

unsres Malers bestehe aus elastischer Substanz, die sich während seiner Arbeit beständig dehnt und zusammenzieht, so dass die Contouren seiner Skizze ihre Form beständig ändern. —

Dass in der That dies den wahren Vorgang repräsentirt, erkennt man leicht. Denn es ist einleuchtend, dass das Netzhautbildchen bei der Verschiebung nur in dem Falle sich beständig congruent bleiben könnte, wenn der Augapfel eine vollständige, sich um ihren Mittelpunkt drehende Kugel wäre und wenn der Kreuzungspunkt der Lichtstrahlen, welche das Netzhautbildchen erzeugen (*Knotenpunkt* des Listing'schen »reducirten Auges«), gerade in den Mittelpunkt der Kugel fallen würde. Dies ist aber nicht der Fall. Erstlich hat die hintere Hälfte des Augapfels die ungefähre Form eines abgeplatteten Ellipsoides, in dessen Mittelpunkt der Drehpunkt fällt, und zweitens liegt der Kreuzungspunkt etwa 6 mm vor dem Drehpunkt.

Diese Betrachtung zeigt nun schlagend die Unzulässigkeit des von der geometrischen Perspektive befolgten Princips, die Gestalt des Netzhautbildchens als massgebend für die Gestaltung des perspektivischen Bildes vorauszusetzen. »Das Netzhautbild erzeugt durchaus nicht immer Gesichtsvorstellungen, die mit seiner eigenen Form übereinstimmen« (*Wundt*) und kann es schon deshalb nicht, da diese Form eine unbestimmte ist. — —

Dass die Perspektive von den neueren Errungenschaften der physiologischen Optik ganz unberührt geblieben ist, erklärt sich zum Theil wohl aus dem Umstande, dass die vermeintliche absolute Richtigkeit ihres Princips und ihrer Formgestaltung eine scheinbare Bestätigung durch die Camera-obscura-Bilder der *Photographie* erfuhr. Durch diese wurde bewirkt, dass der centralperspektivische Gestaltungscharakter mehr und mehr ins allgemeine Bewusstsein übergieng, und dass demselben unwillkürlich eine aprioristische Richtigkeit vindicirt wurde, die ihm in keiner Weise zukommt.

§. 3.

Der Mechanismus der Augenbewegungen.

Um die Frage, welchen Bedingungen ein perspektivisches Bild Genüge leisten müsse, beantworten zu können, ist es vor allem nothwendig, dass wir den Sehprocess, wie er sich durch die Augen-

bewegungen begründet, einer eingehenden Erörterung unterwerfen¹⁾. — Wir beginnen mit der Betrachtung der Bewegungsthätigkeit des Auges, indem wir schon im Voraus bemerken, dass die Anschauungen, die wir zunächst für die Bewegungen des *Einzel-Auges* gewinnen werden, sich schliesslich sehr leicht auf das *Doppel-Auge* übertragen lassen.

Der Bewegungs-Mechanismus des Auges wird gebildet von sechs *Muskeln*, die an dem — in der Augenhöhle frei beweglichen — Augapfel angeheftet sind und von denen je zwei ein *antagonistisch* zusammenwirkendes Paar bilden. Diese drei Paare werden bezeichnet als:

- 1) *Rectus externus* und *internus*,
- 2) *Rectus superior* und *inferior*,
- 3) *Obliquus superior* und *inferior*.

Fig. 9.
(Tafel II.)

Fig. 9, welche den linken Augapfel von oben gesehen darstellt, zeigt rechts und links das erste Muskelpaar, von den zwei andern Paaren dagegen nur je den *superior*. Der zugehörige *inferior* ist an die untere Seite des Augapfels angeheftet und ist in der Zeichnung ungefähr unter dem entsprechenden *superior* liegend zu denken. Der *Obliquus superior* läuft von der hinteren Augenhöhle zuerst nach vorne bis zum Punkt *s*, wo seine Sehne durch eine kleine — am Rande der Augenhöhle befestigte — *Schleife* geht, und biegt dann nach links um.

Wir denken uns bei der ganzen folgenden Betrachtung den Kopf stets in aufrechter, unveränderlich fester Haltung, so dass nur eine Drehung des Augapfels innerhalb der unbeweglichen Augenhöhle möglich ist.

Es können alsdann sämtliche Bewegungen, die das Auge unter der Einwirkung der sechs Muskeln ausführt, zerlegt werden in 3 Einzeldrehungen, nämlich:

- 1) eine *Seitwärtsdrehung* nach rechts und links um eine gedachte *vertikale Achse*,
- 2) eine *Auf- und Abwärtsdrehung* um eine gedachte *horizontale Querachse*, welche mit der Verbindungslinie der Drehpunkte beider Augen, der sogen. *Basallinie* zusammenfällt,

¹⁾ Wir halten uns dabei an die im Literaturnachweis (S. V) genannten klassischen Werke von *Helmholtz* und *Wundt*. Zur genaueren Orientirung ist zu vergleichen: *Helmholtz*, S. 427—820, (auf die kurze Uebersicht S. 796—804 mag ausdrücklich aufmerksam gemacht werden); *Wundt*, S. 522—642.

3) eine sogen. *Raddrehung* (oder *Rollung*) um die Blicklinie (so genannt, weil bei derselben die *Iris* sich dreht wie ein Rad).

Es ist einleuchtend, dass die zwei ersten Drehungsmöglichkeiten vollständig ausreichen würden, um die Augenachse in jede beliebige Stellung zu bringen und also den Blick nach jedem beliebigen Punkte zu richten. Wir hätten alsdann den einfachen Mechanismus des *Theodoliten*. — Dass nun aber beim Auge thatsächlich noch die dritte Art der Drehung, die *Raddrehung* hinzukommt, hat seinen Grund in Folgendem:

Man darf nicht etwa vermuthen, jede der genannten drei Drehungen sei die ausschliessliche Funktion eines einzigen der genannten drei Muskelpaare. Dies ist nur für die *Seitwärtsdrehung* der Fall, welche — wenigstens sehr näherungsweise — ausschliesslich von dem ersten Muskelpaar (*Rect. ext.* und *int.*) ohne Beihilfe der zwei andern besorgt wird.

Die Thätigkeit eines Muskels bei der Ausführung einer bestimmten Bewegung besteht nämlich darin, dass er durch seine *Contraction* auf den Augapfel einen Zug in der Längenrichtung des Muskels ausübt. So erfolgt z. B. eine Drehung nach links¹⁾, wenn sich der *Rect. ext.* contrahirt, — nach rechts, wenn sich der *Rect. int.* contrahirt.

Nun liegt jedes Muskelpaar in einer bestimmten Ebene, in welcher also auch die von ihm ausgeübten Züge liegen; und daher erfolgt die Drehung, welche der Augapfel in Folge dieser Züge erleidet, um eine Achse, welche zu jener Ebene senkrecht ist.

Bei dem seitlichen Muskelpaar (*Rect. ext.* und *int.*) weicht die Ebene nur ein Minimum von der horizontalen Lage ab, und daher weicht auch die zu ihr senkrechte Drehachse nur ein Minimum von der vertikalen Stellung ab. Die Drehung nach links und rechts kann also von diesem Muskelpaar ganz allein ausgeführt werden.

Anders ist es dagegen bei der Auf- und Abwärtsdrehung. Wie die *Fig.* zeigt, ist der *Rect. sup.*, sowie die ganze Ebene des zweiten Muskelpaars nicht gerade von hinten nach vorne, sondern von rechts hinten nach links vorne gerichtet. Die zu dieser Richtung senkrechte Drehachse — in *Fig. 9* durch *rr* bezeichnet — hat daher nicht die genaue Richtung von links nach rechts; sie ist zwar hori-

¹⁾ Die Bezeichnungen hier und im Folgenden beziehen sich unsrer *Fig.* entsprechend auf das linke Auge.

zontal, macht aber mit der *Basallinie* einen Winkel von etwa 20° . — Ganz ähnlich verhält es sich mit dem dritten (*obliquen*) Muskelpaar. Die Richtung der Muskelebene ist in der *Fig.* durch die Richtung des *Obl. sup.* von der Ansatzstelle am Augapfel bis zur Schleife *s* ersichtlich; die zu ihr senkrechte Drehachse ist durch *oo* angedeutet. Sie ist horizontal und macht mit der *Basallinie* einen Winkel von etwa 55° .

Hieraus geht zunächst klar hervor, dass keines der zwei letztgenannten Muskelpaare für sich allein im Stande ist, den Augapfel um die gedachte, mit der *Basallinie* zusammenfallende Querachse zu drehen, d. h. eine einfache *Hebung* und *Senkung* des Blickes zu bewirken, dass vielmehr eine solche Bewegung nur durch ein combinirtes Zusammenwirken beider Muskelpaare möglich ist.

Andererseits aber folgt aus dem Gesagten auch, dass eine solche combinirte Bewegung im Allgemeinen stets mit einer *Raddrehung* verbunden sein wird. Denn denken wir uns das Auge in seiner natürlichen Ruhelage mit horizontaler, von vorne nach hinten gerichteter Augenachse, und bezeichnen das in dieser Lage durch die *Netzhautgrube* gehende horizontale Linienelement, das wir uns auf der *Netzhaut* markirt denken wollen, kurz als *Netzhauthorizont*: so würde dieser *Netzhauthorizont* nur bei einer Drehung um die mit ihm parallele *Basallinie* sich beständig parallel bleiben. Findet aber Drehung um eine mit ihm nicht parallele Achse statt — z. B. um die Achse *rr* bei blosser Wirkung des zweiten Muskelpaars —, so wird der *Netzhauthorizont* bei der Drehung eine Kegelfläche beschreiben und folglich nach Vollendung der Drehung eine *schiefe Stellung* eingenommen haben. Ganz in derselben Weise bei der Drehung um die Achse *oo* in Folge ausschliesslicher Wirkung des dritten Muskelpaars.

Lassen wir nun beide Muskelpaare combinirt wirken, so dass gleichzeitige Drehungen um *rr* und *oo* erfolgen, so bewirkt sowohl die Drehung des einen, als des andern Muskelpaars für sich eine Schiefstellung des *Netzhauthorizontes*. Diese zwei verschiedenen Schiefstellungen summiren sich algebraisch; sie können sich unter bestimmten Umständen allerdings gegenseitig aufheben, im Allgemeinen aber wird dies nicht der Fall sein, sondern wird der *Netzhauthorizont* nach vollendeter Drehung noch einen gewissen Betrag der Schiefstellung aufweisen. Das Resultat der Bewegung ist also ganz dasselbe, wie wenn die resultirende neue Stellung der Blicklinie nur durch eine (theodolitenartige) Drehung um die gedachte vertikale Achse und die *Basallinie*

erfolgt und die Schiefstellung des Netzhauthorizontes durch eine gleichzeitige *Raddrehung um die Blicklinie* bewirkt worden wäre ¹⁾.

Es wurde schon angedeutet, dass die — durch die Wirkung des einen und des andern Muskelpaars erzeugten — Raddrehungen sich unter Umständen compensiren können. Es möge nun schon hier auf die Thatsache hingewiesen werden, dass das Auge nicht alle Bewegungen mit gleichem Wohlgefallen ausführt; es sucht vielmehr solche, welche mit grösseren Raddrehungen verbunden sind, möglichst zu vermeiden und bevorzugt im Falle freier Wahl diejenige Bewegung, welche die relativ kleinsten Raddrehungen bedingt.

§. 4.

Das Innervationsgefühl und die Blickbahnen.

Nerveneinfluss

Es ist bekannt, dass jede beabsichtigte Bewegung auf *Nervenimpulsen* beruht, die im Gehirn durch den Willensreiz erzeugt — die Innervation auf die mit den Nervenfasern in Verbindung stehenden Muskelfasern übertragen und dadurch die Contraktionen der letzteren veranlassen, deren Folge die Ausführung der beabsichtigten Bewegung ist.

Der Grad der Innervation, die wir den Muskeln zufließen lassen, kommt uns hiebei unmittelbar zum Bewusstsein, insoferne derselbe in direkter Beziehung zu der dazu aufgewendeten *Willensenergie* steht.

¹⁾ Man kann die jeweilige Stellung des *Netzhauthorizontes* auf sehr einfache Weise controliren dadurch, dass man ein in die Richtung desselben fallendes *Nachbild* erzeugt. Man spannt (s. *Helmholtz* S. 463) an der Wand eines Zimmers mit horizontallinigem Tapetenmuster von matter Farbe ein schmales farbiges Band (dessen Farbe gegen die Farbe der Tapete stark contrastirt) in horizontaler Lage auf. Stellt man sich nun mit fest angestemmtem, aufrecht gehaltenem Kopfe dem Band gegenüber auf und fixirt eine Zeit lang scharf die Mitte des Bandes, so entsteht von demselben ein complementäres Nachbild, das — wenn man den Blick über die Wand schweifen lässt — sich auf diese projicirt und sich mit dem Blicke bewegt. Dasselbe gibt in seiner grösseren oder geringeren Schiefstellung für jede Stelle des Blickfeldes die momentane Schiefstellung des Netzhauthorizontes wieder. Der Winkel, unter dem das Nachbild gegen den Horizont geneigt erscheint, gibt den Winkel an, um den sich der Netzhauthorizont gedreht hat, er repräsentirt also den *Raddrehungswinkel* des Auges. (Wir sagen ausdrücklich: »*der Winkel, unter dem das Nachbild erscheint*«, da das Bild ja nicht auf eine Kugelfläche, sondern auf die ebene Wand projicirt wird, was eine kleine perspektivische Verschiebung zur Folge hat.)