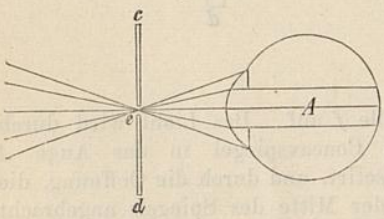
Die Beobachtung von Gegenständen im eigenen Auge.

Wenn ich die Gegenstände im Auge eines Andern untersuchen kann, so kann ich vielleicht auch die Gegenstände in meinem eigenen Auge sehen. Das Sehen von Gegenständen im eigenen Auge bezeichnet man mit dem Namen der entommatischen Gesichtswahrnehmung. Warum sehe ich für gewöhnlich die Gegenstände in meinem Auge nicht? Deshalb nicht, weil sie kein deutliches Bild geben können. Wenn ich einen Gegenstand meinem Auge immer mehr nähere, so wird das Bild immer undeutlicher, und lange noch, ehe ich die Cornea berühre, ist es völlig undeutlich geworden. Es ist also klar, dass von den Gegenständen auf der Cornea und hinter der Cornea kein deutliches Bild entstehen kann, weil die Strahlen nicht mehr auf der Netzhaut vereinigt werden. Wir haben aber früher gesehen, dass alle Dinge nur undeutlich werden durch die Grösse der Zerstreuungskreise, und dass wir durch eine kleine Oeffnung in jeder Entfernung deutlich sehen können. Wir werden also durch eine kleine Oeffnung vielleicht Gegenstände deutlich sehen können, die sich ganz nahe unserem Auge befinden, ja die sogar in unserem Auge selbst sind. Das ist in der That der Fall. Wir sehen nicht nur Dinge, die jenseits der Oeffnung liegen, deutlich, sondern auch solche, die diesseits derselben liegen. Denken Sie sich, Sie sehen durch einen Metallschirm, der mit einer ganz kleinen Oeffnung versehen ist, und versuchen mit den Augen zu blinzeln, so würden Sie in demselben Augenblicke, wo Sie das obere Augenlid herabsenken, von unten lange, starke, schwarze Schatten heraufkommen sehen, wie die Schatten von Binsen, die im Wasser wachsen. Das geht folgendermassen zu. Denken Sie sich, *A* Figur 53 sei Ihr Auge und vor demselben befinde sich, wir wollen der Einfachheit halber annehmen im vorderen Brennpunkte, also einen halben Augendurchmesser von dem Scheitel der Cornea entfernt, ein Schirm *c d* mit einer kleinen Oeffnung *e*. Dann gehen alle Strahlen, die zu dem Auge gelangen konnten, so zu ihm, als ob sie von einem Punkte, von dieser Oeffnung ausgingen. Dergleichen Licht, das von einem Punkte ausgeht, bezeichnet man mit dem Namen des homocentrischen Lichtes. Wenn sich nun eine Cilie in diesen Lichtkegel herabsenkt, so wird sie von diesem Lichtkegel eine Reihe von Strahlen auffangen und diese werden nicht wie die übrigen parallel im Glaskörper verlaufenden zur Netzhaut kommen. Es werden also die Cilien einen Schatten werfen in dem homocentrischen Lichte, und dieser Schatten wird sich auf die Netzhaut projiciren. Er befindet sich aber auf der Netzhaut über dem Horizonte, er muss also im Sehfelde umgekehrt, unter den Horizont versetzt werden. Es ist also klar, dass, wenn man das obere Augenlid herabsenkt und die Cilien in diesen Kegel hineintreten, die Schatten derselben unten erscheinen werden, und das sind eben diese binsenartigen Gebilde.

Fig. 53.



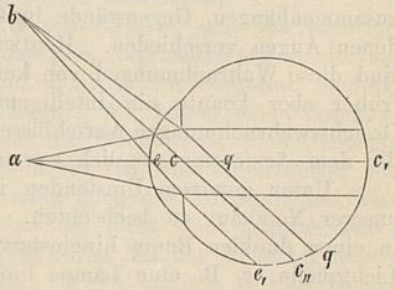
Wodurch ist hierbei das Sehfeld begrenzt? Wenn Sie durch ein solches Loch hindurchsehen und bringen dasselbe dem Auge immer näher,

so wird es immer grösser, und Sie glauben deshalb auch, es sei dieses runde Sehfeld noch immer von dem Rande des Loches begrenzt. Der Schirm befindet sich aber Ihrem Auge so nahe, dass Sie von dem Rande des Loches kein deutliches Bild haben können. Die Grenze dieses hellen Sehfeldes wird durch etwas ganz Anderes gebildet, nämlich durch den Pupillarrand der Iris. Die Iris schneidet von dem Lichte, das im Auge fortschreitet, um zur Netzhaut zu gelangen, ein ringförmiges Stück ab, sie wirft einen schwarzen Schatten auf die Netzhaut; nur das Licht, das durch die Pupille eingeht, erhellt die Netzhaut und bringt eben dieses kreisförmige Sehfeld zu Stande. Wenn deshalb die Pupille nicht rund ist, so ist es auch das Sehfeld nicht.

Man kann im homocentrischen Lichte Rauhigkeiten auf der Hornhaut wahrnehmen. Wenn Sie sich z. B. zuerst das Gesichtsfeld in dieser Weise ansehen, und Sie sehen es wiederum an, nachdem Sie das Auge gerieben haben, so werden Sie eigenthümliche, wellenförmige Schattirungen im Sehfelde bemerken, die von den Rauhigkeiten auf der Hornhaut herrühren, die Sie durch das Reiben erzeugt haben. Wenn Thränen über die Hornhaut fliessen, so sehen Sie dies in dem Sehfelde, nur so, dass die Bewegung des Schatten gebenden Körpers von unten nach oben stattzufinden scheint. Es können auch Gegenstände im Glaskörper und in der Linse gesehen werden.

Wir haben aber auch ein Mittel, annähernd den Ort der Binnenobjecte im Auge zu bestimmen. Denken Sie sich, Sie hätten einen Punkt *c* Figur 54 in der Ebene der Pupille und in der Mitte derselben, der einen Schatten wirft; so wird dieser Schatten in $c_{,}$ liegen, also in der Mitte des Sehfeldes. Denken Sie sich weiter, Sie hätten das Centrum des homocentrischen Lichtes, also die Oeffnung im Schirme, von *a* nach *b* hin bewegt, so wird der Schatten in $c_{,,}$ und, da das Sehfeld durch den Rand der Iris begrenzt ist, der in derselben Weise wandert wie der Schatten von $c_{,}$ noch immer in der Mitte des Sehfeldes liegen; er wird also seinen Ort im Sehfelde behalten. Also Objecte, deren Schatten beim Bewegen des Schirmes ihren Ort im Sehfelde behalten, liegen in der Ebene der Pupille. Denken Sie sich aber, der Gegenstand hätte nahe dem Scheitel der Hornhaut bei *e* gelegen, und ich hätte nun den Schirm verschoben, so wird der Schatten nun nicht mehr in der Mitte des Sehfeldes erscheinen, wie vor der Verschiebung des Schirmes, sondern er wird nach Verschiebung des Schirmes nach $e_{,}$ fallen. Er hat sich also auf der Retina im entgegengesetzten Sinne, also im Sehfelde, im gleichen Sinne mit dem Loche im Schirme bewegt. Gegenstände also, die sich bei Bewegung des Schirmes im Sehfelde gleichsinnig mit der Bewegung des Schirmes verschieben, liegen vor der Ebene der Pupille. Wir nehmen nun an, ein Gegenstand hätte in der Axe gelegen hinter der Ebene der Pupille, und zwar bei *q*, so würde, nachdem der Schirm verschoben ist, sein Schatten in $q_{,}$ liegen; er würde sich in

Fig. 54.



entgegengesetzter Richtung bewegt haben von der des früheren Schattenbildes. Er würde auf der Netzhaut in gleicher Richtung, im Sehfelde in entgegengesetzter mit der Bewegung des Schirmes sich verschoben haben. Gegenstände, die sich mit der Bewegung des Schirmes in entgegengesetzter Richtung im Sehfelde verschieben, liegen hinter der Ebene der Pupille, und um so mehr, je stärker sie sich verschieben. Gegenstände endlich, welche schon deutliche Schattenbilder geben, wenn man gegen einen hellen Grund sieht, das sind Gegenstände, die sehr nahe der Netzhaut liegen, denn sonst könnten sie bei einer solchen Oeffnung, wie sie die Pupille darbietet, nicht schon sichtbare Schatten werfen. Solche Schattenbilder sind z. B. die so häufigen sogenannten Perlschnurspectra.

Das homocentrische Licht, das man zum Sehen dieser entommatischen Gegenstände braucht, kann auch noch auf andere Art hergestellt werden. Es kann hergestellt werden durch das Sonnenbild, das von einer Thermometerkugel oder einer andern kleinen, glänzenden Kugel reflectirt wird. Es kann hergestellt werden dadurch, dass ich nach einer entfernten Gasflamme durch eine Sammellinse sehe und mir von derselben ein verkleinertes umgekehrtes reelles Bild verschaffe. Es kann endlich dadurch hervorgebracht werden, dass ich durch eine starke Concavlinse nach einer entfernten Gasflamme sehe und mir dadurch ein aufrechtes virtuelles Bild von der Gasflamme verschaffe, dessen Ort sich hinreichend nahe vor den Augen befindet. Alle diese Arten haben aber keinen Vortheil vor dem Schirme mit der kleinen Oeffnung, der, wenn man über einen hinreichend hellen Grund disponirt, das beste Mittel ist, um die Gegenstände im eigenen Auge zu sehen. Man sieht Gegenstände in der Hornhaut, der vorderen Augenkammer, Gegenstände, die mit der Structur der Linse zusammenhängen, Gegenstände im Glaskörper. Das ist nach den verschiedenen Augen verschieden. Heutzutage, wo man den Augenspiegel hat, sind diese Wahrnehmungen von keiner besonderen praktischen Bedeutung: früher aber konnte ein intelligenter Patient durch die entommatischen Gesichtswahrnehmungen Aufschlüsse über Dinge in seinem Auge verschaffen, die dem Arzte unzugänglich waren.

Unter gewissen Umständen ist es uns auch möglich, die Gefässe unserer Netzhaut zu beobachten. Purkinje fand zuerst, dass, wenn er in einen dunklen Raum hineinstarrte und dann im indirecten Sehen eine Lichtquelle, z. B. eine Lampe hielt und sie hin und her bewegte, dass dann nach einiger Zeit immer deutlicher und deutlicher ein Gefässbaum ihm vor dem Auge erschien, der offenbar nichts Anderes war als der Baum der Netzhautgefässe. Es ist das die Erscheinung, welche man mit dem Namen der Purkinje'schen Aderfigur bezeichnet. Diese ist später von Heinrich Müller auch noch auf andere Weise hervorgebracht worden. Warum sehen wir die Aderfigur nicht immer, da die Gefässe doch unmittelbar auf der Netzhaut liegen und also immer ihren Schatten auf dieselbe werfen müssen? Die Antwort lautet: wir sehen sie deshalb nicht, weil für gewöhnlich der Schatten immer an dieselbe Stelle fällt und wir eben nur Veränderungen an unserer Netzhaut wahrnehmen, das Bleibende aber für uns ein- für allemal verborgen ist. So bemerken wir auch den blinden Fleck für gewöhnlich nicht, welcher durch die Eintrittsstelle des Sehnerven gegeben ist. Wenn nun aber im Auge irgendwo eine Lichtquelle gebildet wird, vermöge welcher die Netzhautgefässe ihren Schatten

auf einen andern, auf einen ungewöhnlichen Ort werfen, dann sehen wir den Baum der Netzhautgefässe. Das geschieht beim Purkinje'schen Versuche in der Weise, dass, wenn man eine Lichtquelle im indirecten Sehen anbringt, diese auf der sonst dunklen Netzhaut irgendwo seitlich ein Flammenbild hervorbringt; von diesem geht Licht nach allen Seiten aus, und in diesem werfen die Netzhautgefässe einen Schatten am ungewöhnlichen Orte. Dieser Schatten ist es, welchen wir als Purkinje'sche Aderfigur bezeichnen.

Purkinje hat noch einen andern Weg eingeschlagen, um die Aderfigur sichtbar zu machen. Er hat das Flammenbild, das als Beleuchtung dienen soll, an Ort und Stelle dadurch hervorgebracht, dass er eine Sammellinse neben dem Auge aufstellte und die Strahlen einer Lichtquelle durch diese Sammellinse auf einen Punkt der Sclerotica concentrirte, so dass sie durch die Sclera und die Chorioidea hindurchgingen und auf der Netzhaut einen Lichtpunkt bildeten, von dem aus sie wieder divergirten und so einen anomalen, sichtbaren Gefässschatten hervorriefen. Auf diese Weise kann die Purkinje'sche Aderfigur noch deutlicher zur Erscheinung gebracht werden als nach dem vorerwähnten Verfahren. S. Exner hat zuerst auf die anscheinend paradoxe Thatsache aufmerksam gemacht, dass man bei dieser Form des Versuches den direct erleuchteten Fleck der Netzhaut nicht als hell sieht. Es besagt dies auf den ersten Anblick, dass die Zapfen nur erregt werden, wenn das Licht sie von Innen nach Aussen durchfliesst, dass in umgekehrter Richtung hindurchgehendes Licht wirkungslos sei; aber Exner macht selbst schon darauf aufmerksam, dass sich die Zapfen diesem Lichte gegenüber in sehr geschützter Lage befinden, so dass möglicher Weise sehr wenig davon in sie eindringt.

Heinrich Müller hat diesen Versuch benützt, um eine wichtige Thatsache zu eruiren, die Thatsache, dass die Netzhautelemente, die als erste Angriffspunkte für das Licht dienen, nicht an der vorderen, sondern an der hinteren Fläche der Netzhaut liegen. Wir haben schon gesehen, dass die Figur deutlicher wird, wenn die Lichtquelle sich bewegt. Heinrich Müller hat seine Lichtquelle durch Hin- und Herschieben der Linse bewegt und bemerkt, dass sich dann auch die Aderfigur im Sehfelde bewegte. Nun sehen Sie leicht, dass das nicht wohl möglich wäre, wenn der Angriffspunkt für das Licht ganz vorne auf der Netzhaut liegen würde, da, wo die Gefässe selbst liegen. Wenn ich ein solches Gefäss einmal von der einen, das andere Mal von der andern Seite beleuchte, so wird dadurch die Lage des Schlagschattens in einer Ebene, die mit der, in der das Gefäss selbst liegt, nahezu zusammenfällt, nicht merklich verändert. Wenn aber die auffallende Fläche für den Schlagschatten weiter nach hinten liegt, dann fällt bei Beleuchtung von verschiedenen Seiten auch der Schlagschatten an verschiedene Orte derselben, er muss sich also auf ihr verschieben, wenn die Lichtquelle bewegt wird. Heinrich Müller mass nun die Verschiebung der Lichtquelle und zugleich auch die Verschiebung, die die Aderfigur im Sehfelde erlitt, und berechnete daraus, wie weit die auffangende Fläche hinter den Gefässen liegen müsse. Er kam zu dem Resultate, dass die auffangende Fläche in der hintersten Schichte der Netzhaut, also in der Stäbchenzapfenschichte, liegen müsse.

Der Gefässbaum ist uns für gewöhnlich nicht sichtbar, weil er sich ruhend an einem und demselben Orte befindet und seinen Schatten immer

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-