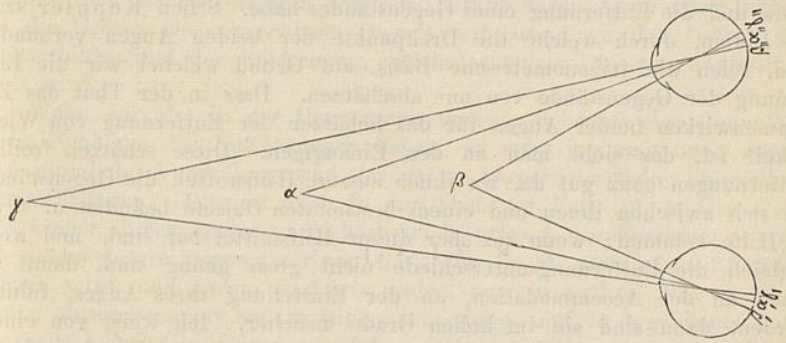
an einen und denselben Ort wirft; aber die sich bewegenden Theile, die Blutkörperchen, sind uns unter Umständen schon mit freiem Auge sichtbar. Wenn wir gegen einen sehr hellen Grund, z. B. gegen den hell beleuchteten Himmel sehen, so dass die Pupille sehr enge wird, dann sehen wir im Sehfelde eine Menge heller Punkte, die sich in einer gewissen Reihenfolge, mit einer gewissen Regelmässigkeit und in gewissen Richtungen bewegen. Wenn wir diese Punkte längere Zeit beobachten, so können wir kaum bezweifeln, dass dieselben dem optischen Effecte der Blutkörperchen in den Netzhautgefässen ihren Ursprung verdanken. Sie sind Schlagschatten im physikalischen Sinne des Wortes, aber man muss dabei berücksichtigen, dass Schlagschatten in Folge der Refraction und der Diffraction nicht überall dunkler sind als der Grund, auf dem sie sich abzeichnen.

Binoculäres Sehen.

Durch das binoculäre Sehen, durch das gleichzeitige Auffassen mit beiden Augen wird es möglich, dass Fehler und Unvollkommenheiten des einen Auges bis zu einem gewissen Grade durch das andere Auge ausgeglichen werden. Ferner beruhen auf dem binoculären Sehen zum guten Theile unsere Vorstellungen von der Körperlichkeit der Dinge und im Zusammenhange damit auch die Vorstellungen von der Entfernung der Dinge von uns. Wenn wir einen Gegenstand deutlich sehen wollen, so suchen wir ihn in beiden Augen im sogenannten Centrum retinae, im Grunde der Fovea centralis retinae, abzubilden. Wir suchen also eine gedachte gerade Linie auf ihn zu richten, welche durch den zwischen den Knotenpunkten liegend gedachten Kreuzungspunkt der Sehstrahlen und durch das Centrum retinae hindurchgeht. Diese Linie nennen wir die Gesichtslinie. Die Gesichtslinie ist also von allen Sehstrahlen, das heisst von allen geraden Verbindungslinien zwischen Bild und Object, diejenige, welche das Centrum retinae im Grunde der Fovea centralis trifft. Einen Punkt im Sehfelde, auf den eine Gesichtslinie gerichtet ist, nennen wir einen Blickpunkt, und einen Punkt, auf den beide Gesichtslinien gerichtet sind, an dem also zwei Blickpunkte in einen zusammengefallen sind, bezeichnen wir mit dem Namen des Fixationspunktes, wir sagen von diesem Punkte, er sei in der Fixation. Die Stellen der Bilder der Blickpunkte, die ja in beiden Augen in den Grund der Fovea centralis, in das sogenannte Centrum retinae fallen, sind identische Stellen, d. h. ihre Eindrücke werden nicht doppelt, sondern einfach empfunden, indem wir deren Ursachen für beide Augen an einen und denselben Ort des Sehraumes versetzen. Das fixirte Object wird also einfach gesehen. Denken Sie sich, der Punkt α Figur 55 sei der Fixationspunkt, so wird dieser in beiden Augen in der Fovea centralis retinae abgebildet, und zwar in $\alpha_{,}$ und $\alpha_{,,}$. Wir sprechen hier zunächst nur von Augen, die eine normale Fixation haben, wir nehmen aus die schielenden, bei denen entweder ein Auge feststeht oder doch nur Bewegungen in beschränkter Ausdehnung macht, oder bei denen das zweite Auge zwar dem ersten in seinen Bewegungen folgt, aber so, dass keine Fixation zu Stande kommt, dass der angesehene Punkt nicht in beiden Augen, sondern nur in einem Auge im Grunde der Fovea centralis retinae abgebildet wird. Denken Sie sich nun, es wäre diesseits von α ein zweiter Punkt β, und Sie zögen von ihm durch den Kreuzungs-

punkt der Sehstrahlen zur Netzhaut hin eine Gerade, um sein Bild zu finden, so wird er in dem einen Auge in $\beta_{,,}$ im andern Auge in $\gamma_{,,}$ abgebildet werden. Er wird also in beiden Augen nach der Schläfenseite hin abgebildet werden. Das eine Auge muss ihn also im Sehfelde nach links vom fixirten Punkte versetzen, das andere Auge muss ihn nach rechts davon versetzen. Es ist also klar, dass dieser Punkt Doppelbilder geben muss, und zwar sogenannte gekreuzte Doppelbilder, indem, wenn ich das rechte Auge schliesse, das zur linken Hand liegende Doppelbild verschwindet, und wenn ich das linke Auge schliesse, das zur rechten Hand liegende Doppelbild verschwindet. Denke ich mir umgekehrt, ich hätte einen Punkt γ, der jenseits von α liegt, so wird dieser Punkt, wenn ich von ihm eine Gerade durch den Kreuzungspunkt der Sehstrahlen ziehe, in dem einen Auge in $\gamma_{,,}$ in dem andern in $\beta_{,,}$, in jedem nach der Nasenseite hin, abgebildet. Das rechte Auge muss ihn also nach rechts von dem fixirten Punkte verlegen und das linke nach links von dem fixirten Punkte. Ich kann also auch diesen Punkt nicht einfach sehen, sondern

Fig. 55.



ich muss ihn doppelt sehen, und zwar habe ich hier sogenannte gleichsinnige Doppelbilder, indem, wenn ich das rechte Auge schliesse, das rechte Doppelbild verschwindet, und wenn ich das linke Auge schliesse, das linke Doppelbild verschwindet.

Die Doppelbilder werden im Allgemeinen weniger deutlich gesehen als die einfachen Bilder von Gegenständen, die in der Gegend des Fixationspunktes liegen: erstens, weil jedes Doppelbild nur auf einer Netzhaut abgebildet wird, und auf der anderen Netzhaut an der betreffenden Stelle etwas Anderes abgebildet ist, zweitens, weil die Doppelbilder im indirecten Sehen liegen, und drittens, weil das Auge für die Entfernung der Gegenstände, welche Doppelbilder geben, in der Regel nicht eingestellt ist. Für gewöhnlich und bei der Mehrzahl der Individuen stellt sich das Auge für die Entfernung ein, in welcher sie fixiren, es müssen also sowohl die Gegenstände diesseits als jenseits weniger deutliche Bilder geben. Dies letztere kann allerdings mitunter nicht der Fall sein. Es kann z. B. ein Kurzsichtiger einen ferneren Gegenstand fixiren, er kann mit der Fixation über seine Sehweite hinausgehen, so dass er zwar den Gegenstand noch

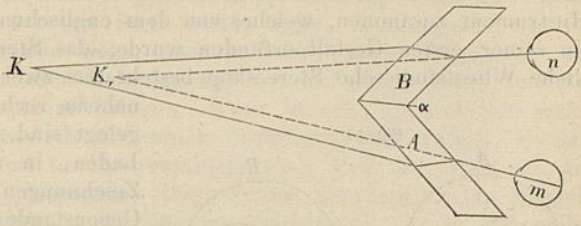
einfach, aber nicht mehr deutlich sieht: dann kann er von einem Gegenstande, der diesseits liegt, und für welchen sein Auge besser accommodirt ist als für den fixirten, Doppelbilder haben, die nun reiner contourirt sind als das Bild des fixirten Gegenstandes selbst. Im Allgemeinen aber folgt, wie gesagt, die Accommodation der Fixation, so dass die Accommodation sich für dieselbe Entfernung anpasst, für welche sich die Convergenz der Gesichtslinien einrichtet, das heisst für die Entfernung, in der die Gesichtslinien beider Augen einander treffen. Es hat daher seine Schwierigkeiten, und man erlangt es erst durch Uebung, die Convergenz der Sehaxen bis zu einem gewissen Grade von der Accommodation unabhängig zu machen, so dass man z. B. seine Gesichtslinien in einem verhältnissmässig nahe liegenden Punkte kreuzen und dabei doch an einer entfernten Wand deutlich sehen kann.

Wenn ich aus der Fixation für einen näheren Gegenstand in die für einen entfernteren übergehe, muss ich meine Gesichtslinien mehr parallel stellen, wenn ich aus der Fixation für einen entfernteren in die für einen näheren übergehe, muss ich meine Gesichtslinien stärker convergiren lassen. Da ich dies nun fortwährend beim Anschauen der körperlichen Welt thue, so ist es klar, dass ich hierin einen Massstab für die Nähe und die Entfernung eines Gegenstandes habe. Schon Keppler sagt, die Linien, durch welche die Drehpunkte der beiden Augen verbunden sind, seien die trigonometrische Basis, auf Grund welcher wir die Entfernung der Gegenstände von uns abschätzen. Dass in der That das Zusammenwirken beider Augen für das Schätzen der Entfernung von Wichtigkeit ist, das sieht man an den Einäugigen. Diese schätzen freilich Entfernungen ganz gut da, wo ihnen äussere Hilfsmittel, die Gegenstände, die sich zwischen ihnen und einem bestimmten Objecte befinden u. s. w., zu Hilfe kommen; wenn sie aber dieser Hilfsmittel bar sind, und wenn zugleich die Entfernungsunterschiede nicht gross genug sind, damit sie ihnen an der Accommodation, an der Einstellung ihres Auges, fühlbar werden, dann sind sie im hohen Grade unsicher. Ich weiss von einem einäugigen Maler, der in der Anschauung und Reproduction der Objecte durchaus nicht behindert war, da ja alle Bilder so gemalt werden, als ob die dargestellten Dinge mit einem Auge gesehen wären, der aber, wenn er malen wollte, wenn er seinen Pinsel auf die Leinwand bringen wollte, nicht den Zeitpunkt wusste, in dem der Pinsel die Leinwand berührte. Er musste sich ihr mit einer gewissen Vorsicht nähern, und erst, wenn der Pinsel auf der Leinwand angelangt war, konnte er ruhig weiter malen. Wenn man Jemandem ein Auge zuhält und ihm dann eine nach der Fläche gekrümmte Scheere vorhält, so räth er nicht selten falsch, wenn man ihn fragt, ob ihm die concave oder die convexe Seite zugekehrt sei: lässt man ihn dies aber mit beiden Augen beurtheilen, so räth er nicht falsch, weil er aus dem Zusammenwirken beider Augen sieht, ob ihm das Schloss oder die Spitze der Scheere näher ist.

Rollet hat einen Apparat construirt, der in recht auffälliger Weise zeigt, wie wir je nach der Convergenz unserer Sehaxen die Entfernung schätzen. In einem Gestelle befinden sich zwei dicke planparallele Prismen A und B aus Glas. Diese sind so gegeneinander gestellt, dass sie mit einander einen rechten Winkel einschliessen. Wenn nun dem Punkte K

die Spitze des Winkels zugekehrt ist, so machen die Strahlen, um zu den Augen m und n zu gelangen, einen Weg, wie er in Figur 56 dargestellt ist. Sie gelangen also zum Auge, als ob sie von dem näherliegenden Punkte $K_{,}$ ausgegangen wären. An einem Drahte befinden sich nun in K übereinander zwei ganz gleiche Holzschienen, die an demselben so angebracht sind, dass die eine durch die Prismen, die andere gleichzeitig mit freien Augen gesehen werden kann. Dann erscheint die, welche durch die Prismen gesehen wird, näher und kleiner als die andere. Nun kehrt man die Prismen um, so dass der Winkel gegen das Object hin offen und gegen das Gesicht des Beobachters geschlossen ist. Dann erscheint umgekehrt die durch die Prismen gesehene Schiene grösser und entfernter als die andere. Dass jedesmal die Schiene, die uns entfernter erscheint, sich als die grössere darstellt, beruht darauf, dass unser Urtheil über die Grösse eines gesehenen Objects auf Grundlage der Grösse des Netzhautbildes und der Entfernung, welche wir dem Objecte zuschreiben, gefällt wird.

Fig. 56.



Wenn wir also in der Convergenz unserer Sehaxen eine Grundlage für das Schätzen der Entfernungen haben, so muss ja damit auch unsere ganze räumliche Vorstellung und das ganze körperliche Sehen überhaupt zusammenhängen. Dies ist auch in der That der Fall. Diese Grundlage verliert aber immer mehr an Sicherheit, je grösser die Entfernung wird, weil zuletzt unsere trigonometrische Basis für die zu messende Entfernung zu klein wird, und darum sind wir später, um ein Urtheil über die Entfernung abzugeben, auf andere Dinge angewiesen, auf die sogenannte Luftperspective, auf die scheinbare Grösse bekannter Gegenstände, auf die Menge der Gegenstände, welche sich zwischen uns und den Gegenständen befinden, deren Entfernung wir schätzen. Es stellt sich dabei heraus, dass wir, je mehr uns unser erstes Hilfsmittel und diese weiteren Hilfsmittel im Stiche lassen, um so mehr die Entfernung unterschätzen, niemals überschätzen. Wenn man eine entfernte Gebirgskette ansieht, wenn Sie z. B. auf die hohe Warte gehen und die kleinen Karpathen ansehen, so scheint es, als ob diese Berge steil anstiegen, während sie in der That schwach geneigte Abhänge haben. Wenn Sie Gebirgsketten hintereinander aufsteigen sehen, so scheinen sie, auch wenn sie meilenweit von einander entfernt sind, coulissenartig hintereinander aufgestellt zu sein. Erst wenn Sie sich ihnen nähern, so sehen Sie, dass sie mit verhältnissmässig sanften Abdachungen ansteigen, dass weite Thäler zwischen ihnen liegen, kurz, dass Sie grosse Entfernungen in auffälligster Weise unterschätzt haben, weil Ihnen eben die gewöhnlichen Mittel abhanden gekommen sind, vermöge welcher wir Entfernungen schätzen.