

Ueber das Vorkommen von wahren Rollungen des Auges um die Gesichtslinie.

Zweiter Artikel*).

Von

Professor A. Nagel.

John Hunter**) scheint der Erste gewesen zu sein, welcher einer Rollung der Augen um die Gesichtslinie Erwähnung that (1786). Wird der Kopf seitwärts nach einer Schulter gedreht, so erfolgt nach ihm in beiden Augen eine eben so viel betragende Rollbewegung nach entgegengesetzter Richtung, welche die Wirkung hat, den Augapfel in seiner ursprünglichen Lage bezüglich zur Gesichtslinie zu erhalten. Diese radförmige Drehung schreibt Hunter den schiefen Augenmuskeln zu. In dem einen Auge ist der obere Obliquus thätig, welcher nach innen rollen soll, im anderen Auge gleichzeitig der

*) Erster Artikel im Arch. f. Ophthalmol. XIV. 2. p. 228.

**) The use of the oblique Muscles in dessen: Observations on certain parts of the animal oeconomy. London. 1786. Second edition 1792. p. 253. Deutsche Uebersetzung von K. F. A. Scheller. Neue Aufl. Braunschweig 1813. p. 344.

untere Obliquus, der die Rollung nach aussen bewirken soll. Die Wirkung dieser Muskeln ist indessen nicht ausgiebig genug, um starke seitliche Neigungen des Kopfes durch Raddrehung zu compensiren. Erreicht daher die Seitenbewegung des Kopfes ein gewisses Maass, so kehren die Augen, nachdem sie die grösstmögliche Raddrehung vollführt haben, in ihre natürliche Stellung zurück, beginnen jedoch, wenn die Kopfdrehung fortgesetzt wird, alsbald ihre Rotation von Neuem. Die schiefen Augenmuskeln sollen also, wenn ihre Wirkung erschöpft ist, plötzlich erschlaffen und ihre Action wieder von vorn anfangen, somit gewissermaassen in Absätzen leisten, was sie in einem Anlaufe nicht leisten können.

Das Interesse des deutlichen Sehens gilt Hunter als die Ursache der Rollbewegung des Auges. Wie bei Bewegung des Sebjects oder des Körpers zur Festhaltung eines genauen Seheindrucks nöthig ist, dass die Sehlinien dem Objecte ununterbrochen nachfolgen, wie also das Bild des Objects gewissermaassen an dem Netzhautcentrum haften muss, so muss auch, schliesst H., behufs deutlichen Sehens bei Neigung des Kopfes zur Schulter eine compensirende Augendrehung stattfinden, welche die Netzhaut in unveränderter Lage erhält, sie gleichsam an das Sebject anheftet. — So offen der Fehler in diesem Analogieschlusse zu Tage liegt, so sind dennoch später Viele in den gleichen Irrthum verfallen.

Den Hunter'schen ganz ähnliche Anschauungen über die Raddrehung wurden von Hueck (1838) und, unabhängig von ihm, von Burow (1841) ausgesprochen.

Hueck, dessen Arbeit ich leider nur aus Referaten kenne, gab als Grenze, bis zu welcher die compensirende Raddrehung des Auges eintrete, die Kopfneigung von 25° an, bei stärkerer Neigung nehme das Auge seine

ursprüngliche Stellung wieder ein. Aus der Lage der Conjunctivalgefäße wollte er dies festgestellt haben.

Die Existenz der Raddrehungen ist seitdem von vielen Beobachtern*) bestätigt worden, welche sich durch die Lageveränderung der Bindehautgefäße, des Faserwerkes der Iris, durch natürliche oder künstlich angebrachte Merkmale von der radförmigen Rollbewegung zu überzeugen glaubten. Allein die eine Zeit lang allgemein angenommene Ansicht Hueck's fand Gegner an Ritterich, Ruete, Donders. In der That, die von diesen Forschern angeführten Gründe reichten hin, um zu beweisen, dass die Raddrehung in der von Hueck angenommenen Ausdehnung gewiss nicht stattfindet, allein jene Autoren irrten, wenn sie das Vorkommen der Raddrehung gänzlich läugneten. Ritterich führte mit Recht die anatomischen Gründe aus, welche gegen Hueck sprachen, Ruete stützte sich auf die sehr beweiskräftigen, aber von ihm nicht mit genügender Genauigkeit verwertheten Nachbildversuche, Donders' Argumente endlich brachten für längere Zeit die Hueck'sche Achsendrehung völlig und in zum Theil unverdienter Weise in Misscredit. Donders wies auf eine bei den betreffenden Experimenten auftretende Quelle der Täuschung hin. Bei seitlicher Neigung des Kopfes tritt leicht eine Veränderung in der Richtung der Gesichtslinie und damit eine entsprechende projecirte Raddrehung ein. Sorgte Donders für völlige Fixirung der Richtung der Sehlinien im Verhältniss zum Kopfe, indem er den Spiegel, in welchem er die Stellung seiner Augen während der Kopfdrehung beobachtete, fest mit dem Kopfe verband, so glaubte er sich von der Abwesenheit jeder Raddrehung zu überzeugen. Allerdings, so viel ist sicher,

*) Betreffs der Literatur verweise ich auf Helmholtz Physiologische Optik p. 527—528.

dass auf solche Weise die Abwesenheit einer so umfangreichen Raddrehung, wie man sie damals annahm, dargethan wurde, allein dass nicht jede Raddrehung fehle, beweist schon die exacte Anstellung des Donders'schen Versuches, beweisen noch sicherer andere, einer grösseren Genauigkeit fähige Versuche. Wenn ich den Donders'schen Versuch, — seitliche Kopfneigung mit zwischen den Zähnen festgehaltenem Spiegel, — anstelle, so beobachte ich in der That eine kleine Rollung meiner Augen, die freilich sehr viel weniger beträgt, als die Kopfdrehung. Liess ich andere Individuen den Kopf zur Schulter drehen, während sie einen fernen Punkt fest fixirten, so konnte ich mich eben so deutlich von einer gewissen Raddrehung in umgekehrter Richtung überzeugen. Bei Solchen, welche das Experiment zum ersten Male machten, und denen solche Stellungen gar zu ungewohnt waren, sah ich zuweilen deutliche raddrehende Zuckungen eintreten, ähnlich wie bei Nystagmus rotatorius*). Auch durch ophthalmoskopische Beobachtung der Netzhautgefässe während der Kopfdrehung kann man sich von der Raddrehung sicher überzeugen. Bei allen solchen Untersuchungen ist es sehr zweckmässig, wie Javal räth, auf das Glas einer dem zu Untersuchenden aufgesetzten Brille quer über die Pupille ein Haar zu kleben, nach welchem man dann die Verschiebung gewisser Détails der Iris, der Conjunctiva oder der Retina leicht abschätzen kann.

Javal**) hat den regelmässigen Astigmatismus als ein weiteres Mittel benutzt, um sich von den erwähnten Raddrehungen zu überzeugen. Die ganz genaue Cor-

*) cf. A. f. Ophth. XIV. 2. p. 240.

**) Französische Uebersetzung von Helmholtz' Physiologischer Optik (von Emile Javal und N. Th. Klein, Paris, Victor Masson et fils 1867) p. 671. Cf. auch Wecker, Maladies des Yeux. 2e éd. II. p. 828 (1869).

rection des Astigmatismus, welche das angemessene Cylinderglas bewirkt, hört auf, wenn der Kopf zur Seite geneigt wird und das Glas muss ein wenig in entgegengesetztem Sinne gedreht werden, um die Correction wieder vollständig zu machen. Ich selbst kann, da ich in beiden Augen einen mit schwacher Myopie verbundenen regelmässigen Astigmatismus habe (rechts $As = \frac{1}{30}$), den ich durch concav-cylindrische Gläser corrigire, Javal's Angabe aus eigener Beobachtung bestätigen. Allein ich habe meinen As noch viel bequemer und directer zur Constatirung und sogar zur Messung der Raddrehungen benutzen können.

Bekanntlich sieht ein astigmatisches Auge an, aus Strahlen oder aus concentrischen Kreisen bestehenden Figuren (wie sie z. B. pag. 138 meines Lehrbuches der Refractions- und Accommodationsanomalien sich finden) sehr auffällige Ungleichheiten, welche die Richtung der Hauptmeridiane zu bestimmen gestatten. Von den Strahlen erscheinen diejenigen am deutlichsten, welche mit der Richtung des Meridians kürzester Brennweite übereinstimmen, und je höher der Grad des As ist, desto geringer ist die Zahl der Strahlen, welche auf einmal scharf erscheinen, um so leichter und genauer ist der Meridian kürzester Brennweite festzustellen. Diese Eigenschaft lässt sich in sehr einfacher Weise zur Untersuchung der Raddrehungen des Auges verwerthen.

Die Strahlenfigur, von einem in Grade getheilten, um ihren Mittelpunkt drehbaren Kreise umgeben und mit einem gleichfalls um den Mittelpunkt beweglichen Zeiger versehen, wird parallel der Angesichtsfläche dem Auge gegenüber mit einem zwischen den Zähnen gehaltenen Brettchen verbunden. Der Nullpunkt des Gradbogens wird möglichst genau auf den Strahl eingestellt, welcher am schärfsten erscheint, oder wenn mehrere gleich scharf erscheinen, auf den mittelsten derselben.

Nach erfolgter seitlicher Kopfneigung braucht man nun nur mit Hülfe des Zeigers die jedesmalige Lage des am schärfsten gesehenen Strahles, d. h. des Meridians kürzester Brennweite zu markiren.

Es ergab sich bei meinen vielfach wiederholten Versuchen, dass der den Meridian kürzester Brennweite bezeichnende Strahl in der mit dem Kopfe bewegten Strahlenfigur nicht um den gleichen Winkel, um den der Kopf seitwärts geneigt wurde, rückwärts wanderte, also nicht seine Stellung zum umgebenden Raume beibehielt, wie es der Fall sein müsste, wenn, Hueck's Behauptung entsprechend, der Augapfel seine Orientirung im Raume beibehielte, — dass jener Strahl aber auch in der mit dem Kopfe sich drehenden Figur seinen Platz nicht unverändert behielt, also nicht genau die Bewegung des Kopfes mitmachte, wie es nach Donders geschehen müsste. Was ich beobachtete, war vielmehr Folgendes: Jener Strahl machte die Rotationsbewegung des Kopfes in der Figur zwar continuirlich mit, jedoch nicht in gleichem, sondern in verringertem Maasse, mit verminderter Winkelgeschwindigkeit kann man sagen, blieb also gegen den Nullpunkt des Gradbogens mehr und mehr zurück. Der Meridian kürzester Brennweite, und mit ihm natürlich das Auge, hatte also eine Drehung in entgegengesetzter Richtung erlitten, d. h. es hatte eine Raddrehung im Sinne Hueck's, aber bei Weitem nicht in dem von Hueck angegebenen Grade stattgefunden.

Es kam nun darauf an, die Grösse der bei verschiedenen Kopfneigungen erfolgenden Raddrehungen zu messen. Die Grösse der Raddrehung konnte an dem erwähnten Gradbogen unmittelbar abgelesen werden. Um die seitliche Drehung des Kopfes genau zu bestimmen, benutzte ich folgendes Mittel: Ich setzte ein Brillengestell auf, in welchem ein starkes Cylinderglas in beliebiger Stellung vor einem Auge befestigt war. Dies

Glas erzeugte einen ganz stabilen künstlichen Astigmatismus, dessen Hauptmeridiane lediglich von der Stellung des Glases zum Kopfe abhängig waren. Der entsprechende Meridian kürzester Brennweite musste bei seitlicher Kopfneigung seine Stellung zum Kopfe beibehalten und auf der mit dem Kopfe bewegten Strahlenfigur musste immer der nämliche Meridian scharf erscheinen. Nach der Stellung nun, welche der am deutlichsten erscheinende Strahl einer feststehenden Strahlenfigur einnahm, konnte die erfolgte Drehung des Kopfes abgelesen werden. Um hierbei Veränderungen in der Richtung der Blicklinie unschädlich zu machen, benutzte ich auf den Abstand der Stubenlänge eine entsprechend grosse Strahlenfigur mit fester Gradeintheilung und drehbarem Zeiger.

Die Excursion der ohne zu grosse Anstrengung von mir ausführbaren seitlichen Kopfneigungen beträgt nach der rechten Seite etwa 50° , nach der linken Seite nur etwa 40° , zusammen gegen 90° . Die Excursion der Raddrehung, nach rechts und links addirt, beträgt in Summa etwa 15 bis 16° im rechten wie im linken Auge. Der Gesamtbetrag der Raddrehung bildet also bei mir ungefähr den sechsten Theil des Gesamtbetrages der seitlichen Kopfneigung.

Ungefähr ebenso stellte sich mehrfachen Versuchen zufolge das Verhältniss der Augen und Kopfdrehung in jeder beliebigen Stellung heraus. Wenn der Kopf um $\pm n$ Grad geneigt wurde, so betrug die Raddrehung $\mp \frac{1}{6}n$ Grad, und an jede geneigte Kopfstellung war mit grösster Regelmässigkeit jedesmal die nämliche Augenstellung gebunden. Es ergibt sich mithin das Gesetz: Bei jeder seitlichen Neigung des Kopfes zur Schulter hinab führen beide Augen Raddrehungen nach der entgegengesetzten Richtung aus,

deren Betrag ungefähr den sechsten Theil der Kopfdrehung ausmacht.

Auch Versuche mit Nachbildern bestätigten dies Ergebniss. Erzeugt man bei gewöhnlicher aufrechter Kopfhaltung ein Nachbild eines verticalen Streifens und neigt dann den Kopf seitwärts, so sieht man das Nachbild die Drehung mitmachen und da die Excursion der Drehung sich durch Schätzung nur sehr unvollkommen bestimmen lässt, so entsteht leicht der Anschein, der auch Ruete und Donders getäuscht hat, als behalte das Auge seine Stellung in der Orbita, ohne eine Raddrehung zu erfahren. Bringt man jedoch an dem zwischen den Zähnen gehaltenen Brettchen eine in der aufrechten Ausgangsstellung verticale Linie an, mit welcher die Stellung des Nachbildes verglichen werden kann, so zeigt sich, dass das bei seitlicher Kopfneigung anscheinend mitwandernde Nachbild doch um etwas zurückbleibt, und zwar um einen Winkel, der in ähnlicher Weise mit hinreichender Genauigkeit gemessen werden kann.

Weitere Versuche ergaben, dass die Raddrehungen der Augen sich keineswegs auf den einfachsten Fall beschränken, wenn der Kopf genau seitwärts geneigt und die Gesichtslinie gerade nach vorne gerichtet wird. Auch bei weniger regelmässigen Kopf- und Augenstellungen mit seitlicher Rotation des Kopfes traten die Raddrehungen der Augen im entsprechenden Sinne auf, welche jedoch messend weiter zu verfolgen, vor der Hand kein Interesse vorlag.

Was die Bedeutung der hier in Rede stehenden Raddrehungen anlangt, so nehme ich davon Abstand, die über diesen Punkt von den älteren Autoren vorgebrachten Meinungen und die darüber gepflogenen Dis-

cussionen einer eingehenden Revue und Kritik zu unterwerfen. Heute scheint es mir ausführlicher Beweise nicht mehr zu bedürfen, dass nicht die Interessen des Deutlichsehens und des binocularen Einfachsehens jene Rad-drehungen bedingen. Irre ich nicht, so ist die Bedeutung derselben eine ganz andere.

Es ist bekannt, wie wichtig ein richtiges Bewusstsein von der jedesmaligen augenblicklichen Körperstellung im Ganzen und Einzelnen für unsere Empfindungen und Bewegungen ist. Insbesondere für das Sehen, für die Localisation der Gesichtswahrnehmungen ist eine genaue Kenntniss von der jeweiligen Stellung der Augen unerlässlich. Hätten wir von der Seitwärtsneigung des Kopfes kein richtiges Bewusstsein, so würden wir der schiefen Lage der Netzhautbilder entsprechend, alle Objecte in falscher Lage, also z. B. verticale Linien schief geneigt sehen. Von der Stellung des Kopfes sind wir durch den Contractionsgrad der Hals- und Nackenmuskeln unterrichtet; die daraus entspringenden Empfindungen und die dazu gegebenen Impulse sind im Stande und hinreichend, um uns die Consequenzen der Stellung ziehen zu lassen, um z. B. anderweite Muskeln geeignet zu innerviren und zu contrahiren, damit sie das Gleichgewicht des Körpers aufrecht erhalten. Werden aber diese relativ groben Empfindungen auch hinreichend sein, um in jedem Augenblick den unendlich höheren Anforderungen eines so zarten Organs wie das Auge, einer so complicirten Function wie das Sehen ist, gerecht zu werden? Wäre das Auge unbeweglich im Kopfe, wie etwa das Ohr, so könnte jene Frage vielleicht bejaht werden. Da aber das Auge seine eigenen Bewegungen, unabhängig vom Kopfe hat mit einem eigenen Complex von Muskelgefühlen, da mit jeder Stellungsveränderung des Kopfes die Anforderungen an den Bewegungsapparat des Auges sich ändern, so scheint es sehr natürlich, ja nothwendig, dass das Auge einen

eigenen Gleichgewichtsapparat besitze, eine eigene Vorrichtung, um jeden von der Kopf- und Körperstellung abhängigen Wechsel der Orientirung auf sich zu übertragen, demselben sich anzubequemen, sich zu adjustiren. Besässe das Auge diesen feineren Regulator nicht, wäre es nicht gleichsam in Federn aufgehängt, so würde jede unerwartete Störung der Ruhe und des Gleichgewichts, jede passive Bewegung und Erschütterung des Kopfes oder des Körpers alsbald Störungen im Sehen, Schwancken, Zittern, Schiefstehen der Sehobjecte im Gefolge haben, während das Auge im Besitze eines besonderen regulirenden Balancirapparates nicht nur seine eigenen Sehfunctionen unendlich vollkommener versieht, sondern auch den gröberen äquilibrirenden Functionen des Körpers leitend und präcisirend zu Hülfe kommt. Ein Blinder lernt gehen ohne zu fallen, aber zum Tanzen wird er es nie bringen. Wer mit geschlossenen Augen zu tanzen versucht, wird, glaube ich, bemerken, dass dazu die Augenmuskeln unentbehrlich sind.

Dem Erforderniss einer das Gleichgewichtsgefühl regulirenden Vorrichtung wäre in Bezug auf die Seitendrehungen auf einfache Weise genügt, wenn, wie Hunter und Hueck das annahmen, das Auge jede seitliche Bewegung durch eine genau entsprechende Rollung in der Weise compensiren könnte, dass es seine Orientirung zum äusseren Raume immer unverändert behielte, dass also der verticale Meridian stets vertical bliebe. Das ist aus anatomischen Gründen nicht möglich. Zu so ausgiebigen Rollbewegungen reichen schon die vorhandenen Muskeleinrichtungen nicht aus, gewiss aber bilden dafür alle die verschiedenen Befestigungen des Augapfels, der Sehnerv, die anderen Nerven und Gefässe, die Conjunctiva, die Bindegewebetskapsel ein unüberwindliches Hinderniss. Jenem Erforderniss wird aber auch vollkommen Genüge geleistet, wenn die inversen Raddrehun-

gen, ohne Compensation der Kopfdrehung zu bewirken, doch zu ihnen in einem festen und bestimmten Verhältnisse stehen. Führt z. B. das Auge bei jeder nach der rechten Schulter hin um 6° stattfindenden Kopfneigung allemal eine Raddrehung nach links um 1° aus, so ist aus dem Betrage der stattgefundenen Raddrehung in jedem Moment ein Schluss auf die Stellung des Kopfes zu machen und danach die Localisation des Gesehenen zu vollziehen. Eine solche gesetzmässige Beziehung scheint den Anforderungen des Sehens volle Gerechtigkeit widerfahren zu lassen. Es scheint nun hiernach, dass der Zweck der bei seitlicher Abweichung des Kopfes aus der aufrechten Stellung auftretenden Raddrehung der Augen in der Erhaltung und Präcisirung des normalen Bewusstseins der actuellen Augenstellung, mit anderen Worten, in der Unterstützung des Gleichgewichtsgefühls liegt.

Eine Stütze für diese Annahme glaube ich in der näheren Feststellung der Bedingungen zu finden, unter denen die äquilibrirende Rollung erfolgt. Es ist nämlich, wie mir meine zu diesem Zwecke ausgeführten Versuche gezeigt haben, nicht bloss die in der Halswirbelsäule erfolgende seitliche Drehung des Kopfes, welche sich mit der Augenrollung verbindet, sondern letztere tritt ebenfalls ein, wenn durch seitliche Biegung des unteren Theiles der Wirbelsäule*) der ganze Oberkörper zur Seite geneigt wird, während der Halstheil vollkommen gerade bleibt. Ich fand, dass unter diesen Umständen die entgegengesetzte Augenrollung in ganz gleicher Weise vor sich ging, nur in etwas geringerer Excursion, was sehr be-

*) Nach E. H. Weber und Henke erfolgt diese Seitenbiegung hauptsächlich an zwei Punkten, den oberen und unteren Enden des Lendentheils der Wirbelsäule cf. Henke Ueber die Beweglichkeit der Wirbelsäule u. s. w. Festgruss an E. H. Weber. Rostock 1871.

greiflich ist, da auf solche Art (bei strenger Beschränkung der Drehung auf den Lendentheil der Wirbelsäule) kein sehr grosses Maass von seitlicher Neigung bewerkstelligt werden kann. Ich fand ferner, dass wenn behufs stärkerer seitlicher Neigung des Kopfes und Körpers Drehungen in der gesammten Wirbelsäule zusammenwirkten, wie das das natürlichste ist, dass dann die Augenrollung entsprechend zunahm und das oben für die Drehung im Halse angegebene Maass erheblich übertroffen wurde. Die Maximalraddrehung, welche ich auf diese Weise erzielte, betrug bis zu 15° , bei einer seitlichen Dislocation des Kopfes um ungefähr 90° . Man sieht, auch hier fand sich wieder das oben ermittelte Verhältniss 1 : 6 vor. Ich fand endlich, dass, wie eine Addition der Augenrollungen stattfand, wenn gleichsinnige Drehungen in Hals- und Rückenwirbelgelenken ihre Wirkung summirten, so auch eine Subtraction stattfand, wenn die Drehungen in Hals- und Rückengelenken in entgegengesetztem Sinne geschahen und sich in Bezug auf die Kopfstellung ganz oder theilweise aufhoben. Wenn ich den Oberkörper durch Biegung des Lendentheiles der Wirbelsäule seitwärts neigte, diese Neigung jedoch durch eine entgegengesetzte Biegung des Halstheiles contrebalancirte, so dass der Kopf in senkrechter Stellung verharrte, so zeigte sich keine Raddrehung der Augen.

Aus alledem geht hervor, dass die Raddrehung nicht an die Action gewisser Muskelgruppen des Körpers oder an die Drehung in gewissen Gelenken gebunden ist, sondern lediglich von der resultirenden Kopfstellung abhängt, mag nun die Drehung in diesem oder jenem Gelenke erfolgt, durch diese oder jene Muskeln bewirkt sein.

Auch bei liegender Körperstellung habe ich Raddrehungen gefunden. In der Rückenlage und ebenso in der Bauchlage ist die Orientirung des Auges bei gerade vorwärts, d. h. nach oben resp. unten gerichteten Blick-

linien die gleiche wie bei aufrechter Kopf- und Augenstellung. In der rechten Seitenlage findet Raddrehung nach links, in der linken Seitenlage Raddrehung nach rechts statt. Dies ist um so bemerkenswerther, als hier die Wirbelsäule keinerlei Biegung erleidet und die Raddrehung sich mit Körper- und Kopfbewegungen (Drehungen um die Längsaxe) verbindet, welche bei aufrechter Stellung ganz ohne Raddrehung vor sich gehen. Allerdings aber sind die resultirenden Kopfstellungen, welche gleiche Raddrehungen zeigen, wieder die nämlichen, nur dass in dem einen Falle der Körper horizontal liegt, im anderen auf den Füßen steht. Uebrigens kann bei den in liegender Körperstellung geschehenden Raddrehungen meines Erachtens von einem anderen Zwecke als dem der Aequilibrirung gar nicht die Rede sein.

Mit rein passiven, ohne intendirte Muskelcontraction vor sich gehenden Stellungsveränderungen habe ich nur wenig experimentiren können. Aus den wenigen Versuchen ergab sich kein Unterschied gegen activ und absichtlich bewirkte Stellungsveränderungen. Die Raddrehung schien sich auch hier an die jedesmalige Kopfstellung zu knüpfen. Es lässt sich mithin das gewonnene Resultat dahin zusammenfassen: Die äquilibrirenden Augenrollungen sind der Richtung wie dem Grade nach abhängig von der seitlichen Abweichung des Kopfes aus der aufrechten Normalstellung, auf welchem Wege diese Abweichung auch bewerkstelligt sein mag.

Man wird annehmen dürfen, dass die besprochenen Raddrehungen, welche von den anderweiten Augenbewegungen ziemlich unabhängig zu sein scheinen, von demselben Centrum aus regulirt werden, welches auch die übrigen auf Erhaltung des Gleichgewichts abzielenden Körperbewegungen leitet und regelt.

Die äquilibrirenden Raddrehungen sind angeboren;

auch an erblindeten Augen dauern sie fort. v. Graefe hat das Bestehen derselben auch bei blind gewordenen und selbst bei blind geborenen Kaninchen constatirt.

Wie jedoch die äquilibrirenden Bewegungen überhaupt, so scheinen auch die äquilibrirenden Augenrollungen stark von der Einübung beeinflusst zu werden. Ob auch in Betreff der Excursion der letzteren individuelle Verschiedenheiten stattfinden, oder ob das oben gefundene Verhältniss zwischen Kopfneigung und Augenrollung (1:6) ein allgemeines und constantes ist, müssen Untersuchungen an anderen Individuen entscheiden. Wenn es also noch zweifelhaft ist, ob der Einfluss der Einübung sich auf die absolute und relative Excursion der Raddrehungen erstreckt, so ist der Einfluss auf die Präcision und Sicherheit derselben um so wahrscheinlicher. Turner, Seiltänzer, Seeleute werden vermuthlich über die Raddrehungen sicherer und freier disponiren als Andere, welche weniger darauf angewiesen sind und weniger Gelegenheit haben, ihren Gleichgewichtssinn und ihre Gleichgewichtsbewegungen stark auszubilden. Auffallend war es mir, dass ich gerade bei Leuten, welche wenig in die Lage kommen, von ihrer gewöhnlichen Kopfstellung abzuweichen, bei dem Versuche, den Kopf seitlich zu beugen, stossweise und zuckende Rollbewegungen der Augen eintreten sah, — ein Zeichen, wie wenig geläufig dieselben waren. Körperlich ungeübte und ungeschickte Leute bekommen auch bei jenen Bewegungen leicht Schwindel.

Der Mangel exacten Bewusstseins der Kopf- und Augenstellung und ihres Verhältnisses zu einander in der ungewöhnlichen Situation hat irrthümliche Projection des Sehfeldes, Schiefstehen der Sehobjecte, Scheinbewegung und dadurch Desorientirung, Sehschwindel zur Folge. Aehnliche Schwindelgefühle können durch Ermüdung nach längerem Verweilen in ungewohnten, forcirten Kopf-

stellungen veranlasst werden. Auch langes Verbleiben in horizontaler Lage scheint die gleiche Wirkung zu äussern und ich vermuthe, dass an dem Schwindel, welcher Reconvallescenten nach längerem Krankenlager beim ersten Aufstehen befällt, neben abnormer Blutvertheilung und allgemeinen Coordinationsstörungen der Bewegung auch die unsichere Herrschaft über die äquilibrirenden Augenbewegungen mitbetheiligt ist.

Auch bei Thieren kommen äquilibrirende Augenrollungen vor, doch treten sie natürlich wegen des mehr oder minder seitlichen Standes der Augen in anderer Form auf. Einen interessanten Vergleich bilden die Beobachtungen und Messungen, welche v. Graefe*) über diesen Punkt an Kaninchen angestellt hat. Es ist bekannt, dass bei diesen Thieren sehr excursive Rollbewegungen der ganz seitlich stehenden Augen eintreten, wenn der Kopf um seine Queraxe nach vorne oder hinten gedreht wird. Rotirt der Kopf nach vorne, so rollen die Augen nach hinten, und umgekehrt. Auch hier sind die Rollungen mit grösster Regelmässigkeit an die Kopfstellung gebunden und zeigen sich so hauptsächlich in denjenigen Stellungen und Bewegungen, welche von den Thieren wirklich benutzt werden. Aber auch bei Kaninchen findet eine vollständige Compensation der Kopfdrehung durch Augenrollung nicht statt, sondern in dem Bereich der gewohnten Stellungen erfolgt für je 5° der Kopfdrehung eine Augenrollung von 1° in umgekehrter Richtung. Bei ungewohnten und nur künstlich ermög-

*) Arch. f. Ophthal. I. 1. p. 43 seqq. Die dem Menschen zukommenden Raddrehungen wurden damals von v. Graefe auf Donders' Versuche hin bestritten.

lichten Stellungen dagegen entstehen unregelmässige zuckende Rollungen.

Uebrigens dürfen die Raddrehungen des Kaninchen-
auges, bei denen weit überwiegend die schiefen Augen-
muskeln thätig sind, nicht ohne Weiteres und in allen
Beziehungen mit den Raddrehungen beim Menschen pa-
rallelisirt werden, da die anatomischen Verhältnisse zu
verschieden sind. Eine durch die ungleiche Lage der
Augen bedingte Verschiedenheit besteht darin, dass die
Raddrehungen beim Kaninchen symmetrisch sind, beim
Menschen nicht, dass daher, während beim Menschen der
Obliquus superior (nebst *rect. sup.*) des einen Auges
gleichzeitig mit dem *Obliq. inferior* (nebst *rect. inf.*) des
anderen Auges wirkt, beim Kaninchen die gleichnamigen
Obliqui in beiden Augen zugleich in Thätigkeit sind. *)

Eine andere äquilibrirende Augenbewegung ist be-
kanntlich bei den Kaninchen mit der seitlichen Drehung
des Kopfes um die Sagittalaxe verbunden. Es tritt da-
bei das eine Auge in die Höhe, das andere abwärts, und
analog verhält es sich bei einfachen Seitenbewegungen
des Kopfes; dabei tritt die Hornhaut des einen Auges
nach vorne (resp. innen), die des anderen nach hinten
(resp. aussen).

Es scheint mir, namentlich bei dem Mangel eines

*) Es kann nicht richtig sein, dass beim Kaninchen die Rad-
drehungen durch die blosse Action der *Obliqui* bewirkt werden.
Genaue Versuche (Busch, v. Graefe) haben dargethan, dass iso-
lirte Wirkung der *Obliqui* nicht etwa blosse Raddrehung erzeugt,
sondern auch die Augenrichtung beeinflusst. Der *Obliq. sup.* z. B.
lenkt bei diesen Thieren (abweichend vom Menschen) die Hornhaut
ein wenig nach oben und innen ab. Zur blossen Raddrehung ist
also die Mitwirkung anderer Muskelkräfte erforderlich. Der Muskel,
welcher den *Obliq. sup.* bei der Raddrehung nach innen unterstützt,
kann jedoch nicht wie beim Menschen der *Rect. sup.* sein, da die-
ser die durch jenen verursachte Ablenkung nach oben noch steigern
würde.

gemeinschaftlichen Sehfeldes unbestreitbar, dass alle diese Augenbewegungen lediglich äquilibrierend sind und dazu beitragen, dass bei Kopf- und Körperbewegungen in jedem Augenblicke die eingenommene Stellung richtig empfunden und demzufolge richtig gesehen werde.

Das Donders'sche Gesetz von der constanten Orientirung des Auges wird durch die gefundenen Resultate nicht aufgehoben, allein es bedarf einer wichtigen Einschränkung und Ergänzung. Die Orientirung des Auges ist keineswegs, wie Donders glaubte, von der Kopfstellung unabhängig, aber unter Berücksichtigung der Abhängigkeit eine durchaus gesetzmässige und constante. Die Beziehung zwischen dem Raddrehungswinkel (im Sinne projecirter Raddrehung) und der Richtung der Blicklinie, wie sie dem Listing'schen Gesetze zufolge durch die Formel $\text{tg. } \frac{k}{2} = - \text{tg. } \frac{l}{2} \cdot \text{tg. } \frac{m}{2}$ ausgedrückt wird (wo k die projecirte Raddrehung oder die Meridianneigung, l die longitudo, m die latitudo nach Fick's Bezeichnung *)), hat also auch nur bedingte Gül-

*) Ich vermeide es hier, die von Helmholtz eingeführten Grössen, Erhebungs- und Seitenwendungswinkel, zu benutzen, um nicht betreffs der Richtung der Raddrehung zu Verwirrung und Irrthum Anlass zu geben. Von Fick sowohl als von Helmholtz wird die secundäre Augenstellung als durch drei Drehungen um die nämlichen drei auf einander senkrecht stehenden Axen aus der Primärstellung entstanden betrachtet und danach bezeichnet. Aber da die beiden ersten Drehungen in verschiedener Reihenfolge geschehen (Fick dreht zuerst um die verticale, dann um die auf der Blicklinie senkrechte Horizontalaxe, Helmholtz umgekehrt), so fällt die dritte Drehung um die Blicklinie in beiden Fällen verschieden aus, nicht bloss dem Betrage, sondern auch der Richtung nach. Helmholtz spricht also von einer Raddrehung nach innen, wo Fick und Donders von einer Raddrehung resp. Meridianneigung nach aussen sprechen. Ich wähle die Fick'sche Bezeichnung als die für die Anschauung und für die Anwendung in der Pathologie bequemere.

tigkeit, nämlich unter Voraussetzung unveränderter Orientirung des Kopfes um seine Sagittalaxe. Mit veränderter Orientirung des Kopfes um die Sagittalaxe ändert sich der Werth der Raddrehung für alle Blickrichtungen, so dass er nicht mehr direct dem Listing'schen Gesetze entspricht. Es scheint indessen ein constantes Verhältniss zu bestehen zwischen dem Raddrehungswinkel, welcher die factische Augenstellung bezeichnet und dem, welcher dem Listing'schen Gesetze entsprechen würde. Nennt man den ersteren r , den letzteren, wie vorhin k , nennt man endlich den Winkel, um welchen der Kopf aus seiner aufrechten Stellung seitlich gewichen ist, R , so ist $r = k - RC$, wo C eine constante Grösse von individuell verschiedenem Betrage ist. *) Für meine Augen ist $C = \frac{1}{6}$ gefunden worden, jedoch zunächst nur für die Primärstellung und es bedürfte erst weiterer Messungen, um zu wissen, ob für complicirtere Augen- und Kopfstellungen C diesen Werth unverändert behält. Für die Augenstellungen, mit denen nach dem Listing'schen Gesetze keine Raddrehung verbunden ist, wo also $k = 0$ ist, wird $r = -RC$, d. h. r giebt die um die Blicklinie als Axe wirklich erfolgte Rollung an.

In allgemeinsten Fassung lautet hiernach das Orientirungsgesetz folgendermaassen: Die Orientirung des Auges um die Gesichtslinie hängt in jedem Augenblick ab einmal von der Blickrichtung und gleichzeitig von der Orientirung des Kopfes um seine sagittale Axe. Die Art der Abhängigkeit ist ausgedrückt durch die Formeln:

$$\begin{cases} \operatorname{tg.} \frac{k}{2} = - \operatorname{tg.} \frac{1}{2} \cdot \operatorname{tg.} \frac{m}{2} \\ r = k - RC, \end{cases}$$

wo die Buchstaben die oben angegebene Bedeutung haben.

*) Das Axensystem, auf welches sich die Werthe k , l , m beziehen, wird hier als mit dem Kopfe verbunden betrachtet, so dass es die Drehungen desselben mitmacht.

Noch vor Kurzem ist das Vorkommen wahrer directer Rollungen des Auges um die Gesichtslinie als Axe bestritten worden. Nunmehr ist es ausser Zweifel, dass dieselben vielfach sowohl unter natürlichen als unter künstlich herzustellenden Bedingungen vorkommen und von grosser Bedeutung für das Sehen sind. Es zeigt sich, dass wir in sehr mannigfaltiger Weise die Raddrehungen verwenden und in sehr freier Weise über sie disponiren. Nach beiden Seiten können sie ausgeführt werden, und sowohl in beiden Augen in gleichem, als auch in entgegengesetztem Sinne, symmetrisch und unsymmetrisch. Das Vorkommen einseitiger Raddrehung unter physiologischen Bedingungen möchte ich bezweifeln, vermute vielmehr, auf meine früheren Versuche*) gestützt, dass das erforderliche Maass in allen Fällen gleichmässig auf beide Augen vertheilt wird.

Symmetrische Raddrehungen sind durch die von mir angestellten stereoskopischen Experimente nachgewiesen worden, wo behufs Deckung zweier zusammengehöriger durch Rotation um ihren Mittelpunkt gegen einander verschobener Bilder, beide Augen je nach den Umständen sowohl nach aussen als nach innen rollen können (d. h. also das eine nach rechts, das andere nach links), ohne dass die Fixationsrichtung eine Aenderung erleidet. v. Graefe**) hat darauf aufmerksam gemacht, dass unter Umständen, freilich nur schwierig und innerhalb enger Grenzen, ein wenig schief gegeneinander geneigte Doppelbilder zur Vereinigung gebracht werden können. Dazu würden die gleichen symmetrischen Raddrehungen erfordert werden. Allein auch unter natürlicheren Bedingungen scheinen solche vorzukommen. Die symmetrischen Raddrehungen nach aussen, welche bei Conver-

*) Arch. f. Ophth. XIV. 2. p. 244. 245.

**) Ibidem III. 1. p. 256.

genz der Sehlinien und Accommodation für die Nähe eintreten, können freilich nicht ohne Weiteres hierher gezählt werden, denn ohne Zweifel werden diese mit den anderweiten Augenbewegungen derart verbunden, dass es sich nur um projecirte Raddrehungen handelt. Es kommen indessen auch Umstände vor, wo effective Rollung um die Gesichtslinie als Axe geschieht. Wenn z. B., nachdem der Blick in die Ferne gerichtet war, sofort ein nahes Object fixirt wird, welches genau in der Blicklinie des einen Auges liegt, so wird dieses Auge keine andere Bewegung ausführen, als eine Raddrehung nach aussen. Das Experiment bestätigt dies. Auch wenn bei ununterbrochener binocularer Fixation eines Objectes plötzlich beiden Augen Concavgläser vorgehalten werden, scheint mit der dadurch bedingten Accommodation für die Nähe in beiden Augen Raddrehung nach aussen verbunden zu sein.

Auf einen sehr bedeutungsvollen, zwischen den symmetrischen und den unsymmetrischen Raddrehungen bestehenden Unterschied will ich wenigstens andeutungsweise aufmerksam machen. Dem sensoriiellen Bewusstsein gegenüber nehmen beide eine ganz verschiedene Stellung ein. Die unsymmetrischen Rollungen, welche die seitliche Kopfneigung begleiten, werden derart percipirt und in's Bewusstsein übergeführt, dass sie richtig empfunden und abgeschätzt werden, daher auch einer correcten, der Wirklichkeit entsprechenden Localisation der Gesichtseindrücke dienen. Dies ergiebt sich am Klarsten aus dem oben bereits berührten und verwertheten Verhalten der Nachbilder. Ein in aufrechter Kopfstellung erzeugtes Nachbild folgt bei seitlicher Kopfneigung dieser Bewegung, — ein Zeichen, dass die Kopfbewegung empfunden und beim Sehen objectivirt wird. Allein das Nachbild bleibt hinter der Kopfdrehung etwa um $\frac{1}{6}$ zurück, — ein Zeichen, dass die den 6ten Theil der Kopfdrehung

aufhebende Raddrehung des Auges gleichfalls percipirt und bei der Projection der Seheindrücke berücksichtigt wird. Daraus, dass bei diesen Kopf- und Körperbewegungen keine Scheinbewegung der Sehobjecte bemerkt, sondern im Ganzen richtig localisirt wird (abgesehen von übertrieben starken, sehr schnell und plötzlich ausgeführten Kopfdrehungen), folgt, dass die Augenbewegung richtig empfunden und verwerthet wird.

Nicht anders verhält es sich mit den projecirten Raddrehungen, welche den diagonalen Blickrichtungen zukommen. Auch diese werden richtig gewürdigt und es besteht ein correctes Bewusstsein der jedesmaligen Orientirung des Auges. Jedenfalls nimmt man dies stillschweigend an, wenn man aus der Stellung der Nachbilder die Augenstellung ableitet. In der That sprechen viele Umstände dafür, dass man, so lange es sich um reguläre, dem Listing'schen Gesetze folgende Stellungen handelt, zu jener Annahme berechtigt ist, und nur für gewisse Fälle, insbesondere für die Abweichungen vom Listing'schen Gesetze ist die grösste Vorsicht in den Schlussfolgerungen geboten. Denn man muss bedenken, dass man bei den Nachbildversuchen gar nicht direct die Augenstellungen misst, sondern die von denselben bestehende Vorstellung. Ob die Vorstellung eine correcte, der Wirklichkeit entsprechende ist, bedarf in zweifelhaften Fällen noch besonderer Bestätigung. Dies beweisen die symmetrischen Raddrehungen. Die bei den betreffenden stereoskopischen Experimenten beobachteten Scheindrehungen habe ich in meiner früheren Arbeit analysirt, doch auch unter einfacheren naturgemässeren Bedingungen lässt sich eine ähnliche Täuschung wie dort beobachten. Fixirt man mit einem Auge erst eine ferne senkrechte gerade Linie, dann, ohne die Richtung der Blicklinie zu ändern, einen vor derselben gelegenen nahen Punkt, so scheint die Linie, wie oben bereits er-

wähnt wurde, eine Drehung nach innen zu machen. Ein beim Blick in die Ferne erzeugtes Nachbild dagegen erleidet beim Uebergang in die Accommodation für die Nähe keine Drehung, sondern bleibt vertical. Hier zeigt sich also das entgegengesetzte Verhalten, wie in dem früheren Falle. Dort schien das wirkliche Object festzustehen und das Nachbild macht eine Bewegung, hier scheint das Object sich zu bewegen, das Nachbild festzustehen. Die im letzteren Falle stattfindende Raddrehung (deren Realität übrigens nicht zweifelhaft sein kann) wird also nicht empfunden und objectivirt und demzufolge findet in allen Augenstellungen, denen Raddrehungen solcher Art zukommen, irrthümliche Localisation statt. Zahlreiche Gesichtstäuschungen fliessen hieraus, gewisse Schiefheiten der Doppelbilder, constante Irrthümer über das Relief u. s. w., die zum Theil wohlbekannt sind, aber mir bisher nicht richtig gedeutet zu sein scheinen.

Die äquilibrirenden Rollbewegungen verdienen auch für die Pathologie des Auges Berücksichtigung. Javal hat sie bereits (l. c.) mit Nutzen bei der Application cylindrischer Gläser zur Correction des Astigmatismus verwendet. Ich möchte darauf aufmerksam machen, dass die in liegender Stellung beim Wechsel von Rücken- und Seitenlage auftretenden Raddrehungen für den Augenarzt Bedeutung gewinnen können. Es ist bekannt, dass zuweilen von Augenleidenden eine gewisse Lage schlecht vertragen wird, und das ist begreiflich, wenn man weiss, dass in der Seitenlage permanente Contraction zweier Augenmuskeln stattfindet. Um so mehr wird man Grund haben, nach Operationen und Verletzungen, überhaupt überall, wo Bewegungen und

Druckschwankungen zu vermeiden sind, auf Einhaltung der Rückenlage zu halten, so lange die entsprechenden Indicationen vorliegen.

Für die feinere Diagnostik der Augenmuskellähmungen wird die Prüfung der bei seitlicher Kopfneigung auftretenden Raddrehung eine willkommene Unterstützung und Vervollständigung sein und namentlich bei den der Analyse zuweilen grosse Schwierigkeiten bietenden combinirten Augenmuskellähmungen wird sich vermuthlich jene leicht auszuführende Prüfung als nützlich erweisen. Ist einer der die Raddrehung vermittelnden Muskeln functionsunfähig, so wird an Stelle derselben eine leichte Ablenkung und ein sehr störendes Doppeltsehen eintreten müssen. Die Doppelbilder werden gegen einander gedreht erscheinen, zugleich wird ein leichter Seiten- und Höhenabstand statthaben, da dem zweiten bei der Raddrehung betheiligten Muskel das Gegengewicht fehlt, welches die Wirkung auf die Richtung der Blicklinie annulliren sollte. Wahrscheinlich wird die Bewegungsstörung auch gross genug sein, um objectiv erkennbar zu sein. Sollten auf einem Auge beide die Raddrehung vollführenden Muskeln (z. B. Rectus inf. und Obliq. inf.) functionsunfähig sein, was ja nicht selten vorkommt, so würden bei seitlicher Kopfneigung Doppelbilder auftreten, welche sich genau in dem Fixationspunkte kreuzen. Ich behalte mir vor, später specieller auf diesen Gegenstand einzugehen.

Zum Schlusse habe ich noch einigen Einwänden zu begegnen, welche Hering*) gegen meine frühere Arbeit über die Raddrehungen erhoben hat. Das Ergebniss, zu dem ich gelangte, dass die Raddrehung nach innen durch

*) v. Graefe's Archiv für Ophthalm. Bd. XV, 1, pag. 1—16.

gemeinsame Action des Rect. sup. und Obliq. sup., die Rollung nach aussen durch Rect. inf. und Obliq. inf. vollzogen werde, bestreitet Hering. Zwar erkennt er an, dass meine Annahme theoretisch richtig sei, ja, er scheint sogar zuzugeben, dass sie die allein richtige sei (l. c. pag. 14 oben). Dennoch und obgleich ich auch das wirkliche Zustandekommen der Raddrehung durch die erwähnte Muskelcombination durch Experimente an der Leiche constatirt habe (l. c. p. 239), ist Hering über die thätigen Muskeln anderer Meinung. Er bezieht sich auf folgende Beobachtung: Fixirt man eine im Fernpunkt gelegene Verticale mit einem Auge und accommodirt dann bei unverrückter Blicklinie stark für die Nähe, so macht die Linie bekanntlich erstens eine Scheinbewegung nach aussen, zweitens eine Scheindrehung nach innen, dann aber drittens noch, wie Hering behauptet, eine Scheinbewegung nach unten. Aus letzterer schliesst H. auf eine wirkliche Bewegung nach oben (mit zweifelhaftem Rechte, da auch der Scheinbewegung nach innen keine reelle Bewegung, sondern nur ein Bewegungsimpuls entspricht), und argumentirt weiter, die Bewegung nach oben mit Rollung nach aussen sei eine Action des Obliquus inferior, es sei mithin „lediglich eine Innervation der beiden unteren Schiefen, welche sich der Convergenz associirt und die beschriebene Abweichung von Listing's Gesetz bedingt“.

Ich muss zunächst bemerken, dass ich bei Anstellung des Versuches, so deutlich ich die Scheinbewegung nach aussen und die Scheindrehung nach innen wahrnehme, doch von der Bewegung nach unten nichts bemerke. Der Höhenstand des Fixationspunktes blieb bei häufiger Wiederholung stets auf gleicher Höhe. Allein gesetzt auch den Fall, die Beobachtung bestätigte sich, so würde ich dennoch Hering in seinen Schlüssen nicht folgen können.

Ich gestehe offen, nicht einzusehen, wie die isolirte Wirkung des *Obliquus inferior* sich in diesem Falle mit Einhaltung der Blickrichtung vertragen soll und letztere ist doch Bedingung des Versuches, feststehende Thatsache. Die Contraction jenes Muskels muss ja mit Nothwendigkeit die Blicklinien nach oben und aussen ablenken, wenn nicht gleichzeitig eine Kraft in Wirksamkeit tritt, welche diese Ablenkung aufhebt. Der raddrehenden Wirkung darf aber diese Kraft nicht hinderlich sein, soll sie eher verstärken. Welche Kraft sollte hierzu geeignet sein? In der That giebt es einen Muskel, welcher diesen Anforderungen zu genügen im Stande ist. Es ist derselbe Muskel, den ich für diesen Zweck aus theoretischen Gründen in Anspruch nahm, der *Rectus inferior*, und ich wüsste nicht, welchen andern Muskel oder welche Muskelcombination man ihm substituiren könnte. Durch die Mitwirkung des *Rect. inf.* mit dem *Obliq. inf.* wird der Sachverhalt sofort sehr gut verständlich. Der erstere Muskel, in geeigneter Stärke wirkend, ist im Stande, durch seinen Zug nach unten und innen die Wirkung des *Obliq. inf.* sowohl auf den Höhenstand als auf die Seitenwendung, also überhaupt auf die Blickrichtung, genau zu neutralisiren, während zugleich seine raddrehende Wirkung im gleichen Sinne wie die des *Obliq. inf.* zur Geltung kommt, zu dieser sich addirt, mithin genau das leistet, was unter den obwaltenden Umständen verlangt wird. Die Angabe, die ich (l. c. pag. 238, 239) über die relative Contractionsstärke beider Muskeln gemacht habe (ungefähr 5 : 8), beruht allerdings auf schematischer Betrachtung und hat gewiss nur den Werth einer Annäherung an die Wahrheit, denn sie gründet sich, wie alle unsere Betrachtungen über die combinirten Muskelwirkungen auf möglichst einfache Voraussetzungen. In Wirklichkeit mag in Folge

mancher Ungenauigkeit, in Folge von Intervention der Widerstände etc. das Resultat ein wenig anders ausfallen, als die Theorie angiebt. Allein das berechtigt doch nicht, die ganze Theorie bei Seite zu schieben. Mit genau demselben Rechte, mit dem wir annehmen, dass die Richtung des Blickes gerade nach oben durch die combinirte Action des Rectus sup. und Obliq. inf. erfolgt, dürfen wir auch annehmen, dass, zunächst in der Primärstellung, die von mir angegebenen Combinationen die Raddrehungen ausführen. Die Hering'sche Ansicht dagegen, dass die unteren schiefen Augenmuskeln die Aussenrollung bei Convergenzbewegungen bewirken, halte ich nicht nur für unbewiesen, sondern für unmöglich.

Noch in einem Punkte greift mich Hering hart an (l. c. pag. 15), nämlich, weil ich aussprach, das Vorkommen wahrer Raddrehungen stimme nicht zu der von ihm aufgestellten Theorie von der unlösbaren Gemeinschaft in der Thätigkeit gewisser Augenmuskeln, z. B. der Heber, Rect. sup. und Obliq. inf. Allein man höre, wie Hering sich jetzt äussert (l. c. pag. 15): „Allerdings „habe ich den Satz aufgestellt, dass zum Zwecke der „Hebung des Augapfels beide Muskeln immer gleichzeitig und in demselben Verhältnisse, gleichsam wie ein „aus zwei Zweigen bestehender Muskel, innervirt werden; aber dies schliesst doch in keiner Weise aus, dass „einer der beiden Muskeln zu einem anderen Zwecke „sich unabhängig vom anderen contrahiren kann.“

Zu welchem anderen Zwecke denn? Hering kennt eben keinen anderen Zweck. Weil er die Theilnahme des Rect. sup. an der Raddrehung läugnet und weil er bei allen Hebungen des Auges in gerader und schräger Richtung immer das nämliche constante Innervationsverhältniss annimmt, deshalb giebt es für ihn keinen Fall, wo jenes Associationsverhältniss gelöst

wird. War ich somit nicht berechtigt, ein Verhältniss, das niemals gelöst wird, unlösbar zu nennen? Jetzt freilich nimmt Hering einen anderen Standpunkt ein, wenigstens scheint mir schon aus dem angeführten Satze hervorzugehen, dass Hering die nativistische Grundlage seiner Anschauung nicht mehr so streng festhält wie früher, und dass seine Ansichten nicht mehr so stark wie früher von denen anderer Physiologen differiren. Dass jene zwei Muskeln zum Zwecke der Hebung des Augapfels gleichzeitig und mit einer bestimmt proportionirten Kraftanstrengung wirken, dass jeder von ihnen sich zu anderen Zwecken mit anderen Muskeln verbinden kann — das war ja längst allgemeine Annahme. Was Hering's Anschauung von der bisherigen trennt, war eben nur die Constanz und Enge der Association. Wenn aber erwiesen ist, dass der Rect. sup. sich einmal mit dem Obliq. inf. zum Zwecke der Hebung, ein andermal mit dem Obliq. sup. zum Zwecke der Raddrehung verbindet, wenn bei allen geraden und schrägen Hebungen des Blickes mit seitwärts geneigtem Kopfe alle drei Muskeln in den verschiedensten Graden zusammen wirken — wenn so verschiedene Innervationen unter völlig normalen Bedingungen möglich sind; dann besteht eben die von Hering statuirte enge und constante angeborene Beziehung nicht. Ich halte es für sehr wichtig und sehr verdienstlich gegenüber Denjenigen, die gar zu viel aus Einübung und Erfahrung ableiten wollen, das Angeborene, Präformirte hervorzuheben und verkenne keineswegs den Nutzen der vom nativistischen Ausgangspunkte aus durchgeführten Untersuchungen Hering's; allein es lässt sich meines Erachtens nicht läugnen, dass dieser Autor in obiger Frage das nativistische Element zu einseitig und in einer Weise hervorgekehrt hat, die sich gegenüber den

Thatsachen nicht halten lässt. Ich kann nur darauf beharren, dass das Vorkommen wahrer Raddrehungen in die Hering'schen Anschauungen eine Bresche legt, die nur dadurch ausgefüllt werden kann, dass seine Theorie in wesentlichen Punkten modificirt und der empiristischen Auffassung genähert wird.
