

### Das Listing'sche Gesetz und die Empfindung der Geradlinigkeit.

Wir kehren zurück zu der Erörterung der Gesetze, nach denen die Augenbewegungen vor sich gehen. — Wir denken uns hiebei zunächst den Kopf wieder in unveränderlich fester, aufrechter Haltung.

Wir haben in §. 3 gesehen, dass jede Bewegung, die das Auge ausführt, in drei Einzeldrehungen zerlegt werden kann, eine *Seitwärtsdrehung*, eine *Auf- und Abwärtsdrehung* und eine *Raddrehung* um die Blicklinie. — Wir haben ferner gesehen, wie die Grösse des Raddrehungswinkels für jede Stellung des Auges leicht bestimmt werden kann durch Erzeugung eines *horizontalen Nachbildes*. —

Führt man nun diesen letzteren Versuch aus, so zeigt sich, dass es eine ganz bestimmte Stellung des Auges gibt, von welcher aus sowohl bei einer Bewegung nach rechts und links als nach oben und unten das Nachbild beständig horizontal bleibt, also keine Raddrehungen stattfinden.

Diese ausgezeichnete Stellung erweist sich zugleich als diejenige, welche mit der geringsten Muskelanstrengung verbunden ist und daher — als die bequemste — von dem Auge in der Ruhelage unwillkürlich eingenommen wird. Wir nennen sie die *Primärstellung* des Auges.

Bei derselben hat jedoch die Augenachse nicht eine genau horizontale, sondern eine etwas nach abwärts geneigte Lage. Die Grösse der Neigung ist bei verschiedenen Individuen verschieden <sup>1)</sup>. Im Mittel können wir den Neigungswinkel zu 2 bis 3° annehmen.

Die Primärstellung scheint aufs Innigste zusammenzuhängen mit der Lage des seitlichen Muskelpaars (*Rect. ext.* und *int.*), dessen Ebene ebenfalls nicht ganz horizontal, sondern etwas nach vorne geneigt ist. In der Primärstellung liegt die Augenachse in dieser Ebene.

Hieraus folgt dann weiter unmittelbar, dass — wenn sich das Auge von der Primärstellung aus nach rechts und links bewegt — bei dieser Bewegung nur die beiden seitlichen Muskeln betheilig sind, die vier andern dagegen in keine — wenigstens in keine merkliche —

---

<sup>1)</sup> Ja! *Helmholtz* bemerkt (s. S. 469), dass sie bei seinem eigenen Auge am einen Tage grösser als am andern ist und sogar sich während der Ausführung einer Reihe von Versuchen verändert.

Die genaue experimentelle Bestimmung der Primärstellung s. *Helmholtz* S. 517.

Mitleidenschaft gezogen werden. Hierdurch erklärt sich auf sehr einfache Weise, warum bei einer *Seitwärtsdrehung von der Primärstellung aus* keine Raddrehung stattfindet.

Es wurde oben gesagt, dass auch bei der *Auf- und Abwärtsdrehung*, wenn dieselbe *von der Primärstellung aus* erfolgt, keine Raddrehung bemerkbar ist. Bei dieser Bewegung sind das zweite und dritte Muskelpaar gemeinsam engagiert. Wie in §. 3 (S. 12) erörtert wurde, müsste jedes Muskelpaar für sich allein nothwendig eine Raddrehung erzeugen. Wenn nun trotzdem thatsächlich keine Schiefstellung des Netzhauthorizontes erfolgt, so erklärt sich dies daraus, dass die Raddrehungen, welche jedes Paar für sich erzeugt, gleich und entgegengesetzt sind, also sich gegenseitig aufheben.

Bewegt man das Auge *von der Primärstellung aus* nicht blos seitwärts oder aufwärts, sondern *in schräger Richtung*, und zwar so, dass dabei die Blicklinie eine Ebene beschreibt, so finden *Raddrehungen* statt, für welche sich aber ein sehr einfaches Gesetz ergibt.

Wie wir bei der *Aufwärtsdrehung* ein horizontales, d. h. zu der Bewegungsrichtung senkrechtes Nachbild benützt und dann gefunden haben, dass dieses bei der Bewegung sich beständig parallel bleibt, so können wir auch bei einer Bewegung *in schiefer Richtung* ein zu dieser schiefen Richtung (d. h. zu der Ebene, die die Blicklinie beschreibt) senkrechtes Nachbild benützen. Wir finden dann ganz ebenso, dass dieses Nachbild sich beständig parallel bleibt<sup>1)</sup>. Ein Parallelbleiben des Nachbildes ist aber nur möglich, wenn die Drehung um eine zu ihm parallele Achse geschieht. Es ergibt sich somit der Schluss, dass die Drehung um eine Achse erfolgt sein muss, die dem Nachbilde parallel, also senkrecht zu der von der Blicklinie beschriebenen Ebene ist. — Wir können dieses Resultat folgendermassen aussprechen:

---

<sup>1)</sup> Zur Ausführung des Versuchs kann man (s. *Wundt* S. 541) statt des in §. 2 (s. S. 13 Anmerkung 1) benützten festen Tapetenmusters ein — auf einen grossen Carton gezeichnetes — quadratisches Liniennmuster benützen, indem man den Carton an der Wand verschiebbar anbringt und jedesmal so stellt, dass seine (vorher vertikalen) Linien mit derjenigen Richtung zusammenfallen, in welcher man die Blicklinie bewegen will. Das farbige Band wird in die Richtung der (vorher) horizontalen Linien in die Mitte des Cartons fest aufgeklebt. — Uebrigens kann man statt eines einfachen Bandes auch ein rechtwinkliges Band-Kreuz benützen. Das Nachbild, das der senkrechte (in die Richtung der Bewegung fallende) Schenkel des Kreuzes erzeugt, verschiebt sich alsdann beständig in der entsprechenden senkrechten Linie des Cartons.

» Wenn die Blicklinie aus ihrer Primärstellung übergeführt wird in irgend eine andere Stellung, so ist die Raddrehung des Augapfels in dieser zweiten Stellung eine solche, als wäre er um eine Achse gedreht worden, die zu der Ebene der ersten und zweiten Richtung der Blicklinie senkrecht steht.«

Da die von der Blicklinie beschriebenen Ebenen alle durch die Primärstellung derselben hindurchgehen, und folglich jene Drehachsen alle auf der Primärstellung der Blicklinie im Drehpunkt des Auges senkrecht stehen, so liegen sie alle in einer Ebene, welche zur Primärstellung senkrecht ist.

Dieses Gesetz der Augenbewegungen wird nach seinem Entdecker als das *Listing'sche Gesetz*<sup>1)</sup> bezeichnet. —

Geht man bei der Bewegung des Auges nicht von der Primärstellung, sondern von irgend einer andern — einer *Sekundärstellung* — aus, so finden sowohl bei der Seitwärts- als bei der Aufwärtsdrehung Raddrehungen statt; dieselben sind jedoch, solange man nicht in extreme Stellungen übergeht, nicht sehr erheblich. Auch die Bewegungen in schräger Richtung finden näherungsweise nach einem analogen Gesetze wie von der Primärstellung aus statt.

Es zeigt sich nun aber, dass — von welcher Anfangsstellung aus und auf welchem Wege man auch zu einer bestimmten Stellung übergehen mag — die Grösse der Schiefstellung des horizontalen Nachbildes (oder des Netzhauthorizontes) stets die nämliche ist, so dass also jeder bestimmten Stellung der Blicklinie eine ganz bestimmte — nur von ihrer Lage, nicht aber von der Art ihrer Herstellung abhängige — Grösse der Raddrehung entspricht. Dies ist das *Donders'sche Gesetz der constanten Orientirung*<sup>2)</sup>.

Um diese Bewegungsgesetze uns noch genauer zu vergegenwärtigen, und vor allem — um ihren Einfluss auf die *Gesichtsvorstellungen* zu erkennen, denken wir uns um den Drehpunkt des Auges als Mittelpunkt eine Hohlkugel beschrieben und benützen diese als *Gesichtsfeld* oder *Blickfeld*, auf welches wir die gesehenen

Fig. 8.  
(Tafel II.)

<sup>1)</sup> Das Gesetz wurde von *Listing* zunächst nur als Vermuthung ausgesprochen. Seinen experimentellen Nachweis hat es erst durch *Helmholtz* gefunden, und zwar auf die angegebene Weise durch Benützung von Nachbildern (s. *Helmholtz* S. 463). — Die *Primärstellung* wurde von *Meissner* entdeckt.

<sup>2)</sup> Dasselbe wurde schon vor dem *Listing'schen* Gesetz von *Donders* gefunden.

Punkte in der Richtung der Blicklinien projiciren. In der That erscheint uns ja auch das Gesichtsfeld, sobald nicht durch besondere Gründe eine specielle Form desselben bedingt ist, als innere Oberfläche einer Kugelschaale. Eine solche repräsentirt z. B. das Himmelsgewölbe, auf welches unser Blick die Sterne projicirt.

Diese kugelförmige Gestalt des Gesichtsfeldes steht im innigsten Zusammenhang mit der Bewegungsform des Auges, wie denn auch die Lokalisation der einzelnen Projektionspunkte in ihm lediglich durch die Bewegungsgesetze des Auges bedingt ist.

Wir bezeichnen die Projektion des momentan fixirten Punktes auf das Blickfeld als momentanen *Blickpunkt*. Derselbe wird also repräsentirt durch den Schnittpunkt der Blicklinie mit der Kugelfläche. Denjenigen Blickpunkt, welcher der *Primärstellung* entspricht, nennen wir den *Hauptblickpunkt*. — Da übrigens das fixirende Beschauen in der Regel darin besteht, dass das Auge bestimmten Linien folgt, und da demgemäss der momentan fixirte Punkt richtiger als ein unendlich kleines oder sehr kleines Linienelement zu bezeichnen ist, so werden wir uns auch häufig des Ausdruckes *Blickelement* statt *Blickpunkt* bedienen.

Bewegen wir nun das Auge von der Primärstellung aus so, dass die Blicklinie eine Ebene beschreibt, so beschreibt bei dieser Bewegung gleichzeitig der Blickpunkt einen grössten Kreis (nämlich den Schnittkreis der von der Blicklinie beschriebenen Ebene), welcher durch den *Hauptblickpunkt* geht. Diese grössten Kreise nennen wir die *Meridiane* des Blickfeldes. Sie schneiden sich alle ausser in dem *Hauptblickpunkt* noch in dem mit diesem antipodisch liegenden *Occipitalpunkt*. — In *Fig. 8* ist eine Anzahl solcher Meridiane in geometrischer Projektion eingezeichnet. Der *Drehpunkt* des Auges ist durch *A*, der *Hauptblickpunkt* durch *H*, der *Occipitalpunkt* durch *O* bezeichnet.

Von den Meridiankreisen zeichnen sich zwei durch besondere Wichtigkeit aus, nämlich diejenigen, welche der Blickpunkt durchläuft bei einer einfachen Seitwärtsdrehung oder bei einer einfachen Aufwärtsdrehung. Wir nennen sie die beiden *Hauptmeridiane*, speciell: den *horizontalen* und den *vertikalen Hauptmeridian*<sup>1)</sup>. In *Fig. 8* projicirt sich der *horizontale Hauptmeridian* in die Linie *OH*, der *vertikale Hauptmeridian* in den Umrisskreis.

---

<sup>1)</sup> Die Ebene des *horizontalen Hauptmeridians* hat in Wirklichkeit die nämliche Neigung gegen den Horizont wie die *Primärstellung*. Wir ignoriren diese

Der Augapfel, oder vielmehr die Netzhautfläche wird von jeder Meridianebene nach einer Linie geschnitten, welche wir als *Netzhautmeridian* bezeichnen. Es entspricht also jedem *Meridian des Blickfeldes* ein ganz bestimmter — mit ihm in der nämlichen Ebene liegender — *Meridian der Netzhaut*. Namentlich entspricht dem *horizontalen Hauptmeridian des Blickfeldes* der *Netzhauthorizont*. Fig. 8 zeigt die mit den gezeichneten Blickfeldmeridianen correspondirenden Netzhautmeridiane in geometrischer Projektion <sup>1)</sup>. Alle Netzhautmeridiane schneiden sich in der *Grube G*, so dass von jedem ein Linienelement in dieselbe fällt. —

Lassen wir das Auge von der Primärstellung aus sich bewegen, so verschiebt sich dabei das Netzhautmeridian-System gegen das feste Meridiansystem des Blickfeldes, und es ist nun von grösster Wichtigkeit, die Art und Weise dieser Verschiebung näher ins Auge zu fassen.

Lassen wir zuerst den Blickpunkt auf dem *horizontalen Hauptmeridian* sich bewegen, so dreht sich dabei der *Netzhauthorizont* in sich selbst, seine Ebene fällt fortwährend mit der Ebene des *Blickfeldmeridians* zusammen; die Netzhautbildchen, die von den einzelnen Partien des letzteren entworfen werden, fallen daher beständig in den *Netzhauthorizont*.

Es ist aber nun ferner einleuchtend, dass genau das nämliche auch für jeden andern Meridian der Fall ist: Verfolgt der Blickpunkt irgend einen bestimmten *Meridian des Blickfeldes*, so dreht sich dabei das Auge so, dass der entsprechende *Netzhautmeridian* fortwährend in Coincidenz mit der Ebene des *Blickfeldmeridians* bleibt, und dass folglich das von letzterem entworfene Bildchen sich in dem *Netzhautmeridian* in der Art verschiebt, dass Bildchen und Meridianlinie beständig zusammenfallen.

Man erkennt leicht, dass dieses in sich selbst Verschieben der einzelnen Meridiane und die daraus folgende Unveränderlichkeit des Netzhautbildes eine direkte Folge des Listing'schen Gesetzes ist und nur dann stattfindet, wenn die Bewegung von der Primärstellung aus erfolgt.

Der Bewegung des Blickpunktes längs eines Meridians entspricht

---

Neigung bei der Wahl der Bezeichnung lediglich im Interesse einer kurzen Ausdrucksweise.

<sup>1)</sup> Dass die Meridiane über den ganzen Augapfel sich erstreckend gezeichnet sind, während die Netzhaut nur einen Theil desselben einnimmt, wird nicht geniren.

im Raum die Bewegung der Blicklinie in einer Ebene, wie sie z. B. ausgeführt wird, wenn der Blick eine gerade Linie verfolgt. Wir können demgemäss unser Resultat auch so aussprechen:

Wenn das Auge von der Primärstellung aus eine gerade Linie fixirend verfolgt, so verschiebt sich dabei das Netzhautbildchen beständig in sich selbst, so dass die einzelnen Partien oder Elemente der Linie fortwährend in unverändertem Netzhautbild erscheinen, und zwar gilt dies, welche Richtung auch die gerade Linie haben mag. Die nothwendige Folge davon ist, dass die Linie dem Auge auch wirklich den Eindruck der Geradlinigkeit macht.

Anders ist es, wenn die Bewegung nicht von der Primärstellung, sondern von einer *Sekundärstellung* aus geschieht.

Denken wir uns die sekundäre Anfangsstellung — ähnlich wie vorhin die Primärstellung — als Grundlage für die Construction einer vorübergehenden Meridianeintheilung des Blickfeldes, denken wir uns also vorübergehend, in unsrer *Fig. 8* repräsentire die Linie *OH* nicht die *Primärstellung*, sondern irgend eine *Sekundärstellung*: so würde auch wieder jedem solchen Meridian ein bestimmter Netzhautmeridian entsprechen. Bewegt sich aber jetzt der Blickpunkt längs eines Meridians, so ist diese Bewegung mit einer gleichzeitigen *Raddrehung* verbunden, welche während der Bewegung das Meridiansystem des Augapfels gegen dasjenige des Blickfeldes um die Blicklinie verdreht, so dass eine Coincidenz der Ebenen der zwei entsprechenden Meridiane und demzufolge eine Unveränderlichkeit der Lage des Netzhautbildchens nicht möglich ist.

Verfolgen wir z. B. eine horizontale Gerade in grösserer Höhe als die Primärstellung, so fällt das Netzhautbildchen der mittleren Partie mit dem Netzhauthorizont zusammen und neigt sich alsdann beim Verfolgen der Linie in der Richtung nach links — immer mehr nach links abwärts. Ebenso entwerfen die Partien der rechten Seite ein immer stärker nach rechts gegen den Netzhauthorizont geneigtes Bildchen. — Aus diesen Einzeleindrücken setzt sich dann das *Gesamtbild* zusammen<sup>1)</sup>. Das Resultat der Zusammensetzung ist,

---

<sup>1)</sup> Es darf nicht ohne weiteres geschlossen werden, dass es die Netzhaut selbst sei, welche die Empfindung der schiefen Stellung der Einzelbildchen übermittelt. Ob das im Netzhautbildchen objektiv repräsentirte Resultat der Bewegung durch Vermittelung der Sehnervfasern —, oder ob der dieses Resultat bewirkende

dass die Linie sich nach rechts und links abwärts zu neigen scheint und also den Eindruck einer nach unten concaven Bogenlinie macht.

Ganz ebenso wie mit dieser horizontalen Linie verhält es sich mit jeder andern Geraden, die das Auge nicht von der Primärstellung aus verfolgt. Jede solche Linie erscheint dem Auge concav gegen den *Hauptblickpunkt* gebogen, und zwar um so stärker, je grösser ihre Entfernung vom Hauptblickpunkt ist.

Man kann die Erscheinung am besten an langen horizontalen Linien, z. B. an den architektonischen Linien einer langen Façade, wahrnehmen. *Fig. 1*, welche das Bild einer vierfachen Säulenreihe (Grundriss siehe *Fig. 4*) repräsentirt, zeigt den Charakter dieser Krümmungen, allerdings in starker Uebertreibung.

Fig. 1.  
(Tafel I.)

Wir wollen diese scheinbaren Bogenlinien kurz als *subjektivperspektivische Curvaturen* bezeichnen und werden denselben in §. 7 eine eingehende Betrachtung widmen.

## §. 6.

### Doppel-Auge, Kopfdrehungen, Augenmass.

Ehe wir in unserem unmittelbaren Thema fortfahren, erscheint es nothwendig, das Gebiet, auf das sich seither unsere Betrachtung des Sehprocesses beschränkte, zu erweitern und dadurch unseren Anschauungen über das Wesen desselben die nothwendige Vervollständigung zu ertheilen.

Wir haben uns im Bisherigen lediglich auf das Sehen mit einem Auge beschränkt. Wir sehen aber thatsächlich mit zwei Augen.

Wir können uns hier selbstverständlich nicht auf die Erörterung der ganzen Theorie des *binokularen Sehens* einlassen und müssen in

---

Bewegungsvorgang durch Vermittelung der Muskelgefühle —, oder ob endlich der zu dieser Bewegung aufgewendete Willensakt direkt zum Bewusstsein kommt, ist wenigstens für das faktische Resultat der Wahrnehmung und der im Gehirn sich vollziehenden Combination der Einzeleindrücke zu einem Gesamteindruck vollkommen gleichgiltig. — Die Wahrscheinlichkeit spricht übrigens dafür (vergl. §. 4 S. 15), dass es die *Innervationsgefühle* sind, welche jede bestimmte Stellung des Auges (inclusive *Raddrehung*) scharf charakterisiren und zum Bewusstsein bringen, und dass den sogen. *Lokalzeichen* der Empfindung der Netzhaut eine mehr untergeordnete, kontrolirende Bedeutung zukommt.