

# Ueber Raddrehung, Rollung und Aberration.

Beiträge zur Theorie der Augenbewegungen

von

A. MEINONG.

Wer immer versucht hat, sich oder Anderen die Gesetze der Augenbewegungen klar zu machen, kennt die Schwierigkeiten, die sich der angemessenen Berücksichtigung jener That-  
sachen in den Weg stellen, die man als „Raddrehungen“ oder auch als „Rollungen“ zu bezeichnen sich gewöhnt hat. Ohne Zweifel wurzeln viele dieser Schwierigkeiten in der psychologisch so bedeutsamen Unvollkommenheit der menschlichen Raum-  
Phantasie gerade in Betreff der dritten Dimension, und da vermag nichts zu helfen als Uebung und Veranschaulichungsmittel, wie deren schon so manche in Vorschlag gebracht worden sind. Neben diesen sozusagen inneren, weil in der Natur der Sache gelegenen Hindernissen spürt aber insbesondere der akademische Lehrer nur zu deutlich auch vergleichsweise äußere Hindernisse, solche nämlich, an denen weniger die Sache als die gebräuchliche oder doch dem Lernenden zunächst zugängliche Behandlung derselben betheiligt ist, wie sie sich in den grundlegenden Kunst-  
ausdrücken resp. Begriffen und noch mehr in dem wieder-  
spiegelt, was man die öffentliche Meinung über die Bedeutung jener Termini nennen könnte. Hier ist der Hinweis auf bestehende Mängel der erste Schritt zu deren Beseitigung, und die Einführung eines geeigneteren Begriffes oder selbst Wortes kann leicht der letzte sein. In diesem Sinne zur Klärung der Theorie der Augenbewegungen beizutragen, ist die Absicht der folgenden Ausführungen. Vielleicht wird Mancher darin nur wiederfinden, was er sich bereits selbst zurecht gelegt hat; inzwischen hat ein an sich nebensächliches, für die Sachlage aber sehr bezeichnen-

des Versehen in O. ZOTH's trefflichem Augenmuskelschema<sup>1</sup> mir erst neuerlich wieder den Gedanken nahe gerückt, das Wenige, was ich beizubringen habe, möchte doch nicht zu wenig sein, um Manchem ein Stück nicht immer leichter Arbeit zu ersparen.

### § 1. Schwierigkeiten.

1. War es oben statthaft, in so theoretischer Angelegenheit von öffentlicher Meinung zu sprechen, so steht es mit dieser öffentlichen Meinung sicher im Einklange, wenn WUNDT<sup>2</sup> die Ausdrücke Raddrehung und Rollung gleichbedeutend gebraucht, indem er als Rollung oder Raddrehung „die Drehung“ bezeichnet, „bei der die Gesichtslinie . . . als festbleibende Axe erscheint“. Bedeutet nun der Umstand, daß das Auge bei einer Bewegung „seine Orientirung beibehält“, so viel, als daß es „keine Rollung erfährt“<sup>3</sup>, dann darf das Gesetz: „das Auge verändert . . ., wenn es sich von der Primärstellung aus dreht, seine ursprüngliche Orientirung nicht“<sup>4</sup>, ohne Zweifel auch so ausgesprochen werden: bei Bewegungen aus der Primärstellung erfährt das Auge keine Raddrehung. Sofern ferner das Auge von einer Secundärstellung aus seine constante Orientirung nicht beibehält<sup>5</sup>, läßt sich auch sagen, daß im Falle solcher Bewegungen Raddrehungen stattfinden.

Es scheint nun aber vor Allem nicht möglich, diese beiden Gesetze unter einander in Einklang zu bringen, wenn man zugleich, wie doch unvermeidlich, annimmt, daß jede Stellung der Gesichtslinie beim Fernsehen mit einem und nur einem bestimmten Orientirungs- oder Raddrehungszustande des betreffenden Auges verknüpft auftritt, ganz ohne Rücksicht auf den Weg, auf dem die Gesichtslinie in diese Stellung gerathen ist. Gesetzt z. B. das Auge blicke schräg nach rechts oben, und dieser Erfolg sei einmal dadurch erzielt, daß die Gesichtslinie möglichst geraden Weges aus der Primärstellung zum betreffenden Fixationspunkte gelangt. Ein andermal dagegen werde der

<sup>1</sup> „Die Wirkungen der Augenmuskeln und die Erscheinungen bei Lähmung derselben“ von Dr. OSKAR ZOTH, Leipzig und Wien, 1897. Vergl. unten S. 176, Anm. 2.

<sup>2</sup> Grundzüge der physiol. Psychol., 4. Aufl., Bd. II, S. 110.

<sup>3</sup> Vgl. a. a. O. S. 114, Z. 26f. v. o.

<sup>4</sup> A. a. O. S. 116.

<sup>5</sup> Vgl. a. a. O. S. 123.



Blick aus der Primärlage zuerst vertical bis zur Höhe des Fixationspunktes gehoben, dann erfolge eine Wendung horizontal nach rechts, bis der vorgegebene Punkt erreicht ist. Nach dem ersten der obigen Gesetze nun gelangt das Auge, wenn es nur von der Primärstellung ausgeht, sowohl bei einer Vertical- als bei einer Schrägbewegung raddrehungslos an sein Ziel: wie ver trägt sich damit aber das zweite obige Gesetz, das implicite besagt, daß der Uebergang aus einem Zustande der Raddrehungslosigkeit in einen anderen Zustand gleichfalls der Raddrehungslosigkeit gleichwohl mit einer Raddrehung verbunden sei? Allgemein darf man auch sagen: jede Augenstellung kann durch geradlinige Bewegung aus der Primärlage zu Stande gebracht werden; haben Bewegungen dieser Art keine Raddrehung zur Folge und gehört zu jeder Blicklinienstellung eine einzige Netzhautlage, so ist unverständlich, in welchem Sinne dann bei Bewegung aus einer Secundärstellung in eine andere gleichwohl eine Raddrehung resultiren könnte.

2. Von den beiden sonach einander widerstreitenden Gesetzen scheint nun ferner das erste auch für sich unhaltbar. Bekanntlich hat man den Secundärstellungen, diesen Terminus enger fassend als dies oben geschehen ist, auch noch Tertiärstellungen an die Seite gesetzt, indem man den Ausdruck „Secundärstellung“ für Positionen aufsparte, die als durch bloße Horizontal- oder Verticalbewegung aus der Primärstellung hervorgegangen angesehen werden können. Von den durch den Gegensatz hierzu charakterisirten „Tertiärlagen“ ist jetzt die Rede: der Beweis dafür, daß solche Tertiärlagen nicht ohne Raddrehung herzustellen sind, wenn anders das LISTING'sche Gesetz dabei aufrecht bleiben soll, scheint durch eine einfache Erwägung zu führen.

Es handle sich wieder um eine Bewegung schräg nach rechts oben. Der die Endlage der Gesichtslinie bestimmende Fixationspunkt  $M$  liege etwa im ebenen, zur primär gestellten Blicklinie annähernd senkrechten Blickfeld so, daß die ihn mit dem primären Blickpunkte  $P$  verbindende Gerade  $PM$  gegen den Horizont um einen Winkel  $\vartheta$  geneigt ist, der einen beliebigen Werth zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$ , natürlich unter Ausschluss dieser Grenzwerte selbst, annehmen kann. Die LISTING'sche Axe für die Bewegung von  $P$  nach  $M$  steht dann natürlich gleichfalls schräg, nur links über, rechts unter dem Horizont und schließt

den Winkel  $\vartheta$  mit der Verticalen ein. Die Ebene, in der sich die Gesichtslinie vermöge dieser Axe bewegt, schneidet das angenommene Blickfeld in  $PM$ , steht also ebenso rechts über, links unter dem Horizonte, wie diese Linie selbst. In dieser Ebene denke man sich nun irgendwo, z. B. im Punkte  $P$ , eine Senkrechte auf die primäre Blicklinie errichtet und mit dieser fest verbunden, so daß sie die Bewegungen der Blicklinie mitmachen muß. In der Primärstellung fällt diese Senkrechte mit der Linie  $PM$  zusammen; man erwäge nun aber, was für sie eine Drehung der Blicklinie um die LISTING'sche Axe zu bedeuten hat, wobei nur nicht außer Acht zu lassen ist, daß es sich eben um die Senkrechte selbst, nicht etwa um deren Projection auf das Blickfeld handelt. Die Gesichtslinie beschreibt mit jedem ihrer Punkte, also auch mit dem Punkte  $P$  einen Kreis, und unsere Senkrechte fällt bei jeder Stellung der Gesichtslinie mit der zugehörigen Tangente des in Rede stehenden Kreises zusammen. Hätte nun die Gesichtslinie eine ausreichende Excursionsfähigkeit, um mit ihrer Primärstellung selbst einen Winkel von  $90^\circ$  einschließen zu können, so müßte unsere Senkrechte, am höchsten Punkte ihrer durch die Gesichtslinie mitbestimmten Bahn angelangt, eine horizontale Stellung einnehmen, während sie am Beginn der Bewegung, übereinstimmend mit der Linie  $PM$ , um den Winkel  $\vartheta$  gegen den Horizont geneigt war. Ihre Neigung zum Horizont hat also, während die Gesichtslinie den ersten Quadranten ihres Kreises beschrieb, von  $\vartheta$  bis zum Nullwerthe abgenommen, kann also auch für beliebig kleinere Excursionen, wie das Auge sie tatsächlich leisten kann, nicht unverändert geblieben sein.

Wer hierin nun noch nicht den Beweis für die obige These findet, denke sich in  $P$  auf die primär gestellte Gesichtslinie noch eine zweite Senkrechte errichtet; sie liege statt in der um den Winkel  $\vartheta$  zum Horizont geneigten Ebene nun in der Horizontalebene (resp. primären Blickebene) selbst, in welchem Falle sie natürlich mit der ersten Senkrechten auch ihrerseits den Winkel  $\vartheta$  einschließt. Ist sie mit der Gesichtslinie, daher auch mit der ersten Senkrechten, fest verbunden, d. h. wird auch sie von der Gesichtslinie bei ihrer Bewegung mitgenommen, so schließt sie natürlich auch bei allen folgenden Stellungen der Gesichtslinie mit der ersten Senkrechten den Winkel  $\vartheta$  ein. Weil aber diese letztere selbst ihre Stellung zum Horizont verändert,



so daß sie extremen Falles sogar horizontal wird, so kann auch die zweite, ursprünglich horizontal gewesene Senkrechte nicht horizontal bleiben, muß vielmehr schon bei beliebig kleineren Excursionsweiten von der Horizontalstellung nach rechts unten abweichen. Natürlich ist nun die Uebertragung auf den Netzhauthorizont oder den verticalen Meridian ohne Weiteres statthaft, so daß man allgemein sagen kann: in jenen Secundärstellungen, die man gelegentlich auch durch den Namen „Tertiärstellungen“ gekennzeichnet hat, bleibt der Netzhauthorizont nicht horizontal, der ursprünglich verticale Meridian nicht vertical, die Stellung Beider ist vielmehr im gleichen Sinne verdreht, — verdreht, wie vorerst wenigstens kaum in Zweifel gezogen werden wird, um die Gesichtslinie als Axe, womit dann wohl erwiesen scheint, daß den zu solchen Stellungen der Gesichtslinie gehörigen Augenstellungen Raddrehungen nicht wohl abgesprochen werden können.

Der vorstehende Beweis hätte sich natürlich auch analytisch führen lassen. Aber wenn das, was SCHOPENHAUER einst der EUCLID'schen Geometrie zum Vorwurf gemacht hat, irgendwo Beachtung verdient, so ist es da, wo es nicht gilt, Geometrie um ihrer selbst willen zu treiben, sondern Thatsachen der Empirie mit Hülfe geometrischer Vorstellungen zu erfassen. Die obige Betrachtungsweise aber hat nebst der Anschaulichkeit auch noch die Einfachheit für sich.

3. Es entspricht dem eben Dargelegten, daß man nun thatsächlich für die sogenannten Tertiärstellungen Raddrehungsgesetze aufgestellt findet; es bedeutet aber eine neue Schwierigkeit, daß über den Sinn dieser Raddrehungen völlig Entgegengesetztes behauptet wird. So bringt A. GRAEFE als Inhalt des DONDERS'schen Gesetzes<sup>1</sup> unter Anderem folgende Positionen: „Bei Erhebung der Blicklinie nach oben links und bei Senkung derselben nach unten rechts ist der VM gegen den Horizont nach links geneigt<sup>2</sup> . . . Bei der Erhebung der Blicklinie nach oben rechts und Senkung derselben nach unten links ist der VM nach rechts geneigt.“ Man vergleiche damit die bekannte Position bei HELMHOLTZ<sup>3</sup>: „In erhobener Stellung der

<sup>1</sup> GRAEFE und A. SAEMISCH, Handbuch der Augenheilkunde, VI. Band, 4. Theil, S. 7.

<sup>2</sup> VM. bedeutet natürlich „verticaler Meridian“.

<sup>3</sup> Physiol. Optik, 2. Aufl., S. 620.

Blickebene geben Seitenwendungen nach rechts Drehungen des Auges nach links und Seitenwendungen nach links Drehungen nach rechts. In gesenkter Stellung der Blickebene dagegen geben Seitenwendungen nach rechts auch Drehungen nach rechts und Seitenwendungen nach links Drehungen nach links.“ Hier scheint ohne Weiteres ersichtlich, daß HELMHOLTZ genau das Gegentheil dessen vertritt, was in der GRAEFE-DONDERS'schen Formulirung zum Ausdrucke gelangt.

## § 2. Raddrehung oder Rollung.

Es zählt gewiß zu den „Schwierigkeiten“ einer Materie, wenn die zu ihrer Darstellung erforderlichen Termini in wesentlich verschiedenem Sinne angewendet werden. Insofern hätte noch als ein besonderer Punkt in der Aufzählung des vorigen Paragraphen namhaft gemacht werden können und verdient nun besondere Beachtung, daß dasjenige, woran verschiedene Autoren bei der Anwendung der Ausdrücke „Raddrehung“ und „Rollung“ thatsächlich denken, durchaus nicht Eines und dasselbe ist. Darin freilich besteht allgemeinste Uebereinstimmung, daß es sich jedesmal um eine Drehung um die Gesichtslinie als Axe handle. Die Verschiedenheit dessen jedoch, was des Näheren gemeint ist, tritt, wenigstens in drei Hauptfällen, besonders deutlich an den Bestimmungen über den Raddrehungswinkel zu Tage. Ich stelle diese Fälle neben einander.

I. Nach WUNDT's oben schon einmal herangezogener Bestimmung ist der „Rollungs- oder Raddrehungswinkel“ der Winkel, den bei der Drehung um die Gesichtslinie „der Netzhauthorizont mit seiner ursprünglichen horizontalen Lage bildet“.<sup>1</sup> Der Gedanke geht mindestens auf DONDERS zurück, nur daß dieser statt des horizontalen Meridians den verticalen für seine Feststellungen maafsgebend sein läßt.

II. Die hierhergehörige Aufstellung HELMHOLTZ', so bekannt sie ist, verdient gleichwohl in extenso wiedergegeben zu werden. Sie lautet: „... Drehungen des Augapfels um die Blicklinie als Axe pflegt man Raddrehungen zu nennen, weil die Iris sich dabei dreht wie ein Rad. Um die Gröfse der Raddrehung zu messen, muß der Winkel bestimmt werden, den eine im Auge

---

<sup>1</sup> Physiol. Psych. II, S. 110.



festen Ebene mit der Blickebene macht. Als solche habe ich die Ebene gewählt, welche mit der Blickebene zusammenfällt, wenn der Blick beider Augen der Medianebene parallel in aufrechter Kopfhaltung nach dem unendlich entfernten Horizont gerichtet ist, und habe diese im Auge feste Ebene den Netzhauthorizont genannt... Den Winkel zwischen dem Netzhauthorizonte und der Blickebene nennen wir den Raddrehungswinkel des Auges, und nehmen ihn positiv, wenn das obere Ende des verticalen Meridians der Netzhaut nach rechts abgewichen ist.“<sup>1</sup> Es dürfte für die Wirkung dieser Stelle auf die meisten ihrer vielen Leser verhängnisvoll geworden sein, daß, solange man sich an den bloßen Wortlaut hält, nichts im Wege zu stehen scheint, diese Position mit der oben sub. I. wiedergegebenen für identisch zu nehmen und daß der Möglichkeit einer solchen Auffassung auch sonst an keiner Stelle der „Physiologischen Optik“ entgegengetreten wird. Dennoch kann daran nicht gezweifelt werden, daß diejenigen im Rechte sind, die HELMHOLTZ' Meinung in dieser Sache völlig anders deuten.<sup>2</sup>

An sich nämlich beweist der Umstand, daß HELMHOLTZ den Raddrehungswinkel als Function des „Erhebungs“- und „Seitenwendungswinkels“ darstellt<sup>3</sup>, streng genommen freilich noch nicht, daß er auch den Begriff des Raddrehungswinkels auf den des Erhebungs- und des Seitenwendungswinkels aufbaut. Denn ist der Begriff des Raddrehungswinkels nur so beschaffen, daß durch das Gesetz der gleichen Netzhautlage bei gleicher Blicklage auch eine bestimmte Größe des Raddrehungswinkels an eine bestimmte Lage der Blicklinie gebunden ist, so wird, da jede Blicklage durch Erhebung und Seitenwendung im HELMHOLTZ'schen Sinne herzustellen ist, auch der gesetzmäßige Zusammenhang zwischen Erhebungs- und Seitenwendungswinkel einerseits, Raddrehungswinkel andererseits nicht fehlen können. Dennoch bleibt die Wahl gerade dieser beiden Winkel auffallend genug, um es als willkommene Rechtfertigung dieser Wahl zu verspüren,

---

<sup>1</sup> Phys. O., S. 462 der ersten, S. 618f. der zweiten Auflage.

<sup>2</sup> Vgl. DONDERS im *Archiv für Ophthalmologie*, Bd. XVI, W. SCHÖN a. a. O. Bd. XXf., ALFRED GRAEFE in GRAEFE u. SAEMISCH, *Handbuch der gesamten Augenheilkunde*, Bd. VI, S. 8, HERING in HERMANN's *Handbuch* III, 1. Theil, S. 492ff.

<sup>3</sup> Phys. O., 2. Aufl., S. 619.

wenn die Natur der auf jene Winkel gegründeten Function darthut, daß neben der Gesetzmäßigkeit noch eine direct aus dem Begriffe des Raddrehungswinkels ersichtliche Beziehung zu Erhebungs- und Seitenwendungswinkel vorliegt.

„In den von mir gebrauchten Bestimmungen“, sagt HELMHOLTZ kurz vor der Einführung des Raddrehungsbegriffes<sup>1</sup>, „wird die Blicklinie erst mit der Blickebene gehoben, und dann in der Blickebene seitwärts gewendet.“ An dieses Verfahren knüpft auch das, was HELMHOLTZ Raddrehung nennt, an. Fällt nämlich bei der so gewonnenen Endlage der Blicklinie der Netzhauthorizont immer noch in die Blickebene, dann hat im Sinne HELMHOLTZ keine Raddrehung stattgefunden: der Raddrehungswinkel hat Nullwerth. Dagegen hat Raddrehung, positive oder negative, stattgefunden, sobald bei Gelegenheit der Seitenwendung sich der Netzhauthorizont aus der um den Erhebungswinkel aus ihrer Primärstellung verrückten Blickebene herausgedreht hat. Streng genommen ist die oben wiedergegebene HELMHOLTZ'sche Definition des Raddrehungswinkels nur insofern ungenau oder unvollständig, als darin nicht ausdrücklich gesagt wird, daß die Blickebene, mit der der Netzhauthorizont den Raddrehungswinkel ausmacht, nicht die primäre, sondern die gehobene resp. gesenkte Blickebene ist; aber allerdings ist eben dieser Zusatz bedeutsam genug, einen völlig neuen Begriff zu schaffen.

Die Richtigkeit dieser Position zu erhärten, könnte billig dem Studium der einschlägigen Ausführungen HELMHOLTZ' überlassen bleiben, wäre es dem Leser derselben nicht so schwer gemacht, in der Sache klar zu sehen. Wie die Dinge aber einmal stehen, wird eine Zusammenstellung der Gedanken, durch die ich selbst zur Klarheit gelangt zu sein hoffe, wohl nicht zu persönlich sein<sup>2</sup>, um auch noch Anderen Förderung zu bieten; vielleicht, daß die Theorie dabei auch sonst nicht ganz leer ausgeht.

Was oben als Beweiskraft des Zusammenhanges in Anspruch genommen wurde, dem gemäß sich HELMHOLTZ' Raddrehungs-

<sup>1</sup> A. a. O. S. 618.

<sup>2</sup> Daß ich nicht der Einzige gewesen bin, der in dieser Sache Schwierigkeiten zu überwinden hatte, davon überzeugte mich die nachträgliche Kenntnissnahme von W. SCHÖN's beiden Mittheilungen „Zur Raddrehung“ im *Archiv für Ophthalmologie*, Bd. XX und XXI.



winkel nach seinem Erhebungs- und Seitenwendungswinkel richtet, betrifft natürlich die bekannte Formel:

$$— \operatorname{tang} \gamma = \frac{\sin \alpha \sin \beta}{\cos \alpha + \cos \beta},$$

in welcher  $\alpha$  den Erhebungs-,  $\beta$  den Seitenwendungs-,  $\gamma$  den Raddrehungswinkel bedeutet. Es ist klar, daß über den Sinn, in dem hier das Symbol  $\gamma$  zu verstehen ist, nichts einfacher Aufschluß geben kann, als die Ableitung der Formel: aber man sucht in der „Physiologischen Optik“ fürs Erste vergeblich nach dieser Ableitung. In den mathematischen Ausführungen zum Paragraphen über die Augenbewegungen<sup>1</sup> trifft man zwar einen Winkel  $\alpha$  an; damit ist aber nicht der Erhebungswinkel, sondern derjenige Winkel gemeint, den die Anfangs- und Endlage der Blicklinie mit einander einschließen. Die Symbole  $\beta$  und  $\gamma$  kommen darin überhaupt nicht vor, und auch von einem „Raddrehungswinkel“ ist darin mit keinem Worte die Rede.

Da nun aber HELMHOLTZ die Hauptergebnisse seiner Untersuchungen über Augenbewegungen bereits vor Abfassung der einschlägigen Ausführungen in der „Physiologischen Optik“ in GRAEFE'S „Archiv“ niedergelegt hatte<sup>2</sup> so liegt nahe, sich dasselbst Rath zu erholen. In der That findet man nun hier unter dem Titel „Berechnung der Versuche unter Voraussetzung der Gültigkeit von LISTING'S Gesetz“<sup>3</sup> die Ableitung des Ausdruckes<sup>4</sup>

$$— \operatorname{tang} \varrho = \frac{\sin \beta \sin \lambda}{\cos \beta + \cos \lambda},$$

dessen Uebereinstimmung mit der oben wiedergegebenen Formel sofort in die Augen springt. Wirklich ist hier auch  $\varrho$  als Symbol für den „Raddrehungswinkel“ eingeführt, könnte also für gleichbedeutend mit dem Symbol  $\gamma$  der ersten Formel genommen werden.<sup>5</sup> Aber  $\lambda$  und  $\beta$  sind nicht etwa Erhebungs- und Seiten-

<sup>1</sup> S. 645 ff. der zweiten Auflage.

<sup>2</sup> „Ueber die normalen Bewegungen des menschlichen Auges“, *Archiv f. Ophthalm.* Bd. IX, Abth. II, S. 153 ff.

<sup>3</sup> A. a. O. S. 206 ff.

<sup>4</sup> Ibid. S. 210.

<sup>5</sup> Kein Geringerer als AUBERT scheint ihn wirklich dafür genommen zu haben, vgl. dessen „Physiologische Optik“ in GRAEFE und SÄRMISCH, *Handb. d. Augenheilkunde*, II. Band, 2. Theil, S. 656.

wendungswinkel<sup>1</sup>, sondern Fick's „Longitudo“ und „Latitudo“<sup>2</sup> zwei Winkel also, deren ersterer die Drehung um eine vertikale, deren zweiter die um eine ursprünglich transversale, bei der erstgenannten Drehung aber mitgenommene Axe bedeutet. Und sieht man näher zu, so erkennt man nun auch leicht, daß die hier als Winkel  $\varrho$  bezeichnete „Raddrehung“ trotz dieser Benennung von dem oben mit  $\gamma$  Bezeichneten offenbar völlig verschieden ist. Sie setzt nämlich schon ihrem Begriffe nach die mit  $\lambda$  und  $\beta$  bezeichneten Drehungen — ich fasse sie im Anschlusse an W. SCHÖN<sup>3</sup> als Fick'sche Drehung zusammen — insofern voraus, als die Abweichung (etwa des Netzhauthorizontes) von dem Resultate einer solchen Fick'schen Drehung eben dasjenige ist, was als Raddrehung gemessen erscheint. Befremdlich ist demjenigen, der sich die Bedeutung einer solchen Fick'schen Drehung ausreichend anschaulich gemacht hat, andererseits aber aus der „Physiologischen Optik“ an die dort angewendete, übrigens sich auch durch ihre Natürlichkeit empfehlende Weise, die Vorzeichen  $+$  und  $-$  zu gebrauchen, gewöhnt ist, immerhin der sich hier für  $\varrho$  ergebende negative Werth. Denn das hätte ja etwa wieder für die bereits als Beispiel verwendete Bewegung der Gesichtslinie nach rechts oben die Bedeutung, daß ein Auge, falls dessen Gesichtslinie durch Fick'sche Drehung in die angegebene Lage hätte gebracht werden können, einer Linksdrehung um diese Gesichtslinie als Axe bedürfte, um in die dem LISTING'schen Gesetze entsprechende Position zu gelangen. In Wahrheit führt dagegen nur eine Rechtsdrehung zu diesem Ziele. Indes wird gegen das negative Vorzeichen gleichwohl keine Einwendung zu erheben sein, weil HELMHOLTZ bei dieser Berechnung die Vorzeichen doch etwas anders setzt als nachher in der „Physiologischen Optik“, wie die Bemerkung ergibt: „Der Winkel  $\beta$  ist . . . positiv genommen, wenn die Gesichtslinie gehoben ist,  $\lambda$ , wenn sie nach links abgelenkt ist.“<sup>4</sup> In unserem Beispiele wäre sie nach rechts abgelenkt, daher negativ, und der resultirende Werth für  $\varrho$  positiv.

<sup>1</sup> Obwohl diese Begriffe bereits in der in Rede stehenden Abhandlung aufgestellt sind, vgl. a. a. O. S. 155, wo nur noch die „Innenwendung“ die Stelle der „Seitenwendung“ vertritt.

<sup>2</sup> A. a. O. S. 210.

<sup>3</sup> Arch. f. Ophthalm. Bd. XXI, Abth. 2, S. 209.

<sup>4</sup> A. a. O. Bd. IX, S. 207.



Für den gegenwärtigen Zusammenhang ist aber vor Allem die folgende Frage wichtig: wenn die von HELMHOLTZ gegebene Ableitung den Winkel  $\varrho$  betrifft, was ist von der gleichlautenden Formel für den Winkel  $\gamma$  zu halten? Ihr gemäß hat „Erhebung“ und „Seitenwendung“, die ich im Anschlusse an SCHÖN<sup>1</sup> als HELMHOLTZ'sche Drehung zusammenfasse, für den Winkel  $\gamma$  genau dasselbe zu bedeuten, wie die FICK'sche Drehung für den Winkel  $\varrho$ . Ist letzterer also sozusagen die Differenz zwischen FICK'scher und LISTING'scher Drehung, so geräth man nun sofort auf die Vermuthung, es könnte sich beim Winkel  $\gamma$  in ähnlichem Sinne um die Differenz zwischen HELMHOLTZ'scher und LISTING'scher Drehung handeln. Daß für Winkel  $\gamma$ , wenn man ihn so versteht, wirklich das analoge gilt wie für Winkel  $\varrho$ , ergibt folgende Betrachtung.

Denkt man sich in den Drehpunkt des Auges ein rechtwinkeliges Coordinatensystem gelegt, dessen  $x$ -Axe, wie herkömmlich, mit der primär gestellten Gesichtslinie zusammenfällt, indes die  $y$ -Axe transversal, die  $z$ -Axe vertikal zu liegen kommt, so ist, um die Gesichtslinie durch FICK'sche Drehung nach rechts oben zu führen, zweierlei erforderlich: zuerst eine Drehung um die  $z$ -Axe (Winkel  $\lambda$ ), dann eine Drehung um eine vor der ersten Drehung mit der  $y$ -Axe zusammenfallende, nach derselben mit der  $y$ -Axe den Winkel  $\lambda$  einschließenden Axe (Winkel  $\beta^2$ ); nach gewöhnlicher Bezeichnungsweise (conform der von HELMHOLTZ in der „Physiologischen Optik“ angewendeten) sind beide Winkel positiv. Nun denke man sich das Coordinatensystem so in das Auge gelegt, daß die  $x$ -Axe an derselben Stelle bleibt wie zuvor, dagegen die  $y$ -Axe und die  $z$ -Axe ihre Plätze vertauschen: die neue Lage kann als Erfolg einer Drehung um  $90^\circ$  angesehen werden, bei der die  $x$ -Axe die Rolle der Drehungsaxe spielt. Diese zweite Lage des Coordinatensystems vorausgesetzt, lassen sich nun die beiden wesentlichen Schritte jener HELMHOLTZ'schen Drehung, durch welche die Gesichtslinie gleichfalls in die nach rechts oben gewandte Stellung gelangen könnte, so charakteri-

<sup>1</sup> *Arch. f. Ophth.* Bd. XXI, Abth. 2, S. 207 f.

<sup>2</sup> Natürlich ist FICK's „Latitudo“ gemeint: eine Verwechselung mit dem  $\beta$  der anderen Formel (HELMHOLTZ' Seitenwendungswinkel) ist wohl nicht zu besorgen. Ein Minimum von Verwechselungsgefahr muß ich hier auf mich nehmen, wenn die HELMHOLTZ'sche Bezeichnungsweise ungeändert bleiben soll.

siren: den Anfang macht eine Drehung um die  $z$ -Axe (Winkel  $\alpha$ ), dann folgt eine Drehung um eine Anfangs mit der  $y$ -Axe zusammenfallende, nun mit ihr den Winkel  $\alpha$  einschließende Axe (Winkel  $\beta^1$ ). Um die Vorzeichen dieser Winkel zu bestimmen, muß man sich natürlich bei der Verdrehung des Koordinatensystems aus der ersten in die zweite Lage derart mitgedreht denken, daß man die  $y$ -Axe, obwohl sie nun vertikal steht, in transversaler Lage vor sich hat. Nimmt man, was unter den gegenwärtigen Umständen das einfachere ist, die Drehung des Systems als entgegen dem Sinne des Uhrzeigers vollzogen an, dann ist für unser Beispiel  $\alpha$  positiv, dagegen  $\beta$  negativ; denkt man sich das System und dessen Beschauer entgegengesetzt (also im Sinne des Uhrzeigers) gedreht, so wird  $\alpha$  negativ,  $\beta$  positiv. Vergleicht man nun die sonach für die FICK'sche und die für die HELMHOLTZ'sche Drehung gültigen Bestimmungen, so fällt deren Gleichartigkeit sofort auf. Hier wie dort erfolgt erst eine Drehung um die  $z$ -Axe, dann eine Drehung um die sozusagen verdrehte  $y$ -Axe; nur dem Vorzeichen nach ist von den dabei sich ergebenden Winkeln einer seinem Gegenstücke ungleich. Da nun aber die Lage des Koordinatensystems willkürlich ist, so beweist die aufgewiesene Uebereinstimmung, daß die analytische Behandlung der FICK'schen wie der HELMHOLTZ'schen Drehung zu übereinstimmenden Ergebnissen führen muß, soweit nicht die Verschiedenheit in Betreff der Vorzeichen dabei eine Rolle spielt. Diese Uebereinstimmung muß ferner auch zu ihrem Rechte kommen, wenn es gilt, das Ergebniss jeder der beiden Drehungen mit dem Ergebniss einer LISTING'schen Drehung zu vergleichen.

Ein Vorbehalt könnte hierbei freilich noch erforderlich scheinen. Bekanntlich knüpft HELMHOLTZ in der „Physiologischen Optik“ seine Bestimmung über die Bedeutung der LISTING'schen Drehung an den Netzhauthorizont, indem er die Frage stellt: Was wird aus dem vor der Bewegung horizontal stehenden Meridian? Beziehen wir nun, wie eben geschehen ist, die HELMHOLTZ'sche Drehung auf das Koordinatensystem in seiner zweiten Lage, so muß der im Sinne des Systems erster Lage als horizontal bezeichnete Meridian für vertikal gelten. Sollte also eine auf die FICK'sche Drehung bezogene Berechnung auf Grund der

---

<sup>1</sup> Diesmal ist natürlich der „Seitenwendungswinkel“ gemeint.



eben angestellten Betrachtung mit einer auf HELMHOLTZ'sche Drehung bezüglich auf eine Linie gestellt werden können, so müßte der ersteren Berechnung gleichfalls ein im Sinne des dabei verwendeten (d. h. des in erster Lage befindlichen) Coordinatensystems verticaler Meridian, d. h. also ein verticaler Meridian kurzweg zu Grunde gelegt werden. An der Stichhältigkeit dieser Erwägung ist in der That, wie mir scheint, nicht zu zweifeln: für das Endergebnis aber ist dieser Umstand unwesentlich, sofern es sich nur darum handelt, in Winkelgraden anzugeben, was für eine Drehung um die Gesichtslinie erforderlich wäre, um das Ergebnis der FICK'schen Drehung einerseits, und dann wieder, um das der HELMHOLTZ'schen Drehung andererseits in das Ergebnis der LISTING'schen Drehung überzuführen. Denn der Winkel, um den dabei der ursprünglich horizontale Meridian seine Lage ändern muß, kann kein anderer sein als der, welchen etwa der verticale oder sonst ein Meridian bei dieser Ueberführung beschreibt.

Man kann also zusammenfassen: auf Grund der nämlichen analytischen Schritte, mit deren Hülfe HELMHOLTZ im neunten Bande des „Archiv für Ophthalmologie“ den functionellen Zusammenhang des Winkels  $\varrho$  mit FICK's „Longitudo“ und „Latitudo“ dargethan hat, muß sich der nämliche, höchstens in Betreff der Vorzeichen abweichende Zusammenhang des HELMHOLTZ'schen „Erhebungs- und Seitenwendungswinkels“ mit dem Winkel  $\gamma$  ergeben, falls letzterer ebenso die Abweichung des HELMHOLTZ'schen, wie erstere die des FICK'schen Drehungsergebnisses vom LISTING'schen bedeutet. Es stimmt dies auf's Beste mit den Resultaten W. SCHÖN's<sup>1</sup>, der mit Hülfe sphärisch-trigonometrischer Untersuchungen, also auf ganz anderem Wege, zur Feststellung der Uebereinstimmung zwischen den beiden in Rede stehenden Functionen geführt worden ist.

Wir sind damit zugleich zur Beantwortung unserer Ausgangsfrage gelangt, welche die Natur des Winkels zum Gegenstande hatte, den HELMHOLTZ in der „Physiologischen Optik“ als „Raddrehungswinkel“  $\gamma$  berechnet. Die Berechnung, können wir jetzt sagen, ist richtig, falls der Winkel  $\gamma$  der HELMHOLTZ'schen Drehung ebenso gegenübersteht, wie der Winkel  $\varrho$  der FICK'schen. Der Winkel  $\varrho$  ist der Winkel, der erforderlich ist, um bei ge-

---

<sup>1</sup> Arch. f. Ophth. Bd. XXI.

gebener Position der Blicklinie mittels Drehung um die Gesichtslinie aus der FICK'schen Stellung, wie hier der Kürze halber zu sagen gestattet sei, in die LISTING'sche Stellung zu gelangen. In gleicher Weise muß, soll der Winkel  $\gamma$  richtig berechnet sein, dieser den Winkel bedeuten, der beschrieben werden muß, um das Auge aus der HELMHOLTZ'schen Stellung in die LISTING'sche überzuführen. Nun ist es für die HELMHOLTZ'sche Drehung charakteristisch, daß der Netzhauthorizont auch nach vollzogener Drehung immer noch in der Blickebene liegt, — aber natürlich nicht in der primären, sondern in der gehobenen resp. gesenkten Blickebene. Wird also, wie dies bei HELMHOLTZ thatsächlich der Fall ist, der Netzhauthorizont als derjenige Meridian verwendet, an dessen Lage man gleichsam die Lage des ganzen Auges abliest, so ist nun auch klar, daß der Netzhauthorizont eines nach dem LISTING'schen Gesetze bewegten Auges mit der Blickebene, aber natürlich wieder mit der gehobenen resp. gesenkten Blickebene, keinen anderen Winkel als eben den Winkel  $\gamma$  einschließen kann. HELMHOLTZ's Raddrehungswinkel ist also der Winkel zwischen Netzhautmeridian und der gehobenen resp. gesenkten Blickebene.

Schließlich darf aber nicht unerwähnt bleiben, daß diese Erkenntnis auch auf directerem Wege bereits der „Physiologischen Optik“ zu entnehmen ist. Die Ableitung des Winkels  $\gamma$  fehlt nämlich doch nicht darin; vielmehr wird er zusammen mit dem Winkel  $\varrho$  aus allgemeinen Voraussetzungen heraus bestimmt,<sup>1</sup> nur freilich durch die ganz neu eingeführten Symbole  $k$  und  $k'$  mehr verborgen als gekennzeichnet, sowie auch deren Variable unter neuen Symbolen auftreten. Daß dabei an Stelle des Ausdruckes „Blickebene“ der Terminus „Visirebene“ bevorzugt wird, verschlägt natürlich nichts; und fällt dabei auch das Wort „Raddrehung“ seltsamer Weise nicht ein einziges Mal, so ist doch dessen Sinn durch diese Berechnung ganz eindeutig der obigen Auffassung gemäß interpretirt.

III. In ohne Weiteres auffallender Abweichung von I und II baut HERING den Begriff der Rollung auf den der „einfachen

---

<sup>1</sup> A. a. O. S. 495 ff. der ersten, S. 653 ff. der zweiten Auflage. Vgl. auch die Nachtrags-Ausführungen S. 853 ff. der ersten Auflage, die, wenn ich nicht irre, in die zweite Auflage nicht aufgenommen sind.



Drehung“ auf<sup>1</sup> und die Klarheit seiner Aufstellungen macht alle Interpretation entbehrlich. Einfach gedreht heisst das Auge, wenn es aus der ersten in die zweite Stellung durch Drehung um eine Axe überführt gedacht werden kann, die auf der Anfangs- und Endstellung der Gesichtslinie senkrecht steht. Steht die Axe nicht senkrecht oder, was dasselbe ist, kann die senkrechte Axe nur der einen Componente der Drehung zugeschrieben werden, indes die andere Componente die Gesichtslinie zur Axe hat, dann liegt Rollung vor. Der Rollungswinkel aber liesse sich dann einfachst etwa in folgender Weise bestimmen: Die Ebene, in welche die Gesichtslinie sowohl in ihrer Anfangs- als in ihrer Endstellung zu liegen kommt, schneidet das Auge in seiner ersten und zweiten Stellung in je einem Meridian; der Winkel, den die beiden Meridiane einschliessen, ist der Rollungswinkel.

IV. Hauptsächlich um nicht wissentlich unvollständig zu sein, muß ich nun auch noch daran erinnern, daß man nicht selten auch dort von einer „Raddrehungscomponente“ spricht, wo es sich darum handelt, sich über die Wirkungsweise der einzelnen Augenmuskeln schematisch zu orientiren. Mit „Raddrehung“ ist dann stets die Drehung um eine sagittale Axe gemeint. Dem Gedanken der Drehung um die Gesichtslinie läßt sich auch diese Bedeutung unterordnen, solange das Auge seine Primärstellung bewahrt, nicht aber darüber hinaus. Während also bei den anderen Bedeutungen unseres Terminus die Stellung der Gesichtslinie sozusagen willkürlich bleibt, ist sie hier vorgegeben und zwar so, daß in den Secundärlagen Drehung um dieselbe nirgends mehr mit Raddrehung in diesem Sinne zusammenfällt. Jedenfalls steht diese Bedeutung den drei vorherwähnten an theoretischem wie praktischem Belang so erheblich nach, daß im Folgenden auf sie zurückzukommen entbehrlich sein möchte.

Immerhin läßt sich aber der Gedanke an die Drehung um die sagittale Axe von dem der unveränderlich sagittal gestellten Gesichtslinie auch loslösen. Eine Augenbewegung könnte dann frei von Raddrehung heissen, sofern keine Componente derselben in die sagittale Richtung fällt; der Raddrehungswinkel wäre dann natürlich wieder die durch Drehung um die Gesichtslinie

---

<sup>1</sup> HERMANN'S Handbuch III, 1, S. 469f. Vgl. bereits „Die Lehre vom binocularen Sehen“ S. 63ff.

zu charakterisirende Abweichung von dieser Position. Für den Fall, daß die in diesem Sinne als Raddrehungslos der Betrachtung zu Grunde gelegte Bewegung eine einfache Drehung ist, fällt diese Bestimmung mit einem speciellen Falle der eben sub III besprochenen zusammen. Denkt man sich dagegen zwei einfache Drehungen hinter einander vorgenommen, die der Bedingung, keine sagittale Componente zuzulassen, beide genügen, so findet man sich in einem ausgezeichneten Specialfalle auf ein Ergebniss geführt, durch welches der in Rede stehende modificirte Begriff IV zu den obigen Begriffen I und II in unerwartete Beziehungen tritt. Dieselben werden im Verlaufe der folgenden Untersuchungen von selbst zum Vorschein kommen<sup>1</sup>; im Uebrigen wird auch dieser modificirte Begriff IV im Folgenden unberücksichtigt bleiben können.

### § 3. Rotation. Raddrehung und Rollung.

Mehrdeutigkeiten pflegen dem unschädlich zu sein, der sie erkannt hat. Aber sie bergen jederzeit die Gefahr in sich, unerkannt zu bleiben. Das hat sich auch an der Theorie der Augenbewegungen reichlich bewährt<sup>2</sup>, so daß die Frage, ob an Stelle Eines technischen Ausdruckes mit drei oder vier verschiedenen Bedeutungen nicht mehrere Ausdrücke mit nur je Einer Bedeutung zu setzen wären, sich von selbst aufdrängt.

<sup>1</sup> Vgl. den Schluss von § 8.

<sup>2</sup> Daß die in den beiden vorigen Paragraphen berührten Schwierigkeiten ihre Actualität bis in die jüngste Vergangenheit herein bewahrt haben, zeigt eine der neuesten einschlägigen Publicationen, O. ZOTH's oben bereits erwähnte Schrift über die Augenmuskel-Lähmungen. Auf S. 10 derselben findet man den Begriff der Raddrehung im Sinne der HELMHOLTZ'schen Definition eingeführt: der Sinn aber, in dem der Terminus weiterhin Anwendung findet, ist nicht der HELMHOLTZ'sche. Auf S. 12 bei Zerlegung der Muskelkräfte in ihre Componenten beruft sich der Autor selbst auf das FICK'sche Coordinatensystem: aber die sich dabei ergebende, in Tafel I dargestellte Rotations-Componente wird gleichwohl von ihm Raddrehungs-Componente genannt. Auch das zweite und dritte „Gesetz der Augenbewegungen“ (S. 10f., vgl. die übereinstimmende Zeichnung S. 22) muß, da es sich um die Neigung des verticalen Meridians handelt, gemäß den Bestimmungen auf S. 12f. je ein Gesetz über Raddrehung sein. Beide Gesetze aber sagen genau das Gegentheil dessen aus, was HELMHOLTZ von seinen Raddrehungen behauptet. Der Brauchbarkeit und dem Werthe der in Rede stehenden Arbeit thut übrigens dieser Mangel keinen Eintrag.



Ganz ohne Convention könnte eine solche Reform freilich nicht zu Stande kommen; wer aber den guten Willen hat, es zu einer solchen zu bringen, wird im gegenwärtigen Stande der Angelegenheit günstige Vorbedingungen hierfür antreffen. Vor Allem liegt nicht Ein mehrdeutiger Terminus vor, sondern es stehen solcher Ausdrücke zwei zur Verfügung, die man promiscue für dieselbe Sache zu gebrauchen pflegt, nämlich die Wörter Raddrehung und Rollung: nichts liegt näher, als diesen Ueberfluß der Beseitigung jenes Mangels nutzbar zu machen. Dann aber ist eine diesbezügliche Reform des Sprachgebrauches schon mehrfach angebahnt, und endlich sind von den oben aus einander gehaltenen vier Bedeutungen ohnehin nur die drei ersten wichtig genug, um die Feststellung je eines besonderen Terminus wünschenswerth erscheinen zu lassen.

Indes möchte sich empfehlen, ehe in dieser Weise eine angemessene Sonderung der Begriffe und Vertheilung der Termini herbeizuführen versucht wird, dem Gesamtgebiete, das sich wenigstens bisher, wenn auch augenscheinlich mehr als billig, als Ganzes behauptet hat, eine eindeutige, aber nicht präjudicirende Bezeichnungsweise zu sichern. Dazu dient ungezwungen ein Moment, das wir schon vom Beginne dieser Untersuchungen an als ein allen hierhergehörigen Begriffen in irgend einer Weise angehöriges erkannten: der Gedanke der Drehung um die Gesichtslinie als Axe. Drehungen um diese Axe sollen im Folgenden allgemein als „Rotationen“ bezeichnet werden. Streng genommen haben auf diesen Namen freilich alle Augenbewegungen Anspruch, die nicht, oder sofern sie nicht Translationen sind. Aber von einer Anwendung dieses Wortes in engerer Bedeutung sind wohl keine Mißverständnisse zu besorgen, — um so weniger, je besser es der theoretischen Bearbeitung gelingen möchte, die verschiedenen durch erst zu präcisirende Beziehungen zu dieser „Rotation“ verbundenen Begriffe aus einander zu halten. Diese Begriffe selbst aber können wir passend unter dem Namen der „Rotationsbegriffe“ zusammenfassen.

Das Nächste, wofür im Interesse gehöriger Sonderung dieser Begriffe eingetreten werden muß, ist nun dies, daß davon abgegangen werde, die Wörter „Raddrehung“ und „Rollung“ synonym anzuwenden. Es ist dies im Grunde nur die Wiederholung des schon vor fast dreißig Jahren von HERING gemachten Vor-

schlages,<sup>1</sup> zur Bezeichnung des oben charakterisirten Falles III an Stelle des herkömmlichen (früher<sup>2</sup> auch von HERING selbst gebrauchten) Ausdruckes „Raddrehung“ wegen dessen oft ganz anderer Bedeutung den Ausdruck „Rollung“ zu setzen.

Acceptirt man nun ferner auch den positiven Theil dieses Vorschlages, was bei der Wichtigkeit und Schärfe der von HERING gegebenen Begriffsbestimmung im Grunde nur selbstverständlich ist, so bleibt in Betreff des Ausdruckes „Raddrehung“ nur noch die Wahl zwischen Bedeutung I und Bedeutung II offen, falls man nicht etwa vorzieht, Beides als Raddrehung zu bezeichnen und nur noch für eine terminologische Differentiation zu sorgen. Wirklich ist auch ein solcher Vorschlag gemacht worden: GRAEFE hat für den in Uebereinstimmung mit ihm oben sub II bestimmten Begriff den Ausdruck „HELMHOLTZ'sche Raddrehung“ in Anspruch genommen<sup>3</sup> und AUBERT hat dieser Bezeichnungsweise zugestimmt.<sup>4</sup> Man könnte dann etwa, ohne Zweifel im Sinne wenigstens des erstgenannten Autors, den oben sub I formulirten Begriff als „DONDERS'sche Raddrehung“ benennen. Aber man weiß, wie wenig so zusammengesetzte Ausdrücke das zu leisten im Stande sind, was man von einem wirklich handlichen terminologischen Hilfsmittel zu erwarten berechtigt ist.<sup>5</sup> Zudem schließt die Zueignung eines Terminus an einen Autor, auch wenn sie in ganz anderem als historischem Interesse erfolgt, doch jederzeit Behauptungen über wissenschaftsgeschichtliche Thatsächlichkeiten in sich, für deren Richtigkeit nur derjenige eintreten könnte, der eigens darauf hin die ältere Literatur zur Theorie der Augenbewegungen einem eingehenden

<sup>1</sup> „Die Lehre vom binocularen Sehen“ S. 63.

<sup>2</sup> Vgl. z. B. „Beiträge zur Physiologie“ S. 259.

<sup>3</sup> Handbuch der Augenheilkunde Bd. VI, S. 8.

<sup>4</sup> A. a. O. Bd. II, Theil 2, S. 657. Auch W. SCHÖN spricht gelegentlich (*Arch. f. Ophthalm.* Bd. XXI, Abth. II, S. 210) von „HELMHOLTZ'scher Raddrehung“, der er die „FICK'sche“ zur Seite stellt.

<sup>5</sup> Der Uebelstand müßte sich im Zusammenhange der gegenwärtigen Darlegungen besonders störend fühlbar machen, nachdem wir einige analog gebaute Ausdrücke („HELMHOLTZ'sche Drehung“, „LISTING'sche Drehung“, „FICK'sche Drehung“) in Gebrauch genommen haben, was an sich im Hinblick auf das minder häufige Vorkommen dieser Termini wohl zu rechtfertigen war, indes man Cumulationen wie: „HELMHOLTZ'sche Drehung hat HELMHOLTZ'sche Raddrehung von der Größe 0 zur Folge“ doch lieber vermeiden wird.



Studium unterzogen hätte. Ohne mich so genauer historischer Kenntniß in der ziemlich verwickelten Angelegenheit rühmen zu dürfen, kann ich doch wenigstens darauf hinweisen, daß DONDERS sich einerseits auch des Ausdruckes „Rollung“ bedient<sup>1</sup>, andererseits gelegentlich sogar für Vermeidung der Bezeichnung „Raddrehung“ eingetreten ist<sup>2</sup>, indes es hinwiederum auch nicht an Gründen fehlen möchte, unseren Begriff I nach dem Vorgange W. SCHÖN's mit den Untersuchungen FICK's in eine schon berührte Beziehung zu bringen, von der weiter unten noch besonders zu reden sein wird. Kurz, so weit ich sehe, thun wir besser von dergleichen zueignenden Terminis völlig abzusehen, also, wie von „Rollung“ ohne Beisatz geredet werden kann, so auch von „Raddrehung“ ohne Beisatz zu sprechen. Bei der Verbreitung aber, welche durch HELMHOLTZ speciell dem Begriffe II unter dem Namen der Raddrehung zu Theil geworden ist, scheint mir angemessen, von anderen Bedeutungen für dieses Wort abzusehen und unter Raddrehung jeder Zeit nur das zu verstehen, was HELMHOLTZ unter diesem Namen definirt hat.

Die beiden herkömmlichen Ausdrücke „Raddrehung“ und „Rollung“ sind in dieser Weise eindeutig bestimmt: aber unser Begriff I ist bei dieser Vertheilung der Namen leer ausgegangen. Ehe wir versuchen, diesem Uebelstande abzuhelpen, möchte eine etwas nähere Erwägung der Thatsachen und Bedürfnisse am Platze sein, auf die dieser Begriff gegründet ist.

#### § 4. Die „schädliche“ Rotation.

Es empfiehlt sich zu diesem Ende, über den Bereich des Begriffes I insofern noch einmal hinauszugreifen, als zur Beantwortung der Frage erforderlich ist, aus welchem theoretischen Bedürfnisse denn eigentlich die oben sub I—IV zusammengestellten Begriffsbildungen hervorgegangen sind. Die Frage macht freilich sogleich die Voraussetzung, daß es ein und dasselbe Bedürfnis ist, dem diese verschiedenen Begriffe dienen sollen: aber es ist nicht zu besorgen, daß jemand diese Annahme mit seinen persönlichen und literarischen Erfahrungen unvereinbar finden wird. Ueberdies läßt der Umstand, daß man für diese verschiedenen Begriffe denselben Namen, mochte

<sup>1</sup> Vgl. z. B. „Holländische Beiträge“ Bd. I, S. 117.

<sup>2</sup> So *Archiv für Ophthalm.* Bd. XVI, S. 158.

dieser nun „Raddrehung“ oder „Rollung“ lauten, gleich anwendbar fand, vermuthen daß die Uebereinstimmung im theoretischen Zwecke über die Verschiedenartigkeit der diesem wirklich oder vermeintlich zugewendeten Mittel hinweggetäuscht haben wird.

Läßt sich also näher angeben, was dieser so verschieden bestimmten „Drehung um die Gesichtslinie“ eigentlich in solchem Maasse die allgemeine Aufmerksamkeit zugewendet hat? Jeder kann darauf, wie ich meine, die Antwort aus eigener Erfahrung geben, der sich der Umstände noch zu erinnern weiß, unter denen er selbst zur Einsicht gelangt ist, wie wenig eine bestimmte Stellung der Gesichtslinie an sich bereits eine bestimmte Stellung des Auges ausmacht. Hat man einmal in der Drehung um die Gesichtslinie eine aus nahe liegenden Gründen vorher nie bedachte Möglichkeit erkannt, dann erhebt sich sofort die Frage nach den Folgen der Verwirklichung dieser Möglichkeit für die Sehpraxis, und man erkennt ohne Weiteres, wie durch eine unbeschränkte, uncontrolirte Rotationsfähigkeit des Auges um seine Gesichtslinie alles Sehen von Lagen illusorisch gemacht werden müßte.

Fragt man sich nämlich nach den Bedingungen, an die zunächst beim ruhend gedachten Auge das Sehen von Lagen (mit Einschluss des Wiedererkennens vorher gesehener Lagen) gebunden ist, so ist es vor Allen Ein Umstand, auf den man sich als auf ein selbstverständliches Erforderniß hingewiesen findet. Wie immer das Auge dazu gelangt sein mag, uns zur Erkenntniß der horizontalen, verticalen oder schrägen Lage einer gesehenen Linie zu verhelfen, so viel scheint unerläßlich, daß bei der Wahrnehmung der betreffenden Lage Netzhautstellen functioniren, deren eigene Lage der Lage des Gesehenen in gewisser Weise gesetzmäßig zugeordnet ist. Ueber die Natur dieser Gesetzmäßigkeit ist dadurch noch nichts vorbestimmt: dagegen führt die physikalische<sup>1</sup> Thatsache des Netzhautbildes sofort auf einfachste Annahmen in Betreff dieser Gesetzmäßigkeit. Sofern sich Horizontales horizontal, Verticales vertical, Schräges schräg abbildet (von der dritten Dimension natürlich abgesehen), scheinen hori-

---

<sup>1</sup> Vgl. die mustergültige Auseinanderhaltung des Physikalischen, Physiologischen und Psychologischen am räumlichen Sehen in A. HÖFLER'S Psychologie, Wien 1897, S. 287 ff.



zontale, verticale sowie entsprechend schräge Netzhautschnitte diejenigen Complexe von Netzhautelementen zu bezeichnen, mit deren Hülfe sich die Wahrnehmung der betreffenden Lagen naturgemäfs vollzieht. Im Ganzen, d. h. wenn man Unregelmäßigkeiten vernachlässigt, wie sie namentlich in der Netzhautincongruenz liegen, stimmt diese Annahme auch mit der Erfahrung bestens überein, solange man sich an die „natürliche“ Augenstellung desjenigen hält, der geradeaus vor sich in die Ferne blickt.

Wie aber, wenn das Auge, während es einen bestimmten Punkt fixirt, sich um die Gesichtslinie als Axe drehen kann? Man kann nicht verkennen, daß dadurch die ganze eben berührte Gesetzmäßigkeit in Betreff der Zuordnung zwischen bestimmten Lagen der sichtbaren Objecte und den durch sie afficirten Netzhautschnitten aufgehoben ist. Könnte nun der Sehende sein eigenes Netzhautbild sehen, dann ließe sich freilich denken, daß ihm die objectiv horizontale oder verticale Lage des Bildes die entsprechende Lage des Objectes könnte erkennen lassen. Oder wenn der Sehende wenigstens von Sinn und Betrag jener angenommenen Rotationsbewegung eine Empfindung hätte, dann könnte er den Umstand, daß in Folge der Rotation dieselbe Horizontale, die sich früher auf gewissen Netzhautelementen abgebildet hat, nun andere Elemente erregt, irgendwie in Rechnung bringen. Ist aber nichts davon der Fall, dann scheint unabsehbar, wie eine Wahrnehmung von Lagen noch vor sich gehen soll.

Und was von ruhender Gesichtslinie gilt, muß nun ebenso von bewegter Gesichtslinie gelten. Während aber, solange das Auge wenigstens anscheinend unbewegt ist, der Gedanke, es könnte eine unbemerkte Rotation um die Gesichtslinie eintreten, fast nur den Charakter einer auf bloße Möglichkeiten gerichteten Erwägung zeigt, gewinnt die Schwierigkeit dort, wo irgend eine Bewegung, zunächst die der Gesichtslinie, nachweislich vorliegt, ein durchaus praktisches Ansehen. Wenn einmal die Möglichkeit solcher Rotationsbewegungen in's Auge gefaßt werden muß, wer bürgt mir dafür, daß sie ausbleiben, wenn die Gesichtslinie sich bewegt, — falls sie mit Bewegungen der Letzteren nicht etwa gar durch geometrische Nothwendigkeit verknüpft sind?

Mit Einem Worte: der Gedanke an die Möglichkeit einer

Drehung des Auges um die Gesichtslinie wirkt, wenn man ihn zum ersten Male erfafst, wie die Erkenntniß einer bisher immer übersehenen Gefahr, und es erwächst daraus das Bedürfnis, festzustellen, ob die Möglichkeit zugleich auch als Chance oder gar unter Umständen als Wirklichkeit auftrete. Ein Theil dieser Gefahr kommt nun freilich gegenüber dem Gesetze von der gleichen Netzhautlage bei gleicher Blicklage außer Betracht: es wird dadurch wenigstens für jede Blicklage eine gesetzmäßige Beziehung zwischen der Lage der Objecte und der durch diese gereizten Netzhautelemente möglich. Aber das Gesetz schließt nicht aus, daß diese Beziehung für jede Blicklage eine andere sein könnte, was, recht grofse Veränderungen in der Beschaffenheit dieser Beziehung angenommen, das Sehen der Lagen immer noch außerordentlich erschweren, vielleicht unmöglich machen müßte. Dem steht der Fall des Gleichbleibens jener Beziehungen für beliebige Blicklagen als der vom Standpunkte der damit verbundenen psychischen Leistungen ideal zu nennende Fall gegenüber, derselbe, der jedem wahrscheinlich als selbstverständlich realisiert erschienen ist, solange er an die Möglichkeit jener Rotationsbewegungen nicht dachte. So führen sich diese Bewegungen als in besonderem Maafse disteleologisches Moment<sup>1</sup> ein, und das Interesse, das ihnen zugewendet wird, hat ohne Zweifel in erster Linie diesen psychologisch-praktischen Hintergrund.

### § 5. Aberration.

So natürlich sich nun aber diese ihrem Wesen nach teleologische Betrachtungsweise an den Gedanken der Rotation um die Gesichtslinie anschließt, so wenig wird verkannt werden dürfen, daß jenes disteleologische Moment doch nicht etwa in der Rotation selbst liegt. Denn es ist sowohl eine Rotation denkbar ohne Zweckwidrigkeit, als die Zweckwidrigkeit ohne Rotation.

Ersteres erhellt in recht äußerlicher, gleichwohl einem Einwurfe kaum ausgesetzter Weise aus jeder Drehung, die einen durch vorhergehende Drehung angerichteten Schaden dadurch gut macht, daß sie jene compensiert. Die Annahme, bei

---

<sup>1</sup> Bezeichnend redet WUNDT einmal von der „schädlichen Rollung“, vgl. *Physiol. Psych.* Bd. II, S. 115.



einer Bewegung der Gesichtslinie aus der Stellung *A* in die Stellung *B* könnte das Auge erst eine gewisse Linksdrehung, dann eine eben so große Rechtsdrehung um die Gesichtslinie ausführen, ist freilich künstlich genug; aber man erkennt daraus, wie wenig es im Grunde in unserer Sache auf die Drehung selbst, wie ausschließlich es hingegen auf das Ergebniss der allfälligen Drehung ankommt.

Doch auch noch Anderes warnt uns im selben Sinne davor, allzusehr bei der Drehung selbst zu verweilen. Da die Angelegenheit der „schädlichen“ Rotation wohl kaum je für den Fall der ruhenden Gesichtslinie in Betracht gezogen worden sein wird, überdies das Gesetz von der gleichen Netzhautlage bei gleicher Blicklage eine andere Eventualität als die der bewegten Blicklinie gar nicht in Erwägung zu ziehen gestattet, haben wir mit der in Rede stehenden Rotation nie als mit einer isolirten, sondern stets als mit einer an andersartige Bewegung geknüpften Begleitthatsache zu thun. Man kann sich diese Begleitrotation an der sich bewegenden Gesichtslinie sozusagen selbständig vorgenommen denken, oder aber (im Gegensatz zu solcher Drehung um „bewegliche Axen“) in die Bewegung der Gesichtslinie um eine feste Axe als Componente implicirt: natürlich aber kann solche explicite und implicite Rotation zusammentreffen, einerlei ob simultan oder successiv. Nun dürfte implicite Rotation um die Gesichtslinie ohne explicite jederzeit „schädlich“ sein, explicite ohne implicite wenigstens in der Regel.<sup>1</sup> Dagegen können explicite und implicite Rotation unter günstigen Umständen einander compensiren und dann muß wenigstens eine von beiden Rotationen im Hinblick auf die andere „nützlich“ heißen.

Von noch weit größerer charakteristischer Bedeutung scheint mir nun aber die zweite der oben erwähnten Möglichkeiten, die nämlich, daß der „Schaden“ in Betreff der Orientirung eintreten kann auch ohne Rotation um die Gesichtslinie. Das beleuchtet der schon zu Beginn dieser Mittheilung<sup>2</sup> dargelegte Thatbestand der LISTING'schen Bewegung. Den dort gebrauchten Ausdruck „Raddrehung“ werden wir nunmehr natürlich lieber vermeiden, und ein Ersatz dafür steht uns vorerst noch nicht zu Gebote; doch das Eine unterliegt jetzt keinem Zweifel, daß hier von

---

<sup>1</sup> Die Ausnahme soll sogleich zur Sprache kommen.

<sup>2</sup> Vgl. oben S. 163 ff.

einer Drehung um die Gesichtslinie in keinem Sinne die Rede sein kann. Es ist ja gerade der LISTING'schen Drehung wesentlich, eine in die Gesichtslinie fallende Axe ex definitione auszuschließen. Dennoch hat eine solche Drehung den Erfolg, daß die Lage eines Netzhautmeridians, auf dem sich in der Primärstellung eine beliebig schräge Linie abbildete, sich bei Bewegung der Gesichtslinie aus der Primärstellung heraus mehr oder weniger einer Lage annähert, in der das Bild einer horizontalen Linie auf ihn fallen könnte. Daß dergleichen möglich ist, mag den, der es sich zum ersten Male klar macht, immerhin überraschen; die Möglichkeit hat aber offenbar darin ihren Grund, daß für eine mit dem Auge fest verbunden gedachte Netzhautschnittebene der Weg von der verticalen Lage zur horizontalen allerdings durch Drehung um die Gesichtslinie genommen werden kann, aber außerdem auch noch durch Drehung um eine Axe, die auf der Verticalen und der Gesichtslinie senkrecht steht, kurz um die Transversalaxe, welche natürlich durchaus keine in die Gesichtslinie fallende Componentenaxe aufweist. Es ist damit bewiesen, daß Orientierungsstörungen sehr wohl möglich sind, die nicht auf Rotation um die Gesichtslinie zurückgehen. Nur in der Weise wäre hier noch eine Verbindung mit dem Rotationsgedanken herzustellen, daß Fehler der in Rede stehenden Art durch angemessene Rotation um die Gesichtslinie corrigirt werden könnten: das ist aber dann keine „schädliche“ sondern eine nützliche Rotation, — es ist der oben bereits angedeutete Fall, in dem eine explicite Rotation um die Gesichtslinie keine disteleologische Bedeutung hätte, obwohl eine zu compensirende implicite Rotation nicht vorläge.

Damit scheint mir erwiesen, daß das Interesse, welches der Frage zugewendet ist, ob das Auge am Ende einer Bewegung die durch die Anfangslage bedingte Orientirung verloren hat oder nicht, sich im Grunde ganz mit Unrecht an die Rotation um die Gesichtslinie hält, da vielmehr nur die wie immer zu Stande gekommene Abweichung von der Anfangslage wesentlich ist, soweit diese Abweichung nämlich als für den Orientierungszustand des Auges charakteristisch in Betracht kommt. Ich will diese Abweichung als *A b e r r a t i o n* bezeichnen<sup>1</sup> und versuche

---

<sup>1</sup> Eine Verwechslung mit der in der Physik gebräuchlichen Bedeutung des Wortes wird ja wohl nicht zu besorgen sein.



damit einen Terminus einzuführen, der zunächst die Lage des Auges am Ende seiner Bewegung im Vergleich mit der wie immer beschaffenen Anfangslage betrifft, aber mit Vortheil dahin eingeschränkt wird, daß er für die verschiedenen Endstellungen im Hinblick auf eine allen Bestimmungen gemeinsam zu Grunde zu legende Ausgangsstellung gilt. Seit die Primärstellung bekannt ist, kann ein Zweifel darüber nicht aufkommen, daß und warum sie und nur sie die in Rede stehende Ausgangsstellung sein kann.

#### §. 6. Genauere Präcisirung des Aberrationsbegriffes.

Was hier also mit dem Ausdrücke „Aberration“ gemeint ist, läßt sich fürs Erste am leichtesten an dem Thatbestande kennzeichnen, der vorliegt, sofern eine Aberration nicht vorhanden ist. Frei von Aberration wird eine Augenstellung nämlich heißen müssen, sofern sich in derselben horizontal, vertical oder in bestimmter Weise schräg gegen einander gelegene Punkte im Außenraume auf solchen Gruppen von Netzhaut-elementen abbilden, die auch in der Primärstellung zur Wahrnehmung horizontaler, verticaler oder in der betreffenden Weise schräger Richtungen zusammengewirkt haben oder doch zusammenwirken konnten. Versucht man nun aber darauf hin auch positiv zu sagen, worin die Aberration besteht und was ihre Gröfse bestimmt, so sind nun doch noch einige Erwägungen erforderlich.

Es handelt sich dabei vor Allem darum, den bisher vom Auge als Ganzem genommenen Aberrationsgedanken dadurch zu präcisiren, daß man ihn sozusagen an eine bestimmte, in möglichst geeigneter Weise auf der Netzhaut festgelegte Linie knüpft. Als solche wird seit HELMHOLTZ ziemlich allgemein der Netzhauthorizont bevorzugt; es liegt darauf hin nahe, in dem Winkel, den der in eine zweite Lage gedrehte Netzhauthorizont mit seiner primären Lage einschließt, Wesen und Maafs der Aberration für diese secundäre Lage zu erblicken, wobei natürlich statt des horizontalen Meridians besser die Ebene in Betracht zu ziehen ist, als deren Schnittlinie er angesehen werden kann. Aber zwischen der ursprünglichen und der verdrehten Horizontalebene ist auch bei einfacher Hebung oder Senkung des Blickes ein Winkel anzutreffen, und niemand wird hier von Aberration reden wollen. Wählt man nun statt des horizontalen den ver-

ticalen Meridian, resp. die durch ihn gelegte Verticalebene, ist zwar für Hebung und Senkung der Mißsstand beseitigt, stellt sich aber dafür in Betreff reiner Rechts- oder Linkswendung gleich auffälliger Weise heraus. Fast möchte man bedauern, daß der Gedanke der Rotation um die Gesichtslinie sich als ungeeignet erwiesen hat, als Hilfsbestimmung herangezogen zu werden.

Ein Anderes kommt hinzu. Es ist leicht, sich eine Art Ideal von Aberrationsfreiheit in dem Sinne zu bilden, daß horizontale, verticale und schräge Linien des Außenraumes sich auf denselben horizontalen, verticalen und schrägen (d. h. in der Primärstellung horizontal, vertical und schräg gewesenen) Netzhautmeridian oder auf Parallelkreisen zu denselben abbilden. Man muß nur aber doch auch bedenken, daß dieses Ideal nur für ein auf der Gesichtslinie oder doch auf der Ebene des (ursprünglich) verticalen Meridians senkrechten Gesichtsfelde realisierbar ist, in dem bei anders gestellten (ebenen) Gesichtsfeldern die Projection sich Abweichungen erzwingt, für welche der Aberration sozusagen die Verantwortung aufzuerlegen handgreiflich unnatürlich wäre.

Diesem letzteren Umstande wird Rechnung getragen werden können, falls an den verschiedenen an der Netzhaut festlegbaren Linien (Meridianen oder Schnitten) nicht alle den Projektionsanomalien, wenn man so sagen darf, in gleichem Maasse unterworfen sind: es empfiehlt sich dann natürlich, die Thatsache der Aberration ex definitione gleichsam an denjenigen Netzhautmeridian zu knüpfen, an dem sie am reinsten zum Vorschein kommt. In der That ist nun in diesem Sinne auf die schon von DONDERS<sup>1</sup> hervorgehobene Vorzugsstellung des Verticalen hinzuweisen, die damit zusammenhängt, daß der Raum zwei horizontale Dimensionen hat, aber nur eine vertical. „Eine verticale Linie“, sagt DONDERS, „fällt zusammen mit jeder anderen verticalen Linie, worauf sie projecirt wird, welche Stellung sie im Verhältniß zu einander und zum Auge auch immer einnehmen mögen. Mit horizontalen Linien ist es ganz anders: eine horizontale Linie, die sich von uns entfernt, wird absteigend gesehen, wenn sie über, aufsteigend aber, wenn sie unter unserem Auge gelegen ist.“ Für einen verticalen Meridian könnte also das Ideal der Aberrationsfreiheit uneingeschränkt

---

<sup>1</sup> *Arch. f. Ophth.* Bd. XVI, S. 168.



erfüllt sein: darum wird man die Aberration am klarsten als Abweichung des verticalen Meridianes von seiner ursprünglichen verticalen Lage definiren.

Nun verlangt aber auch noch der oben an erster Stelle erwähnte Umstand berücksichtigt zu werden. Dies geschieht, wenn wir den aberrirten verticalen Meridian nun doch nicht kurzweg mit seiner ursprünglichen (durch die Primärstellung gegebenen) Lage zusammenhalten, sondern mit dem, was sozusagen übrig bleibt, wenn wir von dem durch die zweite Stellung repräsentirten Theile der Lageveränderung absehen, der in der Annahme einer veränderten Lage der Gesichtslinie eingeschlossen ist, ohne gleichwohl den dem Aberrationsgedanken wesentlichen Umstand zu berühren. Dies läßt sich ins Werk setzen, indem man durch die in der zweiten Stellung befindliche Gesichtslinie eine Verticalebene gelegt denkt: der Winkel, den die Ebene des (verdrehten) verticalen Netzhautmeridians mit dieser Ebene einschließt, ist dann der Aberrationswinkel. Wer Anlaß hat, sich dennoch zunächst an den Netzhauthorizont zu halten, findet den nämlichen Winkel zwischen der Ebene dieses (verdrehten) Netzhauthorizontes und einer rechtwinkelig zur oben angenommenen absoluten Verticalebene in die Gesichtslinie gelegten Ebene.

## § 7. Aberration gegenüber Raddrehung und Rollung.

Es ist an der Zeit, wieder zu unseren drei Rotationsbegriffen zurückzukehren. Ist es richtig, daß sie eigentlich Interessen entsprungen sind, die im Aberrationsgedanken ihren ausreichend bestimmten Ausdruck finden, so ist nicht zu verkennen, daß wenigstens der Raddrehungs- und der Rollungsbegriff sich jenem Ausgangsinteresse doch ganz erheblich entfremdet haben.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Bezeichnend hierfür scheint mir die Antwort eines medicinischen Freundes, dem ich den Unterschied in der Behandlung darzulegen versucht hatte, die das Problem der „Raddrehung“ (das Wort in der hier von mir bekämpften vulgären Unbestimmtheit verstanden) durch HELMHOLTZ und HERING erfahren hat. Daß bei Bewegungen aus der Primärstellung nach HELMHOLTZ „Raddrehungen“ eintreten, nach HERING nicht, das, meinte er, sehe er wohl ein: was er aber eigentlich wissen möchte, sei dies, ob das Auge unter den in Rede stehenden Umständen „wirkliche Raddrehungen“ erfahre oder nicht. Ich zweifle nicht, daß in dieser so untheoretisch klingenden Frage eines übrigens theoretisch wohl Geschulten das Interesse an der Aberration zur Geltung kam.

Dies tritt besonders auffällig an der Raddrehung zu Tage, — das Wort nun natürlich immer in der oben<sup>1</sup> festgesetzten Bedeutung gebraucht — namentlich, wenn man den Zustand, in dem sich das nach dem LISTING'schen Gesetze gedrehte Auge in einer der von Manchen „tertiär“ genannten Stellungen befindet, auf Raddrehung bestimmt. Führt man eine solche Bewegung, z. B. wieder die nach rechts oben, an einem Modelle aus, so ergibt schon directe Anschauung, daß der verticale Meridian mit seinem oberen Ende eine Neigung nach rechts angenommen hat, daß sonach Aberration mit positivem Vorzeichen vorliegt. Dagegen ist die Raddrehung in diesem Falle negativ; die directe Anschauung der Sachlage bietet aber nicht den geringsten Grund, weshalb die vom in Rede stehenden Meridian eingenommene Position als Ergebniss einer Verdrehung nach links zu betrachten wäre. In der That erscheint der zu jeder Stellung der Gesichtslinie gehörige Raddrehungsnullpunkt völlig künstlich bestimmt, wenigstens solange man bloß das monoculare Sehen in Erwägung zieht, auf das der Begriff der Blickebene ja streng genommen noch keine Anwendung findet. Fingirt man für die zu einer Tertiärstellung führende Bewegung des Auges zwei Axen, von denen eine mit der Verticalen einen zu großen Winkel einschließt, so ist es im Allgemeinen sehr natürlich, daß man dann schliesslich den verticalen Netzhautmeridian wird zurückdrehen müssen, um den Fehler wieder gut zu machen: dagegen ist die Neigung eines ursprünglich verticalen Netzhautschnittes gegen den Horizont eine rein objective, von künstlich in die Betrachtung eingeführten Annahmen völlig unabhängige Sache. — Damit soll indes nicht gesagt sein, daß der dem Raddrehungsgedanken zu Grunde liegenden Annahme jede Bedeutung und daher Berechtigung fehle. Diese kommt dort zur Geltung, wo die (variable) Blickebene, nach der sich ja der Raddrehungsnullpunkt bestimmt, eine charakteristische Rolle spielt: beim binocularen Sehen. Die Abweichungen vom LISTING'schen Gesetze, die bei convergirenden und gesenkten Blicklinien eintreten<sup>2</sup>, lassen sich ja geradezu als Tendenz zu möglichster Herabsetzung des Raddrehungswinkels auffassen. Nebenbei soll, da oben dem verticalen Meridian vor

---

<sup>1</sup> Vgl. S. 179.

<sup>2</sup> Vgl. HERING in HERMANN's Handb. III, 1, S. 501 f.



dem horizontalen eine Art Vorzugsstellung zugesprochen wurde, hier nicht unerwähnt bleiben, daß beim Nahesehen thatsächlich das Ideal der Aberrationsfreiheit der Rücksicht auf das Erfassen des Horizontalen völlig geopfert erscheint, soweit jenes Ideal auf die Verticale bezogen wird: bei den in Rede stehenden Abweichungen vom LISTING'schen Gesetz kommt ja die Verticale in demselben Maasse mehr zu Schaden, je besser das binoculare Erfassen der Horizontalen gelingt, d. h. je näher die mittleren Querschnitte der beiden Augen dem Ziele kommen, mit der Blickebene zusammenzufallen.

Anders stehen die Dinge bei der Rollung wenigstens insofern, als deren Nullwerth nicht auf fictive, sondern auf empirisch wohl beglaubigte Voraussetzungen gestellt ist, überdies der Gegensatz der einfachen und zusammengesetzten Drehung in keinem Sinne den Charakter des Conventionellen an sich trägt. Ohne Zweifel haben wir im Rollungsbegriff eine für die Theorie der Augenbewegungen ganz unentbehrliche Conception vor uns: der Aberrationsgedanke aber ist auch in ihr völlig verloren gegangen. Das beweist das eben gebrachte Beispiel von der Tertiärstellung gemäß dem LISTING'schen Gesetze. Das LISTING'sche Gesetz negirt die Rollung: aber es wurde oben bereits im Hinblick auf den Augenschein des bloßen Modellversuches hervorgehoben, daß Aberrationen bei LISTING'schen Bewegungen ganz zweifellos stattfinden. Praktisch steht die Rollung der Aberration allerdings näher als die Raddrehung; denn für jede Stellung der Gesichtslinie giebt es eine Augenstellung von positiver Aberration, die negative Raddrehung, aber bloß nullwerthige Rollung aufweist. Der Raddrehungsnullpunkt ist eben vom Aberrationsnullpunkt weiter entfernt als der Rollungsnullpunkt; aber die völlige Verschiedenheit des Rollungs- gegenüber dem Aberrationsgedanken kann dies nicht mildern.

Dagegen ist nun sicher jedem Leser bereits auffällig geworden, wie nahe der Aberrationsgedanke dem steht, was bisher als Begriff I noch unbenannt geblieben ist. Ganz fällt dieser Begriff, wenigstens in der oben<sup>1</sup> gegebenen Formulirung freilich nicht mit dem Aberrationsbegriffe in seiner präcisirten Gestalt zusammen. Aber einerseits war die oben gewählte Formulirung doch insofern nur zufällig herausgegriffen, als ihr andere wirk-

---

<sup>1</sup> Vgl. S. 166.

lich ausgesprochene und wohl noch mehr mögliche Formulirungen zur Seite stehen. Dann aber ist ja im Obigen eben erst der Versuch gemacht worden, den Aberrationsgedanken so theoretisch brauchbar zu gestalten als möglich ist, ohne ihn seiner eigentlichen Natur zu entkleiden: insoweit der Versuch das Richtige getroffen hat, insoweit wird es auch für den Begriff I ein Vortheil sein, die oben gewonnene Präcisirung sich anzueignen. So können wir denn unbedenklich sagen: Begriff I ist seiner Natur und Intention nach nichts Anderes als der Aberrationsbegriff und durch die Einführung dieses Terminus ist zugleich die durch die oben vorgeschlagene Vertheilung der Termini Raddrehung und Rollung geschaffene Schwierigkeit beseitigt. Der Raddrehung und Rollung steht eben die Aberration als Gegenstand des dritten (oder ersten) der drei oben<sup>1</sup> aus einander gehaltenen Hauptbegriffe zur Seite.

### § 8. Zugeordnete Drehungen.

Es wird der Klarheit des Einblickes in die Natur und das gegenseitige Verhältniß dieser drei Begriffe förderlich sein, noch auf einen ihnen allen gemeinsamen Umstand hinzuweisen. Wir haben an den für den Raddrehungs- und den Rollungswinkel geltenden Größenbestimmungen erkannt, daß sowohl der Begriff der Raddrehung als der der Rollung auf eine Art vorausgesetzter Normalbewegung des Auges hinweist. In diesem Sinne ist die Raddrehung auf die HELMHOLTZ'sche, die Rollung auf die LISTING'sche Drehung gegründet. Ein Auge, das durch LISTING'sche Drehung in bestimmte Lage gelangt ist, zeigt, wie wir sahen, keine Rollung; ein Auge, das durch HELMHOLTZ'sche Drehung in die betreffende Lage gelangt wäre, würde keine Raddrehung aufweisen. Giebt es nun eine Drehung, die in ähnlicher Weise als Voraussetzung der Aberration angesehen werden könnte? Die Frage fällt mit der anderen zusammen, ob sich Axen namhaft machen lassen, um die das Auge aus einer ersten in eine zweite Stellung übergeführt gedacht werden könnte, ohne daß eine Aberration einträte. Daß dabei nach „Axen“ gefragt werden muß und nicht etwa bloß nach Einer Axe erhellt daraus, daß eine Drehung um nur Eine Axe eine „einfache

---

<sup>1</sup> Vgl. § 2.



Drehung“ wäre, eine solche also, wie das LISTING'sche Gesetz sie verlangt, dessen Erfüllung, wie wir wissen, Aberrationsfreiheit nicht mit sich führt. Weiter ist aber leicht einzusehen, daß jene Bewegung, die uns unter dem Namen der FICK'schen Drehung bereits begegnet ist, den obigen Anforderungen Genüge leistet. Wir fanden einer solchen Bewegung wesentlich, daß das Auge erst um eine verticale, dann um jene **horizontale Axe gedreht** wird, die vor der ersten **Drehung** transversal gestellt war. Nun kann aber die **Drehung** um die verticale Axe begreiflicher Weise der **Stellung** des verticalen Meridians der Netzhaut nichts anhaben. Die weitere Drehung um die vorher transversal gewesene Horizontalaxe kann es wohl und thut es auch, aber in einer Weise, die sich dem präcisirten Aberrationsbegriffe gegenüber schon auf den ersten Blick als bedeutungslos herausstellt, indem dabei die durch die Gesichtslinie gelegte Verticalebene nicht verlassen wird.

Die FICK'sche Drehung steht also der Aberration ähnlich gegenüber wie die HELMHOLTZ'sche Drehung der Raddrehung. Nun darf man sich aber diese Zuordnung nicht etwa in der Weise denken, als ob der Aberrationsnullwerth nur durch FICK'sche Drehung zu erreichen wäre. Man kommt augenscheinlich zum selben Ziele, wenn man mit einer „Erhebung“ beginnt, wie sie bei der Raddrehung in Frage kommt, also mit einer Drehung um die transversale Axe, dann aber die so erhobene oder gesenkte Gesichtslinie sich nun nicht um die durch die Erhebung verdrehte, sondern um eine durch die Erhebung unbeeinflusst gedachte Verticalaxe, die also auch nach der Drehung noch vertical steht, gedreht denkt. Es ist ohne Weiteres einleuchtend, daß auch bei solcher Drehung der ursprünglich verticale Meridian seine verticale Stellung beibehalten muß.

Hat sich uns aber, wir wir nun, auf § 2 zurückblickend, sagen können, die Aberration ihrer ganzen Natur nach als eine Art Gegenstück zur Raddrehung dargestellt, so kann es nun auch nicht überraschen, wenn nicht nur die Aberrationsnull nicht ausschließlich auf die FICK'sche Drehung, sondern ganz in gleicher Weise auch die Raddrehungsnull nicht ausschließlich auf die HELMHOLTZ'sche Drehung angewiesen ist. Näher braucht man, um das Aequivalent für die HELMHOLTZ'sche Drehung zu finden, nur die Analogie zu dem eben für die Aberration festgestellten Sachverhalte ins Auge zu fassen. FICK'sche und HELMHOLTZ'sche

Drehung haben mit einander gemein, daß jedes Mal der ersten natürlich um eine noch unverdrehte Axe sich vollziehenden Partialdrehung eine zweite Partialdrehung um die zweite, aber durch die erste Partialdrehung verdrehte Axe folgt. Das eben erwähnte Aequivalent der FICK'schen Drehung hebt insofern entgegengesetzt an wie diese, als die erste Partialdrehung nicht um die verticale, sondern um die horizontale (übrigens aber natürlich gleichfalls noch unverdrehte) Axe vor sich geht. Die zweite Partialdrehung benutzt dann natürlich die andere, d. h. die horizontale Axe, hat aber das Charakteristische an sich, daß es nicht etwa die verdrehte Verticale (das ergäbe die HELMHOLTZ'sche Drehung), sondern die wirkliche, unverändert gedachte Verticalaxe ist. Das Aequivalent zur HELMHOLTZ'schen Drehung wird also zu gewinnen sein, wenn man die erste Partialdrehung der FICK'schen Drehung gleich macht, also mit der verticalen Axe beginnt, zur zweiten Partialdrehung nun aber gleichfalls nicht die durch die erste verdrehte, sondern die wirkliche Transversalaxe benutzt. Die ursprünglich verticale Axe und damit auch der Netzhauthorizont wird am Ende dieser zweiten Partialdrehung sich genau in der Lage befinden müssen, die im Falle der HELMHOLTZ'schen Drehung der Verticalaxe durch die Erhebung, dem Netzhauthorizonte durch die Seitenwendung ertheilt worden ist.

Inzwischen ist von keiner der beiden Aequivalentdrehungen zu besorgen, daß sie der FICK'schen resp. HELMHOLTZ'schen Drehung sozusagen den Rang streitig machen könnte. Letzteren Drehungen ist nämlich der Einfachheits- oder Uebersichtlichkeitsvorzug dadurch gesichert, daß bei ihnen nur solche Axen zur Verwendung kommen, die auf der Gesichtslinie senkrecht stehen. Damit ist gewährleistet, daß die Gesichtslinie sich hier ausschließlich in ebenen Bahnen bewegt, während sie bei den Aequivalenzfällen stets einmal, nämlich bei der zweiten Partialdrehung, einen Theil eines Kegelmantels zu beschreiben hat.

Uebrigens darf nicht unerwähnt bleiben, daß es nun doch auch einen Gesichtspunkt giebt, unter dem diese Aequivalente sich als das Einfachere darstellen. Sie sind dies nämlich ohne Zweifel im Hinblick auf die Lage ihrer Axen, die in beiden Fällen kurzweg transversal und vertical gestellt sind, so daß der Unterschied zwischen den beiden Fällen darin gefunden werden kann, daß das eine Mal die Transversaldrehung den Anfang macht, das andere Mal die Verticaldrehung. Was diesen Axen-



stellungen ein besonderes Interesse verleiht, ist der Umstand, daß durch dieselben unsere beiden Aequivalenzdrehungen in eine, wenn ich nach mir urtheilen darf, ganz unvermuthete Beziehung zum vierten der im Beginne dieser Untersuchungen<sup>1</sup> gekennzeichneten, Rotationsbegriffe treten. Ist nämlich, wie wir gesehen haben, für diesen Begriff die Drehung um die sagittale Axe wesentlich, dann stellen unsere beiden Aequivalenzfälle nicht nur Aberrations- resp. Raddrehungsnullen, sondern auch Nullwerthe im Sinne jenes modificirten vierten Rotationsbegriffes dar, den unsere bisherigen Erwägungen völlig unberücksichtigt gelassen haben, dessen Zugehörigkeit zum vorliegenden Untersuchungsgebiete dadurch aber nun doch zur Geltung kommt.

Näher besteht der Zusammenhang darin, daß der in Rede stehende Rotationsbegriff, indem er ausschließlich auf die sagittal gerichtete Drehungsaxe Bedacht nimmt, in der Negation dieser Drehung eine Charakteristik bietet, die allgemein genug ist, um sowohl auf Aberration als auf Raddrehung anwendbar zu sein. Daß Aberrations- wie Raddrehungslosigkeit durch Bewegungen um dieselben zwei von einander unabhängigen Axen zu erzielen ist, bloß nach Maaßgabe der Reihenfolge, in der man die beiden Axen sozusagen ins Spiel treten läßt, das ist eine Thatsache, durch welche auf das eigenthümliche Verhältniß zwischen Aberration und Raddrehung gewiß beachtenswerthes Licht fällt. Zugleich liegt aber in der Allgemeinheit resp. Unbestimmtheit des vierten Rotationsbegriffes, die hierin trotz der Beschränkung auf horizontale und verticale Partialdrehungen zu Tage tritt, die Rechtfertigung dafür, daß er in den vorstehenden Untersuchungen mit den drei anderen Rotationsbegriffen nicht auf gleichem Fusse behandelt und daß namentlich von einer besonderen Benennung auch dieses Begriffes abgesehen worden ist.

### § 9. Bewegungs- und Lagebegriffe.

Was im Obigen über die Zuordnung unserer drei (Haupt-) Rotationsbegriffe zu gewissen einfacheren oder zusammengesetzteren Bewegungen dargelegt worden ist, bedarf nun noch einer Ergänzung in Bezug auf die Art dieser Zuordnung, und es steht zu erwarten, daß eine genauere Feststellung der letzteren

---

<sup>1</sup> Vgl. oben § 2 am Schlusse.

auch zu klarerer Erkenntniß der Natur der in Rede stehenden Begriffe führen muß. Daß die Zuordnung darauf beruht, daß jede der in Rede stehenden Bewegungen geeignet ist, einen Nullfall auf dem Gebiete des betreffenden Rotationsbegriffes herzustellen, wissen wir. Raddrehung, Rollung und Aberration stellen sich insofern als Abweichungen von den in jenen Bewegungen vorgegebenen Normalfällen dar, und dies legt die Frage nahe, ob unsere drei Begriffe direct im Hinblick auf jene Bewegungen concipirt, genauer, ob sie auf jenen Bewegungsbegriffen als ihren gegenständlichen Voraussetzungen aufgebaut sind.

Wie die Frage gemeint ist, beleuchtet am besten der Fall der Rollung, bei dem die Antwort ohne Bedenken affirmativ ausfallen muß: für den Gedanken der zusammengesetzten Drehung ist der der einfachen constitutiv; die Rollung ist somit in diesem Sinne bereits ihrem Gedanken nach auf die LISTING'sche Drehung aufgebaut. Daß nun aber weder bei der Raddrehung, noch bei der Aberration Analoges anzutreffen sein wird, das läßt schon der äußere Umstand vermuthen, daß wir sonst für jeden dieser Fälle bereits sozusagen die Concurrenz zweier Bewegungsgrundlagen angetroffen hätten. Und wirklich läßt sich der Raddrehungsgedanke bereits ohne jede Zuhülfenahme von Axenstellungen erfassen, wenn man nur sofort die Sachlage beim binocularen Sehen heranzieht. Raddrehung ist dann eben die Abweichung des Netzhauthorizontes von der Blickebene, deren Stellung unter der Voraussetzung, daß die beiden Blicklinien in Einer Ebene liegen, mit der Lage Einer Blicklinie mitgegeben ist. Was am Raddrehungsgedanken überhaupt bedeutsam ist, findet in dieser Formulirung seinen natürlichsten Ausdruck. Höchstens in dem Umstande, daß hier der Netzhauthorizont mit der als beweglich vorausgesetzten Blickebene zusammengehalten wird, kann man, wenn auch nicht den Gedanken an die HELMHOLTZ'sche Drehung, so doch irgend einen Bewegungsgedanken beschlossenen finden. Insofern zeigt nun der Aberrationsgedanke eine noch weitergehende Voraussetzungslosigkeit, indem die durch die Gesichtslinie gelegte Verticalebene, mit der der verticale Netzhautmeridian hier verglichen erscheint, weder die Annahme von Axen noch die von Bewegungen zu seiner Bestimmung irgend bedarf.

Wir müssen also zusammenfassen: nur im Begriffe der



Rollungsnull haben wir einen wirklichen Bewegungsbegriff vor uns; der Gedanke der Raddrehungsnull dagegen ist, höchstens abgesehen von einem gewissen Vorbehalte, ebenso der der Aberrationsnull ohne jeden Vorbehalt kein Bewegungs- sondern ein Lagegedanke. Natürlich knüpft sich an diese Erkenntniß sofort die Frage, ob wir ihr gegenüber noch ein Recht haben, unsere drei Begriffe unter der Gesamtbenennung „Rotationsbegriffe“ zusammenzufassen. So viel ich sehe, ist eine für alle drei Begriffe vorhaltende Legitimation hierfür nur in Einem Sinne in Anspruch zu nehmen: jede Abweichung von einem der obigen drei Nullwerthe kann als durch Rotation um die Gesichtslinie aus der betreffenden Nullposition hervorgegangen resp. durch eine eben solche Drehung entgegengesetzten Sinnes in die Nullposition zurückführbar angesehen werden. Dagegen ist eine ihrer Axe nach in die Gesichtslinie fallende Drehungscomponente nur durch die Rollung gewährleistet: für Aberration und natürlich auch Raddrehung beweisen, wie berührt, die Bewegungen nach dem LISTING'schen Gesetz, wie in beiden Hinsichten von Null verschiedene Werthe auch durch Drehungen zu erzielen sind, denen eine Componente von der in Rede stehenden Beschaffenheit durchaus fehlt. Etwas anders liegen die Dinge, wie wir oben sahen, in Betreff einer als sagittal bestimmten Componente, die bei den Aequivalenzdrehungen zur HELMHOLTZ'schen und FICK'schen Drehung, d. h. wenn statt einer einfachen Drehung deren zwei nach einander und zwar erst um eine verticale, dann um eine transversale Axe, resp. umgekehrt, vorausgesetzt werden, jedenfalls Raddrehung resp. Aberration bedeutet. Wer aber möchte Determinationen dieser Art in den Raddrehungs- oder Aberrationsgedanken hineinlegen?

Der Rotationsgedanke wird uns also, da er eventuell eben nur eine mögliche oder fictive Rotation betrifft, nicht daran irre machen dürfen, auch über die von Null verschiedenen Werthe von Aberration, Rollung und Raddrehung ebenso zu denken, wie wir dem Obigen gemäß über die bezüglichlichen Nullfälle denken müssen. Allgemein also: nur der Rollungsgedanke ist wirklich ein Bewegungsgedanke; der Raddrehungs- sowohl wie der Aberrationsgedanke dagegen sind Lagegedanken. Dafs dies in der natürlichen Bedeutung des Wortes „Aberration“ ganz von selbst hervortritt, spricht sicherlich für die Brauchbar-

keit des neuen Terminus. Dagegen ist, den wirklichen Sachverhalt zu betonen, dem Worte „Raddrehung“ gegenüber um so wichtiger, als dieses doch eigentlich seiner nächsten Bedeutung nach ein Bewegungsausdruck ist. Deutlicher wäre jedenfalls, hier statt von Raddrehung sogleich von dem durch die GröÙe des betreffenden Raddrehungswinkels gegebenen Raddrehungszustande zu reden, indes „Aberrationszustand“ für „Aberration“ zu setzen, zwar augenscheinlich jederzeit statthaft, aber kaum in irgend einem Falle ein merklicher Gewinn wäre. Es kann dann immer noch einen Sinn haben, unter „Raddrehung“ gelegentlich auch eine Art Bewegung zu verstehen, die unter Umständen stattfindet oder nicht stattfindet, wenn es sich dabei nämlich um Uebergang aus einem Raddrehungszustand in einen anderen handelt, wobei einer der beiden Zustände auch Raddrehungslosigkeit sein kann. Nur darf man sich dann darüber nicht täuschen, daß das bereits eine „Drehung“ oder „Bewegung“ in sehr übertragenem Sinne des Wortes ist, so daß HELMHOLTZ' oben<sup>1</sup> wiedergegebene Berufung darauf, daß die Iris gedreht werde wie ein Rad, jedenfalls darauf nicht anwendbar ist. Es wurde ja schon erwähnt, daß die LISTING'sche Drehung aus der Primär- in eine geeignete Secundärstellung (oder auch aus einer Secundärstellung im engeren Sinne in eine Tertiärstellung) mit einer Raddrehung im eben berührten, übertragenen, sozusagen dynamischen Sinne verknüpft ist, von einer Drehung der Iris aber, die natürlich um die Gesichtslinie als Axe stattfinden müßte, dabei in keinem Sinne die Rede sein kann.

Wer den letzten Bemerkungen den Vorwurf zu machen geneigt sein sollte, daß sie Begriffen und Worten mehr Aufmerksamkeit zuwenden, als durch das Interesse an der Sache gerechtfertigt werden kann, wird hierüber doch wohl anders urtheilen, wenn ihm die Auseinanderhaltung von Bewegungsbegriff und Lagebegriff zum Verständniß eines wichtigen Unterschiedes verhilft, der zwischen der Rollung einerseits, der Raddrehung und Aberration andererseits besteht. Ist eine bestimmte Augenstellung gegeben, so ist damit auch der Raddrehungs- und Aberrationszustand des Auges bestimmt: ob dagegen und in welchem Maasse Rollung stattgefunden hat, kann nur im gleichzeitigen Hinblick auf die Weise genauer auf den Aus-

---

<sup>1</sup> Vgl. S. 166.



gangspunkt entschieden werden, in der, resp. von dem aus die gegebene Augenstellung zu Stande gekommen ist. Kürzer ausgedrückt: Raddrehung und Aberration bestimmen sich vergleichsweise absolut, Rollung bestimmt sich vergleichsweise relativ. Unter Voraussetzung des Gesetzes von der gleichen Netzhautlage bei gleicher Blicklage besagt dies: zu derselben Blicklage gehört ein und nur Ein Raddrehungs- und ebenso nur Ein Aberrationswerth; die in Betracht kommenden Rollungswerthe hingegen sind variabel, denn sie sind allemal durch die vorhergehende Blicklage mitbestimmt, ja überhaupt nur relativ zu einer früheren Blicklage zu präcisiren. Dem LISTING'schen Gesetze gemäß ist von der Primärstellung aus jede Secundärstellung, das Wort im weitesten Sinne verstanden, ohne Rollung zu erreichen; damit ist aber begreiflicher Weise gar nicht gesagt, daß darum die so vorbestimmten Secundärlagen auch unter einander durch einfache Drehungen gleichsam zu verbinden sein müßten. Insoweit dies nicht der Fall ist, insoweit wird eine Stellung, die von der Primärlage aus selbstverständlich ohne Rollung zu erreichen ist, von einer Secundärlage aus nicht anders als mit Rollung zu erreichen sein.

## § 10. Ergebnisse.

Es empfiehlt sich, zum Schlusse dieser Ausführungen die durch dieselben zunächst betroffenen Punkte der Lehre von den Augenbewegungen unter den im Obigen gewonnenen Gesichtspunkten kurz zusammenzufassen.

Was man herkömmlich ziemlich unterschiedlos bald mit dem Worte „Raddrehung“, bald mit dem Worte „Rollung“ auszudrücken pflegt, sind der Hauptsache nach drei wesentlich verschiedene Gedanken, die man immerhin unter der Benennung „Rotationsgedanken“ zusammenfassen kann, wenn man, was in diesem Zusammenhange ohne Schaden geschieht, das Anwendungsgebiet des Wortes „Rotation“ auf den speciellen Fall der Drehung um die Gesichtslinie als Axe einschränkt. Die drei Gedanken entsprechen drei Fragen, die sich angesichts einer jeden Blickbewegung dem praktischen und theoretischen Interesse aufdrängen und etwa so formulirt werden können:

1. Nimmt das Auge am Ende der Bewegung eine solche Stellung ein, daß die Netzhautpartien, auf denen sich in der

Anfangslage Horizontales, Verticales resp. Geneigtes abbildete, auch noch in der Endlage bei Perception des Horizontalen, Verticalen resp. in gleicher Weise Geneigten functioniren?

2. Bleibt die Lage des Netzhauthorizontes zur Blickebene eine unveränderte? — oder, falls man als Ausgangsposition die Primärstellung genommen hat: bleibt der Netzhauthorizont ein für allemal in der (natürlich mit dem Blicke sich hebenden oder senkenden) Blickebene?

3. Ist die Endstellung des Auges eine solche, daß es in sie durch „einfache“ Drehung um eine Axe übergeführt werden konnte, welche auf der Blicklinie in ihrer ersten und zweiten Lage senkrecht steht?

In Betreff der drei der Beantwortung dieser Fragen dienenden Begriffe ist vor Allem terminologische Sondernung unerlässlich, die gegenüber dem bisherigen Wortgebrauche nicht ohne ausdrückliche Uebereinkunft zu erzielen ist. In diesem Sinne erscheint es am natürlichsten, den Ausdruck „Raddrehung“ mit HELMHOLTZ auf das Gebiet der Frage 2, den Ausdruck „Rollung“ mit HERING auf das Gebiet der Frage 3 einzuschränken. Der Gedanke der Frage 1, obwohl die psychologische Leistung am directesten betreffend und daher bereits naiver Betrachtungsweise nächststehend, geht bei solcher Vertheilung des terminologischen Vorrathes leer aus: ich versuche durch den neuen Terminus „Aberration“ die Lücke auszufüllen. Zur Präcisirung des so benannten Begriffes scheint mir der DONDERS'sche Gedanke der Abweichung des verticalen Meridians von der absolut verticalen Lage am besten geeignet.

Ich trete sonach für drei „Rotations“-Begriffe und für nachstehende Definitionen dieser Begriffe ein:

1. **Aberration** ist die Abweichung des verticalen Netzhautmeridians von der absoluten Verticalen.
2. **Raddrehung** ist die Abweichung des Netzhauthorizontes von der (zur betreffenden Augenstellung gehörigen) Blickebene.
3. **Rollung** ist die „in die Gesichtslinie fallende Componente“<sup>1</sup> einer Augenbewegung, kürzer deren Rotationscomponente, wenn das Wort „Rotation“ in dem eben wieder berührten engeren Sinne verstanden wird.

Wie man aus diesen Definitionen unmittelbar ersieht, ist von den drei so bestimmten Begriffen nur der der Rollung

<sup>1</sup> HERING in HERMANN's Handbuch III, 1, S. 494.



wirklich ein Bewegungsbegriff; der der Aberration, aber auch der der Raddrehung ist zunächst nur ein Lagebegriff. Das Recht, für einen „Rotations“-Begriff im obigen prägnanten Sinne zu gelten, ist daher nur für die Rollung selbstverständlich: bei Raddrehung und Aberration ist aber eine Rechtfertigung dafür in dem Umstande zu finden, daß jede Veränderung im Raddrehungs- wie Aberrationszustande durch Drehung um die Gesichtslinie als Axe herbeigeführt gedacht werden kann. Daß die Verwandtschaft dieser Gedanken sich bisher mehr aufgedrängt hat, als der Gegensatz des Bewegungsbegriffes gegenüber den Lagebegriffen, dazu haben insbesondere zwei Umstände mitgewirkt. Einmal gestattet das Gesetz der gleichen Netzhautlage bei gleicher Blicklage, das, was zwischen Anfangs- und Endstellung bei einer Bewegung liegt, d. h. eben die Bewegung selbst gegenüber ihrem Ergebnisse zu vernachlässigen, sonach auch die Rollung nicht als wirkliche Bewegungscomponente, sondern nur als eine das Ergebnis, die Endlage nämlich, in besonders einfacher Weise charakterisirende Fiction zu behandeln. Tritt so bei der Rollung leicht die Lage in den Vordergrund, so läßt sich zweitens auch umgekehrt Raddrehung und Aberration nicht nur insofern mit einer Bewegung (der „Rotation“) in Verbindung bringen, als es sich um Werthe über Null handelt, vielmehr hat der Nullwerth selbst in beiden Fällen einen Bewegungsrepräsentanten, der damit zur „einfachen Drehung“ in Analogie tritt. Wie die LISTING'sche Drehung ohne Rollung erfolgt, so schließt die HELMHOLTZ'sche Drehung die Raddrehung, die FICK'sche Drehung die Aberration aus. Indes kann solcher Parallelismus darüber nicht hinwegtäuschen, daß, während die Rollung in der einfachen Drehung wirklich ihre gedankliche Voraussetzung hat, die beiden anderen Drehungen höchstens als Scheinvoraussetzungen für Raddrehung und Aberration gelten können, was außer den Definitionen dieser beiden Begriffe auch der Umstand erkennen läßt, daß sowohl der FICK'schen als der HELMHOLTZ'schen Drehung ein Aequivalent zur Seite zu stellen ist, das zur Veranschaulichung des betreffenden Nullwerthes immerhin praktisch etwas weniger geeignet sein mag, seinem Begriffe nach aber sicher nicht weniger Recht hätte, die Stellung einer „Voraussetzung“ zu beanspruchen.

Aberration und Raddrehung erweisen ihre Verwandtschaft nicht nur dadurch, daß Lagebegriffe erforderlich sind, sie in

natürlicher Weise zu erfassen: ihre Verwandtschaft erhellt auch aus der durchgängigen Analogie zwischen FICK'scher und HELMHOLTZ'scher Drehung. Und wenn hier noch manches durch den Umstand verdunkelt werden mag, daß bei jeder dieser Drehungen die Lage der zweiten Axe, weil von der Drehung um die erste abhängig, immer eine gewisse Unbestimmtheit behält, die dem anschaulichen Erfassen der Sachlage nicht günstig ist, entfällt bei den Aequivalenten zur FICK'schen und HELMHOLTZ'schen Drehung auch dieses Hinderniß. Denn beide Aequivalentdrehungen haben je zwei von einander unabhängige Axen, ja bei beiden kommen sogar dieselben Axen ins Spiel, eine horizontale und (soweit die primäre Blicklinie als horizontal gestellt anzunehmen ist) eine verticale, und nur die Reihenfolge, in der die beiden Partialdrehungen stattfinden, entscheidet, ob Nullwerth in Betreff der Aberration oder Nullwerth in Betreff der Raddrehung resultirt. Aberration und Raddrehung stehen hier unverkennbar als Gegenstücke einander zur Seite, und die ausgezeichnete Stellung der beiden für sie in gleicher Weise bedeutsamen Axen bietet eine Gewähr für die Natürlichkeit der ihnen zugewandten Conceptionen. Der Aberrationsgedanke hat eine solche Gewähr für seine Natürlichkeit freilich nicht nöthig; dagegen kann ich nicht leugnen, daß die Einsicht in die Natürlichkeit des Raddrehungsgedankens mir für mein Theil wenigstens erst mit Hilfe der Betrachtung der eben berührten Zusammenhänge aufgegangen ist.

Welche Rolle die drei in dieser Weise präcisirten Rotationsbegriffe gegenüber der Empirie zu spielen berufen sind, darüber giebt das LISTING'sche Gesetz, wenigstens innerhalb seines Geltungsbereiches, Aufschluß. Diesem zufolge giebt es beim Uebergange von der Primär- in eine Secundärstellung in keinem Falle eine Rollung, dagegen in der Regel sowohl Raddrehung als Aberration, was im Hinblick auf die disteleologische Bedeutung der letzteren besagt, daß die im Interesse genauen Lagensehens zunächst unerläßlich scheinende Forderung einer gleichen, (nicht bloß constanten) Orientirung für die verschiedenen Stellungen der Blicklinie thatsächlich unerfüllt ist. Ueber die Größe der zu einer Blicklage gehörigen Raddrehungs- und Aberrationswerthe gewähren HELMHOLTZ' Berechnungen in doppelter Weise Aufschluß:



I. Ist  $k$  der Raddrehungs-,  $k'$  der Aberrationswinkel<sup>1</sup>, so sind die zu einer Blicklage gehörigen Werthe von  $k$  und  $k'$  direct zu bestimmen, wenn die Lage der Blicklinie bekannt ist. Schliesst nämlich eine durch die primäre und die secundäre Blicklinie gelegte Ebene mit der primären Blickebene den Winkel  $\vartheta$ , die secundäre Blicklinie überdies mit der primären den Winkel  $\alpha$  ein, dann ist:

$$\begin{aligned} \operatorname{tang} k &= \frac{\cos \vartheta \sin \vartheta (1 - \cos \alpha)}{\sin^2 \vartheta + \cos \alpha \cos^2 \vartheta}, \\ \operatorname{cotg} k' &= \frac{\cos \vartheta \sin \vartheta (1 - \cos \alpha)}{\cos^2 \vartheta + \sin^2 \vartheta \cos \alpha}. \end{aligned}$$

II. Raddrehung und Aberration lassen sich indirect bestimmen, wenn die HELMHOLTZ'sche oder FICK'sche Drehung bekannt ist, durch welche die Blicklinie in die betreffende Lage übergeführt werden könnte. Darin sind wieder zwei Bestimmungsmöglichkeiten implicirt:

a) Am nächsten liegt natürlich, jeden der Werthe  $k$  und  $k'$  mit Hülfe der ihm zugeordneten Scheinvoraussetzung festzustellen. Für den Raddrehungswinkel ergibt sich in dieser Weise, wenn  $\lambda$  den Erhebungs-,  $\mu$  den Seitenwendungswinkel bezeichnet:

$$\operatorname{tang} k = - \frac{\sin \mu \sin \lambda}{\cos \mu + \cos \lambda}.$$

Bedeutet ebenso  $l$  und  $m$  FICK's Longitudo und Latitudo, so erhalten wir für den Aberrationswinkel:

$$\operatorname{tang} k' = \frac{\sin m \sin l}{\cos m + \cos l}.$$

Der erstere Ausdruck ist die bekannte Raddrehungsformel, nur in ungewohnten Symbolen.

b) Man kann aber auch jeden der beiden Werthe mit Hülfe der dem andern zugeordneten Scheinvoraussetzung bestimmen. Man erhält so für den Raddrehungswinkel:

$$\operatorname{tang} k = - \frac{\sin m \cos m \sin l (1 - \cos m \cos l)}{\sin^2 m + \cos^3 m \sin^2 l \cos l};$$

ebenso für den Aberrationswinkel:

$$\operatorname{tang} k' = \frac{\sin \mu \cos \mu \sin \lambda (1 - \cos \mu \cos \lambda)}{\sin^2 \mu + \cos^3 \mu \sin^2 \lambda \cos \lambda}.$$

<sup>1</sup> Für diese Zusammenstellung wird es am angemessensten sein, HELMHOLTZ' eigene Symbole (Physiol. O. 2. Aufl., S. 645 ff.) einfach zu

Man ersieht aus den sub IIa und IIb verzeichneten Ausdrücken unmittelbar, wie die Verwandtschaft zwischen Raddrehung und Aberration zum Vorschein kommt, wenn man beide auf ihre Scheinvoraussetzungen resp. auf deren Aequivalente bezieht. Der Wechsel in den Vorzeichen läßt zugleich erkennen, wie der zu einer Blicklage gehörige Raddrehungs- und Aberrationsnullpunkt zu einander und zum rollungsfreien Ergebniss der thatsächlich stattfindenden Bewegung stehen. Aberrationsfreiheit und Raddrehungslosigkeit stellen zwei Extreme dar, zwischen denen die Wirklichkeit in der Mitte<sup>1</sup> liegt. Näher kann man sich die drei Nulllagen leicht mit Hülfe der zugehörigen Lagen des (ursprünglich) verticalen Meridians anschaulich machen. Denkt man sich das monoculare Blickfeld durch eine Längsmittellinie und eine Quermittellinie in vier Quadranten getheilt, den ursprünglich verticalen Meridian aber etwa in der Weise der Nachbildversuche darin sichtbar gemacht, so läßt sich allgemein sagen: vom Standpunkte des monocularen Blickfeldes betrachtet, steht in jedem seiner Quadranten die Aberrationsnull am meisten gegen innen, die Raddrehungsnull am meisten gegen aussen. Oder: die Aberrationsnull steht jederzeit der verticalen, die Raddrehungsnull der horizontalen Mittellinie zunächst, womit zugleich gesagt ist, daß die die Rollungs- und Raddrehungsnull repräsentirenden Lagen unseres Meridianes von der absoluten Verticalen stets gegen aussen (dies natürlich wieder vom Standpunkte des monocularen Gesichtsfeldes) abweichen.

Der Werth der so gewonnenen terminologischen wie gedanklichen Klärung kommt natürlich auch den Schwierigkeiten gegen-

---

acceptiren. Auf die Inconvenienz, die darin liegt, daß man für Raddrehungs-, Erhebungs- und Seitenwendungswinkel gerade im Anschlusse an HELMHOLTZ andere Symbole zu gebrauchen sich gewöhnt hat, wurde bereits oben S. 174 hingewiesen.

<sup>1</sup> Diese Mittelstellung der Rollungsnull ist wieder mit Hülfe der Aequivalente zur FICK'schen und HELMHOLTZ'schen Drehung besonders leicht zu verstehen. Ergeben sich durch Drehung um zwei von einander unabhängige Axen *A* und *B* zwei verschiedene Stellungen derart, daß einmal zuerst um *A* und dann um *B*, das andere Mal erst um *B* und dann um *A* gedreht wird, so ist es nur natürlich, daß, wenn nun ein drittes Mal zugleich um *A* und um *B* gedreht wird, die so zu erzielende Endstellung zwischen der zuerst und zuzweit gewonnenen Endstellung inmitten liegen wird.



über zur Geltung, von denen diese Untersuchungen ihren Ausgang nahmen. Es ist selbstverständlich, daß, solange Aberration, Raddrehung und Rollung nicht auseinander gehalten werden, an eine übereinstimmende Formulierung der in der Erfahrung anzutreffenden Gesetzmäßigkeiten nicht zu denken ist. Hält man dagegen die drei Rotationsbegriffe auseinander, so erkennt man zunächst, daß die Primärstellung weder dadurch ausgezeichnet ist, daß von ihr aus keine Raddrehung, noch dadurch, daß von ihr aus keine Aberration zu Stande kommt. Auch steht nichts im Wege, ergibt sich vielmehr aus dem eben Dargelegten, daß der Sinn der eintretenden Aberration entgegengesetzt ist dem Sinne der eintretenden Raddrehung. Rechtswendung des erhobenen Blickes ergibt Raddrehung nach links, aber Aberration nach rechts und Niemand kann darin ein Paradoxon finden. Dagegen ist der Primärstellung allerdings eigen, daß von ihr aus keine Rollung stattfindet, und es könnte immer noch befremden, daß gleichwohl zwischen Secundärstellungen, die sonach rollungslos von der Primärstellung aus zu erreichen waren, nun doch Rollung möglich, ja in der Regel wirklich sein soll. Aber man wird daran doch nicht länger Anstoß nehmen, als bis man sich des oben festgestellten Umstandes erinnert, daß Rollung eine Bewegung ist und keine Lage. Die Bewegung von einer Secundärstellung zu einer anderen wird in der Regel eben thatsächlich einen anderen Charakter haben als die Bewegung von der Primärstellung aus. Man kann sich ja leicht davon überzeugen, daß zwei nach dem LISTING'schen Gesetze bestimmte Secundärlagen thatsächlich zumeist nicht so beschaffen sind, daß man durch einfache Drehung aus der einen in die andere gelangen könnte. Das Gesetz von der gleichen Netzhautlage bei gleicher Blicklage steht dem in keiner Weise entgegen: es ist eben ein Lage- und nicht ein Bewegungsgesetz.

Es wird vielleicht nicht unangemessen sein, im gegenwärtigen Zusammenhange auch noch eines Versuches zu gedenken, an dem man gewöhnlich das LISTING'sche Gesetz zu verificiren pflegt und der dann für die Psychologie des Lagesehens noch seine besondere Bedeutung hat. Ich meine den Versuch mit dem aufrechten Nachbildkreuz, über dessen Verschiebung bei „tertiären“ Augenstellungen irrige Annahmen nicht selten sind. Daran denkt natürlich Niemand, sowohl in der Verschiebung des verticalen als in der des horizontalen Armes eine Raddrehung

od. dgl. zu erblicken; eher sieht man in dem entgegengesetzten Sinne dieser Verschiebungen einen Beweis dafür, daß keine „Rollung“ oder keine „Raddrehung“ stattfindet. Dagegen nimmt man keinen Anstand, beide Verschiebungen der Projection beizumessen<sup>1</sup> und damit wohl implicite anzunehmen, daß ohne Projection der eine Arm des Nachbildkreuzes immer noch vertical, der andere immer noch horizontal erscheinen müßte. Es genügt dem gegenüber auf Thatsache und Sinn der Aberration hinzuweisen, sowie daran zu erinnern, daß die Verticale einer Verschiebung durch Projection nicht ausgesetzt wäre. Damit ist gesagt, daß die entgegengesetzte Verschiebung der beiden Arme des Nachbildkreuzes auf zwei ganz verschiedene Momente zurückgeht: am verticalen Arme kommt die Aberration zum Vorschein, am horizontalen die Projection, sofern ihr Einfluß mächtig genug ist, den natürlich auch am horizontalen Arme zur Geltung kommenden Einfluß der Aberration zu compensiren und mehr als zu compensiren. Schon DONDEBS, der auch in dieser Sache klarer gesehen hat als manche Spätere, hat Versuchsbedingungen angegeben<sup>2</sup>, unter denen die Tendenz der Aberration, beide Arme in gleichem Sinne verschoben erscheinen zu lassen, zu ihrem Rechte gelangt.

---

<sup>1</sup> Vgl. AUBERT, Grundzüge der physiologischen Optik, S. 655 u. 657 u.

<sup>2</sup> *Arch. f. Ophthalm.* Bd. XVI, S. 168 ff.

(Eingegangen d. 19. Jan. 1898.)

---