Tabelle für Fernwirkung der Buchstaben etc.

Lfd. Nr.	a Buchstabenhöhe des kleinen „I“ h = 5 b Meter	b Grundstrichstärke des kleinen „I“ Meter	c Deutliche Wirkung in die Ferne bei gewöhnlichem Lichte im Freien Meter	d Deutliche Wirkung in die Ferne bei trübem Lichte und bei geschlossenem Raum Meter
10	0,050	0,010	26,25	17,50
11	0,100	0,020	51,75	34,50
12	0,150	0,030	78,75	52,50
13	0,200	0,040	103,50	69,00
14	0,250	0,050	130,50	87,00
15	0,300	0,060	156,75	104,50
16	0,350	0,070	183,00	122,00
17	0,400	0,080	209,25	139,50
18	0,450	0,090	235,50	157,00
19	0,500	0,100	262,50	175,00
20	0,550	0,110	288,75	192,50
21	0,600	0,120	315,00	210,00
22	0,650	0,130	341,25	227,50
23	0,700	0,140	367,50	245,00
24	0,750	0,150	394,50	263,00
25	0,800	0,160	432,75	288,50
26	0,850	0,170	459,75	306,50
27	0,900	0,180	486,75	324,50
28	0,950	0,190	498,75	332,50
29	1,000	0,200	525,00	350,00
30	1,050	0,210	551,25	367,50
31	1,100	0,220	577,50	385,00
32	1,150	0,230	603,75	402,50
33	1,200	0,240	630,00	420,00
34	1,250	0,250	657,00	438,00
35	1,300	0,260	683,25	455,50
36	1,350	0,270	709,50	473,00
37	1,400	0,280	735,75	490,50
38	1,450	0,290	761,25	507,50
39	1,500	0,300	787,50	525,00

Wir wollen hier noch nicht weiter auf dieses Thema eingehen, jedoch zur weiteren Beweisführung, dass die Helmholtz'sche Behauptung bezüglich der Deutlichkeit einer Winkelminute früher auch von Kunstverständigen schon anerkannt ist, hier die Autorschaft eines in architektonischen Kreisen rühmlichst bekannten Kunstkenners, des Italieners Milizia, anführen. Derselbe sagt in seinem bekannten Buche über die Grundsätze der bürgerlichen Baukunst B. II Abschn. 2 bei dem Kapitel: „Vom Sehen in Absicht auf die Architektur“ (in Uebersetzung gegeben) Folgendes:

„Der kleinste Winkel, unter dem die Menschen Gegenstände sehen können, ist ungefähr eine Minute. Dieser Winkel gibt eine Entfernung von etwa 3436 Durchmesser des Gegenstandes. — Voraussetzung ist, dass diese Gegenstände von der Sonne beleuchtet sind.“

Milizia macht dann freilich seine Behauptung wieder dadurch unsicher, dass er hinzufügt: „Aber wenige Menschen haben so gut gebildete Augen, dass sie eine Sache in so grosser Entfernung unterscheiden können. Und wären die Augen auch noch so vollkommen, so gibt diese Schätzung doch keinen Begriff von der Stärke des Gesichtes und wie weit unsere Augen tragen; denn die Stärke unseres Gesichtes wird stärker und schwächer nach Proportion des Lichtes, welches uns umgibt, wenngleich der Gegenstand dieselbe Beleuchtung behält, dergestalt, dass man denselben Gegenstand, den wir bei Tage in der Entfernung von 3436 seines Durchmessers sehen, wenn er des Nachts von eben derselben Quantität Licht als bei Tage erleuchtet würde, in einer hundertmal grösseren Entfernung müsste sehen können. Ebenso ist es mit dem Lichte. Es hat ungefähr einen Zoll im Durchschnitt, man sieht es bei Tage in einer 10 bis 12000mal grösseren Entfernung, in der Nacht entdeckt man es in einer Weite von mehr als 316800 Durchmesser.“

Durch solche weiteren Ausführungen, wie die letzten, muss man fast glauben, dass Milizia selbst seine erste Behauptung, der dem deutlichen Sehen entsprechende Augenwinkel sei gleich einer Winkelminute, als eine für die Praxis nicht recht massgebende resp. nicht recht brauchbare gehalten habe. Wir begrüssen es daher freudig, dass nach oben eine andere Wissenschaft uns davon den Beweis der Wahrheit geliefert hat.

Kapitel 3.

Ehe wir uns mit der obigen Wahrheit weiter beschäftigen, muss noch auf einige Lehren der theoretischen Optik näher eingegangen werden.

Wir haben oben gesehen, dass der Umkreis unseres deutlichen Sehens ohne Augenbewegung gleich einem Winkelgrade ist, und dass wir ausserhalb des Umkreises dieses Sehkegels wohl ein Sehen, aber nur ein skizzirtes Sehen haben. Man nennt in der Optik das erstere Sehen ein „direktes“, das letztere über den Winkelgrad hinausgehende ein „indirektes“ Sehen.

Traurig, ganz besonders für die Kunst, wäre der Mensch nur auf ein direktes Sehen angewiesen. Seine Augen glichen dann einem Fernrohre, mit dessen sehr beschränktem Sehkreise dieselben von einem Gegenstande zu dem anderen überspringen müssten. Da jedoch das indirekte Sehen für das Auge bis zu einer gewissen Grenze der Weite nicht schärfste, doch noch immer hinreichend genaue d. h. gut erkennbare Bilder ergibt, so wird sich das menschliche Auge viel eher als mit einem Fernrohre mit einer Camera obscura vergleichen lassen, welche uns fortwährend grössere Theile unserer Umgebung zu einem Bilde vereinigt erkennen lässt.

Diesen Vergleich hat die Wissenschaft schon oft gebraucht. Es ist der Vergleich auch durchaus nicht ein nur bildlicher, sondern in Wirklichkeit entspricht die Construction des Auges ganz der einer und zwar vervollkommneten Camera obscura.

Wie die Camera obscura für die von einem Gegenstande ausgehenden Lichtstrahlen eine Sammellinse besitzt, und zunächst durch

diese Linse hindurch die Strahlen dringen, dann (um falsches durch Reflexe entstehendes Licht abzuhalten) eine dunkele Kammer durchschreiten, und wie endlich das aufgefangene Bild des Objects auf passend angebrachter Hinterwand in umgekehrter, verkleinerter Form sich zeigt; so lässt auch das Auge durch die Pupille einen Strahlenbündel in sich eintreten, lässt die Strahlen durch eine Linse (die sogenannte „Kristalllinse“) in das ebenfalls geschwärzte tiefere Innere des Auges dringen und spiegelt daselbst das aufgenommene Bild auf der Fläche der dunkeln Hinterwand des Augapfels, der Netzhaut (retina), umgekehrt ab. Ein dahinter liegendes, vielfach verzapftes Nervensystem nimmt diese Lichteindrücke auf und führt dieselben dem Gehirn zur Bildung des entsprechenden Urtheils über die Grösse, Entfernung etc. des Objectes zu.

Der Camera obscura gegenüber liegt das Vollkommnere des Auges besonders darin, dass die Sammellinse des letztern eine nicht starre sondern eine bewegliche Form hat. Eine starre Sammellinse aus Glas erzeugt bekanntlich ein Bild an einer ganz bestimmten Stelle (Brennweite), welche für verschieden entfernte Körper eine sehr verschiedene Lage resp. Tiefe hinter der Linse hat, auch produzirt eine starre Linse ein helles oder schwaches Licht, je nachdem der Gegenstand hell oder schwach beleuchtet ist. Das Auge hingegen hat, sobald es nicht krank oder altersschwach ist, die Fähigkeit, ganz nach Bedürfniss durch Muskelkraft die Form seiner Linse so zu verändern, dass ihre Kugeloberflächen grössere oder kleinere Radien erhalten d. h. eine grössere oder kleinere Brennweite abgeben. Durch diese Fähigkeit, welche die Wissenschaft „Accommodation“ nennt, ist das Auge im Stande, auf ein und derselben Fläche (der Netzhaut) von den verschieden entferntesten, von unendlich weiten wie sehr nahen Gegenständen Bilder hervorzurufen; auch weiss das Auge sich dadurch starken Helligkeiten wie schwachen Beleuchtungen anzuschmiegen und in allen Fällen deutliche Bilder zu entwerfen.

Nur das deutliche Sehen in der Nähe beruht auf Muskelkraft, nicht das Fernsehen. Letzteres entspricht der muskelschlaffen Sammellinse. Es ist daher begreiflich, dass bei dem ersteren die Augen der verschiedenen Individuen meist sehr verschiedene Kraft haben, dass aber bei dem Fernsehen, worauf es uns allein bei den nachfolgenden Auseinandersetzungen ankommt, eine viel grössere Uebereinstimmung der Augen stattfindet, und man hier sehr wohl von einem normalen Auge, welches eine nur sehr kleine Minorität ausschliesst, sprechen darf.

Es muss uns interessiren, den Weg, welchen bei dem Prozesse des Sehens die Lichtstrahlen in das Auge nehmen, wenigstens etwas näher zu untersuchen.

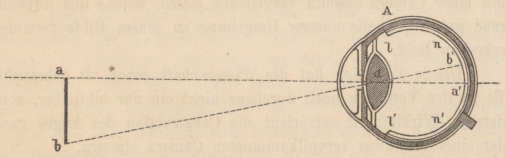


Fig. 3.

Die nebenstehende Figur 3 veranschaulicht solchen Prozess. Vor dem Auge A befindet sich die materielle Linie a b. Ist das Auge, d. h. seine Kristalllinse, für seine Entfernung von a b accommodirt, so dringen alle Lichtstrahlen, welche vom Punkte b ausgehend durch die Kristalllinse l l' gesammelt werden, durch diese Linse hindurch und vereinigen sich auf der Netzhaut n n' wieder in dem Punkte b'.

Alle desgleichen vom Punkte a ausgehenden Lichtstrahlen vereinigen sich in dem Punkte a'. Die Linie a' b' auf der Netzhaut ist sonach das Bild von a b, nur erscheint es in umgekehrter Lage. Besässe das Auge nicht die Fähigkeit, sich der Entfernung des Objects immer zu accommodiren, wäre also seine Kristalllinse l l' wie bei der Camera obscura eine starre Glaslinse, so würden die z. B. vom Punkte b ausgehenden, durch die Augenlinse in das Auge dringenden Strahlen sich nur dann in einem Punkte auf der Netzhaut, in dem Punkte b' vereinigen, wenn die Entfernung des Objectes b d zufällig im richtigen Verhältniss zu der Brennweite der Linse d b' stände. Wäre die Entfernung des Objects b d näher oder weiter als solche Brennweite es erfordert, so würde der Brennpunkt hinter oder vor die Netzhaut fallen, und müsste sich der Punkt b auf der Netzhaut nicht in einem einzigen Punkte, sondern in mehreren Durchschnittspunkten abspiegeln, das Sehen des Objektes b bliebe daher kein deutliches, sondern ein verschwommenes. Das Auge des Menschen hat aber, wie oben schon gesagt, nicht eine starre Sammellinse, sondern eine elastische. Seine Kristalllinse hat die Fähigkeit seine beiden Kugeloberflächen convexer zu machen und dadurch in jedem Falle d. h. bei jeder Entfernung zu erreichen, dass der Brennpunkt seiner Linse für die eingetretenen Lichtstrahlen gerade auf der Oberfläche der Netzhaut liegt, also dort jeden gesehenen Punkt nicht in mehreren sondern immer in einem Punkte wieder abspiegelt.

Wir haben für die Entfernung des Punktes d von der Netzhaut n n' bei normalen Augen das annähernd bestimmte Maass von 0,015^{m}. Wird daher ein Gegenstand in 15,00^{m} Entfernung deutlich gesehen, so verhält sich der Grösse nach, da in Figur 2 a d = 15,00^{m} und d a' = 0,015^{m} lang sind, das Netzhautbild zum wirklichen Bilde wie

$$a'\ b' : 0{,}015 = a\ b : 15{,}00^{m}$$

also wie 1 : 1000 d. h. das Netzhautbild ist 1000mal kleiner als das wirkliche Bild.

Der Verlauf derartiger Rechnungen, besonders aber die Anschauung der Figur, welche der Rechnung zu Grunde liegt, überzeugen den Leser, wie Recht Helmholtz hat, wenn er an einer Stelle seines citirten Werkes das Auge mit dem Zirkel vergleicht, dessen „Spitzen wir nacheinander in die Enden verschiedener Linien ansetzen, um zu sehen, ob sie gleich lang sind oder nicht“. Wir werden für unsere weitern Betrachtungen noch besser thun, das Auge geradezu mit einem aller subtilsten Winkelinstrumente zu vergleichen, und zwar einem Instrumente, dessen noch erkennbare Kreistheilung, dem oben erörterten Grade des deutlichen Sehens entsprechend, als Einheitsmaass die Winkelminute hat.

Hält der Leser an dieser letzten Vorstellung im weiteren Verlaufe dieses Buches ein für allemal fest, so wird er bald erkennen lernen, dass es gar nicht schwer wird, sich ein Urtheil

über die Grösse dieser Maasseinheit, so klein dieselbe auch ist, zu bilden. Der Leser wird bald begreifen, welche aller grössten Vortheile es gewährt, sich über das Einfache oder Doppelte oder Dreifache etc. dieser Maasseinheit eine anschauliche Vorstellung zu machen. Alle bisher so subjectivsten Ausdrücke in der plastischen Kunst: „verhältnissmässig dünn", „zu leicht", „verhältnissmässig dick", „zu schwer" etc. müssen sich durch solche neue Vorstellung und durch die neue Maasseinheit, welche sich selbstverständlich durch diese anschauliche Vorstellung ergibt, grösstentheils, besonders aus der Kunstsprache der Architektur, beseitigen lassen.

Schon bei den nächsten Auseinandersetzungen können wir die neugewonnene Anschauung vielfach benutzen, um uns über die natürlichen Operationen des Auges beim Sehprozesse und zwar über den Umfang dieses Prozesses weiter klar zu werden.

Kapitel 4.

Die oben erörterten Begriffe des direkten und indirekten Sehens haben uns gezeigt, dass sich bei dem alltäglichen Sehen des Menschen der Kegel des scharfen Sehens, der nur einem Umfange von einem Winkelgrade entsprach, bedeutend erweitert. Eine Bewegung des Augapfels in der Augenhöhle wird dieses letzte Feld der Uebersicht noch etwas weiter vergrössern. Dasjenige Feld, welches wir mit unbeweglichem Kopf und Auge, und zwar mit Einschluss des indirekten Sehens überschauen, nennt Helmholtz das „Sehfeld"; das andere Feld, über welches bei unbewegtem Kopfe der Blick des beweglichen Augapfels hinlaufen kann, das „Blickfeld".

Die Helmholtz'schen Experimente haben nun über die Ausdehnung dieser Felder zunächst des Sehfeldes Folgendes ergeben: Ein Theil des Sehfeldes jedes einzelnen Auges nach innen, oben und unten wird durch die Theile des Antlitzes, Nase, Augenbrauenrand, Wangen, eingenommen, nur nach aussen hin ist es ganz frei. Beide Augen zusammen überschauen aber, wenn ihre Achsen parallel in die Ferne gerichtet sind, einen horizontalen Bogen von 180 oder mehr Grad". — In vertikaler Richtung gibt Helmholtz an einer anderen Stelle die Sehgrenze der Augen zu 120 Grad an.

So unglaublich anfangs dieses Resultat erscheint, so kann man sich von der Richtigkeit der Helmholtz'schen Angabe sehr schnell dadurch überzeugen, dass man militärisch gerade aufgestellt in einem dunkeln Zimmer die Augen geradeaus richtet, und neben sich zu seiner Gesichtslinie unter einem annähernd rechten Winkel eine Kerze anzünden lässt. Wir werden deren Flamme auch in dieser Lage noch deutlich genug sehen.

In diesem grossen Umkreise des Sehfeldes ist natürlich die Art der Deutlichkeit des Sehens durchaus nicht überall gleich. Nannte Helmholtz das Sehen ausserhalb des Umfanges des Scharfsehens von 1 Grade schon ein skizzirtes, so ist es selbstverständlich, dass, von diesem kleinen Umkreise ausgehend, horizontal bis zu 90 Grad und vertikal bis zu 60 Grad, die Klarheit immer mehr und mehr abnimmt, also die Undeutlichkeit und „Verschwommenheit" mit jedem Grade der Erweiterung des Sehfeldes zunimmt.

Helmholtz selbst beschränkt daher in demselben Werke an einer andern Stelle die obigen weiten Grenzen seines Gesichtsfeldes, indem er sagt: „Dazu kommt, dass in der That das Sehfeld jedes Auges, welches geometrisch genommen von rechts nach links etwa 180° einnimmt, scheinbar viel enger ist. Alles im Felde erscheint uns wie vor uns liegend. Wenn man nach dem Himmel blickt, so dass man keine irdischen Objekte von bekannter Länge und Grösse im Sehfelde hat, so scheint das helle Feld, welches man vor sich hat, etwa den Durchmesser eines rechten Winkels von rechts nach links, noch weniger sogar von oben nach unten zu haben, wo Augenbrauen und Wangen das Feld etwas verengen." *)

Kommt es darauf an, ein Kunstwerk vorzuführen und es für das Auge des Beschauers übersichtlich und in allen Theilen erkennbar zu machen, so darf man erst recht bei demselben nicht unser ganzes in Wirklichkeit bestehendes indirektes Sehfeld von 180 resp. 120 Grad in Anspruch nehmen, sondern wir müssen, was dasselbe ist, den Gegenstand vom Auge weiter entfernt aufstellen, damit nicht einzelne Theile dieses Gegenstandes für den Beschauer in eine Region des Sehfeldes kommen, wo alle Formen nur verschwommen („überscheinig") erscheinen.

Dieses Verhältniss tritt sehr oft im Leben ein. Es macht uns Jemand auf die Schönheit einer Façade aufmerksam. Wir blicken nach derselben auf, suchen aber, wenn wir derselben zu nahe stehen, sofort einen weiteren Standpunkt auf, von dem wir die ganze Façade (wie wir uns gewöhnlich ausdrücken) besser „übersehen" können. Wir treten durch eine Thür auf der Langseite eines oblongen Saales in denselben ein. Kaum jedoch haben wir unser Auge erhoben, da zieht es uns von selbst nach der schmalen Seite des Saales, um den Innenraum überschauen und in seiner Harmonie geniessen zu können. — Wie oft im Leben geht der Genuss an einem Kunstwerke ganz verloren, wenn wir nicht im Stande sind, dasselbe von weiterer Entfernung anzuschauen. Wie gerechtfertigt ist daher das Bestreben, den Raum um architektonisch werthvolle Bauwerke (Kirchen) herum möglichst unbebaut zu lassen, oder, wo er nicht frei ist, ihn durch Abbruch von ganzen Häuserquartiren, wie es an der Ostseite des Kölner Domes im grossartigsten Maassstabe geschah, zu einem weiten Platze umzuformen.

---

*) Wir machen hier darauf aufmerksam, dass bei ästhetischem Sehen die Umfänge des Seh- und des Blickfeldes so wenig verschieden sind, dass man hier den Unterschied zwischen beiden nicht braucht aufrecht zu erhalten. Daher wechseln im Nachstehenden oft beide Ausdrücke ohne Verschiedenes zu bezeichnen. Auch die vom Verfasser nicht selten gebrauchten Ausdrücke „Sehkegel", „Augenkegel", „Gesichtskegel", wollen nicht Anderartiges bezeichnen.