

Ausgang.

	Mk.	Pf.
Gehalte von Director und Lehrer	5667	50
Material für Heizung	216	33
" " Beleuchtung	85	45
" " Arbeit	2011	45
Miethe für Lokalitäten	203	76
" " geliehene Werkzeuge	42	—
Fehlbetrag der ausserordentlichen Ausgaben	229	85
Reinigung, Heizung, Wäsche, Unterhaltung der Lampen	197	29
Baulicher Unterhalt der Lokalitäten	40	70
Allgemeine Unkosten, Versicherung, Zinsen etc.	471	20
Kassenbestand am 30. April 1880	316	64
	9482	17

Bilanz.

Activa.		Passiva.	
Mk.	Pf.	Mk.	Pf.
Mobilien	1531 67	Conto-Corrent-Creditoren	449 —
Werkzeuge	2657 38	Bilanz-Vermögen der Schule	
Fertige und angefangene Arbeiten	2060 —	am 30. April 1880	7278 70
Material	494 95		
Conto-Corrent-Debitoren	293 49		
Bibliothek	111 32		
Lehrmittel und Apparate	142 25		
Verschiedenes	120 —		
Baar in Kasse	316 64		
	7727 70		7727 70

Das unbewaffnete und bewaffnete Auge.

Von Dr. H. Baeblich.

(Fortsetzung.)

Hinter der Krystalllinse erfüllt ein dem geschmolzenen farblosen Glase ähnlicher, gallertartiger Glaskörper den noch übrigen Raum der hinteren Augenkammer. Der Glaskörper wird von einer feinen, klaren Haut, der Glashaut, umschlossen. Zwischen der Aderhaut und der Glashaut befindet sich die Netzhaut oder Retina; es ist das eine Verbreitung des vom Gehirn kommenden Sehnervs N, welcher die Sehnervhaut und die Aderhaut durchbricht und sich zwischen Aderhaut und Glashaut vielfach in der Haut verästelt und in feinen Spitzen endigt. Der Sehnerv erscheint nicht etwa in der Mitte des Augenhintergrundes, sondern er durchdringt etwas näher der Nase die beiden äusseren Häute des Auges, und seine Eintrittsstelle wird durch ein weisses Fleckchen merklich. Die Netzhaut besteht aus mehreren mikroskopisch untersuchten, das Licht durchlassenden Lagen von Nervenenden. Die äusserste Schicht der Netzhaut verläuft zu höchst feinen und zarten Nervenenden, welche cylindrisch wie Stäbchen oder conisch wie Zäpfchen gebildet sind. Diese Stäbchen und Zäpfchen bilden ein Mosaik, welches ausser allem Zweifel die Lichtempfindung vermittelt.

Dem Scheitel der Hornhaut und also auch der Pupille gegenüber stehen nun zapfenartige Nervenenden in sehr dichter Weise. Diese kleine scharfsichtige Stelle ist durch ihre gelbe Farbe kenntlich und heisst der gelbe Fleck; derselbe ist von allen anderen Nervenschichten frei. Von den Grenzen des gelben Flecks nach dem Umfange der Netzhaut hin treten die Zapfen immer spärlicher auf, auch die Stäbchen rücken weiter auseinander, bis sie endlich vorne ganz verschwinden.

Die Hornhaut, die wässrige Flüssigkeit, die Krystalllinse und der Glaskörper des Auges brechen das Licht etwas stärker als Wasser und nur wenig von einander abweichend. Die Krystalllinse bricht das Licht am stärksten. Eine Gerade, welche durch den Mittelpunkt sowohl der Hornhaut als des ganzen Auges geht, giebt die Augenaxe, und ihre Länge beträgt bei einem normalen Auge im Durchschnitt 24 Millimeter. Die eben erwähnten durchsichtigen Bestandtheile des Auges wirken in ihrer Vereinigung wie eine Convexlinse. Dieselben brechen die Lichtstrahlen, welche von einem dem Auge nicht zu nahen Gegenstande ausgehen, derart, dass auf der Netzhaut ein umgekehrtes und verkleinertes Bild entsteht. Dies Bildchen vermittelt die Lichtempfindung.

Die Hornhaut hat in der Nähe ihrer Mitte vor dem Sehloch (Pupille) eine Krümmung, als wäre sie geschliffen auf eine Schale von etwa 7,7 mm. Radius, da ihr Brechungsexponent gleich dem des Wassers ($= \frac{4}{3}$) ist, so kommt der Hornhautkrümmung ein Brennpunkt zu, der 30 mm. hinter ihr liegt. Wir können uns also die Hornhaut denken als eine Glaslinse von 30 mm. Brennweite. Wenn also ein gesundes Auge nach einem entfernten Gegenstande, z. B. nach dem Monde blickt, so würde, wenn die Hornhaut allein die Brechung bewirkte, von dem Monde ein Bild entstehen, das 30 mm. hinter der Hornhaut oder, da die Netzhaut nur 24 mm. hinter der Hornhaut liegt, 6 mm. hinter der Netzhaut liegt. Auf der Netzhaut selbst würde in diesem Falle also kein scharfes Bild entstehen, sondern ein Zerstreungskreis des fernen Lichtpunktes. Ein solches Auge, bei welchem die Hornhaut allein die Brechung bewirkt, ist übrigens nicht bloss Hypothese. Sie wissen, dass der gewöhnliche graue Starr, welcher heilbar ist, auf einer Trübung des Crystallkörpers beruht. Man beseitigt das Uebel, indem man den Crystallkörper ganz entfernt und also der Hornhaut die Lichtbrechung allein überlässt. Ein solches Auge sieht natürlich nicht scharf, da das Bild ja 6 mm. hinter der Netzhaut entsteht, aber man kann ihm, wie wir später sehen werden, durch künstliche Mittel zu Hilfe kommen. Die Hornhaut ist in dem Doppelobjectiv des Auges der wichtigere Factor; die Crystalllinse bricht das Licht weit schwächer, denn sie

hat bei dem gesunden Auge des Erwachsenen eine Brennweite von nahezu 60 mm. Es ist also die Brechkraft der Crystalllinse nur halb so gross als die der Hornhautkrümmung. Nichtsdestoweniger ist die Linse zum Scharfsehen unentbehrlich: sie hat die Aufgabe 1. die von der Hornhaut her convergirenden Strahlen, deren Vereinigungspunkt 6 mm. hinter der Netzhaut liegen würde noch stärker convergent zu machen, so dass sie sich zu einem leuchtenden Punkt genau auf der Netzhaut vereinigen. Was von einem Lichtpunkt gilt, gilt natürlich auch von einem leuchtenden Körper. Wir können uns nun die gesammten im Auge vorkommenden Brechungen ersetzt denken durch eine einzige Linse, welche — wenigstens für die Mitte der Netzhaut — dasselbe leistet. Denken wir uns statt der sämtlichen brechenden Medien des Auges eine Glaslinse von 15 mm. Brennweite in diesem Abstände von der Netzhaut, so treffen wir schon nahe das Richtige. Befindet sich also ein Gegenstand von 1 Meter Grösse 10 Meter entfernt von dem normalsichtigen Auge, so erhalten wir durch die Proportion

$$1000 : 10,000 = x : 15$$

die Grösse des Netzhautbildes, das von dem 1 Meter grossen Gegenstand demnach 1,5 mm. betragen wird. Bei normalen Augen und bei mässiger Beleuchtung darf das Netzhautbildchen in der Länge und Breite nicht weniger als $\frac{1}{60}$ mm. betragen, es muss somit meistens unter einem Winkel von $\frac{1}{2}$ Minute erscheinen. Indess werden stark beleuchtete Gegenstände mit guten Augen noch unter unmessbar kleinen Winkeln gesehen, z. B. die Fixsterne. Zwei leuchtbare oder zwei leuchtende Linien vermögen wir nur dann als gesondert zu unterscheiden, wenn ihr Abstand mindestens 1 Winkelminute, d. h. den 21,000sten Theil des Kreisumfangs beträgt. Eine Winkelminute beträgt bei 15 mm. Abstand der lichtaufnehmenden Fläche etwa 0,004 mm. und so gross sind nach den genauen Messungen ungefähr die einzelnen Zapfen oder Endorgane des Sehnervs in der Netzhaut an der Stelle des deutlichsten Sehnervs (im gelben Fleck). Wir sehen also zwei Punkte getrennt, wenn ihre Entfernung von einander so gross ist, dass ihre Netzhautbilder auf zwei verschiedene Zapfen fallen; fallen aber ihre Bilder auf denselben Zapfen, so erscheinen sie uns nicht mehr getrennt. Sind demnach zwei Sterne weniger als 1 Minute von einander entfernt, so erscheinen sie uns mit unbewaffnetem Auge nur als ein Stern.

Soll das von einer Linse aufgefangene Bild scharf und deutlich sein, so muss es genau auf den auffangenden Schirm fallen; fällt es hinter oder vor den Schirm, so entsteht auf dem Schirm selbst nur eine undeutliche Zeichnung des leuchtenden Gegenstandes. Eine Camera obscura hat deshalb die Einrichtung, dass sowohl der Schirm verschoben, d. h. der Linse genähert oder von ihr entfernt werden kann, als auch die Linse beweglich ist, sie kann dem Schirm genähert oder von ihm entfernt werden, so dass man also durch diese Umschiebungen erreichen kann, auf dem Schirm ein scharfes Bild des betreffenden Gegenstandes zu erhalten. Ist Alles für einen bestimmten Gegenstand gut eingestellt, so passt die Einstellung nicht für einen andern nähern oder entfernten Gegenstand, hier muss man wieder Schirm und Linse weiter auseinander bringen oder mehr nähern. Wie wird nun diese Einstellung bei der Camera unseres Auges bewirkt? Bei ganz normaler Einstellung des Auges fällt das Bild eines unendlich weit entfernten Gegenstandes genau auf die Netzhaut; das Bild eines näheren Gegenstandes würde bei derselben Einstellung hinter die Netzhaut fallen, um also hier wieder ein scharfes Bild zu haben müsste die Netzhaut zurückgerückt oder die Linse vorgeückt werden. Das geht aber nicht an, und doch sind wir im Stande in den verschiedensten Entfernungen deutlich zu sehen. Dies wird durch eine Vorrichtung bewirkt, die noch kein Optiker angewandt oder auch nur anzuwenden versucht hat, nämlich durch Umformung der Linse. Die Krystalllinse des Auges hat die Fähigkeit sich für verschiedene Entfernungen zu accommodiren, d. h. sie vermag für je andere Abstände des Objects vom Auge eine stärkere oder schwächere Krümmung anzunehmen. Durch einen nur zum Theil erkannten Mechanismus nimmt die Linse stets eine solche Wölbung an, dass die Lichtstrahlen jedes von einem Punkte durch die Pupille dringenden Lichtkegels genau auf der Netzhaut wieder zu einem Punkte vereinigt werden. Im Ruhezustand hat die Linse eine solche Krümmung, dass parallel auffallende Strahlen, also solche, die von einem unendlich weit entfernten Gegenstand kommen, auf der Netzhaut vereinigt werden. Richten wir das Auge nun auf einen nähern Gegenstand, so würde der Vereinigungspunkt hinter die Netzhaut fallen; nun aber nimmt die Linse eine stärkere Wölbung an, sie bricht also das Licht stärker und bewirkt, dass das Bild genau wieder auf der Netzhaut zu Stande kommt.

Allein dies Einrichtungsvermögen des Auges hat seine Grenze: rückt der Gegenstand dem Auge sehr nahe, so vermag die Linse sich nicht so stark zu krümmen, als erforderlich wäre, um das Bild auf der Netzhaut zu Stande zu bringen. Ein normales Auge nimmt einen Gegenstand nicht mehr deutlich wahr, wenn derselbe näher als 21 bis 26 Centimeter gebracht wird. Nur jene Gegenstände, welche sich ausserhalb dieser Grenze befinden, unterscheidet man scharf. An dieser Grenze selbst sieht man den Gegenstand am deutlichsten, weil man ihn hier unter dem möglichst grössten Winkel sieht. Die Entfernung von 21 bis 26 cm. heisst daher die Weite des deutlichen Sehens oder kurzweg Sehweite. Bei manchen Personen ist jedoch die Sehweite weit geringer, bei andern bedeutend grösser, als die angegebene; erstere heissen kurzsichtig, letztere weitsichtig.*) Weil kurzsichtige Augen eine Annäherung, weitsichtige aber eine Entfernung des in der Sehweite befindlichen Gegenstandes fordern, so müssen sich die Strahlen bei ersteren schon offenbar vor bei letzteren erst hinter der Netzhaut vereinigen. Das kurzsichtige Auge wirkt also wie eine zu viel, das weitsichtige wie eine zu wenig erhabene Linse.

Helmholtz hat ein Messinstrument, das Ophthalmometer, construirt,

*) Wir werden weiter unten sehen, dass zwischen Weitsichtigkeit und Uebersichtigkeit wohl zu unterscheiden ist. Beide Fehler des Auges werden indess gemeinhin unter dem Namen Weitsichtigkeit zusammengefasst.