Rechnungen, die jetzt die Grundlage aller dioptrischen Rechnungen sind, die sich auf das menschliche Auge beziehen, in dem Artikel „Dioptrik des Auges“ in Rudolf Wagner's Handwörterbuch der Physiologie niedergelegt.

Wenn wir also die Grösse des Netzhautbildes von einem Objecte bestimmen wollen, so ziehen wir von dessen Endpunkten nach dem vorderen Knotenpunkte gerade Linien, und mit diesen parallel ziehen wir gerade Linien vom hinteren Knotenpunkte zur Netzhaut, dann erhalten wir das Netzhautbild in seiner umgekehrten Lage und in seiner Grösse. Es verhält sich also jeder Durchmesser des Netzhautbildes zu dem entsprechenden des Objectes, wie sich verhält die Entfernung des Netzhautbildes vom hinteren Knotenpunkte zur Entfernung des Objectes vom vorderen Knotenpunkte. Das ist der Satz, auf dem die ganze malerische Perspective beruht.

Da nun diese beiden Knotenpunkte nur sehr wenig von einander entfernt liegen, so kann man für eine Menge praktischer Fragen ihre Entfernung von einander vernachlässigen und sie als in einen Punkt zusammenfallend ansehen. Diesen Punkt bezeichnet man mit dem Namen des Kreuzungspunktes der Sehstrahlen, weil man ihn als Durchschnittspunkt erhält, wenn man zwei oder mehrere Punkte des Objectes mit correspondirenden Punkten des Bildes durch gerade Linien verbindet.

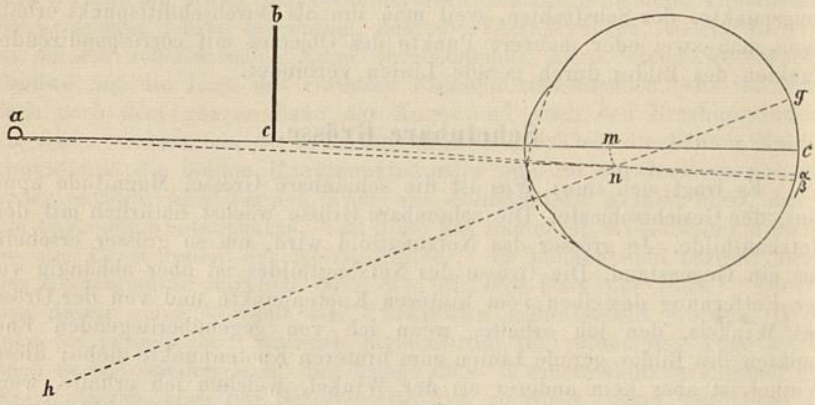
Scheinbare Grösse.

Es fragt sich nun: Was ist die scheinbare Grösse, Magnitudo apparens, der Gesichtsobjecte? Die scheinbare Grösse wächst natürlich mit dem Netzhautbilde. Je grösser das Netzhautbild wird, um so grösser erscheint uns ein Gegenstand. Die Grösse des Netzhautbildes ist aber abhängig von der Entfernung desselben vom hinteren Knotenpunkte und von der Grösse des Winkels, den ich erhalte, wenn ich von gegenüberliegenden Endpunkten des Bildes gerade Linien zum hinteren Knotenpunkte ziehe: dieser Winkel ist aber kein anderer als der Winkel, welchen ich erhalte, wenn ich von den entsprechenden gegenüberliegenden Punkten des Objectes gerade Linien zum vorderen Knotenpunkte hinziehe. Da nun beim Sehen mit unbewaffnetem Auge die Knotenpunkte nur wenig ihren Ort verändern — sie verändern ihren Ort bei der Accommodation, aber in verhältnissmässig engen Grenzen — so ist im Grossen und Ganzen die scheinbare Grösse von diesem Winkel abhängig, welchen man mit dem Namen des Sehwinkels bezeichnet.

Nun ist aber die Grösse des Netzhautbildes nicht das einzige Mittel, wonach wir die Grösse der Gegenstände beurtheilen. Wir begnügen uns damit nur bei kleinen Gegenständen, die wir mit einem Blicke übersehen. Wenn wir es aber mit grösseren Gegenständen zu thun haben, so durchmessen wir sie mit unseren Augen in ähnlicher Weise, wie der Astronom die Grössen am Himmel mit seinem Fernrohre durchmisst und ihre Abstände nach den Lagen bestimmt, die er demselben geben muss, um ein Object nach dem andern einzustellen. Hiebei dreht sich das Auge, indem es aus der Fixation des einen Endes des Gegenstandes in die des andern Endes des Gegenstandes übergeht, um eine Axe, und bei einer andern Bewegung wieder um eine andere Axe. Alle diese Axen schneiden sich

zwar nicht genau, aber näherungsweise in einem Punkte, und diesen nennen wir den Drehpunkt. Der Drehpunkt ist also derjenige Punkt im Auge, den man sich bei den verschiedenen Bewegungen desselben als ruhend zu denken hat. Dieser aber fällt weder mit dem vorderen, noch mit dem hinteren Knotenpunkte zusammen. Die scheinbare Grösse, der Winkel, den ich bei diesem Durchmessen erhalte, stimmt somit nicht genau mit dem überein, was ich früher als Gesichtswinkel bezeichnet habe. So lange die Objecte sehr klein sind, so lange ich es nur mit Punkten zu thun habe, die dem Fixationspunkte ganz nahe liegen, so lange wird diese Differenz nicht merklich; je mehr ich aber grössere Augenbewegungen mache, um so mehr wird dieser Unterschied merklich, und das ist, wenn auch keineswegs der einzige, doch mit ein Grund für die mangelhafte Orientirung, welche wir im indirecten Sehen haben. Dass der Drehpunkt des Auges wirklich hinter den Knotenpunkten liegt, davon kann man sich durch einen einfachen Versuch überzeugen. Denken Sie sich, ich hätte ein Object (Fig. 38 *a*), und ich verdecke es, während ich es fixire, vollständig durch

Fig. 38.



einen vorgeschobenen Schirm *b c* und wende jetzt mein Auge so, dass die Gesichtslinie von dem Rande des Schirmes, also auch vom Objecte abgewendet wird, die Lage von *h g* annimmt; so kommt das Object hinter dem Rande des Schirmes wieder zum Vorschein. Wie geht das zu? Das rührt daher, dass ich mit der Gesichtslinie auch die Knotenpunkte bewegt habe, und dass sie einen Kreisbogen *m n* beschrieben haben. Das Object *a* wird jetzt im indirecten Sehen gesehen, und wenn ich sein Netzhautbild finden will, so muss ich eine gerade Linie durch den sogenannten Kreuzungspunkt der Sehstrahlen *n* ziehen, dann finde ich das Bild in α. Will ich das Bild des Schirmrandes *c* finden, so muss ich von diesem wieder eine gerade Linie durch *n* ziehen und finde dasselbe in β. Da nun α dem Centrum retinae *c* näher liegt als β, so kann *a* nicht mehr von *b c* verdeckt werden.

Auf alle Fälle aber ist die scheinbare Grösse, mag ich sie bestimmen aus dem Netzhautbilde oder aus den Augenbewegungen, ein Winkelwerth, und sie kann nicht im Linearmasse ausgedrückt werden und auch nicht durch Vergleichung mit anderen Dingen, die mit Linearmass gemessen werden.

Es ist gar nicht selten, dass man Laien miteinander streiten hört, wie gross man den Mond sehe. Der eine sagt, er sehe den Mond so gross wie einen Fassboden, der andere sagt, er sehe ihn so gross wie einen Teller, der dritte sagt, er sehe ihn so gross wie einen Silbersechser. Die drei können sich natürlich nicht miteinander einigen, aber sie haben alle drei Recht. Denn es handelt sich nur darum, wie weit ich mir den Fassboden, den Teller oder den Silbersechser vom Auge entfernt vorstelle, um einen Winkelwerth herauszubringen, welcher gleich ist demjenigen der scheinbaren Grösse des Mondes.

Ich muss hiebei bemerken, dass die Entfernung, in welcher wir derartig entfernte Körper, wie den Mond, sehen, bei Weitem unterschätzt wird, und dass wir meist geneigt sind, das Bild des Mondes mit dem von verhältnissmässig grossen terrestrischen Dingen zu vergleichen, die wir uns unbewusst mehr oder weniger entfernt vom Auge vorstellen. Helmholtz bemerkt, dass auf dem blinden Flecke der Netzhaut, also auf der Eintrittsstelle des Sehnerven, eilf Vollmonde nebeneinander Platz haben.

J. Plateau hat über das Unterschätzen der Entfernung des Mondes folgenden interessanten Versuch durch seinen Sohn anstellen lassen. Der letztere projicirte das Nachbild des Vollmondes auf eine Mauer und näherte oder entfernte sich, bis ihm das projicirte Nachbild ebenso gross erschien, wie ihm der Mond erschienen war. Seine Entfernung von der Mauer fand sich dann gleich 51 Meter. Er hatte also, als er den Mond ansah, diesen in einer Entfernung von nur 51 Metern vorgestellt.

Eine nur theilweise erklärte Thatsache ist es, dass der Mond am Horizont uns immer grösser erscheint, als wenn er höher am Himmel steht. Natürlich kann dies nur daher rühren, dass wir die Entfernung des Mondes grösser schätzen, wenn er sich am Horizont befindet, als wenn er hoch am Himmel steht. Es fragt sich aber, wie das zu erklären sei. Man sagt, dass es davon herrühre, dass in dem unteren Theile der Atmosphäre mehr Dünste seien, und es Einem vermöge der stärkeren Wirkung der Luftperspective vorkomme, als ob der Mond entfernter sei. Es reicht aber diese Erklärung nicht ganz aus, denn bei terrestrischen Gegenständen unterliegt man ähnlichen Täuschungen. In meiner Heimat befand sich eine sehr hohe Stange, auf welche alljährlich ein Holzvogel gesteckt wurde, um darnach zu schiessen. Wenn dies geschehen sollte, wurde sie horizontal gelegt, und ich erinnere mich, dass mir der Vogel immer kleiner erschien, wenn sie aufgerichtet war, als ich ihn vorher vom Fussende der Stange aus gesehen hatte. Es scheint, dass man auch mitberücksichtigen muss, dass uns der Boden und die Gegenstände, die sich auf dem Boden befinden, einen Anhaltspunkt für die Schätzung der Entfernung geben, und dass man die Entfernung da mehr unterschätzt, wo Einem solche Anhaltspunkte nicht zu Gebote stehen.

Dass die scheinbare Grösse ein Winkelwerth ist, das wird auch manchmal bei der Angabe der Vergrösserungen des Mikroskops vergessen. Man glaubt genug zu thun, wenn man sagt, dieses Linsensystem vergrössert mit dem und dem Oculare fünfhundertmal. Das hat aber nur einen Sinn, wenn man eine bestimmte Entfernung zu Grunde gelegt, in welcher man sich das Object vor dem Auge vorstellt. Wenn ich sage: Der Gegenstand erscheint mir fünfhundertmal vergrössert, so hat das an und für sich keinen Sinn. Wenn ich aber sage, der Gegenstand erscheint

mir unter dem Mikroskope fünfhundertmal so gross, als mir derselbe Gegenstand erscheinen würde, wenn er sich vor dem freien Auge und acht Pariser Zoll vom Corneascheitel entfernt befinden würde, so hat dies allerdings einen Sinn.

Hiemit hängt es zusammen, dass auch bei Zeichnungen bisweilen die Vergrösserung, in welcher die Zeichnung den Gegenstand darstellt, ganz incorrect angegeben wird. Der Mikroskopiker zeichnet seinen Gegenstand aus dem Mikroskop, „so wie er ihn sieht", wie er sich wohl ausdrückt. Dann nimmt er die Tabelle, die ihm der Optiker über die Vergrösserung mitgegeben hat, und sieht, bei welcher Vergrösserung er gezeichnet. Diese schreibt er als Vergrösserung seines Bildes dazu. Dabei findet man nun manchmal die gröbsten Incongruenzen, wenn man die Vergrösserung wirklich in correcter Weise bestimmt, das heisst, wenn man einen bekannten Gegenstand in der Abbildung, z. B. ein Blutkörperchen durchmisst und dieses Mass mit der reellen Grösse des Blutkörperchens vergleicht. Man soll deshalb die Vergrösserung von Zeichnungen, wenn man sie überhaupt angibt, immer so angeben, dass man das Object mikrometrisch unter dem Mikroskope durchmisst und dann die Zeichnung misst. Die zuletzt gefundene Grösse dividirt man durch die zuerst gefundene: der Quotient ist dann die Zahl, mit welcher man die Vergrösserung bezeichnen muss.

Wenn man für gewöhnlich nach dem Augenmasse die Durchmesser von Dingen angibt, so gibt man sie nicht in scheinbarer, sondern in wirklicher Grösse an, man gibt sie in linearem Maasse an. Man fällt ein Urtheil über die wirkliche Grösse, indem man einen unbewussten Schluss zieht aus der scheinbaren Grösse und aus der Entfernung, welche man dem Gegenstande zuschreibt. Dieser Schluss ist, wie gesagt, unbewusst: derjenige, der schätzt, gibt sich keine Rechenschaft über die Entfernung des Gegenstandes und noch weniger über die scheinbare Grösse desselben. Wenn man einen Förster fragt: Wie dick ist der Baum, der da steht? so sagt er mit ziemlicher Genauigkeit: Er hat so und so viel im Durchmesser. Fragt man aber den erfahrensten Förster, wie gross der Sehwinkel sei, unter dem er diesen Baumstamm sieht, so wird er nicht im Stande sein, darüber auch nur die geringste Auskunft zu geben. Hiemit hängt es zusammen, dass auch die wirkliche Grösse der Dinge überschätzt oder unterschätzt wird, je nachdem man die Entfernung, in welcher sich die Gegenstände befinden, überschätzt oder unterschätzt. Nordländer, die in den Alpen reisen, unterschätzen anfangs alle Entfernungen. Es hängt das mit der grösseren Durchsichtigkeit der Luft zusammen. Man kann nicht selten bemerken, dass sie mit der Grösse der Entfernung auch im hohen Grade die Dimensionen der Gegenstände unterschätzen. Ich habe einmal an einem unserer Gebirgsseen zwei Reisende darüber streiten hören, was denn der rothe Fleck am anderen Ufer des Sees sei. Der eine meinte, es sei ein rothes Tuch. Der andere meinte, es sei ein Zeichen von rothangestrichenen Brettern, das sich die Fischer gemacht hätten. In Wahrheit aber war dieser rothe Fleck nichts Anderes als ein Lager von rothem Gestein mit einem quadratischen, zu Tage liegenden Querschnitte, der vielleicht das Zwanzigfache von dem Areale hatte, welches ihm der Reisende zuschrieb, indem er es mit einem rothen Tuche verglich.