf man für alle alten, sehr hochgradigen Ablenkungen vermuthen, und besonders findet es sich bei den besprochenen Fällen gleichzeitiger Deviation nach oben. Es giebt sich die fibröse Entartung der Muskeln vor der Operation besonders durch die langsame, in einzelnen abgebrochenen Stößen erfolgende Einstellung des Auges bei Verschluss des gesunden kund, welche jedoch im Gegensatz zu den unregelmässigen Schwankungen durch amblyopia protracta mit einer vollkommen genauen und ruhigen Fixation endigt. Bei solchen fibrösen Muskeln kommen nun nicht selten Adhärenzen zwischen der inneren Muskelfläche und der Sclera vor, durch ein dichtes Bindegewebe bedingt. Ich fand deren selbst im hintern Theil, jenseits des Aequators, und da sie die gewünschte Rücklagerung verhindern, so müssen sie vorsichtig gelöst werden, widrigenfalls trotz der vollständigsten Ablösung der Sehne kein Erfolg eintritt. Ihre Anwesenheit darf man immer vermuthen, wenn nach vollständiger Ablösung die anempfohlenen Kriterien ausbleiben. Strabismus divergens und eintretende Unbeweglichkeit hat man, so lange die seitlichen Verbindungen des Muskels nicht getrennt werden, selbst dann nicht zu fürchten, wenn man an dessen Scleralfläche sehr weit nach hinten geht. Für gewöhnlich ist dies natürlich als überflüssig und den Eingriff vermehrend zu vermeiden.

auch in den horizontalen Durchschnitt der Lidspalte zurück.

Zuweilen zeigen sich noch in der nächsten Epoche nach verrichteter Operation, unter bestimmten Stellungen der Sehaxe, und namentlich wenn das andere Auge geschlossen wird, Reste einer Aufwärtsdrehung, aber auch diese verlieren sich später. Nur wenn die Affection eine sehr inveterirte und das Schielen streng monolateral ist, scheint sich allmählig eine bleibende Texturveränderung im rectus superior der betroffenen Seite auszubilden. Alsdann giebt aber auch der früher erwähnte Versuch, beim Schluss des gesunden Auges, ein anderes Resultat; die Hornhaut des letztern dreht sich dann nicht mehr aufwärts im innern Augenwinkel, sondern wendet sich nun gerade nach innen und später sogar nach abwärts. Dann haben wir es auch mit einer Reihe von andern Fällen, nämlich mit Hinzutritt wirklichen comcomitirenden Schielens im Bereich des rectus inferior zu thun. Es gleicht sich nach verrichteter Tenotomie des rectus internus der Höhenunterschied zwischen beiden Hornhäuten nicht aus, und es ist, wenn letzteres überhaupt noch erforderlich scheint, nothwendig, den rectus superior zu durchschneiden.

II. Wesentlich verschieden von den erwähnten Fällen sind solche, wo von Anfang an der Höhenunterschied den Haupttheil der Ablenkung bildet, und können wir diese durchaus in das Bereich des concomitirenden Schielens nach oben, resp. nach unten gehörenden Fälle wiederum in zwei Gruppen theilen:

1) Die relativ häufigere Kategorie, welche 2 bis 3 Procent sämmtlicher Schielenden ausmacht, zeigt folgende Stellung: Der Höhenunterschied tritt sehr deutlich hervor, wenn das aufwärts schielende Auge nach der entgegengesetzten Seite sieht. Er ist schon viel

geringer beim Blick gerade aus, und verschwindet vollständig beim Blick nach der kranken Seite. Umgekehrt für Schielen nach unten ist die Ablenkung auffallend, wenn nach der kranken Seite gesehen wird; wird um so kleiner, wenn der Blick sich nach der gesunden wendet. Während die Hornhaut des gesunden Auges in dem horizontalen Durchschnitt der Lidspalte wandert, bewegt sich die Hornhaut des schielenden Auges in einer schiefen, gegen den inneren Augenwinkel aufsteigenden, gegen den äussern absteigenden Ebene.

— Die Kranken, welche meist Doppelsehen beibehalten, gewöhnen sich eine schiefe Kopfhaltung an. Die nach oben Schielenden drehen den Kopf um die vertikale Axe nach der gesunden Seite hin, um die Objekte auf der kranken Seite zu sehen, und die nach unten Schielenden wenden den Kopf nach der kranken Seite, um die Objekte auf der gesunden Seite zu sehen. Bei dieser Kopfhaltung zeigt das physiognomische Aussehen der Kranken zuweilen nichts Anomales, während in der umgekehrten die Entstellung oft sehr gross ist, wenn nämlich die Hornhaut der einen Seite sich zum Theil unterm obern Lide verbirgt, und die der andern Seite sich nach unten richtet.

— Die Doppelbilder sind bei der günstigen Kopfhaltung entweder verschmolzen oder sehr nah; und übereinander liegende Bilder werden, wie die Erfahrung lehrt, in geringerm Abstände weit weniger störend empfunden, verhalten sich also in dieser Beziehung wesentlich anders, als nebeneinander stehende. Wird in einer beliebigen Stellung das gesunde Auge geschlossen und mit dem schielenden fixirt, so tritt in dem gesunden eine durchaus concomitirende Ablenkung ein, d. h. es hebt sich dieses in die Höhe und geräth in Aufwärts-Schielen, wenn das schielende sich behufs der Fixation heben muss (*strabismus deorsum vergens*). Wir haben es also jedenfalls hier mit



einem wahrhaft concomitirenden Schielen nach oben, resp. nach unten zu thun. Es ist mir zur Zeit noch nicht möglich gewesen, trotz der genauesten Prüfungen der Doppelbilder diese Krankheit an die pathologische Verkürzung eines bestimmten Augenmuskels zu knüpfen, denn wenn es auch denkbar ist, dass eine Verkürzung des rectus inferior auf den Höhenstand der Hornhaut beim Blick nach aussen mehr Einfluss gewinnt, als beim Blick nach innen, so lässt sich doch für den andern Fall, den des Schielens nach oben, nicht erklären, warum die Verkürzung des rectus superior sich vorzugsweise beim Blick nach innen geltend macht. Wissen wir doch aus der Muskellage, dass die Wirkung beider Muskel auf den Höhenstand der Hornhaut grösser ist bei nach aussen als bei nach innen gerichteter Sehaxe. — Es ist also vermuthlich dieser Zustand ein sehr complicirter, und doch macht es die Regelmässigkeit der Symptome wahrscheinlich, dass sich diese pathologischen Bewegungen in irgend einer noch unbekanntem Weise den Gesetzen der natürlichen Augenbewegungen anschliessen.

Es kann hierbei eine leichte pathologische Convergence vorhanden sein, oder auch umgekehrt leichte Divergenz. Sehr häufig findet beides gleichzeitig bei verschiedenen Richtungen der Sehaxen statt, so beim Blick nach oben leichte Divergenz, beim Blick nach unten Convergence. In Betreff der Entstehung konnte ich nichts ermitteln. Gewöhnlich war die Affektion sehr alt, die Zeit ihres Ursprungs nicht näher anzugeben. Nur in wenigen Fällen war das Uebel später ohne nachweisbare Ursachen acquirirt. Einseitige Amblyopieen, Trübungen der brechenden Medien, langwierige Ophthalmien und die andern gewöhnlichsten Ursachen des concomitirenden Schielens waren niemals nachweisbar. Die Prüfung der Doppelbilder zeigte sich immer in ge-

nauester Uebereinstimmung mit der Ablenkung der Sehaxe. Durch Prismen waren, sofern die Ablenkung nicht zu hochgradig war, die Doppelbilder meist in einander zu bringen. Doch gaben einige Kranken ohne Accommodationsverschiedenheiten beider Augen ungleiche Entfernungen dieser beiden Bilder vom Auge an. Das oberhalb stehende Bild schien ihnen entfernter, und wenn Höhen- und etwaiger Seitenabstand durch Prismen ausgeglichen wurden, so hatten sie stets die Empfindung, als seien zwei Bilder hinter einander. Diese Empfindung verlor sich, wenn man auf das tiefer stehende Auge einen Druck ausübte, ganz ähnlich, wie es bei Trochlearis-Lähmung stattfindet.— Schiefheiten der Doppelbilder wurden ebenfalls zuweilen angegeben und war dann allemal das Bild des abwärts schielenden Auges nach innen, das des aufwärts schielenden Auges nach aussen geneigt; dennoch konnten theils wegen des geringen Grades der Schiefheit, theils wegen der Constanz derselben bei verschiedenen Richtungen der Sehaxen hieraus keine Schlüsse auf die vorwaltend betheiligten Muskeln gemacht werden.

Obgleich ich wohl wusste, dass dieser Zustand nicht von Kontraktur des rectus superior, resp. inferior abhängig sei, so habe ich doch die tenotomie dieser Muskeln wiederholentlich verrichtet, und waren die Erfolge für die Kranken meist sehr befriedigend, ganz die, welche man der Natur des Uebels zufolge erwarten konnte. Es wird nämlich keineswegs eine genaue Stellung und gleichmässige Bewegung des schielenden Auges durch dieselbe eingeleitet, aber es wird die schiefe Linie, in der sich die Hornhaut bei horizontal wandern dem Gesichtobjekt bewegt, es wird diese schiefe Linie dem Grade der Rücklagerung proportional gehoben, resp. gesenkt, wobei sie ihrer früheren Richtung nahezu parallel bleibt. Demnach wird auch das Aufsteigen der

Hornhaut, wenn sie die Lidspalte vom äusseren nach dem inneren Augenwinkel durchläuft, seinem Grade nach dasselbe bleiben, aber es ward erreicht:

- 1) dass die Basis der schielenden Hornhaut mit der gesunden Hornhaut nicht, wie früher, nach der einen Seite des Gesichtsfeldes konvergirt, resp. dieselbe hier schneidet, sondern dass sich beide Bahnen in der mittleren Hälfte des Gesichtsfeldes treffen;
- 2) dass das Maximum des Höhenunterschiedes, der nun für die eine Hälfte des Gesichtsfeldes positiv, für die andere negativ ausfällt, mindestens auf die Hälfte und in der Regel noch mehr reduziert wird. Ersteres gilt für den Fall, dass bei dem äussersten, günstigen Seitenblick vollkommene Höhengleichheit Statt fand, letzteres dagegen für den gewöhnlicheren Fall, dass hier noch ein geringer Höhenabstand erhalten ist.

Der sub 1 erwähnte günstige Umstand befähigt die Kranken, bei sich drehenden Bildern den Kopf gerade zu halten, und die Vortheile, welche sie früher an der seitlichen Grenze des Gesichtsfeldes erstrebten und meist unvollkommen erreichten (bei mangelhafter Ausgleichung der Höhendifferenz), jetzt unverkürzt in dem mittleren Theil des Gesichtsfeldes zu geniessen. Der sub 2 erwähnte Umstand drückt die bedeutende Verminderung der Entstellung aus, welche bei der ungünstigsten Richtung der Sehaxe stattfindet.

Die Vortheile solcher Durchschneidungen sind gross genug, um sie ohne Zögern als ein den Kranken im höchsten Grade dienliches Vorhaben zu empfehlen.

Um dieselben zu erreichen, ist nichts als ein richtiges Bemessen des endlichen Operationserfolges nach der für die speziellen Verhältnisse erforderlichen Rück-

lagerung nöthig; hierauf will ich aber bei Gelegenheit dieser kurzen Notiz nicht näher eingehen, um so weniger, als die Methoden sich ganz den allgemeinen Weisen bei der Schieloperation anschliessen, über welche ich einige systematische Artikel für die künftigen Lieferungen des Archivs bestimmt habe.

Als Beispiel für diese Klasse von Schielenden möge folgender Krankheitsfall dienen:

W., 40 Jahre alt, schielt beim Blick grade aus, mit dem linken Auge mässig nach unten, beim Blick ganz nach links steht die linke Hornhaut bedeutend tiefer als die rechte. Beim Blick nach rechts ist der Unterschied nur sehr geringe. Wird das Objekt in 2' Entfernung gehalten, so ist bei horizontaler Visirebene in der Mittellinie der Höhenunterschied der Doppelbilder 7", nach links 12", nach rechts 3". Beim Blick nach oben sind die Verhältnisse ziemlich dieselben (in der Medianebene Höhenunterschied der Bilder 6", nach links 12", nach rechts 3½"); beim Blick nach unten sind die Unterschiede bei seitlicher Bewegung des Objekts etwas weniger markirt, obwohl immer noch deutlich genug (Höhenunterschied der Bilder grade aus 5", nach links 8", nach rechts 3½"). Beim Blick nach oben ist leichte Divergenz (seitlicher Abstand der gekreuzten Doppelbilder 2"), in der horizontalen Visirebene stehen die Bilder ziemlich grade über einander, beim Blick nach unten ist einige Convergence, und zwar nimmt die letztere nach links herüber zu (seitlicher Abstand der Doppelbilder 5"), nach rechts wird sie beinahe 0. — Das Bild des linken Auges steht entfernter, und zwar am meisten beim Blick nach links und oben. — Keine Schiefheit der Bilder.

Es wird die Durchschneidung des linkseitigen *rectus inferior* unternommen. 8 Tage nach der Operation steht für den Blick gerade aus die linkseitige Horn-

haut in normaler Höhe, beim Blick nach links etwas tiefer (Abstand der Doppelbilder 4"), beim Blick nach rechts etwas höher (Abstand der Doppelbilder 4"). Beim Blick nach oben ist das Verhältniss eben so, d. h. die Bilder stehen für die Medianlinie in einer Höhe, nach links hebt sich das Bild des linken Auges, nach rechts senkt es sich über das des anderen. Beim Blick nach unten ist auch jetzt, wie vor der Operation, der Wechsel im Höhenunterschied — von rechts nach links — weniger stark, als für die anderen Stellungen. Was die früher vorhandene pathologische Divergenz anbetrifft, so ist dieselbe um etwas vermehrt, wie es sich aus den seitlichen Abständen der gekreuzten Doppelbilder kund giebt. Beim Blick nach unten ist jedoch noch immer pathologische Convergenz, wenn auch geringer wie früher, vorhanden. Nur in einer Stellung ist jetzt, nach der Operation, die Convergenz erheblicher, als vor der Operation, nämlich beim Blick stark nach rechts und unten. Dies Factum, welches ich öfters nach Durchschneidung des rectus inferior gefunden, ist schwer zu erklären, und will ich die Andeutungen, die ich hierüber besitze, auf spätere detaillirtere Arbeiten verschieben. — In der Empfindung dieses Entfernternehmens des einen Bildes hatte die Operation keinen Unterschied gemacht, dagegen war nach derselben eine leichte Schiefstellung des dem linken Auge zukommenden Bildes, nämlich eine Neigung desselben nach rechts, die vorher vermisst wurde, vorhanden; dieselbe war beim Seitenblick nach links am grössten (8°); gerade aus schon weit geringer. Da ich solche Schiefheit in allen anderen Fällen von tenotomie des inferior niemals konsekutiv eintreten sah, so vermuthe ich, dass sie auch hier präexistirte, aber des grösseren Abstandes des Bildes wegen nicht zur Wahrnehmung kam. — Sie war übrigens für den Patienten so wenig störend,

dass, wenn der Seitenabstand der gekreuzten Doppelbilder durch Prismen ( $6-8^\circ$  Basis nach aussen) ausgeglichen wurde, derselbe durch das Doppelsehen im ganzen mittleren Theil des Gesichtsfeldes nicht mehr gestört wurde, und so die Verhältnisse seines Sehens gegen früher ausserordentlich verbessert fand. Oft ist der Unterschied zwischen dem Höhenabstand beim Blicke nach oben und nach unten ebenfalls sehr ausgeprägt, nämlich die Abweichung in dem unteren Theile des Gesichtsfeldes weit geringer. Am exquisitesten sah ich dies bei einem 20jährigen Mädchen, welches mit dem rechten Auge nach beschriebener Weise aufwärts schielte. In der oberen Peripherie des Gesichtsfeldes traten alle früher angegebenen Charaktere bei der seitlichen Bewegung der Objecte ein. Es stieg die Hornhaut, je mehr das Object nach links wanderte, und sank für die umgekehrte Richtung ziemlich zu ihrer normalen Höhe herab. In der unteren Hälfte des Gesichtsfeldes dagegen war der Höhenunterschied kaum merklich, obwohl immer noch durch die Doppelbilder angedeutet. Mit etwas zurückgebeugtem Kopf sah das Mädchen ziemlich normal, bei entgegengesetzter Haltung aber höchst entstellt aus. Auch hier wurde die Durchschneidung des rectus superior gemacht. Um jedoch keinen zu extensiven Effect zu erhalten, die Conjunctivalsutur eingelegt. Die Hornhaut sank um so viel herunter, dass sie bei einer geraden Kopfhaltung und zur Angeichtsfläche senkrechten Sehaxe des gesunden Auges normal stand. Beim seitlichen Blick machten sich dieselben Höhenschwankungen bemerkbar, die aber aus obigen Gründen weniger entstellend waren. Beim Blick gerade nach unten stand sie etwas tiefer, beim Blick gerade nach oben noch höher als die gesunde. So verhielt es sich 4 Wochen nach der Operation, kurz nach derselben waren wegen unvollkommener Wirkung des superior

die Verhältnisse durch Insufficienz dieses Muskels bestimmt.

Ich besitze eine grosse Anzahl dieser Beobachtungen in meinen Journalen, welche durch Angabe aller Details, namentlich in Beziehung auf die Doppelbilder, vervollständigt sind. Allein ich fürchte, durch deren Aufzählung meine Leser zu ermüden, weil sich dem Wesentlichen darin so viel Zufälliges anschliesst. Hier kam es mir nur darauf an, zu begründen, in wiefern die Durchschneidung des obern resp. des untern geraden Augenmuskels, mit welchen früher mancher Missbrauch getrieben, bei diesen Kranken zulässig ist.

2) Ein concomitirendes Schielen durch vermehrte Spannung des rect. superior, resp. inferior bedingt, kommt ebenfalls, aber ausserordentlich selten vor. Ich habe unter etlichen Tausenden von Schielenden diese Form nur drei Mal gesehen. Es war hierbei zwei Mal eine schwache pathologische Konvergenz bei einem verhältnissmässig grossen Höhenunterschied, ein Mal aber, wo strabismus sursum vergens nach Paralyse des rectus infer. konsekutiv entstand, blieb eine Spur von Divergenz aus dem früheren Uebel zurück. Wird das Objekt von rechts nach links bewegt, so bleibt der Höhenabstand ziemlich gleich. Beim Blick nach oben und nach unten zeigen sich die Abweichungen ganz analog. Es verhält sich demgemäss die Deviation hier zum rectus superior resp. rectus inferior ganz so, wie sich die gewöhnliche Deviation beim Schielen zum rectus internus und externus verhält. Schwankungen nach der einen oder anderen Richtung kommen freilich hier so gut als dort vor. Ebenso wie beim konvergirenden Schielen der Grad der Ablenkung häufig, wenn gleich nicht immer, bei sich hebender Visirebene wächst, so

nimmt der Höhenunterschied bei strabismus sursum vergens meist um Einiges zu, wenn das Gesichtsojekt auf die gegenüberliegende Seite des Gesichtsfeldes gebracht wird, es ist aber diese Zunahme verschwindend klein gegen die früher (sub 1) geschilderten Fälle, und bei strabismus deorsum vergens sah ich neulich auch das Gegentheil, nämlich die schielende Hornhaut senkte sich im innern Augenwinkel mehr als im äussern, ein Verhältniss, was auch noch nach Tenotomie des rectus inferior einigermassen angedeutet blieb. In allen Fällen waren Doppelbilder vorhanden. Eine leichte Schiefstellung des einen Bildes, entsprechend der Wirkung des angespannten Muskels auf den vertikalen Meridian, wurde nur einmal beobachtet.

Diese Form zeigt in vollkommen byopischer Weise die Gesetze des Concomitirens: mögen die Verhältnisse der Fixation beliebig geändert werden, immer steigen und sinken die Hornhäute in gleichem Grade.\*) — Die Krankheit wird am besten durch die Tenotomie des rectus superior resp. inferior gehoben. Prismatische Gläser sind freilich sehr geeignet die Doppelbilder zu befreien, aber eine Korrektion der Stellung wird nur bei geringen Graden des Schielens dadurch erreicht. Dass

---

\*) Verwechslungen mit noch bestehender Parese des rectus superior resp. inferior sind natürlich von vorne herein auszuschliessen. So wie es sich um concomitirendes Schielen handelt, ist auch die Begriffsbestimmung immer scharf festzuhalten; kraft der dasselbe das veränderte Gleichgewicht in der Verkürzung der Muskeln ohne Behinderung der Innervation bezeichnet. Dass Nervenkrankheiten diesen veränderten Zustand der Muskeln erzeugen und demnach paralytischen strabismus verursachen können, ist ausser Zweifel, aber die Krankheiten stehen dann in ursächlichen und nicht in Identitätsverhältniss, und wenn strabismus concomitans nach paralyse eintritt, so ist dies eben der Beweis, dass die paralyse als solche geheilt, d. h. die Innervation wieder hergestellt ist.



der Nutzen der Prismen hier ein beschränkterer ist, als bei Abweichungen nach innen, resp. nach aussen, liegt wohl in der geringeren Willkühr, unter welcher der obere und untere Augenmuskel im Dienst des Einfachsehens stehen. Allerdings finden sich auch in dieser Beziehung sehr excursive individuelle Schwankungen. Ich selbst bin nicht im Stande, die Wirkung eines Prismas von 2 Grad durch willkürliches Schielen nach oben zu compensiren, doch finden sich Beobachter, die selbst ein Prisma von 10 Grad, wenn auch für kurze Zeit, bemeistern. Jedenfalls ist die Anwendung der Prismen auch hier ein kostbares Mittel in der Nachbehandlung, um den kleinen Höhenunterschied, der etwa zurückbleibt, auszugleichen.

Schliesslich seien mir noch einige Bemerkungen über die Tenotomie des rectus superior erlaubt. — Die Ausführung der Operation hat keine Schwierigkeiten, obwohl sie etwas unbequemer als für den rectus externus und internus ist. Der Haken muss, besonders beim rectus inferior, noch vorsichtiger als bei den gewöhnlichen Schieloperationen unter die Muskelsehne geführt werden, weil durch jedes ausgedehnte Zerreißen der zellgewebigen Verbindungen ein höchst widerwärtiges Herabsinken des untern Conjunctivalsacks bedingt wird. Ein solches Herabsinken spricht sich durch vermehrte verticale Oeffnung der Lidspalte und durch eine grössere Ausschweifung des unteren Lides aus. Ist trotzdem eine derartige Verletzung vorgefallen, so kann der Effekt durch Anlegung einer Conjunctivalsutur (durch die Conjunctiva und getrennten Bindegewebsschichten geführt), wieder verbessert werden. Die Verhältnisse des oberen und unteren Augenmuskels zu den zellgewebigen Verbindungen sind übrigens ganz dieselben, wie die des rectus externus und internus. Bei recht präciser Ablösung der Muskelsehne von der Sclerotica, ohne Verletzung der

seitlichen Einscheidungen, fährt der abgelöste Muskel fort, beinahe in ungeschwächter Weise auf den bulbus zu wirken. Es darf höchstens eine Verringerung der Beweglichkeit von 1''' erfolgen. Dennoch spricht sich das verringerte Wirkungsvermögen des abgelösten Muskels durch die stärker vikariirende Aktion des entsprechenden schiefen Muskels unmittelbar nach der Operation aus (A. f. O. Bd. I. 1 pag. 8). Durchschneidung des Muskels in seiner Kontinuität hat hier dieselben ungünstigen Folgen, wie überhaupt in der Schieloperation. Das vordere Stück geht zu Grunde, und die Beweglichkeit bleibt unvollständig oder ganz verloren. Das Auge folgt alsdann dem Antagonisten, und es entsteht eine wahrhaft scheussliche Entstellung, wie ich sie in zwei aus der ersten Periode der Schieloperation herrührenden Fällen sah. Beiden Patienten war vor 10 Jahren der musculus rectus superior durchschnitten. Die Hornhaut stand stark nach unten und war nach oben beinahe gar nicht beweglich, nur der obliquus inferior vollführte eine rotirende Bewegung nach aussen und etwas nach oben, welche Rotation jedoch die Hornhaut kaum bis zur horizontalen Stellung brachte. Dabei war eine jede Intention, aufwärts zu sehen, mit einem gewaltsamen widernatürlichen Öffnen des oberen Lides verknüpft.

Es erklärt sich dies durch die im physiologischen Zustande begründete Coincidenz in der Thätigkeit des rectus superior und des levator palpebrae, bei welcher Zusammenwirkung offenbar der erstere den Impuls ertheilt. Wird nun bei vermindertem Wirkungsvermögen des rectus superior (und verdecktem gesunden Auge) eine möglichste grosse Willenskraft auf den geschwächten (oder übertrieben zurückgelagerten) rectus superior ausgeübt, so wird ein ähnliches Quantum auf den gesunden levator palpebrae superioris gelenkt, und dieser letztere zu einer excessiven Zusammenziehung veranlasst. Auch bei Oculomotorius-

Lähmung, wenn der levator bereits wieder leitungsfähig geworden, aber der rectus superior noch paralytisch ist (ein Vorgang, der nicht zu den Seltenheiten gehört), sieht man aus ähnlichen Gründen ein weiteres bei gewissen Stellungen und unzuweckmässig scheinendes Oeffnen der Lidspalte. Bei letzteren Paresen des rectus superior kommt es vor, dass für gewisse Stellungen der Sehaxe, z. B. dicht über der horizontalen Visirebene, das Einfachsehen noch möglich ist. Es geschieht dies aber durch eine besondere Anstrengung des paretischen Muskels, der auch eine besondere Anstrengung des levator palpebrae entspricht. Man darf übrigens, um physiologische Schlüsse zu machen, sich nicht an den blossen Anblick halten, sondern muss wo möglich Messungen anstellen, denn durch das ungewohnte Erscheinen des weissen Sclerotalstreifens oberhalb der Hornhaut entsteht bei jedem tieferen Stande der cornea der Anschein, als sei die Lidspalte weiter klaffend.

Die Insufficienz des abgelösten Muskels pflegt sich übrigens, wie beim rectus externus, 24 Stunden nach der Operation deutlicher zu zeigen, als unmittelbar darauf. In den nächsten Wochen nimmt dieselbe successive wieder ab, und es darf für den einen wie für den anderen Muskel nach Ablauf von 4 Wochen der Effect als bleibend angenommen werden. Dieser ist nun nach richtig vollbrachter Operation der, dass für eine beliebige Richtung der Sehaxe auf der gesunden Seite die Hornhaut des operirten Auges jetzt  $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ “ tiefer steht, als für dieselbe Stellung des gesunden Auges vor der Operation. Die bestehende Convergenz pflegt (mit Ausnahme der Stellung nach innen und unten, resp. innen und oben) um Einiges, aber höchst unbedeutend, verringert zu werden. Es geht hieraus hervor, dass die Durchschneidung dieser Muskeln zur Ausgleichung einer bestehenden erheblichen Convergenz durchaus nicht verwerthet werden kann, und dass man sich zu diesem Werke allein der Rücklagerung des internus, resp.

Vorlagerung des externus zuzuwenden habe. Dagegen kann dieselbe selbst da sich erfolgreich beweisen, wo das Schielen von andern Muskeln ausgeht. (Wie bei der oben pag. 293 erwähnten Form). In derselben Weise würde auch Schielen von den obliquis ausgehend (s. A. f. O. l. c.) durch die Tenotomie des *rectus superius resp. inferior* zu bessern sein, und dürfen wir hierin eben so wenig etwas Seltsames sehen, als in der Thatsache, dass prismatische Gläser bei dieser Affection die Doppelbilder zu einer approximativen Deckung bringen. Da jedoch die Höhendeviation bei dieser Krankheit höchst unbedeutend ist, so werden prismatische Gläser im Allgemeinen den Vorzug verdienen.

Mit Durchschneidung des innern graden Augenmuskels darf die Tenotomie des superior an einem und demselben Auge verbunden werden, doch ist dies nur auf die früher angegebenen Fälle, wo eine substantielle Verkürzung des *rectus superior* vorhanden ist, zu beschränken. Niemals rathe ich auf einmal die Durchschneidung beider Muskeln zu machen, sondern im Abstand von einigen Wochen. Die umfangreiche Ablösung der subconjunctivalen Zellschicht verursacht sonst ein grösseres Hervortreten des Auges, wozu schon die doppelte Sehnendurchschneidung disponirt. Wird beides *à deux temps* vorsichtig verrichtet und eventuell die günstigen (den Effect verkleinernden) Momente (kleiner Schnitt, Conjunctival-Sutur, etc.) kunstgerecht benutzt, so tritt kein Nachtheil in Betreff des Grössenunterschiedes der Augen hervor. Den *rectus inferior* sah ich nur zweimal in der Weise beim convergirenden Schielen betheiliget, dass eine spätere Durchschneidung desselben nöthig erschien. Ein leichter Unterschied in der Grösse ist unter diesen Verhältnissen noch schwerer zu vermeiden, als für den

rectus superior. Zu einer gleichzeitigen Durchschneidung beider recti superiores oder inferiores kann concomitirendes Schielen niemals den Grund abgeben. Es wäre ein solches Verfahren eben so widersinnig, als wenn man gleichzeitig einerseits den internus und andererseits den abducens durchschnitte. Dagegen kann es bei anderen Krankheitszuständen angezeigt sein. Nach mehrjährigen Ophthalmieen, die mit starkem Blepharospasmus begleitet sind, kommt zuweilen doppelseitige Contractur des rectus superior vor. Dieselbe erklärt sich dadurch, dass beim heftigen Lidschluss die Hornhaut sehr stark nach oben gezogen wird. Hierdurch ist dann ein höherer Stand der Hornhäute, so wie schwere und unvollkommene Beweglichkeit nach unten bedingt, und diese Stellung stört im physiognomischen Ausdruck der Augen um so mehr, als durch die langwierige Contraction des orbicularis die Höhe der Lidspalte kleiner blieb. — Bei einem 18jährig. Mädchen waren die Hornhäute beiderseits von dem oberen Lide halb verdeckt und deren unterer Rand von der palpebra inferior durch einen breiten Sclerotalstreifen getrennt; ich löste theils der hochgradigen Entstellung, theils der behinderten Funktion wegen gleichzeitig die Sehnen beider recti superiores und nahm nicht Anstand, in den nächsten Tagen nach der Operation stark nach unten sehen zu lassen, um eine möglichst grosse Rücklagerung der superiores zu erzielen. Die Operation besserte das Uebel nach allen Seiten hin, einmal nämlich rückten die Hornhäute von ihrer widernatürlichen Höhe herab und sodann trat wegen der umfangreichen Durchtrennung des Subconjunctival-Gewebes eine weitere Oeffnung der Lidspalte ein. Vielleicht mochte auch das Wirkungsvermögen des levator durch den oben angeführten Hergang bei Schwächung des supe-

rior gesteigert worden sein. Der cosmetische Zweck war über alles Erwarten erreicht.

Nachtheilige Folgen, aus der mechanischen Verletzung selbst entstanden, habe ich bei diesen Durchschneidungen nicht gesehen. Ecchymosen kommen dabei etwas häufiger vor (besonders beim rect. inf.). Bildung von Wundknöpfen sah ich hier niemals; wahrscheinlich ist dies dadurch zu erklären, dass hier die Thränenflüssigkeiten nicht in gleicher Weise auf die Wunde wirken, wie bei Tenotomie des rect. intern.

Fälle von Albinismus. Von Prof. C. W. F. Uhde.

Seit den 20ziger Jahren besteht zu Braunschweig eine Familie Rettberg, deren erstes Kind, Eduard, ein Albino war, und zu der Mansfeld'schen Schrift (über das Wesen der Leucopathie etc. Braunschweig 1822. 4.) Veranlassung gab. Die Eltern dieses Albino baben später noch fünf Kinder gezeugt, wovon das II. (männl.) schwarzbraune Haare, bläuliche Iris und schwarze Pupille, das III. (weibl.) braune Haare, dunkle Iris und schwarze Pupille, das IV. (weibl.) weisse Haare, hellblaue Iris und rothe Pupille, das V. (weibl.) bräunliche Haare, dunkle Iris und schwarze Pupille, das VI. (männl.) weisse Haare, hellblaue Iris und rothe Pupille hat.

Das Bild Tafel II. Figur I. ist von dem 17jährigen Fritz Müller aus Braunschweig, welcher noch ein paar gesunde Geschwister hat und von Eltern mit dunklen Haaren und Augen geboren ist. Seine Hautfarbe ist gelblich, seine Haare bräunlich, seine Iris braungrau und seine Pupillen erscheinen durchaus roth. Im Halbdunkel leuchten die Augen und besitzen etwas Funkelndes. Er liest damit auf  $\frac{3}{4}$  Fuss Entfernung *petit* Sonst verhalten sich die Augen, gerade wie die des Albino, welche Schlegel (Ein Beitrag zur näheren Kenntniss der Albinos. Meining. 1824. 8. p. 44) trefflich geschildert hat.



## Erklärung der Tafeln.

---

Tafel I. zu Meissner's Lehre von den Bewegungen des Auges.  
(Vergl. pag. 1—123).

Tafel II. Fig. 1. Albino mit braunen Haaren und leuchtender Pupille  
zu Uhde. (Vergl. pag. 308).

Figur 2—4 zu A. v. Graefe, Mittheilungen verschiedenen Inhalts.

Figur 2 Präparat von Chorioideitis tuberculosa bei einem Schwein.  
(Vergl. pag. 210).

Figur 3 u. 4 Fälle von spontanen Linsendislokationen. (V. p. 255).

---





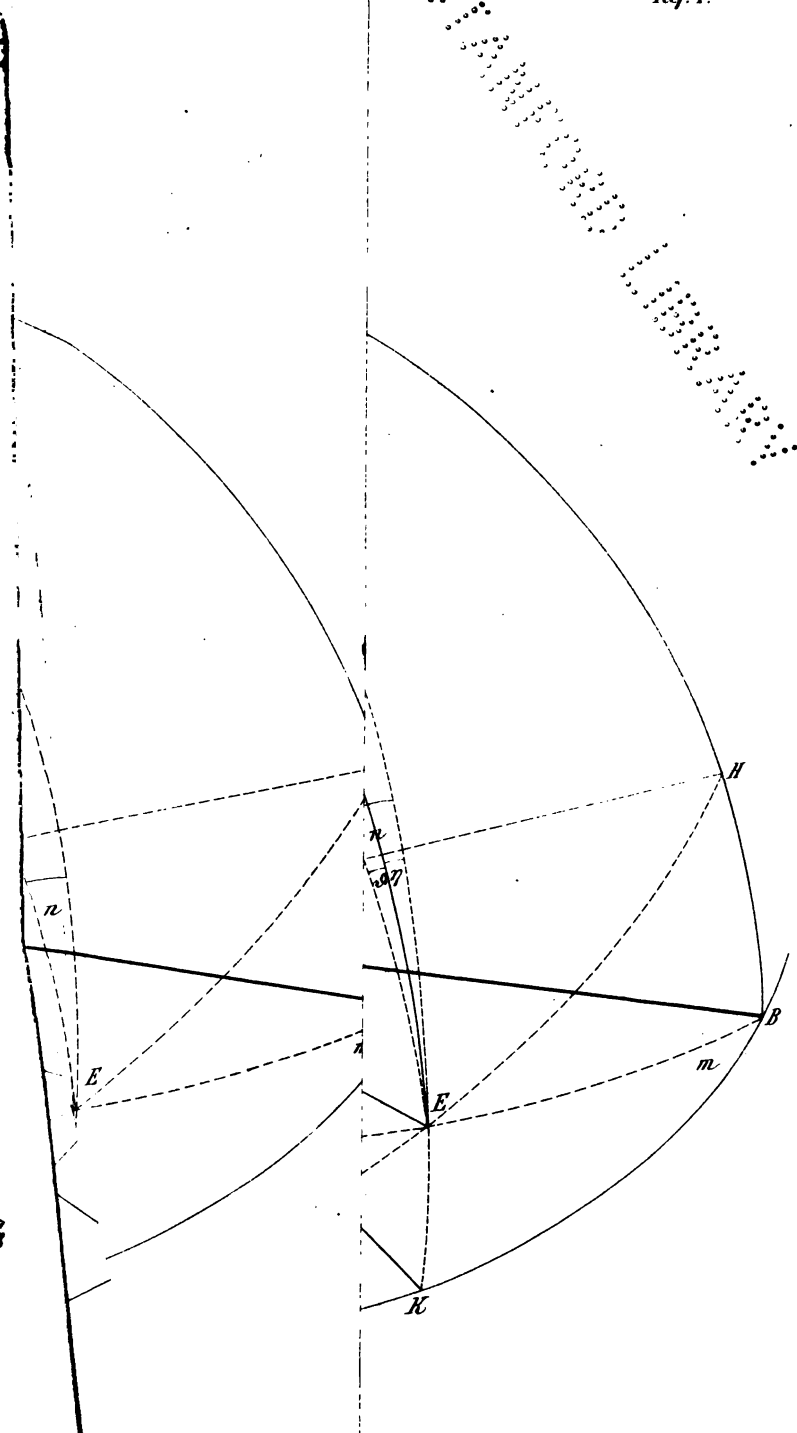
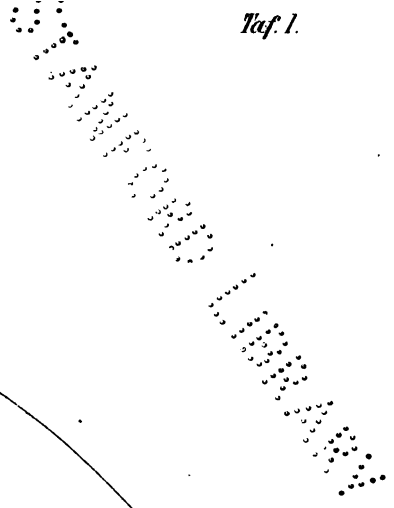




Fig. I.

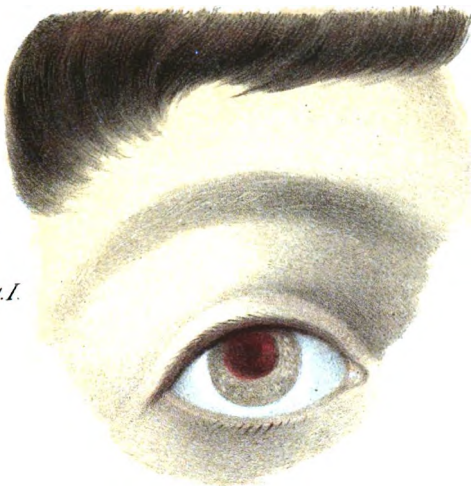


Fig. II.

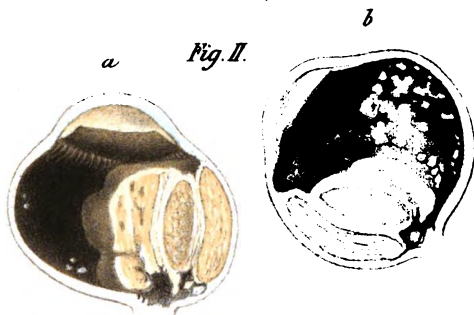
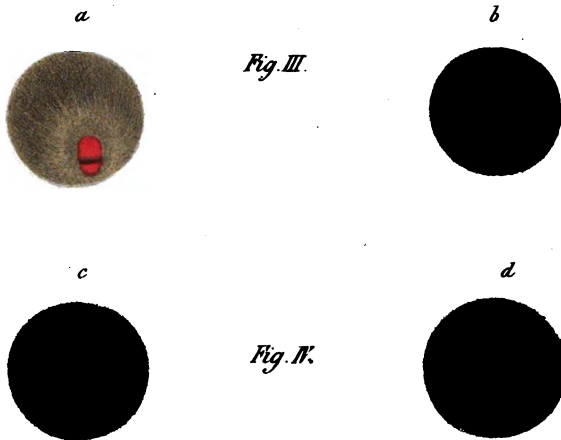


Fig. III.



STANFORD  
UNIVERSITY  
LIBRARY  
SANTA ANA  
CALIFORNIA



**THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE  
STAMPED BELOW**

—  
**RENEWED BOOKS ARE SUBJECT TO IMMEDIATE  
RECALL**

**LIBRARY, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, DAVIS**

**Book Slip-25m-6,'66 (G3855s4)458**