Beiträge zur Physiologie und Pathologie des Auges / von Josef R. v. Hasner.

Contributors

Hasner, Josef von, 1819-1892.
Francis A. Countway Library of Medicine

Publication/Creation

Prag : Calve, 1873.

Persistent URL

https://wellcomecollection.org/works/txxgguag

License and attribution

This material has been provided by This material has been provided by the Francis A. Countway Library of Medicine, through the Medical Heritage Library. The original may be consulted at the Francis A. Countway Library of Medicine, Harvard Medical School. where the originals may be consulted. This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

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

wellcome collection

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

28.6.13.

This work must be consulted
in the Boston Medical Library
8 Fenway

This work must be consulted
in the Boston Medical Library
8 Fenway

№ 3805.155

GIVEN BY

Dr. B. Joy Jeffries.

Digitized by the Internet Archive
in 2011 with funding from
Open Knowledge Commons and Harvard Medical School

http://www.archive.org/details/beitrgezurphysio00hasn

Dr B. Joy Jeffries

BEITRÄGE

ZUR

PHYSIOLOGIE UND PATHOLOGIE

DES

AUGES.

3805.155

VON

PROF. JOSEF R. v. HASNER.

MIT 2 XYLOGRAPHIEN IM TEXT.

PRAG 1873.

VERLAG DER J. G. CALVE'schen K. K. UNIV.-BUCHHANDLUNG.

(OTTOMAR BEYER)

SCHOENHOF & MOELLER.

40 WINTER ST.

BOSTON

BEITRÄGE

ZUR

PHYSIOLOGIE UND PATHOLOGIE

DES

AUGES.

3805.155

VON

PROF. JOSEF R. v. HASNER.

MIT 2 XYLOGRAPHIEN IM TEXT.

PRAG 1873.

VERLAG DER J. G. CALVE'schen K. K. UNIV.-BUCHHANDLUNG.

(OTTOMAR BEYER)

C

DR. B. JOY JEFFRIES,
MAR. 15, 1899

PUBLIC LIBRARY
OF THE
CITY OF BOSTON

Druck von Heinr. Mercy in Prag.

Vorwort.

In den vorliegenden Heften hat der Verfasser einen Standpunkt eingenommen, welcher vielleicht hie und da Anstoss finden wird, denn es wurden pathologische, physiologische und philosophische Principien erörtert, und bei der Arbeitstheilung, welche in unseren Tagen auch auf geistigem Gebiete stattgefunden hat, könnte es Manchem befremdend erscheinen, dass sich ein oculistischer Specialist an physiologische und philosophische Grundsätze heranwagt. Aber ich gebe zu bedenken, dass ja der Pathologe die Physiologie nicht entbehren kann, und wo die Letztere mit ihren Problemen noch nicht zum Abschlusse gekommen ist, wird der Pathologe genöthigt, mit Hand anzulegen. Kann ja doch die Physiologie gleichfalls der Pathologie nicht entrathen, und emanirt manch physiologisches Gesetz geradezu evident nur aus pathologischen Erscheinungen! Und schliesslich: — was sind und bedeuten wir denn Alle, wenn wir nur an der Scholle des Experimentes und der Symptome kleben bleiben; und uns nicht zu philosophischen Abstractionen aufzuschwingen vermögen!

Dies mag mich daher entschuldigen und rechtfertigen, wenn ich hie und da physiologisches und philosophisches Gebiet betrete. Gelangte ich doch auch dahin unwillkürlich, Schritt vor Schritt, indem ich aus der Verwirrung, in welcher sich bis zum heutigen Tage die Ansichten über das Schielen befinden, herauskommen wollte. Die erste Abhandlung enthält in Kürze den schliesslich gewonnenen allgemeinen Standpunkt. Ich bekenne mich

darin zur Entwickelungslehre auf dem Gebiete des Sinnenlebens im Gegensatze zu Empirismus und Nativismus. In der zweiten wird der Nachweis des Modus der Wirksamkeit der Bewegungskräfte des Auges auf Grund der Experimente mit dem automatischen Auge geliefert. Die dritte entwickelt die Theorie der parallelen Blicklinien, und schien es nöthig, einmal die Form der Parallelbewegung der Augen für sich genauer zu erörtern, wobei manche neue physiologische Gesichtspunkte gewonnen wurden, welche namentlich von wichtigem Einflusse auf die Erklärung pathologischer Formen, wie das Schielen, sind. — In der vierten Abhandlung habe ich die von mir 1859 statuirte Lehre von den Projectionssphären wieder aufgenommen, und nach einem erweiterten Gesichtspunkte dargestellt. Ich darf wohl einiges Gewicht auf diese Abhandlung legen, worin das Zustandekommen der Tiefenempfindung, wie ich glaube, exacter als bisher begründet ist. Die fünfte Abhandlung enthält meine Theorie des Schielens, wie ich sie seit mehreren Jahren lehre, und welche sich wesentlich auf die in der dritten und vierten entwickelten Grundsätze stützt. Sie ist so einfach und zwingend, dass ich glaube, man werde dieselbe kaum beanständen können. Hier habe ich ferner mein Verfahren der Strabotomie und Enucleation des Auges kurz beschrieben. In der 6. und 7. Abhandlung sind zwei von mir angegebene neue Instrumente dargestellt und die 8. schliesst mit einigen Bemerkungen über Tatuage der Hornhaut.

Prag, Jänner 1873.

I. Sinnenleben und Sehen.

Die ältere Psychologie und Physiologie haben einander lediglich darin unterstützt, dass sie beide zwischen sich eine recht hohe Scheidewand aufführten. Es ist Aufgabe der neueren Forschung geworden, diese Scheidewand einzureissen, um einen freieren Einblick in die Lebensvorgänge zu gewinnen. Die älteren anthropocentrischen Lehren, später die Corpuscularphilosophie waren die Vorboten einer philosophischen Richtung, welche das Subject als ein Untheilbares, in dem alle Formen des Objectes a priori liegen, angenommen hat. Begann doch Schopenhauer, der letzte bedeutende Repräsentant des Idealismus, seine Philosophie mit den Worten: die Welt ist meine Vorstellung! und behauptete, dass dieser Erfahrungssatz allgemeiner als alle anderen, selbst als Zeit, Raum und Causalität sei. Wir müssen jedoch sagen: die Welt stellt sich allerdings in unserer Vorstellung buchstäblich uns vor, aber dies hindert nicht, dass sie selbst real sei. Vielmehr ist jene Vorstellung nur ein Spiegelbild der Welt, welches gerade dazu dient, den allgemeinen absolut giltigen Beweis für die Realität der Welt herzustellen. In unseren Sinnen liegt die Bestätigung der Realität der Welt, insofern sie den Rechenbeweis, den logischen Beweis hiefür zu liefern vermögen. Wir fassen die Welt in unserer Vorstellung, aber durch den mathematischen Beweis der Rückconstruction, und ohne das Object der Welt wäre alle subjective Abstraction unmöglich.

Es dürfte kaum gefehlt sein, wenn wir annehmen, dass der Grund aller Irrungen der idealistischen Philosophie wesentlich darin zu suchen sei, dass sie zwischen Intuition und Abstraction eine scharfe Scheidewand zog. Hiedurch hat sie sich von der Naturwissenschaft getrennt, ist aus dem Garten der Natur in luftige Salons eingezogen, in denen sie ungestört arbeiten kann. Es wäre dagegen nichts zu sagen, wenn sie die Leiter, welche in jene luftigen Salons führt, nicht umgestürzt hätte, so dass sie, von der Welt abgesperrt, sich von ihr immer mehr entfremdete und verkümmerte. Die Naturwissenschaft muss endlich die Aufgabe übernehmen, die Stufen wieder aufzubauen, um ihre verschmachtende Schwester zu retten. Sie wird es vollbringen, mag diese auch jetzt noch, gleich einer spröden Schönen, sich gegen solche Rettung zieren und sträuben, und in dem Wahne leben, dass sie allein stark genug sei, die Räthsel der Welt durch die reine Begriffswissenschaft zu lösen.

Schon rührt es sich gewaltig unter den Naturforschern unserer Tage. Das Bedürfniss philosophischer Forschung wird immer allgemeiner, und die Einsicht dringt immer mehr durch, dass wir denn doch gar unbedeutende Leute bleiben, wenn wir uns begnügen, am schaalen Zeuge zu kleben, und froh sind, wenn wir irgendwo „Regenwürmer“ finden, und dieselben einfach zur Sammlung der anderen legen. Die nächste Epoche der Naturwissenschaften wird und muss der Naturphilosophie gehören! und der Weg zur richtigen Erkenntniss führt durch die Kritik der Philosophie.

Zwischen Intuition und Abstraction ist offenbar kein Unterschied als jener des Grades, der Richtung und der Zeit, eine scharfe Grenze darf hier nicht gezogen werden. Sowohl die Intuition als Abstraction gehen innerhalb des Organischen, speciell innerhalb des Nervensystems vor sich. Die Abstraction ist die Fortwirkung der Intuition und daher eine Dependenz derselben. Wo sich ein Sinneneindruck geltend macht, kann dies nur dadurch geschehen, dass er gewisse Veränderungen im Organischen hervor-

ruft. Diese Veränderungen, welche es auch sein mögen, sind nunmehr, ganz allgemein ausgedrückt, Manifestationen des Individuums, welche je nach der Susceptibilität des Organischen, sich als sehr mannigfache, zeitlich und räumlich mehr minder dauernde und verbreitete Veränderungen und Gestaltungen des Organischen darstellen werden. Diese Gestaltungen nennen wir in einer Form und Richtung Denkvorgänge. Sie kommen bei uns durch Reflexwirkung auf den Kehlkopf als Sprache, durch jene auf die Hand als Schrift zur Aeusserung. Der Begriff kann aber nicht, wie Kant anzunehmen scheint, durch eine Art Generatio aequivoca, frei entstehen, er kann sich allerdings zu einem von den Schlacken der Erfahrung gereinigten, segenannten transcendentalen Denken emporarbeiten, aber seinen Ursprung aus den sinnlichen Vorgängen darf er niemals verläugnen. Er hat seinen bürgerlichen Namen von dem sinnlichen Vorgange des Greifens erhalten, und keinerlei Inhalt, welcher es auch sei, kann ihn zu einem von der sinnlichen Welt abgelösten, freischwebenden Wesen machen. Denn alle Veränderungen des Lebendigen müssen an Etwas haften, die sogenannten abstracten Begriffe und das Bewusstsein machen davon keine Ausnahme. „Das Bewusstsein ist nicht, — wie Du Bois Raymond annimmt, — etwas Neues, bis dahin Unerhörtes, welches erst an einem Punkte der Entwickelung des Lebens auf Erden auftritt, etwas Unbegreifliches, etwas, vor welchem der in — ∞ angesponnene Faden des Verständnisses zerreisst.“

Es ist vielmehr allenthalben vorhanden, als Zellenbewusstsein überall im Organischen, dessen Grundbedindung es ist, ohne welchem gar kein organisches Leben wäre. Im Totalindividuum stellt es in jedem Thiere, in jeder Pflanze ganz dasselbe dar, welches man zu aller Zeit mit den verschiedenen Namen der Idee des Individuums, der Lebenskraft, dem Erhaltungstriebe u. s. w. bezeichnet hat. Die Individualität besteht in Thier und Pflanze stets aus einer Summe von Centren, die wieder in einem oder mehreren Hauptcentren zusammenlaufen. Und alle diese haben ihr „Bewusstsein.“

Gehen wir zu dem Leben der Sinne über, so setzt sich alle Sinnesthätigkeit aus einer Reihe von physischen Impressionen zusammen, aus welchen durch Construction der Begriff der Qualitäten der Aussenwelt hervorgeht. Diese Construction kann nichts Anderes sein, als eine Form des mathematischen Calculs. Die Sinneseindrücke sind nämlich mathematische Factoren oder Vorlagen, welche mit dem Sinnesorgane in Contact treten, worauf die Reaction durch einen mehr oder minder exacten Calcul erfolgt. Der Schluss des Sinnesactes ist also ein Rechnungsresultat.

So besitzt der Sehsinn in der That alle Eigenschaften, um sowohl Zeit- als Raumintervalle zu messen und zu berechnen. Namentlich hat er mit Rücksicht auf letztere Function die evidenteste Einrichtung eines geometrischen Messapparates. Freilich darf man sich die Sinnesfunction nicht so vorstellen, dass das Auge beim Sehen jedesmal auch wirklich zu einem vollkommen exacten ziffermässigen Resultate gelange, noch weniger, dass dieses Resultat auch in Worten ausgedrückt werden könne. Im Gegentheile sind die allermeisten Bestimmungen des Sehsinnes über Grösse, Entfernung, Farbe etc. der Objecte lediglich constructiv und inexact. Es handelt sich im gewöhnlichen Leben auch nur höchst selten um einen vollkommenen Calcul, noch seltener um die Formulirung desselben. Um uns z. B. beim Gehen, Arbeiten, in Gesellschaft etc. zu orientiren, reichen Näherungswerthe vollkommen hin. Aber Anlage und Uebung im Vereine gelangen hier oft so rasch zu so exacten Resultaten, dass sie bei Ungeübten Staunen und Bewunderung erregen. Mit welcher Schnelligkeit und Genauigkeit schätzen nicht Forstleute, Ingenieure, Artilleristen u. a. Entfernungen der Objecte! Und besteht nicht die Kunstfertigkeit des Portraitmalers wesentlich darin, dass er Grössen- und Farbenwerthe des Originals auf Grundlage genauer Messung, oft selbst schwieriger Reductionen der von dem Originale auf seinen Netzhäuten projicirten Bilder wiedergibt?!

Wenn wir dies erwägen, so kommen wir sofort zu dem wichtigen allgemeinen Grundsatze, dass allenthalben das Mass der Leistung eines Organes eine Function sowohl der Anlage als der Uebung ist. Aber beide unterliegen dem Gesetze der Entwickelung, und bewahren nach dieser Seite hin jede für sich eine gewisse Selbständigkeit.

Bei bedeutend entwickelter Anlage kann nämlich die Leistung dennoch gering sein, wenn die Uebung gering ist, und umgekehrt kann die Leistung bei geringer Anlage durch Uebung exacter werden. Absolut jedoch fordert selbstverständlich jede Leistung sowohl Anlage als Uebung derselben, und jede derselben besitzt bei freiem Spielraum doch gewisse unübersteigliche Grenzen, welche eben durch das immanente Princip der Individualität gegeben sind.

Die Beziehungen der Physis zur Psyche, die Variabilität der Erscheinungen des Lebens innerhalb der Individuen, demnach auch jene der Sinnesorgane, sind also keineswegs räthselhaft, denn sie bedeuten allenthalben Gestaltungs- und Thätigkeitsformen, welche sich auf mathematische Gesetze stützen und auf solche zurückgeführt werden können.

Was wir schwerer zu erfassen vermögen, ist der Plan, das Ideal, das immanente Princip, nach welchem jene Gestaltungsformen zu Stande gekommen sind, und als solche ihre Individualität, ihr specifisches Ideal entwickeln und bewahren. In neuester Zeit drängt sich allerdings eine Theorie, welche man die Darvin'sche zu nennen pflegt, immer mehr in den Vordergrund, nach welcher, beherrscht vom Gesetze der Transmutation die höheren Formen sich aus den niederen einfach im Kampfe um das Dasein entwickelt haben sollen. Es müsste somit, wie alles Leben, so auch das Ideal jeder lebendigen Individualität lediglich eine Folge des aus dem Kampfe des Beharrungsstrebens des Einen mit jenem des Anderen hervorgehenden Rechtes des Stärkeren sein. Aber dieses Gesetz kann nicht für sich der Grund der Erscheinungswelt sein, denn diese

müsste eine endliche Grenze haben, oder ins Chaos führen, wenn nicht mindestens zwei Gesetze, das eine auf die Erhaltung, das andere auf stetigen Wechsel der Formen zugleich abzielten. Soll daher jene Theorie Geltung haben, so müsste sie dahin formulirt werden, dass im ewig fortdauernden Kampfe der beiden Kräfte — Transmutation und Stabilität — eine ewige Entwickelung der Erscheinungswelt vom Einfachen zum Zusammengesetzteren nur insofern möglich ist, als diese Entwickelung nach dem Kräfteparallelogramm eine Mittelkraft bedeutet, welche aus der Wirkung zweier Seitenkräfte — Transmutation und Stabilität — resultirt. Nennen wir die eine dieser Seitenkräfte besser Attraction, Gravitation oder Schwere und die andere Fliehkraft oder Centrifugale, so wird die Application derselben auf die organische Welt offenbar durchsichtiger und greifbarer, denn diese beiden Kräfte gelten bereits allgemein als das Grundprincip, das Bewegende, der sogenannten leblosen, anorganischen Natur, und es ist nicht der geringste Grund vorhanden, sie aus der organischen Welt auszuschliessen, da letztere sich mit, auf und aus der ersteren entfaltet.

Doch wir kehren nach dieser kurzen Abschweifung zur Erklärung der sinnlichen Vorgänge zurück. Hier begegnen wir sofort dem bis zum heutigen Tage noch offenen Kampfe zwischen Empirismus und Nativismus. Die Einen — Nativisten — leiten alle Sinnesvorgänge von angebornen Einrichtungen, die Anderen — Empiristen — von der Erziehung, dem erlernten Verständniss ab. Nach den Einen wäre also, anders ausgedrückt, die Seele schon bei der Geburt ein fertiger Rechenmeister, nach den Andern müsste sie das Rechnen erst lernen. Man sieht sofort, dass die Einen ihren Schwerpunkt in der Anlage, die Anderen in der Uebung suchen. Nun wurde bereits oben erwähnt, dass allerdings sowohl Anlage als Uebung die Leistung der Organe allgemein bedingen, und es erhebt sich daher die Frage über den Antheil jeder derselben bei den Sinnesvorgängen.

Betrachten wir zum Zwecke der Lösung dieser wichtigen Frage die Erscheinungswelt im Ganzen, so kann dieselbe nur insofern wirklich sein, als sie in Raum und Zeit besteht. Da aber sowohl Raum als Zeit nichts Anderes als mathematische Begriffe sind, so müssen die Principien der Zahlen die Principien der Dinge sein (Pythagoras), und wir können uns allgemein mit der Ueberzeugung begnügen, dass die Erscheinungswelt, wo und wie sie auch sei, immer dann in ihrem Wesen richtig erkannt werde, wenn sie richtig gerechnet wird.

So geben, um ein Beispiel anzuführen, 452 Billionen Zeitintervalle in der Secunde (einschliesslich bestimmter Wellenlänge und Schwingungsdauer) den Begriff „Roth.“ Wo immer irgend sich so viele und solche Schwingungen geltend machen, sind sie nichts Anderes und können nichts Anderes sein, als dasjenige, was wir roth nennen. Was hiebei schwinge, kommt an sich nicht in Frage. Es kann irgend ein (hypothetischer) Aether sein oder es schwingen Nervenelemente oder andere Stoffe. Auch vom Orte der Schwingungen ist der Begriff des Roth unabhängig. Aber allerdings erhebt sich allenthalben auch mit sofort die Frage über die räumliche Bedeutung der bestimmten Zeitintervalle, und damit gelangt der zeitliche Begriff an sich in die räumliche Relation, mit welcher auch die Frage über die Beziehungen jener Zeitintervalle zu dem organischen Individuum zusammenhängt. Diese Frage löst sich leicht und einfach durch die Thatsache, dass die Erscheinung des Roth von doppelter Art sein kann, subjectiv nämlich und objectiv. Individuelle Rothschwingungen der Sehnervenfasern, welche sich über das Gebiet des Nerven nicht verbreiten, daselbst beginnen und terminiren, geben den Begriff des subjectiven Roth; objectives Roth dagegen bedeutet die Fortpflanzung von Rothschwingungen der Aussenwelt, welche sich im Raume von ihrer Aussenquelle ununterbrochen bis zu dem Sehnerven verbreiten, ihn zu gleichen Schwingungen erregen, erscheinen und damit zum Bewusstsein gelangen. (Neuerlich hat H. Kaiser (physiol. Optik) die

Vermuthung ausgesprochen, dass sich die Aetherschwingungen im Gewebe der Retina auch in Wärme umsetzen können; ferner glaubt er, dass die Geschwindigkeit der Bewegung von Aethermolecülen in der Nervenmasse abnehmen müsse, weil die Masse eines Aetherelementes im Vergleich zu jener eines Nervenelements sehr klein sei. — Dies letztere ist aber in hohem Grade hypothetisch, da es sich um Umsetzung von allgemeinen Naturkräften in organische Lebensvorgänge handelt, und nichts zu der Annahme zwingt, dass die Leitung von Bewegungsformen des Lichts in den Nerven mehr Hindernisse finde als in anderen Stoffen).

Die objective Erscheinungswelt kommt also im Nervensystem der Thiere zum Bewusstsein. Diese Erscheinungsart, das Bewusstwerden der Aussenwelt im Organischen setzt nun thatsächlich stets eine Einrichtung der Organe voraus, wodurch die Fortwirkung, die Wiederholung des äusseren Processes im Innern ermöglicht wird.

Derselbe muss sich im Organischen einleben können, damit er daselbst erscheine. Anders ausgedrückt, muss die Leistungsfähigkeit ganz entschieden angeboren, im Organe begründet sein. Das Auge kann niemals riechen oder hören, sondern es muss sehen oder doch schauen können.

Bei dieser Auffassung der Verhältnisse ist es nun nicht wohl begreiflich, dass sich Nativisten und Empiristen so scharf getrennt haben. Was ist denn bei den Sinnesvorgängen, das zu Streit Veranlassung gäbe? Gewisse immanente Einrichtungen der Anlage in den Sinnesorganen müssen doch wohl die Empiristen ebenso zugestehen, als es die Nativisten thun. Denn wäre die anatomische und physiologische Einrichtung unserer Sinnesorgane nicht ganz so, wie sie ist, so müsste auch deren Leistung und unser Urtheil über die Sinneswelt anders sein. Ist nun die specifische Leistungsfähigkeit eines Organes schon bei der Geburt des Individuums vorhanden, so muss sie sich auch schon beim ersten Gebrauche, bei der ersten Thätigkeitsäusserung des Organes specifisch manifestiren.

Freilich kann die Exactheit der Leistung, ich möchte sagen die Geläufigkeit des Organes, nur durch Erziehung und Uebung erlernt werden. Jede Sinnesfunction ist nämlich einer Vervollkommnung, einer Entwickelung innerhalb der dem Individuum zukommenden idealen Grenzen der Anlage sowohl als der Uebung fähig, welche sich nach den verschiedenen Arten und Gradationen der Verwendung richtet; damit vereinigen sich, wie ich glaube, Nativismus und Empirismus, und jeder Streit muss entfallen, denn die Seele ist weder bei der Geburt ein fertiger Rechenmeister, noch muss sie das Rechnen erst lernen, sondern Anlage und Uebung müssen vom Anfange bis zum Ende der Sinnesthätigkeit zusammenwirken, aber beide sind einer Entwickelung fähig, welche erst in dem erreichten Ideal der Individualität ihre Grenze findet. Hätte z. B. die Hand nicht fünf Finger, sondern wäre sie ein Stumpf, so könnte sie nicht greifen. Bei der gegebenen Einrichtung aber muss sich schon dem Neugebornen, da er bei der ersten Bewegung der Hand einen Körper zufällig mit den Fingern tastet, die Körperlichkeit desselben als Eigenschaft, der Raumbegriff unmittelbar aus den Hindernissen ergeben, welche eben diese Körperlichkeit der Muskelwirkung und dem Tastgefühl entgegenstellt. Der Neugeborne mag und kann sich vorerst mit diesem einfachsten geometrischen Resultate begnügen und erst durch Uebung wird allmälig das Urtheil über die Qualitäten der gegriffenen Körper exacter, emancipirt sich so zu sagen jeder einzelne Finger immer mehr als geometrisches Organ. Wie weit die geometrische Leistung der Hand ausgebildet werden kann, lehren Klaviervirtuosen, und in Blindeninstituten kann man sich überzeugen, dass zu dieser Ausbildung nicht einmal die Unterstützung des Sehsinnes nöthig ist. — Aber wie selten wird überhaupt diese so wie jede andere Fähigkeit bis an ihre äusserste Grenze ausgebildet und ausgenützt, denn für das gewöhnliche Bedürfniss genügt eine ganz oberflächliche Verwendung derselben. Wir essen den Apfel ohne ihn nach allen Dimensionen auszumessen; es genügt, ihn

aus Umriss und Farbe als solchen erkannt zu haben, worauf der Geschmackssinn angeregt wird, und der geometrische dagegen in den Hintergrund tritt. So ist es überall im Leben der Organe wie der Individuen. Die Thiere kommen in der Ausnützung ihrer Fähigkeiten dem Ideale ihrer Individualität meist nach kurzer Entwickelungzeit sehr nahe. Aber gerade der Mensch erreicht es nur in den seltensten Fällen annähernd nach langjähriger Entwickelung; unter Millionen Menschen gelangen immer nur Einzelne und auch diese nicht im vollsten Maase zu jener Ausbildung, zu jener hohen Stufe der physischen und geistigen Cultur, deren die Menschheit fähig ist. Der Rest geht mit meist sehr mangelhaft ausgenütztem Talente zu Grabe. Die Natur ist eben in der Anlage ihrer Blüthen verschwenderisch, aber in der Reifung ihrer Früchte karg. — Darüber jedoch kann kein Zweifel sein, dass der erste und elementarste Calcul des Lebendigen über die Qualitäten der Dinge auf den dem Organischen immanenten, ursprünglich gegebenen Anschauungsformen der Zeit und des Raumes ruhen müsse. Wäre dies nicht der Fall, so gäbe es gar keine lebendige Individualität, denn es ist der Begriff derselben, dass sie sich als solche räumlich und zeitlich begrenzt fühlt, das heisst sich als Subject der objectiven Unendlichkeit gegenübersetzt. Dies Grundgesetz muss sich in allen Details der Manifestation des Lebendigen geltend machen. Die unendliche Variabilität jener Manifestationen, welche im Leben jeder einzelnen organischen Zelle ebenso wie des zusammengesetzten Thieres zur Erscheinung kommen, zu erforschen, ist Aufgabe der Naturwissenschaft. Es wäre jedoch geradezu absurd, irgend Etwas ausserhalb jener Grundbedingungen des durch das Endliche in die Erscheinung kommenden Unendlichen postuliren zu wollen, denn die Welt, das Geschehen ist ja, allgemein ausgedrückt, nichts Anderes als die Differenzirung, das Endlichsetzen, die Darstellung, die Entwickelung des Unendlichen in Raum und Zeit.

Wenn wir die Leistungen des Sehorganes näher

betrachten, so ergibt sich, dass dasselbe ein Zeit- und Raumsinn zugleich in höherer Bedeutung und Wirkung als alle übrigen Sinnesorgane ist. Mit Rücksicht auf die Erkenntniss der Zeitintervalle vermag das Auge 452 bis zu 785 Billionen Schwingungen von bestimmter Wellenlänge und Schwingungsdauer (roth bis violett) in der Secunde zu fassen, während das Ohr blos für 32 bis 73.000 Schwingungen distinctionsfähig ist. Es fordert dies selbstverständlich eine bestimmte Ziffer der Schwingungsfähigkeit, d. h. specifische Erregbarkeit der Nervenelemente des Sehnerven. — Für das Flächensehen bedarf es zweier Coordinatenaxen im Auge, und in der That sind diese als nahezu orthogonale Coordinaten in den Trennungslinien der Netzhäute (der horizontalen und senkrechten) gegeben. Der Anfangspunkt der Coordinaten ist die Stelle des directen Sehens. Die Quantität der erregten sensitiven Einheiten der Netzhaut, bezogen auf die Coordinatenaxen, gibt nach mathematischen Gesetzen den Begriff der Fläche, und man kann also sagen, dass, da dem Auge der Flächenbegriff thatsächlich innewohnt, die Netzhaut jene Coordinateneinrichtung nothwendig besitzen müsse. Die Tiefenwahrnehmung endlich resultirt aus der Doppelung des Sehorganes, wodurch eine Beziehung der beiden von verschiedenen Standpunkten gewonnenen Retinalbilder auf einander möglichst ist. Ferner ergibt sie sich daraus, dass bei der Convergenz der Sehaxen die orthogonalen Coordinatensysteme der beiden Netzhäute im Mittelpunkte zusammenfallen, aber daselbst um eine der Axen und einen bestimmten Winkel gegen einander gedreht werden können, woraus sich von selbst eine dritte schiefwinklige Tiefenaxe ergibt. Der Winkel der Drehung ist die Parallaxe, aus diesem Winkel und den drei Coordinatenaxen berechnet sich leicht die Körperlichkeit, die Tiefe, indem jeder Punkt im Raume, auf drei Coordinatenaxen bezogen, bestimmt werden kann.

Es genügt also für die Auffassung des Sehactes als Raumsinn vollkommen, die sensitiven Einheiten in der musivischen Schichte der Netzhaut als in das Sehorgan

eingebettete Localzeichen oder Tastorgane aufzufassen, welche durch Bewegung des Auges in der Richtung der Blicklinie mit dem Lichte der Aussenwelt in Contact kommen, woraus sich jene Erregungsfactoren ergeben, welche für den Calcul nothwendig sind.

Es ist sogar für den bezeichneten Zweck einerlei, ob wir dieses Verhältniss als solches festhalten, oder ob wir durch Umkehrung desselben, durch Herstellung eines reciproken Verhältnisses die Netzhaut und ihre Tastorgane nach aussen an die Spitze der Blicklinie versetzen und sagen: Das Auge ist ähnlich wie die Hand, das Greiforgan, ein Tast- und Messorgan der Körperwelt, welches mittelst eines arthrodisch beweglichen, zur Verkürzung und Verlängerung eingerichteten Hebels (der Blicklinie) in die Aussenwelt hinausgreift, und so die Eigenschaften der Körperwelt zu berechnen, beurtheilen, zu erkennen vermag.

Im Grunde vermögen wir auch nur dann von einem vollkommenen Sehacte zu sprechen, wenn wir das Verhältniss der Verkleinerung unseres Retinalbildes durch Umkehrung aufheben. Die Verkleinerung des Objectes im Retinalbilde ist nämlich lediglich eine Versinnlichung, ein Factor im Calcul, aus welchem erst durch Umkehrung das reale Verhältniss hergestellt werden kann.

In diesem Sinne, aber auch in keinem anderen, lässt sich von einer Projection nach aussen sprechen. Wir projiciren nicht nach aussen, sondern wir beurtheilen, berechnen blos aus dem doppelarmigen Hebel (zusammengesetzt aus dem Werthe der Blicklinie und jenem des Abstandes des Knotenpunktes von der Netzhaut), ferner aus der Grösse des Retinalbildes die Grösse des Objectes. Ebenso, wie wir, wenn wir mit den Fingern tasten, nicht einen Eindruck projiciren, sondern lediglich den Contact des Objectes mit unserem Nervensysteme herstellen, so stellen wir durch Bewegung des Auges die Möglichkeit her, dass sich die Aussenwelt in unsere Netz-

haut einlebe, womit die sämmtlichen Factoren für eine richtige Berechnung der Entfernung und Grösse des Objectes sich ergeben. Aber insofern sich die Aussenwelt auf der Netzhaut nicht real darstellt, sondern sich umgekehrt und reducirt *im Bilde* projicirt, ist es sogar durchaus nothwendig, dies Verhältniss durch Umkehrung aufzuheben, um zu einem richtigen Resultate zu gelangen. Ganz ebenso versinnlicht die Bewegung des Schattens an der Sonnenuhr und die scheinbare Bewegung der Sonne, die wirkliche Bewegung der Erde. Tausendfach beruht unser Urtheil auf ähnlichen reciproken Verhältnissen, und unsere Sprache z. B. ist voll solcher Widersprüche, deren wir uns nur selten sofort klar bewusst werden.

Wenn wir in der Netzhaut eine Reihe gesonderter sensitiver Einheiten, sogenannte Sinnes- oder Localzeichen voraussetzen, wie sie durch die Flächenausbreitung der Retinalbilder für das Flächensehen postulirt werden und auch thatsächlich vorhanden sind, so ist es für uns von keinem Interesse, in die Frage einzugehen, ob die gleichzeitig erregten nervösen Elemente ihre Erregungen „als solche“ zum Centralorgane leiten, oder ob sie blos die zwingende Veranlassung sind, dass daselbst correspondirende Zustände geweckt werden, welche, wie man sagt, seelisch, einfach, raumlos, rein intensiv sind. Jedenfalls gelangen jene Erregungszustände nur insofern zum Bewusstsein, als sie geordnet, zurechtgelegt, gerechnet werden, und die Bedingungen dieser Ordnung sind bereits im Sinnesorgane selbst erfüllt. Vielleicht hat das Centralorgan lediglich die Aufgabe, die Verbindung der verschiedenen peripheren Sinnen-Erregungszustände untereinander zu einem Ganzen herzustellen, das Resultat des einen Sinnesorganes durch jenes eines zweiten gleichsam zu controliren und so die Idee der zusammengesetzten Individualität als Ganzes thatsächlich von einem Knotenorgane, von dem Centrum des Nervenlebens aus, zu vertreten. Wie dem auch sei, so ergibt sich schon daraus, dass die Abhängigkeit des Centralorganes von den ein-

zelnen Sinnesorganen keinesfalls unbedingt sei, wohl aber von allen zusammengenommen, und aus dem früher Erwähnten dürfte sich ergeben, dass „raumlose seelische Zustände“ sich mindestens jedem Calcul entziehen, und daher auch ausser dem Bereiche unserer Betrachtungen liegen.

II. Die Applicationsgesetze der monocularen Bewegung.

Bei der Einrichtung der Sinnesorgane begegnen wir überall bestimmten zu Grunde liegenden mathematischen Gesetzen. Jedoch müssen allenthalben Grundgesetze und Applicationsgesetze unterschieden werden. So liegt z. B. jeder Arthrode das Gesetz der nach allen Dimensionen des Raumes um drei orthogonale Hauptaxen drehbaren Kugel zu Grunde. Aber die anatomische Einrichtung der arthrodischen Organe ist meist von der Art, dass dieses Gesetz nicht im ganzen Umfange strenge durchgeführt werden kann, sondern nur annäherungsweise erreicht wird. Wir können jene Gesetze, welche sich aus der mit Rücksicht auf den anatomischen Bau nöthig gewordenen Aenderung in der Durchführung der Grundgesetze ergeben, die *Applicationsgesetze* nennen. So entsprechen die Insertionen der Augenmuskeln und deren Lagerungsverhältnisse den Grundgesetzen der Arthrode nur in angenäherter Weise. Die senkrechte Axe des Auges ist allerdings festgehalten, aber die horizontale weicht um 20°, die Tiefenaxe um 35° ab. Daraus resultiren für die Einzelwirkung der Augenmuskeln Applicationsgesetze, welche zum Theile vom Grundgesetze sehr erheblich differiren. Aber die Natur gewinnt, indem sie bei der Construction der Organe oft auf einen Vortheil verzichtet, eine Reihe anderer. Sie beschränkt sich selbst an einem Orte in der Durchführung eines Grundgesetzes, um mit einfachen Mitteln im engen Raume mehrere derselben zugleich mindestens annähernd zu

realisiren. Dabei gelingt es ihr meist, die an einem Orte nöthig gewordene Beschränkung an einem anderen wieder auszugleichen. So konnte sie darauf verzichten, die arthrodische Bewegung des Auges vollständig auszunützen, denn diese Beschränkung kann ja durch die arthrodische Drehung des Kopfes im Halsgelenke, noch mehr durch die ermöglichte Drehung des ganzen Körpers ausgeglichen und corrigirt werden. Damit wurde aber am Auge der wesentliche Vortheil erreicht, dass dasselbe durch Nase, Orbita und Lider geschützt ist, dass der Sehnerv auf dem nahezu kürzesten Wege vom Gehirn zum Augapfel gelangte, dass die Bindehaut nahezu gespannt erhalten wird u. v. A. Auch konnte nunmehr namentlich darauf verzichtet werden, die Einzelwirkung der Augenmuskeln auszunützen. Denn die Bewegungen des Auges werden nur dann sicher, leicht und aus allen Stellungen nach allen Richtungen erfolgen, wenn jede Innervation *eines* Muskels sofort jene aller übrigen wachruft, so dass jede Bewegung nach einer Richtung durch alle Muskeln gefördert, und auch die minimste Irrung des einen durch die Steuerung der anderen corrigirt werden kann. Diess führt zur Betrachtung der Gesetze der monocularen Bewegung.

Aus Versuchen mit dem (von mir zuerst construirten) arthrodischen automatischen Auge, dessen Muskelinsertionen auf Grundlage der von Ruete hiefür bestimmten und allgemein angenommenen Coordinaten gewählt wurden, ergibt sich, dass sowohl bei der Drehung als Rollung des Auges niemals ein Muskel für sich verkürzt und sein Antagonist verlängert sein kann. Ueberhaupt können als Antagonisten im strengeren Sinne lediglich zwei Muskeln, der externus und internus aufgefasst werden. Aber auch diese wirken bei der Drehung nach aussen und innen niemals für sich zusammen. Bei der *Aussenbewegung* in der Bahn des externus ist dieser Muskel höchstens als Führungsmuskel anzusehen; immer wird diese Bewegung auch mit durch Verkürzung der beiden obliqui gefördert. Dabei steuern diese Muskeln ebenso wie der rectus superior und inferior, welche letzteren beide in Gemeinschaft

mit dem Rectus internus durch active Verlängerung die Aussenwendung gestatten. Bei jeder geraden Aussenwendung wirken also drei Abductoren als Ganzes, und stehen ihnen drei Adductoren als Antagonisten entgegen. Der Externus ist Führungsmuskel, der Internus Antagonist, und die Bewegung hat vier Steuerer, von denen zwei (die obliqui) die Contraction des Externus, zwei (superior und inferior) die active Entspannung des Internus reguliren.

Dasselbe in umgekehrter Ordnung findet bei der geraden Innenbewegung statt. Hier ist der Internus Führungsmuskel, der Externus Antagonist, zwei Steuerer (superior und inferior) reguliren und fördern die Contraction des Internus, zwei (die obliqui) die Entspannung des Externus.

Bei der reinen Hebung und Senkung gibt es keine Führung durch einen einzelnen Muskel mehr, sondern diese Bewegung geht als Mittelkraft stets aus zwei Seitenkräften hervor. Die Hebung resultirt aus der gleichzeitigen Spannung des Superior und Obliquus inferior, welchen beiden der Inferior und Obliquus superior als Antagonisten entgegenwirken, wobei der Rectus internus und externus steuern. Dasselbe in umgekehrter Ordnung findet bei der Senkung statt.

Während also bei der reinen Seitenwendung drei Muskeln führen, zugleich vier steuern, scheint es, dass bei der reinen Hebung und Senkung blos zwei Kräfte führen, und zwei steuern. Da aber bei der letzteren Art von Bewegung im Grunde die beiden Seitenkräfte wechselseitig als Steuerer anzusehen sind, so ist auch hier für die Steuerung ebenso wie bei der Seitenwendung offenbar durch vier ja, mit Rücksicht auf die beiden antagonistischen Seitenkräfte, sogar durch sechs Steuerkräfte vorgesorgt. Daher kann auch diese Art der Bewegung stets harmonisch vor sich gehen.

Die Innervation muss sich also in allen Fällen der Bewegung den sämmtlichen sechs Muskeln zuwenden, es ist bei gar keiner Art von Bewegung irgend ein Muskel

in Ruhe, immer ist eine ganze Gruppe derselben dahin thätig, die Bewegung direct zu führen, und die Gruppe der übrigen wirkt dahin, die Bewegung nach der intendirten Richtung zu reguliren, zu steuern. Nur beide Kräftegruppen, also alle sechs Muskeln zusammengenommen können das Ziel vollständig erreichen. Wenn man dazu erwägt, dass mit Ausnahme des Obliquus superior alle Muskeln bandartig sind, und ihnen in gewissem Sinne ähnlich wie breiten Muskeln das Vermögen der Selbststeuerung innewohnt, so ist offenbar allen Anforderungen dadurch entsprochen, dass in jedem Momente jedem Muskel sowohl das Geschäft der Führung als der Steuerung zum Theile übertragen, und so die Bewegung des Auges ununterbrochen regulirt werden kann. Wir können daher sagen, dass die sämmtlichen Muskeln zusammengenommen das Auge gleichwie ein einziger *trichter-* oder *becherförmiger Hohlmuskel* umfassen, welcher stets als Ganzes innervirt wird, und das Ziel der Bewegung in der gefordeten Richtung bald durch Verkürzung bald durch Verlängerung seiner motorischen Elemente zu erreichen vermag.

Dies wird ganz besonders ersichtlich bei den Bewegungen des Auges in schräger Richtung sowie bei den Rollbewegungen.

Bei den Schrägebewegungen kann selbst in jenen Fällen, wo die Bewegung in der Bahn eines Muskels fortschreitet, diese Bewegung niemals geradlinige Führungsbewegung um feste Halbaxen sein, denn jeder der beiden Obliqui, so wie der Superior und Inferior, müssten wenn sie eine Einzelwirkung hätten, die Gesichtslinie in krummen Bahnen bewegen, und zwar der Superior nach oben innen, der Inferior nach unten innen, der Obliquus inferior nach oben aussen, der Obliquus superior nach unten aussen.

Es müsste daher immer eine viel erheblichere Rollung um die Gesichtslinie erfolgen, als thatsächlich stattfindet, woraus von selbst folgt, dass die Führung des Auges in schräger Richtung durch einen einzigen Muskel

niemals vorkommen kann. Es müssen hier vielmehr stets, wie auch das automatische Auge lehrt, noch mehr als bei der reinen Hebung, Senkung und Lateralbewegung alle sechs Muskeln theils als führende Seitenkräfte, theils als Steuerer, aber mit sehr ungleicher Vertheilung der Anspruchnahme auf die einzelnen Muskeln wirken.

Soll z. B. die Gesichtslinie nach aussen oben um 45° über den Horizont schräg und geradlinig aufsteigen, so resultirt diese Bewegung als Mittelkraft aus drei paarigen aber sehr ungleich wirkenden Seitenkräften, deren Beziehungen auf einander in jedem Punkte der Bewegungsbahn wechseln müssen, damit die Bewegungsaxe constant bleibe. Von einer Führungsbewegung kann also hier ebenso wenig die Rede sein als von einer resultirenden aus einem in zwei gleiche Theile „zerspaltenen" Doppelmuskel, sondern immer muss der ganze motorische Apparat durch eine Bewegung, welche der wurmförmigen flacher Muskeln sehr nahe steht, als Ganzes innervirt, eingreifen. Für die Rollbewegung ergibt sich daraus, dass, da bloss zwei Muskeln (externus und internus) als reine Retractionskräfte, die übrigen immer als Zug- und Rollkräfte zugleich anzusehen sind, da ferner bei keiner Art von Bewegung lediglich Retractionskräfte ins Spiel kommen: daher auch keine Drehung des Auges nach irgend welcher Richtung implicirte Rollbewegungen absolut ausschliessen könne. Rollbewegungen müssen jedoch, da jeder Muskel im Beginne seiner Wirkung retractiv ist und die Rollkraft erst auf einer Strecke seiner Bahn entwickelt, ganz vorzüglich eine Function des Drehungswinkels sein. Da ferner bei der Hebung und Senkung mehr als bei der Lateralbewegung Rollkräfte dominiren, da endlich namentlich bei Bewegungen in schräger Richtung eine sehr ungleiche Belastung der paarigen Muskelkräfte stattfindet, so ist anzunehmen, dass ganz vorzüglich Hebungen und Senkungen des Auges in schräger Richtung Rollbewegungen impliciren müssen, welche ihren Ausdruck in der Neigung der Meridiane der Netzhaut finden.

Für die Bewegungsgesetze des einzelnen Auges dürfte sich daher aus dem Angeführten Folgendes ergeben:

Die Bewegungen des Auges zerfallen in primäre und secundäre. Die primäre geht entweder von der Primarstellung in eine secundare, oder aus einer secundaren in die primare Stellung zurück. Die secundäre Bewegung dagegen führt aus einer secundaren Stellung in eine andere, geht also weder von der Primarstellung aus, noch führt sie zu derselben zurück.

Die Primarstellung allein ist die Ruhestellung des Auges, wobei die sämmtlichen Muskeln entspannt sind, wie im Schlafe und Tode. (Jedoch ist damit ein relatives Verharren des Auges in der Primarstellung, eine active Primarstellung mit gleichzeitiger activer, nicht blos elastischer Spannung der Muskeln nicht ausgeschlossen). Secundarstellungen impliciren in allen Fällen die Spannung sämmtlicher Muskeln.

Die Bewegung ist entweder Drehung oder Rollung, oder beides zugleich. Es gibt keine Einzelwirkung der Augenmuskeln, sondern jede Spannung eines Muskels implicirt sofort jene der sämmtlichen übrigen; die Folge davon ist ein actives Balancement des Auges.

Muskeln, deren Hauptebenen zusammenfallen, sind wahre Antagonisten, indem das Drehbestreben um dieselbe Axe des einen durch jenes des anderen aufgehoben wird. Am Auge sind jedoch blos der Rectus externus und internus wahre Antagonisten, und auch diese bleiben es nur für den Fall des Drehbestrebens in horizontaler Richtung. Wenn das Auge aus der Primarstellung nach oben oder unten gedreht wird, heben sich die Drehungsmomente dieser beiden Muskeln nicht mehr vollständig auf, und jeder derselben implicirt daher nebst der Drehung eine Rollung. Die übrigen vier Muskeln können mit Rücksicht auf die Bewegung der Blicklinie niemals als wahre Antagonisten aufgefasst werden, sie haben sämmtlich unter allen Verhältnissen lediglich relative Antagonisten,

sie sind ferner Zug- und Rollkräfte zugleich, wobei der relative Antagonist des Muskels zwar der Drehung um dieselbe Halbaxe relativ widersteht, aber die Rollkraft desselben nicht aufhebt, sondern vielmehr erheblich fördert. So ist der relative Antagonist des Obliquus inferior für die Drehung der Blicklinie um eine feste Halbaxe nicht der Obliquus superior sondern der Rectus inferior, aber beide müssten dabei, wenn sie für sich wirkten, die Rollung, damit die Neigung des senkrechten Netzhautmeridians nach aussen fördern. Dasselbe gilt bezüglich des Rectus superior und Obliquus superior. Wenn also das Rollbestreben bei irgend welcher geradlinigen Bewegung mit Ausnahme der reinen Seitenwendung aus der Primarstellung heraus möglichst vermieden werden sollte, so wurde es absolut nöthig, dass die Bewegung nicht lediglich durch zwei relative Antagonisten geführt werde, sondern es müssen sofort die sämmtlichen übrigen Muskel als Steuerkräfte zum Dienste der vermiedenen Rollung eintreten. Aber auch bei der reinen Seitenwendung, der Bewegung der Blicklinie im grössten Kreise, müsste die minimste Störung in dem Gleichgewichte der vorhandenen Widerstände von Seite der beiden wahren Antagonisten (rectus externus und internus) eine Aenderung in den Halbaxen des Drehbestrebens hervorbringen, und war desshalb eine Vorsorge für die Steuerung durch die übrigen vier Seitenkräfte absolut nothwendig. Wären die Bewegungsaxen des Auges fest, und nicht imaginär, so hätte allerdings für den Angriffspunkt der Zugkräfte ein Spielraum zugestanden werden können. Die imaginären Axen des Auges können aber in jedem Momente nur dann festgehalten werden, wenn auch in jedem Momente der Bewegung Zug- und Steuerkräfte zusammenwirken.

Zur Herstellung des Drehungsmomentes als Resultirenden nach dem Parallelogramm der Kräfte und nach dem Listing'schen Gesetze genügt also niemals die gleichzeitige Innervation zweier Muskeln, oder die Herstellung zweier Seitenkräfte, sondern es müssen die Steuerkräfte mit in Rechnung kommen, d. h. jede Bewegung, welche

es auch sei, implicirt die Innervation sämmtlicher sechs Augenmuskeln.

Man kann die Bewegung des Auges allerdings mit Rücksicht auf die relative Anspruchnahme der Muskeln in die doppelte Art der Führungsbewegung und resultirenden Bewegung unterscheiden.

Jede Bewegung der Gesichtslinie aus der Primarstellung in der Richtung der Bahn eines bestimmten Muskels heisst Führungbewegung, weil dieselbe zum grossen Theile aber niemals allein und selbstverständlich nur bei Besiegung der vorhandenen Widerstände durch Verkürzung dieses Muskels in seiner Bahn geführt werden kann.

Da es sechs Augenmuskeln gibt, kann auch die Führungsbewegung sechsfach sein.

Die Führungsbewegung kann entsprechend den Bahnen der sechs Muskeln gerad- oder krummlinig sein. Nur der Rectus externus und internus gestatten eine geradlinige Führungsbewegung. Jene der übrigen Muskeln folgt einer krummlinigen Bahn.

Die resultirende Bewegung erfolgt ausserhalb der sechs Muskelbahnen und fordert stets mindestens zwei dominirende, führende Muskeln, welchen als solchen sich die Innervationen stets wie einem einfachen Muskel, aber meist ungleich stark zuwendet.

Hiebei müssen auch stets mindestens zwei Steuerkräfte wirken, und innervirt werden.

Die meisten primaren (mit Ausschluss von sechs Arten), alle secundaren Bewegungen sind resultirende.

Die Rollbewegung fordert in allen Fällen gleichfalls die Anspruchnahme sämmtlicher sechs Augenmuskeln. Jeder Augenmuskel kann unter Verhältnissen zur Rollkraft werden. Für sich betrachtet sind ganz vorzüglich die beiden Obliqui eminente Rollkräfte. Darauf folgen der Rectus superior und inferior, während der externus und internus lediglich aus Secundarstellungen heraus Rollkräfte zu entwickeln vermögen.

Da bei den Bewegungen nach allen Richtungen Rollkräfte im Spiele sind, und die Innervation sich den

Muskeln ungleich zuwenden kann, so schliesst die Drehung nach keiner Richtung implicirte Rollbewegungen aus.

Es kann jedoch gesagt werden, dass das Rollbestreben der Muskeln im Allgemeinen mit dem Seitenwendungs-, Erhebungs- und Senkungswinkel wachse. Ganz vorzüglich muss bei den Schrägebewegungen, weil hier stets eminente Rollmuskel dominiren, eine Rollung um die Blicklinie zu Stande kommen können. Dagegen wird bei der reinen Seitenwendung, wo Retractionskräfte dominiren, eine Rollung nicht so leicht vorkommen, und ebenso kann die Desorientirung der Netzhaut bei der reinen Hebung und Senkung, wo die Bewegung eine Resultirende aus zwei annähernd gleichen Seitenkräften ist, nicht so leicht eintreten.

Diese erwähnten, aus den Lagerungsverhältnissen der Muskeln des Auges sich ergebenden Applicationsgesetze können selbstverständlich noch innerhalb der physiologischen Thätigkeit vielfachen individuellen Schwankungen unterliegen, und es scheinen diese namentlich bei dem binocularen Sehacte manifest hervorzutreten. So ist z. B. das Listing'sche Gesetz für Stellungen und Bewegungen beim binocularen Nahesehen nicht völlig erfüllt, und diess mag in in der That seinen Erklärungsgrund nicht allein darin haben, dass individuelle Abweichungen in den Innervationen der Muskeln vorliegen, sondern auch darin, dass beim binocularen Nahesehen die Innervation sich bald den Adductoren, bald den Abductoren vielfach wechselnd zuwenden muss, und daher leichter Irrungen eintreten. Im Ganzen jedoch bestätigen Experimente mit Nachbildern die angeführten Gesetze der monocularen Bewegung, indem die Rollung des Auges im engeren Blickraum fast Null ist, und ebenso bei der Hebung und Senkung im senkrechten wie bei der Seitenwendung im horizontalen Meridian, vorausgesetzt, dass der Kopf feststeht, und die Gesichtslinie senkrecht auf die Ebene trifft, auf welcher das Nachbild projicirt wird.

III. Die Theorie der parallelen Blicklinien.

Das Motiv des Binocularsehens ist die Stereometrie der Körperwelt ohne Aenderung der Standpunkte des Kopfes. Wir können allerdings auch mit einem Auge allein stereometrisch sehen, aber genauer doch nicht wohl ohne Bewegung des Kopfes oder Körpers, also auf Umwegen und mit Zuhilfenahme zahlreicher Factoren. Das Binocularsehen erreicht aber jenes Ziel viel rascher, unmittelbarer, einfacher.

Die Stereometrie des Doppelauges beruht auf der Identität (Congruenz) zweier räumlich distanter Messpunkte und Messflächen, welche durch die im Mittel um 64^{mm} im Gesichte von einander abstehenden, gerade nach vorn gerichteten Augen und ihre Netzhäute gegeben sind.

Die Identität der Netzhäute ist dahin zu verstehen, dass, wenn man dieselben ganz so, wie sie im Ruhestande der Augen (bei Parallelstellung) gerichtet sind, übereinander legen würde, so dass die Blickpunkte, die Horizonte und verticalen Meridiane einander decken möchten, alle gleichweit vom Blickpunkte abliegenden Punkte Deckpunkte von identischer Empfindung wären.

Bei der gegebenen Distanz der Netzhäute von 64^{mm} kann eine identische Empfindung unter sehr wechselnden Verhältnissen zu Stande kommen: 1. bei parallelen Blicklinien, wenn ein Object in sehr weiter Ferne steht, so dass von demselben in beide Augen parallele Strahlen gelangen, 2. bei parallelen Blicklinien, wenn zwei völlig gleiche Objecte um 64^{mm} von einander in beliebiger Ferne je in einer Blicklinie liegen, 3. bei aufgehobenem Paralle-

lismus der Blicklinien, wenn dieselben auf einem Objecte zur Durchkreuzung kommen, convergiren, 4. bei aufgehobenem Parallelismus der Blicklinien, wenn in denselben zwei völlig gleiche Objecte liegen.

Was von der Richtung der Blickpunkte gilt, gilt selbstverständlich allgemein auch von den übrigen identischen Punkten, und es ist die Forderung der Identitätslehre ferner für sich klar, dass die Deckung identischer Punkte durch unidentische Bilder nicht das Resultat der Verschmelzung, sondern lediglich jenes der Mischung haben könne, welches unter Umständen befriedigend für das Sehorgan ausfallen kann, in anderen Fällen den Widerspruch wachrufen muss.

Unsere beiden Augen werden in der Regel nur von parallelen und divergenten Lichtstrahlen getroffen und können darauf entweder ursprünglich eingerichtet sein oder eingerichtet werden. Es ergeben sich daraus mit Nothwendigkeit folgende Arten der Richtung der Blicklinien, welche binoculares Einfachsehen ermöglichen:

1. die binoculare Parallelstellung, Primar- oder Ruhestellung.

2. Die binoculare Parallelbewegung.

3. Die binoculare Convergenzbewegung, welche wieder in die symmetrische und asymmetrische zerfällt.

1. Die binoculare Ruhestellung, welche man auch die anatomische Stellung nennen könnte, fordert, dass die senkrechten Meridiane der Netzhäute und die bezüglichen Trennungslinien, so wie die zugehörigen Ebenen parallel zur Medianebene des Kopfes stehen, und dass die horizontalen Meridiane in eine Ebene, die Blickebene, fallen, welche senkrecht auf der ersten steht.

Wir sehen hiebei davon ab, dass viele, ja die meisten Augen, allerdings nicht völlig die geforderte Lage und den geforderten Bau haben. Die geometrische, optische und physiologische Axe und die zugehörigen Coordinaten sollen, theoretisch gedacht, im vollkommenen Auge identisch sein. Wenn dies nicht überall, ja sogar in der Minderzahl thatsächlich vollständig der Fall ist, so kommen

eben minime Anomalien aus dem Grunde nicht in Betrachtung, weil sie die Function des Auges, welches ja so wie der Bau des ganzen Körpers noch nach anderen Richtungen vom Ideal meist vielfach abweicht, nicht erheblich alteriren; excessive Abweichungen fallen dagegen wie allenthalben in das Gebiet der Pathologie. Die Experimentalphysiologen arbeiten ja in der Regel mit Anomalien, selbst mit pathologischen Zuständen!

Unsere beiden Augen vermögen nun in der Ruhelage unter doppelten Bedingungen einfach zu sehen: 1. wenn ein Object sich in so weiter Ferne befindet, dass von demselben parallele oder doch nahezu parallele Strahlen zu uns gelangen, 2. wenn zwei identische Objecte um 64^{mm} von einander in beliebiger Entfernung je in einer Blicklinie liegen.

Befindet sich ein Object in so weiter Ferne, dass von demselben zu unseren beiden Augen parallele Strahlen gelangen, so ist der Werth des Abstandes beider Augen von einander (die Grundlinie) im Verhältniss der Entfernung des Objectes so verschwindend klein, dass sie in Eines zusammenfallend gedacht werden können, denn es ist dann der Cosinus des Neigungswinkels der Blicklinien gegen einander gleich Null, daher auch die Grundlinie verschwindet. Da die Tangente des Neigungswinkels in diesem Falle $= \infty$ wird, so ist der Radius der Projectionssphären der beiden Netzhäute gleichfalls $= \infty$ und der Werth der Centrale, d. i. ihres Centrumabstandes $= 0$. Also vereinigen sich die beiden Netzhautsphären zu einer einzigen, cyklopischen und der Flächenhoropter des Aquilonius ist thatsächlich gegeben. Zugleich ist, obgleich die Blicklinien im Kopfe ruhen, doch eine passive Bewegung derselben im Blickraume möglich, wenn der Kopf oder Körper sich bewegt, d. i wenn die arthrodische Bewegung des Auges durch andere äquivalente Arthroden ersetzt wird.

Die passive Bewegung der Augen, namentlich die Beziehungen der Augenarthrode zu ihrem Aequivalent, der Kopfarthrode, haben bisher noch wenig Beachtung

gefunden. Helmholtz (phys. Opt. p. 486) hat blos ange-„deutet, dass ähnliche Gesetze wie für die Bewegungen „der Augen auch für jene des Kopfes gelten, und hiezu „bemerkt, dass die Drehungen des Kopfes derselben Art „seien, wie sie das Auge ausführt, wenn auch mit grösserer „Freiheit veränderlich, als die des Auges.“ Es ist dies selbstverständlich vollkommen richtig, da ja die Halsarthrode eine freiere Arthrode darstellt als die Bulbusarthrode, aber es sagt nichts über die Beziehungen beider zueinander. Hierüber finden wir blos p. 509 eine kurze Andeutung, indem Helmholtz gefunden hat, dass er Bewegungen der Augen, die der Peripherie des Blickfeldes parallel gehen, zu vermeiden sucht, und unwillkürlich hiezu Drehungen des Kopfes verwendet. Neuerlich hat man die Beziehungen von Neigungen des Kopfes nach der Seite zu den Rollbewegungen des Auges genauer erforscht (Skrebitzky, Nagel, Aub, Reuss, Woinow).

Um die Gesetze der passiven Augenbewegung zu finden, wäre es gewiss von Interesse, die vergleichende Anatomie zu Hilfe zu nehmen, denn bei manchen Thierclassen fehlt die Augenarthrode gänzlich, und sie erreichen die Bewegung der Blicklinien lediglich durch Bewegung des Kopfes. Bei anderen ist die Augenarthrode sehr beschränkt, aber dagegen die Kopfarthrode sehr frei geworden. Wahrscheinlich wird sich das Gesetz statuiren lassen, dass — ganz allgemein genommen — im Thierreiche die freiere Entwicklung der Augenarthrode im umgekehrten Verhältnisse zu jener der Halsarthrode stehe. Es scheint auch, dass jene Augen, welche auf das Sehen ferner Objecte ganz vorzüglich angewiesen sind, wie z. B. das Vogelauge, bei beschränkter Augenarthrode eine sehr freie Halsarthrode erlangt haben. Bei Thieren, welche rasche Schwenkungen des Kopfes oder des ganzen Körpers leicht ausführen können, wie die Flugthiere und Schwimmer, war überhaupt eine freie Entwicklung der Augenarthrode nicht so nothwendig, als bei den mehr ruhigen, lauernden Thieren.

Wie dem auch sei, so bringt beim Menschen die

passive Augenbewegung manche Vortheile. Denn das Bewegungscentrum des Kopfes fällt in die Mitte des Hinterhauptloches, und der Radius des Kopfes ist nahezu 9mal (genauer 8·33) grösser als jener des Auges. Es muss also bei gleichem Winkelwerthe der Bogen der Kopfdrehung 8·33mal grösser sein als jener des Auges, und in demselben Verhältnisse vermindert sich vielleicht auch die Muskelanstrengung. Thatsächlich ist es viel bequemer, beim Betrachten ferner Objecte den Kopf zu bewegen und die Augen ruhen zu lassen. Bei pathologischen Zuständen, namentlich bei Nystagmus treten sogar sehr auffällige vicarirende Kopfbewegungen hervor, wenn die Blicklinie möglichst fix eingestellt werden soll. Ueberhaupt sind Lateralbewegungen der Augen, sowie Hebungen und Senkungen stets von einer viel bedeutenderen entsprechenden Kopfbewegung unbewusst begleitet. Hiebei erfüllt die Augenarthrode eigentlich blos die Aufgabe, den Winkel der Kopfbewegung zu reguliren, die genauere, feinere Einstellung gleich einer Mikrometerschraube zu übernehmen. Der Winkel der regulirenden Einstellung des Auges ist auch in der Regel um ein beträchtliches kleiner als jener der Kopfbewegung, vorausgesetzt, dass der ganze Act noch innerhalb der dem freien seitlich ungestützten Kopfe gestatteten Bewegungsgrenzen vor sich ging.

Gewiss hat also das Eintreten der Kopfbewegung für den seitlichen Blick seinen Grund in der Zunahme der Incongruenz der Netzhautbilder mit Zunahme des Seitenwendungswinkels der Augen, ferner in der möglichst vermiedenen Zerrung des optischen Nerven und der übrigen Verbindungen, daher allgemein in dem Umstande, dass das Binocularsehen in die Ferne bei gerader Parallelstellung, und in die Nähe bei symmetrischer Convergenz der Blicklinien am einfachsten, d. h. ohne Aenderung des Werthes der Grundlinie zu Stande kommt.

Der oben erwähnte Fall, dass zwei identische Objecte je in einer der parallelen Blicklinien liegen und daher einfach gesehen werden, ist erst mit der Entdeckung

des Stereoskops geschaffen worden und kommt sonst nicht vor. Durch das Stereoskop ist man auch auf die nicht identischen Deckbilder identischer Netzhautstellen, auf die Doppelbilder überhaupt mehr aufmerksam geworden, und es ergab sich, dass solche Bilder, je nach der physischen und psychischen Disposition, vielfach wechselnde stereoskopische Resultate geben, jedenfalls aber ein wichtiger Factor bei dem Zustandekommen der Tiefenempfindung sind. Denn die Verschmelzungsbilder rufen stets blos den Begriff der Fläche hervor, und erst aus den Doppelbildern geht die Tiefenaxe des Doppelauges und damit der Begriff der Tiefe hervor. Man hat neuerlich auf Grund der wechselnden Erscheinungen des stereoskopischen Sehens die Identität der Netzhäute auf gewisse correspondirende Empfindungskreise einschränken wollen (Panum), ja man hat sogar die Identität gänzlich geleugnet. Dabei vergass man aber, dass, wenn der Sehsinn, wie doch zugegeben werden muss, das Vermögen der räumlichen Sonderung hat, derselbe mindestens nicht *gleichzeitig* räumlich sondern und räumlich verschmelzen könne. Die Frage über die kleinsten Masseinheiten der Netzhäute kann strittig sein. Aber die einzelnen Masseinheiten dürfen nicht ineinander greifen, wenn nicht confuse Mischungsbilder entstehen sollen. Entspräche z. B. einem Zapfen blos ein Panum'scher Empfindungskreis von 15 Zapfenbreite, so greifen offenbar in diesen Empfindungskreis gleichzeitig so viel Empfindungskreise ein, als dem Flächeninhalte eines Kreises von 15 Zapfen Durchmesser Einheiten entsprechen, das ist 176.714. Dies gäbe ein Confusionsbild der gesammten Netzhautfläche, indem ja, was von einem Zapfen gilt, von allen gelten muss! — Die Identität der Netzhäute lässt sich somit ganz entschieden auch apagogisch beweisen. Zwar können die „kleinen Irrungen", welchen das Auge beim stereoskopischen Sehen durch Nachbilder, durch Doppelbilder, durch fehlerhafte Innervationsgefühle der Augenmuskeln, durch Farbencontraste, durch die dominirende Macht der Contouren des Bildes, und endlich durch die

Voreingenommenheit des Beobachters ausgesetzt ist, widersprechende stereoskopische Resultate zur Folge haben, aber diese sind der Identitätslehre nicht aufs Kerbholz zu schreiben, sondern den zahlreichen Fehlerquellen der Beobachtung. So kommt z. B. schon bei der Verschmelzung zweier identischer, je in einer Blicklinie liegender, naher Objecte in jedem Auge ausserdem ein gekreuztes Doppelbild, die sogenannte Dreibilderfigur zu Stande, welche sofort das binoculare Verschmelzungsbild beirrend beeinflusst, wenn sie nicht durch eine Zwischenwand eliminirt wird; dasselbe gilt selbstverständlich bezüglich aller Doppelbilder, und muss ebenso auf deren Nachbilder Anwendung finden.

2. Binoculare Parallelbewegung. Die Coordination der beiden Augen ist im Grunde schon mit der anatomischen Parallellage derselben durchgeführt. Denn die gleichförmige Bewegung beider in gleicher Richtung bei gleicher Beziehung zum Sehraume ist doch offenbar nur dann möglich, wenn die Bewegung von einer ursprünglichen Parallelstellung ihren Ausschritt nimmt. Die Augenarthrode unterscheidet sich in dieser Beziehung bestimmt von der ihr sonst verwandten Arthrode der Greifer und Schreiter (Schulter- und Hüftgelenk), denn die Augen liegen so zu sagen ursprünglich im Kopfe in Reihe und Glied, unabhängig von jeder Lage und Richtung desselben, und jede ihrer Bewegungen geht daher stets von einer gleichen Stellung aus. Wie aber jede Bewegung der Controle des Nervensystems unterworfen ist, so gilt dies selbstverständlich auch von der coordinirten Parallelbewegung, und es frägt sich hiebei nur, ob die Verbindung der Bewegungen beider Augen lediglich eine gewohnheitsgemässe, auf Erziehung beruhende (Empirismus-Helmholtz) sei, oder ob sie auf angebornen Coordinationsgesetzen beruhe (Nativismus).

Ich habe diese Frage bereits oben principiell zu lösen versucht, indem ich nachgewiesen zu haben glaube, dass weder die Theorie des Nativismus noch Empirismus für sich begründet sei, indem Anlage und Uebung min-

destens beim Menschen sehr innig verknüpft sind. Vollkommen übereinstimmend sagt neuestens ein Anonymus (das Unbewusste vom Standpunkte der Physiologie etc. Berlin 1872 p. 117): „Was du ererbt von deinen Vätern hast, erwirb es, um es zu besitzen! Das Lernen des Kindes ist ein Erwerbungsprocess des Ererbten. Während das Thier niemals (?) zu der abstracten Vorstellung gelangt, diese oder jene Bewegung vollziehen zu wollen, sondern immer nur Bewegungen auf entsprechende Motive oder aus unmittelbarem Bewegungstrieb vornimmt, gelangt der Mensch dazu, die Ausführungsimpulse zu den Bewegungen der wichtigsten quergestreiften Muskeln unter Umständen auch von den unmittelbaren praktischen Motiven ablösen zu können, und mit der abstracten Vorstellung der Ausführung einer solchen Bewegung zu associiren. Diese Ablösung findet nicht unmittelbar statt, sondern allmälig, Schritt vor Schritt, durch Selbstbeobachtung der mit schwachen begleitenden Empfindungen ins Bewusstsein fallenden Impulse."

Also durch Uebung der ererbten Anlage werden Bewegungen entwickelt und angewöhnt. Wir können in der That durch Erziehung keine Anlage schaffen, lediglich die vorhandene entwickeln; aber ohne Uebung bleibt jede Anlage ungeweckt, und kann schliesslich erlöschen oder doch verkümmern. So kann demnach auch die Binocularbewegung gewisse Coordinationscentra haben, ja die Untersuchungen Adamük's, wonach der Sitz derselben in der Vierhügelgruppe zu suchen ist, machen dies sehr wahrscheinlich; aber dadurch wird eine allmälige Entwickelung namentlich jener Bewegungsarten nicht ausgeschlossen, welche an sich nur durch einen Calcul, gleichgiltig ob des sogenannten Empfindungs- oder Hirncentrums ausgelöst werden. Dies gilt ebenso von der Parallelbewegung wie von der convergenten. Beide sind, unbeschadet die Coordinationscentra, das Resultat einer längeren Erziehung des Auges.

Das neugeborene Kind vermag, wie oben erwähnt, bereits in der Ruhelage der Augen ferne Objecte bino-

cular einfach zu sehen. Unter diesen Verhältnissen werden beide Netzhäute in ihrer ganzen Fläche von identischen Bildern erregt, jedoch werden nach der Einrichtung dieser Membranen lediglich die Bilder der Blickpunkte vollkommen scharf und deutlich empfunden, alle seitlich vom Blickpunkte gelegenen dagegen im Verhältnisse der seitlichen Entfernung minder deutlich. Soll eines der seitlichen Bilder, welches die Aufmerksamkeit erregt, scharf gesehen werden, fixirt werden, so müssten die beiden Netzhautgruben eben nach diesem seitlichen Bilde verschoben werden, und zwar müsste die Verschiebung nach gleicher Richtung um denselben Winkel stattfinden — Parallelbewegung. Die Anregung zu solcher Verschiebung gibt offenbar die Ablenkung der Intention vom Centrum nach der Peripherie durch Farben oder Contoureneindrücke der Bilder. Wenn wir am Sternenhimmel einen Stern 3. Grösse fixiren, und es befindet sich nebenan einer 1. Grösse, so wird durch dessen Glanz die Intention dahin abgelenkt, und der Versuch der Fixation des seitlich gelegenen Sternes tritt ein. Das Auge findet sofort bei diesem Versuche, dass, wenn das Bild des Sternes noch weiter vom Blickpunkte weg verschoben wird, dasselbe immer undeutlicher werde, dagegen gewinnt es an Deutlichkeit, wenn der Blickpunkt demselben genähert wird. Im Blickpunkte erreicht schliesslich die Schärfe des Bildes ihr Maximum, daher sich der Versuch hier fixirt d. h. die Fixation tritt ein. Das Resultat kam durch binoculare Parallelbewegung zu Stande, und die Bewegung wurde durch die immanente Einrichtung der Netzhaut, durch deren Localzeichen dominirt, welche demnach als der eigentliche Beherrscher auch der Coordinationsbewegung der beiden Augen auftrat. Wesentlich mit musste bei dem Zustandekommen der Bewegung der Kopf feststehen, die passive Bewegung der Augen musste ausgeschlossen sein, wenn die Thätigkeit der Augenarthrode angeregt werden sollte. Wir sehen daher in der excludirten passiven Bewegung des Auges ein neues wichtiges Moment der Entwickelung seiner Eigenbewegung hervor-

treten, ein Moment der Erziehung des Auges, welches bisher gänzlich übersehen worden ist.

Vergessen wir hiebei nicht, dass die Parallelbewegung zwar immer befriedigende Verschmelzungsbilder ferner Objecte liefert, dass aber diese Bilder doch immer nur ein Raumsehen niederer Ordnung bedeuten, indem sie lediglich Flächenbilder sind, und dass von da aus das Auge noch einen weiteren Schritt in der Entwickelung seiner Functionen machen muss, nämlich zur Convergenzbewegung, deren Resultat das Tiefensehen ist. Aber schon die Parallelbewegung kam nur auf Grund des Experimentes, unter Controle des psychischen Calculs, der Flächenrechnung zu Stande, und sie kann auch durch die ganze Lebenszeit nur durch die Fortdauer dieses Calculs intact erhalten bleiben. Freilich wäre die in Folge dieses Calculs eingeleitete Bewegung ohne einer bestimmten Hirndisposition kaum möglich, und man kann daher sagen, dass diese nicht mehr bedeute, als wenn die Nativisten gewisse immanente Coordinationscentra annehmen, welche die Bewegungen des Auges beeinflussen. Aber es involvirt unsere Auffassung der Sache denn doch einen ganz wesentlichen Unterschied.

Denn wenn auch der Einfluss des Gehirns auf die Augenbewegung feststeht, so kann doch darüber kein Zweifel sein, dass dasselbe beim Menschen nicht, wie die strengen Nativisten bisher anzunehmen scheinen, fertig aus der Mutter Schoos hervorgeht, sondern als eine sehr unvollkommene, unfertige Nervenmasse, deren Entwickelung in den neun Monaten des Fötuslebens lange nicht vollendet wurde, ja welche durch die ganze Zeit der fortschreitenden Körperentwickelung, und nicht blos in der Kindheit, fortdauert. Die Entwickelungslehre tritt eben auch auf diesem Gebiete die Erbschaft des Nativismus und Empirismus an, denn nur im Kampfe ums Dasein, in der Erziehung und Fortentwickelung reift die ererbte Anlage. So wie die organischen Formen der fortwährenden Mauserung dem Stoffwechsel unterliegen, so bedeuten auch die physiologischen Functionen nur die Continuität

eines an Intensität und Ausdehnung der Leistung allmälig reifenden Processes, denn es gibt im organischen Leben nirgend eine Versteinerung, Mumification und Stabilität, und zwar weder im Leben der Formen noch der Functionen.

Die Parallelbewegung resultirt, wie oben gezeigt wurde, mit einem gewissen Zwange aus der anatomischen Einrichtung des Doppelauges, aus den Localzeichen der Netzhaut, wonach gleichseitige Bilder (Erregungszustände) behufs ihrer deutlichsten Fixation die gleichseitige Bewegung der Blickpunkte auslösen, also rechts vom Blickpunkte gelegene Bilder beiderseitige Rechtswendung, links gelegene Linkswendung, obere Hebung, untere Senkung des Blickpunktes, was selbstverständlich eine Bewegung der Blicklinie in umgekehrter Ordnung bedeutet. Wir können somit die Parallelbewegung zunächst aus den factischen Beziehungen der Parallelstellung zu dem bei ruhender Accommodation auf der Netzhaut projicirten Flächenbilde ferner Objecte, das ist zu den in paralleler Richtung an das Auge gelangenden Lichtstrahlen ableiten und sagen:

Die Parallelbewegung der Augen ist ein Applicationsgesetz der Einrichtung des Auges für parallele Lichtstrahlen, d. i. für die unendliche Ferne. Hier sei sofort bemerkt, dass nebst parallelem Lichte gewöhnlich nur noch Divergentes von endlichen Objecten zu unserem Auge gelangt, für welches ein zweites Applicationsgesetz, jenes der Convergenzbewegung als Folge der Einrichtung der Augen für die Fixation endlicher Objecte gilt. Aber da wir lediglich die Realität der Endlichkeit und Unendlichkeit zu erfassen im Stande sind, nicht aber die Ueberunendlichkeit, und es in der Natur auch in der Regel keine convergente Lichtstrahlen gibt, sondern diese nur durch ungewöhnliche Brechung paralleler oder divergenter Strahlen zu Stande kommen, so wäre auch die Einrichtung unseres Auges für convergentes Licht und ein daraus resultirendes Applicationsgesetz ein Widerspruch gegen die gewöhnlichen Formen der Fort-

pflanzung des Lichtes, und wenn daher eine solche anatomische Einrichtung oder betreffende Applicationen der Bewegung vorkommen, so gehören sie strenge in das Gebiet der Pathologie. So ist Hyperopie ein krankhafter Zustand, und ebenso die Divergenzbewegung der Blicklinien. Namentlich die letztere kann aber bei fehlerhafter Uebung der Augenbewegung, z. B. mit Zuhilfenahme von Prismen, bis zu einem gewissen Grade erlernt werden und dann auch habituell werden. Die Pathologie liefert hiefür unzählige Belege, und es darf uns daher auch nicht wundern, wenn Helmholtz (phys. Opt. p. 475) eine Divergenz der Blicklinien bis zu 8 Grad hervorzubringen, ja wenn er und Donders auch eine verschiedene Hebung beider Augen zu erzielen vermögen, da ja doch verschiedene Hebung der Augen gleichbedeutend mit Divergenz der Blicklinien ist, indem die eine die Negation des Parallelismus, die andere jene des Zusammenfallens correspondirender Meridiane bedeutet.

Helmholtz hat aus der Thatsache, dass Divergenzbewegung sowie differente Hebung der Augen bis zu einem gewissen Grade erlernt werden kann, den Schluss gezogen, dass die Verbindung, welche zwischen den Bewegungen beider Augen besteht, nicht durch einen anatomischen Mechanismus erzwungen, sondern lediglich durch den Einfluss des Willens veränderlich sein könne, insofern dieser auf den Zweck, einfach und deutlich zu sehen, gerichtet ist. — Dagegen lässt sich einwenden, dass ja der „Wille“ denn doch eben die Möglichkeit, den Zweck des Einfachsehens und Deutlichsehens nur durch anatomische Einrichtungen des Auges erreichen könne und dass er in die Grenzen dieser gebannt ist. Der Zwang, oder besser gesagt, das Gesetz des Deutlichsehens ebenso wie jenes der vermiedenen Diplopie hat in einer bestimmten ererbten Anordnung der sensitiven Elemente der Netzhaut seinen Grund. Denn jedes Auge für sich und beide zusammen können nur mit der Netzhautgrube deutlich sehen und ebenso ist das Gesetz des binocularen Einfachsehens erfüllt (Doppelsehen vermieden), wenn die Bilder auf iden-

tische, sagen wir vor der Hand blos, auf die beiden Blickpunkte der Netzhautgruben fallen. Dass wir aber eben nur mit jeder Netzhautgrube deutlich, dass wir mit beiden ein Object einfach sehen, beruht doch wohl auf einem anatomischen Mechanismus, was hoffentlich kein Empirist läugnen wird. Dieser Mechanismus muss den eigentlichen Anstoss zu den gleichförmigen Bewegungen der Augen geben, wenngleich dieselben erst durch die fortdauernde reflectorische Wirkung der, unbewussten oder bewussten, Willensimpulse auf den motorischen Apparat regulirt und habituell werden, wobei selbstverständlich pathologische Abweichungen, welche ihren Grund in der Netzhaut dem Gehirn und den Muskeln haben können, nicht ausgeschlossen sind. Helmholtz geht also der empiristischen Theorie zu Liebe denn doch zu weit, indem er der anatomischen Einrichtung gar Nichts zugesteht und Alles der Freiheit des Willens.

Wir können dagegen sagen: Das Coordinationscentrum der beiden Augen ist eigentlich und wesentlich in den Netzhautgruben zu suchen; sie sind, um es bildlich auszudrücken, der Magnet, nach welchem alle seitlichen Bilder hinziehen, und somit die Impulse erregen, unter deren Einfluss wieder der motorische Apparat steht. Wenn wir nun anatomisch gegebene Coordinationscentra in den Netzhäuten haben und zugeben müssen, so ist kein Grund vorhanden, abzuläugnen, dass auch noch ein weiteres Centrum für den motorischen Factor im Gehirne vorhanden sei, wobei aber nicht übersehen werden darf, dass die Leistung des motorischen Factors beziehungsweise des cerebralen Centrums nur durch Empirie, durch Uebung fehlerlos und habituell werden könne, da ja die Leistung in gewisse immanente aber nicht allzu scharf gezogene Grenzen der Hirnanlage gebannt und innerhalb derselben einer günstigen Entwickelung, so wie deren Fehlern und Abweichungen unterworfen ist. Frei und abgelöst von der Gehirnthätigkeit und dessen prästabilirtem Baue ist ja doch eben keiner unserer sogenannten Willensimpulse, und am

wenigsten sind es jene, welche motorische Functionen auslösen.

Die Parallelbewegung der Blicklinien zerfällt in zwei wesentlich verschiedene Arten:

1. die gerade, d. i. jene im senkrechten Meridian um eine feste Horizontalaxe nach auf- und abwärts. Hier sind die senkrechten Abstände der Blicklinien stets gleichwerthig mit der Grundlinie; es gibt nur einen positiven oder negativen Erhebungswinkel zwischen Blickebene und Grundebene, aber keinen Seitenwendungswinkel. Unterstützt werden diese Bewegungen in der Regel von der Halsarthrode in gleicher Richtung, doch kommen auch Bewegungen in entgegengesetzter Richtung vor, z. B. Hebung des Kopfes, Senkung der Blicklinie.

2. Die seitliche Parallelbewegung, welche wieder zweifach sein kann und zwar *a*) die reine Seitenbewegung nach rechts und links im horizontalen Meridian, in der Grundebene. Hiebei gibt es blos einen positiven (rechtsseitigen) oder negativen (linksseitigen) Seitenwendungswinkel aber keinen Erhebungswinkel. *b*) Die schräge Parallelbewegung, seitlich mit Hebung oder Senkung der Blicklinien. In so viele Arten diese Bewegung auch zerfallen mag, so setzt sich doch jede derselben aus einem bestimmten Erhebungs- und Seitenwendungswinkel zusammen. Sie implicirt auch stets einen bestimmten Raddrehungs- oder Rollwinkel γ (Listingsches Gesetz), welchen bekanntlich Helmholtz aus dem Erhebungswinkel α und dem Seitenwendungswinkel β für normale Augen nach der Formel

$$-\operatorname{tang}\left(\frac{\gamma}{2}\right)=\operatorname{tang}\left(\frac{\alpha}{2}\right)\operatorname{tang}\left(\frac{\beta}{2}\right)$$

berechnet, welcher aber im Allgemeinen nur bei höhergradigem α und β einen erheblicheren Werth erreicht, so dass man, da er selbst für 20 Grade von α und β erst $3^0\ 34'$ beträgt, denselben bei minimen excursiven Bewegungen der Augen in schräger Richtung in der That vernachlässigen kann. Wenn man sich bisher mit dem Rollwinkel sehr eingehend experimentell beschäftigt hat, ohne

dass namentlich bei den zahlreichen individuellen Abweichungen die Formel für denselben mehr als einen annähernden Werth hätte: so hat man dagegen andere wichtige Verhältnisse fast unbeachtet gelassen, welche hier hervortreten, wie die bereits oben erörterte Beziehung zwischen Augen- und Halsarthrode, und die Aenderung des Werthes der senkrechten Abstände der Blicklinien bei Lateralbewegungen.

Bezüglich des Letzteren muss offenbar das allgemeine Gesetz gelten, dass bei seitlichem Blicke der senkrechte Abstand der Blicklinien unter den Werth der Grundlinie als Einheit sinke, und sich im Verhältnisse des Cosinus des Seitenwendungswinkels vermindere. Bezeichnen wir nämlich den senkrechten Abstand der Blicklinien mit A, die Grundlinie mit G, den Seitenwendungswinkel mit α, so ist

$$A = G. \text{ cosin } \alpha$$

Es gilt dies strenge für alle Fälle, implicirte Erhebungs- und Rollwinkel ändern daran Nichts. Wenn daher

$\alpha =$	0^0	so ist	$A = 64$ mm
„ „	1^0	„	$A = 63{,}98$ „
„ „	10^0	„	$A = 62{,}97$ „
„ „	20^0	„	$A = 60{,}13$ „
„ „	30^0	„	$A = 55{,}42$ „
„ „	40^0	„	$A = 49{,}02$ „
„ „	45^0	„	$A = 45{,}24$ „
„ „	50^0	„	$A = 41{,}08$ „
„ „	60^0	„	$A = 32$ „
„ „	70^0	„	$A = 21{,}88$ „
„ „	80^0	„	$A = 11{,}07$ „
„ „	90^0	„	$A = 0$ „

Daraus ergibt sich, dass allerdings geringe Seitenwendungen auch nur geringe Verminderung der senkrechten Abstände bedingen, aber doch die Verminderung mit dem Winkel sehr bedeutend zunimmt, so dass die Differenz zwischen Grundlinie und Abstandslinie bei 45° Seitenwendung bereits $18{,}752$ mm beträgt. Da aber für parallele Blicklinien der Cosinus des Neigungswinkels derselben

gegen einander, und der Werth der Grundlinie = Null, so ist leicht einzusehen, dass das erwähnte Gesetz beim Sehen in die Ferne, wo $A = G =$ Null ist, und die Projectionssphären der Netzhäute zusammenfallen, keine praktische Bedeutung habe. Anders ist dies aber für das parallaktische Sehen mit convergenten Blicklinien. Denn das Convergenzbedürfniss steht in inniger Beziehung zu dem senkrechten Abstande der Blicklinien, d. h. es vermindert sich im Verhältnisse des Wachsthums des Seitenwendungswinkels und der Abnahme des Werthes von A. Also brauchen wir beim seitlichen Blicke immer geringere Convergenzen aufzubringen, je mehr der Seitenwendungswinkel zunimmt. Daraus geht selbstverständlich auch ein vermindertes Accommodationsbedürfniss hervor gegenüber dem geraden Blicke. Ferner resultirt daraus nothwendig auch eine geringere Distanz der Doppelbilder endlicher Objecte, und es gestalten sich daher mehrere Bedingungen des parallaktischen Sehens im Allgemeinen günstiger. So finden wir also, dass während bei der asymmetrischen Convergenz das binoculare Muskelspiel sich offenbar complicirt, und die Congruenz der Retinalbilder leidet, doch wieder andere Bedingungen günstiger werden, so dass es dem Auge immerhin bis zu einem gewissen Grade möglich wird, das seitliche Blickfeld auszunützen, und es kann dies namentlich dazu beitragen, den seitlichen Blick allgemein schon in den ersten Lebenstagen mehr zu üben und so zu festigen.

Fassen wir schliesslich das über die Parallelbewegung Gesagte zusammen, so bedeutet dieselbe eine Bewegungsfunction des Auges von niederer Ordnung, indem sie lediglich ein Flächensehen zu Stande bringt, blos das binoculare Einfachsehen in die Ferne ermöglicht, sich nur aus Rechts- und Linkswendung, Hebung und Senkung zusammensetzt, nur bei schrägem Blick Rollungen um die Blicklinie implicirt, und mit Ausnahme der Halsarthrode keine andere Functionen, namentlich keine Accommodation auslöst.

IV. Die reciproken Netzhäute und das Tiefensehen.

Wir nennen die Convergenzbewegung der Augen auch die parallaktische, weil sich hiebei die beiden Blicklinien stets im Raume durchkreuzen, und der in der Durchkreuzung liegende Winkel der parallaktische heissen kann. Die parallaktische Bewegung geht stets gleich der Parallelbewegung aus der binocularen Ruhestellung hervor, und kehrt schliesslich wieder dahin zurück. Sie ist daher ebenso wie die Parallelbewegung, wenn sie intact vor sich gehen soll, von einer intacten anatomischen Lage der Augen abhängig.

Gewöhnlich bezeichnet man als primare parallaktische Bewegung jene, welche unmittelbar aus der primaren Stellung der Augen hervorgeht, oder dahin zurückkehrt; dagegen heissen secundäre, im Mittel liegende Bewegungen jene, welche aus einer parallaktischen Stellung in eine zweite solche übergehen, also weder von einer primaren ausgehen, noch zu derselben zurückführen.

Von besonderer Wichtigkeit ist bei der Convergenzbewegung die Grösse und Lage des parallaktischen Winkels. Denn das Motiv der Parallaxe ist die Messung der Grösse und Lage endlicher Objecte, d. i. jener, von denen divergente Strahlen zu unseren Augen gelangen, und man kann daher sagen, dass die Convergenzbewegung ein Applicationsgesetz der Augen für divergente Stralen, für die endliche Ferne sei. Insofern sich nämlich die beiden Blicklinien auf einem endlichen Objecte schneiden, umfassen die beiden Augen, ergreifen oder tasten dasselbe gleich

wie zwei Hände aus zwei verschiedenen Standpunkten in der Bahn zweier divergirender Richtungsstrahlen, und diese Function wird, wie oben erwähnt, zunächst von der Netzhaut aus dominirt, indem das Auge auf Grund der Localzeichen der Retinen dem Zwange oder mathematischen Gesetze folgt, die Bilder derselben geometrisch zu ordnen.

Die parallaktische Bewegung zerfällt zunächst in zwei strenge zu scheidende Arten: Die symmetrische und asymmetrische.

Bei der symmetrischen Convergenz befindet sich das Fixirobject in der Medianebene, und können hiebei die Blicklinien sich entweder in der Grundebene verschieben, oder mit derselben nach auf- oder abwärts einen bestimmten Hebungs- oder Senkungswinkel einschliessen. Da hier die Blicklinien stets gleichwerthig sind, so haben auch die beiden reciproken Netzhäute, die Projectionssphären, gleichen Radius und die beiden Retinalbilder sind gleich gross. Hiebei ist ferner eine gleiche Accommodation beider Augen gefordert, und ist das Gesetz des Horopters auch strenge erfüllt.

Hier ist aber sofort zu unterscheiden, dass bei symmetrischer Fixation eine Rollung der Augen um die Blicklinien als Axen nicht ausgeschlossen ist, und daher die horizontalen Meridianebenen der beiden Augen entweder zusammenfallen oder gegeneinander nach oben oder nach unten convergiren können. In ersterem Falle ergibt sich der Totalhoropter als der Durchschnitt eines Kreiscylinders, im zweiten als jener eines Kegels, dessen Spitze entweder nach auf- oder abwärts gerichtet ist.

Bei asymmetrischen Augenstellungen ist zunächst zu beachten, dass die Radien der reciproken Netzhäute oder die Blicklinien ungleich gross sind, und zwar wächst die Ungleichheit mit der seitlichen Abweichung, dem Seitenwendungswinkel. Dabei ist stets jener Radius kleiner, auf dessen Seite das Fixirobject liegt. Daraus folgt, dass das Bild jener Netzhaut, auf deren Seite das Fixirobject liegt, grösser sein müsse als das der anderen. Zugleich wird Ungleichheit der Accommodation gefordert,

und muss die Accommodationsspannung jenes Auges grösser sein, dessen Blicklinie verkürzt ist. Es versteht sich von selbst, dass alle diese Missverhältnisse mit der Grösse des Seitenwendungswinkels wachsen. Zugleich ist hiebei die perspectivische Projection der Bilder auf den beiden Netzhäuten so auffallend verschieden, die Incongruenz der Bilder nimmt so sehr zu, dass von einem einheitlichen Sehacte an den Grenzen des binocularen Blickfeldes kaum mehr die Rede sein kann. Deshalb wird die asymmetrische Convergenzbewegung auch niemals hochgradig, es tritt meist die Kopfarthrode regulirend ein, und excessivere Lateralbewegungen der Augen stehen mehr nur im Dienste des monocularen Sehactes.

Die Projectionssphären, oder wie ich sie besser bezeichnen möchte, die reciproken Netzhäute, deren Bedeutung für das Binocularsehen ich zuerst in einer Schrift (über das Binocularsehen, Prag 1859) nachzuweisen versuchte, (und deren Namen ich zuerst brauchte, was man hie und da vergessen hat), ergeben sich aus der Betrachtung eines schematischen Auges, dessen Mittelpunkt der Kreuzungspunkt der Richtungslinien ist, dessen Retina die Krümmung eine Kugelschale und das Centrum im optischen Mittelpunkte hat. Unter diesen Voraussetzungen hindert Nichts, das Verhältniss umzukehren, die Ebene der Netzhaut nach aussen zu versetzen, und als die Oberfläche einer Kugel zu betrachten, deren Centrum der optische Mittelpunkt ist, und deren variabler Halbmesser durch die Entfernung dieses Punktes von dem Fixirobjecte bestimmt wird. Die grosse Bedeutung der Projectionssphären für das Verständniss des Sehactes ergibt sich zunächst daraus, dass sie die Täuschung in Betreff der gegebenen sinnlichen Impression aufh ben. Denn das Netzhautbild des Objectes ist im Verhältnisse des Radius der realen Netzhaut zu jenem der reciproken verkleinert und zugleich gestürzt, es ist eine Scheinprojection, ein Spiegelbild der Objecte, und die reale Welt kann daraus nur insofern hergestellt werden, als wir die Umkehrung und Verkleinerung aufheben, den Nenner des Bruches zum Zähler und den

Zähler zum Nenner machen. Denn $\frac{1}{a} \cdot \frac{a}{1} = 1$. Dies veranschaulichen die Projectionssphären, welche demnach den reciproken Werth des Retinalbildes ausdrücken, die Aufhebung der Projection desselben nach Innen, die Richtigstellung der von der Aussenwelt in unser Inneres projicirten Lichtstrahlen bedeuten.

Bezeichnen wir nämlich das Fixirobject mit M, sein Retinalbild mit m, den Radius der reciproken Netzhaut mit R, jenen der realen Netzhaut mit r, so ist offenbar die Fundamentalgleichung des monocularen Sehactes

$$\frac{M}{m} = \frac{R}{r}$$

und für den Schluss des Sehactes

$$M = \frac{m\,R}{r} = 1.$$

Ist z. B. $m = 0{,}05$, $R = 300$, $r = 15$, so ist

$$M = \frac{300.0{,}05}{15} = \frac{15}{15} = 1.$$

Es ist also auch

$$m = \frac{r}{R}, \; R = \frac{r}{m}, \; r = mR.$$

Dies bedeutet offenbar so viel, dass die Realität, der Werth, die Einheit des Objectes aus der Fundamentalgleichung für den Sehact hervorgehe; ferner, dass wir uns über die Entfernung des Objectes auch mit einem Auge allein orientiren können, wenn wir den Radius der realen Netzhaut und die Grösse des Retinalbildes in Rechnung bringen, denn wir finden daraus den Werth von R, ist dieser gefunden, so berechnet sich M. Die Grösse des Retinalbildes ist nämlich mit der Ziffer der erregten Localzeichen gegeben, und da sich der Radius aus einem anderen Stücke der Kugel z. B. dem Kugelsegment der erregten Netzhautpartie finden lässt, so wären eigentlich bei jeder Netzhauterregung die Factoren für die Berechnung von m, r und R geschaffen, also, wenn gleich die Berechnung vom Auge nur annähernd vor sich geht, die Bedingungen zur Orientirung im Raume, zu einäugiger Ste-

reoskopie bereits gegeben. Diese annähernde Berechnung bedeutet im Grunde dasselbe, was bereits J. Müller die angeborne Eigenempfindung der Netzhaut in ihrer räumlichen Ausdehnung genannt hat. Und in der That, gerade so wie jede Zelle ihre Eigenempfindung, ihr Bewusstsein haben muss, welche ja die Bedingung ihres Lebens ist, so ist das Bewusstsein jedes Organes als das „Summationsphänomen" der Lebensäusserungen seiner sämmtlichen constituirenden Elemente aufzufassen, es entwickelt sich und äussert sich hiedurch in seiner Eigenart. Wie die einzelnen Organe der Organismen durch Arbeitstheilung entstanden und jedes für sich eine gewisse Stufe der Entfaltung von allgemeinen Eigenschaften des gesammten Individuums und der gesammten Welt darstellt; so zeigt unser Auge als Licht- und Raumsinn von der ersten Anlage an und das ganze Leben hindurch alle Bedingungen der Entwickelung eines physikalisch-sensualen Apparates, welcher nicht wie eine todte Camera obscura die Aussenwelt in ein Bild fasst, sondern in sich und aus sich zugleich die Aussenwelt real zu erfassen, zu verarbeiten und mit den Zwecken, den Aufgaben des Totalindividuums in Einklang zu bringen hat. Wenn wir das Auge so als ein in uns lebendes Individuum auffassen, welches gleichsam die in Aeonen der Vererbung gesammelten Resultate der Wechselwirkung zwischen der organischen Welt und dem Lichte in seinem Baue und seinen Functionen repräsentirt: dann hat die Eigenempfindung der Netzhaut, ja die Arbeit derselben zum Zwecke der Orientirung im Raume kaum mehr etwas Räthselhaftes. Das Auge ist eben an dem Platze, und für den Zweck, dem es dient, ein in jedem Momente möglichst pflichttreues Organ, in jedem Momente sich seiner Aufgaben bewusst, und es vermag schon das einzelne Auge einen Theil dieser Aufgaben zu erfüllen. Wie aber unser Organismus zum grossen Theile die Doppelung der Organe, demnach die Zusammensetzung aus zwei gleichwerthigen Individuen darstellt, so ist es auch beim Auge der Fall, und wurde durch das Zusammenwirken beider im Allgemeinen auch ein höherer und

erweiterter Grad der Leistung erzielt, jedenfalls dem einen Organe in dem anderen gleichwerthigen eine Controle gesetzt, welche es möglich machte, dass der Calcul des einen stets durch jenen des anderen corrigirt, und das schliessliche Resultat viel fehlerfreier wurde, als es sonst möglich gewesen wäre. Dies gilt besonders bezüglich der mathematischen Aufgaben, welche ja unsere Sinnesorgane ununterbrochen zu erfüllen haben. Hier zeigt es sich zugleich, dass die meisten Aufgaben nach verschiedenen Methoden gelöst werden können, nach der einen langsam, schwerfällig, umständlich, nach der anderen rascher, kürzer, übersichtlicher, eleganter. Auch hiefür finden wir in allen unseren Rechenorganen Belege. So orientirt sich ein Auge mit Hilfe der Perspective oder indem es durch passive Bewegung seinen Standpunkt wechselt, wohl auch durch die oben erwähnte, aus der Empfindung der eigenen Räumlichkeit resultirende einäugige Stereoskopie. Aber die Irrungen beim monocularen Sehen sind unbestritten, und eine rasche Orientirung doch nur mit beiden Augen möglich.

Es wurde früher erörtert, dass beim Sehen in die Ferne, d. i. bei parallelen Blicklinien die beiden Kugelschalen der Netzhäute gleichsam zusammenfallen, indem die Radien der reciproken Netzhäute sehr gross sind, demnach der Werth der Grundlinie verschwindet. Wir können dann sagen, dass die beiden reciproken Netzhäute einander im mittleren Sehraume vollständig decken. Aber beim Nahesehen, d. i. bei Convergenz der Blicklinien ist dies nicht mehr der Fall, sondern die Deckung findet nur mehr lediglich im Blickpunkte statt, und diese wichtige Veränderung des Sehactes, welche denn doch bisher nicht genügend klargestellt worden ist, versinnlichen und erklären die reciproken Netzhautsphären (Projectionsphären).

Die Deutung, welche Nagel meinen Projectionssphären gegeben hat, indem er sie als diejenigen Flächen bezeichnete, auf welche im Allgemeinen die Doppelbilder projicirt werden, wonach sie die Localisation der Doppelbilder durch unser Urtheil bedeuten sollen, — gab

Veranlassung zu Einwürfen, durch welche das Kind bald mit dem Bade verschüttet worden wäre. Ich habe die Projectionssphären (l. c. p. 9) als den Ort der Projection der Retinalbilder (was dasselbe ist, wie wenn ich Projection der Retinen gesagt hätte) bezeichnet, aber lange nicht im Sinne der Projectionslehre, wonach unser Urtheil alle Objecte der Aussenwelt in diese Sphären localisirt. Mir waren dieselben lediglich eine „Versinnlichung „der Combination der Gesichtsfelder beider Augen zu dem „gemeinschaftlichen Gesichtsfelde, so wie sie mir im All„gemeinen die Lage jener Punkte im Raume bedeuteten, „für welche jedes Auge, bei Fixation eines Punktes, gleich„zeitig accommodirt ist.“ Ich hätte sie damals demnach besser die Accommodationssphären nennen können, und wähle heute lieber, um Irrungen vorzubeugen jenen der „reciproken Netzhäute.“ Daran dachte ich aber durchaus nicht, und sprach es auch nicht aus, dass unser Urtheil beim Sehen alle Objecte gerade nur dahin verlege. Dass wir den Ort, die Lage der Objecte mit Hilfe dieses Verhältnisses, dieser Beziehung unseres Inneren zur Aussenwelt finden, berechnen, will lange nicht so viel sagen, als ob wir Alles in die reciproken Sphären verlegten.

Gegen die reciproken Netzhäute, welche mit der Projectionslehre selbst gar nichts zu thun haben, wird somit kaum Etwas einzuwenden sein, indem sie ja nichts anderes sind und sein wollen als die umgekehrten Netzhäute. Wie aber sofort durch solche Umkehrung uns das Wesen des binocularen Sehactes klar werde, wie wir ein Spiegelbild desselben gewinnen, ist schon aus der beiliegenden Figur ersichtlich. Sei *R* das rechte, *L* das linke Auge, *O* ein Fixirobject, o_1 sein Retinalbild im rechten, o_2 im linken Auge. Kehren wir jetzt das Verhältniss um, und versetzen wir die Kugelschale der rechten Netzhaut nach *AOB*, jene der linken nach *COD*, was wir doch *ganz ohne die geringste Aenderung der Richtungslinien des Sehens*, also ohne irgend welche Verwirrung der Sache thun dürfen, so ist es ganz dasselbe, ob wir sagen, das Object *O* bildet sich in o_1 und o_2 ab, oder ob wir sagen, es bilde

sich in O_1, in der reciproken Netzhaut ab. (Es folgt daraus noch durchaus nicht, dass unser Urtheil in jedem Falle auch das Object dahin versetzen müsse.) Was nun von den Richtungsstrahlen Oo_1 und Oo_2 gilt, gilt von allen anderen. So haben wir denn den Nervus opticus des linken Auges in L_1, jenen des rechten in R_1, und das gleichnamige Doppelbild des ferneren Objectes p ist für die rechte

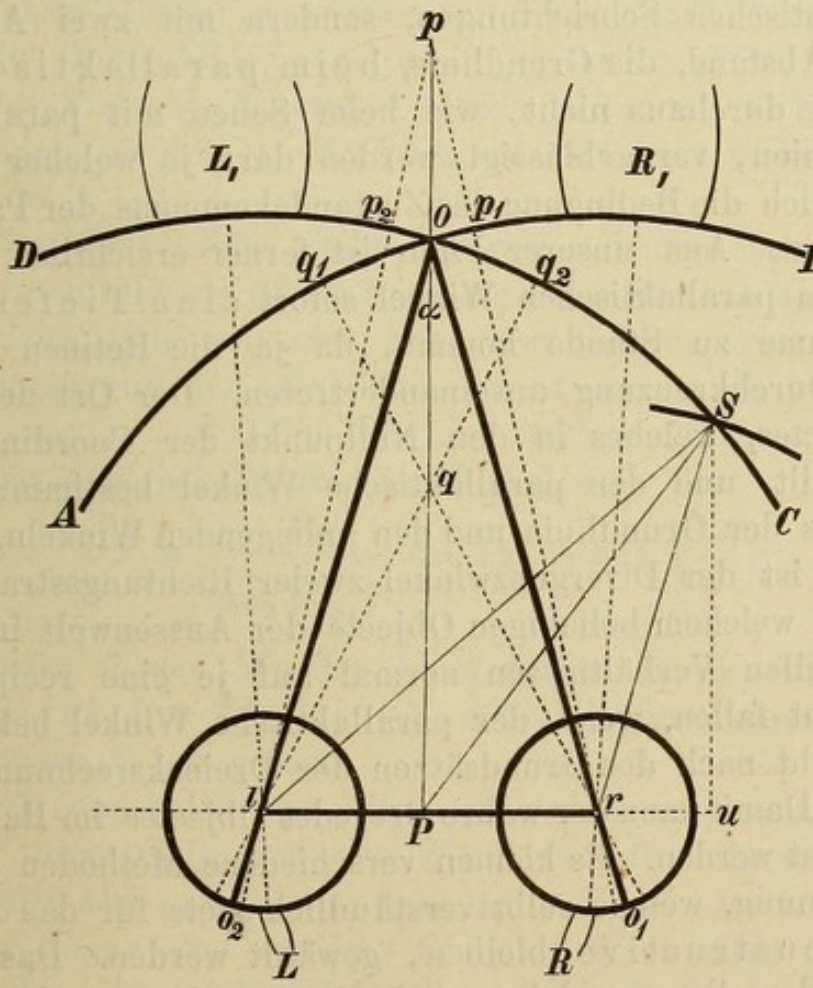


Fig. I.

Netzhaut in p_1, die linke in p_2 zu suchen, das gekreuzte Doppelbild des näheren q für das rechte in q_1, für das linke in q_2 u. s. w.

Das Wichtigste bei der Herstellung dieses reciproken Verhältnisses ist die Versinnlichung der Art, wie sich die beiden Augen bei convergenten Blicklinien verbinden, gatten, und die Netzhautsphären einander kreuzen, der parallakti-

sche Winkel α zu Stande kommt. Dieser ist offenbar gleich dem Winkel *DOA* und *BOC*, welchen die beiden Sphären mit einander einschliessen; er wächst und fällt mit jenem.

Thatsächlich verbinden sich beim binocularen Sehact mit convergenten Blicklinien die beiden Netzhäute in der bezeichneten Weise, aber nicht zu einem cyklopischen Auge. Wir schauen eben nicht mit der Nase und nicht in identischen Sehrichtungen, sondern mit zwei Augen, deren Abstand, die Grundlinie, beim parallaktischen Sehen durchaus nicht, wie beim Sehen mit parallelen Blicklinien, vernachlässigt werden darf, ja welcher ganz vorzüglich die Bedingung des Zustandekommens der Parallaxe setzt. Aus unserer Figur ist ferner ersichtlich, dass mit dem parallaktischen Winkel sofort eine Tiefenaxe im Raume zu Stande kommt, da ja die Retinen nach ihrer Durchkreuzung auseinandertreten. Der Ort des Fixirobjectes, welches in den Nullpunkt der Coordinatenaxen fällt, und der parallaktische Winkel bestimmt sich nun aus der Grundlinie und den anliegenden Winkeln, und ebenso ist der Divergenzwinkel zweier Richtungsstrahlen, die von welchem beliebigen Objecte der Aussenwelt immer unter allen Verhältnissen normal auf je eine reciproke Netzhaut fallen, wenn der parallaktische Winkel bekannt ist, leicht nach den Grundsätzen der Dreiecksrechnung zu finden. Damit kann der wahre Ort jedes Objectes im Raumer bestimmt werden. Es können verschiedene Methoden diese Bestimmung, welche selbstverständlich stets für das Auge blos constructive bleiben, gewählt werden. Das Resultat derselben, welches nichtsdestoweniger streng geometrisch sein muss, obgleich die Bestimmung scheinbar unbewusst und unmittelbar zu Stande kommt, ist das befriedigende *Gefühl der Tiefenempfindung.*

So kann, um ein Beispiel zu wählen, wenn die Lage des Objectes *O* und der parallaktische Winkel α bekannt ist, die Lage des ferneren Objectes *p* und ebenso jene des näheren *q* leicht aus der Entfernung ihrer Doppelbilder von *O* auf der reciproken Netzhaut gefunden werden.

Bezeichnen wir nämlich in dem rechtwinkligen Dreiecke pp_1O den Winkel pOp_1, welcher der halbe Nebenwinkel des parallaktischen ist, mit β, und ist arc. op_1 = chord. op_1 so ist

$$Op = \frac{Op_1}{\cos \beta} \text{ und ebenso } Oq = \frac{Oq_2}{\cos \beta}$$

und dasselbe gilt bezüglich der Dreiecke pOp_2 und qOq_1. Die Bestimmung der Lage von p und q, sobald O fixirt wird, kann allerdings niemals mit Genauigkeit stattfinden, weil die Doppelbilder p_1p_2 und q_1q_2 nicht gleich scharf wie das Fixirobject gesehen werden können, d. h. ihre Beziehung zu den Localzeichen der Netzhaut nicht völlig genau ist.

Das Wesentliche bleibt daher beim Tiefensehen immer die Orientirung über die Lage des Fixirobjectes O, welche sich entweder aus dem Neigungswinkel der Blicklinien und der Grundlinie ergibt

$$OP = Pr \,.\, \text{tang } OrP$$

oder aus dem parallaktischen Winkel α

$$OP \doteq \frac{Pr}{\text{tang}\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = Pr \text{ cotang}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

und jeder dieser Werthe kann daher als Grundgleichung für das Tiefensehen bei symmetrischem convergirenden Sehen gelten.

Für den seitlichen Blick oder das unsymmetrische Sehen verwandelt sich der Werth von Pr allgemein in die halbe Abstandslinie A. (pag. 38.) Wenn also z. B. in unserer Figur das seitliche Object S fixirt wird, dessen senkrechter Abstand von der Grundlinie Su ist, so ist

$$Su = \frac{A}{2} \,.\, \text{tang } OrP$$

und kann Su auch durch die Grundlinie selbst und die Neigungswinkel der beiden Blicklinien ausgedrückt werden, nämlich

$$Su = lr \,.\, \frac{\sin Slr \,.\, \sin Sru}{\sin (Sru - Slr)}$$

Die Grundgleichung für die Orientirung über die Doppelbilder, also über die Lage der aus-

serhalb des Fixirobjectes gelegenen Gegenstände ist dagegen wie oben

$$Op = \frac{Op_1}{\cos \beta} \text{ u. s. w.}$$

Wir sehen also in die Tiefe mit Hilfe der Localzeichen der Netzhaut, des Abstandes der beiden Augen von einander und des parallaktischen Winkels. Von einer Projection ist hiebei keine Rede, sondern Alles ergibt sich aus dem psychischen Calcul.

Was man für das Auge die Hilfe der sogenannten Erfahrung genannt hat, reducirt sich auf die Handhabung mathematischer Factoren, welche, um möglichst exact zu werden, allerdings wiederholte Uebung fordert, aber im Grunde doch nichts anderes ist und sein kann als ein geometrischer Process! — Erfahrung ist hier eben Uebung im Messen, Zählen u. s. w.

Ich weiss sehr wohl, dass sofort von mancher Seite der Einwurf gemacht wird: Unser Auge rechnet ja nicht, sondern hat lediglich ein Gefühl der Tiefe, es kennt den Werth der Grundlinie nicht, auch nicht jenen der Parallaxe, wie kann es denn sich nach trigonometrischen Gesetzen benehmen?

Darauf erlaube ich mir aber zu erwidern: Alle thierischen Gefühle und sogenannten Instincte sind in der That sehr eigenthümliche Erscheinungen der organischen Welt. Es wird wohl erlaubt sein, sie als das ererbte Resultat einer viel tausendjährigen ernsten Arbeit des Organischen aufzufassen zu dem Zwecke, um sich die allgemeinen Gesetze der Natur dienstbar zu machen oder sich denselben anzupassen. In jedem Gefühle oder jeder instinctiven oder sogenannten unbewussten organischen und thierischen Leistung treten wir daher die Erbschaft einer Applicationsarbeit des Organischen an, welches unter der Schwelle unseres Bewusstseins seit Aeonen und noch heute mit einem ihm selbst viel bewussteren und exacteren Calcul und viel strenger wissenschaftlich arbeitet, als es sich unsere Schulweisheit träumen lässt. Auch unser Auge ist ein solcher treuer, verlässlicher Diener im Dienste der

Naturgesetze und zugleich im Dienste unseres Ich. Seine Probleme rechnet es für sich unterhalb der Schwelle unseres Bewusstseins aus und bringt das glückliche Resultat unserem Ich fertig und vollendet entgegen, welches dasselbe hinzunehmen und zu seinen Eigenzwecken zu verwenden pflegt, ohne darnach zu fragen, wie das untergeordnete Organ die Arbeit fertig gebracht hat. Je exacter dessen Leistung, je schneller es uns bedient, desto besser.

Unser Ich steht eben auf höherem Standpunkte, es arbeitet je mit dem Totalbewusstsein; aber von unseren Organen sagen wir, weil ihr Bewusstsein unter der Schwelle desselben steht: sie arbeiten unbewusst, aus dunklen Gefühlen, aus Instinct! — Und doch sind die Leistungen dieser allenthalben und ununterbrochen in engen Schranken strenge, und in der Regel exact d. h. mathematisch genau, während das Totalbewusstsein, unser Ich, sich möglichst ausserhalb der Schranken strenger Gesetze zu bewegen strebt, und sich meist mit sehr oberflächlichen, ungenauen Resultaten begnügt.

Wenn man gewöhnlich die Tiefenwahrnehmung als das Resultat der erfahrungsmässigen Combination zweier perspectivischer Ansichten bezeichnet, so muss doch wieder gefragt werden, wass denn unter jener Combination zu verstehen sei, und Niemand wird, — da es sich hier lediglich und wesentlich um Ortsbestimmungen handelt, und zwar um die gleichzeitige Unterscheidung einer Mehrheit von hintereinander gelegenen Orten, — läugnen können, dass eine solche Unterscheidung allein auf geometrischen Gesetzen ruhen könne, dass die Tiefenempfindung der Ausdruck eines geometrischen Schlusses sein müsse! —

Freilich haben wir, um den Process der Tiefenwahrnehmung ganz klar zu stellen, uns darüber zu verständigen, dass alle Functionen des Organischen in eine doppelte Reihe zerfallen, jene, welche unter oder über der Schwelle des Hirnbewusstseins stehen. Zum Theile ist diese Unterscheidung in Uebereinstimmung mit der älteren Unterscheidung der Functionen in unwillkürliche und willkürliche oder in jene, welche dem Empfindungscen-

trum und dem Vorstellungscentrum zufallen. Jedoch darf dieser Unterschied nicht so scharf gezogen werden als gewöhnlich geschieht. Denn es gelangen die, eigentlich sehr unpassend sogenannten, unwillkürlichen Thätigkeiten in der That sehr häufig über die Schwelle des Hirnbewusstseins und umgekehrt sinken die Hirnthätigkeiten unter diese Schwelle herab. Während die unwillkürlichen Thätigkeiten nämlich in der Regel exact vor sich gehen, und nur ihr Resultat sich mehr oder minder über die Schwelle des Bewusstseins erhebt, sind die eigentlichen Hirnthätigkeiten nur selten exact, sondern meistens unklar, träumerisch, und von allerlei äusseren Verhältnissen abhängig, so dass es scheint, als ob sie dann im Werthe der Leistung tief unter jenen der unwillkürlichen Thätigkeiten ständen.

Dies auf die geometrische Leistung der Sehfunction angewendet, finden wir, dass die Flächen- und Tiefenempfindung eigentlich und strenge in die Kategorie jener Functionen gehört, welche unterhalb der Schwelle unseres Bewusstseins vor sich gehen, indem sie unmittelbar aus den Beziehungen des Sehorgans zu der Wirkung des Lichtes auf dasselbe sich ergeben oder so zu sagen intuitiv sind. Wenn sich die Leistungen des Auges über die Schwelle des Bewusstseins erheben d. h. in das Bereich des Vorstellungscentrums gelangen sollen, wenn wir über Entfernungen der Objecte ein bewusstes Urtheil fällen sollen, dann müssen wir in der That denselben Weg einschlagen, welchen das Auge gewählt hat, um unwillkürlich zu dem befriedigenden Resultate der Tiefenempfindung zu gelangen, d. h. wir müssen ausmessen. Der Methoden dieser Messung können wir allerdings verschiedene wählen, verlässliche und unverlässliche, genaue oder annähernde. Zu den genauen gehört das Ausmessen mit Cirkel und Elle oder die trigonometrische Rechnung. Zu den ungenauen gehört das sogenannte „Augenmass.“ Die Physiologie hat sich, wie ich glaube, vergebens abgemüht, das Augenmass auf verschiedene Factoren, wie Muskelgefühl, Farbencontraste, Gesichtswinkel etc. zurückzuführen und

zu deuten. Das Eine ergab sich aus allen diesfälligen sehr emsigen Versuchen, dass die Resultate des Augenmasses niemals exact sind. Man hat nun die Fehler, welche hiebei vorkommen, sogar in die doppelte Kategorie der constanten und variablen geschieden, und es hat sich gezeigt, dass geübte Forscher allerdings die Fehler des Augenmasses allmälig vermindern aber niemals vollständig beseitigen können. Es zeigt sich ferner im täglichen Leben, dass Leute, welche überhaupt nicht messen gelernt haben, auch gar kein Augenmass besitzen, wohl aber eine ganz exacte Tiefenempfindung, welche sie bereits seit den ersten Lebenstagen sofort zu Stande bringen, wenn sich ihre beiden Blicklinien auf einem Fixirobjecte durchkreuzen. Andere, welche messen gelernt haben, besitzen dieselbe Tiefenempfindung, und können nebstdem im Augenmass durch Uebung zu grosser Routine, aber weil diese Messung niemals exact, sondern nur annähernd und vergleichend stattfindet, nicht ohne einige constante Fehler gelangen.

Das sogenannte Augenmass ist nämlich Nichts anderes, als eine auf die schon früher erworbenen Kenntnisse bei wirklichen directen Ausmessungen sich stützende Messung, und daher lediglich eine beiläufige Schätzung von Entfernungen, eine bewusste, aber unsichere, ungenaue Messung, welche sich auf Grundlage der bereits unabhängig von ihr gegebenen Tiefenempfindung aufbaut.

Die Tiefenempfindung selbst aber kam auf folgende Art zu Stande: Wenn wir mit fixem einem Auge einen fixen nahen Gegenstand betrachten, so gewinnen wir ebenso wie bei Betrachtung eines fernen Objectes mit parallelen Blicklinien beider Augen lediglich ein Flächenbild, welches im Allgemeinen in der Kugelebene der reciproken Netzhaut ruht und daselbst empfunden wird. Doch muss zwischen dieser Flächenempfindung und dem bewussten Urtheile über die Lage der Objecte in Beziehung zu dem Flächenbilde unterschieden werden. Wir vermögen allerdings, wenn wir mit einem Auge einen Baum einer

Allee fixiren, aus der Perspective ein Urtheil über die Tiefe der Allee uns zu bilden, aber lediglich ein bewusstes, niemals ein unbewusstes, d. i. wir kommen zu keiner unmittelbaren Empfindung der Tiefe.

Wenn wir dagegen nunmehr auch das zweite bisher vom Sehacte des nahen Objectes ausgeschlossene Auge öffnen, so gewinnt es für sich gleichfalls vorerst bei parallelen Blicklinien blos ein Flächenbild, und alle nahen Objecte erscheinen uns doppelt. Sobald aber die beiden Blicklinien gegen ein Fixirobject convergiren und daselbst zusammenfallen, dieses daher einfach erscheint, und sein Ort im Raume sich sofort aus der Tangente des Neigungswinkels, also nach seinem Tiefenwerthe genauer ergibt, so ordnen sich auch im selben Momente die sämmtlichen seitlichen Doppelbilder der beiden reciproken Netzhäute mit Hilfe der Parallaxe und der oben dargestellten Gleichungen geometrisch genau zur *Construction* der Tiefe für alle im Blickfelde gelegenen Objecte. Jedes Auge für sich sieht also allenthalben flächenhaft, beide zusammen bei parallelen Blicklinien gleichfalls; aber bei convergenten Blicklinien, wo die beiden reciproken Netzhäute nicht mehr zusammenfallen, sondern sich kreuzen, und eine Tiefenaxe zu Stande bringen, tritt sofort auf Grund des nunmehr ermöglichten Calculs des organischen, sogenannten Empfindungscentrums und bei Fortbestand der Doppelbilder die Empfindung der Tiefe auf, und zwar zwingend, unmittelbar, ohne dass unser bewusstes Urtheil daran einen Antheil hätte! —

Was uns am Stereoskop so ganz besonders frappirt, ist nicht die Empfindung der Tiefe an sich, welche es gibt, sondern die bildliche Darstellung der beiden flächenhaften, perspectivischen reciproken Netzhautsphären, bei deren Vereinigung im Sinne der Parallaxe sofort das Zustandekommen der Tiefenempfindung sich uns so schön illustrirt und damit ein Problem des Sehactes einfach praktisch löst, welches unzweifelhaft zu den schwierigsten der physiologischen Optik gehört, welches ich aber

in diesen Zeilen hiemit geometrisch und psychologisch genau gelöst zu haben glaube.

Ich gebe hier schliesslich eine Tabelle über den halben parallaktischen Winkel $\frac{\alpha}{2}$ und die bezügliche Entfernung B in Millimetern, bei welcher symmetrische Convergenz stattfindet, wenn die halbe Grundlinie $A = 32^{mm}$ ist, nach der Gleichung $B = \frac{A}{\text{tang}\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$

$\frac{\alpha}{2}$		B	
0·1	Secunde	66000000	Millimeter
0·2	„	33000000	„
1·0	„	6600000	„
10	„	660000	„
30	„	220000	„
1	Minute	110000	„
5	„	22000	„
30	„	3667	„
1	Grad	1833	„
2	„	916	„
3	„	610	„
4	„	457	„
5	„	365	„
6	„	304	„
7	„	260	„
8	„	227	„
9	„	202	„
10	„	181	„
11	„	164	„
12	„	150	„
13	„	138	„
14	„	128	„
15	„	119	„
16	„	111	„
17	„	104	„
18	„	98·4	„

$\frac{\alpha}{2}$		B	
19	Grad	92·9	Millimeter
20	„	87·9	„
21	„	80·3	„
22	„	79·2	„
23	„	75·3	„
24	„	71·8	„
25	„	68·6	„
26	„	65·6	„
27	„	62·8	„
28	„	60·1	„
29	„	57·7	„
30	„	55·4	„
31	„	53·2	„
32	„	51·2	„
33	„	49·2	„
34	„	47·4	„
35	„	45·7	„
36	„	44·0	„
37	„	42·4	„
38	„	40·9	„
39	„	39·5	„
40	„	38·1	„
41	„	36·8	„
42	„	35·5	„
43	„	34·3	„
44	„	33·4	„
45	„	32·0	„

V. Die Theorie des Schielens, Strabotomie und Enucleatio bulbi.

Seit jener Zeit, wo Heister das Schiekeln einen Fehler der Augen genannt hat, wobei sich dasselbe allezeit gegen einen andern Ort hinwendet, als wo die Leute wollen hinsehen, hat man bis auf unsere Tage diese Krankheit meist blos symptomatologisch aufgefasst und lediglich versucht, bei der Definition derselben die hervorragendsten Erscheinungen, hie und da auch einige Ursachen zusammenzufassen. Donders hat schliesslich ganz bestimmt behauptet, das Schielen sei in der That gar keine selbständige Krankheitsform, sondern nur ein Symptom, und die Semiotik habe allein über dasselbe im Allgemeinen zu handeln.

So verdienstlich nun auch die diesfälligen Arbeiten von Donders über den Zusammenhang des Schielens mit Refractionsstörungen (Hyperopie oder Myopie) sein mögen, so folgt daraus doch immer noch nicht, dass dasselbe keinen Platz unter den „selbständigen" Krankheiten in Anspruch nehmen dürfe, denn darüber ist jedenfalls kein Zweifel, dass die Symptome des Schielens, wenngleich in der Minderzahl — auch unabhängig von Refractionsstörungen vorkommen; dass sie ferner für sich eine sehr markirte Gruppe von Erscheinungen bilden. Und selbst wenn diese sich unbedingt stets aus anderen Krankheitsformen entwickeln sollten, so ist es doch allenthalben in der Pathologie gerechtfertigt, auch secundäre Krankheiten als bestimmte Krankheitsformen im Systeme festzuhalten, insofern sie wieder zu einem neuen reichen Centrum von

pathologischen Symptomen werden, die sich alle charakteristisch um dasselbe gruppiren. So ist es auch mit dem Schielen. Das Bild desselben ist so bedeutsam, die Symptome führen so zwingend nach einem bestimmten Mittelpunkt hin, dass man es aus der Systematik der Augenkrankheiten niemals wird eliminiren können. Zu einer Thüre herausgedrängt, kommt es bei der anderen wieder herein.

Es ist freilich bei der grossen Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, bei den Verschiedenheiten der Gradationen und Arten des Schielens nicht leicht, das Wesen desselben in wenige Worte zu fassen. Die Versuche hiezu sind nicht immer glücklich ausgefallen, und haben hie und da der Klärung der Sache mehr geschadet als genützt. Aber sie müssen immer erneuert werden: eine fortdauernde Discussion des Gegenstandes erscheint umsomehr erwünscht, als uns damit durchaus nicht gedient sein kann, wenn man lediglich die disjecta membra der Symptome dieser Krankheit bei einzelnen, noch so richtig anerkannten Ursachen hervorhebt.

Als Beleg hiefür seien einige Definitionen des Schielens angeführt. Heister markirte blos das Symptom mangelhafter Fixation ganz allgemein. — Chelius bezeichnete das Schielen als Störung des Consensus der beiderseitigen Augenmuskeln. Wenn wir Consensus mit gleichmässiger Innervation beider Augen oder Coordination oder Association im Sinne neuerer Auffassung übersetzen, da es wohl dasselbe bedeuten wird, so wäre das Schielen nach Chelius eine Nervenkrankheit, eine Störung immanenter, unwillkürlicher Bewegung, vorüber sich dieser Autor freilich nicht genauer aussprach. — Ruete nannte es einen Zustand, wo die Sehaxen nicht beliebig lange willkürlich zur Durchkreuzung gebracht werden können. Dies bedeutet also wieder eine Krankheit der willkürlichen Convergenzbewegung, aber sagt nicht, wodurch diese Bewegung gestört wird. — Die Definition von Andreae: Abweichung des Auges von der geraden Richtung, daher ein Auge den Bewegungen des anderen nicht folgt, ist völlig unklar und unwahr, indem die Mitbewegungen beim Schielen

nicht aufhören. Am nächsten läge vorauszusetzen, dass Andreae eine Störung der Parallelbewegung im Sinne hatte, was er jedoch nicht klar ausgesprochen hat. — Nach Roser soll das Schielen in Divergenz der Sehaxen bestehen, was wohl gleichfalls eine unglückliche Bezeichnung für Aufhebung des Parallelismus bedeuten möchte, denn unter Divergenz der Sehaxen versteht man sonst allgemein lediglich die Form des Divergentschielens. Nach Böhm bedeutet Schielen den Verlust der accommodativen Bewegung der Sehaxen, und kommt diese Definition jener von Ruete nahe, indem wohl die accommodative Bewegung dasselbe sagt wie Convergenzbewegung. Aber von einem völligen Verlust dieser Bewegung kann beim Schielen keine Rede sein, höchstens von einer Störung, und dies auch nur in einzelnen Fällen. — Stellwag hat im Laufe der Zeit in den verschiedenen Ausgaben seines Lehrbuches die Ansichten über das Schielen mehrfach geändert. Schliesslich gab er sich der nativistischen Theorie gefangen, und nennt es eine Coordinationsstörung mit den beiden Formen der Vermehrung oder Verminderung der Convergenzbreite, nähert sich demnach der Theorie von Chelius. — Arlt gibt eine complicirte Definition, welche eine Reihe der vorzüglichsten Symptome markirt, worunter besonders die active, unwillkürliche, auf Muskelcontractur beruhende Ablenkung der Sehaxe hervorzuheben wäre. Damit dürfte wieder eine nervöse Störung im Sinne von Chelius gemeint sein, indem wir die active Muskelcontractur denn doch in letzter Instanz nur auf eine Innervationsanomalie zurückführen können. — v. Gräfe hat das Schielen als die Unfähigkeit, die beiden Sehaxen in einem Fixirpunkte zur Durchkreuzung zu bringen, bedingt durch ein Missverhältniss zwischen den mittleren Muskellängen, bezeichnet. Dies ist in der That die erste anatomische Definition des Schielens, welcher wir in der gesammten diesfälligen Literatur begegnen. Merkwürdiger Weise hat dieselbe aber wenig Glück gehabt, d. h. sie wurde wenig beachtet, obgleich sie nach meiner Ueberzeugung dem Wesen der Sache viel näher kommt als alle anderen Definitionen;

sie wurde bald von der Auffassung Donders in den Hintergrund gedrängt, welcher sich bei der Definition nicht lange aufhielt, sondern sofort zur Schilderung der Symptome überging, nachdem er kurz das Schielen im Sinne Heisters als eine Abweichung in dem Stande der Augen bezeichnete, in Folge deren die beiden gelben Flecke Bilder von verschiedenen Objecten empfangen. Die Antwort auf die Frage, was er sich unter dieser Abweichung in dem Stande der Augen denke, hätte uns der geistreiche Physiologe immerhin mit beantworten können; aber ihm scheint es wesentlich darum zu thun gewesen zu sein, seine Forschungen über das ätiologische Moment der Refractionsanomalien zu betonen, und dabei verlor er das Wesen aus dem Gesichte. Ich bin weit entfernt, Donders darüber einen Vorwurf zu machen. Im Gegentheil hat dieser unermüdliche Forscher auf dem Gebiete des Schielens, wenn er es auch nicht erschöpfte, doch vielfach anregend gewirkt.

Wenn wir das Wesen des Schielens erfassen wollen, so müssen wir zu den Quellen der arthrodischen Bewegung des Auges zurückgehen, da ja Störungen derselben hier unzweifelhaft vorliegen. Die Frage muss scharf formulirt werden: haben wir es in letzter Instanz mit einer anatomischen oder physiologischen Störung zu thun? d. h. geht das Schielen aus einer Innervationsanomalie hervor oder aus einer Störung der arthrodischen Gelenksvorrichtung? Wenn ersteres der Fall ist, so könnten periphere oder centrale Innervationsstörungen der lichtempfindenden oder motorischen Factoren vorliegen. Wenn letzteres, so können Conformationsfehler des Gelenkkopfes (und optische Störungen) oder der Pfanne oder der Muskeln und Bänder vorhanden sein.

Da schliesslich alle functionellen, dynamischen Störungen nur in anatomischen Veränderungen ihre letzte Quelle haben müssen, so wird sich eine solche finden lassen, aus welcher die ganze Summe der Erscheinungen hervorgeht; diese würde sodann das Wesen des Schielens begründen.

Ich höre hier sofort die Antwort im Sinne Donders: Optische Störungen (Refractionsanomalien) gehören in das Bereich jener anatomischen Veränderungen im Gelenkkopfe, welche eben als constante Ursache der Bewegungsanomalien oder dynamischen Störungen aufzufassen sind. — Dies kann jedoch nicht unbedingt zugegeben werden. Selbst Donders muss dem „Besonderen Bau oder Innervation der Muskeln, ferner Astigmatismus, Hornhauttrübungen etc." einen Einfluss, wenn auch in zweiter Reihe auf die Entwickelung des Schielens, ebenso die Entwickelung aus Entzündungen, Paralysen, die Complicationen von Cataracta congenita, Nystagmus zugestehen. Das Erblichkeitsmoment lässt er freilich nur insofern gelten, als es durch Refractionsstörungen zum Strabismus führt.

Wenn nun zugegeben werden muss, dass sich der ganze Symptomencomplex auch aus sogenannten materiellen Muskel- oder Gelenkskrankheiten, aus Nervenkrankheiten etc. des Auges unabhängig von optischen Störungen entwickeln könne, so kann kein Zweifel sein, dass wir den eigentlichen Schwerpunkt der Symptome anderswo zu suchen haben, als in Refractionsanomalien. Schon Gräfe hat (Arch. III p. 185 ff) den Grund des Schielens in dem Missverhältniss zwischen den mittleren Muskellängen gesucht, und die strenge Unterscheidung desselben von allen Krankheiten der Innervation urgirt, wobei er betonte, dass es gleichgiltig sei, ob wir es mit einer abnormen Insertion oder einer Structursänderung im Muskel zu thun haben, indem beide für das Symptom des Schielens (die Bewegungsstörung) äquivalent seien.

Damit stellte sich Gräfe, wie oben erwähnt, entschieden auf den anatomischen Standpunkt, welchen auch ich festhalte, indem ich noch allgemeiner, als er gethan, das Schielen als einen Fehler der anatomischen Stellung der Augen bezeichne. Jede Störung dieser muss eine Störung der Gesammtleistung der arthrodischen Gelenksvorrichtung involviren, insofern die normalen Bewegungen der beiden Augen nur von einer normalen ana-

tomischen Stellung ausgehen können. Denn das arthrodische Auge verhält sich in Beziehung auf die binoculare Bewegung ähnlich wie die Hüftgelenke, wo jeder Lagenfehler des einen oder beider zu einer Bewegungsänderung führt, indem sie die Gleichgewichtslage, damit die harmonische Bewegung des Schreitens stört. Beim Schielen lassen sich thatsächlich alle Erscheinungen ungezwungen auf eine Störung der anatomischen, der Gleichgewichts- oder Ruhelage der Augen, demnach auf eine Störung der binocularen Primarstellung zurückführen. Wir müssen jedoch einen Unterschied zwischen Stellungs- und Lagenfehlern des Auges machen. Die ersteren involviren Drehungen um eine oder mehrere Hauptaxen (Strabismus), die zweiten Verschiebungen des Drehpunktes, Statopathien im engeren Sinne. Auch muss die Störung der anatomischen Stellung (Strabismus) von der dynamischen Ablenkung des Auges unterschieden werden. Diese ist nämlich zeitweiliges Resultat der Muskelwirkung, tritt also durch Bewegung in die Erscheinung, während der Stellungsfehler im Momente der Ruhe sich manifestiren muss. Dies schliesst aber nicht aus, dass sich beide combiniren, ja die Combination ist sogar sehr gewöhnlich.

Im Grunde hat dies bereits Gräfe angedeutet, indem er mindestens eine strenge Unterscheidung des Schielens von den Innervationsanomalien forderte, was übrigens auch schon die Alten thaten, indem sie Strabismus und Luscitas auseinanderhielten, aber die Entwickelung des einen aus dem anderen zugaben. Hätte man dies consequent gethan, so wäre die Verwirrung über diesen Gegenstand nicht hereingebrochen.

Denn aus dem Stellungsfehler beim Schielen muss allerdings nothwendig ein Bewegungsfehler folgen, aber die musculare Innervation kann hiebei absolut oder relativ intact sein. Erst später entwickeln sich wahre Muskel- und Innervationskrankheiten (Insufficienzen, Paralysen, Contracturen) aus dem Stellungsfehler. Umgekehrt erzeugen Innervationsanomalien vorerst Ablenkungen des Auges, welche, wenn sie länger dauern, sich in Stellungs-

fehler umbilden können. Daher kann sich eine Paralyse oder Contractur aus Strabismus, und ein Strabismus aus Krampf oder Lähmung herausbilden. Diese wechselseitigen Uebergänge sind sogar sehr häufig, aber sie ändern nichts an der Nöthigung, principiell und im System die Stellungsfehler im Gegensatze zu den Bewegungsfehlern aufzufassen und festzuhalten.

Die Stellungsfehler des Auges zerfallen in sehr verschiedene Formen, jedoch kann man nach den Hauptaxen des Auges unterscheiden:

1. Strabismus convergens und divergens, (Ein- und Aussenschielen mit Drehung um die senkrechte Axe).

2. Strabismus superior und inferior, (Oben- und Untenschielen mit Drehung um die Horizontalaxe).

3. Strabismus rotatorius convergens und divergens, (Rollschielen um die Tiefenaxe des Auges mit Neigung der senkrechten Meridiane nach oben innen oder unten innen).

Da der Strabismus offenbar sowohl einseitig als beiderseitig entwickelt sein kann, und an jedem Auge gleichzeitig mehrere Formen vorkommen, und verschiedene Formen sich an beiden Augen combiniren können, so ergibt sich, dass das Bild der Schielformen ein sehr wechselndes sein müsse. Es kann z. B. Strabismus convergens, superior und rotatorius convergens des linken Auges sich mit Strabismus divergens, inferior, und rotatorius divergens des rechten Auges gleichzeitig combiniren u. s. w.

Wenn sich nun noch Verschiebungen der Drehpunkte hinzugesellen, so ist es selbstverständlich, dass das Bild der Störungen der Bewegung, welches sich implicirt, ein sehr wechselndes und mannigfaltiges sein werde. Bisher hat man seine Aufmerksamkeit mehr nur der ersten Form des Schielens, dem Ein- und Aussenschielen zugewendet, und die anderen Formen wurden nahezu gänzlich vernachlässigt. Namentlich geschieht des Rad- oder Rollschielens kaum irgendwo Erwähnung. Dies ist allerdings erklärlich, da dasselbe zwar die Form des Horopters modificirt, und zu Neigungen der Doppelbilder führt, aber das binoculare

Einfachsehen nicht aufheben, und sich auch durch eine Aenderung des Blickes nicht äusserlich bemerkbar machen muss. Daher kann heute über die Häufigkeit der verschiedenen Schielformen noch gar nichts Bestimmtes angeführt werden. Es ist wahrscheinlich, dass niedere Formen des Schielens bei den meisten Menschen — ganz so wie Astigmatismus — gewöhnlich vorkommen, aber da sie durch ausgleichende Bewegung maskirt werden, und keine auffallenden Blickänderungen hervorbringen, werden sie leicht übersehen.

Ich will im Folgenden die Symptomatologie des Schielens blos in allgemeinen Umrissen entwickeln, mehr nur zu dem Zwecke, um aus den Erscheinungen nachzuweisen, dass es sich hier thatsächlich um einen Stellungsfehler handle.

Der Schielwinkel α ist der Ausdruck des Stellungsfehlers. Er hat mit Beziehung darauf einen constanten Werth, und ändert sich daher nur bei progressiven oder regressiven Formen des Schielens mit diesen. Der Schielwinkel wird gemessen durch den Bogen der Ablenkung des Auges φ und den Radius R desselben

$$\alpha = \frac{\varphi \,.\, 180}{\pi \,.\, R}$$

Einem Bogen von 1 Millimeter am Auge entsprechen in runder Zahl 5°, wenn R mit 12^{mm} angenommen wird. Die Ablenkung des Auges A ist aber nicht immer gleich dem Schielwinkel, vielmehr ist sie in der Regel grösser als der Schielwinkel und zwar um einen meist variablen Winkel, den Ablenkungswinkel β.

Daher ist das Schielen S auszudrücken durch

$$S = A - \beta = \alpha \text{ und } A = \alpha + \beta.$$

Dies gilt für ein Auge. Für beide Augen ist

$$S = (A - \beta) + (A_1 - \beta_1) = \alpha + \alpha_1.$$

Da das Schielen monocular und binocular vorkommen kann, und an jedem Auge verschiedene Formen und auch verschiedene Grade derselben Form vorhanden sein können, so ist es erklärlich, dass der Schielwinkel α des einen Auges

nicht gleich sein müsse dem Schielwinkel α_1 des anderen.

Es ist aus obigen Formeln ersichtlich, dass der Schielwinkel nur dann manifest hervortrete, und genau gemessen werden könne, wenn der Ablenkungswinkel eliminirt wird. Jedoch ist dies nicht immer möglich. Im Allgemeinen hängt das Auftreten des Ablenkungswinkels von zahlreichen zufälligen Factoren, wie von der Blickrichtung, von der Quote des Convergenzbestrebens, von der Gemüthsstimmung ab; er kann auch unabhängig davon einen gewissen constanten Werth haben, insofern namentlich Krampfzustände, Contracturen der Muskeln sich aus Stellungsfehlern entwickeln, die sie dann dauernd begleiten. Ganz ebenso sehen wir die Myopie durch eine bestimmte Ziffer von implicirtem Accommodationskrampf häufig scheinbar gesteigert. Man wird auch beim Strabismus nur durch Narkotisirung der Muskel den zu Grunde liegenden Stellungsfehler genau eruiren können.

Da beim Schielen die Parallelstellung im Allgemeinen gestört ist, so muss die daraus hervorgehende Parallelbewegung ebenso wie die Convergenzbewegung eine scheinbare Störung erfahren. Aber es ist durchaus nöthig hervorzuheben, dass diese Störung der Bewegung wesentlich und primär nicht aus einer Innervationsanomalie, aus einer Coordinationsstörung hervorgehe, sondern dass die Coordinationsinnervation vielmehr in der Regel anfangs intact sei, und erst später auf Abwege gerathen könne. Es ist dies geradezu charakteristisch für die reinen Formen des Schielens, und hat ja zu der Bezeichnung „freies, bewegliches Schielen“ geführt. In der That ist die Beweglichkeit des Auges bei reinen und niedergradigen Schielformen, sobald es vom binocularen Sehacte ausgeschlossen wird, weder in der Schielrichtung noch nach der anderen Seite merkbar beschränkt, und macht sich selbst bei höheren Formen nach der dem Schielen entgegengesetzten Seite nur dem Grade des Schielwinkels entsprechend bemerkbar. Ja es kann selbst dieser durch

forcirte Innervation überwunden werden. Beim binocularen Sehacte muss aber eben die intacte Coordinationsinnervation zu fehlerhafter Leistung führen, weil alle Bewegungsformen von einer Störung der Parallelstellung ihren Ausschritt nehmen.

Nehmen wir an, das linke Auge sei einschielend, und in der Ruhe um 5° nach einwärts, das rechte normal, gerade nach vorn gerichtet. Wendet sich nun ein gleicher Willensimpuls behufs Fixation eines fernen Objectes der Rechtswendung beider Augen zu, sollen z. B beide Augen um 20° nach rechts gewendet werden, so folgen beide Augen diesem Impulse genau, aber wegen des gestörten Parallelismus zeigt blos das rechte Auge nun thatsächlich eine Aussenwendung um 20°, das linke aber, welches bereits ursprünglich um 5° nach rechts gerichtet war, zeigt eine Innenwendung von 25°. Soll in unserem Falle, wo der Schielwinkel des linken Auges 5° zeigt, ein nahes Object fixirt werden, und werden beide Adductorengruppen zu einer gleichen Convergenzbewegung von 20° innervirt, so muss offenbar das Resultat so ausfallen, dass die Blicklinie des linken Auges um 25° nach einwärts, die des rechten blos um 20° nach einwärts gerichtet erscheint.

Ganz ebenso lässt sich das Symptom der Concomitanz oder der secundären Ablenkung beim Schielen erklären. Wenn sich nämlich, während das gesunde Auge vom Sehacte excludirt wird, das um 5° einschielende Auge um 20° nach links bewegt, so wird seine Blicklinie schliesslich um 15° nach aussen stehen. In demselben Masse hat sich aber auch das rechte normal gestellte Auge unter der deckenden Hand um 20° nach innen bewegt, und seine Blicklinie muss daher schiesslich um 5° mehr nach innen stehen, als jene des linken nach aussen gewendet ist; d. h. der Schielwinkel hat sich auf das gesunde Auge übertragen und kommt daselbst zum Ausdruck, die sogenannte secundäre Ablenkung ist gleich excursiv, wie die primäre Ablenkung am kranken Auge. Doch gilt dies Letzere offenbar blos für den mittleren Theil des Gesichtsfeldes. Denn an den Grenzen desselben und

in der dem Schielen entgegengesetzten Richtung macht sich für das schielende Auge die Stellungsanomalie durch eine Beschränkung der Bewegung geltend ähnlich wie bei Muskelinsufficienzen, und es muss daher die Secundärablenkung des gesunden Auges an diesen Grenzen sogar noch einen grösseren Winkelwerth als das Schielen erreichen können. Das Gebiet der Bewegung ist also bei intacter Beweglichkeit nach der Seite des Schielens verschoben.

Dies sind entschieden die wichtigsten Symptome des sogenannten typisch concomitirenden Schielens, und sie erklären sich nicht aus einer Anomalie der Coordination, sondern sie fordern sogar die intacte gleichförmige Innervation beider Augen, sie haben mit einer vermehrten oder verminderten Coordination, mit Contractur oder Insufficienz der Muskeln gar Nichts zu thun, sondern resultiren ganz allein und nothwendig aus dem Stellungsfehler. Sowohl die associirte Parallelbewegung als die accommodative Convergenzbewegung sind also ursprünglich beim Schielen fehlerlos, nur gehen sie von geänderten Standpunkten aus.

Es unterliegt freilich keinem Zweifel, dass jene geänderten Standpunkte und die daraus resultirende Verschiebung des Bewegungsgebietes das Zustandekommen des binocularen Sehactes sehr wesentlich verhindern müssen, und daraus werden sich sodann Ausgleichsbestrebungen, Aenderungen in den Willensimpulsen entwickeln, welche ein sehr mannigfaltiges, wechselndes Bild von Anomalien der Bewegungsinnervation und ihrer Folgen selbst hervorrufen. Hieher gehören Contracturen der Muskeln nach der einen, Verlängerungen nach der anderen Seite, Insufficienzen, fehlerhafte Ablenkung, Missverhältniss der Convergenzbewegung und Accommodation, bei monocularem oder ungleichem Binocularschielen die Ausbildung eines seitlichen Blickraumes u. s. w. Aber all' dies sind secundäre Symptome und dürfen bei Bestimmung des Wesens des Schielens nicht in Betrachtung kommen.

Wir müssen allerdings die primären Schielformen von den secundären unterscheiden. Erstere begründen die geschilderte typische Form eines Stellungsfehlers, welche zu Bewegungsanomalien führt. Dagegen entwickelt sich der Stellungsfehler bei den secundaren Schielformen aus Bewegungsanomalien. Zu den letzteren gehören alle jene Strabismen, die sich aus optischen Ursachen, so wie aus Bewegungsstörungen durch Paralysen oder Contracturen der Muskeln entwickeln. Weil in diesen letzteren Fällen, selbst wenn die Stellungsanomalie sich bereits vollständig ausgebildet hat, in der Regel Reste der ursprünglichen Krankheit, wie Contracturen und Insufficienzen der Muskeln niedergradig zurückgeblieben sind, treten die Symptome des Schielens auch selten rein in die Erscheinung, aber sie sind doch mit geringen Einschränkungen immer nachweisbar. Wo dies nicht der Fall ist, wo z. B. die Beweglichkeit des Auges nach der dem Schielen entgegengesetzten Seite in Folge einer Paralyse sich nicht restituirt, kann eben von einer Entwickelung des Schielens aus einer Paralyse keine Rede sein, sondern es besteht die Paralyse fort.

Die Ursachen des typischen Schielens müssen in einem primaren Missverhältniss jener elastischen Kräfte gesucht werden, welche den Augapfel in seiner Lage halten. Dass hier das Missverhältniss der mittleren Muskellängen ebenso wie abnorme Insertion, Structursänderung, welche bereits Gräfe betont hat, ebenso wie allgemein abnorme Verbindungen des Bulbus mit seiner Umgebung in erster Reihe stehen, versteht sich von selbst. Ich habe in einem Falle von Strabismus convergens, welchen ich anatomisch untersuchte, die Verlängerung des Rectus externus thatsächlich constatiren können. Es ist dies wohl ein vereinzelter Fall und kam zudem bei einer hochgradigen Form des Schielens vor. Die pathologische Anatomie des Strabismus liegt eben noch im Argen, und wir müssen uns vor der Hand an die Symptomatologie und Aetiologie halten. Wie aber die Symptomatologie reiner Schielformen nothwendig in letzter Instanz auf eine

anatomische Stellungsstörung zurückführt, und diese lediglich durch die Bewegungsfehler maskirt wird, so sind schliesslich auch die secundaren Schielformen, obgleich sich bei ihnen in der Regel Bewegungsfehler implicirt zeigen, als Stellungsanomalien aufzufassen, da die oben erwähnten charakteristischen Erscheinungen auch bei ihnen hervortreten.

Zudem ist die Aetiologie dieser letzteren Formen denn doch noch nicht genügend aufgeklärt, und es ist sehr zu bezweifeln, ob sie alle wirklich als secundare Schielformen anzusehen sind, und ob wir es nicht bei manchen derselben eigentlich mit primaren Stellungsfehlern zu thun haben. Wenn es nämlich auch unbestritten ist, dass z. B. Hyperopie in mehr als 70% sich mit Strabismus convergens combinire, so ist noch immer fraglich, ob hier die Hyperopie zu Strabismus geführt habe, oder ob nicht beide als ein angeborner Zustand nebeneinander gehen. Dagegen darf man nicht einwenden, dass die Erscheinungen des Strabismus bei Hyperopie sich in der Regel erst in der Lernperiode manifestiren, denn der Strabismus kann im niederen Grade lange vorhanden sein, ohne sich zu manifestiren. Dass alle Neugebornen und kleine Kinder mindestens zeitweilige Fehler der Blickrichtung gewöhnlich zeigen, ist bekannt. Strabismen können übrigens bei minimem Schielwinkel durch Muskelthätigkeit überwunden werden, und da ein Schielwinkel von 1° dem Bogen von $^1/_5{}^{mm}$ Ablenkung endspricht, können selbst Schielformen von 2—3° und mehr leicht übersehen werden, umsomehr als bei Kindern der Radius des Bulbus kleiner als bei Erwachsenen ist, und daher auch der Bogenwerth der Ablenkung bei gleichem Schielwinkel geringer ausfällt. Dazu kommt bei Kindern ein Umstand, auf welchen bereits J. Müller hingewiesen hat: der geringere Abstand ihrer Augen von einander, welcher sie auch zu geringeren Convergenzen nöthigt, wesshalb auch die Bewegungsstörung und die Combination des Ablenkungswinkels, durch welchen oft erst Schielformen manifest werden, bei ihnen sich nicht sofort aus der Stellungsanomalie entwickelt. Es folgt dies

aus dem Gesetze, dass der Werth der trigonometrischen Functionen abhängig ist von dem Werthe des Radius als Einheit, in unserem Falle von dem Werthe der Grundlinie. Mit dem zunehmenden Wachsthume der Kinder rücken die Augen immer mehr auseinander, der Werth der Grundlinie nimmt zu; zudem beginnt die Lernperiode und nun müssen sich in der That aus der häufigen und forcirten Convergenzbewegung bei Anspruchnahme der Accommodation für die Nähe die Erscheinungen der Schielstörung manifester entwickeln. Aus diesen Gründen entwickelt sich gerade das Einschielen in der Regel zu so hohen und lästigen Formen, während die anderen Formen des Schielens seltener auffallend hervortreten, und höchstens noch die zeitweilige Combination des Aussenschielens mit Myopie wegen höherem Convergenzbedürfniss und geringerer Anspruchnahme der Accommodation zu auffallenderem Hervortreten der Divergenz Veranlassung gibt. Wenn Donders aus dem Umstande, dass die Entwickelung des Strabismus bei Hyperopie nicht gleichen Schritt mit dem Grade der letzteren hält, genöthigt ist, noch andere Umstände herbeizuziehen, um jene Entwickelung zu erklären, namentlich auch auf die leichte Beweglichkeit der Augen nach innen ein grosses Gewicht legt, so scheint es, als ob diese leichte Beweglichkeit eben nichts Anderes bedeute als einen präexistenten Stellungsfehler niederen Grades, welcher allerdings durch fortdauernde forcirte Convergenz unter Vermittelung von begleitenden dauernden Ablenkungswinkeln progressiv werden kann, und es auch gewöhnlich in der Lernperiode thatsächlich wird.

Die Strabotomie, dies sei noch schliesslich erwähnt, feiert ihren Triumph in der Correction des Stellungsfehlers. Freilich muss sie sich mit der Herstellung des Mesoropters begnügen, und wird durch die Rücklagerung die der Beschränkung der Bewegungsamplitude äquivalente Beschränkung in der Leistung der muscularen Kräfte nicht gebessert, sondern lediglich eine Austauschung der Winkel dieser Beschränkung, eine Verlegung derselben von einer Seite auf die andere erreicht. Aber schon dies lehrt

uns evident, dass durch die Behebung des Stellungsfehlers die Harmonie der binocularen Bewegung um den Mesoropter herum, die gleichförmige Excursion des Auges nach beiden Seiten wieder hergestellt wurde, und nur die Beschränkung der Bewegungsamplitude zurückbleibt. Der Effect der Schieloperation ist also nicht lediglich ein kosmetischer, wie Stellwag annimmt, sondern wesentlich mit ein physiologischer. Implicirte Refractionsanomalien oder Herabsetzungen der Sehschärfe kann die Strabotomie allerdings nicht heben, sind sie aber nicht vorhanden, so muss durch die innerhalb gewisser Grenzen hergestellte Parallel- und Convergenzbewegung die binoculare Flächen- und Tiefenwahrnehmung wieder ermöglicht werden. Denn mit der Einstellung der beiden Blickpunkte auf ein Fixirobject sind alle Bedingungen des Binocularsehens gegeben, und ist die gründliche Störung des Orientirungsvermögens (welches ja nicht allein in dem Muskelgefühl, sondern in den beiden Netzhäuten zu suchen ist) behoben. Selbst aber angenommen, die Rücklagerung implicire eine Störung des Muskelgefühls und daher des Orientirungsvermögens, so muss, wenn, wie es gewöhnlich bei der Strabotomie geschieht, und auch sehr zu empfehlen ist, die Insertionen der gleichnamigen Muskeln an beiden Augen getrennt und rückgelagert werden, die Störung des Muskelgefühls auch an beiden Seiten nach der Operation eine gleichförmige sein. Thatsächlich erlangen sehr viele Kranke nach der Strabotomie die Fähigkeit wieder, binocular einfach zu sehen, natürlich vorausgesetzt, dass die Sehschärfe nicht dauernd erheblich gelitten hat, oder andere Störungen, wie Cornealtrübungen und ganz besonders beträchtlichere, uncorrigirbare Differenzen der Sehkraft beider Augen vorhanden sind.

Die Strabotomie selbst betreffend möchte ich hier noch erwähnen, dass ich in der Regel, und selbst bei niedergradigem Schielen die bilaterale Operation verrichte, weil ich nur dann einen vollständigen Effect durch das Verfahren erziele. Die Fälle, wo nach einseitiger Rücklagerung sofort oder später eine richtige binoculare Blickstellung zu Stande kommt, gehören zu den selten-

sten Ausnahmen, und man sollte deshalb bei jenen Kranken, welche nur die Operation eines Auges gestatten wollen, lieber von den Operation überhaupt abstehen.

Ich kann ferner nicht bestätigen, dass ich von der Dosirung der Operation irgend welche Erfolge gesehen habe. Immer durchschneide ich die ganze Sehne, möglichst mit einem Schnitte. Dagegen vermeide ich sorgfältig des Schlitzen der Scheidenhaut nach oben und unten oder in der Richtung des Horizontes.

Die Operation verrichte ich meist im Sitzen; nur bei sehr unwilligen Kindern, könnte die Rückenlage gewählt, auch chloroformirt werden. Es wird, wenn z. B. das rechte convergent schielende Auge zuerst operirt werden soll, das linke mit einem Tuche verbunden, und der Kranke ermahnt, nach rechts zu sehen, damit die Sehne des Rectus internus in die Lidspalte gelange. Der Gehilfe steht dabei hinter dem Kranken und hält beide Lider abgezogen. Künstliche Fixatoren der Lider und des Bulbus vermeide ich, und komme auch in der Regel durch freundliches Zureden besser und rascher zum Ziel, als mit Hilfe der für die Kranken so sehr empfindlichen Fixationsinstrumente. In dem Momente nun, wo das Auge günstig nach der dem Schielen entgegengesetzten Seite gerichtet ist, setze ich eine grössere Blömer'sche Pincette halbgeöffnet unmittelbar hinter der Insertionsstelle des Muskels fest an, und fasse damit gleichzeitig Conjunctiva und Muskel. Hierauf wird mit einer Hohlscheere sofort sowohl die Conjunctiva als gleichzeitig die Muskelinsertion getrennt. Ist der Muskel wirklich gefasst worden, was durchaus nothwendig ist und auch gewöhnlich gelingt, so ist damit die Operation beendet. Nur in seltenen Fällen bleibt ein peripheres Stückchen der Sehne ungetrennt, und dies namentlich in jenen Fällen, wo die Kranken das Auge nicht genau nach aussen, sondern nach oben aussen gerichtet hatten. Man muss dann in die Wunde mit Pincette oder stumpfem Hacken eingehen und die Abtrennung vollenden. — Dieses Verfahren empfiehlt sich durch seine Sicherheit und Raschheit für

das klinische Wirken, so wie für die Praxis, namentlich bei dem Umstande, dass es meist jugendliche, ängstliche Individuen sind, mit denen man es zu thun hat. Bei einigermassen willigen Kranken reichen 2—3 Secunden zur Vollendung der Operation an einem Auge hin, und ist der Eingriff kaum schmerzhaft zu nennen. — Ist ein Auge operirt, so wird sogleich zur Operation des zweiten geschritten. Das erst operirte wird verbunden, und das beschriebene Verfahren ganz ebenso am anderen wiederholt. Hierauf wird die geringe Blutung gestillt, und die Sehprobe gemacht. Eine vieljährige Erfahrung und die schönsten Erfolge dürften diesem einfachen Operativverfahren zur Empfehlung dienen!

In ähnlicher Weise wie für die Strabotomie habe ich für die Enucleation ein abgekürztes Verfahren eingeführt. Hier lassen sich freilich Chloroformnarkose und Fixationsinstrumente nicht wohl vermeiden. Ich verrichte jedoch diese Operation in der Chloroformnarkose in der Art von der üblichen Methode abweichend, dass ich stets vorerst die Sehne des Rectus internus ganz so wie oben beschrieben ablöse, und sodann mit den mässig gelüfteten Branchen einer Hohlscheere, deren Concavität gegen den Bulbus gerichtet ist, längs der Sclera in die Tiefe der Wunde eindringe, um den Nervus opticus zu trennen. Wenn der Bulbus mit einem spitzen Hacken oder Pincette nach aussen gewendet ist, so braucht man die Scheere höchstens 10^{mm} in die Tiefe zu führen, um zum Opticus zu gelangen und ihn knapp an seiner Einsenkung in den Bulbus abzulösen. Das Auge kann, wenn dies geschehen ist, sofort umgestürzt und aus der Scheide ausgehülst werden, worauf man mit wenigen Schnitten die Bindehaut und die Insertionen der fünf Muskeln ablöst. Die Blutung ist stets mässig und parenchymatös. Auch dieses Verfahren dürfte sich wegen seiner Nettigkeit und Kürze sehr empfehlen. In mehreren Fällen von sympathischer Ophthalmie habe ich blos die Durchschneidung des Opticus ohne Enucleation in dieser Weise ausgeführt, und stets eine rasche Wundheilung damit erzielt.

VI. Ein Kephalometer.

In der Abhandlung über die Statopathien des Auges (Prag 1869) habe ich nachgewiesen, wie wichtig es sei, die Projectionswerthe verschiedener Ebenen des Kopfes genau zu messen, indem nur hiedurch Grössen- und Lagenfehler exacter diagnosticirt werden können. Da Lagenfehler des Auges nicht selten mit Asymmetrie des Kopfskelettes einhergehen, wird es namentlich für den Ophthalmologen nicht allein nothwendig, die Lage des Auges für sich zu bestimmen, sondern es muss die Art und der Grad der Asymmetrie genau nachgewiesen werden. So lässt sich z. B. der Exophthalmus in zwei Formen unterscheiden, welche ich die exorbitale und die enorbitale Protrusion genannt habe. Bei der exorbitalen Protrusion, dem eigentlichen Exophthalmus wird nämlich der Augapfel durch ein Missverhältniss der Höhle und des Inhaltes aus der Orbita nach vorn verdrängt. Dagegen ist die enorbitale Protrusion die Folge einer Neigung der Frontalebene des ganzen Kopfes zur Sagittalebene, wodurch die eine Gesichtshälfte weiter nach vorn steht als die andere, also auch der Drehpunkt eines Auges, obzwar er seine normale Lage in der Orbita hat, doch mit dieser und der ganzen Gesichtshälfte weiter vorgeschoben erscheint als jener des anderen Auges.

Es unterliegt wohl kaum einem Zweifel, dass Asymmetrien des Kopfskelettes ganz besonders häufig vorkommen, und, wie ich nachgewiesen habe, die verschiedensten Lagenfehler der Augen bedingen, welche wieder eine exact

und strenge zu verfolgende Reihe von functionellen Anomalien, zunächst Fehler der Bewegung des Auges hervorrufen.

Seit Cohn (Messungen der Prominenz der Augen. Erlangen 1868) ein recht sinnreiches Exophthalmometer zuerst angegeben, hat man sich wesentlich mehr nur mit der Messung der exorbitalen Protrusion beschäftigt, und reichen die bisherigen Apparate zur gleichzeitigen Messung von Asymmetrien nur ungenügend hin. Ich habe zu diesem Zwecke (l. c. p. 10) allerdings ein Instrument angegeben, welches ich Orthometer nannte, und das auf dem Grundsatze der Messung der Projectionswerthe der drei Hauptebenen des Kopfes mittelst eines Visirapparates beruht, indem durch das in einem Doppelrahmen gespannte Gitter von Fäden, welche von einander gleichweit abstehen, nach dem Kopfe visirt wird. So genau auch die mit diesem Apparate zu erzielenden Projectionswerthe sind, so steht doch die Wahl der Projectionsebenen bei diesem Apparate auch nicht in unserem Belieben. Namentlich können wir Horizontalprojectionen des Kopfes mit demselben nicht beliebig messen.

Ich habe deshalb schon lange darüber nachgesonnen, wie Letzteres zu erreichen wäre, und es schwebte mir immer ein Apparat vor, welchen ich hie und da in Huthandlungen gesehen habe, und der zur Messung der Contouren des Kopfes dient, um darnach die Form des Hutes zu wählen. Dieser Apparat gibt sehr schöne Horizontalprojectionen, lässt sich aber wegen seiner Schwerfälligkeit und der Gewalt, mit der er auf die Oberfläche des Kopfes drückt, nur für die Messung der Partien, welche knöcherne Unterlagen besitzen, wie Stirne, Schläfe, Hinterhaut verwenden. Zu Horizontalprojectionen namentlich der Augengegend, welche für ophthalmologische Zwecke so nothwendig sind, so wie für noch tiefer gelegene Horizonte, musste daher ein anderes Princip der Construction gesucht werden. Ich glaube ein solches in dem folgend zu beschreibenden Apparate gefunden zu haben. Derselbe ist die Verbesserung eines ersten Modells, welches

ich in der Sitzung des hiesigen ärztlichen Vereins vom 25. October 1872 demonstrirt habe, das mir aber noch nicht handlich genug erschien, so dass ich es durch das nebenan abgebildete ersetzte, welches nunmehr, wie ich glaube, den Anforderungen an einen solchen Apparat ausreichend entspricht.

Ich möchte dieses Instrument Kephalometer nennen, und kann mich wohl auf eine oberflächliche Be-

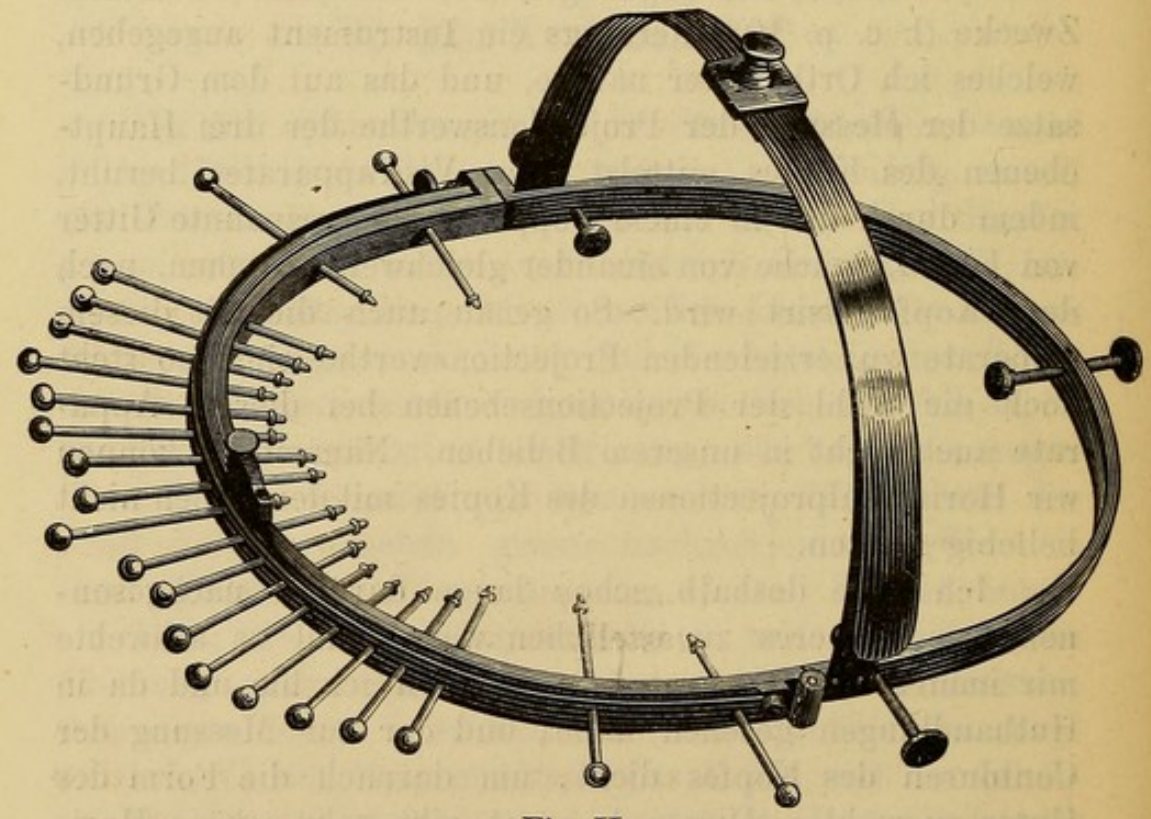


Fig. II.

schreibung desselben beschränken, da die Construction für den Einsichtigen aus dem einer Photographie entnommenen Holzschnitte leicht ersichtlich ist.

Das Ganze stellt eine Krone dar, bestehend aus Kranz und Bügel, und kann, auf den Kopf des Kranken gesetzt, durch Verlängerung oder Verkürzung des Bügels (welcher aus zwei Stahlfedern besteht, die ineinander verschiebbar sind und in jeder Verschiebung festgeschraubt werden können) der Kranz in jeder Horizontalebene des Kopfes um denselben angelegt werden.

Der Kranz stellt ein Oval dar, dessen grosser Durchmesser 220^{mm}, der kleine 170^{mm} beträgt und besteht aus zwei Bogen von Messing, einem für die Anlegung an den Hinterkopf und einem für den Vorderkopf, welche durch eine Charnier verbunden sind. Im hinteren Bogen sind drei kleine Pelotten, jede am Ende einer Mikrometerschraube, daher beliebig einstellbar, angebracht. Die hinterste dient zur Stütze des Hinterhauptes, die beiden seitlichen zur Anlegung an die Schläfe, und kann hiedurch der Apparat am Kopfe festgestellt werden. Er wird überdies mittelst des Bügels auf dem Scheitel fixirt, und kann für Augenmessungen in dem Winkel der beiden Ohrmuscheln ruhen.

Im vorderen Bogen sind 21 Messingstifte leicht verschiebbar angebracht. Im mittlersten Theile stehen 17 Stifte je 10^{mm} von einander, die 4 seitlichen sind in grössere Distanzen gestellt, so dass die beiden letzten die Richtung des Durchmessers eines Kreises, dessen Radius 85^{mm} beträgt, und dessen Peripherie die innere Fläche des vorderen Bogens entlang geht, repräsentiren. Alle 21 Stifte können gleichzeitig durch eine der vorderen Seite des Bogens enge anliegende Spange mittelst einer Schraube in jeder Lage fest eingestellt werden.

Die Handhabung dieses Apparates hat keinerlei Schwierigkeit, derselbe belästigt die Patienten nicht, und gibt ebenso rasche als exacte Resultate. Wenn der Kranz nämlich in eine bestimmte Horizontalebene des Kopfes eingestellt ist, schiebt man jeden Stift so weit nach innen, bis er die Oberfläche des Antlitzes sanft berührt. (Der mittelste Stift soll dabei immer möglichst genau in die Mittellinie des Gesichtes zu stehen kommen.) Hierauf werden die sämmtlichen Stifte mittelst der vordersten Schraube festgestellt, und der Apparat entweder durch Oeffnung der Charnier oder, wo es geht, auch einfach vom Kopfe abgenommen. Legt man denselben sodann auf ein Papier, so können die Contouren der Ebene, für welche er eingestellt war, sofort von jedem Ungeübten abgezeichnet werden, indem man die Lage jedes inneren Endpunktes der Stifte

über dem Papier daselbst mit einem Punkte markirt. Zeichnet man sich übrigens noch Durchmesser, Centrum und Peripherie des Kreises, welchen der vordere Reifen repräsentirt, so können alle Asymmetrien genau gemessen werden.

Es ist wohl leicht ersichtlich, dass der Apparat nebstdem zur Messung von Tumoren dient, und dass er auch eine erweitertere Anwendung finden kann, indem er auch zur Messung der Contouren von Geschwülsten an anderen Körpertheilen, namentlich an den Extremitäten dient. Befreit von dem Bügel wird man ihn auch bei Kindern zur Messung des Thorax verwenden können.

Wir haben in der Klinik bereits Asymmetrien, ferner Hornhautstaphylome, Exophthalmus, Epitheliome der Lider etc. mit dem Kephalometer gemessen. Derselbe ist nach meinen Angaben von dem Mechanicus Schuldes hier elegant verfertigt und beträgt der Preis 30 fl. Oe. W.

VII. Eine magnetische Pincette.

Ich kam vor zwei Jahren auf den Gedanken, bei in die Cornea eingedrungenen Eisensplittern die Vortheile der Wirkung des Magnetes mit jener von mechanischen Extractionsinstrumenten zu verbinden. Magnetisch gemachte Staarnadeln haben allerdings nur geringe magnetische Wirkung. Grösser ist dieselbe bereits bei Staarmessern, und noch grösser erscheint sie bei Pincetten. Deshalb liess ich eine Extractionspincette, welche zu diesem Zwecke in sehr zarte, an der Innenseite geriffte Spitzen ausläuft, magnetisch machen und verwende diese Zange seit langer Zeit in und ausserhalb der Klinik mit einigem Vortheil, indem entweder oberflächlich sitzende Fremdkörper schon bei Berührung der Pincette der magnetischen Wirkung folgen, oder doch Fremdkörper, welche mittelst der Staarnadel gehoben wurden, durch die Pincette leichter entfernt werden, da sich hier zwei Wirkungen, die magnetische und mechanische vereinigen.

Wer die Schwierigkeiten aus reicher Erfahrung kennt, welche dem Operateur bei der Empfindlichkeit von Augen, die Verletzungen von Fremdkörpern erfahren haben, oft aufstossen, wird auch diese kleine Verbesserung der Extractionsinstrumente nicht unterschätzen, daher diese kurze Mittheilung nicht für eine überflüssige ansehen.

VIII. Ueber Tatuage der Hornhautnarben.

Ueber Tätovirung der Hornhaut, welche von Becker empfohlen wurde, haben neuerlich Reuss, Rydel, Taylor u. a. Beobachtungen publicirt, und hat dieselbe überhaupt bereits vielseitige Anwendung gefunden. Ich habe in der Sitzung des Prager ärztlichen Vereins vom 13. December 1872 einen bezüglichen Fall, ein Mädchen demonstrirt, bei welchem ich die Tatuage eines Leucoma adhaerens am rechten Auge mit Tuschfarbe gemacht habe. Ich konnte überhaupt bestätigen, dass das Operationsverfahren bei festen Narben ungefährlich sei, und dass es in solchen Fällen kaum nothwendig sein werde, eine Iridectomie vorherzuschicken, indem, wenn man mit einer in die Tuschfarbe getauchten Staarnadel seichte und schräge Einstiche macht, eine Reaction nicht wohl folgt. Bei der Discussion über diesen Gegenstand wurde namentlich die Frage erhoben, ob der Erfolg der Tätovirung ein dauernder sei, und die Färbung sich nicht mit der Zeit abschwäche oder gänzlich verschwinde.

Da die Tuschfarbe aus Lampenruss, daher Kohlenelementen besteht, welche auch sonst z. B. in Folge von Pulverexplosionen subcutan persistiren, wagte ich die Behauptung, dass die Tatuage dauernde Erfolge bieten werde, obgleich ich zugestehen musste, dass unsere bisherigen Beobachtungen an Cornealnarben sich erst auf einen viel zu kurzen Zeitraum erstrecken, um dies auch bei diesen positiv nachweisen zu können. Die günstigen Erfolge und die relative Ungefährlichkeit dieser kosmetischen Operation lassen aber dieselbe immerhin schon jetzt als

ein ganz nettes empfehlenswerthes Verfahren erscheinen, und ich sprach schliesslich die Ansicht aus, dass dieselbe noch insofern einer Vervollkommung fähig sei, als es möglich sein dürfte, hiebei verschiedene Farben zu verwenden. Namentlich sei es in manchen Fällen nothwendig, um die Farbe der Iris zu imitiren, mit blau, braun, roth, gelb, grün entweder für sich oder gleichzeitig bei demselben Individuum zu tätoviren. Ich habe auch sofort im December 1872 diesfällige Versuche angestellt, und zwar mit Zinnober (roth) und Schmalte (blau), welche vortrefflich gelungen sind und schöne dauernde Färbungen der Cornealnarbe präsentiren. Zur Grünfärbung hat mir Herr Prof. Lerch ferner das Chromoxyd, und zur Gelbfärbung das chromsaure Bleioxyd als festfärbig empfohlen, welche beiden Letzteren ich auch neuerlich zu verwenden Gelegenheit nahm. Doch sind die Versuche mit Chromoxyd (grün) nicht befriedigend ausgefallen, denn dasselbe haftete weder in der Verreibung mit Wasser noch in jener mit Leimwasser und Honig (ähnlich wie Deckfarben) an der Hornhaut, vielleicht aus dem Grunde, weil das vorliegende Präparat sehr grobkörnig war. Man wird die grüne Farbe übrigens entbehren können, und es dürften braun, gelb, roth und blau hinreichen, um alle Farben der Regenbogenhäute zu imitiren. Ich habe Zinnober, Schmalte, chromsaures Blei und Tuschfarbe, welche sämmtlich, blos mit Wasser angemacht, sich zur Tätovirung sehr gut eignen, in zahlreichen Punctionen untereinander gemengt auf der Cornealnarbe eines Mädchens, welches sich dermal in der Klinik befindet, aufgetragen, und die einzelnen Farben präsentiren sich sehr schön und rein. Im Centrum der Narbe wurde, um das Dunkel der Pupille nachzuahmen, blos mit Tuschfarbe tätovirt, an der Peripherie habe ich dagegen sämmtliche vier Präparate verwendet.

Nach diesen Versuchen kam mir Mitte Jänner 1873 ein Aufsatz von Reuss zu Gesicht, worin erwähnt wird, dass Taylor in Amerika zur Tätovirung der Cornea bereits Ultramarin und Sepia mit Erfolg verwendet habe. —

So mag sich denn unser Farbenkasten für diese Operation immerhin erweitern! Eine geschickte Hand wird dann in günstigen Fällen freie Auswahl haben. Möge man die Sache nur nicht als eine Spielerei ansehen und bald wieder bei Seite legen, denn es handelt sich hier thatsächlich um ein kosmetisches Verfahren, welches im Stande ist, einen sehr entstellenden Fehler des Auges zu maskiren, und damit die Berufstüchtigkeit mancher Menschen zu retten.

Ich habe diese kleine Operation anfangs mit einer gewöhnlichen Staarnadel verrichtet. Da die Farbe aber an diesem Instrumente schlecht haftet, und dasselbe für jede einzelne Punction immer neu in die Flüssigkeit eingetaucht werden muss, liess ich eine breite, nach der Fläche gebogene Staarnadel an der concaven Fläche mit einer bis an die Spitze reichenden Längsfurche versehen. Mit dieser „Tätovirnadel“ wird die Farbe viel sicherer unter die Epithelialschichte eingeführt, und man hat ein völliges Abstreifen derselben nicht zu besorgen.

Inhalt.

Seite

Vorwort.

I. Sinnenleben und Sehen 1

II. Die Applicationsgesetze der monocularen Bewegung . . . 15

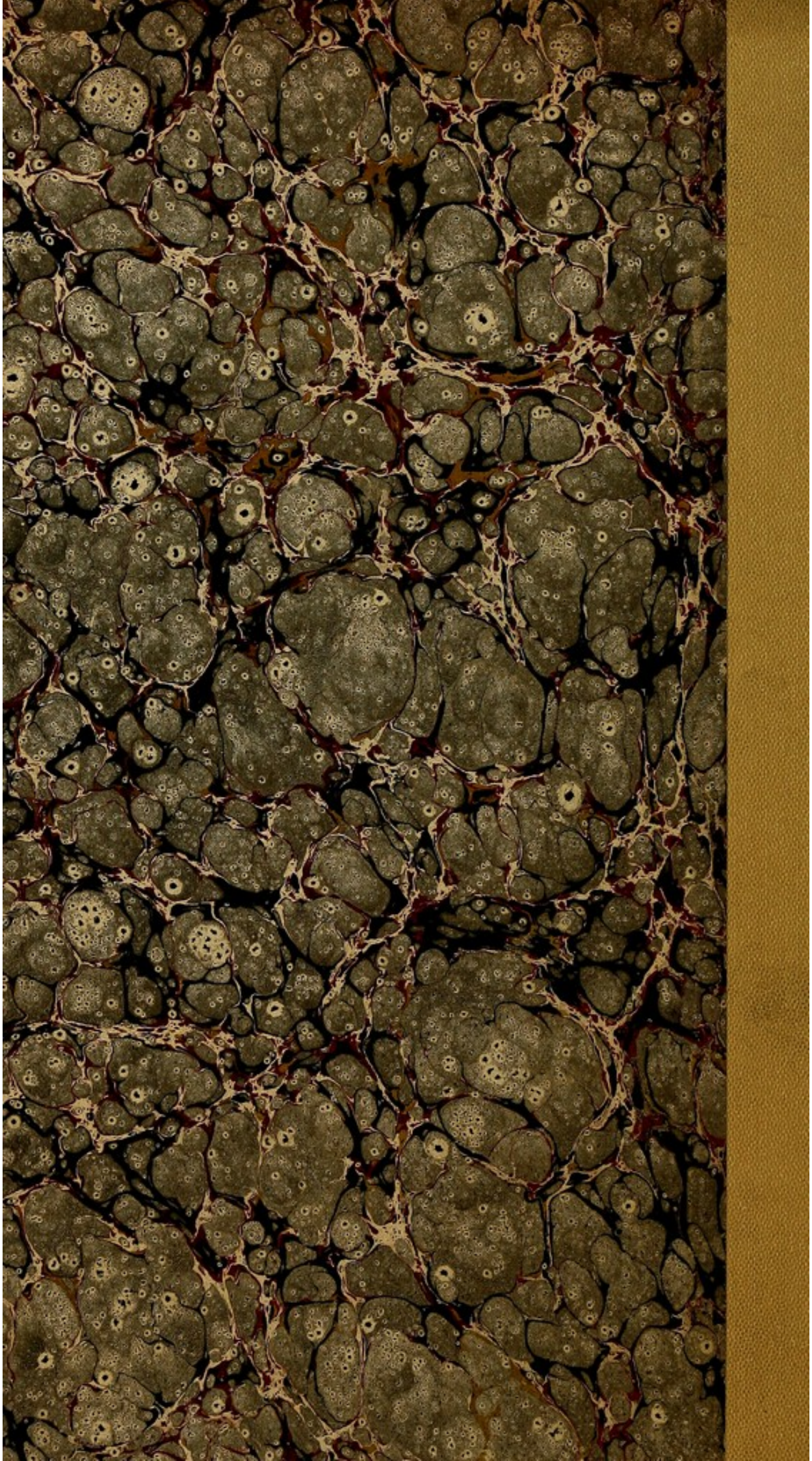
III. Theorie der parallelen Blicklinien 24

IV. Die reciproken Netzhäute und das Tiefensehen 40

V. Die Theorie des Schielens, Strabotomie und Enucleation des Auges 57

VI. Ein Kephalometer 74

VII. Die magnetische Pincette 79

VIII. Ueber Tatuage der Hornhaut 80

Druck von Heinr. Mercy in Prag.