I.

Allgemeines. Die einfache Linse.

Die Anforderungen, die an ein photographisches Objectiv gestellt werden, sind: Lichtstärke, Correctheit der Zeichnung, Tiefe des Bildes und in einigen Fällen grosser Bildwinkel. Diese Forderungen werden nie gleichzeitig von einem Objectiv erfüllt, sondern jedes zeigt eine dieser Eigenschaften besonders ausgeprägt, während die anderen verschwinden. Nun ist die Frage die, welche Anforderungen können wir mit Rücksicht auf die physikalischen Eigenschaften an ein Objectiv stellen? Denn es ist einleuchtend, dass es sehr leicht ist, viele Anforderungen zu stellen, ohne Rücksicht auf Erfüllbarkeit und dass Eigenschaften verlangt werden, die nur ausnahmsweise in Betracht kommen. Als erste und wesentliche Bedingung eines Objectives betrachtet man Lichtstärke. Diese Bedingung scheint aber heute bei der vorzüglichen Beschaffenheit und grossen Empfindlichkeit der Trockenplatten, wenn es sich nicht um Augenblicksaufnahmen handelt, eher ein Nachtheil als ein Vortheil zu sein. Die Expositionszeiten bewegen sich in so geringen Grenzen, dass man in vielen Fällen nicht imstande ist, so kurz zu exponiren, als etwa nöthig wäre, und eine geringere Lichtstärke, die eine doppelte oder dreifache Belichtungszeit zuliesse, wäre uns sehr erwünscht. Denn mit sogenannten regulirbaren Verschlüssen zu arbeiten, ist sehr misslich, da dieselben nie so functioniren, als es die schwungvolle Reclame erwarten lässt und von einer Expositionszeit, ausgedrückt in Secunden oder gar Bruchtheilen davon, kann bei ihnen kaum die Rede sein. Eine weit wesentlichere Bedingung und die wichtigste ist Correctheit der Zeichnung und zwar über die ganze Bildfläche. Diese Eigenschaft des Objectives ist auch die, die sich nach den Prüfungsmethoden nicht leicht bestimmen lässt, da sie vielfach von Bedingungen abhängt, die beim Einstellen eines Bildes und bei der Exposition nicht erkannt werden können. Denn wird auch eine geradlinige Zeichnung im Atelier bei der Probe vollständig correct wiedergegeben, so ist das doch nur ein geringer Beweis für correcte Zeichnung. Wir werden später bei den Prüfungsmethoden der Objective sehen, welche Fehler einem Objective anhaften, die auch durch unvorsichtiges Hantieren entstehen und wie sie gefunden werden können. Mit der Correctheit der Zeichnung geht Hand in Hand die Tiefe des Bildes. Man versteht unter Tiefe die Eigenschaft des Objectives, nahe und ferne Gegenstände über eine gewisse Distanz hinaus mit gleicher Schärfe zu reproduciren. Tiefe ist eine Eigenschaft, auf die man nie verzichten soll, und doch findet man sie bei den Porträt-Objectiven, infolge der grossen Lichtstärke, nicht genügend gewürdigt. Wenn man einmal, gewissermassen zur Entschuldigung, sagen muss: es macht nichts, dass diese oder jene Partie des Körpers unscharf wird, so heisst das schon, es schadet sehr viel, aber weil man es nicht ändern kann, so darf es nichts machen.

Für ein harmonisches Bild ist von Wichtigkeit, dass es in seine Grenzen nicht mehr fasse, als das menschliche Auge zu sehen imstande ist. Der Bildwinkel des menschlichen Auges beträgt aber nur 60^0 im Mittel. Es ist zwar in manchen Fällen aber doch nur ausnahmsweise erwünscht, einen grösseren Bildwinkel zu erreichen, z. B. bei Innenansichten. Wenn man aber das Bild mit der Wirklichkeit vergleicht, wird man sehr enttäuscht sein. Die Perspective, die Bilder mit sogenannten Weitwinkel-Objectiven zeigen, ist gewiss, gelinde gesagt, nicht schön und man wird oft gut thun, lieber auf eine Aufnahme zu verzichten, als ein Bild mit stark convergenten Linien sein eigen zu nennen.

Alle die vorerwähnten Eigenschaften, besonders wenn man auf die Bildgrösse, d. h. die vom brauchbaren Bilde bedeckte Fläche Rücksicht nimmt, kann ein Objectiv nicht gleichzeitig besitzen. Denn bei kurzer Brennweite, also grosser Lichtstärke und Tiefe, besitzt das Bild auch das Maximum der Krümmung, d. h. geringste Correctheit der Zeichnung.

Die Mittel, Objective zu bestimmten Zwecken, also mit ausgeprägten Eigenschaften einer Art zu construiren

giebt die Optik in ihren mathematischen Formeln an.

Unsere Aufgabe kann es natürlich nicht sein, die mathematischen Theorien für die verschiedenen Linsen-Combinationen abzuleiten und aufzustellen, wir wollen uns vielmehr nur auf eine elementare Darstellung der wichtigsten Vorgänge der Brechung des Lichtes beim Uebergang aus einem Medium in ein anderes beschränken.

Optisch unterscheiden wir Körper, welche das Licht durchlassen, die es teilweise durchlassen und die es gar nicht durchlassen. Demgemäss nennen wir sie durchsichtig, durchscheinend und undurchsichtig. Durchsichtige Körper sind Luft, Wasser, Glas etc., durchscheinende etwa Milch, Opalglas, Celluloid u. a., undurchsichtige Holz und Metall; dabei beziehen sich diese Bezeichnungen stets auf Platten von mässiger Dicke. Denn in sehr dünner Schicht sind alle Körper zum mindesten durchscheinend, wofür sehr dünn geschlagenes Gold, welches in der Durchsicht grün erscheint, ein schönes Beispiel ist. Allen Körpern kommt ferner die Eigenschaft zu, das Licht zu reflectiren. Körper, welche das Licht regelmässig, d. h. gesetzmässig reflectiren, nennen wir Spiegel. Nach der Krümmung ihrer Oberfläche unterscheiden wir Plan-, Concav-, Convex-, parabolische u. a. Spiegel. Nach dem Material, aus dem sie hergestellt sind, theilen wir sie in Glas- und und Metallspiegel etc. ein. Für unsere Betrachtung ist nur das Gesetz der Spiegelung von Wichtigkeit. Wenn die spiegelnde Fläche eine Ebene ist, so wird das Licht unter demselben Winkel reflectirt, unter dem es einfällt, d. h. Einfallswinkel und Reflexionswinkel sind gleich. Unter Einfallswinkel versteht man dabei den Winkel, den der einfallende Strahl mit der in seinem Fusspunkt auf die reflectirende Fläche Senkrechten, dem Einfallsloth, einschliesst. Handelt es sich um einen krummlinig begrenzten Spiegel, so betrachtet man in der Umgebung des Punktes, in dem der Strahl einfällt, ein kleines Flächenstück, ein Flächen-Element, als eben, construirt das Einfallsloth und damit den Winkel. Ferner ist wichtig zu bemerken, dass einfallender Strahl, Einfallsloth und reflectirter Strahl stets in einer Ebene liegen. Da Spiegel in der Photographie nahezu keine Verwendung finden, ist es nicht nöthig, näher auf ihre Eigenschaften, besonders auf die der Hohlspiegel, einzugehen.

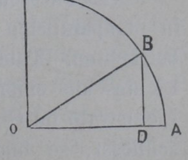
Körper mit unregelmässiger und rauher Oberfläche reflectiren das Licht unregelmässig und wir sagen von ihnen, sie zerstreuen das Licht. Diese Eigenschaft kommt allen Körpern ausnahmslos zu und zwar erscheinen uns diejenigen Körper, welche im hohen Grade befähigt sind, hell, Körper, die nur in geringem Grade das Licht zu zerstreuen vermögen, dunkel.

Eine bekannte Thatsache, die man täglich an einer grossen Zahl von Fällen zu beobachten Gelegenheit hat, ist die geradlinige Fortpflanzung des Lichtes. Das Sehen, der Schatten, alle Beleuchtungsanlagen lassen uns dieselbe erkennen. Wenn wir einen Körper betrachten, gleichgültig, ob er selbst Licht ausstrahlt, d. h. ein selbstleuchtender Körper ist, oder ob er Licht reflectirt, so gehen von jedem Punkt des Körpers in allen Richtungen Lichtstrahlen aus. Wenn es uns gelingt, alle Lichtstrahlen, mit Ausnahme eines einzigen, fernzuhalten und diesen auf einem Schirm aufzufangen, so erzeugt er ein Bild des Punktes, von dem er kommt. Wenn es uns weiter gelingt, alle Strahlen, die von einem Körper ausgehen, so zu behandeln, so erhalten wir ein Bild des ganzen Körpers. Und es ist auch möglich, dies zu bewirken. Wenn wir durch eine feine Öffnung Lichtstrahlen einer Kerzenflamme hindurchgehen lassen und dieselben auf einem Schirm auffangen, so erzeugen sie ein Bild der Flamme. Practisch verwerthet wurde diese Eigenschaft neuerdings bei der sogenannten Lochcamera. Es ist augenscheinlich, dass, je kleiner die Öffnung, desto schärfer das Bild wird, weil durch eine kleinere Öffnung von jedem Punkt eine geringere Anzahl von Strahlen zur Verwendung kommt. Gleichzeitig verliert es aus ebendemselben Grunde an Lichtstärke, doch darf man infolge der auftretenden Beugungserscheinungen die Öffnung nicht zu klein machen und sollen scharfkantige Bohrlöcher von circa 0,3 mm Durchmesser sehr befriedigende Resultate ergeben. Auf jeden Fall sind cylindrische Oeffnungen zu vermeiden.

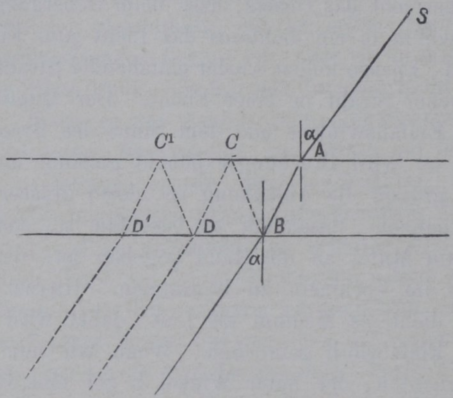
Wenn diese Art von Objectiven, wenn man so sagen darf, hinreichend lichtstark wäre, so wäre damit das Ideal erreicht, besonders was Correctheit der Zeichnung, Tiefe des Bildes und gleichmässige Schärfe anlangt. Von der Eigenschaft dunkler Körper, wenig oder fast kein Licht zu reflectiren, machen wir sehr häufig Gebrauch überall dort, wo Reflexe vermieden werden sollen, also im Innern der Camera und der Cassetten, dadurch, dass wir die Fläche mit mattschwarzer Farbe überziehen.

Beim Übergange aus einem durchlässigen Mittel in ein anderes wird das Licht von seinem Wege abgelenkt. Experimentell feststellen kann man diese Thatsache sehr leicht; wenn man eine Münze ins Wasser wirft, erscheint sie gehoben. Wenn man durch ein Glasprisma hindurchsieht, so erscheinen Gegenstände in anderer Richtung gelegen. Diese Eigenschaft wird als Brechung des Lichtes bezeichnet. Wenn man in gleicher Weise wie bei der Reflexion den Einfallswinkel bestimmt, und den Winkel, den das Licht nach der Brechung mit dem Loth einschliesst als Brechungswinkel, so herrscht das Gesetz, dass beim Uebergange aus einem dünneren Medium in ein dichteres das Licht zum Einfallsloth gebrochen wird. Ebenso liegen wieder einfallender Strahl, Einfallsloth und gebrochener Strahl in einer Ebene. Der Quotient aus dem Sinus*) des Einfallswinkels und dem Sinus des Brechungswinkels ist constant; er wird Brechungsexponent genannt und mit n bezeichnet; je grösser die Ablenkung ist, desto grösser ist auch der Brechungsexponent. Besonders zu beachten ist, dass uns durch diese Zahl ein Mittel an die Hand gegeben ist, den Weg eines Lichtstrahles im Vorhinein zu bestimmen. Hierzu ein Beispiel: Glas ist ein dichteres Medium als Luft, daher wird im Glas das Licht zum Einfallsloth gebrochen. Wenn wir nun einen Lichtstrahl S betrachten, der unter Winkel α auf eine Glasplatte auffällt, so wird er, da er in ein dichteres Medium übergeht, zum Einfallsloth gebrochen. Beim Austritt geht er aber in ein dünneres Medium über, wird daher vom Loth gebrochen und tritt unter dem Winkel α aus. Wie man aus der Zeichnung ersieht, wurde dabei der Lichtstrahl von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt. Er tritt zwar parallel mit der ursprünglichen Lage aus, wurde aber um ein Stück verschoben und dies ist umso beträchtlicher, je dicker die Glasplatte ist. Dieses Beispiel verdient in mehr-

*) Wenn man im ersten Quadranten eines Kreises mit dem Radius = 1 einen Winkel AOB construirt, so nennt man die Senkrechte von B auf AO den Sinus des Winkels AOB. Es ist daher sin $AOB = BD$.



facher Hinsicht Beachtung. In der orthochromatischen Photographie ist man oft genöthigt, Gelbscheiben zu verwenden. Wenn diese nicht genau planparallel, sondern ungleich stark und mit Schlieren, d. i. mit Stellen ungleicher Dichte, verunreinigt sind, kann der Fall eintreten, dass das Bild, infolge ungleicher Verschiebung der Lichtstrahlen, leidet und Unschärfen aufweist, die auch durch Blenden nicht zu corrigiren sind. Ebenso kann die ungleichförmige Dicke und Dichte der Glasplatten bei Reproductionen, wenn das Original auf Glas aufgequetscht wird, sehr störend wirken, und man wird überall anders, nur nicht in der scheinbar sehr schönen, blasenfreien und tadellos reinen Spiegelplatte die Ursache des Misserfolges suchen.



Ferner ist zu beachten, dass der Strahl AB im Inneren der Platte eine Reflexion bei B erleidet und nach C zurückgeworfen wird. In C wiederholt sich der Vorgang und in D tritt ebenfalls ein reflectirter Strahl aus. Diese Art der Reflexion macht sich zum Schaden der Photographie bei Aufnahme von stark glänzenden Flächen geltend, da die reflectirten Strahlen ebenfalls bilderzeugend wirken und die sogenannten Lichthöfe verursachen.

Anschliessend an den Fall der Verschiebung der Lichtstrahlen in planparallelen Platten, wollen wir den Fall der Totalreflexion betrachten. Totalreflexion kann nur eintreten beim Uebergang des Lichtes aus einem dichteren in ein dünneres Medium. Wenn ein Lichtstrahl im Glase mit dem Loth einen sehr grossen Winkel einschliesst, so bildet der austretende Strahl mit dem Niveau der

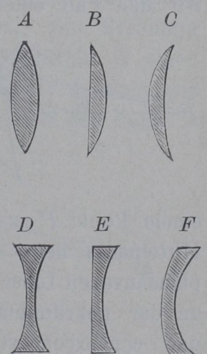
Platte einen sehr kleinen Winkel. Wenn man nun den Einfallswinkel immer mehr und mehr vergrössert, so muss endlich der Fall eintreten, dass der Austrittswinkel gleich Null wird und wenn man noch weiter geht, das Licht gar nicht mehr austritt, sondern im Glase reflectirt wird, und da von der ganzen Lichtmenge nichts ausserhalb des Glaskörpers kommt, nennt man diesen Fall Totalreflexion.

Der Fall der totalen Reflexion findet Anwendung in der Photographie zur Darstellung verkehrter Negative für den Lichtdruck. Es werden Prismen verwendet, welche das Bild durch Totalreflexion umkehren.

Die Eigenschaft dichterer Medien, das Licht von seinem Wege abzulenken, findet practische Verwerthung bei den Linsen.

Unter Linsen versteht man von 2 Kugelflächen begrenzte Glaskörper. Man theilt sie ein in Convex- und Concavlinsen. An der Form ist die Convexlinse stets daran zu erkennen, dass sie gegen die Mitte an Dicke zunimmt, die Concavlinse, dass sie gegen die Mitte abnimmt.

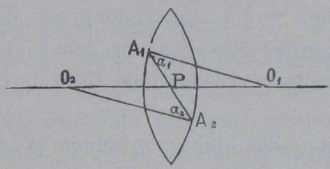
In beigefügter Zeichnung stellen *A*, *B*, *C* Convexlinsen im Querschnitt vor, und zwar ist: *A* der Querschnitt einer Biconvex-, *B* der einer Concavconvex- und *C* der einer planconvexen Linse. Die Bezeichnung findet stets so statt, dass die Fläche mit dem grösseren Radius voraus genannt wird, und der zweite Teil des Wortes die Unterscheidung ob convex oder concav angiebt; eine Concavconvex-Linse ist also eine Convex-Linse und eine Convexconcav-Linse eine Concav-Linse.



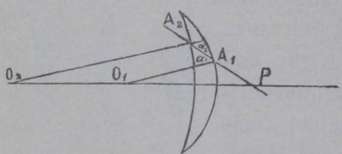
D, *E*, *F* stellen Concav-Linsen nach ihrer Eintheilung vor und zwar *D* eine Biconcav-Linse, *E* eine Convexconcav-Linse und *F* eine Planconcav-Linse.

Die Gerade, welche die Krümmungsmittelpunkte der begrenzenden Kugelflächen verbindet, ist die Achse der Linse, ihre Schnittpunkte mit den Kugelflächen die Scheitel der Linse. Der optische Mittelpunkt einer Linse ist derjenige Punkt, der die Eigenschaft hat, dass durch ihn hindurchgehende Strahlen mit den Einfallslothen beider Linsenflächen gleiche Winkel einschliessen. Die durch den optischen Mittelpunkt hindurchgehenden Strahlen sind die Hauptstrahlen. Es sei nun die Aufgabe zu lösen, den optischen Mittelpunkt einer Linse zu finden.

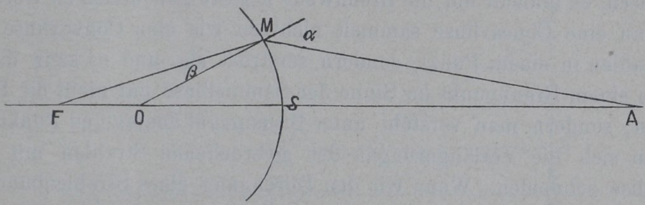
Es seien O_1 und O_2 die Mittelpunkte der die Linsen begrenzenden Kugelflächen. Ziehen wir nun durch diese Punkte zwei parallele Radien $O_1 A_1$ und $O_2 A_2$ und verbinden die Punkte A_1 und A_2, so sind die Winkel α_1 und α_2 gleich; daher ist der Schnittpunkt P dieser Geraden mit der Achse der optische Mittelpunkt der Linse. Es ist leicht einzusehen, dass Strahlen, welche durch den optischen Mittelpunkt hindurchgehen, da sie mit beiden Einfallslothen — denn die Radien der Kugelflächen sind zugleich Einfallslothe der Strahlen — gleiche Winkel bilden, parallel mit ihrer ursprünglichen Richtung austreten und nur in der Lage parallel zu sich selbst verschoben werden, also die Linse genau so passiren, als ob sie durch eine planparallele Platte hindurchgingen.



Doch muss der optische Mittelpunkt nicht immer im Linsenkörper selbst liegen; er kann auch ausserhalb fallen. Betrachten wir den Fall einer Concavconvex-Linse. O_1 sei der Mittelpunkt der convexen, O_2 der der concaven Fläche. Wenn wir zwei parallele Radien $O_1 A_1$ und $O_2 A_2$ construiren und ihre Endpunkte A_1 und A_2 verbinden, so schneidet die Verbindungsgerade stets in einem Punkt P ausserhalb der Linse die Achse, und der optische Mittelpunkt liegt vor der Linse. Bei der planconcaven und der planconvexen Linse fällt der optische Mittelpunkt mit dem Scheitel an der gekrümmten Fläche zusammen, bei der concavconvexen und convexconcaven ausserhalb des Linsenkörpers und bei der biconvexen und biconcaven Linse in den Linsenkörper.

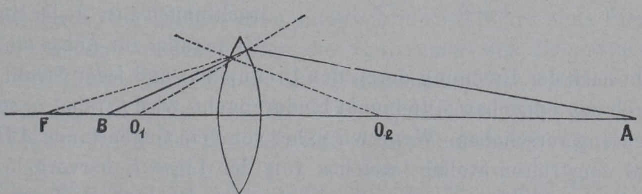


Nun wollen wir den Eintritt eines Lichtstrahles in ein kugelförmig begrenztes brechendes Medium betrachten. Es sei O der Krümmungsmittelpunkt dieses Mediums und ein Punkt A ausserhalb desselben, von dem aus ein Strahl AM auf die Trennungsfläche auffällt. Um den Einfallswinkel zu finden, müssen wir den Radius OM ziehen und der Winkel α, den der Radius mit dem Strahl einschliesst, ist der Einfallswinkel. Da der Strahl in ein dichteres Medium eintritt, so wird er zum Einfallslothe gebrochen, und es muss daher der Winkel β, den der Strahl nach der Brechung mit dem Einfallslothe einschliesst, kleiner sein als α. Wenn nun der Punkt A genügend weit vom Scheitel S der Linse entfernt ist, so wird der Strahl AM nach seiner Brechung die Achse SO in

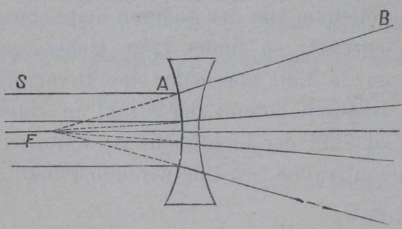


einem Punkt F schneiden. Nun hat die Kugelform die Eigenschaft, dass sich alle Strahlen, welche vom Punkte A kommen in demselben Punkte F vereinigen, denn wenn wir uns die Zeichnung um AF als Achse rotirend denken, so ist AM der auffallende, MF der gebrochene Strahlenkegel mit den Spitzen in A, bez. in F.

Wird aber das brechende Medium von der anderen Seite ebenfalls durch eine Kugelfläche begrenzt, so findet beim Uebergang des Lichtes aus diesem Medium in Luft abermals eine Brechung und zwar vom Lothe statt. Dadurch kommt der Strahl in einen Punkt B und wir sehen dort ein Bild der Lichtquelle A, wenn wir die Strahlen auf einem Schirm auffangen. Wenn wir den Punkt A

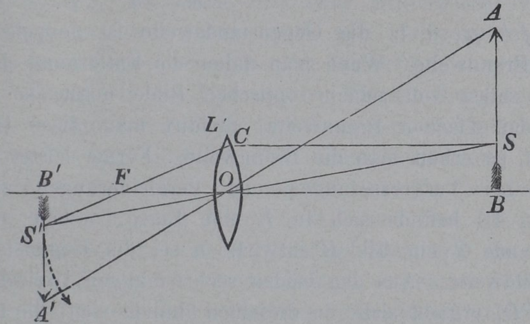


in der Unendlichkeit annehmen, so sind die von ihm ausgehenden Lichtstrahlen parallel. Der Durchschnittspunkt derselben nach dem Durchgang durch die Linse mit der Achse heisst Brennpunkt oder Focus. Bezeichnet man die Entfernung des Gegenstandes von der Linse mit a, die des Bildes mit b und die Brennweite mit f, so stehen diese 3 Grössen miteinander durch die Gleichung $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ in Verbindung. Bezeichnen r_1 und r_2 die Krümmungsradien der Linsenflächen und n den Brechungsindex des Materials, so ist $\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$. Den Brechungsindex des Glases können wir im Mittel mit 1,5 annehmen. Die Formel gilt genau in derselben Weise wie für Convex-, auch für Concav-Linsen, es braucht nur die Brennweite negativ genommen zu werden. Denn eine Concavlinse sammelt nicht so wie eine Convexlinse die Strahlen in einem Punkt, sondern zerstreut sie, und es kann daher von einem Brennpunkt im Sinne der Sammellinse gar nicht die Rede sein, sondern man versteht unter Brennpunkt denjenigen Punkt, in dem sich die Verlängerungen der gebrochenen Strahlen mit der Achse schneiden. Wenn wir den Durchgang eines Strahlenbündels, der Einfachheit wegen eines parallelen, durch eine Concavlinse zeichnen, so wird jeder Strahl S nach seinem Durchgange durch die Linse bei A so gebrochen, dass sich alle Verlängerungen der Strahlen im Punkte F schneiden. Der Brennpunkt ist daher wirklich nicht vorhanden, sondern wird nur zum Zwecke der geometrischen Darstellung der Eigenschaften der Linse eingeführt. Da er mit den einfallenden Strahlen auf dieselbe Seite der Linse fällt, ist er negativ zu rechnen.



Wenn wir das von einer Convexlinse entworfene Bild geometrisch finden wollen, gehen wir von folgenden Betrachtungen aus. Jeder Strahl, der parallel zur Achse einfällt, geht nach der Brechung durch den Brennpunkt und jeder Strahl, der durch den optischen Mittelpunkt hindurchgeht, wird parallel zu seiner Richtung verschoben. Wenn wir daher von dem Gegenstande AB das Bild construiren wollen, welches von der Linse L hervorgebracht wird, so bestimmen wir das Bild eines Punktes S durch den Durchschnitt der Strahlen SC und SO im Punkte S'. Der Strahl SC ist der zur Achse parallele, er muss daher durch den Brennpunkt F gehen; der Strahl SO ist der durch den optischen Mittelpunkt hindurchgehende. Wenn die Dicke der Linse zu den andern Dimensionen hinreichend klein ist, brauchen wir die Verschiebung des Strahles nicht zu berücksichtigen und können ihn direct durch O hindurchziehen und zum Durchschnitt in S' bringen, wo das Bild des Punktes S entsteht. Da der Gegenstand senkrecht zur

Achse gelegen ist, so werden alle Punkte S ein Continuum von Punkten S' geben, deren Lage näherungsweise durch die Senkrechte von S' auf die Achse gegeben ist. Um ihre Begrenzung zu finden, zieht man den Strahl AO, der die Gerade $S'B'$ in A' schneidet. Es ist daher $A'B'$ das Bild von AB und man sieht,



dass durch die Linse ein verkehrtes und verkleinertes Bild des Gegenstandes entworfen wird. Thatsächlich ist das Bild kein ebenes, sondern concav zur Linse gewölbt, wie es in der Zeichnung durch Punktirung veranschaulicht ist.

Die Formel $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$ gestattet uns verschiedene Anwendungen zu machen, die bereits photographisch wichtig sind. Um die Brennweite eines Objectives zu bestimmen, stelle man auf irgend einen Gegenstand, etwa ein beschriebenes Blatt, ohne Blende scharf ein und messe erstens die Entfernung des Gegenstandes von der Linse, d. i. das a, die Gegenstandsweite, zweitens die Entfernung des Bildes von der Linse, d. h. der Visirscheibe von der Linse, das b der Formel, und man findet daraus die Brennweite. Denn ist $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$, so ist $\frac{a+b}{ab}=\frac{1}{f}$, oder $f=\frac{ab}{a+b}$ die Formel für die Brennweite selbst. Hätte man zum Beispiel gefunden: Gegenstandsweite $a = 5$ m, Bildweite $b = 25$ cm, so ist die Brennweite f daraus gleich $\frac{500 \times 25}{500+25} = 23{,}8$ cm, d. h. das Objectiv hat eine Brennweite von 23,8 cm. Die Brennweite ist dabei beim einfachen Objectiv von der Vorderfläche der Linse, beim Doppelobjectiv vom Blendenschlitz aus zu rechnen. Eine andere Methode der Bestimmung der Brennweite ergiebt sich durch Einstellen auf Originalgrösse. Wenn man nämlich etwa einen Massstab auf seine eigene Grösse einstellt, so wird Gegenstandsweite a gleich der Bildweite b. Unsere Formel $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$ geht dann über in (da $a=b$ wird) $\frac{1}{a}+\frac{1}{a}=\frac{1}{f}$ oder $\frac{2}{a}=\frac{1}{f}$, d. h. $2f=a$, d. h. die Gegenstandsweite ist doppelt so gross als die Brennweite. Wenn man daher die Entfernung des Gegenstandes selbst von seinem optischen Bilde misst, so ist diese gleich der 4fachen Brennweite, dividirt man diese Entfernung durch 4, so erhält man die Brennweite. Ferner leistet uns diese Formel bei Vergrösserungen und Verkleinerungen sehr gute Dienste. Es befinde sich in L eine Linse, welche von einem Gegenstande G ein Bild B entwirft, a sei die Gegenstandsweite, b die Bildweite. Aus den beiden rechtwinkligen Dreiecken MNO und MPO_1 ergiebt sich, da dieselben ähnlich sind, die Proportion $a:b=G:B$. Mit Hilfe dieser Proportion und der Linsenformel kann man für eine gegebene Vergrösserung oder Verkleinerung sehr leicht die Gegenstandsweite, d. h. die Entfernung der Camera vom Original berechnen. Nehmen wir ein Beispiel: Wir hätten mit einem Objectiv von 25 cm Brennweite eine Zeichnung von 90 cm Breite und 125 cm Länge auf eine Platte 13×18 zu verkleinern, so ist das Verhältniss Gegenstand zu Bild $G:B=90:13=7$, in ganzer Zahl ausgedrückt, daher muss, da $a:b=G:B$ ist, auch $a:b=7$ oder $a=7b$, d. h. die Gegenstandsweite 7 mal so gross als die Bildweite sein. Mit Hilfe der Formel $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$ können wir nun die Gegenstandsweite für ein Objectiv von $f=25$ cm finden; wir setzen $b=\frac{a}{7}$ daher $\frac{1}{b}=\frac{7}{a}$ in die Formel ein und erhalten $\frac{1}{a}+\frac{7}{a}=\frac{1}{f}$, d. h. $\frac{8}{a}=\frac{1}{f}$ oder $f=\frac{a}{8}$ und $a=8f$ $=8\times 25=200$ cm. Wir müssen also das Bild in 2 m Entfernung vom Objectiv aufhängen. Die Bildweite $b=\frac{a}{7}$; daraus finden wir den Auszug der Camera gleich $\frac{200}{7}=28{,}57$ cm. Hätten wir um-