Der Rathgeber bei mathematischen Beschäftigungen

Stöpel, August

Stendal, 1819

V. Vom Licht.

urn:nbn:de:hbz:466:1-63556

V. Vom Licht.

§. 660. Der Lichtstoff ist eine feine, elastische, unwägbare, sehr verbreitete, oft gebundene, meist freie Materie, die auf alle Naturdinge wesentlich wirkt, und gesunden Augen das Sehen gewährt. Seine Gegenwart ist Helligkeit, seine Abwesenheit Finsterniß. Er ist auch da vorhanden, wohin kein Tageslicht dringt. Viele Thiere sehen im Finstern.

Seine Geschwindigkeit ist erstaunlich groß. Aus der Verfinsterung der Jupiterstrabanten weiß man, daß das Licht in 8 Minuten $7\frac{1}{2}$ Sekunde einen Weg von 20 Millionen Meilen, in 1 Sekunde aber 40000 Meilen zurücklegt; 976000mal schneller, als der Schall; $1\frac{1}{2}$ Millionen mal schneller, als eine Kanonenkugel, und 10310 mal schneller, als die Bewegung der Erde ist.

§. 661. Die Bewegung den Lichts ist stets geradlinicht. — Millionen Lichtstrahlen gehen durch einen Nadelstich. Ein leuchtender Punct zersplittert seine Strahlen nach allen möglichen Richtungen in unendlicher Anzahl.

Die Lehre vom gerade fortgehenden Licht heißt Optik. Strahlen, die von einem leuchtenden Puncte auf die Ebenen ab und df Fig. 221. (welche von c aus unter gleichen Winkeln erscheinen) fallen, erleuchten die entferntere weniger, als die nähere. Denn es fallen zwar auf ab eben so viel Strahlen, als auf df, allein sie liegen auf ab zerstreuter. Jeder Punct auf der nähern df erhält daher mehr Licht, als ein Punct auf der ferneren ab. Zieht man mit cd, und darauf mit ca Kreise, so verhalten sich diese Kreisflächen, wie die Quadrate der Halbmesser; und weil die Erleuchtung auf dem fernern Körper schwächer, als auf dem nähern, so gilt $cd^2 : ca^2 = E : e$, wo E die Lichtstärke auf ab, und e die auf df bezeichnet. Folglich haben wir die

Formel: $\frac{cd^2 . e}{ca^2} = E =$ der Erleuchtung auf ab,

$\frac{ca^2 . E}{cd^2} = e =$ der Erleuchtung auf df.

Z. B. es sey $cd = 3$; $ca = 4$, so ist $E = \frac{3^2 \cdot 1}{4^2}$ $= \frac{9}{16}$ = der Erleuchtung auf ab, wenn die auf $df = 1$ gesetzt wird.

Die Stärke der Erleuchtung auf jeder Fläche verhält sich umgekehrt, wie die Quadrate der Entfernung vom leuchtenden Punct. Eine 3mal größere Entfernung erlaubt eine $3 \cdot 3 = 9$ mal schwächere Erleuchtung.

§. 662. Eine schiefe Ebene ab Fig. 222. erhält vom leuchtenden Punct c nur so viel Licht, als das Perpendikel bd, das doch beträchtlich kleiner ist. Man kann db als den Sinus des Winkels acb ansehen, unter welchem von c aus die Ebene ab erscheint. Folglich hängt die Stärke der Erleuchtung vom Sinus des Winkels acb, unter welchem ab erscheint, ab.

Daher erwärmen die Lichtstrahlen im Winter und überhaupt bei niedriger Sonnenhöhe nur wenig.

§. 663. Gleich große Gegenstände ba und ed Fig. 223. erscheinen bei verschiedenen Entfernungen unter verschiedenen Sehewinkeln acb und dce.

Ist der Winkel, unter welchem ein erleuchteter Körper erscheint, kleiner, als eine Minute, so ist er nicht mehr mit bloßem Auge wahrzunehmen; leuchtende Körper sind aber bei einem Winkel unter 1 Sekunde noch sichtbar.

Im $\triangle$ abc ist bei b ein rechter Winkel; ist nun der Sehewinkel acb und die Entfernung bc bekannt, so läßt sich die Größe ab finden, denn Cosin. c : bc = Sin. c : ba; oder noch kürzer Sin. tot. : bc = Tang. c : ab; daher die

Formeln: $\frac{ab}{\text{Tang. } c} = bc$ = dem Abstande des Gegenstandes.

$bc \cdot \text{Tang. } c = ab$ = der Größe des Gegenstandes.

$\frac{ab}{bc} = \text{Tang. } c$ = der Tangente des Gesichtswinkels.

Eben

Eben so können die Werthe im $\triangle$ dce gefunden werden.

Der Sehewinkel nimmt mit der Entfernung ab; und ist daher 1= 2= 3mal kleiner, wenn der Gegenstand 1= 2= 3mal entfernter ist.

§. 664. Zwei Körper E und B Fig. 227. bewegen sich von E nach G, und von B nach C in gleicher Zeit gleich weit, während ein Auge in O ruht. Ihre wahren Geschwindigkeiten sind gleich, oder verhalten sich wie EG zu BC; aber ihre Winkelgeschwindigkeiten EOG und BOC sind ungleich, und der nähere B scheint einen größern Weg zurückgelegt zu haben, weil $<$BOC größer ist, als $<$EOG. Die scheinbaren Geschwindigkeiten hängen also von den Winkeln EOG und BOC ab.

Formel: $BO : EO = \text{Tang. } EOG : \text{Tang. } BOC$.

Vergleicht man die Wege dh und EG, die in gleichen Zeiten gleiche Winkel machen, so gilt die

Formel: $Od : dh = OE : EG$.

Und wenn Winkel und Entfernungen verschieden sind:

Formel: $\frac{Od}{dh} : \frac{BC}{BO} = \text{Tang. } dOh : \text{Tang. } BOC$.

§. 665. Man will finden, wie groß das leuchtende und erleuchtete Stück des Abstandes zweier Kugeln ist, von denen eine leuchtend, und der Halbmesser einer jeden gegeben ist. Fig. 224.

Aufl. In dem bekannten Abstande $= a$ beschreibe mit den gegebenen Halbmessern p und q die Halbkugeln HCF und GDK; dann ziehe an die äußersten Puncte C, D eine Tangente LE, welche die AE in E durchschneiden wird. Ist nun die große Kugel leuchtend, so ist FC die Hälfte der leuchtenden Fläche, und GD die Hälfte der erleuchteten Fläche auf der kleinen Kugel in Graden.

Der $< CAF = 180° - < GBD = 90° - < ABN$. Die BN ist parallel mit CD und auf AC senkrecht. Daher ist $AN = AC - BD = p - q$; und

$$\begin{aligned} AN : AB &= AC : AE \\ = p-q : a &= p : AE \end{aligned}$$

Also ist $\frac{a \cdot p}{p-q} = AE =$ Länge des Abstandes des Schattenkegelendpuncts vom leuchtenden Körper.

Formel: $\left.\begin{aligned} \frac{a \cdot p}{p-q} - a &= BE \\ \text{oder} = \frac{a \cdot q}{p-q} &= BE \end{aligned}\right\}$ = der Länge des Schattenkegels vom Centro des dunkeln Körpers gerechnet.

Den Winkel ABN findet man

$$\begin{aligned} AB : \text{Sin. tot.} &= AN : \text{Sin. } ABN \\ = a : \text{Sin. tot.} &= p-q : \text{Sin.} < ABN. \end{aligned}$$

Formel: $\text{Sin. } ABN = \frac{\text{Sin. tot.} \cdot (p-q)}{a}$;

und also ist $\frac{p-q}{a} + 90^\circ = GBD =$ der Hälfte des erleuchteten Theils;

und $90^\circ - \frac{p-q}{a} = FAC =$ der Hälfte des leuchtenden Theils.

Z. B. Der Abstand der Erde von der Sonne sey $= a = 22000$

der Sonne Halbmesser $= p = 100$

der Erde Halbmesser $= q = 1.$

Hier ist $p - q = 100 - 1 = 99$; der Winkel ABN so zu finden:

$$\begin{aligned} \log. 99 &= 1{,}9956352 + 10 \\ \log. 22000 &= 4{,}3424227 \\ \hline \log. \text{Sin. } ABN &= 7{,}6532125 = 15' 28''. \end{aligned}$$

Hier ist $90^\circ - 15' 28'' = 89^\circ 44' 32''$, und doppelt $= 179^\circ 29' 4'' =$ demjenigen Theil der Sonne, welcher der Erde leuchtet; und $90^\circ 15' 28''$ doppelt $= 180^\circ 30' 56'' =$ dem von der Sonne erleuchteten Theil der Erdoberfläche.

Der Erdschatten reicht $\frac{a \cdot q}{p-q} = \frac{22000}{99} = 222\frac{22}{99} = BE.$

§. 666.

§. 666. Aus der Sonnenhöhe und Schattenlänge eines Körpers seine Höhe zu finden.

Aufl. Es stehe die Sonne in L Fig. 225., der Schatten des Gegenstandes TS falle in v, so ist $< m$ = der Sonnenhöhe, Tv die Schattenlänge, beides bekannt; man sucht TS.

Geometrisch. Trage Tv verjüngt auf das Papier, setze in v den Winkel m daran, und errichte in T ein Perpendikel, welches den Schenkel vL in S durchschneiden, und die verlangte Höhe verjüngt darstellen wird.

Arithmetisch. Setze einen Stab ab von bekannter Höhe senkrecht so, daß sein Schatten mit dem der Höhe TS in v zusammen fällt, und schließe: va : ab = vT : TS. Oder überhaupt gilt: die Schattenlänge des Stabes verhält sich zur Höhe des Stabes, wie die Schattenlänge des Gegenstandes zur Höhe desselben.

Trigonometrisch.

Formel: Sin. tot. : Tv = Tang. m : TS.

Also ist Tv . Tang. m = TS = Höhe des Körpers.

$\frac{TS}{\text{Tang. } m}$ = Tv = der Länge des Schattens.

$\frac{TS}{Tv}$ = Tang. m = Tangente der Sonnenhöhe.

Es sey
$<m = 27°$, u. log. Tang. $27° = 9{,}7071659$
Länge
d. Schat. $Tv = 10'$, log. $10 = 1$
so ist log. $TS = \cancel{1}0{,}7071659 = 5{,}0952 = TS$.

§. 667. Den Halbschatten Vv zu finden.

Der leuchtende Körper Ll Fig. 226. leuchtet mit seinen äußersten Puncten L in V, und l in v; Vz wird nur von dem halben Ll erleuchtet. Der Schatten Vv wird immer lichter, bis er in v ganz verschwindet aber TV heißt Kernschatten, weil wegen der Undurchsichtigkeit des Körpers TS daselbst gar kein Licht hinkommt. Der Punct L ist um den Durchmesser $lL = < lSL$ höher, als l. Der Winkel $x = < m - < y$.

Formel: Tang. x : TS = Sin. tot. : Tv; und Vv = Tv — TV. (Siehe §. 666.)

§. 668. Katoptrik, oder Lehre von der Zurückwerfung der Lichtstrahlen.

Eine recht glatt polirte Ebene FL Fig. 228. wirft die auf sie fallenden Lichtstrahlen AC meistentheils zurück. Der Winkel m, den ein Strahl AC mit der Fläche FC macht, heißt Einfallswinkel; er ist dem Zurückstrahlungswinkel (Reflexionswinkel) n gleich. Der Strahl AC scheint für ein Auge in B aus a C zu kommen.

Eine rauhe Ebene wirft darum die Lichtstrahlen nicht so, wie sie dieselben empfängt, zurück, und macht keine Bilder, weil sie aus vielen kleinen unregelmäßig gelegten Ebenen besteht, von denen jede den Strahl AC nach ganz andern Puncten bringt.

Wäre ein Glasspiegel eine vollkommene Ebene, se müßte er unsichtbar seyn und kein Licht seitwärts senden; allein unser Schleifen nimmt nur die größten Unebenheiten weg.

Der Ort, wo man im Planspiegel das Bild sieht, liegt eben so weit hinter demselben, als das Object vor demselben. CA = Ca; wenn in A das Object ist, so erscheint in a sein Bild.

669. Im Planspiegel ist das Bild dem Objecte vollkommen gleich, aber die rechte Seite wird zur linken, und umgekehrt.

Ein Planspiegel muß wenigstens halb so groß seyn, als eine Person, die sich ganz darin sehen will. Denn es sey ab Fig. 229. ein Planspiegel, ef eine Person, in o ihr Auge; cd das Bild derselben, so gilt cd : hk = co : ho. Aber co : ho = 2 : 1 = $\frac{1}{2}$, also ist auch cd : hk = 2 : 1, d. i. hk = $\frac{1}{2}$ cd.

In einem geraden horizontalen Spiegel ab Fig. 230. spiegeln sich senkrechte Gegenstände bz umgekehrt wie bx ab, weil ihm die untern Theile näher sind, als die obern.

Bei einer Stellung von 45° erscheint in dem ebenen Spiegel alles Liegende stehend, alles Stehende liegend, Fig. 231.

In 2 Planspiegeln, die unter einem einwärtsliegenden Winkel gegen einander gestellt sind, erscheint ein Gegenstand vervielfältigt. Die Zahl der Vervielfältigung findet man, wenn man den Neigungswinkel n in 360 dividirt, und vom Quotienten 1 abzieht.

Formel: $\frac{360}{n} - 1 =$ der Anzahl der Vervielfältigung.

Z. B. es sey der Spiegel $12^\circ = n$ geneigt, so ist $\frac{360}{12} - 1 = 30 - 1 = 29$ mal der Gegenstand vervielfältigt.

§. 670. Wird mit dem Radius AL der Bogen Hh beschrieben, und derselbe um AL, wie um eine Axe, gedreht, so entsteht ein Stück einer hohlen Kugel HqAph; und wird ihre hohle innere Fläche polirt, so bekommt man einen Hohlspiegel. Fig. 232.

Die auf ihn, mit der Axe AX parallel einfallenden Strahlen Sq und Sp werden auch hier so gebrochen, daß $\angle m = \angle n$, und also in b ein Sammelplatz derselben entsteht, welcher Brennpunct, Brennraum heißt, und da auf der Axe liegt, wo $Ab = bL$ oder $\frac{1}{2}$ Radius ist.

Ist der leuchtende Punct nicht unendlich entfernt, so fallen seine Strahlen nicht parallel auf den Spiegel, und werden nicht im Brennpuncte, sondern in einem andern Puncte v vereinigt, wo sie ein Bild machen. Wenn x ein nicht sehr entfernter Punct auf der Axe ist, so gilt die Proportion $\left.\begin{array}{l} Xb : bA = XA : Av \\ a : b = A : B \end{array}\right\}$. Also die

Formel: $\frac{A \cdot b}{a} = B =$ dem Abstande des Bildes vom Spiegel.

$\frac{B \cdot a}{A} = b =$ dem Abstande des Brennpuncts vom Spiegel.

$\frac{B \cdot a}{b} = A =$ dem Abstande des leuchtenden Punctes vom Spiegel.

$\frac{A \cdot b}{B} = a =$ dem Abstande des leuchtenden Punctes vom Brennpunct.

Z. B. Es sey der Radius $= 100$, also die Brennweite $b = 50$; der Abstand des leuchtenden Punctes vom Spiegel $= A = 200$, so ist $a = 200 - 50 = 150$; und nach der ersten Formel ist $\frac{A \cdot b}{a} = \frac{200 \cdot 50}{150} = \frac{200}{3} = 66\frac{2}{3}$ $=$ dem Abstande des Bildes vom Spiegel.

Lichtstrahlen, die auseinander gehen, heißen divergirend; die aber zusammen kommen, convergirend.

Fallen convergirende Strahlen, wie Zp, auf den Hohlspiegel, so werden sie noch innerhalb des Brennpuncts in u vereinigt.

Wenn der leuchtende Punct X in dem Centro L ist, so ist auch sein Bild daselbst, denn alsdann ist in der Formel $a = b$, folglich auch $A = B$. Rückt X zwischen L und b, so ist sein Bild weiter vom Spiegel, als L, und kommt X in den Brennpunct, so ist sein Bild unendlich weit entfernt, denn a ist dann $=$ Null, und der Bruch $\frac{A \cdot b}{a} = \frac{A \cdot b}{0} =$ unendlichen Größe. Bisher war das Bild auf der Axe und verkehrt.

Rückt aber X noch näher an den Spiegel, als der Brennpunct, so wird a negativ, folglich auch B, und das Bild erscheint hinter dem Spiegel, aufrecht und vergrößert.

(Um den Weg, welchen ein Lichtstrahl nach der Reflexion nimmt, zu zeichnen, ziehe man an den Berührungspunct eine Tangente, an welche sich die Winkel m und n bequem zeichnen lassen).

§. 671. Ein erhabener Spiegel Hh Fig. 233. ist es, wenn die erhabene Seite der Kugelfläche spiegelnd wird. Der mit der Axe parallele Lichtstrahl Sq wird von q nach v zurückgeworfen, und scheint aus b zu kommen, welches der eingebildete Brennpunct heißt, und wie beim Hohlspiegel $\frac{1}{2}$ Radius, jedoch hinter der Spiegelfläche liegt. Da die Winkel m und n stets einander gleich seyn müssen, so wird sich auch für jede Lage des leuchtenden Puncts s seine Zurückstrahlung und scheinbarer Bildpunct bestimmen lassen.

Erhabene Spiegel verkleinern die Gegenstände und stellen sie aufrecht vor.

Wer

Wer weiß, wie Plan= Hohl= und erhabene Spiegel wirken, wird sich die Erscheinungen an Cylinder=, Kegel=Spiegeln rc. erklären können.

§. 672. Die Kugelspiegel geben nur dann deutliche Bilder, wenn sie wenige Grade ausmachen. Parabolische Spiegel aber geben jederzeit sehr deutliche Bilder, und werden daher jetzt mit Recht vorgezogen.

Weil bei den Glasspiegeln sowol die belegte, als unbelegte Seite die Lichtstrahlen zurücksendet, und dadurch leicht Verwirrung entsteht, so sind sie nicht so brauchbar, als die Metallspiegel, welche diesen Fehler nicht haben.

Die beste Spiegelmasse soll aus 2 Theilen Kupfer, 1 Theil Zinn und etwas Arsenik; oder 35 Theilen Rothkupfer, 15 Theilen Zinn, 1 Theil Silber, 1 Theil Arsenik und 1 Theil Messing bestehen. Leider ist sie dem Anlaufen sehr unterworfen; die Spiegel aus Platina, welche diesen Fehler nicht haben, sind zu kostbar.

Die Hohlspiegel sind die nutzbarsten, und von Herschel zu einer hohen Vollkommenheit gebracht; seine Telescope, in welchen die parabolischen Hohlspiegel herrliche Wirkung thun, haben ihn unsterblich gemacht.

§. 673. Dioptrik, oder Lehre von der Brechung der Lichtstrahlen.

Wenn die Lichtstrahlen aus einer dünnen in eine dichtere Masse, oder umgekehrt, aus der dichteren in die dünnere übergehen, so werden sie beim Eintritt in das neue Mittel gebrochen.

Der Strahl SC Fig. 234. gehe bei C aus der Luft in ein dichteres Mittel z. B. in Wasser, oder Glas, so wird er nicht in gerader Linie nach T, sondern nach V gehen; tritt er bei V wieder in die Luft, so nimmt er seinen Weg nach Q, nicht nach Z, und wird mit CT parallel.

Diejenige Fläche, wo zweierlei Mittel an einander gränzen, heißt die brechende Fläche; ein Perpendikel CD das Neigungsloth des einfallenden Strahls; der Winkel TCD Neigungswinkel; der Winkel VCD der gebrochene; und < TCV der Brechungswinkel.

Der Strahl SC wird dem Perpendikel zugebrochen, wenn er aus der Luft in Wasser oder ein anderes dichteres

Mit=

Mittel fährt; so daß (beim Wasser) der Sinus des Neigungswinkels zum Sinus des gebrochenen Winkels beinahe das Verhältniß, wie 4 : 3; bei Glas aber das Verhältniß wie 3 : 2 hat.

§. 674. Die Lage des gebrochenen Strahls zu finden, wenn der Neigungswinkel und die Masse bekannt sind.

Aufl. Geometrisch. Aus dem Puncte C beschreibe mit beliebigem Halbmesser einen Kreisbogen von 90°, worin CD Fig. 235. das Neigungsloth, und < TCD den Neigungswinkel, Tt seinen Sinus vorstellt. Man mache tu $= \frac{2}{3}$ Tt (wenn das Brechungsmittel Glas ist), und ziehe uV mit CD parallel, so wird V der Punct seyn, wohin der Strahl SC gebrochen wird. Denn $Vv = ut = \frac{2}{3}$ Tt.

Trigonometrisch. Ziehe Logarithmen $\frac{3}{2}$ vom Logarithmen Sin. TCD ab, so ergiebt sich Logarithme Sin. VCD.

Formel: $\log.\text{Sin.}\,TCD - \log.\frac{3}{2} = \log.\text{Sin.}\,VCD.$

Z. B. es sey der Neigungswinkel des Strahls SC, oder < TCD = 70°, so ist

$$\begin{array}{r} \log.\ \text{Sin.}\ 70^\circ = 9{,}9729858 \\ \log.\ \frac{3}{2} = 0{,}1760912 \\ \hline \log.\ \text{Sin.}\ VCD = 9{,}7968946 = 38^\circ\,47'. \end{array}$$

Wenn das Brechungsmittel Wasser ist, so wird anstatt $\frac{3}{2}$ der Bruch $\frac{4}{3}$ genommen.

§. 675. Man hat die Eigenschaft der Lichtstrahlenbrechung auf mannigfache Weise zu benutzen gewußt, und hauptsächlich dem Glase allerlei Formen gegeben, um bestimmte Zwecke zu erreichen. In der 236sten Figur sind 6 Arten optischer Gläser vorgestellt.

No. 1 ist auf beiden Seiten erhaben, doppelt convex;
No. 2 nur auf einer Seite erhaben, plan=convex;
No. 3 auf beiden Seiten hohl, concav=concav, doppelt hohl;
No. 4 ist auf einer Seite erhaben, auf der andern hohl, aber die erhabene Seite hat einen kürzern Radius; Menisk.

No. 5

No. 5 ist wie No. 4, aber die hohle Seite hat den kürzesten Radius, concav-convex;

No. 6 ist auf der einen Seite plan oder eben, und auf der andern hohl, plan-concav.

Man kann diese Glasstücke als Kugelsegmente ansehen. Wenn parallele Lichtstrahlen auf eine Glaskugel fallen, so werden sie bei ihrem Durchgange so gebrochen, daß sie sich hinter der Kugel in einem Abstande = $\frac{1}{2}$ Radius vereinigen. Die Entfernung des Vereinigungspunctes von der Kugel heißt Brennweite, welche vom Halbmesser derselben Kugel abhängig ist. Nummer 1, 2 und 4 sammeln oder brechen die mit der Axe parallel einfallenden Lichtstrahlen in einem Punct, der der Brennpunct heißt, und machen daselbst ein Bild von dem sehr weit oder unendlich entfernten Gegenstande, und werden daher Sammel- oder Collectivgläser, erhabene Gläser genannt. Die übrigen Gläser No. 3, 5, 6 sind in der Mitte dünner, als an den Seiten, brechen parallel einfallende Lichtstrahlen aus einander, und heißen Zerstreuungsgläser. Erstere haben eine linsenförmige Gestalt, und heißen auch oft Linsen.

§. 676. Den Weg zu finden, den ein schief auffallender Strahl DP Fig. 237., nach der Brechung durch ein erhabenes Glas nimmt.

Beschreibe aus den Mittelpuncten K und C mit den gegebenen Halbmessern der beiden Glasoberflächen die Zirkelbogen MBN und MAN, welche das Glas selbst darstellen, und fälle aus C und K die Perpendikel CP und KQ auf die Puncte, wo der Strahl DP auf das Glas fällt und aus demselben geht. Der Strahl DP würde nach V gehen, wenn er nicht im Glase dem Perpendikel CP zugebrochen würde. Er wird nach Q gehen, und da, wo er wieder in die Luft tritt, vom Perpendikel KQ abwärts nach F hin fahren und die Axe in F schneiden. Sein Weg ist also DPQF. Die Winkel VPQ und TQF sind nach §. 674. zu finden.

§. 677. Die Brennweite erhabener Gläser zu finden.

Formel: $\frac{2.R.r}{R+r} = b =$ Abstand des Brennpuncts vom Glase.

Hierbei ist $R =$ Radius der Vorder- und r Radius der Hinterfläche.

Wenn $R = r$, oder das Glas auf beiden Seiten gleichviel erhaben ist, so ist $b = \frac{2R^2}{2R} = R$, d. h. die Brennweite ist dem Radius gleich.

Formel für No. 2; $b = 2R$, denn der Radius der planen Seite ist als unendlich anzusehen.

Formel für das Menisk No. 4. (Hier ist der Radius der hohlen Fläche negativ, also $r = -r$)

also $b = \frac{2.R.-r}{R-r} = \frac{-2.R.r}{-(R-r)}$.

Es sey $R = 4''$; $r = 6''$; so ist $\frac{2.4.-6}{4-6} = \frac{-48}{-2} = 24$ Zoll Brennweite; und es ist in Absicht der Brennweite gleich, welche Seite dem Gegenstand zugekehrt ist.

§. 678. **Die Brennweite der Zerstreuungsgläser (Hohlgläser) zu finden.**

Formel: $\frac{-2R.-r}{-R-r} = \frac{+2R.r}{-(R+r)} = -b$, also b negativ, d. h. b fällt nicht hinter, sondern vor das Glas, und ist nicht wirklich, sondern nur eingebildet, eigentlich Zerstreuungspunct. Denn die Parallelstrahlen SQ Fig. 238. werden von der Axe abwärts nach V hingebrochen, und scheinen aus b (dem Zerstreuungspuncte) zu kommen. Ist das Glas auf beiden Seiten gleich viel hohl, so ist die Zerstreuungsweite = dem Halbmesser No. 3.

Formel für No. 5: Hier ist $\frac{-2R.r}{r-R}$ oder $\frac{-2rR}{R-r} = -b$. Und

Formel für No. 6: Hier ist $2R = -b$, also ebenfalls ein Zerstreuungspunct.

Anmerk. Die Brennweiten erhabener Gläser kann man auch dadurch finden, daß man sie in die Sonnenstrahlen hält, und rückwärts das Sonnenbild mit einer ebenen Fläche auffängt, darauf den Abstand der Fläche vom Glase mißt. Diejenige Weite, in welcher das Sonnenbild am kleinsten erscheint, ist die richtigste. — Hält man ein solches Glas in der Entfernung der Brennweite vor eine weiße Wand, so erscheinen auf derselben die verkehrten Bilder sehr entlegener Gegenstände. Bei nahen Gegenständen muß man das Glas ein wenig weiter von der Wand zurück halten.

§. 679. Diejenigen Gläser, welche wirkliche Brennpuncte haben, sammeln nur die mit der Axe parallel einfallenden Strahlen genau im Brennpunct. Die Strahlen, die nicht mit der Axe parallel kommen, werden nicht im Brennpuncte, sondern allemal hinter demselben, wenn sie divergirend, und vor demselben (zwischen dem Brennpunct und dem Glase), wenn sie convergirend auf das Glas fallen, vereinigt. Der Ort, wo diese Vereinigung geschieht, heißt der Bildpunct. Sein Abstand vom Glase ist um so größer, je näher der Gegenstand, von welchem die Strahlen kommen, dem Glase ist. Befindet sich der Gegenstand im Brennpunct, so werden seine Strahlen jenseits des Glases der Axe parallel, also nicht vereinigt; befindet er sich innerhalb der Brennweite, so werden seine Strahlen durch das Glas zerstreut.

Den Abstand des Bildpuncts vom Glase giebt die

Formel: $\frac{d \cdot b}{d - b} = a =$ Abstand des Bildpuncts.

wobei $d =$ Entfernung des Gegenstandes, $b =$ Brennweite ist.

Z. B. es sey die Brennweite $b = 10$ Zoll, der Abstand des Gegenstandes vom Glase $d = 50$ Zoll, so ist der Ort des Bildes $\frac{50 \cdot 10}{50 - 10} = \frac{500}{40} = 12{,}5$.

Formel: $\frac{a \cdot d}{d + a} = b =$ Brennweite, wenn die

Ent-

Entfernung d, und Bildpunct a, vom Glase bekannt sind.

Z. B. Es sey, wie vorher, $d = 50$; $a = 12,5$, so ist $\frac{12,5 \cdot 50}{50 + 12,5} = \frac{625}{62,5} = 10 = b =$ Brennweite.

§. 680. Aus der Brennweite und dem Abstande des Bildes vom Glase die Entfernung d eines Gegenstandes zu finden.

Formel: $\frac{a \cdot b}{a - b} = d =$ Entfernung des Gegenstandes vom Glase.

Z. B. Wenn auch hier $a = 12,5$ gefunden, $b = 10$ wäre, so müßte $\frac{12,5 \cdot 10}{12,5 - 10} = \frac{125}{2,5} = 50$ seyn.

Wenn der Unterschied zwischen dem Bild- und Brennpunct sehr genau beobachtet werden könnte, und, besonders bei großen Entfernungen, nicht so erstaunlich unbedeutend wäre, so gäbe eine erhabene Glaslinse den allerbequemsten Entfernungsmesser, mit dem sich jeder Abstand aus einem einzigen Standpunct sogleich finden ließe. Indessen hat schon Brander ein Instrument dieser Art angegeben, mit welchem kleine Entfernungen von einigen hundert Fuß ziemlich genau gefunden werden können.

§. 681. Die Größe des Bildes hängt vom Abstande des Objects vom Glase, und dem Abstande des Bildes $= a$ hauptsächlich ab.

Es sey Fig. 239. RP das Object; rp sein verkehrtes Bild hinter dem Glase A; so geht der Strahl Pp durch die Mitte des Glases ohne Brechung und bestimmt den Punct p, also die Größe des Bildes; Qq geht durch die Axe ebenfalls ohne Brechung. In den ähnlichen Dreiecken AQP und Aqp gilt die Porportion:

$$QP : qp = QA : Aq$$

in Zeichen $G : g = d : a$, woraus sich ergiebt die

Formel: $\frac{G \cdot a}{d} = g =$ Größe des Bildes.

Also

Also ist $\frac{gd}{a} = G =$ Größe des Gegenstandes ꝛc.

Wenn die scheinbare Größe des Gegenstandes, oder der Winkel u bekannt ist, so findet man die Größe des Bildes durch die

Formel: Sin. tot. : a = Tang. u : g

Also ist $\frac{a \,.\, \text{Tang. } u}{\text{Sin. tot.}} = g =$ Größe des Bildes.

Z. B. der scheinbare Halbmesser der Sonne = 16′; und der Abstand des Bildes vom Glase, oder a = 10 Fuß = 120 Zoll, so ist

$$\begin{array}{rl} \log.\ 120 = & 2{,}0791812 \\ \log.\ \text{Tang. } 16' = & 7{,}6678492 \\ \hline & 9{,}7470304 \\ & -10, \\ \hline & 0{,}7470304 - 1 = 0{,}55851 \text{ Zoll} \\ & \qquad (2 \text{ mal} \end{array}$$

Größe des Sonnenbildes = 1,11702 Zoll.

§. 682. Alle Strahlen, die nicht sehr nahe bei der Axe auf das Glas fallen, werden in Puncten vereinigt, die dem Glase näher liegen, als der Brennpunct, und machen das Bild zwar hell, aber verwirren es auch etwas.

Zu dieser **Unvollkommenheit**, welche von der Kugelgestalt des Glases herkommt, gesellt sich noch eine andere, die ihren Grund in der verschiedenen Brechbarkeit der Lichtstrahlen hat.

Die erstere Unvollkommenheit fällt bei parabolischen Hohlspiegeln weg; auch bei den Glaslinsen weiß man sie dadurch zu vermindern, daß man dieselben bis auf wenige Grade bedeckt, wodurch die Strahlen verhindert werden, weit von der Axe hindurch zu gehen. Deutlichkeit wird zwar gewonnen, aber Helligkeit geht verloren.

§. 683. Jeder Lichtstrahl läßt sich durch ein 3seitiges gläsernes Prisma in 7 einzelne Farben, die verschiedene Brechbarkeit zeigen, zerlegen. Dabei findet allemal folgende Ordnung statt: roth, orange, gelb, grün, blau,

blau, indigo, violet. Der rothe Strahl wird am wenigsten, der violette am meisten gebrochen, und daher können die Bilder, welche erhabene Gläser machen, nicht auf einem Puncte von allen Strahlen formirt seyn; der Bildpunct ist also eigentlich ein Bildraum, in welchem dasjenige Bild, das die rothen Strahlen machen, zunächst am Glase, und dasjenige, das die violetten Strahlen bilden, am entferntesten liegt; zwischen beiden liegen noch 5 andere Bilder, welche die übrigen 5 Farben machen. Alle 7 Bilder zusammen geben ein mehr oder weniger treues Bild vom Object, je nachdem die Glaslinse beschaffen ist, und die Bilder näher oder weiter von einander liegen. Hätten alle 7 Lichtstrahlen einerlei Brechbarkeit, so würden sie ein vollkommneres Bild hinter dem Glase geben.

Der Raum zwischen dem rothen und violetten Bilde heißt auch Diffusionsraum, und beträgt den 28sten Theil der Brennweite des Glases; also kann er bei 28 Fuß Brennweite 1 Fuß betragen.

§. 684. Dollond, ein englischer Künstler, verfertigte zuerst, von Euler darauf geleitet, Glaslinsen, welche die 7 Farbenbilder ziemlich genau in einen Punct zusammen bringen. Sie bestehen aus zweierlei Glase, aus dem harten Flintglase, und dem weichern Kronglase, wovon das erstere die Lichtstrahlen stärker bricht, als das letztere. Das Kronglas ist convex, und das Flintglas concav so in eineinander geschliffen, daß die Wirkung der einer erhabenen Linse gleich kommt. Das convexe spaltet nun die 7 Farben eines Lichtstrahls, aber das hohle Flintglas bricht sie in widriger Richtung, und so werden sie in einem Bilde vereinigt. Man nennt solche Gläser achromatische oder farbenlose; ihre Wirkung ist vortrefflich, aber ihre Verfertigung sehr schwer. Die deutschen Künstler, und unter diesen vorzüglich Frauenhofer, haben in der neuesten Zeit die vollkommensten Sehewerkzeuge mit achromatischen Glaslinsen zu Stande gebracht, und bewiesen, daß die Deutschen sowol im Erfinden, als Vervollkommnen, mit jeder Nation wetteifern, obgleich die Regierungen zu ihrer Aufmunterung wenig gethan haben.

§. 685.

§. 685. Mit Hülfe der hohlen und erhabenen Gläser können kurzsichtige und weitsichtige Augen die für sie undeutlichen Objecte besser sehen. Ein Auge heißt kurzsichtig, myops, dessen Bau so beschaffen ist, daß die Bilder entfernter Gegenstände zu nahe hinter die Krystallinse (welche, wie ein erhabenes Glas, Bilder auf die Netzhaut wirft) fallen. Hält man vor ein solches Auge ein Hohlglas, so werden die von den Objecten kommenden Lichtstrahlen divergirend auf das Auge fallen, und so wirken, als kämen sie aus des Glases Zerstreuungspuncte, der dem Auge viel näher liegt, und darum werden auch die von der Krystallinse entstehenden Bilder weit genug hinter sie auf den Boden des Auges fallen, und deutlich seyn.

Ein weitsichtiges Auge (presbyt) ist flacher, seine Krystallinse hat eine zu große Brennweite, und die Bilder naher Gegenstände fallen hinter die Netzhaut. Daher wird es durch ein erhabenes Glas, welches die Lichtstrahlen mit der Axe parallel ins Auge sendet, nahe Gegenstände so wahrnehmen, als wären sie entfernt, folglich deutlich sehen.

Der Kurzsichtige sieht durch sein Hohlglas die Objecte kleiner; der Weitsichtige hingegen durch sein Converglas größer, als derjenige, welcher gesunde Augen hat. Beide Fehler werden dadurch vermehrt, daß man Gläser von zu kurzer Brennweite gebraucht.

Das Fehlerhafte in dem Auge besteht darin, daß es die zur Betrachtung naher und entfernter Gegenstände nöthige Veränderung nicht vornehmen kann, welche dem gesunden Auge nie schwer wird.

Die Brillen, welche fehlerhaften Augen das Sehen erleichtern, sind daher eine der schönsten Erfindungen. Gesunden Augen können sie, als Brillen, nur schädlich seyn, und thöricht ist der Glaube, daß es Conservationsbrillen gebe, oder einen Menschen wohl ziere, eine Brille auf der Nase zu haben, und sich halbblind zu stellen, wie es vor kurzer Zeit noch Mode war. —

§. 686. Die Größe der Deutlichkeit, mit der wir Gegenstände erblicken, hat ihre Gränzen. Zu ferne oder zu nahe Dinge können wir nicht genau erkennen.

Ein

Ein gutes Auge sieht in einer Entfernung von 6 bis 8 Zoll kleine Gegenstände am deutlichsten; allein dann ist der Sehewinkel immer nur sehr klein. Brächten wir sie dem Auge näher bis auf 1 Zoll, so wäre ihr Sehewinkel 8 mal größer, aber alsdann könnten wir vermöge des Baues unserer Augen sie gar nicht deutlich sehen. Es kommt also darauf an, diese Gegenstände in eine solche Lage zu bringen, daß ihr Sehewinkel groß, und ihre Entfernung doch in der Weite von etwa 8 Zoll bleibt. Dies geschieht durch

das Mikroscop oder Vergrößerungsglas. Es sey MN Fig. 240. ein erhabenes Glas von sehr kurzer Brennweite, etwa $\frac{1}{2}$ Zoll; und PO ein kleines Object innerhalb der Brennweite; in A das Auge. Das Glas MN bricht nun die Strahlen von PO so, daß es scheint, als kämen sie aus op, also viel weiter her. Der Sehewinkel PAO ist $= <$ pAO; folglich sieht das Auge den Gegenstand so viel mal größer, als die Entfernung des Brennpuncts vom Glase in der Entfernung von 8 Zoll enthalten ist. (Hier $\frac{8}{\frac{1}{2}} = 16$ mal, und die Oberfläche des kleinen Objects erscheint demnach $16 \cdot 16 = 256$ mal größer, als sie in der Entfernung von 8 Zollen dem unbewaffneten Auge erscheint). Diese Art Mikroscope nennt man einfach. Je kleiner die Brennweite, je stärker die Vergrößerung. Weil aber die von ihnen aufgefangene kleine Menge Licht in einen großen Raum ausgebreitet wird, so erscheint der durch sie besehene Gegenstand auch dunkel, und daher nicht ganz deutlich. Mit starker Beleuchtung hilft man dieser Unvollkommenheit ab.

§. 687. Weil das einfache Mikroscop die Unbequemlichkeit hat, daß man das Auge zu nahe an die Glaslinse legen muß, um alle Strahlen zu bekommen, so zieht man das zusammengesetzte Fig. 241, bei dem man zwischen das Auge A und das Glas MN noch zwei oder mehrere Gläser von größerer Brennweite setzt, mit Recht vor, weil dadurch das Bild vom Object PO in einer schicklichern Lage vor's Auge gebracht wird. Denn hier fallen die Strahlen von dem fast im Brennpunct der Linse

MN

MN liegenden Gegenstand divergirend auf dieselbe, werden durch die Brechung parallel und fallen so auf das Glas DE, welches sie in seinem Brennpunct f vereinigt. Ein drittes erhabenes Glas BC, welches um seine Brennweite von f absteht, sendet die Strahlen des Bildes f also dem Auge parallel zu. Es sind vielerlei Anordnungen der Gläser möglich, aber die Hauptsache ist bei allen, daß das letzte Glas (Augenglas) die Strahlen parallel macht. Ein Kurzsichtiger, welcher nur durch divergirende Strahlen deutlich sieht, muß die Gläser BC und DE, welche verschiebbar sind, der Glaslinse MN (Objectivlinse) etwas näher bringen.

Weil die Strahlen, die nicht nahe bei der Axe auf die Objectivlinse fallen, eine unregelmäßige Richtung nehmen, und das Bild verwirren, so bedeckt man sie fast ganz, und bringt auch da, wo ein Bild entsteht, in f eine schwarze Scheibe, worin ein kleines randes Loch ist, die sogenannte Blende, an, um alle falsche Strahlen zu vernichten. Zur stärkern Beleuchtung des auf einer Glasscheibe liegenden kleinen Objects PO dient der Planspiegel S.

§. 688. Um entfernte Gegenstände unter einem größern Gesichtswinkel zu betrachten, dienen die Fernröhre, Sehröhre, Tubus oder Telescope.

Das sogenannte **holländische Fernrohr** Fig. 242 besteht aus einer erhabenen Objectivlinse P von großer, und einem Hohlglase Q von kurzer Brennweite, welche in einer verschiebbaren Röhre bevestigt sind.

Der sehr entfernte Gegenstand Ee sendet seine Strahlen EA und eA durch das Glas P, welche, weil sie durch die Axe des Glases gehen, keine Brechung leiden. Alle übrige Strahlen von Ee fallen in andern Puncten auf P und werden in seinem Brennpunct F vereinigt. Aber ehe sie dazu gelangen, treffen sie das Hohlglas Q, welches um seine Zerstreuungsweite von F absteht. Letzteres bricht sie parallel, und daher sieht ein Auge, das dicht an diesem Glase liegt, den Gegenstand aufrecht und zwar unter dem Winkel GBg, welcher durch die Linie mPg, die sich durch die Endpuncte der beiden Gläser ziehen läßt, bestimmt wird.

Die

Die Vergrößerung giebt die Formel $\frac{B}{b}$, wo B die Brennweite des Objectivs, und b die des Oculars oder Augenglases Q bedeutet. Wenn z. B. B = 12 Zoll und b = 2 Zoll wäre, so müßte die Vergrößerung $\frac{12}{2} = 6$ mal betragen.

Gesichtsfeld nennt man den Kreis, den man mit dem vestliegenden Fernrohre mit eineamal übersehen kann. Er wird nach Graden bestimmt, und hängt bei diesem Instrument hauptsächlich mit von der Größe des Augapfels ab, welchen man nahe an das Hohlglas legen muß, wenn man viele Strahlen auffangen will. Nimmt man bm als die halbe Breite des Augapfels und zieht von m eine gerade Linie durch die Axe des Vorderglases, so hat man den Winkel bAm = ½ Gesichtskreis.

Begreiflich wird dieser Winkel immer kleiner, je größer die Brennweite des Vorderglases gegen die des Augenglases ist; d. h. je mehr das Werkzeug vergrößert, je kleiner ist das Gesichtsfeld. Überhaupt ist mit diesen Fernröhren, eben des kleinen Gesichtsfeldes wegen, nicht gut, eine 10malige Vergrößerung zu erhalten; und sie werden daher nur zu Taschenperspectiven gebraucht.

Die Länge (d. h. den Abstand der beiden Glaslinsen) giebt die

Formel: B — b, und sie ist = dem Unterschied der Brennweiten. Wenn B = 12 Zoll, b = 2 Zoll, so ist die Länge = 10 Zoll.

Anmerk. (Weil man die Brennweite eines Hohlglases nicht durch Versuche in Sonnenstrahlen, wie es bei dem erhabenen wol anging, bestimmen kann, so setze man das gegebene Hohlglas mit einem erhabenen so zusammen, daß entfernte Gegenstände deutlich erscheinen, ziehe nun den Abstand beider Gläser von der Brennweite des Objectivs ab, so erhält man die Brennweite des Hohlglases.)

§. 689. Das astronomische Fernrohr ist weit mehr zu starken Vergrößerungen geschickt, als das

vorige

vorige, und besteht aus zwei erhabenen Gläsern, wovon das eine P Fig. 243. eine lange, und das andere MQ eine kurze Brennweite hat. Die beiden äußersten Strahlen des sehr entfernten Gegenstandes Ee, welche durch die Axe des Objectivglases P gehen, bestimmen die Größe des verkehrten Bildes Ff im Brennpunct desselben. Das Augenglas Q steht um seine Brennweite von F ab, und bricht daher die Strahlen des Bildes Ff so, daß sie parallel auf das Auge in O fallen, welches den Gegenstand nun unter dem Winkel fBF $= <$ GBg, also sehr vergrößert, erblickt.

Formel: $\frac{B}{b}$ = der Vergrößerung, d. h. man dividirt die Brennweiten in einander. (Eine gerade Linie BF von der Mitte des Augenglases durch den äußersten Punct des Bildes bestimmt den $<$ fBF, welcher so viel mal größer ist, als $<$ fAF, so oft Bf in Af enthalten ist.)

Dies Seherohr stellt die Gegenstände verkehrt aber sehr deutlich dar.

Formel: $B + b$ = der Länge desselben, oder dem Abstand der beiden Glaslinsen.

Der beste Platz für das Auge O wird da seyn, wo es die mehrsten Lichtstrahlen bekommt. Weil nun Ff kein Punct ist, so kommen viele Strahlen desselben erst in O, dem Abstande der Brennweite von QM, zur Axe, und das Auge muß also dort den schicklichsten Platz haben.

Formel: $\frac{BM}{BA}$ = Tang. des halben Gesichtsfeldes. Diese Größe ist bei diesem Seherohr sehr beträchtlich. Gerade Linien vom Mittelpunct des Glases P zu dem Mittelpunct des Glases Q und dessen Endpuncte M, bilden den Winkel MAB, welcher der Halbmesser des Gesichtsfeldes ist, und also von der Breite des Augenglases QM und seinem Abstande vom Objectiv P abhängt. Er wird gefunden durch BA : Sin. tot. = BM : Tang. MAB.

Die Klarheit oder Helligkeit, mit der die Dinge durch dies Fernrohr erscheinen, hängt von dem Strahlenbündel ab, welches das Augenglas auf das Auge wirft. Es ist gut, wenn dies wenigstens $\frac{1}{2}$ bis 1 ganze Linie dick ist, weil der Augenstern ungefähr diese Breite hat.

Formel: $Af : Bf = PP : QM$ oder nn, und nn
$$= \frac{PP \,.\, Bf}{Af} \text{ oder } = \frac{PP \,.\, b}{B} = \text{der Klarheit.}$$

Weil nun die Breite nn = 1 Linie, oder wenigstens $\frac{1}{2}$ Linie seyn muß, so wird die Öffnung des Objectivs wenigstens so viel halbe Linien betragen, als so vielmal das Werkzeug vergrößern soll. Z. B. bei einer 100maligen Vergrößerung muß die Öffnung des Objectivs auch 100 halbe Linien, oder 4 Zoll 2 Linien haben (allenfalls auch 3 Zoll, wie einige Theoretiker vestsetzen).

Anmerk. Zu ansehnlichen Vergrößerungen müssen also Gläser von großer Brennweite genommen werden, weil diese nur eine ziemliche Breite erhalten können. Gläser von kurzer Brennweite und großer Oeffnung (Breite) bringen wegen ihrer großen Convexität die Strahlen nicht nahe genug zusammen, wodurch Verwirrung entsteht; aber Gläser von großer Brennweite krümmen sich nur wenig, und die mehrsten Strahlen gehen nahe bei der Axe durch das Glas, wodurch die Verwirrung wegfällt. Man gestatte bei 100maliger Vergrößerung nicht viel über $\frac{1}{2}$ Grad Größe des Bogens, womit das Objectiv beschrieben ist. Bei kleinen Vergrößerungen kann dieser Bogen wol 8 Grade haben.

§. 690. Eine starke Vergrößerung vermehrt den Diffusionsraum, darum sind kurze Fernröhre dieser Art nicht zu sehr ansehnlichen Vergrößerungen geschickt. Ist die Verwirrung zu groß, so bedeckt man das Objectivglas mit einem Pappedeckel, der in der Mitte ein Loch hat. Schon §. 684. ist erwähnt, daß mittelst zweier Gläser P und Q Fig. 244., die verschiedene Gestalt und Brechungsfähigkeit haben, der Diffusionsraum sehr vermindert werden kann. Nimmt man nun die Radien, womit die beiden Bogen eines erhabenen Glases beschrieben sind, verschieden, so findet sich in Hinsicht der Diffusion auch schon ein merklicher Unterschied. Euler beweist, daß ein erhabenes Glas, dessen vordere, dem Object zugekehrte, Seite mit einem Radius von 14 Zoll, und dessen hintere Seite mit dem Radius von 84 Zoll beschrieben ist, den kleinsten Diffusionsraum hat, folglich seinen Zweck am besten erfüllt. Die Brennweite dieses Glases wird 24 Zoll seyn. Will man also ein Objectiv von anderer Brennweite, so richte man es so ein, daß die Vorderfläche mit einem Radius, der sich zu dem der Hinterfläche, wie 14 : 84 oder 1 : 6 verhält, beschrieben werde.

Zusammengesetzte oder achromatische Objective vertragen eine starke Vergrößerung, große Öffnung, und sind eben so brauchbar, als einfache von 5 bis 8 mal größerer Brennweite, sogar in vielen Fällen den Spiegeltelescopen vorzuziehen.

§. 691. Das **Erdfernrohr** Fig. 245. besteht aus 2 astronomischen. Das Objectivglas A hat eine lange Brennweite, und bricht die parallelen Strahlen LL in seinem Brennpunct F zusammen, wo ein Bild entsteht. Das Glas B hat eine kurze Brennweite BF, und bricht die Strahlen des Bildes so, daß sie nach der Brechung parallel auf das 3te Glas C fallen, welches die Stelle des Auges vertritt, und in seinem Brennpunct f wieder ein Bild macht, dessen Strahlen von dem Glase D, das um seine Brennweite davon absteht, abermals parallel dem Auge in O zugeführt werden.

Die Länge des Erdfernrohrs beträgt wenigstens so viel, als die Brennweite des Objectivs $= B$, und die Brennweiten b, b', b'' der 3 übrigen Gläser doppelt genommen.

Formel: $B + 2 . (b + b' + b'') =$ Länge.

Die Vergrößerung hängt von den beiden Paaren der Gläser A, B und C, D ab, wovon jedes Paar ein astronomisches Fernrohr bildet. A und B vergrößert so viel mal, als b in B, oder die kleine Brennweite in der großen enthalten ist. Die Gläser C und D thun für sich dasselbe. Folglich ist die gemeinschaftliche Vergrößerung das Product aus der des ersten und zweiten Paars.

Formel: $\frac{B}{b} \cdot \frac{b'}{b''} = \frac{B \cdot b'}{b \cdot b''}$ = Vergrößerung, wobei b = Brennweite vom Glase B, b' = Brennweite vom Glase C, und b'' = Brennweite vom Glase D ist.

Z. B. Es sey die Brennweite

$$\left.\begin{array}{lll} \text{des Objectivs} & A = B & = 20 \text{ Zoll} \\ \text{des Glases} & B = b & = 4 \text{ —} \\ \text{des Glases} & C = b' & = 2 \text{ —} \\ \text{des Glases} & D = b'' & = 1 \text{ —} \end{array}\right\} \text{so ist } \frac{B \cdot b'}{b \cdot b''} = \frac{20 \cdot 2}{4 \cdot 1} = \text{10malige Vergrößerung.}$$

Der Abstand der Gläser A und B, so wie C und D ist = der Summe ihrer Brennweiten, allein man findet das Gesichtsfeld am größten, wenn B und C etwas weiter, als die Summe ihrer Brennweiten absteht, weil das Glas C dann alle Lichtstrahlen auffängt.

Das Gesichtsfeld dieses Fernrohrs ist noch größer, als bei dem astronomischen, weil das Glas C mehr Lichtstrahlen auffangen kann, als ein Auge an seiner Stelle. — Es stellt die Gegenstände aufrecht vor, indem das 2te Paar Gläser C und D das vom ersten Paar gemachte verkehrte Bild wieder verkehret, also aufrichtet; allein weil die Gläser nie vollkommen durchsichtig sind, so gehen auch mehr Strahlen verloren, wenn mehr als 2 Gläser darin sind.

Man kann allerlei Anordnungen der Gläser erfinden; aber die gewöhnlichsten sind so, daß die 3 Gläser B, C, D von gleichen Brennweiten genommen sind, in welchem Fall die Vergrößerung durch die Division der Brennweiten der Gläser A und B gefunden wird, denn das andere Paar Gläser C und D richtet den Gegenstand nur auf. — Es giebt Erdfernröhre mit 4, 5 oder 6 Augengläsern, welche allemal in einer beweglichen Röhre verschiebbar sind. Da nahe Gegenstände ihr Bild nicht im Brennpunct des Objectivs formiren, so muß man bei Betrachtung derselben die Augenglasröhre etwas mehr herausziehen; Kurzsichtige hingegen werden sie weiter hinein schieben müssen.

§. 692. Zu den Vorsichtsmaßregeln, die Wirkung der Fernröhre zu vermehren, rechnet man:

1. Die

1. Die Bedeckung oder Öffnung des Objectivs, welche von der Vergrößerung abhängt; man findet sie durch die

Formel: $\frac{36 \cdot V}{100}$ = Öffnung, wobei V = Vergrößerung, und die Zahl 36 Linien bedeutet.

2. Das Anschwärzen der Röhren, worin die Gläser bevestigt sind, um alle schiefeinfallende Lichtstrahlen zu vertilgen.

3. Das geschickte Anbringen der Blenden, schwarzer in der Mitte offener Ringe. Sie können zur Deutlichkeit viel beitragen, und müssen da, wo die Lichtstrahlen am dichtesten sind, oder wo Bilder entstehen, ihren Platz haben, z. B. im Erdfernrohr Fig. 245. zwischen den Gläsern C und D im Brennpunct f, beim astronomischen nur in F. Zweckwidrig wäre eine Blende zwischen den Gläsern B und C. Die Größe der Öffnung in der Blende muß der des Bildes entsprechen. Zwar verengen die Blenden das Gesichtsfeld, allein zum Vortheil, denn sie halten alle falsche Lichtstrahlen ab und vermehren so die Deutlichkeit.

§. 693. In den Newtonschen oder Herschelschen Telescopen vertritt die Stelle des Objectivglases ein auf dem Grunde einer geschwärzten Röhre ACDB Fig. 250. liegender parabolisch gekrümmter Hohlspiegel SP. Der Lichtstrahl LR wird durch den Spiegel so zurückgeworfen, daß er in A an der obern Öffnung der Röhre ein convexes Glas von kurzer Brennweite trifft, welches um seine Brennweite von der des Hohlspiegels absteht, und als Augenglas dient. Weil solche Spiegel alle Lichtstrahlen genau in einem Puncte vereinigen, so sind sie zu sehr starken Vergrößerungen außerordentlich geschickt. Man findet die Vergrößerung durch die Division der Brennweiten des Hohlspiegels und des Augenglases in einander.

Dieses Instrument dient vornehmlich zur Betrachtung überirdischer Gegenstände, und ist einer großen Helligkeit und Deutlichkeit fähig, weil der Spiegel viele Lichtstrahlen in einem kleinen Raum vereinigt. Herschel erzählt,

zählt, daß, sobald ein Fixstern erster Größe, z. B. Wega, an das Gesichtsfeld des Telescops trete, diese Erscheinung einer prachtvollen Morgenröthe, und sein wirklicher Eintritt dem Aufgang unserer Sonne gleiche; so auch, daß er in einer ziemlich dunkeln Nacht mittelst seines 40 Fuß langen Telescops die Ziffern an einem 1 Meile weit entfernten Thurm erkennen konnte.

Das Gregorianische Telescop hat einen durchbrochenen Spiegel und mehrere Augengläser, stellt die Gegenstände dunkler vor, und ist daher wenig beliebt.

§. 694. Die dunkle Kammer oder Camera obscura kann in die veststehende und tragbare eingetheilt werden. Beide Arten sind an Einrichtung und Größe verschieden.

In der Decke des dunklen Behältnisses ABCP Fig. 246. befindet sich in G ein erhabenes (gewöhnlich planconvexes) Glas, dessen Brennpunct auf den mit weißem Papier überzogenen Tisch T fällt. SP ist ein beweglicher Planspiegel, der die Strahlen oq und br vom Object ob auf das Glas G wirft, welches in seinem Brennpunct (Bildpunct) auf dem Tische T ein Bild (in unnachahmlicher Treue und Schönheit) vom Object darstellt.

Man kann diesem dunklen Zimmer verschiedene Vollkommenheit geben, wozu unter andern gehört,

1. daß der Spiegel PS mittelst einer Vorrichtung unter allerlei Winkel gestellt werden kann, je nachdem man diese oder jene Gegenstände auffangen will;

2. daß der Tisch mit einer Kurbel k höher oder tiefer geschroben werden kann, weil die Bilder naher Gegenstände weiter vom Glase G fallen, als die der entfernten;

3. daß das Glas G eine ziemliche Größe habe, um viele Lichtstrahlen aufzufangen.

An solchen Orten, die eine schöne lebendige Aussicht gewähren, wird eine Camera obscura eine eben so angenehme, als nützliche Unterhaltung, und Zeichenmeistern unübertreffliche Muster geben.

§. 695. **Die tragbare Camera obscura** hat folgende Einrichtung:

In dem Kästchen PMSB Fig. 247. ist bei C eine Röhre, und in derselben eine andere runde Röhre verschiebbar mit einem erhabenen Glase G. In der Richtung SP liegt ein Planspiegel, welcher die von einem Object O herkommenden und vom Glase G gebrochenen Strahlen oA und Oa nach einem mattgeschliffenen Planglase MS, welches horizontal auf dem Kästchen liegt, reflectirt, und daselbst ein deutliches vollkommen treues Bild, gleich einem Gemälde, vorstellt.

Wenn die Strahlen parallel auf G fallen, so ist GA + Al der Brennweite des Glases gleich; liegt aber O nahe, so muß das Glas G mit seiner Röhre weiter herausgezogen werden.

Über SM ist eine schwarze Decke MD, die mehr oder weniger geöffnet werden kann, um alles fremde Licht von dem Bilde in L abzuhalten; in u ist das Auge. — Je größer der Durchmesser und die Brennweite der Glaslinse G ist, desto größer und deutlicher werden die Bilder.

Dies Werkzeug hat mancherlei Bequemlichkeiten für Maler und Zeichner, die ihre Zeichnungen von Personen oder Landschaften mit den unerreichbaren Mustern, welche es darstellt, vergleichen wollen.

Die Größe des Bildes in der Camera obscura, so wie hinter jedem converen Glase, hängt von der Brennweite des letztern und dem Abstand des Objectes ab. Rückt dieses dem Glase näher, so wird das Bild größer, aber entfernter hinter demselben erscheinen. Bild und Object sind gleich groß, wenn der Abstand = der Brennweite ist; kommt das Object noch näher, als die Brennweite, so wird sein Bild vergrößert.

§. 696. Die **Zauberlaterne** oder laterna magica oder lucida dient dazu, kleine Gegenstände **vergrößert** abgebildet zu sehen. Das erhabene Glas MN Fig. 248. ist in der Röhre QR bevestigt. Bei JK ist das Kästchen durchbrochen, um die Objecte, Gemälde u. dgl. hinein zu schieben, welche durch Lampen stark erleuchtet werden. Da OP sich jetzt innerhalb der Brennweite des Glases MN befindet, so wird sein Bild vergrößert auf der

der weißen Wand WD, jedoch verkehrt erscheinen. Bringt man MN dem Object näher, so wird sein Bild op größer und entfernter. Je größer je dunkler; daher muß bei starken Vergrößerungen auch eine sehr starke Beleuchtung statt finden.

Will man kleine Insecten vergrößert sehen, so ist Lampenschein nicht hinreichend. Man trifft dann die Einrichtung so, daß die Sonne, deren Strahlen man wol noch mit einem erhabenen Glase verdichtet, die Objecte erleuchtet. In dieser Gestalt heißt dies Werkzeug ein Sonnenmikroscop.

§. 697. Der optische Kasten (sogenannte Kuckkasten) ist so eingerichtet, daß perspectivische Zeichnungen bei BL horizontal ausgebreitet, ihre Strahlen pq Fig. 249. auf den schiefgelegten Planspiegel PS werfen, welcher sie nach dem in der Öffnung MN bevestigten erhabenen Glase reflectirt. Da Nq + qp noch weniger, als die Brennweite des Glases MN beträgt, so sieht ein Auge O durch das Glas die Zeichnungen in vv vergrößert aufrecht, wodurch eine angenehme Täuschung hervorgebracht werden kann.

Im Schön-Seherohr, Kaleidoscop, Myriomorphoscop, liegen zwei Planspiegel unter einem spitzen Winkel gegen einander, welche die zwischen einem Plan- und mattgeschliffenen Objectiv-Glase befindlichen Körper vervielfältigt und in unbeschreiblicher Schönheit und Regelmäßigkeit dem durch eine kleine Öffnung sehenden Auge darstellen. Es hängt von der Neigung der Spiegel ab, wie vieleckig die Figuren erscheinen; sind die Spiegel z. B. 30° gegen einander geneigt, so erblicken wir ein ($\frac{360}{30} - 1 = 12 - 1 = 11$) Eilfeck (siehe §. 669.). Bei der kleinsten Bewegung verändert sich die Lage der Körperchen zwischen den Objectiven und mithin auch die erscheinende Figur, deren Verwandlungen in das Unendliche gehen. Für Maler, Kattundrucker und andere Zeuchfabrikanten giebt dies (vom Mechanikus Winkler zu Berlin für Deutschland erfundene) einfache Instrument unnachahmlich schöne Muster in unendlicher Menge.

VI. Grund-