DES

FREYHERRN VON METZBURG,

K. K. RATHS, DER PHILOSOPHIE UND THEOLOGIE DOCTORS, UND VORMALIGEN ÖFFENTLICHEN, ORDENTLICHEN PROFESSORS DER MATHEMATIK AN DER HOHEN SCHULE ZU WIEN,

ANLEITUNG

ZUR

MATHEMATIK.

NACH DER

ZWEYTEN LATEIN. AUSGABE ÜBERSETZT

VON

F. I. M.

SECHSTER THEIL.

OPTIK, DIOPTRIK,

UND

KATOPTRIK.

WIEN,

Bey Franz Joseph Rötzel, Buchhändler in der Singerstrasse.

MDCCXCIX.

VERZEICHNISS
DER
HAUPTSTÜCKE.

OPTIK.

Seite.

)(

ANFANGSGRÜNDE
DER
O P T I K.

I. HAUPTSTÜCK.
ALLGEMEINE BEGRIFFE
VON DER
O P T I K.

I. ERKLÄRUNG.

1. Die *Optik* (*optica*) ist die Wissenschaft der sichtbaren Gegenstände, (des Sehbaren) sie erkläret die Eigenschaften und Wirkungen des Lichtes und des Sehens.

II. ERKLÄRUNG.

2. Das *Licht* (*lux*) ist eine flüſsige, äuſserst feine und elastische Materie, welche aus dem leuchtenden Körper ausströmt, sich mit einer auſserordentlich groſsen Geschwindigkeit beweget, und wenn sie an das Auge gelanget, und selbes rühret, in demselben eine (zitternde?) Bewegung hervorbringt, d rch welche die Seele, wenn sie darauf aufmerksam ist, wegen ihrer innigen Verbindung mit dem Körper, die Gegenstände gewahr wird, dieses ist, was wir *Sehen* nennen.

III. ERKLÄRUNG.

3. Ein *leuchtender Körper* oder *leuchtender Punkt* ist derjenige, aus welchem eine solche Materie ausströmet.

FOLGERUNG.

4. Durch diese Materie also werden die Körper sichtbar, dieselbe komme nun *unmittelbar* zu unserem Auge, wie z. B. wenn (nach *Boscowich's* Erklärungsart) das Gleichgewicht zwischen den anziehenden und abstoſsenden Kräften gestöret wird, und einige Theile des leuchtenden Körpers in jene Grenzen kommen, wo die abstoſsenden Kräfte stärker als die anziehenden wirken, folglich gänzlich abgestoſsen werden, sich von dem leuchtenden Körper mit groſser Geschwindigkeit trennen, und in unser Auge kommen; oder *mittelbar*, wenn nämlich die leuchtende Materie zuerst auf einen undurchsichtigen Körper stöſst, und durch die Zurückprellung zu unserem Auge gelanget. Die Sonne sehen wir durch unmittelbares Licht, den Mond durch mittelbares.

ANMERKUNG.

5. Einige Körper leuchten, und sind warm zugleich, z. B. glühendes Eisen, brennendes Holz u. d. gl., andere hin-

gegen leuchten nur ohne warm zu seyn, z. B. faules Holz, einige Arten von Insekten, u. s. w. Es ist auch ferner zwischen einem leuchtenden und beleuchteten Körper zu unterscheiden; der erste entwickelt die Lichtmaterie aus sich selbst, auf den andern fällt sie von einem leuchtenden auf.

IV. ERKLÄRUNG.

6. Der *Lichtstrahl* (*radius luminis*) ist eine Reihe von Theilchen der Lichtmaterie, die in einer gewifsen Ordnung aufeinander folgen; wenn kein Hindernifs dazwischen kommt, so gehen sie vermöge des von dem leuchtenden Körper empfangenen ersten Eindruckes in einer geraden Linie bis zu einem Gegenstande fort; daher wird der Lichtstrahl durch eine gerade Linie, welche vom leuchtenden Körper bis zum Gegenstande gezogen wird, vorgestellet.

V. ERKLÄRUNG.

7. Das *Mittel* (*medium*) ist jener Raum, durch welchen der Lichtstrahl hindurchgeht. Dieses ist entweder so beschaffen, dafs die Lichtmaterie frey durchgehen könne, oder so, dafs es ihrer Bewegung widersteht, und dann wird der Lichtstrahl genöthiget von seiner geraden Richtung abzuweichen, und bekommt eine Bestimmung innerhalb dieses Mittels eine andere gerade zu durchlaufen, dann sagt man: der Lichtstrahl wird *gebrochen*; oder endlich das Mittel läfst die Lichtmaterie ganz und gar nicht durch, und dann wird sie entweder *verschluckt*, oder *zurückgeprellt*.

FOLGERUNG.

8. Hieraus werden die verschiedenen Theile der Optik hergeleitet: nämlich, die eigentliche *Optik*, welche von den ge-

raden Strahlen, oder vom geraden Sehen: die *Dioptrik*, welche vom Sehen durch gebrochene Strahlen: und die *Katoptrik*, die vom Sehen durch zurückgeworfene Strahlen handelt.

VI. ERKLÄRUNG.

9. *Durchsichtig* ist ein Körper, welcher die Lichtmaterie hindurch läſst, z. B. Glas, Luft, Waſser: *undurchsichtig* aber, welcher selbe nicht durchläſst, als Steine, Holz u. s. w.

FOLGERUNG.

10. Je mehrere Lichtstrahlen hindurchgehen, desto durchsichtiger ist der Körper. Dieses Durchgehen der Strahlen aber hängt nicht von der geraden Stellung der Poren, sondern von der Gleichheit der Kräfte ab, welche nach allen Seiten und Richtungen gleichförmig wirken, damit der Strahl, welcher beym Eintritt von seinem Wege abgeleitet worden ist, dieselbe Richtung durch das ganze Mittel beybehalten könne. Bey einem undurchsichtigen Körper aber muſs der Strahl, indem die Kräfte ungleich sind, und nach verschiedenen Richtungen wirken, immer eine andere Richtung nehmen, folglich wird die Geschwindigkeit des Lichtes vermindert, und endlich ganz getilget. Hieraus wird leicht erkläret, warum undurchsichtige Körper sich eher erwärmen, als durchsichtige.

VII. ERKLÄRUNG.

11. Die *Erleuchtung*, oder die *Stärke des Lichtes* (*illuminatio* oder *intensitas lucis*) ist die Menge, oder die Dichtigkeit der Lichtmaterie, welche in derselben Zeit sich auf dem erleuchteten Körper befindet.

I. FOLGERUNG.

12. Die Stärke des Lichtes nimmt also ab, wie umgekehrt die Flächen; denn wenn die nämliche Menge von einer

Materie auf eine gröſsere Fläche vertheilet wird, so muſs sie nothwendig dünner seyn. So wird z. B. eine Fläche von einem Quadratschuh, wenn sie mit rother Farbe überstrichen wird, stärker roth seyn, als wenn eine Fläche von zwey Quadratschuhen mit eben so viel Farbematerie oder Pigment überzogen würde.

II. FOLGERUNG.

13. Das *Tageslicht* (*lux diurna*) ist die Materie, welche von der Sonne bis zu uns kommt, da nun die Sonne, wie wir in der Astronomie hören werden, wahrscheinlich ein feuriger oder brennender Körper ist, so sind die Theilchen dieser Materie in beständiger äuſserst schneller Bewegung; einige davon fallen wiederum in die Sonne zurück, (so wie die von unserer Erde aufsteigenden Dünste auf dieselbe zurückfallen) andere leichtere aber entfernen sich davon, und werden zerstreuet, ohne daſs jedoch die Maſse der Sonne dadurch merklich vermindert werde. *Boskowich* hat nämlich durch Rechnung gefunden, daſs eine Waſserkugel von einem Zoll im Durchmeſser mehr Maſse oder Materie enthalte, als das Licht beträgt, welches in mehreren Millionen Jahren aus der Sonne ausströmet. Eben dieselbe Materie strömt auch aus Fixsternen und anderen leuchtenden Körpern aus. Es ist also die Materie des Tageslichtes von der Materie des Sonnenkörpers selbst nicht verschieden.

ANMERKUNG.

14. Um die Eigenschaften und Wirkungen des Lichtes zu entdecken, müſsen wir zu Versuchen unsere Zuflucht nehmen, und aus selben die Grundsätze unserer Beweise herleiten.

VERSUCH.

15. Mittelst Balken, welche die Fenster genau verschlieſsen, versperre man dem Lichte allen Zutritt in ein Zimmer, und laſse nur ein einzi-

ges kleines Loch übrig, so werden bey heiterm Himmel die Gegenstände, die aufserhalb des Zimmers sind, auf der gegenüberstehenden Wand abgebildet, zwar nicht ganz klar und deutlich, jedoch immer so, dafs sie von einander unterschieden werden können: andere Gegenstände z. B. die auf der Gafse vorübergehende Menschen, Pferde, werden ebenfalls an der Wand den Ort verändern. Allein alle diese Abbildungen erscheinen verkehrt; weil nämlich die Lichtstrahlen beym Durchgehen durch die Öffnung sich in selber kreuzen, so fallen jene, welche von dem untersten Punkte des Gegenstandes kommen, oben, die aber vom höchsten kommen, unten auf die Wand auf; und daher mahlen sich die Wurzeln der Bäume oben, die Gipfeln derselben aber unten.

Wenn die Sonne auf die Öffnung scheinet, so geht ein gerader Lichtstrahl von der Öffnung durch das Zimmer, an defsen Ende, wenn er an der gegenüberstehenden Wand aufgefangen wird, ein leuchtender Kreis: wenn er aber auf den Fufsboden fällt, eine leuchtende Ellipse erscheinet, welche desto gröfser ist, je weiter das Ende des Strahles von der Öffnung entfernet ist. Hieraus leitet man folgende Naturgesetze:

16. I. Die Lichtstrahlen pflanzen sich in geraden Linien fort.

17. II. Es können nur jene Theile eines leuchtenden oder erleuchteten Körpers wahrgenommen werden, zu denen man von dem Auge eine gerade Linie ziehen kann, und in einem solchen Falle erscheinen sie unmittelbar; (§. 4.) wenn aber der aus einem Körper ausströmende Lichtstrahl auf eine Fläche fällt, welche denselben zurückprellt, und von dieser erst zu unserem Auge gelanget, so wird der Gegenstand vermittelst eines Spiegels gesehen.

18. III. Jedweder leuchtende Punkt strahlet nach allen Seiten, und kann als der Mittelpunkt einer Sphäre betrachtet werden, von welchem auf die ganze hohle Oberfläche die Strahlen wie Halbmeſser gezogen worden sind. Wenn das Licht mit einer Fläche aufgefangen wird, so ist der leuchtende Punkt der Scheitel einer Strahlenpyramide, oder eines Strahlenkegels, deſsen Grundfläche die Oberfläche des erleuchteten Körpers ist.

19. IV. Jedwedes in einem verfinsterten Zimmer abgemahlte Bild ist die Grundfläche jener Strahlenpyramide, derer Scheitel in der Öffnung des Fensterladens; eine andere ihr entgegengesetzte ist auſserhalb der Öffnung, derer Scheitel mit dem der vorigen zusammentrifft, und deſsen Grundfläche die Oberfläche des leuchtenden Körpers ist.

20. V. Die Theile dieser Materie sind so fein, daſs sie durch keine Vorstellungskraft begriffen werden können. Denn durch eine sehr kleine Öffnung gehen alle zugleich durch, sie durchkreuzen sich einander in derselben, und dennoch bringt jeder Lichtstrahl, der von was immer für einem Punkte des Gegenstandes ausfährt, sein Bild auf die Wand, ohne daſs er von seinem Wege abgelenket würde, ohne daſs er sich mit einem anderen vermischte, und ohne daſs er den kleinsten Theil des Gegenstandes auslieſse, den er nicht aufs genaueste im Bilde abmahlte.

21. VI. Weil der in das verfinsterte Zimmer fallende Lichtstrahl von den Umstehenden gesehen wird, so ist klar, daſs Theile dieser Materie in unser Auge zurückgeworfen werden müſsen, folglich stoſsen sie auf feste Theile der Atmosphäre, und dadurch entsteht diese Zurückstrahlung; welches auch dadurch bestättiget wird, wenn man den Lichtstrahl durch den Rezipienten der Luftpum-

pe gehen läſst, und in demselben die Luft verdünnet; denn der Lichtstrahl verschwindet innerhalb des Rezipienten, obgleich andere hineingestellte Gegenstände sichtbar bleiben. Daher kommt es auch, daſs ein Lichtstrahl, welcher weiter durch die Atmosphäre geht, immer schwächer werde; denn die Lichttheilchen, welche an die soliden Molecken der Luft stoſsen, werden zurückgeworfen, und zerstreuet, wodurch nun die Stärke des Lichtes nothwendig vermindert werden muſs.

VIII. ERKLÄRUNG.

22. Das *Auge* ist ein Werkzeug, wodurch wir die auſser uns befindlichen Gegenstände mittelst des Lichtes empfinden, und uns von ihrer Gegenwart überzeugen, welches man *Sehen* nennt, (*Fig.* 2.) es ist also das Auge das Werkzeug des Sehens, oder des Gesichtes.

I. ANMERKUNG.

23. Es ist aber das Auge ein fast kuglicht runder Körper, welcher aus mehreren Häuten und Feuchtigkeiten besteht, diese untereinander verbundenen Theile machen das ganze Auge aus, welches nun durch verschiedene Muskeln nach allen Seiten gewendet und beweget werden kann. Der ganze Augenkörper zusammen heiſst der *Augapfel*. (*Fig.* 2.)

Die Muskeln sind theils *gerade*, theils *schiefe*; die geraden heiſsen: der *aufhebende* und der *niederdrückende*, der *abziehende* und *zuziehende*; der erste *b* zieht das Auge aufwärts, der andere *c* abwärts, der dritte *d* gegen die Ohren, der vierte *e* gegen die Nase; sie dienen, die Leidenschaften auszudrücken: der erste zeigt einen stolzen, der zweyte einen niedergeschlagenen, der dritte einen zornigen, und der vierte einen berauschten Menschen an. Der schiefe *f* heiſst der obere und *g* der untere, welche das ganze Auge auf- und abwärts ziehen. Der *Sehe*- oder *Augennerve h* befindet sich am hintern Theile des Augenapfels; vermittelst deſselben wird die Seele auf die eingedrückten Bilder aufmerksam gemacht, und empfindet, daſs dieselben vorhanden seyen.

Die Häute sind: (*Fig.* 3.) die *angewachsene aa*, (*adnata*) welche den Augapfel mit den Augenliedern verbindet, daher heiſst sie auch die *zusammenfügende*, (*conjunctiva*).

Die *harte Haut bb*, (*sclerotica*), welche den ganzen Augapfel umgiebt, und sich von dem Sehenerven an gegen vorwärts verlängert.

Die *Hornhaut c*, (*cornea*) ist der vordere Theil der harten Haut, sie hat den Nahmen von ihrer Durchsichtigkeit, und ihre Konvexität ragt etwas über die Rundung des Augapfels hervor.

Die *Gefäſs* - oder *Aderhaut dd*, (*choroides*) liegt zunächst hinter dieser, sie ist aus vielen Fäserchen zusammengewebt, und bey den Menschen immer schwarz, ihre Vorderseite ist durchlöchert, und heiſst

die *Traubenhaut ee*; (*uvea*) das Loch umgiebt ein farbigter Kreis, welcher die *Regenbogenhaut* genannt wird, diese ist bey einigen Menschen schwarz, bey andern blau, auch braun, oder von vermischter Farbe, bey schwachem Lichte erweitert sie sich unwillkürlich, verengert sich aber bey starkem. Das kreisrunde Loch *f* selbst heiſst der *Stern*, (*pupilla*) durch selben kommen die Lichtstrahlen in das Innere des Auges.

Die *Netzhaut g* (*retina*) ist eine im Grunde des Auges am Ende des Sehnervens ausgedehnte Haut, auf welcher die Bilder der Gegenstände, welche durch die Lichtstrahlen in das Auge gebracht worden sind, abgemahlet werden. Sie ist also der Ort der Bilder im Auge.

Feuchtigkeiten sind dreyerley im Auge: 1tens die *wäſserige Feuchtigkeit* (*humor aqueus*) im vordern Theile des Auges hinter der Hornhaut. 2tens die *krystallene Feuchtigkeit*, oder die *Krystallinse*, (*humor crystallinus*, *lens crystallina*) sie ist sehr durchsichtig, liegt hinter dem Stern, und hat die Gestalt einer Linse, deren hintere Fläche jedoch mehr erhaben ist, als die vordere: sie hängt mit der Traubenhaut zusammen. 3tens die *glasartige Feuchtigkeit*, (*humor vitre*.

us) welche die übrige Höhlung des Auges ausfüllet, und mit der vorigen durch ein äuſserst feines Häutchen, das *Spinnengewebehäutchen*, zusammenhängt; sie ist ganz durchsichtig und weich. Das Übrige vom Auge wird den Anatomikern überlaſsen.

II. ANMERKUNG.

24. Das Sehen wird nun auf diese Art erklärt: die Strahlen, welche von dem leuchtenden Punkte ausfahren, treten in die Pupille, von da auf die Netzhaut, wo sie das Bild abmahlen; und weil sie in geraden Linien fortgehen, so nehmen jene, welche von dem untersten Punkte des Gegenstandes kommen, den oberen Theil des Bildes; welche aber von dem obersten Punkte des Gegenstandes kommen, den unteren Theil des Bildes ein: die auf der rechten Seite stimmen mit denen zur linken, und so umgekehrt, überein, daher ist das ganze Bild im Auge verkehrt. Jedoch ist es nicht zu bewundern, daſs wir mittelst dieses verkehrten Bildes den Gegenstand dennoch aufrecht sehen; denn der Eindruck vom Punkte *A* (*Fig.* 4.) geschieht durch die gerade Linie *ADa*, und vom Punkte *B* durch die gerade Linie *BDb*, vom Punkte *C* aber durch die gerade Linie *CDc*; denn die Seele bezieht den Punkt *A* nach oben, *B* aber nach unten, und *C* in die Mitte. Wir erheben die Augen, wenn wir die obern Theile eines Gegenstandes ansehen, schlagen sie hingegen nieder, wenn wir das Unterste betrachten.

III. ANMERKUNG.

25. Die Ursache aber, warum wir, da doch der Eindruck in beyden Augen geschieht, folglich das Bild zweymal abgemahlet wird, dennoch den Gegenstand nur einmal sehen, liegt darinn, daſs wir, wenn wir eine Sache deutlich sehen wollen, den Augen eine solche Lage geben, daſs die Achsen beyder Augen, wenn man sich dieselben verlängert vorstellt, im Gegenstande zusammenlaufen, mithin ist zwar das Bild doppelt, allein es wird an dem nämlichen Orte gesehen, und eines wird von dem anderen genau gedecket,

folglich sieht die Seele nur einen und denselben Gegenstand. Wenn man (*Fig.* 5.) die Mittelpunkte der Augen mit einer geraden Linie *AB* verbindet, so heifst die Fläche *CD*, welche durch den Gegenstand gleichlaufend zu *AB* gezogen wird, der *Horopter*; folglich wird der in *E* gestellte Gegenstand durch die Strahlen *AE* und *BE* nur einmal, einfach und deutlich gesehen. Wenn nun die Augen so verdrehet werden, dafs die Achsen entweder vor dem Horopter in *F*, oder hinter demselben in *G* zusammenlaufen, wie es bey Betrunkenen, oder Wahnsinnigen geschieht, welche den Augen die gehörige Lage nicht zu geben vermögen, so müfsen sie nothwendig den Gegenstand doppelt sehen. Wäre nämlich der Gegenstand in *E*, die Achsen aber liefen in *G* zusammen, so wird das linke Auge denselben nach *h*, das rechte nach *k* übertragen; wenn wir uns aber einbilden, dafs die Achsen in *F* zusammenlaufen, so vermeint das linke Auge, der Gegenstand sey in *k*, das rechte aber bezieht selben nach *h*. Diejenigen endlich, welche schielen, haben durch eine üble Gewohnheit die Augen zu richten, oder durch die Sorglosigkeit ihrer Kinderwärterinnen gelernet, ihren Horopter, oder den Zusammenlauf der Seheachsen in einer verdrehten und schief gestellten Lage der Augen zu setzen, in welcher sie dann klar und deutlich sehen, da sie in der geraden Stellung die Gegenstände verdoppelt sehen. Dieser Fehler könnte gebefsert werden, wenn man die Augen mit Bedeckungen versähe, welche mit einem einzigen kleinen Löchelchen durchbohret wären, damit ihnen der Gegenstand nur allein in gerader Linie, und beym Zusammenlaufe der Augenachsen im Horopter deutlich vorkommen könnte; auf solche Art wird sich dann die Seele nach und nach angewöhnen, auch ohne Bedeckungen den Augen eine solche Richtung zu geben, dafs sie gerade gegen die Gegenstände gewendet seyen.

IV. ANMERKUNG.

26. Die krystallene Feuchtigkeit bricht die Lichtstrahlen auf eine ähnliche Art wie eine Glaslinse, (wovon in der Dioptrik gehandelt wird) und sammelt dieselben in einer gewifsen Entfernung, in welchem Punkte das Bild klar abgebildet wird

Trifft dieser Versammlungspunkt auf die Netzhaut, so sieht das Auge die Gegenstände deutlich. Laufen sie aber vor oder hinter der Netzhaut zusammen, so ist das Sehen undeutlich und dunkel; hieraus entsteht die

IX. ERKLÄRUNG.

27. Ein *Kurzsichtiger* (*myops*) ist, bey welchem die Krystallinse eine zu groſse Konvexität hat, wodurch die Strahlen eher zusammen zu laufen gezwungen werden; folglich sieht er nur sehr nahe Gegenstände klar, entfernte aber dunkel.

X. ERKLÄRUNG.

28. Ein *Weitsichtiger* (*presbyta*) ist derjenige, bey welchem die Krystallinse eine zu kleine Konvexität hat, daher die Strahlen erst hinter der Netzhaut zusammenlaufen; mithin sieht er entfernte Gegenstände klar, nahe aber dunkel.

ANMERKUNG.

29. Beyden giebt die Dioptrik Mittel an die Hand, ihren Augenfehlern abzuhelfen, indem sie mittelst mehr oder weniger erhabenen oder hohlen Linsen denen von den Gegenständen kommenden Strahlen eine solche Richtung giebt, daſs sie in die Augen, bey welchen man sie anwendet, so kommen, daſs die Krystallinse, welche gehörig bricht, dieselben in der Netzhaut zusammenzulaufen zwingt.

XI. ERKLÄRUNG.

30. Der *graue Staar* (*cataracta*, *suffusio*) ist ein Fehler des Auges, wenn sich dichte Feuchtigkeiten vor der Krystallinse anhäufen, und den Eintritt der Lichtstrahlen verhindern; oder

wenn die Krystallinse selbst ihre Durchsichtigkeit verliert, folglich die Lichtstrahlen auf die Netzhaut nicht durchläſst.

ANMERKUNG.

31. Der graue Staar wird geheilet, wenn man in der Hornhaut einen Einschnitt macht, und jene Feuchtigkeiten entfernet, oder auch die Krystallinse entweder niederdrückt, oder herauszieht, es muſs aber ein solches Auge, um deutlich zu sehen, mit einem Glase bewaffnet werden.

XII. ERKLÄRUNG.

32. Der *schwarze Staar* (*amaurosis*, *gutta serena*) ist ein Fehler des Auges, wenn entweder die Netzhaut, oder der Sehenerve verdorben ist. Diesem kann die Chirurgie nicht abhelfen.

II. HAUPTSTÜCK.

VON DER STÄRKE DES LICHTES, ODER DER ERLEUCHTUNG DER KÖRPER.

I. LEHRSATZ.

33. Die Lichtstärke paralleler Strahlen bleibt in einem nicht widerstehenden Mittel unverändert.

BEWEIS.

Weil nichts, vermöge Voraussetzung, vorhanden ist, was die Menge des Lichtes vermindern, und die Menge der Lichttheilchen schwächen könnte, so muſs die nämliche Menge Lichtstrahlen mit derselben Geschwindigkeit, mit welcher sie aus dem leuchtenden Körper ausströmte, fortgehen: allein die Stärke des Lichtes hängt von der Menge der Lichtstrahlen ab, (§. 11.) folglich bleibt die Stärke des Lichtes paralleler Strahlen in einem nicht widerstehenden Mittel unverändert.

II. LEHRSATZ.

34. Die Stärke des Lichtes in einem nicht widerstehenden Mittel, wenn die Strahlen auseinander fahren, oder divergiren, nimmt ab, wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen, oder die Stärke des Lichtes verhält sich verkehrt, wie die Quadrate der Entfernungen vom leuchtenden Körper.

BEWEIS.

Es sey a (*Fig.* 6.) ein leuchtender Körper, von welchem die Strahlen divergirend ausgehen, ab und ac seyen die zwey äuſsersten Strahlen, zwischen welchen einige Gegenstände in verschiedenen Entfernungen gestellet sind, diese können als zwey Seiten des gröſseren gleichschenkeligen Dreyeckes abc, deſsen Grundlinie bc ist, betrachtet werden; man ziehe de gleichlaufend zu bc, und aus a fälle man auf die Grundlinie eine Senkrechte af, so ist dieselbe auch senkrecht auf de, und die Dreyecke abc und ade sind ähnlich, mithin verhält sich $ag : af = de : bc$; es seyen ag und af die Entfernungen: de und bc die Durchmeſser der Zirkeln, welche zwischen den Lichtstrahlen, die vom leuchtenden Punkte a ausfahren, gestellet und erleuchtet angenommen werden, so wachsen die Durchmeſser, wie die Entfernungen, in einer doppelten Entfernung ist er doppelt, in einer dreyfachen dreymal so groſs, u. s. w. Weil sich aber Flächen verhalten wie die Quadrate der Durchmeſser, wie in der Geometrie bewiesen worden ist, so wird sich, wenn man die erste Fläche p, die andere gröſsere P nennt, verhalten $p : P = de^2 : bc^2$; erhebt man nun die erste Proportion zum Quadrat, so ist $ag^2 : af^2 = de^2 : bc^2$, also auch $p : P = ag^2 : af^2$, das heiſst: die Flächen wachsen wie die Quadrate der Entfernungen.

Allein in der Hydrostatik ist bewiesen worden, daſs sich die Dichtigkeiten auf zweyen Flächen, wenn die Maſsen gleich sind, verkehrt verhalten wie die Flächen, folglich wird sich auch in unserem Falle, wo eine gleiche Lichtmaſse auf beyde Flächen fällt, verhalten, das stärkere oder dichtere Licht auf der kleineren Fläche zum minder stärkeren oder dünneren auf der gröſseren Fläche, wie die gröſsere Fläche zur kleineren; es heiſse das dichtere Licht $= L$, das dünnere $= l$, so verhält sich $L : l = P : p$; allein es verhielte sich $p : P = de^2 : bc^2$, oder $P : p = bc^2 : de^2$, das ist: das dichtere oder stärkere Licht in der kleineren Entfernung zum dünneren in der gröſseren Entfernung, wie das Quadrat der gröſseren Entfernung, zum Quadrat der kleineren Entfernung. Also verhält sich die Stärke des Lichtes in einem nicht widerstehenden Mittel, wenn die Strahlen auseinander gehen, verkehrt wie die Quadrate der Entfernungen. W. z. b. w.

I. FOLGERUNG.

35. Wenn man annimmt, daſs die Entfernungen vom leuchtenden Körper wie 1, 2, 3, 4 wachsen, so nimmt die Stärke des Lichtes wie die Quadrate dieser Entfernungen ab, oder es ist in der einfachen Entfernung wie 1, in der doppelten wie $\frac{1}{4}$, in der dreyfachen wie $\frac{1}{9}$, in der vierfachen wie $\frac{1}{16}$ u. s. w.

II. FOLGERUNG.

36. Wenn die Lichtstrahlen konvergiren, oder wenn die aus dem leuchtenden Körper ausgehenden Lichtstrahlen in einem Punkte gesammelt werden, so wächst die Stärke des Lichtes wie die Quadrate der Entfernungen; denn die Dichtigkeiten wachsen, wie die Volume abnehmen, diese aber nehmen ab, wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen, folglich muſs auch die Dichtigkeit oder Stärke des Lichtes wachsen. Sind die Entfernungen wiederum wie 1, 2, 3, 4, u. s. w., so ist die Stärke des Lichtes in diesen Entfernungen wie 1, 4, 9, 16 u. s. w.

III. LEHRSATZ.

37. In einem gleichartigen durchsichtigen Mittel, z. B. Glas, Waſser u. s. w. nimmt die Stärke des Lichtes in einer geometrischen Reihe ab.

BEWEIS.

Wir nehmen an, dieses Mittel sey in verschiedene einander parallele und nahe Schichten eingetheilet, die zugleich durchaus, weil das Mittel als gleichartig angenommen wird, von gleicher Dichtigkeit sind; folglich wird das Licht beym Durchgange durch jede solche Schicht einen gleichen Theil von seiner Stärke verlieren; dieser verlorne Theil heiſse $\frac{1}{n}$, so wird das hinter jeder Schicht schon schwächere Licht immer wieder um einen eben so groſsen Theil geschwächet. Es sey das Licht, welches auf die erste Schicht auffällt $= 1$, so wird die durch die erste Schicht durchgehende Lichtmenge $= 1 - \frac{1}{n}$ seyn, welches gleich ist $\frac{n-1}{n}$; weil von dieser Gröſse ein bestimmter Theil, nämlich $\frac{1}{n}$, beym Durchgange durch die zweyte Schicht verloren geht, $\frac{1}{n}$ Theil aber von der Gröſse $\frac{n-1}{n} = \frac{n-1}{n^2}$ ist, so muſs diese Gröſse von $\frac{n-1}{n}$ abgezogen werden, so wird $\frac{n-1}{n} - \frac{n+1}{n^2} = \frac{n^3 - n^2 - n^2 + n}{n^3}$ $= \frac{n^3 - 2n^2 + n}{n^3}$, und wenn man nun alles durch n dividirt, so ist die Lichtstärke hinter der zweyten Schicht $= \frac{n^2 - 2n + 1}{n^2}$, das ist $\frac{(n-1)^2}{n^2}$; beym Durchgange durch die dritte Schicht verliert es wiederum $\frac{1}{n}$ von dieser Menge; dieser verlorne Theil ist also $= \frac{n^2 - 2n + 1}{n^3}$, wird dieses von dem Lichte hinter der zweyten Schicht abgezogen, so ist $\frac{n^2 - 2n + 1}{n^2} - \frac{n^2 + 2n - 1}{n^3} =$ $\frac{n^5 - 2n^4 + n^3 - n^4 + 2n^3 - n^2}{n^3}$, und alles durch n^2 dividiret, so ist $\frac{n^3 - 3n^2 + 3n - 1}{n^3}$ die Lichtmenge hinter der dritten Schicht, und dieses ist $\frac{(n-1)^3}{n^3}$, u. s. w.; mithin nimmt die Stärke des Lichtes in folgender Reihe ab: $\frac{n-1}{n}$: $\frac{(n-1)^2}{n^2}$: $\frac{(n-1)^3}{n^3}$: $\frac{(n-1)^4}{n^4}$. Allein dieses ist eine geometrische Reihe, folglich nimmt die Stärke des Lichtes, wenn es durch ein gleichartiges durchsichtiges Mittel geht, in einer geometrischen Reihe ab.

I. FOLGERUNG.

38. Wenn die Lichtstrahlen zugleich auseinander fahrend oder divergirend sind, so muſs diese Reihe mit der §. 34. angegebenen multipliciret werden, es wird sich also das abnehmende Licht verhalten wie $\frac{n-1}{n}$: $\frac{(n-1)^2}{4n^2}$: $\frac{(n-1)^3}{9n^3}$: $\frac{(n-1)^4}{16n^4}$ u. s. w.

II. FOLGERUNG.

39. Das durch die Athmosphäre gehende Licht wird also mehr geschwächt, wenn es aus einem am Horizonte befindlichen Körper ausströmt, als von einem andern, welcher mehr über dem Horizonte ist, zu uns kommt. Denn im ersten Falle geht es länger durch die Athmosphäre, als im zweyten, wie es (*Fig.* 7.) anzeigt, wo *T* die Erde, *a b c d e* die Athmosphäre, *Sf* die Lichtstrahlen vorstellet; denn der Weg *bf* ist viel länger, als *cf*.

ANMERKUNG.

40. Weil sich das Licht nach und nach fortpflanzet, und nicht in einem Augenblicke bis zu uns gelanget, wie in der Sternkunde bewiesen werden wird, so folgt, dafs wir die Himmelskörper niemals an jenem Orte sehen, wo sie wirklich sind; denn weil das aus selben ausströmende Licht, wegen ihrer ungemein grofsen Entfernung, erst später in unserem Auge einen Eindruck macht, so haben sie indefsen ihren vorigen Ort verändert, und sind weiter fortgerücket, folglich geht der Lichtstrahl, welcher vom Auge nach der Richtung des gemachten Eindruckes gezogen wird, nicht mehr zu dem beobachteten Gestirn, sondern in jenen Ort, wo es sich kurz vorher befunden hat, und der Beobachter glaubt dann, dafs es dort existire. Aus astronomischen Beobachtungen weifs man, dafs das Sonnenlicht bis zu uns 8′ 13″ Zeit brauche, folglich mufs es in einer Sekunde fast 981,030,000 Schuh zurücklegen. Weil der Schall in einer Sekunde einen Raum von 1142 oder (1038) Schuh durchläuft, so folgt, dafs die Bewegung des Lichtes 859044 oder (945115) mal geschwinder sey, als die Bewegung des Schalles.

I. AUFGABE.

41. Wenn zwey gleich stark leuchtende Körper von zwey dunkeln an verschiedenen Orten befindlichen Körpern

in gleich grofsen Entfernungen sind, so soll man finden, in was für einem Verhältnifse die Beleuchtungsstärke auf jedem der beleuchteten Körper sey.

AUFLÖSUNG UND BEWEIS.

Es seyen zwey strahlende Punkte A und B, (*Fig.* 8.) beyde seyen von dem Körper C um EC, und vom Körper D um ED entfernt; es sey $EC = a$, und $ED = b$, das Licht in C von A heifse m, das Licht von B aber heifse n; so wird sich vermöge des II. Lehrsatzes verhalten das Licht in C, zum Licht in D, wenn man nur allein den leuchtenden Körper A annimmt, wie $b^2 : a^2$, das ist: $m : D = b^2 : a^2$; also ist $D = \frac{ma^2}{b^2}$. Betrachtet man dann den leuchtenden Körper B, so verhält sich $n : D = b^2 : a^2$, und $D = \frac{na^2}{b^2}$; folglich $C : D = m + n$ $\frac{ma^2 + na^2}{b^2}$; oder $C : D = (m + n)\, b^2 : (m + n)\, a^2$, das ist: $C : D = b^2 : a^2$.

FOLGERUNG.

42. Wenn daher A und B zwey leuchtende Punkte des nämlichen leuchtenden Körpers sind, die von einander entfernt sind, so verhält sich die Stärke der Beleuchtung auf den beleuchteten Körpern verkehrt wie die Quadrate der Entfernungen der beleuchteten Körpern.

II. AUFGABE.

43. Man soll, wenn ein Körper zwischen zwey leuchtende Punkte, jed och

nicht in die Mitte gestellet wird, das Verhältniſs der Lichtstärke in der Mitte und im erleuchteten Körper, bestimmen.

AUFLÖSUNG

Es seyen A und B zwey gleich stark leuchtende Körper, (*Fig.* 9.) in D befinde sich ein erleuchteter Körper, und C sey der Punkt in der Mitte, das Licht in diesem Punkte von beyden leuchtenden Körpern heiſse l; die Entfernuug $AC = BC$ heiſse a; die Entfernung $AD = b$; und $DB = c$; so wird sich, wenn man den leuchtenden Körper A allein betrachtet, verhalten das Licht in D zum Licht in C verkehrt wie die Quadrate der Entfernungen, das ist: $D : l = a^2 : b^2$, also $D = \frac{la^2}{b^2}$; betrachtet man den leuchtenden Körper B, so ist wiederum $D : l = a^2 : c^2$, folglich $D = \frac{la^2}{c^2}$, und von beyden zugleich ist $D : C = \frac{la^2}{b^2} + \frac{la^2}{c^2} : 2l$, wird dieses unter einen gleichen Nenner gebracht, so ist $D : C = la^2c^2 + la^2b^2 : 2lb^2c^2$; alles mit l dividiret, ist $D : C = a^2c^2 + a^2b^2 : 2b^2c^2$; oder $D : C = (c^2 + b^2)\,a^2 : 2b^2c^2$; folglich verhält sich das Licht in D zum Licht in der Mitte, wie das Produkt aus der Summe der Quadrate beyder Entfernungen in das Quadrat der mitteren Entfernung, zum doppelten Produkte aus den Quadraten der Entfernungen.

Z. B. Es sey $a = 5$, $b = 2$, so ist $c = 8$, und das Licht in $D = (64 + 4)\,25 = 2700$, das Licht aber in der Mitte $C = 2 \times 4 \times 64 = 512$, also $D : C = 675 : 128$.

FOLGERUNG.

44. Nennt man die Entfernung $AC = a$, die Entfernung DC aber $= d$, so ist $AD = a - d$, und $DB = a + d$, so wird $b^2 = a^2 - 2ad + d^2$, und $c^2 = a^2 + 2ad + d^2$, und $(b^2 + c^2)\, a^2 = (a^2 - 2ad + d^2 + a^2 + 2ad + d^2)\, a^2$

$$= (2a^2 + 2d^2)\, a^2 = 2a^4 + 2a^2 d^2$$

und $2b^2 c^2 = 2(a^2 - 2ad + d^2)\,(a^2 + 2ad + d^2)$

$$= 2\,(a^4 - 2a^3 d + a^2 d^2 + 2a^3 d - 4a^2 d^2 + 2ad^3$$
$$+ a^2 d^2 + 2ad^3 + d^4$$
$$= 2\,(a^4 + 2a^2 d^2 - 4a^2 d^2 + d^4)$$
$$= 2a^4 + 4a^2 d^2 - 8a^2 d^2 + 2d^4$$
$$= 2a^4 - 4a^2 d^2 + 2d^4$$

dividiret man alles durch 2, so ist das Licht in $D : C = a^4 + a^2 d^2 : a^4 - 2a^2 d^2 + d^4$. Weil aber a immer gröſser ist als d, so ist $a^2 d^2$ gröſser als d^2, mithin ist der Vordersatz immer gröſser als der Nachsatz, und das Licht in der Mitte am schwächsten.

III. HAUPTSTÜCK.

VON DEM SCHATTEN.

I. ERKLÄRUNG.

45. Der *Schatten* (*umbra*) ist der Mangel der Beleuchtung, wegen eines dem Lichte entgegenstehenden undurchsichtigen Körpers, durch welchen die Fortpflanzung der Lichtmaterie innerhalb eines gewiſsen Raumes, deſsen Grenzen doch beleuchtet werden, verhindert wird. *Finsterniſs* (*tenebrae*) ist der gänzliche Mangel des Lichtes, wegen gänzlichen Ausschluſs der Lichtmaterie innerhalb eines

mit undurchsichtigen Körpern eingeschlofsenen Raumes.

FOLGERUNG.

46. Der Schatten also und Finsternifs sind verneinende Begriffe, und keines von beyden kann einen Eindruck auf die Sinne machen.

I. LEHRSATZ.

47. Der undurchsichtige, von einer Seite erleuchtete Körper wirft den Schatten auf die dem Lichte entgegengesetzte Seite.

BEWEIS.

Weil das Licht in einer geraden Linie fortgepflanzt wird, der undurchsichtige Körper aber die auffallenden Strahlen nicht hindurchläfst, so können nur jene Strahlen auf die gegenüberstehende Seite kommen, welche zunächst an den äufsersten Grenzen des Körpers vorbeystreichen, oder dieselben berühren, diese begrenzen folglich und bestimmen den Schatten auf der gegenüberstehenden Seite, also mufs er auf der dem Lichte entgegengesetzten Seite seyn.

FOLGERUNG.

48. Folglich wirft ein senkrecht stehender runder Stab einen geradelinigten Schatten; wenn er aber so gegen den leuchtenden Körper gehalten wird, dafs er in der Richtung der Lichtstrahlen liegt, so ist der Schatten ein Kreis. Eine Zirkelfläche wirft einen kreisrunden oder auch einen elliptischen Schatten, jenachdem der aus dem leuchtenden Punkte

ausgehende Strahl entweder senkrecht, oder schief auf die Fläche fällt, und jenachdem der Schatten auf eine Fläche fällt, welche gegen die erleuchtete parallel oder schief liegt. Ein Zylinder, wenn die Grundfläche so gegen den leuchtenden Punkt gehalten wird, daſs die Achse in der Richtung der Strahlen liegt, wirft einen runden: wenn sie schief ist, einen elliptischen Schatten; wenn der Zylinder nach der Länge erleuchtet wird, ist der Schatten ein Parallelogramm; nur die Kugel allein wirft in jeder Lage einen kreisrunden Schatten.

II. ERKLÄRUNG.

49. Der *gerade Schatten* (*umbra recta*) ist, den ein senkrecht stehender Körper auf eine horizontale Fläche: der *umgekehrte Schatten* aber, (*umbra versa*) den ein horizontaler Körper auf eine senkrechte Fläche wirft.

II. LEHRSATZ.

50. Je stärker das Licht ist, welches die Fläche erleuchtet, desto stärker ist der Schatten.

BEWEIS.

Dieses erhellet aus dem bekannten Grundsatze: *Entgegengesetzte Dinge neben einander gestellt, fallen mehr auf.* Weil nämlich gleich auſser den Grenzen des Schattens eine sehr starke Beleuchtung Statt findet, so muſs der Mangel des Lichtes hinter den Grenzen weit mehr bemerklich seyn, als dort, wo ein stuffenweise schwächeres Licht die Grenzen und die nahe liegenden Körper beleuchtet.

III. LEHRSATZ.

51. Wenn dunkle Körper von einem leuchtenden erleuchtet werden, so hat der auf die entgegengesetzte Fläche geworfene Schatten noch einen Halbschatten neben sich, welcher desto gröſser ist, je gröſser der leuchtende Körper selbst ist, je mehr man die Fläche entfernt, und je schiefer sie liegt. (*Fig.* 10.)

BEWEIS.

Es sey *AB* der Sonnenkörper, *GH* ein auf der Fläche *GI* senkrecht aufgestellter Stab; so lange der Beobachter, von *I* gegen *E* gehet, sieht er den ganzen Sonnenkörper, *EI* ist also vollkommen erleuchtet; gehet er von *E* nach *D*, so sieht er in *D* nur noch die Hälfte der Sonne, mithin wird ein Theil des Lichtes aufgefangen, welches so lange fortdauert, bis er nach *F* kommt, wo noch der letzte Sonnenstrahl *BF* auf *H* auffällt, und bis *F* fortgepflanzet wird, innerhalb *FG* kommt also kein Licht, folglich ist *FG* der gänzliche und wahre Schatten, *FE* aber, weil nur von einigen Punkten der Sonnenscheibe Strahlen auffallen, ist der *Halbschatten*, welcher desto gröſser seyn muſs, je gröſser der Winkel *H* ist, welcher der Seite *FE* gegenübersteht; dieser aber wird desto gröſser seyn, je gröſser deſsen Scheitelwinkel *AHB* ist, dieser aber wird desto gröſser seyn, je gröſser der Durchmeſser des leuchtenden Körpers *AB* ist; folglich ist der Halbschatten desto gröſser, je gröſser der leuchtende Körper ist, und weil, wenn die Fläche *GI* geneiget wird, die Seiten *HF* und *HE* mehr auseinander gehen, so muſs dann auch *FE* länger werden.

I. FOLGERUNG.

52. Weil der Schatten nach und nach abnimmt, und in den Halbschatten übergeht, dieser aber ebenfalls immer stuffenweise schwächer wird, bis er endlich ganz verschwindet, so ist es unmöglich, die wahren Gränzen des Schattens und Halbschattens zu bestimmen; indeſsen ist aber dieser Halbschatten an seinen Grenzen so schwach, daſs er bisweilen in der Ausübung ganz vernachläſsiget wird.

II. FOLGERUNG.

53. Wenn ein senhrecht aufgerichteter Stab von der Sonne erleuchtet wird, so wirft er einen Schatten; (*Fig.* 11.) in dem rechtwinkeligen Dreyecke *ABC* ist der Stab *AB*, oder ein anderer Gegenstand, der den Schatten wirft, eine Kathete, *BC* die Länge des Schattens die andere Kathete, und *AC* die Hypothenuse; der Winkel *C* aber ist gleich der Höhe der Sonne über dem Horizont, welche von dem Bogen *SD* abhängt, der zugleich das Maſs des Winkels *C* ist, woraus folgende Aufgaben aufgelöset werden können.

I. AUFGABE.

54. Es sey der Winkel *C*, oder die Höhe der Sonne, und die Länge des Schattens *BC* gegeben, man soll die Höhe des Gegenstandes *AB* finden.

AUFLÖSUNG UND BEWEIS.

Man macht folgende Proportion: *der Halbmeſser zur Tangente des Winkels C, wie BC : AB*. Der Beweis erhellet aus der Trigonometrie.

II. AUFGABE.

55. Es sey die Höhe des Gegenstandes und der Winkel *C*, oder die Höhe des leuchtenden Körpers bekannt, man soll die Länge des Schattens *BC* finden.

AUFLÖSUNG.

Man macht folgende Proportion: *die Tangente des Winkels C zum Halbmeſser, wie AB : BC.* Der Beweis ist ebenfalls aus der Trigonom.

III. AUFGABE.

56. Es sey die Höhe des Gegenstandes und die Länge des Schattens gegeben, man soll die Höhe des leuchtenden Körpers oder den Winkel *C* finden.

AUFLÖSUNG.

Man macht folgende Proportion: *BC : AB = Halbm. zur Tangente des Winkels C, oder AB : BC = Halbm. zur Kotangente des Winkels C.* Der Beweis erhellet aus der Trigonometr.

IV. LEHRSATZ.

57. Wenn eine leuchtende Kugel eine dunkle beleuchtet, so steht der leuchtende Theil mit dem beleuchteten immer in einem gewiſsen Verhältniſse, und zwar:

Wenn die leuchtende Kugel gröſser ist als die dunkle, so ist der beleuchtende Theil um eben so viel kleiner als eine halbe Kugel, um wie viel der beleuchtete in der kleineren gröſser als eine halbe Kugel ist:

Ist die leuchtende Kugel kleiner als die dunkle, so ist der beleuchtende Theil um eben so viel gröſser, als die halbe Kugel, um wie viel der beleuchtete Theil in der gröſseren kleiner als die halbe Kugel ist:

Wenn beyde Kugeln gleich sind: so sind der beleuchtende und beleuchtete Theil Halbkugeln.

BEWEIS.

Es sey (*Fig.* 12.) die gröſsere leuchtende Kugel A, die beleuchtete kleine B; so ist es gewiſs, daſs die Tangenten die beleuchtenden und beleuchteten Theile in beyden Kugeln bestimmen, denn zwischen diesen als die äuſsersten Strahlen ist die Beleuchtung begrenzt. Also ist der leuchtende Theil der Kugel $A = ECK$, und der beleuchtete Theil der Kugel $B = GNM$. Man ziehe die Halbmeſser AD, AI, und BH, BL, wie auch auf die Tangenten die Senkrechten AE, AK, und BG, BM, so ist der Winkel $u = o$, und $x = y$, denn die Halbmeſser AE und BG, imgleichen AK und BM sind parallel, und werden von der Linie AB geschnitten, folglich ist der äuſsere Winkel gleich dem innern auf der nämlichen Seite, daher sind die Bögen, die die Winkel ECK und GFM meſsen, ähnlich. Folglich ist der leuchtende Theil in der gröſseren Kugel dem nicht beleuchteten Theile in der kleineren ähnlich, allein der beleuchtete Theil ist um eben so viel gröſser als die halbe Kugel, um wie viel der nicht beleuchtete kleiner ist, denn was zum beleuchteten Theil hinzu kommt, kommt vom nicht beleuchteten weg; mithin ist auch der leuchtende Theil, welcher dem undurchsichtigen ähnlich ist, um eben so viel kleiner als die halbe Kugel, um wie viel der beleuchtete in der kleineren Kugel gröſser ist.

Wenn B die leuchtende, und A die beleuchtete ist, so ist der leuchtende Theil MNG und der beleuchtete KCE; also ist wiederum der leuchtende Theil um eben so viel gröſser, um wie viel der beleuchtete Thell kleiner als die halbe Kugel ist.

Wenn A gleich B ist, (*Fig.* 13.) so ist die Tangente zur Achse AB gleichlaufend. DE und HG fallen mit den Halbmeſsern AD und BH über einander, folglich sind die begrenzten Bögen Halbzirkel, daher sind der leuchtende und beleuchtete Theil halbe Kugeln, und gleiche Theile. W. z. b. w.

I. FOLGERUNG.

58. Es ist also der Schatten im ersten Falle hinter der kleineren Kugel kegelförmig, und von einer endlichen Länge, und wird von dem Zusammenlaufen der Tangenten bestimmt; um und um hat er einen Halbschatten, welcher durch die Tangenten KH und EL, (*Fig.* 12.) die von der linken Seite einer Kugel zur rechten der anderen gezogen werden, begrenzet wird. Im zweyten Falle ist der Schatten hinter der gröſseren Kugel divergirend, hat die Gestalt eines abgestutzten Ke-

gels, und erstrecket sich ins Unendliche. Im dritten Falle ist derselbe hinter der dunkeln Kugel zylindrisch, und unendlich. In beyden Fällen wird der Halbschatten wie im ersten bestimmet.

II. FOLGERUNG.

59. Die Sonne beleuchtet also mehr als die halbe Kugel eines jeden Planetens, von dem Monde aber wird ein kleinerer Theil der Erde, als die Hälfte beleuchtet.

III. FOLGERUNG.

60. Diese beleuchtenden und beleuchteten Theile nehmen zu und ab; jenachdem der Unterschied zwischen der Größe der Kugeln zu- oder abnimmt, und jenachdem die Entfernung kleiner oder größer wird; das nämliche Verhältniß erstreckt sich auch auf den Schatten, welcher immer desto größer und länger ist, jemehr der beleuchtete Körper dem beleuchtenden an Größe nahe kommt, er wird auch desto kleiner und kürzer, je kleiner und näher der beleuchtete Körper ist.

IV. AUFGABE.

61. Man soll, wenn die Halbmeßer und der Abstand der Mittelpunkte zweyer Kugeln gegeben sind, auf beyde eine Tangente ziehen. (*Fig.* 14.)

AUFLÖSUNG UND BEWEIS.

Es sey der Abstand der Kugeln A und B, der Halbmeßer der größeren AC, und der kleineren BD gegeben; man halbire AB in E, und beschreibe aus dem Mittelpunkte E mit dem Halbmeßer EA oder EB einen halben Zirkel; man nehme die Differenz der beyden Halbmeßer, welche man erhält, wenn man den kleineren BD aus

A auf den grösseren AC überträgt, so wird $AF = BD$ seyn, mithin FC gleich der Differenz der Halbmesser. Diese Differenz wird aus A auf die Peripherie aufgetragen, so, dass die Sehne $AG = CF$ sey, ferner ziehe man BG, und zu dieser von H eine Parallele, so wird HI die verlangte Tangente beyder Kugeln in H und I seyn.

Weil der Winkel AGB ein Winkel an der Peripherie ist, dessen Schenkeln auf dem Durchmesser aufstehen, so ist er, wie in der Geometrie bewiesen wird, ein rechter, also muss auch AHI, weil HI parallel zu GB ist, ein rechter seyn, also ist der Halbmesser senkrecht auf HI, mithin ist HI eine Tangente. Zieht man BI parallel zu AH, so ist, wegen der Parallelen zwischen Parallelen, $BI = GH$, folglich ist auch der Halbmesser BI der kleineren Kugel auf HI senkrecht, und in I wegen des Parallelismus ein rechter Winkel, also ist HI auch eine Tangente in I zur kleineren Kugel.

FOLGERUNG.

62. Weil AGB ein rechtwinklichtes Dreyeck ist, so ist AB der Sinus totus, und AG der Sinus des Winkels ABG. Man findet also den Winkel ABG, und die Lage der Linie BG, wenn man sagt: $AB : AG =$ Halbm. : Sin. ABG, das ist: der Abstand der Kugeln zur Differenz der Halbmesser, wie der Sinus totus, zum Sinus des Winkels ABG; man könnte also BG ziehen, und aus dem Mittelpunkte A auf dieselbe eine Senkrechte AG errichten, und dieselbe bis H verlängern, und durch H zur vorigen eine Parallele BG ziehen, so wäre diese die Tagente beyder Kugeln. Der Beweis hängt wie vorher von den senkrechten Halbmessern ab.

V. AUFGABE.

63. Es seyen die Durchmeſser beyder Kugeln, und der Abstand ihrer Mittelpunkte gegeben, man soll die Länge des kegelförmigen Schattens finden. (*Fig.* 15.)

AUFLÖSUNG UND BEWEIS.

Man ziehe die Tangenten, und errichtet auf denselben die Halbmeſser AC und BD senkrecht, und zieht aus dem Ende des kleineren Halbmeſsers oder aus dem Berührungspunkte zur Achse bis zum gröſseren Halbmeſser die Parallele DE, so sind die Dreyecke CED und CAF, wegen der parallelen Grundlinien AF und ED, und wegen des gemeinschaftlichen Winkels C, einander ähnlich, folglich wird sich verhalten $EC : ED = AC : AF$, das ist: die Differenz der Halbmeſser, (wegen der Parallellinien ist $AE = BD$, mithin $AC - AE = EC$ der Differenz der Halbmeſser) zum Abstande der Mittelpunkte, (weil $AB = ED$ ist) wie der Halbmeſser der gröſseren Kugel, zur ganzen Länge AF. Wird von AF AB abgezogen, so bekommt man BF, die Länge des Schattens. Oder man vergleiche die Dreyecke ECD und BDF, welche wegen der Parallelen EC und BD ebenfalls ähnlich sind, folglich verhält sich $EC : ED = BD : BF$, das ist: die Differenz der Halbmeſser, zum Abstande der Mittelpunkte, wie der Halbmeſser der kleineren Kugel zur gesuchten Länge des Schattens.

FOLGERUNG.

64. Daher wird der Erdschatten nach der verschiedenen Entfernung der Sonne von der Erde verändert, und ist

bald länger bald kürzer, und wenn die Entfernung und die Halbmeſser gegeben sind, wird sehr leicht die Länge des Schattens bestimmet.

IV. HAUPTSTÜCK.

VON DEN ERSCHEINUNGEN DER FARBEN.

omittit

VERSUCH.

65. Wenn man in ein verfinstertes Zimmer einen Sonnenstrahl durch eine kleine Öffnung fallen läſst, und denselben mit einem gläsernen dreyseitigen Prisma, deſsen Schneide *C* (*Fig.* 16.) abwärts gestellet ist, so äuffängt, daſs derselbe, indem er auf die eine Seitenfläche auffällt, durch die daranliegende wieder herausfährt, so wird er von seinem Wege abgelenket werden, und wenn man ihn in einiger Entfernung mit einer Fläche oder weiſsen Tafel auffängt, so bildet er auf derselben eine länglichte, oben und unten durch Zirkelbögen, an den beyden Seiten aber durch gerade parallele Linien begrenzte Figur ab, welche man das *Farbenbild* (*spectrum prismaticum*) nennt. Der oberste Streifen erregt jene Empfindung im Auge, welche wir die *purpurne* oder *violette* Farbe heiſsen: der unterste hat die *rothe* Farbe. In der Mitte zwischen diesen beyden liegt die *grüne;* zunächst an der rothen die *goldgelbe* oder *Pomeranzenfarbe*, (*orange*) zwischen ihr

und der grünen die *hellgelbe*, auf die grüne folgt die *himmel*- oder *hellblaue*, und wiederum zwischen dieser und der violetten die *dunkelblaue* oder *Indigofarbe*. Alle zusammen bezeichnet man mit dem Nahmen der Regenbogenfarben, und ihrer sind sieben in folgender Ordnung von oben herab: violette, indigoblau, hellblau, grün, hellgelb, orange und roth. Wenn man das Prisma so umkehret, daſs die Schneide *C* oben zu stehen kommt, so ist auch die Ordnung der Farben umgekehrt, und die rothe Farbe wird ganz zu oberst, die violette aber ganz zu unterst seyn. Jedoch nimmt nicht jede Farbe einen gleich groſsen Raum ein; wenn man das ganze Farbenbild in 360 Theile eintheilt, so kommen 80 Theile auf die Violettfarbe, 40 auf die indigoblaue, 60 auf die hellblaue, 60 auf die grüne, 48 auf die gelbe, 27 auf die Orangenfarbe, und 45 solche Theile auf die rothe.

Wenn man dieses ganze Farbenbild mit einer Glaslinse auffängt, und die Lichtstrahlen im Brennpunkte sammelt, so erscheint auf weiſsem dahingehaltenen Papiere, ein kleiner weiſser Kreis, von dem aus rückwärts die gefärbten Lichtstralen wiederum wie vorher, aber in umgekehrter Ordnung divergiren; wenn sie auf einen Spiegel auffallen, werden sie gefärbt zurückgeworfen; wenn man in der Tafel, worauf das Farbenbild abgebildet ist, eine kleine Öffnung macht, und nur einen von den gefärbten Strahlen durchläſst, denselben wiederum mit einem Prisma unter einem gleich groſsen, oder auch unter einem andern Winkel auffängt, und noch einmal bricht, so bleibt er nun unverändert, und behält seine vorige Farbe, er wird auch nicht abermals in ein länglichtes Farbenbild ausgedehnet, sondern bildet einen rothen oder gelben Kreis, jenachdem der Lichtstrahl ist ; dieses geschieht auch, wenn man ein Prisma von was immer für einer Farbe nimmt. Wenn man Statt des Prisma einen Kegel von Glas nimmt, so erscheinen die nämlichen Farben in gefärbten Kreisen auf der Wand. Wenn man den gebrochenen Strahl hinter dem Prisma genauer betrachtet, so kann man, weil er dort breiter ist, die Farben leicht voneinander unterscheiden.

Wenn endlich zwey gefärbte Lichtstrahlen, z. B. der gelbe und blaue mit einander vermischt werden, so entsteht zwar die grüne, wenn der rothe und gelbe vermischt werden, so entsteht die Orangefarbe, aber mit Hülfe des Prisma kann diese gemischte Farbe wiederum in die vorigen Lichtstrahlen aufgelöset werden, welches mit der Orangefarbe oder der grünen, die aus der ersten Brechung entstehen, nicht angeht, die sich niemals in einen zweyfärbigen Strahl auflösen lassen.

Hieraus werden folgende Folgerungen abgeleitet.

I. FOLGERUNG.

66. Es bestehet also das Licht aus Theilchen, die von dem Prisma unter verschiedenen Winkeln gebrochen werden; vor der Brechung machten sie zusammengenommen, und mit einander vermischt, die *weisse Farbe* aus; durch die blosse Brechung werden sie aber voneinander getrennt, welches aus der länglichten Gestalt des Farbenbildes, und aus dem Auseinanderfahren der Strahlen deutlich erhellet; mittelst einer Linse gesammelt und zusammengemischt, bringen sie dann wiederum die weisse Farbe hervor.

II. FOLGERUNG.

67. Die Eigenschaft, vermittelst welcher gleichartige Lichttheilchen in uns die Vorstellung einer bestimmten Farbe,

oder eine Empfindung derselben hervorbringen, ist unverändert, und die Lichttheilchen von der nämlichen Farbe haben immer eine gleiche Brechbarkeit; zwar brechen sich rothe am schwersten, und die violetten am leichtesten, folglich haben diese die kleinste Gröſse und Härte, jene hingegen die gröſste; daher wird auch der rothe Strahl am wenigsten, der violette viel stärker von der geraden Linie abgelenket; und aus eben diesem Grunde ist auch die rothe Farbe für die Augen unangenehm, da hingegen das zwischen Roth und Violett mitten inne liegende grüne Licht den Augen wohl thut, und sie ergötzet.

III. FOLGERUNG.

68. Das Prisma bewirkt die Absönderung der Farbenstrahlen im Lichte nicht; denn der schon einmal in Farben gebrochene Strahl nimmt, wenn er durch ein Prisma geht, nicht wiederum andere Farben an, sondern bleibt sich gleich. Die ganze Verschiedenheit der Farben hängt also von der Verschiedenheit, dem Zusammenhange, der Gröſse, der Gestalt, den Kräften und der Geschwindigkeit der Lichttheilchen ab, welche, wenn sie auf verschiedene Art gebrochen, unzählige kleine Kreise bilden, deren Mittelpunkte in der nämlichen geraden Linie liegen, die in einander greifenden Peripherien aber mit ihren unendlich nahen Durchschnittspunkten beyderseits eine gerade Linie, und dadurch die Seiten eines Parallelogrammes ausmachen. Es müſsen folglich eben so viele verschiedene Eindrücke von Farben in dem Auge entstehen, als dergleichen Kreise gebildet werden, aber es können aus selben nur sieben, die wir oben angeführt haben, von dem Auge unterschieden werden; jedoch bemerken wir an einer jeden dort eine stuffenweise abnehmende Stärke, wo sie sich in die angrenzende verlieren; so wie wir bey der Musik nur die Haupttöne deutlich bemerken, obgleich unzählige dazwischen liegen.

IV. FOLGERUNG.

69. Die Farben der Körper sind daher nichts anderes, als mehrere Lichtstrahlen ein und derselben Farbe, die von

der Oberfläche eines gefärbten Körpers in gröſserer Menge zurückgeworfen werden; und einen Körper färben, heiſst seinen äuſseren Theilen eine solche Lage geben, daſs sie nur Lichtstrahlen von der nämlichen Farbe zurückwerfen, man mag nur entweder die Oberfläche des Körpers mit einer solchen Materie bedecken, oder selbe in die Zwischenräume hineinbringen, welche im Stande ist, die meisten Lichtstrahlen einer verlangten Farbe zurückzuwerfen, da sie hingegen andere verschlucket. So wirft z. B. ein scharlachrothes Kleid lauter rothe Strahlen zurück, da es die gelben und blauen u. s. w. entweder verschluckt, oder in einer so kleinen Menge in unsere Augen zurückwirft, daſs sie keinen merklichen Eindruck machen.

V. FOLGERUNG.

70. So wie die weiſse Farbe eine Sammlung oder Mischung aller Lichtstrahlen ist, eben so ist die schwarze der Mangel der Lichtstrahlen, es werden also die meisten Lichtstrahlen auf einem schwarzen Tuche verschlucket, und die wenigsten in das Auge zurückgeworfen; die Finsterniſs ist vollkommen schwarz. Dieses wird durch einen Versuch bestätiget: Wenn man ein weiſses und ein schwarzes Tuchstückchen auf dichten und festen Schnee den Sonnenstrahlen aussetzet, so wird sich nach einer kurzen Zeit das schwarze in den Schnee etwas versenken, während unter dem weiſsen die Oberfläche des Schnees hart bleibt. Hieraus erhellet nun, daſs die Sonnenstrahlen von dem schwarzen Tuche verschlucket werden, und durch daſselbe in den Schnee übertreten können, da sie hingegen von dem weiſsen zurückgeworfen, und nicht durchgelaſsen werden. Daher sind auch im Sommer schwarze Kleider wärmer als weiſse. Allein diese und dergleichen Erscheinungen gehören in die Naturlehre. Man lese hierüber *Helsham's* Experimentalnaturlehre XX. Vorlesung.

V. HAUPTSTÜCK.

VOM SEHEN DER GRÖSSE UND DER FIGUR DER GEGENSTÄNDE.

ERKLÄRUNG.

71. Der *optische Winkel* oder *Sehewinkel* ist derjenige Winkel, welchen die äuſsersten von dem Gegenstande zum Auge gezogenen Lichtstrahlen im Mittelpunkte der Pupille machen.

I. FOLGERUNG.

72. Weil wir durch die Winkel die Entfernung und Gröſsen der Gegenstände meſsen, so wird der optische Winkel die gesehene oder scheinbare Gröſse der Gegenstände bestimmen. Folglich erscheint der Gegenstand, der unter einem gröſseren Sehewinkel gesehen wird, gröſser, der unter einem kleineren gesehen wird, kleiner, und Gegenstände, welche unter einem gleichen Winkel gesehen werden, erscheinen gleich groſs. Denn unter einem gröſseren Winkel wird ein gröſseres Bild, unter einem kleineren aber ein kleineres auf der Netzhaut abgebildet; welche Bilder der Seele den Grund abgeben, aus welchem sie über die Gröſse der Gegenstände ein Urheil fällt.

II. FOLGERUNG.

73. Daher scheinen die Sonne und der Mond von gleicher Gröſse zu seyn, weil man beyde Gestirne unter einem gleich groſsen Winkel von fast 32 Minuten sieht. Man muſs

sich also sehr vor Übereilung hüten, wenn man über die wahre Gröſse der Dinge nach dem bloſsen Sinne des Gesichtes urtheilen soll.

I. LEHRSATZ.

74. Die Gröſse eines Gegenstandes scheinet abzunehmen, wenn derselbe weiter vom Auge entfernet wird. (*Fig.* 17.)

BEWEIS.

Es sey die wahre Gröſse des Gegenstandes AB, und die äuſsersten Strahlen, welche in dem Auge zusammenlaufen seyen AO und BO, die Entfernung vom Auge O, sey gleich der auf den Gegenstand gezogenen senkrechten Linie OE. Der Winkel AOB wird in zwey gleiche Theile getheilet, und AOE ist der halbe optische Winkel. Entfernet man nun den Gegenstand bis CD, so ist die Entfernung vom Auge OF, und COF der halbe optische Winkel; allein COF ist kleiner als AOE, denn je gröſser die Seite OF bey gleicher Grundlinie ist, desto gröſser muſs der gegenüberstehende Winkel bey C seyn, folglich ist der Winkel C gröſser als der Winkel A, mithin ist der Winkel COF kleiner als AOE, daher ist auch der ganze Winkel COD kleiner als AOB; allein unter einem kleineren Winkel erscheint der Gegenstand kleiner; also wenn der Gegenstand entfernet wird, scheint seine Gröſse abzunehmen.

FOLGERUNG.

75. Es verhalten sich die scheinbaren Gröſsen oder die Sehewinkel, wenn die Winkel nur ganz klein sind, fast wie

verkehrt die Entfernungen der Gegenstände; gleiche Theile deſselben Gegenstandes erscheinen in verschiedenen Entfernungen ungleich, oder ungleiche Theile erscheinen gleich, je nachdem die Sehewinkel entweder gleich oder ungleich, gröſser oder kleiner sind, daher kann auch ein kleinerer Theil deſselben Gegenstandes gröſser erscheinen, als ein anderer wirklich gröſserer. Soll z. B. der Mahler oder Bildhauer in der Höhe Figuren bilden, welche eben so groſs wie die wirklichen Gegenstände zu seyn scheinen, so muſs er darauf sehen, damit alle unter einem und demselben Winkel gesehen werden, daher müſsen sie desto gröſser gestaltet werden, je höher sie sind. (*Fig.* 18.)

II. LEHRSATZ.

76. Parallel-Linien, welche auf eine groſse Entfernung verlängert werden, scheinen zusammenzulaufen.

BEWEIS.

Weil die Senkrechten zwischen Parallelen gleich sind, so machen sie, je weiter sie vom Auge zu stehen kommen, immer einen desto kleineren Sehewinkel, folglich erscheinen sie auch kleiner, und die Parallel-Linien selbst scheinen endlich zusammenzulaufen.

I. FOLGERUNG.

77. Daher scheint die Spitze eines hohen Thurmes gegen denjenigen hingeneigt, der denselben von unten hinauf ansieht. Denn die Perpendikel, die wir uns durch die Spitze des Thurmes bis zur Grundfläche, und durch das Auge des Beobachters gezogen vorstellen, scheinen an der Spitze zusammenzulaufen. Aus eben dieser Ursache scheint der Abstand der Dächer in engen Gäſsen kleiner zu seyn, als die Breite der Gäſsen. Die Decken langer enger bedeckter Gän-

ge scheinen sich zu senken, und die Fuſsböden hingegen zu erhöhen; diese und ähnliche optische Erscheinungen laſsen sich leicht aus der verschiedenen Gröſse der optischen Winkeln erklären, und sind der Grund sowohl der theoretischen als praktischen Perspektiv.

II. FOLGERUNG.

78. Weil der optische Winkel sowohl von der Gröſse des Gegenstandes als von der Entfernung deſselben vom Auge abhängt, so folgt, daſs unter diesen drey Stücken, nämlich: *Sehewinkel*, *Gröſse*, und *Entfernung*, eine solche Verbindung sey, daſs, wenn zwey Stücke bekannt sind, allemal das dritte leicht gefunden werden könne; denn die Strahlen, welche von den äuſsersten Enden des Gegenstandes bis zum Auge gezogen werden, sind die Seiten eines gleichschenklichten Dreyeckes, deſsen Grundlinie der Gegenstand ist, und die senkrechte Linie, welche aus dem Winkel auf denselben gezogen wird, bestimmt die Entfernung; wird nun diese gröſser, so nimmt der ganze Winkel, mithin auch der halbe ab. Dadurch bekommt man also ein rechtwinklichtes Dreyeck, in welchem die Entfernung gleich dem Halbmeſser oder Sinus totus, und die halbe Gröſse des Gegenstandes die Tangente des halben optischen Winkels ist. Hieraus werden folgende Aufgaben aufgelöset.

I. AUFGABE.

79. Es sey die Entfernung des Gegenstandes *OC*, und der optische Winkel *AOB* gegeben, man soll die wahre Gröſse des Gegenstandes finden. (*Fig.* 19.)

AUFLÖSUNG.

Man sage: *wie sich der Halbmeſser zur Tangente des ½ Winkels AOC verhält, eben so ver-*

hält sich die gegebene Entfernung OC zur halben Gröſse AC, welche doppelt genommen die gesuchte Gröſse AB giebt.

II. AUFGABE.

80. Es sey die scheinbare Gröſse oder der optische Winkel und die wahre Gröſse gegeben, man soll die Entfernung finden.

AUFLÖSUNG.

Man sage: *wie sich die Tangente des ½ optischen Winkels zum Halbmeſser verhält, eben so verhält sich die halbe wahre Gröſse zur Entfernung OC.*

III. AUFGABE.

81. Es sey die Entfernung und die Gröſse des Gegenstandes bekannt, man soll den optischen Winkel finden, unter welchem derselbe erscheint.

AUFLÖSUNG.

Man sage: *wie sich die gegebene Entfernung zur halben Gröſse des Gegenstandes verhält, eben so verhält sich der Halbmeſser zur Tangente des halben optischen Winkels.*

Die Beweise dieser Auflösungen sind aus der Trigonometrie bekannt.

I. FOLGERUNG.

82. Daher wird aus der beobachteten Gröfse der Sonne oder ihrem gemefsenen scheinbaren Durchmefser, und aus der bekannten Entfernung von der Erde, welche, wie die Astronomie lehret, aus der Parallaxe hergeleitet wird, ihr wahrer Durchmefser, und der ganze körperliche Inhalt gefunden.

II. FOLGERUNG.

83. So kann man auch aus der bekannten Höhe eines Thurmes, und aus dem beobachteten optischen Winkel seine Entfernung vom Standorte des Beobachters finden. Folglich; wenn ein Werkzeug verfertiget wird, mit welchem man mit Hülfe eines Mikrometers verschiedene optische Winkeln ungleich vom Auge entfernter, aber gleich grofser Gegenstände beobachten könnte, so werden für jeden Winkel die Entfernungen bestimmet. Wenn z. B. die Gröfse eines Soldatens fünf und einen halben Schuh angenommen wird, so wird für alle optische Winkeln, unter welchen derselbe in verschiedenen Abständen erscheint, die Entfernung bekannt seyn. (*Fig.* 20.)

ANMERKUNG.

84. Das deutliche Sehen hat seine Grenzen innerhalb eines rechten optischen Winkels, welcher also der gröfste optische Winkel ist. Denn die Erfahrung lehret, dafs zwar jene Gegenstände, welche gerade vor unseren Augen liegen, am besten erkannt, aber auch zugleich andere, welche nicht gerade vor uns, sondern diefs - und jenseits bis auf einen Winkel von 45 Graden liegen, hinlänglich deutlich gesehen werden können; Dinge aber, welche aufser diesen Winkel liegen, werden nicht erkannt, wenn nicht das Auge hingewendet wird. Die Erfahrung ist es ebenfalls, welche lehret, dafs die Gegenstände vor unseren Augen verschwinden, wenn die Entfernung 5000mal gröfser ist, als ihr Durchmefser, mithin ist der Sehewinkel etwas kleiner, als eine Minute, wenn

die Gegenstände nicht stark leuchtend sind, so wie die Fixsterne.

III. LEHRSATZ.

85. Die scheinbare Gestalt eines Gegenstandes hängt nur allein von der Lage der Punkte ab, welche Lichtstrahlen in das Auge schicken können.

BEWEIS.

Die scheinbare Gestalt eines Gegenstandes ist nichts anderes, als das im Auge abgemahlte Bild deſselben, dieses Bild aber hängt sowohl von der Menge, als von der Ordnung und Vertheilung der Strahlen ab, welche von den strahlenden Punkten in das Auge gelangen, und auf die Netzhaut auffallen; diese Menge und Stellung der Lichtstrahlen aber hängt von der Stellung der leuchtenden Punkte ab, also muſs auch die ganze scheinbare Gestalt von dieser Stellung abhängen.

FOLGERUNG.

86. Folglich erscheint ein Stab, oder eine *gerade Linie*, welche so gegen das Auge gerichtet wird, daſs sie verlängert durch den Mittelpunkt der Pupille auf die Oberfläche des Auges senkrecht ist, als ein Punkt. Denn es kann nur allein das Ende, oder der gegen das Auge gewendete Punkt in daſselbe strahlen. Wenn eine *Fläche* so vor das Auge gehalten wird, daſs die verlängerte Achse des Auges in einerley Ebene lieget, so erscheint dieselbe als eine Linie; denn es kann nur ein Ende der Fläche, oder nur eine Linie des Umfanges Lichtstrahlen in das Auge schicken, alle übrigen Strahlen werden von dieser ausgeschloſsen. Wenn ein *Körper* so vor das Au-

ge gehalten wird, daſs man nur eine Fläche sehen kann, so erscheint er auch als eine bloſse Fläche, denn nur von dieser allein strömen Lichtstrahlen in das Auge.

IV. LEHRSATZ.

87. Ein aus einer groſsen Entfernung gesehener Zirkelbogen, oder unregelmäſsige Linie, erscheint als eine Gerade. (*Fig.* 21.)

BEWEIS.

Weil die von den äuſsersten Enden des Gegenstandes gezogenen Lichtstrahlen den Sehewinkel machen, dieser aber immer der nämliche bleibt, es mag sich dem Auge eine gerade Linie, ein Bogen, oder eine unregelmäſsige Linie darstellen, und da es in diesem Falle die Differenz der Länge zwischen der Linie CD und CE nicht unterscheiden kann, so schlieſst es, daſs alle Punkte in derselben geraden Linie AB liegen.

V. LEHRSATZ.

88. Ein auf einer Ebene befindlicher Beobachter urtheilet, die sehr weit entfernten Gegenstände seyen rund um ihn in der Peripherie eines Zirkels, er selbst aber im Mittelpunkte deſselben.

BEWEIS.

Da jeder Punkt dieser eingebildeten Peripherie Lichtstrahlen in das Auge schickt, und bloſs dadurch sichtbar wird, ohne daſs die Seele durch irgend etwas in Stand gesetzt wird von der Entfernung ein Urtheil zu fällen, so wird der Beobachter alle Punkte in gleich groſser Entfernung sehen, mithin vermeinen, daſs er sich im Mittelpunkte eines Zirkels befinde, die Gegenstände aber in deſselben Peripherie seyen.

FOLGERUNG.

89. Daher kann es geschehen, daſs es uns, ungeachtet wir uns um eine beträchtlich groſse Strecke einem Gegenstande genähert haben, dennoch vorkomme, daſs wir noch immer in dem Mittelpunkte seyen, bis uns die Gegenstände vor uns gröſser, die hinter uns aber kleiner erscheinen. Darum scheint der Himmel eine hohle Kugel zu seyn, an deren Oberfläche uns die Sterne angeheftet vorkommen. Eben darum erscheinen uns Sonne und Mond als eine Scheibe, nicht als eine Kugel: ein viereckigter Thurm in der Ferne rund: eine um ihre Achse schnell gedrehte Kugel ruhend, ein sehr geschwind herumgedrehter Halbzirkel, eine Kugel zu seyn; und dergleichen mehrere.

ANMERKUNG.

90. Es ist aber bey allen diesen Erscheinungen wohl zu bemerken, daſs sich durch verschiedene Nebenumstände diese Täuschungen in den meisten Fällen heben laſsen, eben darum bedienen wir uns auch anderer Sinne, weil wir schon gewohnt sind den Augen allein nicht zu trauen; daher geschieht es, daſs die Menschen über gesehene Dinge so verschieden urtheilen, je nachdem nämlich die Seele schon mit anderen klaren Begriffen versehen ist, und der Wahrheit nachzuspühren gelernet hat.

VI. LEHRSATZ.

91. Wenn ein regelmäſsiges Vieleck so gegen das Auge gehalten wird, daſs

die Sehachse senkrecht durch den Mittelpunkt des Vieleckes geht, so wird es regelmäſsig, in jeder anderen Lage aber unregelmäſsig erscheinen.

BEWEIS.

Die Strahlen, welche aus den Winkeln des Vieleckes zum Auge gezogen werden, bilden eine Pyramide von einer regelmäſsigen Grundfläche, deren Scheitel in der Pupille ist, und weil die Lichtstrahlen von gleichen Winkeln aus gleicher Entfernung kommen, so machen sie in den Augen lauter gleiche Winkel, folglich sind die Seiten der Fläche, die unter jenen Winkeln gesehen werden, gleich, und das Vieleck erscheinet regelmäſsig.

FOLGERUNG.

92. Werden regelmäſsige Vielecke schief angesehen, so müſsen sie länglicht, und der Zirkel elliptisch, oder eyförmig, erscheinen, denn die entfernteren Theile erscheinen kleiner und schmähler, die nähern aber gröſser und breiter.

ANMERKUNG.

93. Auf diesen Gründen beruhen die Regeln der Perspektiv, welche regelmäſsige Figuren so vorzustellen lehret, wie sie das von der Seite gestellte Auge erblickt.

VII. LEHRSATZ.

94. Je weiter die Gegenstände entfernt sind, desto dunkler und undeutlicher, je näher sie sind, desto klärer und deutlicher, erscheinen sie.

BEWEIS.

Die Klarheit des Bildes im Auge, und die Lebhaftigkeit seiner Farben hängt von der Stärke des Lichtes ab, diese aber ist desto gröſser, je näher der Gegenstand, und desto schwächer, je entfernter er ist; denn das Licht wird, je weiter es durch den Dunstkreis geht, immer mehr zerstreuet und geschwächet.

I. FOLGERUNG.

95. Daher erscheinen auf Bergen stehende Häuser klärer und deutlicher, und kommen uns näher vor, als solche, welche am Fuſse des Berges stehen; denn die Luft ist oben reiner und dünner, und zerstreuet das Licht weniger, folglich wird es in gröſserer Dichtigkeit in das Auge gebracht.

Auf diesen Erfahrungen beruhet die Mahlerkunst, welche die lebhaften Farben so mit den dunklen zu vermischen lehret, daſs, wenn ein gehöriges Verhältniſs und Mischung beobachtet wird, einige Gegenstände so klar vorgestellet werden, daſs sie auſser das Gemälde gleichsam hervorzuragen, und wirkliche Körper zu seyn erscheinen. Daraus erkläret sich die Möglichkeit deſsen, was Plinius vom Zeuxis erzählet, welcher in einem Wettstreit mit dem Parrhasius Weintrauben mit einem so glücklichen Erfolge mahlte, daſs die Vögeln herbeyflogen. Parrhasius brachte ihm hierauf ein gemahltes Tuch, das ihn Zeuxis heftig bat wegzunehmen, damit er das Gemälde, welches er darunter versteckt zu seyn vermeinte, zu sehen bekäme.

II. FOLGERUNG.

96. Daher folgt, daſs uns dunkle und undeutliche Gegenstände eben darum zugleich auch entfernter vorkommen; weil nämlich das Auge gewohnt ist, nur weit entlegene Gegenstände dunkel zu sehen, so hält es einen Gegenstand, den es dunkel sieht, alsogleich auch für entfernt. Es ist ferner daraus erklärbar, warum Feuer zur Nachtzeit viel näher zu

seyn scheinen; denn die herumstehenden dunklen Gegenstände halten wir für entlegner, obschon selbe nicht so weit entfernet sind. Der Himmel über unserem Scheitel erscheint in Gestalt eines flachen Gewölbes, und mehr eingedrückt, als es vermöge einer sphärischen Gestalt seyn sollte; weil die Sterne über unserem Scheitel heller leuchten, als jene, die nahe am Horizonte stehen. Aus der nämlichen Ursache scheinen die Sonne und der Mond desto kleiner zu seyn, je höher sie sich über den Horizont, wo sie uns am gröſsten vorkommen, erheben. Denn wenn *AB* (*Fig.* 22.) der Horizont ist, und der Beobachter sich in *C* befindet, so sieht er die Sonne am Horizont unter dem Sehewinkel *ACE*, weil nun dieser Winkel immer gleich bleibt, der Bogen aber gegen die Mitte eingedrückter zu seyn scheint, so kommt uns der Durchmeſser *FG* kleiner, als *AE* vor; *HI* wiederum kleiner als *FG*, mithin halten wir die Gegenstände, wenn sie in einer gewiſsen Höhe sind, für kleiner, als im Horizont. Daſs wir aber wirklich so fehlerhaft in Rücksicht der zusammengedrückten Gestalt des Himmels über unserm Scheitel urtheilen, ist auch daraus klar, daſs wenn wir den mittleren Punkt zwischen Scheitel und Horizont bestimmen wollen, so beziehen wir ihn nur auf den 23ten oder 24ten Grad, da er doch im 45ten Grade seyn muſs; durch astronomische Instrumente wird dieser Fehler leicht entdeckt, und bestätiget, daſs wir falsch urtheilten.

VIII. LEHRSATZ.

97. Die Gegenstände scheinen desto gröſser, und entfernter zu seyn, je mehr andere Körper sich zwischen ihnen und dem Auge befinden, und je gröſser der leere Raum zwischen dem Auge und Gegenstande ist, desto näher und kleiner erscheint derselbe.

BEWEIS.

Weil das Auge mehrere Gegenstände zugleich vor sich stehen sieht, und einem jeden hinter dem anderen einen besonderen Ort zueignet, so wird die Menge der Gegenstände die Vorstellung eines weiten und breiten Raumes hervorbringen, und weil der letzte Gegenstand als sehr weit entfernt angenommen wird, und dennoch unter einem eben so groſsen Sehewinkel erscheint, so hält das Auge denselben für sehr groſs. Wenn im Gegentheile kein Gegenstand dazwischen vorhanden ist, so kann das Auge keine Vergleichung anstellen, und von der Entfernung kein zuverläſsiges Urtheil fällen, folglich wird es den zuerst gesehenen Gegenstand für näher, mithin für kleiner halten, als er wirklich ist.

FOLGERUNG.

98. Wenn ein Gegenstand vom Auge um die Breite eines tiefen, aber für jetzt unsichtbaren Thales entfernet ist, so urtheilt es, er stehe dort, wo das Thal anfängt, und entdeckt den Irrthum nicht eher, als bis es das Thal selbst sieht. Eben darum scheint der Himmel die Erde am Horizonte zu berühren, die Sterne und alle Gestirne scheinen aus dem Meere, aus den Wäldern und Seen herauf zu steigen, und sich wiederum hinein zu versenken, weil wir zwischen ihnen und der Erde keinen Körper und keinen Abstand bemerken. Eben darum halten wir auch Gegenstände auf Höhen abends, oder bey dämmerndem Lichte für sehr entfernt und groſs, weil wir dieselben bis an die Grenze des Horizonts versetzen, indem die übrigen mittleren schon für uns verschwunden sind; und auf solche Art können mehrere ähnliche Erscheinungen erkläret werden.

VI. HAUPTSTÜCK.

VOM BEMERKEN DER BEWEGUNG DURCH DAS GESICHT, IN BEZIEHUNG AUF DIE GEGENSTÄNDE UND DEN BEOBACHTER, WENN SICH ENTWEDER DER EINE, ODER DIE ANDERN, ODER BEYDE ZUGLEICH BEWEGEN.

I. LEHRSATZ.

99. Wenn zwey vom Auge ungleich entfernte Gegenstände in gleichen Zeiten gleiche und parallele Räume durchlaufen, so scheint der entferntere sich langsamer zu bewegen.

BEWEIS.

Wenn zwey bewegte Körper *A* und *B*, (*Fig.* 23.) in gleichen Zeiten gleiche Räume *AC* und *BD* durchlaufen, so wird das Auge in *O* den entfernteren Raum *AC* unter dem Sehewinkel *AOC*, und den näheren *BD* unter dem Sehewinkel *BOD* sehen, allein der Sehewinkel *AOC* ist ein Theil von *BOD*, mithin ist er kleiner, folglich wird der Raum *AC* kleiner erscheinen als *BD*; denn da der eine Gegenstand *B* schon in *D* ist, und dort wirklich gesehen wird, so wird der

Gegenstand A, welcher zur nämlichen Zeit in C ist, in e gesehen, folglich scheint der von diesem Gegenstande beschriebene Raum Be zu seyn, welcher als ein Theil, kleiner ist, als der ganze Raum BD.

ANMERKUNG.

100. Wenn die Räume nicht parallel sind, so können die Sehewinkel gleich seyn, obgleich die Gegenstände verschiedene Entfernungen haben, und ungleiche Räume durchlaufen; ja sogar kann es scheinen, als bewege sich der entferntere Gegenstand geschwinder, als der, welcher näher ist, je nachdem der Winkel grösser oder kleiner ist; in diesem Falle also ist die Aufgabe unbestimmt.

FOLGERUNG.

101. Wenn die Geschwindigkeiten oder die beschriebenen Räume sich wie die Entfernungen verhalten, so scheinen beyde Gegenstände sich mit gleicher Geschwindigkeit zu bewegen, denn es ist sodann $OB : OA = BD : AC$, und der Winkel $AOC = BOe$.

II. LEHRSATZ.

102. Wenn der vom beweglichen Gegenstande mit was immer für einer Geschwindigkeit beschriebene Raum in einer Zeitsekunde nicht einen Sehewinkel von 15 oder 20 Sekunden beträgt, so scheint derselbe zu ruhen.

BEWEIS.

Dieses wird aus der Erfahrung bewiesen: die Fixsterne scheinen zu ruhen, wenn wir sie mit bloſsen Augen ansehen, obschon mehrere in einer Sekunde einen Raum beschreiben, der die Sehne eines Winkels von 15 Sekunden ist, welches sich mittelst eines Fernrohres, das mit einem Mikrometer versehen ist, leicht bestimmen läſst.

I. FOLGERUNG.

103. Daher bemerket man die Bewegung des Stundenzeigers nicht; darum verschwinden die Gegenstände, wenn der Sehewinkel so klein wird, daſs er nicht über 15 Sekunden geht.

II. FOLGERUNG.

104. Folglich kann man annehmen, daſs die Bewegung unmerkbar werde, wenn sich der beschriebene Raum zur Entfernung verhält, wie 1 : 1200, das ist: wenn also ein Körper in einer Sekunde $\frac{1}{1200}$ seiner Entfernung beschreibt, so scheint er unbeweglich, weil nämlich jener Raum die Sehne eines Bogens von nicht viel mehr als 17 Sekunden ist.

III. FOLGERUNG.

105. Wenn im Gegentheile sich der Gegenstand sehr schnell beweget, so kann ebenfalls keine Bewegung bemerket werden; weil er nirgends so lange verweilet, daſs in dem Auge ein Sehewinkel gebildet werden könnte, wie z. B. bey einer abgeschoſsenen Kugel, oder bey einem mit einer Schleuder in die Höhe geworfenen Steine.

III. LEHRSATZ.

106. Wenn man zwey oder mehrere Gegenstände, die sich mit der nämlichen scheinbaren Geschwindigkeit und Richtung bewegen, auf einen ruhenden bezieht, so scheinen sie zu ruhen; der ru-

hende aber scheint sich nach der entgegengesetzten Richtung, und mit der nämlichen Geschwindigkeit zu bewegen, mit welcher sich die anderen bewegen.

BEWEIS.

Wenn sich zwey Gegenstände mit der nämlichen scheinbaren Geschwindigkeit und in ebenderselben Richtung bewegen, so verändern sie gegen einander ihre Lage nicht, folglich scheinen sie zu ruhen, der dritte ruhende aber bekommt in Beziehung auf den sich bewegenden immer eine andere Lage, und es werden auch immer andere ruhende Theile dem bewegten Gegenstande entsprechen, also wird sich dieser ruhende mit der nämlichen Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung zu bewegen scheinen.

FOLGERUNG.

107. Hieraus lafsen sich alle Erscheinungen und optische Täuschungen, die zur Bewegung gehören, leicht erklären. Wenn sich z. B. jemand auf einem Schiffe befindet, und nach dem Laufe des Flufses fortschiffet, so glaubt er, dafs er ruhe, die Ufer aber, und die auf denselben befindlichen Gegenstände sich gegen ihn bewegen. Die Ursache ist folgende: Die Theile des Schiffes, die Ruderer und andere darauf befindliche Dinge behalten im Auge immer die nämliche Lage bey, und verändern den Ort nicht, das heifst; sie scheinen zu ruhen, alle anderen Gegenstände aber aufser dem Schiffe verändern den Ort alle Augenblicke im Auge, folglich müfsen sie nothwendig mit der Vorstellung der Bewegung verbunden seyn, und weil diese Veränderung des Ortes auf die entgegengesetzte Seite geschieht, so wird auch die Bewegung der Gegenstände auf die entgegengesetzte Seite zu seyn scheinen. Das nämliche wiederfährt bisweilen jenen, welche auf

einem Wagen fahren. Eben dieses wiederfährt uns, da wir sammt der Erde in 24 Stunden herumbeweget werden; weil die um uns herum befindlichen Gegenstände in Beziehung auf uns den Ort nicht verändern, so glauben wir, daſs selbe mit uns ruhen, und die Sonne sich jährlich und täglich um die Erde bewege. Ferner wenn bey Nachtszeit Wolken von gröſserem Umfange vom Winde gegen den Mond getrieben werden, so sehen wir, daſs sich der Mond sehr schnell gegen die Wolken bewege, und hinter selben verberge; denn die Wolken scheinen mit uns, weil sie sich mit der nämlichen Geschwindigkeit und Richtung bewegen, zu ruhen, der Mond aber in entgegengesetzter Richtung fortzugehen. Desgleichen, weil wir meinen, der Mond und die Wolken stehen nicht weit von einander entfernt, so glauben wir, daſs sich leichter der kleinere Körper gegen so ungeheure Maſsen von Wolken bewege, und schreiben dem Monde Bewegung, diesen aber, zwar vermöge eines falschen Urtheiles, Ruhe zu.

AUFGABE.

108. Es sey der Ort des Gestirnes und des Beobachters, welcher glaubt, daſs er ruhe, das Gestirn aber sich bewege, zugleich mit dem eingebildeten Orte des Beobachters gegeben, man soll den scheinbaren Ort und den Weg des Gestirnes beschreiben.

AUFLÖSUNG.

I. Es sey (*Fig.* 24.) der Weg des Gestirnes A, B, C, D, E, der wahre Ort oder Weg des Beobachters a, b, c, d, e, und er bewege sich so, daſs die Geschwindigkeit des Gestirnes zweymal so groſs sey als des Beobachters. Der vermeinte feste Ort des Beobachters sey in S. Man theile den Raum des Beobachters so ein, dafs er sich zum Raume des Gestirnes verhalte wie 1 : 2; dann verbinde man *Aa*, *Bb*, u. s. w. und aus *S* ziehe man zu denselben parallele und gleiche Linien, so dafs $S\alpha$ parallel und gleich ist *Aa*; eben so auch $S\beta = Bb$, und $S\gamma = Cc$, so wird $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon$ der scheinbare Weg des Sternes seyn, und das Gestirn wird sich nach der nämlichen Richtung, und mit der Differenz der Geschwindigkeiten zu bewegen scheinen.

II. (*Fig.* 25.) Wenn sich beyde nach der nämlichen Richtung und mit gleicher Geschwindigkeit bewegen; das Gestirn durch *ABCDE*, und der Beobachter durch *abcde*, so verbinde man *Aa*, *Bb* u. s. w. und ziehe aus *S* aus dem vermeinten unveränderlichen Orte des Beobachters parallele und gleiche Linien, so wird der Stern in α zu stehen, und zu ruhen scheinen.

III. (*Fig.* 26.) Wenn sich beyde in entgegengesetzter Richtung und mit gleicher Geschwindigkeit bewegen, das Gestirn in der Richtung *ABCDE* und der Beobachter in der Richtung *abcde*, so wird das Gestirn in der nämlichen Richtung $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon$ mit doppelter Geschwindigkeit zu bewegen scheinen.

IV. (*Fig.* 27.) Wenn das Gestirn in *A* ruht, und der Beobachter sich durch *abcde* bewegt, so wird das Gestirn sich in entgegengesetzter Richtung $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon$, und mit gleicher Geschwindigkeit zu bewegen scheinen.

Der Beweis wird aus dem vorigen Lehrsatze genommen, und aus den Figuren erkläret.

I. ANMERKUNG.

109. Auf eine solche Art werden die kreisförmigen oder elliptischen Räume, welche die Gestirne und der Beobachter durchlaufen, in die scheinbare Bewegung des Gestirnes, und

in die scheinbare Ruhe des Beobachters verändert. Denn verbindet man den wahren Ort des Gestirnes und Beobachters, zieht aus dem eingebildeten Orte des Beobachters zu den vorigen Linien gleichlaufende und gleiche Linien, so werden selbe durch ihre Enden die scheinbare Bewegung des Gestirnes bestimmen.

II. ANMERKUNG.

110. Aus dem, was wir bewiesen und angeführt haben, erhellet, daſs man im Urtheilen über dasjenige, was man mittelst des Sinnes des Gesichtes erkennet, sehr vorsichtig seyn müſse. Man muſs auch meistentheils, um die Wahrheit zu entdecken, eine Sache mit anderen Sinnen untersuchen. Ja, sogar alles, was wir als richtig und mit einem gesunden Urtheile hernach als wahr schlieſsen, erlernen wir durch bloſse Übung, die wir uns von Kindheit auf verschaffen. Dieses wird durch jene genaue Beschreibung, welche *Smith* in seiner Optik aus einem Berichte des berühmten englischen Wundarztes *Cheselden* erzählet, bestätiget. Es heilte dieser einen dreyzehnjährigen Knaben, welcher von der Geburt an in beyden Augen den grauen Staar hatte. Weil selber nicht gänzlich blind, das ist: ganz des Gesichtes beraubt war, so hatte er bey starkem Lichte einige lebhaftere Farben, wie auch das Licht von der Finsterniſs unterschieden, jedoch konnte er weder die Gestalt der Dinge erkennen, noch ein Urtheil von ihrer Gröſse fällen; Lichtstrahlen, welche nicht gerade, sondern schief auffielen, wirkten auf sein Gesicht, daher richtete er auch niemals die Augen gerade gegen die Gegenstände. Als er nun glücklich geheilet ward, und deutlich zu sehen anfieng, so waren seine Urtheile in Beziehung auf das Gesehene von den unsrigen sehr verschieden. Von der Entfernung der Örter hatte er keinen Begriff, alles was er sah, glaubte er, berühre unmittelbar die Augen: daſs zwischen ihm und den Wänden des Zimmers ein Abstand sey, konnte er nicht begreifen: er erkannte nicht die Figuren und Gestalten der Körper, alles erschien ihm ungeheuer groſs: es war ihm schwer zu begreifen, daſs das ganze Haus gröſser sey, als das Zimmer, obschon er wuſste, daſs das Zimmer nur ein Theil des

Hauses sey. Er glaubte nicht, daſs auf Mahlereyen einige Körper, oder Dinge vorgestellet, erst nach zwey Monaten entdeckte er plötzlich hohe und niedrige Örter, und sah, daſs es Körper seyen, aber er wurde hier abermals, da er sich durch das Gefühl überzeugen wollte, getäuschet, und wuſste nicht, ob dem Gefühle oder Gesichte mehr zu trauen ist, bis er einsehen lernte, daſs dieselben nur Vorstellungen von wirklichen Körpern seyen. Er richtete auch jetzt noch nicht die Augen gerade auf die Gegenstände; um dieses zuwege zu bringen, bedurfte er längerer Zeit, und allmähliger Angewöhnung. *Cheselden* setzt hinzu, daſs er bey allen, bey welchen er dergleichen Übel abgeholfen hat, dieselben Erscheinungen bemerket habe. Er erzählt auch von einem gewiſsen Menschen, welcher, nachdem sein Auge durch einen heftigen Stoſs aus seinem Orte verrücket, und auf die Seite gedrückt war, alle Gegenstände verdoppelt sah; daſs selber auch während der Kurzeit angefangen habe, anfangs sehr gemein vorkommende Dinge, späterhin auch jeden einzelnen Gegenstand unter einer Abbildung auf gewöhnliche Art zu sehen, obgleich das Auge in seiner Verrückung blieb. Wer soll aus diesen Erscheinungen nicht den Schluſs ziehen, daſs wir das gewöhnliche Vermögen zu sehen, bloſs durch Gewohnheit und Übung erwerben? — und daſs wir vorzüglich dadurch in den Stand gesetzt werden zu beurtheilen, auf welche Art dasjenige, was auf eine gewiſse Art auf die Augen wirkt, auf die übrigen Sinne wirke, welche einander beystehen, und sich in zweifelhaften Fällen wechselweise unterstützen; wie wir auch dem Gefühle durch das Gesicht zu Hülfe kommen, welches uns, wenn wir z. B. den mittern Finger auf den zweyten legen, und eine kleine Kugel (*Fig.* 28.) zwischen beyde halten, den Gegenstand verdoppelt, oder uns zwey Kugeln vorstellt, weil wir uns niemals auf dieser nämlichen Seite der Finger einen Gegenstand zu fühlen gewöhnet haben. Wie in diesem Falle das Gesicht die Täuschung des Gefühles aufdeckt, eben so zeigen in unzähligen anderen Fällen das Gefühl, die Erfahrung, und die Vernunft die optischen Täuschungen, und leiten uns richtige Urtheile zu fällen.

ANFANGSGRÜNDE

DER

DIOPTRIK.

I. HAUPTSTÜCK.

ALLGEMEINE BEGRIFFE

VON DER

DIOPTRIK.

I. ERKLÄRUNG.

1. Die *Dioptrik* ist die Wiſsenschaft, welche die Wirkungen und Erscheinungen der gebrochenen Lichtstrahlen untersucht, und festsetzt.

II. ERKLÄRUNG.

2. Die *Brechung* ist die Abweichung des Lichtstrahles von seinem Wege und Richtung, wenn er in ein von dem vorigen verschiedenes Mittel übergeht.

ANMERKUNG.

3. Da die Bestandtheile der Lichtstrahlen sehr fein sind, so kann das Auge den Eindruck einiger weniger Lichtstrahlen nicht empfinden, es werden daher mehrere erfordert, damit sich ein Bild im Auge abmahle, oder damit sie von einer Fläche, auf welche sie fallen, zurückgeprellet werden. Weil ferner die aus jedem leuchtenden Punkte ausgehenden Lichtstrahlen divergiren, und mehrere zerstreuet werden, so müſsen auch dieselben durch eine gröſsere Strecke beysammengehalten; ja wenn sie auf eine gewiſse Art schon zerstreuet sind, wiederum gesammelt, und gleichsam in einen Punkt zusammengebracht werden, damit der Gegenstand empfindbar oder sichtbar werde. Allein gleichwie es bisweilen nothwendig ist, die Lichtstrahlen zu sammeln, eben so ist es manchmal erforderlich, daſs die zu nahe zusammengebrachten Lichtstrahlen wiederum von einander getrennet werden, damit nämlich der Gegenstand gröſser erscheine, und seine kleinsten Theile und Merkmahle erkennt werden. Beydes leistet die Dioptrik, welche durch Gläser von verschiedenen Gestalten, die einfallenden Lichtstrahlen bald zusammen - bald von einandergehen macht, ohne daſs dadurch der im Auge abgemahlte Gegenstand verdunkelt werde, sondern er erscheint bisweilen durch diese Kunst lebhafter und glänzender, je nachdem entweder mehrere, oder nach einem gewiſsen Gesetze und Ordnung durch das Glas durchgehende Lichtstrahlen an jenem Orte gesammelt werden, wo wir das Bild des Gegenstandes haben wollen.

III. ERKLÄRUNG.

4. Eine *Glaslinse* (*lens vitrea*) ist ein Stück Glas, das die Gestalt eines Abschnittes von einer gläsernen Kugel hat, welches entweder auf beyden Seiten eine erhabene, (konvexe) oder auf beyden Seiten eine hohle, (konkave) oder endlich eine gemischte Oberfläche hat, und den Nahmen von der linsenförmigen Gestalt bekommt. Hat das Glas auf beyden Seiten eine erhabene Oberfläche, so heiſst es eine *konvex konvexe Linse*: ist es auf beyden Seiten hohl, so ist es eine *konkav konkave*: ist es auf einer Seite eben, auf der anderen erhaben, oder hohl, so ist es eine *plankonvexe*, oder *planhonkave*: wenn das Glas auf einer Seite erhaben, auf der anderen hohl ist, so daſs der Halbmeſser der erhabenen Seite kleiner ist, als der hohlen, daſs diese beyden Bögen eine Sehne gemein haben, so heiſst es ein *Meniskus*.

IV. ERKLÄRUNG.

5. Die *Achse* der Linse ist jene Linie, die durch die Mittelpunkte beyder Bögen geht.

V. ERKLÄRUNG.

6. Der *Brennpunkt* (*focus*) ist der Punkt der Achse, in welchem der Lichtstrahl nach einer, oder nach der zweyten Brechung die Achse schneidet. Wenn die Lichtstrahlen nach der Brechung divergiren, so heiſst der Punkt, in welchem sie auf der anderen Seite verlängert die Achse schneiden, der *eingebildete Brennpunkt*, (auch *Zerstreuungspunkt*) da der andere der *wahre Brennpunkt* heiſst.

VI. ERKLÄRUNG.

7. Der *einfallende Lichtstrahl* ist eine gerade Linie, welche vom leuchtenden Punkte bis zum Glase gezogen wird. Der *gebrochene Strahl* ist eine gerade Linie, welche nach veränderter Richtung durch das Brechungsmittel gezogen wird. Jener Punkt, wo der Strahl auf das Glas auffällt, und gebrochen wird, heiſst der *Einfalls* - und *Brechungspunkt* in Beziehung auf beyde Lichtstrahlen.

VII. ERKLÄRUNG.

8. Der *Einfallswinkel* ist jener, den der einfallende Lichtstrahl mit der Oberfläche des brechenden Mittels, oder mit dem auf den Einfallspunkt gezogenen Perpendikel (Einfallsloth) macht, wie (*Fig.* 1) *ACD* oder *DCE*, welchem der Winkel *HCF* gleich wäre, wenn der Strahl *DC* von seinem vorigen Wege nicht abgelenket würde. Wird der Strahl bey *C* gebrochen, so ist *FCG* der *gebrochene Winkel*, und *HCG* heiſst der *Brechungswinkel*.

FOLGERUNG.

9. Folglich ist *HI* der Sinus des Einfallswinkels, und *GK* der Sinus des gebrochenen Winkels, deren Verhältniſs durch folgenden Versuch bestimmt wird.

VERSUCH.

10. Es wird an einen gut geschliffenen gläsernen Würfel, oder auch ein Parallelepipedum *A*, (*Fig.* 2.) welcher auf einem horizontal stehenden Tische liegt, ein abgehobeltes Brettchen *bc*, das

mit dem Würfel eine gleiche Höhe, aber eine gröſsere Länge hat, senkrecht auf jener Seite gestellet, welche gegen die Sonne, oder gegen den leuchtenden Punkt gerichtet ist. Die Länge des Schattens des vorgestellten Brettchens auſserhalb des Würfels, wird durch die unmittelbar über dem Brettchen auf die horizontale Fläche auffallenden Lichtstrahlen *de* und *fg* bestimmet, inner dem Würfel selbst wird der Schatten viel kürzer seyn, weil der Lichtstrahl bey *b* und *h* gebrochen wird, und nur bis *i* reichet, daher bleibt noch ein Theil des horizontalen Tisches unter dem Würfel beleuchtet, da ein anderer von gröſserer Länge auſserhalb des Würfels, und ohne Würfel, im Schatten liegt, denn unter dem Würfel wird der Schatten durch *ki*, auſser demselben aber durch *eg* begrenzt, und der Unterschied zwischen *eg* und *ki* $=$ *ei* zeigt die Strahlenbrechung an. Wenn *he* für den Sinus totus angenommen wird, so ist *em* der Sinus des Einfallswinkels *ehm*, und *im* der Sinus des gebrochenen Winkels *ihm*. Hieraus entstehen nun folgende Folgerungen, die gleichsam als Gesetze und Grundsätze für die dioptrischen Beweise gehalten werden.

I. FOLGERUNG.

11. So oft der Lichtstrahl in ein ungleichartiges Mittel übergeht, ändert er seine Richtung, und zwar, wenn er durch das Mittel nicht durch kann, so wird er auf der Oberfläche zurückgeworfen; wenn er aber durch das Mittel durchgehen kann, so wird derselbe entweder gerade, das ist: ungebrochen durchgehen, wenn er senkrecht auf das Mittel auffällt, daher wird er seine Richtung jedoch mit verminderter Geschwindigkeit beybehalten: oder er wird von seinem Wege, wenn er schief auffällt, abgelenket, und zwar zum Einfallslothe, (welches im Einfallspunkte auf die Oberfläche des Mit-

tels errichtet wird) wenn er aus einem dünneren Mittel in ein dichteres übergeht: vom Perpendikel aber, wenn er aus einem dichteren Mittel in ein dünneres übergeht. Mithin ist in der senkrechten Richtung keine Strahlenbrechung, je schiefer aber die Richtung des einfallenden Strahles ist, desto grösser ist der gebrochene Winkel; geht er aus einem dünnern Mittel in ein dichteres, so ist der gebrochene Winkel kleiner, als der Einfallswinkel: beym Übergange aus einem dichteren aber in ein dünneres, grösser.

II. FOLGERUNG.

12. Das Verhältniss zwischen dem Sinus des Einfallswinkels und des gebrochenen ist unverändert und beständig, und es wird immer das nämliche beobachtet. Wenn der Lichtstrahl aus der Luft in das Regenwasser übergeht, ist das Verhältniss wie 4 : 3, oder genauer, wie 4,0076 : 3; aus der Luft in Glas wie 3 : 2, oder wie 31 : 20; aus Glas in Wasser wie 9 : 8 oder wie 93 : 80, und so umgekehrt, der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen Winkels, wenn der Lichtstrahl aus Wasser in die Luft übergeht, wie 3 : 4 u. s. w. Dieses wird durch Versuche, wie oben gezeigt worden ist, bestätiget, wenn Statt eines gläsernen Würfels ein hohler mit Wasser gefüllter Würfel genommen wird, durch welchen der Lichtstrahl geht.

III. FOLGERUNG.

13. Wenn ein Lichtstrahl, oder Lichttheilchen, nachdem es in ein ungleichartiges Mittel eingetreten ist, auf eine Fläche trifft, durch welche selbes nicht hindurch kann, so muss es auf dem nämlichen Wege, und in der nämlichen Richtung zurückkehren, in welcher es bis an diesen Ort gekommen ist; es geht daher zurück, und aus dem Mittel wiederum heraus.

IV. FOLGERUNG.

14. Alle diese Winkel, nämlich Einfallswinkel, der gebrochene und der Brechungswinkel, sind immer in der näm-

lichen zur Oberfläche des Mittels senkrechten Ebene, denn sie werden durch die auf die Oberfläche im Einfallspunkte gezogene, und durch das Mittel verlängerte Senkrechte (Einfallsloth) bestimmt.

II. HAUPTSTÜCK.

VON DEN BRENNPUNKTEN ODER BILDERN, WELCHE NACH EINER BRECHUNG GEMACHT WERDEN.

AUFGABE.

15. Es sey die erhabene Brechungsfläche *BAI*, der Gegenstand *O*, und die Entfernung desſelben *OA* gegeben, und das bekannte Verhältniſs des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen Winkels sey gleich $p : q$, man soll den Brennpunkt, oder den Ort des Bildes finden. (*Fig.* 3.)

AUFLÖSUNG.

Man ziehe von *O* durch *K* eine unbestimmte gerade Linie, welche die Achse der Kugel vorstellt, und *KA* sey der Halbmeſser der Krümmung: es falle aus *O* in *I* unendlich nahe bey *A* ein Lichtstrahl so ein, daſs man *AI* für eine gerade Linie annehmen könne. Man ziehe KI, so ist I der Einfallspunkt, und der Halbmeſser KI zugleich das Einfallsloth, weil jeder Halbmeſser auf die Peripherie senkrecht ist; man verlängere KI und OI unbestimmt, so wird OIN der Einfallswinkel seyn, dieser aber ist gleich seinem Scheitelwinkel KIG, mithin ist auch KIG dem Einfallswinkel gleich, folglich wird die aus dem Mittelpunkte herabgelaſsene Senkrechte KG der Sinus des Einfallswinkels seyn. Man mache nun die Proportion: $p : q = KG$ zum Sinus des gebrochenen Winkels, welcher gleich KH seyn wird. Aus K beschreibe man einen Bogen, und von I ziehe man zu demselben eine Tangente IP, so wird diese die Achse in P schneiden, und den gesuchten Brennpunkt in P, und die Entfernung (Brennweite) desſelben von der Oberfläche $= AP$ bestimmen. Folglich wird KH der Sinus des Winkels KIH seyn, welcher der gebrochene Winkel von dem einfallenden Strahl OI ist. Weil nun dieses von allen in das Glas einfallenden Lichtstrahlen wahr ist, welche alle nach dem nämlichen Gesetze $p : q$ gebrochen werden, so müssen alle gebrochenen Lichtstrahlen die Achse in P schneiden, also wird in diesem Punkte der Brennpunkt, oder das abgemahlte Bild des Gegenstandes seyn.

I. FOLGERUNG.

16. Nach dieser Theorie ist es nun leicht, eine allgemeine Formel für die Brennpunkte oder Bilder zu bestimmen, deren Entfernung von der Linse, nur allein von der Entfernung des Gegenstandes von der Linse, und zugleich von dem Halbmeſser der Krümmung abhängt. Die Entfernung $AO = OI$ (weil es unendlich nahe ist, und der Bogen AI unendlich klein angenommen wird) heiſse d, und der Halb-

meſser der Krümmung KA heiſse r; $AP = IP = f$; und das Verhältniſs des Sinus des Einfallswinkels, zum Sinus des gebrochenen Winkels, sey wie $p : q$; so wird sich nach vorigem Lehrsatze verhalten $p : q = KG : KH$, also ist $KG = \frac{p \times KH}{q}$

Weil aber AI unendlich klein ist, so kann man es für eine gerade Linie annehmen, und das Dreyeck OAI wird ähnlich seyn dem Dreyecke KGO, wegen des gemeinschaftlichen Winkels O, und der Rechten in A und G; mithin wird sich verhalten $OK : OI = KG : AI$; also ist $AI = \frac{OI \times KG}{OK}$, ferner ist das Dreyeck AIP ähnlich PKH, wegen des gemeinschaftlichen Winkels P, und der Rechten in A und H, folglich ist $KH : AI = PK : PA$, also ist $PA = \frac{AI \times PK}{HK}$, wird nun statt AI und KG der obige gefundene Werth gesetzt, so ist $AP = \frac{OI \times p \times KH \times PK}{q \times OK \times KH}$, oder $PA = \frac{p \times OI \times PK}{q \times OK}$, und weil $PA = f$, $OI = d$, $KA = r$ ist, so wird $PK = f - r$ seyn, und $OK = d + r$, mithin, wenn diese Werthe subtstituirt werden, ist $f = \frac{p \times d \times (f - r)}{q \times (d + r)}$, oder $f = \frac{dfp - pdr}{qd + rq}$, das ist $fqd + frq = pdf - pdr$, oder $pdr = fpd - fqd - frq$, oder $\frac{pdr}{(p-q)\,d - rq} = f$; oder $\frac{pdr}{pd - q\,(d + r)} = f$.

II. FOLGERUNG.

17. Wenn der Lichtstrahl auf eine konkave Oberfläche auffällt, (*Fig.* 4.) so ist der Halbmeſser auf der Seite des Gegenstandes, mithin dem vorigen entgegengesetzt, und negativ, daher werden die Zeichen des Halbmeſsers verändert, und die allgemeine Formel für die Brennweite wird nach Veränderung der Zeichen + in −, und − in +, in diese ver-

wandelt $f = \frac{p \times d\,(f+r)}{q \times d - r}$; $f = \frac{dpr + dpf}{qd - qr}$;
$fqd - frq = dpr + dpf$; $fqd - frq - dpf = dpr$; $f = \frac{dpr}{qd - rq - dp}$; $f = \frac{dpr}{(q-p)\,d - rq}$; $f = \frac{dpr}{q\,(d-r) - dp}$.

III. FOLGERUNG.

18. Weil aus Versuchen bekannt ist, daſs sich der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen Winkels, wenn der Lichtstrahl aus der Luft in das Glas übergeht, verhalte, wie 31 : 20, so kann statt p, 31, und statt q, 20 gesetzet werden. Wenn also der Lichtstrahl auf die konvexe Fläche einer Glaslinse einfällt, so ist $f = \frac{31dr}{31d - 20d - 20r} = \frac{31dr}{11d - 20r}$; wenn er aber in die konkave geht, so ist $f = \frac{31dr}{20d - 31d - 20r} = -\frac{31dr}{-11d - 20r}$.

IV. FOLGERUNG.

19. Diese Formel wird desto richtiger seyn, je näher der Lichtstrahl bey A einfällt, oder je kleiner der Bogen AI ist, weil er sich desto weniger von einer geraden Linie unterscheidet. Wenn die Brennweite AP mit gröſster Genauigkeit zu bestimmen ist, so verändert man den nach Graden bekannten Bogen, vermöge des bekannten Halbmeſsers KA, in eine gerade Linie, wie in der Geometrie erinnert worden ist, 100 : 314 : $2KA$: x, und dann 360 : $x = AI$ zu der geraden Linie, welche eben so viel Graden entspricht, und darnach wird AP trigonometrisch bestimmet.

III. HAUPTSTÜCK.

VON DEM ORTE DER BILDER, ODER VON DER BRENNWEITE, IN BEZIEHUNG AUF VERSCHIEDENE ENTFERNUNGEN DES GEGENSTANDES, WENN DER LICHTSTRAHL AUS DER LUFT IN DAS GLAS ÜBERGEHT.

AUFGABE.

20. Es sey (*Fig.* 5.) *ABCD* die Luft das Mittel, in welchem sich der Gegenstand befindet, und *BDEF* ein anderes Mittel, z. B. Glas, welches mit seiner Krümmung gegen den Gegenstand gerichtet ist; es gehe also der Lichtstrahl aus einem dünnern in ein dichteres Mittel über. Man soll, wenn die Entfernung des Gegenstandes und der Halbmeſser der Krümmung gegeben sind, die Brennweite bestimmen.

AUFLÖSUNG.

Weil $p = 31$, $q = 20$ ist, so kann d in verschiedenen Verhältniſsen mit dem Halbmeſser r

angenommen werden, oder man kann sich den Gegenstand bald in einer unendlich kleinen Entfernung von der Linse, bald in einer gröſseren, und so weiter, bis in eine unendlich groſse Entfernung gestellet, denken, die obige Formel wird die Brennweite für alle Fälle bestimmen.

1tens. Es sey der Gegenstand unendlich nahe, oder die Entfernung gleich einem unendlich kleinen Theile des Halbmeſsers, so wird $d = \frac{r}{\infty}$, mithin wird die Formel $\frac{31dr}{11d - 20r}$ in diese verändert $\frac{31rr}{\infty} : \frac{11r}{\infty} - 20r$, das ist: $\frac{31rr}{\infty} : \frac{11r - 20r\,\infty}{\infty}$, nach der Division $\frac{31rr\,\infty}{11r\,\infty - 20r\,\infty^2}$. Nun verschwindet $11\,\infty\,r$ in Beziehung auf $20\,\infty^2\,r$, also ist $f = \frac{31rr\,\infty}{-20r\,\infty^2} = \frac{31r}{-20\,\infty}$; folglich ist der Brennpunkt negativ, weil der Quotient das Zeichen — hat, und das Bild liegt auf der nämlichen Seite mit dem Gegenstande in einer unendlich kleinen Entfernung vom Glase.

2tens. Nun wachse d, doch sey es kleiner als $\frac{20}{11}r$, z. B. $\frac{19}{11}r$, so wird $\frac{31r \times 19r}{11} : \frac{19r}{11} \times 11 - 20r$, das ist: $\frac{31r \times 19r}{11} : 19r - 20r$, oder $\frac{31r \times 19r}{11} : -r = \frac{31r \times 19r}{-11r}$, wird nun dieses in eine Proportion aufgelöset, so ist $-11r : 31r = 19r : f$; folglich ist der Brennpunkt wiederum negativ, aber schon in einer gröſseren Entfernung vom Glase.

3tens. Es sey $d = \frac{20r}{11}$, so wird die Formel in diese verändert $\frac{31r \times 20r}{11} : 11 \times \frac{20r}{11} - 20r$, das ist: $\frac{31r \times 20r}{11} : 20r - 20r$, oder $\frac{31r \times 20r}{11} : o$, das ist: $\frac{31r \times 20r}{o}$, und in eine Proportion aufgelöset, ist $o : 31r = 20r : f$. Allein o hat zu 31 ein unendliches Verhältniſs, also hat auch $20r$ zu f ein unendliches Verhältniſs, und das Bild ist in einer unendlichen Entfernung, oder die Brennweite ist unendlich groſs, positiv, oder negativ, vor, oder hinter dem Glase.

4tens. Es sey d gröſser als $\frac{20}{11}r$, z. B. $\frac{21}{11}r$, so wird $\frac{31r \times 21r}{11} : 11 \times \frac{21r}{11} - 20r$, oder $\frac{31r \times 21r}{11} : r$ das ist, in eine Proportion aufgelöset $11 : 31r = 21r : f$, allein 11 hat zu 31 ein endliches Verhältniſs, die Brennweite wird also positiv, und nähert sich auf der anderen Seite dem Glase.

5tens. Es sey d = einem unendlichen Halbmeſser, also $d = \infty r$, so wird die Formel verändert in $\frac{31 \infty rr}{11 \infty r - 20r}$, allein $-20r$ verschwindet in Beziehung auf ∞r, folglich bleibt $\frac{31 \infty rr}{11 \infty r}$, oder $\frac{31r}{11}$, und in eine Proportion aufgelöset, ist

$11 : 31 = r : f$, das ist: die Brennweite ist fast dreymal so groſs als der Halbmeſser.

I. FOLGERUNG.

21. Hieraus kann nun der Weg des Bildes für die verschiedenen Entfernungen des Gegenstandes bestimmet werden; von der unendlich kleinen Entfernung bis auf $\frac{20}{11} r$ ist der Brennpunkt negativ, und das Bild entfernet sich vom Glase, bis es bey einer Entfernung des Gegenstandes, welche gleich ist $\frac{20r}{11}$, verschwindet, und ins unendlich Groſse übergeht, weil die gebrochenen Lichtstrahlen fast parallel ausfahren, wo die Brennweite entweder positiv oder negativ gesetzt werden kann, weil für beyde der nämliche Grund vorhanden ist, das Bild aber wird immer aufrecht seyn; wächst nun die Entfernung des Gegenstandes, so nähert sich das Bild aus der unendlich groſsen Entfernung dem Glase, es wird also der negative Brennpunkt positiv, und es erscheint innerhalb des Glases verkehrt, bis d gleich ∞, oder die Lichtstrahlen parallel vom Gegenstande kommen, wo die Brennweite fast dreymal gröſser ist als der Halbmeſser.

II. FOLGERUNG.

22. Wenn die Oberfläche des Glases, in welches der Strahl fällt, konkav ist, so muſs man die andere Formel anwenden $f = \frac{31dr}{-11d - 20r}$; welche wiederum von $d = \frac{r}{\infty}$ bis auf $d = \infty\, r$ verschiedene Örter für die Brennpunkte und Bilder giebt, und so wie die Entfernung des Gegenstandes wächst, entfernet sich auch das Bild vom Glase, jedoch ist es immer auſserhalb des Glases, und bleibt aufrecht, weil der Werth von f immer negativ bleibt.

III. FOLGERUNG.

23. Wenn man voraus setzt, der Gegenstand sey im Glase, und der Lichtstrahl gehe in die Luft, mithin aus einem dichtern in ein dünneres Mittel, so wird $p = 20$, und $q = 31$, dem vorigen nämlich entgegengesetzt, und daher die Formel für die konvexe Oberfläche $\frac{20dr}{-11dr-31r}$, für die konkave aber $\frac{20dr}{11d-31r}$ wodurch in beyden, wenn man den Werth für die Gröſse d von $d = \frac{r}{\infty}$ bis auf $d = \infty\, r$ substituiret, der Brennpunkt bestimmet wird, und zwar bleibt das Bild bey einer konvexen Oberfläche immer aufrecht, und innerhalb des Glases; bey einer konkaven aber, wenn $d = \frac{r}{\infty}$ bis auf $= \frac{31r}{11}$, ist der Brennpunkt negativ, allein von $d = \frac{31r}{11}$ bis auf $d = \infty\, r$ wird der Brennpunkt positiv, und das Bild verkehrt auſserhalb des Glases. Wenn nämlich die Strahlen nach der Brechung divergiren, so muſs die Brennweite negativ seyn, wenn sie konvergiren, positiv, sind sie parallel, so ist sie unendlich groſs. Was aber die aufrechte oder verkehrte Lage des Bildes betrifft, so erklärt dieses folgender Lehrsatz.

LEHRSATZ.

24. Wenn der Gegenstand und das Bild auf der nämlichen Seite in Rücksicht des Mittelpunktes der Krümmung liegen, das ist: beyde vor oder nach dem Mittelpunkte, so erscheint das Bild aufrecht: wenn aber der Mittelpunkt zwischen dem Gegenstande und dem Bilde liegt, so erscheint der Gegenstand verkehrt.

BEWEIS.

Weil das Bild dort abgemahlet wird, wo der gebrochene Lichtstrahl die Achse schneidet, so müſsen, wenn sich diese Lichtstrahlen nicht kreutzen, die verschiedenen Punkte des Bildes jene Lage haben, die der Gegenstand hat; wenn sie sich aber kreutzen, so wird der höchste Punkt des Gegenstandes den untersten, und der unterste den höchsten Ort einnehmen, mithin muſs das Bild im ersten Falle aufrecht, im zweyten verkehrt erscheinen; allein die Lichtstrahlen kreutzen sich, wenn sie durch den Mittelpunkt gehen, und sie kreutzen sich nicht, wenn das Bild und der Gegenstand auf der nämlichen Seite liegen, folglich muſs das Bild in diesem Falle aufrecht, in jenem aber verkehrt seyn.

Es sey (*Fig.* 6.) DEF der Gegenstand, dessen Lichtstrahlen aus der Luft auf die erhabene Oberfläche des Glases fallen; man ziehe durch den Mittelpunkt der Krümmung C die Linien DCd, ECe, FCf, so sind sie die Achsen dreyer Punkte, welche auf das Glas strahlen; es seyen die unendlich nahe an der Achse einfallenden Lichtstrahlen DA, EG, FB, man ziehe die Einfallsperpendikel CA, CG, CB, so nähern sich die gebrochenen Lichtstrahlen dem Perpendikel, und schneiden die Achsen in d, e, f, mithin wird das Bild eine verkehrte Lage haben.

Ist aber (*Fig.* 7.) DEF der nämliche Gegenstand, deſsen Lichtstrahlen aus dem Glase in die Luft gehen, so weichen die gebrochenen Lichtstrahlen von dem Perpendikel ab, folglich werden die Lichtstrahlen, nachdem man die Achsen DC, EC, FC, und die einfallenden Lichtstrahlen AD, EG und FB, sammt den Einfallsperpendikeln CA, CG und CB gezogen hat, auseinander gehen, und die gegen den Gegenstand verlängerten Lichtstrahlen die Achse in d, e, f schneiden, und dort das Bild abmahlen, folglich wird d den obersten, und f den untersten Ort einnehmen, mithin erscheint es aufrecht.

IV. HAUPTSTÜCK.

VON DEN BRENNPUNKTEN, ODER BILDERN NACH DOPPELTER BRECHUNG.

AUFGABE.

25. Man soll den Brennpunkt finden, wenn der Lichtstrahl durch Glas aus Luft in Luft übergeht, und die Entfernung des Gegenstandes, sammt den beyden Krümmungshalbmeſsern gegeben sind. (*Fig.* 8)

AUFLÖSUNG.

Es sey AMB eine an beyden Seiten erhabene Glaslinse, O der Gegenstand, K der Mittelpunkt der ersten AM, und C der Mittelpunkt der zweyten Krümmung BM, $OABP$ ist die Achse, oder der durch die Mittelpunkte gehende Lichtstrahl.

Es falle nun ein Lichtstrahl von dem in O befindlichen Gegenstande unendlich nahe bey A auf I, man ziehe das Einfallsloth KI, und errichte aus K auf OG eine Senkrechte KG, welche der Sinus des Einfallswinkels ist. Aus der Proportion $p : q = KG$: Sinus des gebrochenen Winkels, findet man KH den Sinus des gebrochenen Winkels, und beschreibt man dann mit dem Halbmeſser KH einen Bogen, und zieht auf denselben die Tangente IHP, so bestimmt sie den Brennpunct P, und die Brennweite AP nach der ersten Brechung.

Man nehme nun an, daſs das Bild in P sey, und daſs der Lichtstrahl, welcher aus P kommt, auf die Glaslinse bey T einfalle, so verlängert man denselben, und zieht aus dem Mittelpunkte C das Einfallsloth CT, so ist CTD der Einfallswinkel, und errichtet man aus C auf dasſelbe die Senkrechte CD, so ist CD der Sinus des Einfallswinkels. Weil aber hier der Lichtstrahl aus dem dichtern Mittel, nämlich dem Glase, in ein dünneres, die Luft, übergeht, so verhält sich $q : p$ $=$ der Sinus des Einfallswinkels CD : Sinus des gebrochenen Winkels CE, beschreibt man nun mit dem Halbmeſser CE den Bogen E, und zieht zu E durch T eine Tangente, so bestimmt selbe den Brennpunkt F, und die Brennweite BF nach der zweyten Brechung.

Es sey nun $KA = r$, $CB = R$, AB die Dicke der Linse $= e$, wegen des unendlich kleinen Bogens AI ist $OA = OI =$ der Entfernung des Gegenstandes von der Linse $= d$; KG der Sinus des Einfallswinkels $= m$; so ist aus dem vorigen $p : q = m : \frac{mq}{p} = KH$: dem Sinus des gebrochenen Winkels nach der ersten Brechung.

Ferners sey CD der Sinus des Einfallswinkels $= n$; man macht die Proportion $q : p = n : \frac{pn}{q} = CE$ dem Sinus des gebrochenen Winkels nach der zweyten Brechung. Setzt man nun $BP = y$; $BF = x$; so ist $AP = AB + BP = e + y$; $PK = PB + AB - KA = y + e - r$. Wegen Ähnlichkeit der Dreyecke OAI und OKG wie §. 16. gezeigt worden, verhält sich $OK : OA = KG : AI$, das ist: $d + r : d = m : \frac{dm}{d+r} = AI$. Wegen der ähnlichen Dreyecke PKH und PAI verhält sich $HK : PK = AI : AP$, das ist: $\frac{qm}{p} : y + e - r = \frac{dm}{d+r} : y + e$; multiplizirt man die mittleren und äufseren Glieder, so ist $\frac{qmy + qme}{p} = \frac{dmy + dme - dmr}{d + r}$, wird die Gleichung reduzirt, so bekommt man $qmyd + qmed + qmyr + qmer = dmyp + dmep - dmrp$, wird nun alles durch m dividirt, und die Glieder, bey welchen y ist, auf eine Seite übertragen, so bekommt man $qed + qer - pde + pdr = pyd - qyd - qyr$, das ist: $\frac{qed + qer - pde - pdr}{pd - qd - qr} = y$.

Endlich wegen der ähnlichen Dreyecken PBT und PCD verhält sich wiederum $PC : PB =$

$CD : BT$, das ist: $y + R : y = n : \frac{ny}{y+R} = BT$; und wegen der ähnlichen Dreyecken FCE und FBT verhält sich $CE : BT = FC : FB$, das ist: $\frac{pn}{q} : \frac{ny}{y+R} = x + R : x$, multiplizirt man die mittleren und äußeren Glieder, so ist $\frac{pnx}{q} = \frac{nyx + nyR}{y+R}$, reduzirt man die Gleichung, so bekommt man $pnxy + pnxR = nyxq + nyRq$, dividirt man alles durch n, und überträgt y auf eine Seite, so ist $pxR = qyx + qyR - pxy$, und $\frac{pxR}{qx + qR - px} = y$; verbindet man nun diese beyden Werthe von y, so erhält man

$$\frac{pxR}{qx + qR - px} = \frac{qed + qer + pdr - ped}{pd - qd - qr}.$$

Werden die Brüche weggeschafft, so ist $ppxRd - pqxRd - pqxRr = qqxed + qqxer + pqxdr - pqxed + qqedR + qqeRr + pqdRr - pqedR - pqedx - pqrex - ppdrx + ppedx$; werden nun die unbekannten Glieder auf eine, und die bekannten auf die andere Seite gesetzt, so ist $ppxRd - pqxRd - pqxRr - qqxde - qqxer - pqxdr + pqxed + pqxed + pqerx + ppdrx + ppedx = qqedR + qqeRr + pqdRr - pqedR$, werden nun die Faktores von der Größe x auf die andere Seite übertragen, so ist

$$x = \frac{qqdeR + qqeRr + pqdRr - pqedR}{ppRd - pqRd - pqRr - qqde - qqer - pqdr + 2pqed + pqer + ppdr - pped}.$$

Setzt man $p = 31$, und $q = 20$, so ist

$$x = \frac{400edR + 400eRr + 620dRr - 620edR}{961Rd - 620Rd - 620Rr - 400de - 400er - 620dr + 1240ed + 620er + 961dr - 961ed}$$

$$x = \frac{620dRr - 220deR + 400Rre}{341Rd - 620Rr - 121de - 220er + 341dr}$$

weil die Dicke der Linse als eine kleine Gröfse ausgelafsen werden kann, so bleiben alle Glieder, bey welchen e vorkommt, aus, mithin ist $x = \frac{620dRr}{341Rd - 620Rr + 341dr}$ dividirt man alles durch 31, so erhält man $x = \frac{20dRr}{11Rd - 20Rr + 11dr}$. Wenn die Halbmefser, wie es meistens bey den konvexkonvexen Glaslinsen geschieht, gleich angenommen werden, so ist $x = \frac{20dr}{11dr + 11dr - 20rr}$ oder $x = \frac{20dr}{22dr - 20r}$; wird alles durch 2 dividirt, so ist der Brennpunkt nach doppelter Brechung $f = \frac{10dr}{11d - 10r}$.

FOLGERUNG.

26. Aus dieser allgemeinen Formel werden nun wiederum alle Örter der Bilder für die verschiedenen Entfernungen der Gegenstände und Längen gleicher Halbmefser nach doppelter Strahlenbrechung eben so gefunden, wie wir in dem vorigen Hauptstücke gesagt haben, und in der folgenden Aufgabe wiederholen werden. Weil aber diese Gläser eine verschiedene Gestalt haben können, so mufs auch für dieselbe eine verschiedene Anwendung der Formel, bey welcher noch ein verschiedener Halbmefser r und R enthalten ist, gemacht werden. Allein nicht alle zweymal gebrochene Strahlen fahren auseinander, denn einige gehen auch mit d einallenden Strahle parallel hinaus, wenn die Oberflächen der Gläser symmetrische Vielecke sind; es ist aber

ERKLÄRUNG.

27. Ein *Vieleck symmetrisch*, wenn in der einen Hälfte die Seiten den Seiten der andern Hälfte parallel und gleich sind, wie in den Figuren 9. 10. 11. 12. 13. 14. Der Lichtstrahl, welcher durch den Mittelpunkt oder die Mitte geht, heiſst der *Haupt-* oder *Principalstrahl.*

LEHRSATZ.

28. Wenn ein Lichtstrahl in ein symmetrisches Glas so eintritt, daſs er, nachdem er gebrochen ist, durch die Mitte oder den Mittelpunkt desſelben geht, so tritt er auf der anderen Seite parallel mit seiner vorigen Richtung hinaus.

BEWEIS.

Weil die Ursache der Strahlenbrechung die nämliche ist, wenn der Lichtstrahl in das Glas übergeht, und wiederum aus dem Glase austritt, indem derselbe im ersten Falle aus einem dünneren Mittel in ein dichteres, im zweyten aber aus einem dichteren in ein dünneres kommt, so folgt daraus, daſs sich der einfallende Strahl eben so viel dem Perpendikel nähern müſse, als der herausgehende vom Perpendikel abgelenket wird; wenn also (*Fig.* 9.) die Flächen *oc* und *du* beym Ein- und Ausgange parallel sind, welches Statt findet, wenn der Lichtstrahl durch den Mittelpunkt geht, so sind die Wechselwinkel *o* beym Eingange, und *u* beym Ausgange einander gleich, mithin ist *ao* parallel zu *ub*, und der herausgehende Strahl *ub* parallel zum hineingehenden *ao*.

FOLGERUNG.

29. Es sind also die konvexkonvexen, oder konkavkonkaven Linsen für symmetrische Gläser zu halten, wenn die Halbmeſser der Konvexitäten oder Konkavitäten gleich sind. Denn es sind immer unendlich kleine Seiten der oberen Fläche dort parallel zu den Seiten der unteren Fläche, wo zwey Punkte der durch den Mittelpunkt gehenden Linie mit der Oberfläche zusammenfallen, wenn also der einfallende Lichtstrahl der Principalstrahl ist, oder durch den Mittelpunkt geht, so geht er mit sich selbst parallel heraus. Ist das Glas konvex, oder plan konkav, (*Fig.* 12. 13.) so ist nur jener der Principalstrahl, der in die Mitte der Konvexität oder Konkavität einfällt; denn nur zu dieser unendlich kleinen Linie allein ist die entgegengesetzte Oberfläche parallel. Wenn das Glas auf beyden Seiten plan ist, so ist jeder Lichtstrahl ein Principalstrahl, und alle ausgehenden Lichtstrahlen sind zu den eingehenden parallel, und das Auge glaubt zwar, der Gegenstand befinde sich an einem andern Orte, als er wirklich ist, jedoch bleibt die scheinbare Gröſse unverändert.

AUFGABE.

30. Man soll den Ort des Brennpunktes für die verschiedene Entfernung des Gegenstandes, und für die verschiedene Gestalt der Gläser nach der doppelten Brechung bestimmen.

AUFLÖSUNG.

I. Es sey die Glaslinse konvexkonvex; hier wird die obige Formel $f = \frac{10dr}{11d - 10r}$ angewendet, wo wiederum von der unendlich kleinen Entfernung des Gegenstandes von dem Glase anzufangen, bis zur Entfernung, welche gleich ist $\frac{10r}{11}$, f negativ gefunden wird, und das Bild auf der nämlichen Seite mit dem Gegenstande in Beziehung auf den Halbmeſser und das Glas befindlich, mithin aufrecht ist; anfänglich zwar an dem nämlichen Orte mit dem Gegenstande; entfernt sich aber der Gegenstand von dem Glase, so entfernt sich auch das Bild, und die Lichtstrahlen divergiren immer weniger, bis sie parallel werden. Von dem Werthe $d = \frac{10r}{11}$ bis $d = \infty\, r$, wird der Werth der Gröſse x positiv, die Lichtstrahlen fangen von dem Parallelismus an wiederum zu konvergiren, und weil sich das Bild auf der anderen Seite des Gegenstandes in Beziehung auf den Halbmeſser und das Glas befindet, so erscheint es verkehrt.

II. Wenn das Glas plankonvex ist, so ist der Halbmeſser der Fläche unendlich groſs, mithin ist $R = \infty$, wird nun dieses in der Formel $\frac{20drR}{11dR + 11dr - 20rR}$ substituirt, so ist $\frac{20dr\,\infty}{11d\,\infty + 11dr - 20r\,\infty}$, allein $11dr$ verschwindet in Beziehung des Unendlichen, dividirt man alles durch ∞, so erhält man $\frac{20dr}{11d - 20r}$, welches die Formel für die plankonvexen Gläser ist. Nimmt man nun einen Werth für die verschiedene Entfernung der Gegenstände an, so wird der Brennpunkt und der Ort der Bilder, wie oben gesagt worden ist, bestimmet. Weil man hier die Dicke des Glases auſser Acht läſst, so kann dieses Glas als ein konvexkonvexes betrachtet werden. Bey Fernröhren ist übrigens wohl zu bemerken, daſs immer die nämliche Oberfläche des Glases gegen den Gegenstand gekehrt werde, denn es ist ein anderer Ort für die Bilder, wenn der Lichtstrahl zuerst auf die plane, als wenn er auf die konvexe Oberfläche fällt, und gebrochen durch die andere herausgeht, wie dieses aus der Auflösung der Formel, in welcher noch die Dicke des Glases $= e$ beybehalten wird, erhellet, wenn man in selber einmal $R = \infty$, und dann $r = \infty$ setzt, und f daraus findet.

III. Bey den konkavkonkaven Linsen kann vorausgesetzt werden, daſs sich die Konvexität in die Konkavität verändert, mithin müſsen die Halbmeſser auf der entgegengesetzten Seite, oder mit entgegengesetzten Zeichen angenommen, und statt $+ R + r$, das $- R - r$ gesetzt werden; es bleibt also die nämliche Formel, nur mit entgegengesetzten Zeichen der Halbmeſser, welche für die konvexkonvexe Glaslinsen bestimmt worden ist, nämlich $x = \frac{-10dr}{11d + 20r}$, woraus nun wiederum gefunden wird, daſs, wenn man annimmt, der Gegenstand sey zuerst unendlich nahe bey dem Glase, und gehe von da auf eine unendliche Entfernung zurück, sich auch das Bild gegen die nämliche Seite von dem Glase entferne, aufrecht erscheine, und zwischen den divergirenden Lichtstrahlen, und zwar bis in die Entfernung $\frac{10r}{11}$, enthalten sey; denn f bleibt beständig, was immer für eine Entfernung angenommen wird, negativ.

IV. Wenn das Glas plankonkav ist, so werden die Zeichen der Halbmeſser der obigen Formel für die plankonvexe Linse in die entgegengesetzten verändert, mithin ist die Formel $\frac{20drR}{11d+20r}$, welche wiederum auf alle Entfernungen, wie oben gesagt worden ist, angewendet werden kann.

V. Wenn endlich das Glas ein Meniskus ist, so muſs das Zeichen der beyden Halbmeſser in das entgegengesetzte verändert werden, weil eine Seite für ein konkaves Glas angesehen werden muſs; nimmt man dieses an, so wird die Formel in folgende verändert: $f = \frac{20drR}{11dR - 11dr - 20rR}$. Wenn der Mittelpunkt des oberen Bogens innerhalb dem Mittelpunkte des unteren Bogens liegt, (*Fig.* 15.) so wird der Lichtstrahl, welcher parallel mit der Achse einfällt, weil er beym Eingange in das Glas zum Perpendikel, beym Ausgange vom Perpendikel gebrochen wird, so gebrochen werden, daſs er sich beym Ausgange von der Achse entfernet, folglich dieselbe auf dieser Seite nicht schneiden könne, mithin wird der Brennpunkt negativ seyn. Wenn aber der Mittelpunkt der oberen Konvexität über den Mittelpunkt der unteren fällt, (*Fig.* 16.) so nähert sich der gebrochene Strahl der Achse, und schneidet dieselbe, folglich wird der Brennpunkt positiv seyn. Es sey nämlich im ersten Falle (*Fig.* 15.) $CA = R$, und $cA = r$, mithin $R < r$, es sey $r = 10$, und $R = 5$, so ist die Formel

$$\frac{20d \times 10 \times 5}{11d \times 5 - 11d \times 10 - 20 \times 5 \times 10} = \frac{1000d}{55d - 110d - 1000}$$

$= \frac{1000d}{-55d - 1000}$, also ist der Brennpunkt wegen des negativen Nenners negativ. Ist aber im zweyten Falle $CA = 10$, und $cA = 5$, so ist der Brennpunkt $\frac{1000d}{55d - 1000}$; folglich der Nenner und der Brennpunkt positiv. Wenn endlich die Halbmeſser gleich sind, so ist die Oberfläche der oberen Krümmung parallel mit der unteren, folglich wird ein auf was immer für einen Punkt zur Achse parallel einfallender Lichtstrahl eben so sehr zum Perpendikel gebrochen, wie er beym Ausgange aus dem Glase vom Perpendikel abgelenket wird, er bleibt mithin zur Achse parallel, und eben darum kann kein Brennpunkt seyn. Es sey $R = r$, so ist $\frac{20drr}{11dr - 11dr - 20r^2}$, das ist: $\frac{20dr^2}{-20r^2} = -d$, also ist $f = -d$, also ist kein Brennpunkt.

I. ANMERKUNG.

31. Der Gegenstand wird schon für unendlich weit entfernt angenommen, wenn die Entfernung desſelben tausendmal gröſser ist als der Halbmeſser; setzt man $r = 10$, und die Entfernung $= 10000$, so findet man aus der Formel $f = 9,102$; und wenn $d = \infty$ wird, so findet man aus der nämlichen Formel $f = 9,090$, also ist zwischen der unendlichen, und der 1000 Halbmeſsern gleichen Entfernung, nur $\frac{1}{100}$ die Differenz zwischen dem Orte des Bildes und des Brennpunktes.

II. ANMERKUNG.

32. Die Anwendung dieser Lehre auf Maschinen, als Teleskope, Microskope, und dergleichen, wird nach der Katoptrik gezeigt werden.

ANFANGSGRÜNDE DER KATOPTRIK.

I. HAUPTSTÜCK. ALLGEMEINE BEGRIFFE VON DER KATOPTRIK.

I. ERKLÄRUNG.

1. Die *Katoptrik* ist die Wissenschaft, welche die Wirkungen und Erscheinungen der zurückgeworfenen Lichtstrahlen vorträgt.

II. ERKLÄRUNG.

2. Ein *Spiegel* ist jeder glatte Körper, welcher die Lichtsrahlen nicht durchläſst, und die

darauffallenden zurückwirft oder reflectirt. Ein *ebener* oder *Planspiegel* ist, der eine ebene, ein *gekrümmter* oder *sphärischer*, der eine gekrümmte Oberfläche hat, insbesondere hat ein *hohler* oder *konkaver* eine hohle oder konkave: ein *erhabener* oder *konvexer*, eine erhabene oder konvexe Oberfläche; so hat auch ein *zylindrischer* Spiegel eine zylindrische, ein *konischer* eine konische Oberfläche; *parabolisch*, *elliptisch*, *hyperbolisch* ist ein Spiegel, der nach der Figur dieser krummen Linien ausgehöhlet und geschliffen ist.

I. ANMERKUNG.

3. Die Spiegel werden aus reinem und gut geschliffenen Glase verfertiget, welches auf einer Seite mit einer aus Zinn und Quecksilber bestehenden, und *Amalgama* genannten Maſse belegt wird; dieses geschieht auf folgende Art: auf eine ebene hölzerne Tafel legt man Lösch - oder Flüſspapier, das man mit Kreidenstaub bestreuet; auf das Löschpapier selbst werden Zinnblätter (Stanniol) ausgebreitet, darauf Quecksilber gegoſsen, und mit Baumwolle oder einem Hasenfuſse über den ganzen Stanniol gleichförmig vertheilet. Auf diese Maſse legt man reines Papier, an welches die Glastafel mit der linken Hand stark angedrücket wird, indeſsen man mit der rechten daſselbe wiederum herauszieht. Hierauf beschwert man die Tafel mit einem Gewichte, damit das überflüſsige Quecksilber an den Rändern herausgedrückt werde, das Amalgam aber sich in die Zwischenräume an der Oberfläche des Glases begebe, und an die ganze Tafel anklebe. Das Glas wird unter diesem Gewichte so lange beschwert gelaſsen, bis die ganze Maſse ausgetrocknet ist, und so wird der Spiegel fertig seyn.

II. ANMERKUNG.

4. Metalle, Steine, und hartes Holz, wenn sie vollkommen geglättet werden, dienen zu Spiegeln; weil aber die-

se Körper viele Zwischenräume haben, so erhält man nicht leicht aus derselben Materie eine zusammenhängende glatte Fläche, eben darum werden mehrere ungleichartige Körper, als Quarz, Kupfer, Zinn, Glockenmetall, Wifsmuth, und dergleichen, durch Feuer und gehörige Schmelzmittel flüfsig gemacht, und vermischt, wodurch dann ein dichterer Körper entsteht, den man dann in verschiedene Gestalten, die konische, die sphärische, oder eine andere ähnliche, jenachdem es erfordert wird, bringen kann. Gröfsere parabolische Spiegel werden verfertiget, wenn man Holz parabolisch ausarbeitet, und auf der inneren Seite mit Gyps übergiefst, selben aber mit einer aus Eisen genau verfertigten parabolischen Form (*Lehre*) ausdreht, und dadurch ebenfalls parabolisch macht. Auf den Gyps werden Goldblättchen aufgelegt, die dann einen gut polirten Spiegel vorstellen.

III. ANMERKUNG.

5. Was oben in der Dioptrik von der Bestimmung der Brennweite gesagt worden ist, mufs auch hier angewendet werden. Folglich ist

III. ERKLÄRUNG.

6. Der *einfallende Lichtstrahl DC* (*Fig.* 17.) eine von dem Gegenstande bis zum Spiegel *AB* gezogene gerade Linie; der *zurückgeprellte* oder *reflectirte Lichtstrahl CE* ist eine von dem Spiegel auf jene Seite gezogene gerade Linie, auf welcher der Gegenstand ist. Der *Einfallspunkt C* ist der Punkt auf dem Spiegel, auf welchen der Lichtstrahl auffällt.

IV. ERKLÄRUNG.

7. Das *Einfallsloth* (*cathetus incidentiae*) ist eine auf der Oberfläche des Spiegels auf den Einfallspunkt gezogene Senkrechte; wenn daher der Spiegel sphärisch ist, so ist der Halbmefser selbst das Einfallsloth.

V. ERKLÄRUNG.

8. Der *Einfallswinkel* (*angulus incidentiae*) ist derjenige Winkel, den der einfallende Lichtstrahl mit dem Spiegel, oder mit dem Einfallslothe macht. Der *Zurückprellungswinkel* oder *Reflexionswinkel* ist der Winkel, den der zurückgeprellte Strahl mit dem Spiegel, oder mit dem Einfallslothe bildet.

VI. ERKLÄRUNG.

9. Der *Brennpunkt* (*focus*) ist der Punkt der Achse, in welchem der zurückgeprellte Lichtstrahl die Achse schneidet, oder in welchem mehrere zurückgeprellte Strahlen die Achse schneiden, dort wird also das Bild abgemahlet; wenn divergirende Lichtstrahlen zurückgeworfen werden, so ist der Brennpunkt negativ, weil die auf die entgegengesetzte Seite verlängerten Lichtstrahlen die Achse schneiden; wenn aber konvergirende Lichtstrahlen zurückgeprellt werden, so ist der Brennpunkt positiv, weil sie die Achse auf jener Seite schneiden, auf welche sie zurückgeprellt werden. Die Brennweite ist die Entfernung dieses Punktes von dem Spiegel.

LEHRSATZ.

10. Der Einfallswinkel ist immer gleich dem Zurückprellungswinkel.

BEWEIS.

Es falle (*Fig.* 17.) ein Lichtstrahl von dem Gegenstande D in dem Punkte C auf den Spiegel

AB auf, so ist DC der einfallende Lichtstrahl, C der Einfallspunkt, und FC das Einfallsloth. Weil DC schief auffällt, so muſs es in zwey Richtungen aufgelöset werden, in eine senkrechte auf die Oberfläche des Spiegels AD, welche die respektive Geschwindigkeit, mit welcher sich das Theilchen D der Fläche nähert, anzeigt, welche aber, weil die Fläche gerade entgegensteht, ganz getilget wird, und in eine parallele $DF = AC$, welche allein übrig bleibt, es muſs also das Theilchen nach dieser Richtung aus C nach B fortgehen; allein weil der Spiegel und das Lichttheilchen elastisch sind, so wird in C die ganze Kraft $DA = CF$ durch die Elastizität wiederum hergestellet, wie in der Mechanik vom Stoſse bewiesen worden ist, daher wird das Lichttheilchen in C von einer doppelten Kraft angetrieben, von einer nach der Richtung CB, und von der anderen nach CF, folglich muſs es einen mittleren Weg beschreiben, und durch CE fortgehen. Man verlängere DF bis E, und aus E laſse man eine Senkrechte EB herab, so ist in den Dreyecken ADC, und CEB die Seite $DA = EB$, weil sie Senkrechte zwischen Parallelen sind; $AC = CB$, weil sie der nämlichen dritten DF gleich sind; bey D und B sind wegen der Senkrechten rechte Winkel, also ist auch $o = x$, allein o ist der Einfallswinkel, und x der Zurückprellungswinkel, also ist der Einfallswinkel gleich dem Zurückprellungswinkel.

FOLGERUNG.

11. Wenn man die Winkel m und n, welche der einfallende und der zurückgeprellte Strahl mit dem Einfallslothe machen, nimmt, so ist, weil $o + m$, und $n + x$, wegen des Perpendikels FC, rechte Winkel sind, $o + m = n + x$,

allein $o = x$ aus dem Bewiesenen, also ist auch $m = n$, also ist immer der Einfallswinkel gleich dem Zurückprellungswinkel, es werde nun der Lichtstrahl mit dem Spiegel, oder mit dem Einfallslothe genommen.

II. HAUPTSTÜCK.

VON DEN BRENNPUNKTEN UND DEM ORTE DER BILDER BEYM KONKAVEN UND KONVEXEN SPIEGEL.

I. AUFGABE.

12. Man soll bey einem konkaven Spiegel, wenn der Halbmeſser und die Entfernung des Gegenstandes gegeben sind, den Brennpunkt und den Ort des Bildes bestimmen

AUFLÖSUNG UND BEWEIS.

Es sey AB (*Fig.* 18.) der konkave Spiegel, CA der Halbmeſser der Krümmung, und bey O der Gegenstand. Es falle nun ein Lichtstrahl unendlich nahe bey A z. B. in M auf, so ist M der Einfallspunkt, OM der einfallende Lichtstrahl, CM das Einfallsloth, und x der Einfallswinkel; zu diesem macht man auf der anderen Seite einen gleichen Zurückprellungswinkel o, so ist in

F, wo der zurückgeprellte Lichtstrahl MF die Achse schneidet, der Brennpunkt, und dort wird das Bild des Gegenstandes O abgemahlet, FA aber ist die Brennweite.

Damit die Brennweite AF bestimmet werde, so kann, weil AM ein unendlich kleiner Bogen ist, FM gleich AF angenommen werden. In dem Dreyecke FOM ist, weil $o = x$ ist, der Winkel am Scheitel halbirt, daher wird die Grundlinie deſselben, wie aus der Geometrie bekannt ist, so geschnitten, daſs die Abschnitte der Grundlinie mit den Seiten proportionirt sind, folglich verhält sich $OC : OM = CF : FM$. Nun ist $OM = AO$, und $FM = AF$, also $OC : AO = CF : AF$.

Es sey die Entfernung des Gegenstandes $OA = d$, der Halbmeſser $CA = r$, die Brennweite $FA = f$, so ist $OC = OA - CA = d - r$, und $FC = CA - FA = r - f$. Substituirt man diese Werthe, so ist $d - r : d = r - f : f$. Folglich $fd - rf = dr - df$; das ist: $fd + fd - rf = dr$, oder $2fd - rf = dr$, und $f = \frac{dr}{2d - r}$, welches die allgemeine Formel für alle konkave Spiegel ist.

FOLGERUNG.

13. Wenn sich der Gegenstand in f befände, so wird der daraus in M einfallende Lichtsrahl gegen die Achse in O zurückgeprellt, und dort die Achse schneiden, mithin ist der Brennpunkt und das Bild in O, und in diesem Falle ist $FA = d$, $AO = MO = f$, $AC = r$, $CF = r - d$, $CO = f - r$, und daher $FM : MO = FC : CO$; oder $d : f = r - d : f - r$, das ist, $df - dr = fr - fd$, und $2df - rf = dr$, und $f = \frac{dr}{2d - r}$.

II. AUFGABE.

14. Man soll bey einem konvexen Spiegel, wenn der Halbmeſser und die Entfernung des Gegenstandes gegeben sind, den Brennpunkt und den Ort des Bildes bestimmen.

AUFLÖSUNG UND BEWEIS.

Es sey (*Fig.* 19.) AM der konvexe Spiegel, und deſsen Halbmeſser $= CA$; der auf die Konvexität strahlende Gegenstand sey in O, deſsen Entfernung $= OA$, so ist die Achse OAC. Es falle ein Lichtstrahl in M unendlich nahe bey A auf, man ziehe das Einfallsloth CM, und verlängere dasſelbe unbestimmt, dann verlängere man auch den einfallenden Lichtstrahl CM, so ist OMQ oder o der Einfallswinkel, zu dem ein gleicher Zurückprellungswinkel QMR, oder x gemacht werden muſs, folglich wird RM der zurückgeprellte Lichtstrahl seyn, welcher aber, weil er divergirt, die Achse auf dieser Seite nicht schneiden kann, wird derselbe auf die andere Seite verlängert, so schneidet er die Achse in F, und der Brennpunkt F ist negativ, und das Bild erscheint hinter dem Spiegel.

Um AF zu bestimmen, betrachtet man die Dreyecke CMO u. CMF. In dem Dreyecke CMO verhält sich die Seite $CO : OM =$ Sin. CMO : Sin. OCM. Weil CMO ein stumpfer Winkel ist, so hat er einen gleichen Sinus mit seinem Supplement, oder spitzigen o, weil aber dieser der Einfallswinkel ist, so ist er gleich dem Zurückprellungswinkel x, und x ist gleich dem Scheitelwinkel y, oder CMF, mithin kann statt des Sinus CMO, CMF gesetzt werden. Also $CO : OM = \text{Sin. } CMF : \text{Sin. } OCM$. In dem Dreyecke CMF verhält sich $CF : FM = \text{Sin. } CMF : \text{Sin. } FCM$, oder OCM was das nämliche ist. Folglich verhält sich

$$CO : OM = \text{Sin. } CMF : \text{Sin. } OCM.$$
$$CF : FM = \text{Sin. } CMF : \text{Sin. } OCM, \text{ also}$$
$$CO : OM = CF : FM.$$

Allein FM ist, wegen des unendlich kleinen Bogens AM, gleich AF, also wird sich verhalten

$$CO : OM = CF : AF.$$

Es sey die Entfernung $AO = OM = d$, $AC = r$, $FA = f$, mithin ist $CO = d + r$, und $FC = r - f$, substituirt man diese Werthe, so ist $d + r : d = r - f : f$; folglich $fd + rf = dr - df$, das ist: $fd + fd + rf = dr$, oder $2fd + rf = dr$, und $f = \frac{dr}{2d + r}$.

I. FOLGERUNG.

15. Der unendlich kleine Bogen AM, welchen man folglich für eine gerade Linie annehmen kann, wird desto genauer gefunden, je näher M bey A ist; wenn AF mit der gröſsten Genauigkeit zu bestimmen ist, so wird in dem Dreyecke CMO, aus der bekannten Seite CO, dem Halbmeſser CM, und dem Winkel C, den der bekannte Bogen AM miſst, der Winkel CMO, desgleichen COM, und die Seite MO, trigonometrisch gefunden. In dem Dreyecke FMO wird aus der bekannten Seite MO, dem Winkel FOM, und dem Winkel FMO, (welcher das Komplement der Winkel $o + x$, oder zwey o der doppelte Einfallswinkel ist) die Seite FO gefunden, welche von der bekannten Seite CO abgezogen, FA oder die gesuchte Brennweite giebt.

II. FOLGERUNG.

16. Aus diesen beyden allgemeinen Formeln kann nun wiederum der Brennpunkt, und der Ort des abgemahlten Bildes für die verschiedene Entfernung des Gegenstandes von dem Spiegel, und für den verschiedenen Halbmeſser der Krümmung bestimmet werden.

III. AUFGABE.

17. Man soll, wenn der Halbmeſser und die Entfernung des Gegenstandes von dem Hohlspiegel gegeben sind, den Ort des Bildes finden.

AUFLÖSUNG.

1tens. Es sey $d = \frac{1}{\infty}$ so ist die Formel

$$\frac{dr}{2d - r} = \frac{r}{\infty} : \frac{2}{\infty} - r = \frac{r}{\infty} : \frac{2 - r\,\infty}{\infty} =$$

$$\frac{r}{- r\,\infty} = -\frac{1}{\infty},\ f = -\frac{1}{\infty},$$ mithin ist der Brennpunkt negativ, und das Bild in einer unendlich kleinen Entfernung hinter dem Spiegel.

2tens. Es sey $d < \frac{1}{2}\,r$, oder $2d < r$, so ist, wenn man die Formel in eine Proportion auflöset, $2d - r : r = d : f$. Allein $2d - r$ ist eine negative Gröſse, also ist auch f eine negative Gröſse, und das Bild ist hinter dem Spiegel.

3tens. Es sey $d = \frac{1}{2}\,r$, oder $2d = r$, so ist $r - r : r = d : f$, das ist: $o : r = d : f$. Allein o hat zu r ein unendliches Verhältniſs, also auch d zu f, mithin ist der Brennpunkt in einer unendlichen Entfernung, und das Bild ist ebenfalls unendlich weit entweder vor oder hinter dem Spiegel entfernt, denn für beydes ist der nämliche Grund.

4tens. Es sey $d > \frac{1}{2} r$, oder $2d > r$, so ist $2d - r : r = d : f$, und $2d - r$ ist eine positive Gröſse, mithin ist der Brennpunkt und das Bild vor dem Spiegel.

5tens. Es sey $d = \frac{3}{4} r$, so wird die Formel $\frac{dr}{2d - r}$ verändert in $\frac{3rr}{4} : \frac{6r}{4} - r$, das ist: $\frac{3rr}{4} : \frac{6r - 4r}{4}$ oder $\frac{3rr}{2r}$, also $f = \frac{3}{2} r$.

6tens. Es sey $d = r$, so ist $\frac{rr}{2r - r}$, das ist $\frac{rr}{r}$, also $f = r$.

7tens. Es sey $d = 2r$, so ist $\frac{2rr}{4r - r}$, das ist: $\frac{2r}{3}$, also $f = \frac{2}{3} r$.

8tens. Ist $d = 3r$, so ist $\frac{3rr}{6r - r}$, das ist: $\frac{3r}{5}$, also $f = \frac{3}{5} r$.

9tens. Ist endlich $d = \infty$, so ist $\frac{\infty r}{2 \infty - r}$, das ist $\frac{\infty r}{2 \infty}$, also ist $f = \frac{1}{2} r$.

I. FOLGERUNG.

18. Aus allen diesen für die Brennweite gefundenen Ausdrücken erhellet, daſs, so wie sich der Gegenstand von dem Spiegel entfernet, auch das Bild auf der anderen Seite von demselben zurückweiche, wenn nämlich im Anfange der Gegenstand sowohl als das Bild, in einer unendlich kleinen Entfernung von dem Spiegel auf einer und der anderen Seite gestellet werden. Befindet sich der Gegenstand in der Mitte des Halbmeſsers, so geht das Bild unendlich weit zurück; entfernt man aber den Gegenstand noch mehr von dem Spiegel, so fängt das Bild an sich auf der nämlichen Seite dem Spiegel zu nähern; wenn man den Gegenstand in den Mittelpunkt stellt, so vermengt sich das Bild mit dem Gegenstande, oder fällt über denselben, weicht aber der Gegenstand etwas weiter zurück, so nähert sich das Bild so lange vom Mittelpunkte gegen den Spiegel, bis der Gegenstand in eine unendliche Entfernung zurück tritt, und in diesem Falle ist das Bild in der Mitte des Halbmessers, dort also ist der Brennpunkt der parallelen Lichtstrahlen, die von einem unendlich weit entfernten Gegenstände z. B. von der Sonne kommen.

II. FOLGERUNG.

19. Dieses wird auch leicht durch eine Figur geometrisch bewiesen. Es sey nämlich (*Fig.* 20.) der zur Achse parallel auffallende Lichtstrahl OM, welches in einer unendlich grossen Entfernung des Gegenstandes Statt hat. Man ziehe das Einfallsloth CM, so ist x der Einfallswinkel, zu diesem macht man einen gleichen Zurückprellungswinkel o. Weil nun MO parallel zu EC ist, so ist der Wechselwinkel $y = x$, allein x ist vermöge der Konstruktion gleich o, also ist auch $y = o$, mithin $FM = FC$, allein $FM = FA$ vermöge Voraussetzung, also auch $FC = FA$, mithin ist F in der Mitte, welches im neunten Falle gezeigt worden ist, wo $d = \infty$, und $f = \frac{1}{2} r$. Wird der Winkel x kleiner, welches geschieht, wenn sich O dem C nähert, so wird auch o kleiner, und F geht so lange gegen C zurück, bis O zu C kommt, und dann wird auch F in C seyn, welches im sechsten Falle war. Nä-

hert sich O gegen A, so entfernt sich so lange F von C, bis O in die Mitte von CA gelangt, oder in der Mitte des Halbmeſsers ist, und dann wird der Brennpunkt oder das Bild unendlich weit entfernt seyn, so wie es im dritten Falle war. Tritt der Gegenstand noch weiter zurück, und man macht immer den Winkel $x = o$, so divergirt die Linie MO, sie schneidet also die Achse hinter dem Spiegel, und der Brennpunkt ist negativ, so wie im ersten und zweyten Falle bewiesen worden ist.

IV. AUFGABE.

20. Man soll, wenn der Halbmeſser und die Entfernung des Gegenstandes von dem konvexen Spiegel gegeben sind, den Ort des Bildes finden.

AUFLÖSUNG.

1tens. Ist $d = \frac{r}{\infty}$, so wird $\frac{dr}{2d + r}$ verändert in $\frac{rr}{\infty} : \frac{2r}{\infty} + r = \frac{rr}{\infty} : \frac{2r + \infty r}{\infty} = \frac{r}{\infty}$, also ist der Brennpunkt $f = \frac{r}{\infty}$ postiv, und in einer unendlich kleinen Entfernung von dem Spiegel.

2tens. Ist $d < \frac{1}{2}$, oder $2d < r$, so ist, wenn man die Formel in eine Proportion auflöst, $2d + r : r = d : f$.

3tens. Wenn $d = \frac{1}{2} r$, oder $2d = r$ angenommen wird, so ist $r + r : r = \frac{1}{2} r : f$, das ist: $2 : 1 = \frac{1}{2} : f$, also $f = \frac{1}{4} r$.

4tens. Ist $d > \frac{1}{2} r$, oder $2d > r$, so ist $2d + r : r = d : f$.

5tens. Ist $d = r$, also $\frac{rr}{2r + r} = \frac{rr}{3r} = \frac{r}{3}$, mithin ist der Brennpunkt $= \frac{1}{2} r$.

6tens. $d = 2r$, also $4r + r : r = 2r : f$, oder
$5r : r = 2r : f$, das ist:
$5 : 1 = 2 : f$, also
$f = \frac{2}{5} r$.

7tens. $d = \infty$, also $\frac{\infty r}{2 \infty + r}$, das ist, $\frac{\infty r}{2 \infty}$, oder $f = \frac{1}{2} r$.

FOLGERUNG.

21. Hieraus wird nun leicht der Weg bestimmt, den das Bild in Beziehung auf den bewegten Gegenstand nimmt: wenn der Gegenstand unendlich nahe bey dem Spiegel ist, so ist auch das Bild unendlich nahe bey demselben, jedoch aber auf der entgegengesetzten Seite, oder innerhalb des Spiegels. Entfernt sich der Gegenstand von dem Spiegel, so entfernt sich auch das Bild auf der anderen Seite, und wenn der Gegenstand bis in die Entfernung des halben Halbmeſsers kommt, so erscheint das Bild auf der anderen Seite in der Entfernung des vierten Theiles des Halbmeſsers; wenn der Gegenstand über die Entfernung des halben Halbmeſsers tritt, so geht das Bild über den vierten Theil des Halbmeſsers zurück, und wenn die Entfernung des Gegenstandes dem Halbmeſser gleich ist, so ist das Bild im dritten Theile des Halbmeſsers. Wird der Gegenstand noch weiter bewegt, so bewegt sich auch das Bild weiter fort, bis der Gegenstand in eine unendliche Entfernung kommt, und dann erscheint das Bild in der Entfernung des halben Halbmeſsers. Dieses kann auch, wie oben bey dem konkaven Spiegel, geometrisch bewiesen werden. (*Fig.* 21.)

LEHRSATZ.

22. Wenn der Gegenstand ein Zirkelbogen, und konzentrisch mit der Sphä-

rizität des Spiegels ist: so ist auch das Bild ein konzentrischer Bogen, und ist desto gröſser, je näher das Bild bey dem Spiegel ist. Das Bild wird aufrecht seyn, wenn es mit dem Gegenstande auf der nämlichen Seite in Rücksicht des Mittelpunktes ist; verkehrt aber, wenn der Mittelpunkt zwischen dem Gegenstande und Bilde liegt.

BEWEIS.

Weil der Gegenstand ABD, (*Fig.* 22.) und der Spiegel EFG Bögen konzentrischer Zirkel sind, so sind die gegen, oder durch den Mittelpunkt gezogenen Linien Aa, Bb, und Dd einander gleich; d und r, oder die Entfernung und der Halbmeſser sind beständige oder unveränderliche Gröſsen, daher ist auch für f der nämliche Ausdruck der Formel in allen Punkten des Gegenstandes, also muſs auch jeder Punkt in gleicher Entfernung von dem Spiegel erscheinen, und das ganze Bild wird eben so wie der Gegenstand ein Bogen seyn, der desto gröſser seyn muſs, je mehr er von dem Mittelpunkte entfernt ist, das ist: je mehr er sich dem Spiegel nähert. Und weil die Lichtstrahlen beym Durchgange durch den Mittelpunkt auf der entgegengesetzten Seite divergiren, so wird der Punkt des Gegenstandes, welcher über der Achse ist, unter der Achse abgemahlt, und jener, welcher unter der Achse liegt, über derselben abgemahlet, folglich wird der Gegenstand verkehrt erscheinen. Das Gegentheil geschieht im anderen Falle, wo die den Gegenstand abmahlenden Strahlen, über und unter der Achse, in der nämlichen Lage bleiben. (*Fig.* 23.)

III. HAUPTSTÜCK.

VON DEN EBENEN SPIEGELN, UND DER LAGE DER BILDER, DIE DURCH DIESELBE ZURÜCKGEPRELLT WERDEN.

I. LEHRSATZ.

23. Bey einem ebenen Spiegel ist die Entfernung des Bildes hinter dem Spiegel gleich der Entfernung des Gegenstandes vor dem Spiegel.

BEWEIS.

Es sey (*Fig.* 24.) O der vor dem ebenen Spiegel AB gestellte Gegenstand, OC der einfallende Lichtstrahl, o der Einfallswinkel, und y der Zurückprellungswinkel, EC der zurückgeprellte Lichtstrahl, und in C das Auge des Beobachters. Aus O fälle man eine Senkrechte OD, welche die Achse des Spiegels ist, weil der Mittelpunkt eines ebenen Spiegels in einer unendlichen Entfernung angenommen wird; man verlängere OD auf der andern Seite; verlängere auch CE so lange, bis sie die verlängerte OD in F

schneidet, also ist in F das Bild, und der Brennpunkt hinter dem Spiegel dort, wo der verlängerte Lichtstrahl die Achse schneidet, und $DF = OD$ und $OC = FC$; denn es ist $o = y$, weil der Einfallswinkel dem Zurückprellungswinkel gleich ist; es ist aber $y = x$, weil es Scheitelwinkel sind, also auch $o = x$, und weil aus der Konstruktion bey D rechte Winkel sind, so ist der Winkel am Scheitel durch eine Senkrechte in zwey gleiche Theile getheilt, folglich ist DCF ein gleichschenklichtes Dreyeck (Geom. §. 147.) und $OD = DF$ Weil aber das Auge in E den Gegenstand durch die Lichtstrahlen $OC + CE$ sieht, und dennoch glaubt, daſs es denselben durch eine gerade Linie oder Lichtstrahl sehe, so überträgt es denselben auf den Lichtstrahl $EC + CF$, allein $FC = OC$, also ist $EC + CF = OC + CE$. Also glaubt das Auge, das Bild sey in F; folglich ist die Entfernung des Bildes hinter dem Spiegel gleich der Entfernung des Gegenstandes vor dem Spiegel.

FOLGERUNG.

24. Weil jener Theil eines ebenen Spiegels, wo der Strahl auffällt, indem er sehr klein ist, auch als ein Zirkelbogen betrachtet werden kann, deſsen Halbmeſser unendlich groſs ist, so kann dieser kleine Theil, als ein Bogen eines sphärischen Spiegels, entweder eines konvexen oder konkaven angesehen werden, mithin wird in der Formel der sphärischen Spiegel $f = \frac{dr}{2d - r}$, oder $f = \frac{dr}{2d + r}$ das $r = \infty$ gesetzt, daher ist die Formel für die ebene Spiegel $f = \frac{d\infty}{2d - \infty}$, oder $f = \frac{d\infty}{2d + \infty}$, das ist: $f = \frac{d\infty}{-\infty}$ oder $f = \frac{d\infty}{\infty}$, oder $f = -d$, oder $f = d$, wenn also ein ebener Spie-

gel als ein Theil eines konkaven angenommen wird, so ist die Entfernung des Bildes gleich der Entfernung des Gegenstandes hinter dem Spiegel, welches das Zeichen — in der Formel der Konkavität anzeigt, und wenn man annimmt, er sey ein Theil eines konvexen Spiegels, so ist wiederum $f = d$, folglich auch die Entfernung des Bildes gleich der Entfernung des Gegenstandes hinter dem Spiegel, welches das Zeichen + bey den konvexen ausdrückt.

II. LEHRSATZ.

25. Was auf der linken Seite des Gegenstandes ist, erscheint auf der rechten des Bildes, und umgekehrt.

BEWEIS.

Weil das Bild eines jeden Punktes eben so weit in dem Spiegel hinter demselben erscheint, als der Gegenstand vor demselben ist, und dieses durch die von dem Gegenstande auf den Spiegel senkrecht gezogene, und hinter denselben verlängerte Linie bestimmt wird, so folgt, daſs die auf dem Bilde vorgestellten linken Punkte des Bildes a, b, den rechten Punkten c, d; die rechten e, f, den linken g, h, entgegenstehen, folglich erscheint die linke Seite auf der rechten, und die rechte auf der linken. (*Fig.* 25.)

FOLGERUNG.

26. Es sieht also jeder Mensch, der sein Bild im Spiegel betrachtet, das, was auf der linken Seite ist zur rechten, und was auf der rechten ist zur linken; denn es stehen auf diese Art das Bild und der Gegenstand einander senkrecht entgegen, welches denjenigen, die sich selbst zu barbieren anfangen, sehr schwer fällt.

III. LEHRSATZ.

S 27. Bey einem senkrecht stehenden piegel scheinen die gegen den selben geeigten Gegenstände sich heraus zu neigen. Bey einem horizontal liegenden erscheint der senkrecht stehende Gegenstand verkehrt. Bey einem etwas geneigten erscheint der senkrecht stehende Gegenstand geneigt.

BEWEIS.

1tens. Es sey (*Fig.* 26.) der senkrecht gestellte Spiegel *AB*, *cd* der gegen die Oberfläche desselben geneigte Gegenstand, so ist, wenn man die Senkrechten gezogen, und *ce* und *df* verlängert hat, das Bild des Punktes *c* in *e*, und des Punktes *d* in *f*, mithin muſs der Gegenstand *cd* die Lage *ef* haben, folglich ist *e* näher hinter dem Spiegel als *f*, also ist das Bild gegen den Spiegel geneigt.

2tens. Es sey *AB* (*Fig.* 27.) der horizontal liegende Spiegel, und *ac* der senkrecht vor dem Spiegel gestellte Gegenstand, so ist, wenn man die Senkrechte hinter den Spiegel verlängert, *d* das Bild des Punktes *c*, und *b* das Bild des Punktes *a*, folglich ist *d* zunächst am Spiegel, und *b* am weitesten davon, also muſs es verkehrt erscheinen.

3tens. Es sey *AB* (*Fig.* 28.) der geneigte Spiegel, und *ab* der senkrechte Gegenstand, so ist, wenn man auf den Sgiegel Senkrechte zieht, und verlängert, nämlich *ac* und *db*, *c* das Bild des Punktes *a*, und *d* das Bild des Punktes *b*, also mufs die Linie cd, welche beyde Punkte verbindet, eine geneigte Lage haben.

IV. LEHRSATZ.

28. Wenn ein Spiegel unter einem Winkel von 45 Graden geneigt ist, so erscheint der horizontal liegende Gegenstand hinter dem Spiegel senkrecht, der senkrechte aber horizontal.

BEWEIS.

Es sey AB (*Fig.* 29.) der unter einem Winkel von 45 Graden geneigte Spiegel, mithin der Winkel $o = 45°$, und ab der senkrecht gestellte Gegenstand. Man ziehe aus b und a Senkrechte auf den Spiegel, und verlängere sie gleich weit hinter dem Spiegel bis in d und e, so ist ed das Bild. Man verlängere auch ba gegen B und D, und ed gegen B, so ist ABD, weil x ein rechter Winkel ist, ein rechtwinklichtes Dreyeck, weil aber $o = 45°$, so ist auch $f = 45°$. Nun ist, aus der Konstruktion, in den Dreyecken BdK und BKa, $aK = dK$, BK ist sich selbst gleich, in K sind rechte Winkel, aus der Konstruktion, also ist auch der Winkel $f = c$, es ist aber $f = 45°$, also ist auch $c = 45°$, oder $f + c = 90°$, also ist dBa ein rechter Winkel, folglich mufs, weil ba senkrecht ist, de horizontal seyn.

Es sey ab (*Fig.* 30.) der horizontale Gegenstand, wecher vor einem unter dem Winkel o von 45° geneigten Spiegel liegt. Man ziehe von a und b Senkrechte auf den Spiegel, und verlängere dieselbe auf eine gleiche Entfernung bis e und d, so ist *ed* das Bild. Nun in den Dreyecken dBK und KBb ist $Bb = dB$ aus der Konstruktion, KB ist sich selbst gleich, in B sind rechte Winkel, also ist der Winkel $c = f$, allein es ist $c = o$ wegen der Parallellinien mn und ab, aber $o = 45°$, also $c = 45°$, mithin auch $f = 45°$, also $c + f = 90°$, folglich ist dKb ein rechter Winkel, also muſs, weil ab horizontal ist, de senkrecht seyn.

V. LEHRSATZ.

29. Wenn sich der Spiegel um eine Achse bewegt, so ist der von dem Bilde beschriebene Raum doppelt so groſs, als der, welcher von dem Spiegel beschrieben wird. (*Fig.* 31.)

BEWEIS.

Wenn der Lichtstrahl, welcher von dem Gegenstande O schief auf den Spiegel AB in E auffällt, in F zurückgeprellt wird, so ist das Bild in F. Bewegt man nun den Spiegel, daſs er die Lage CD bekommt, so ist o oder i jener Winkel, welcher den Bogen AC oder BD, oder den Raum des bewegten Spiegels anzeigt. Weil nun der Gegenstand O unbeweglich bleibt, so bleibt der einfallende Lichtstrahl wiederum in dem Punkte E. Und weil in beyden Fällen der Einfallswinkel immer dem Zurückprellungswinkel gleich seyn muſs, so ist der Einfallswinkel in der ersten Lage des Spiegels AEO oder $o + m = FEB$ oder $r + n$ dem Zurückprellungswinkel. In der zweyten Lage CD ist der Einfallswinkel CEO oder $m = GED$

oder $n + i$ dem Zurückprellungswinkel. Es ist also $o + m = r + n$, und weil im zweyten Falle $m = n + i$ ist, und substituirt man in der vorigen Gleichung den Werth von der Gröſse m, so ist $o + n + i = r + n$. Es ist aber $o = i$, mithin ist $2o + n = r + n$, das ist: $2o = r$; allein o ist jener Winkel, den der Bogen AC, als der von dem Spiegel beschriebene Raum, miſst, und r wird von dem Bogen FG, das ist: dem Raume, den das Bild beschreibt, gemeſsen, also ist der von dem Bilde beschriebene Raum doppelt so groſs, als der, welcher von dem Spiegel beschrieben wird.

I. FOLGERUNG.

30. Wenn man die Veränderung der Winkel, oder des Raumes in Beziehung des Einfallslothes betrachtet, so ist in der Lage des Spiegels AB (*Fig.* 32.) mit dem einfallenden Lichtstrahle OE, und dem Einfallslothe FE, der Einfallswinkel $OEF = m$, und der Zurückprellungswinkel $FEH = x + n$. In der zweyten Lage des Spiegels CD, mit dem Einfallslothe GE, und dem nämlichen einfallenden Lichtstrahle OE, ist der Einfallswinkel $OEG = m + x$, und der Zurückprellungswinkel $GEI = n + y$; also ist bey der ersten Lage $m = x + n$, und bey der zweyten $m + x = n + y$, setzt man nun statt m seinen Werth, so ist $x + n + x = n + y$, oder $2x = y$; allein der Winkel x ist die Bewegung des Einfallslothes, welcher dem Winkel o der Bewegung des Spiegels gleich ist, und y ist die Bewegung des Bildes von H bis I, also ist die Bewegung des Bildes doppelt so groſs, als die des Spiegels.

II. FOLGERUNG.

31. Darum scheint das Bild der Sonne, wenn es von dem Waſser oder Spiegel zurückgeprellt wird, sich sehr schnell bey einer geringen Erschütterung des Waſsers oder Bewegung

des Spiegels zu bewegen, denn es muſs in der nämlichen Zeit einen doppelten Raum beschreiben.

ANMERKUNG.

32. Wenn das Bild von einem gläsernen ebenen Spiegel zurückgeprellt wird, und das Auge schief in den Spiegel sieht, so sieht es zwey Bilder, ein näheres, aber dunkleres, und ein entfernteres, aber kläreres. Die Ursache davon ist die Dicke des Glases, woraus der Spiegel besteht; denn die vordere polirte Oberfläche reflectirt schon selbst einige Lichtstrahlen, die eben darum schon ein dunkles Bild abmahlen, die meisten aber gehen durch das Glas, und fallen rückwärts auf das Amalgam, womit die hintere Fläche belegt ist, welche alle diejenigen Lichtstrahlen, von welchen ein kläreres Bild abgemahlet wird, zurückprellt. Die Entfernung des Gegenstandes von dem kläreren Bilde (wenn die Entfernung von dem Spiegel d, und die Dicke des Glases e heiſst) ist $2d + 2e$; denn die Entfernung des Gegenstandes von der vordern Oberfläche des Spiegels durch den zurückgeprellten Lichtstrahl ist $= d + e$, folglich ist die Entfernung des Gegenstandes von dem Bilde $= 2d + 2e$; die Entfernung des dunkleren Bildes ist nur $= 2d$, weil daſselbe nur von der oberen Oberfläche zurückgeprellt wird, mithin bleibt e weg.

VI. LEHRSATZ.

33. Der Gegenstand kann nur einmal gesehen werden, obgleich mehrere Spiegel auf der nämlichen Fläche liegen.

BEWEIS.

Der Gegenstand wird mittelst desjenigen Lichtstrahles gesehen, der in das Auge zurückgeprellet wird, und der einen mit dem Einfallswinkel gleichen Zurückprellungswinkel bildet, allein dieser kann nur einer seyn, denn zwischen zwey Punkten kann nur eine gerade Linie gezogen werden. Alle diese Spiegel müſsen wie ein einziger betrachtet werden, auf den nur eine Senkrechte von dem Gegenstande gezogen, auf der anderen Seite verlängert, und auf diese Art der Brennpunkt, oder der Ort des Bildes bestimmet werden kann. Daher kann auch nur ein Bild gesehen werden.

FOLGERUNG.

34. Hieraus erhellet, daſs man den Gegenstand, wenn eine Linie *IF* (*Fig.* 33.) von dem Auge *I* bis zum Bilde *F* hinter dem Spiegel gezogen wird, und zwischen zwey Spiegeln geht, nicht sehen könne; denn der Lichtstrahl *OE* fällt auf keine polirte Oberfläche, mithin kann er auch nicht in das Auge zurückgeworfen werden. Hingegen aber, wenn in *E* (*Fig.* 34.) nur ein kleiner Spiegel ist, obgleich die Senkrechte *OD* auf keinen Spiegel fällt, wird dennoch das in *I* befindliche Auge den Gegenstand sehen. So sieht der Beobachter in *I* den Gegenstand *O* vermittelst des kleinen Spiegels *E* in *F* durch die Lichtstrahlen *IE* und *OE*; eben so der Zuschauer in *C* vermittelst des sehr kleinen Spiegels *d*, und so weiter. Wenn aber die Spiegel geneigt sind, so sieht der Zuschauer so viele Bilder, als Senkrechte von dem Gegenstande auf die verschiedene Spiegel gezogen werden können, damit überall der Einfallswinkel dem Zurückprellungswinkel gleich sey.

VII. LEHRSATZ.

35. Wenn zwey ebene Spiegel unter einem rechten Winkel gegen einander geneigt sind, und das Auge sammt dem Gegenstande sich zwischen den Spiegeln befindet, so sieht es drey Bilder des nämlichen Gegenstandes. (*Fig.* 35.)

BEWEIS.

Es seyen die zwey unter einem rechten Winkel geneigten Spiegel AB und BC, der Gegenstand sey in o, und das Auge in I. Man ziehe von o auf den Spiegel AB eine Senkrechte oa, und verlängere sie bis 1, so daſs $a1 = oa$ ist; dann ziehe man $1I$, und wo in b der Spiegel geschnitten wird, ziehe man ob, so sieht das Auge das erste Bild in 1 vermittelst der Lichtstrahlen Ib und bo, welche gleich sind Ib und $b1$.

Für das zweyte Bild zieht man von 1 auf den verlängerten Spiegel BC eine Senkrechte $1c$, und verlängert dieselbe bis 2, so daſs $1c = c2$ ist, man ziehe ferner $2I$, und wo in d der Spiegel geschnitten wird, ziehe man von 1 die Linie $1d$, und dort, wo der erste Spiegel in e geschnitten wird, ziehe man eo, so sieht das Auge den Gegenstand vermittelst der Lichtstrahlen Id, de, und $eo = Id + d2$. Denn es ist $oe = e1$, und $d1 = d2$, allein $d1 = de + e1 = de + eo$, mithin $d2 = eo + de$, also $d2 + dI = de + eo + dI$.

Um das dritte Bild zu bestimmen, ziehe man von 2 auf den verlängerten Spiegel AB eine Senkrechte $2f$, und verlängere dieselbe bis 3, so daſs $f3 = 2f$ ist, dann ziehe man $I3$, und von 2 ziehe man, wo $3I$ den Spiegel schneidet, $2g$, so schneidet diese den Spiegel auf der hintern Seite, daher kann der Lichtstrahl nicht zurück geworfen werden, mithin kann auf diese Art das dritte Bild nicht gesehen werden. Allein man ziehe von o auf den anderen Spiegel eine Senkrechte oi, und verlängere sie bis in eine gleiche Entfernung $i3$, man ziehe dann $I3$, und von o ziehe man og, so sieht das Auge den Gegenstand vermittelst der

Lichtstrahlen $og + gI = I3$, weil $g3 = go$ ist. Zieht man $3f$, und verlängert $f2$, so fällt dieses zweyte Bild auf das vorige, es erscheint also als ebendasselbe, und das dritte in 1 wird auf diese Art ebenfalls nicht gesehen.

Es können also nur drey Bilder gesehen werden; wenn nämlich zuerst von dem Gegenstande auf AB Lichtstrahlen fallen, so sieht man 1 und 2, und wenn auf BC Lichtstrahlen fallen, so sieht man 3 und 2, allein 2 und 2 fallen übereinander, mithin bleiben nur 1, 2 und 3 sichtbar.

I. FOLGERUNG.

36. Wenn der Winkel gröſser als ein rechter ist, (*Fig.* 36.) so kann das zweyte Bild nicht mehr gesehen werden, denn die gerade Linie, welche von dem ersten Bilde auf jenen Ort gezogen wird, wo der von dem zweyten Bilde zum Auge gezogene Lichtstrahl den Spiegel schneidet, fällt auf die hintere Seite des Spiegels, sie kann daher nicht zurückgeprellt werden; darum sieht man in beyden Spiegeln nur zwey Bilder, welche gar nur eines werden, wenn die Spiegel in der nämlichen geraden Linie liegen, oder unter einem unendlich groſsen Winkel zusammen stoſsen.

II. FOLGERUNG.

37. Wenn der Winkel spitzig ist, (*Fig.* 37.) so sieht man mehr als drey Bilder, und zwar desto mehrere, je spitziger der Winkel ist, bis die Linie, wie vorher erinnert worden ist, den Spiegel auf der Rückseite schneidet. Es sey der Gegenstand in o, und das Auge in I, hat man in dem Spiegel AB den Punkt a bestimmt, und zieht von a auf den andern Spiegel eine Senkrechte, so bestimmt sich b; und wird mittelst zweymaliger Zurückprellung gesehen. Zieht man von b eine Senkrechte auf den ersten Spiegel AB, so wird c bestimmt, und der Gegenstand wird durch eine dreymalige Zurückprellung gesehen. Wird von c auf den Spiegel BC eine

Senkrechte gezogen, so wird *e* bestimmt, welches durch viermalige Zurückprellung geschieht, u. s. w. Zieht man endlich von *o* auf den Spiegel *AB* eine Senkrechte, so wird der erste Gegenstand in *a* bestimmt, von woher wiederum die übrigen Bilder, wie vorher, bestimmt werden.

III. FOLGERUNG.

38. Wenn der Winkel, unter welchem zwey Spiegel geneigt sind, (*Fig.* 38.) so viele Grade hat, als der Mittelpunktswinkel irgend eines regelmäſsigen Vieleckes, und man zieht zwischen selben eine Linie, die von dem Neigungspunkte in beyden Spiegeln gleich weit absteht, so sieht man ein ganzes regelmäſsiges Vieleck, und wenn man den ganzen Winkel mit einer Mahlerey oder Figuren ausfüllt, so erscheinen sie so oftmal in den Spiegeln vervielfältigt, als die Grade des Neigungswinkels in 360 Graden enthalten sind. Wenn man ein Licht dazwischen stellt, und der Winkel hat 60 Grade, so kann man 6 Lichter sehen.

IV. FOLGERUNG.

39. Wenn die Spiegel parallel stehen, (*Fig.* 39.) so erscheinen, wenn der Gegenstand und das Auge zwischen den Spiegeln ist, unzählige Bilder. Denn bestimmt man das erste Bild auf dem Spiegel *A* in 1, so bestimmt dieses zugleich das zweyte Bild auf dem Spiegel *B* in 2, dieses das dritte auf dem Spiegel *A* in 3, dieses wiederum das vierte auf dem Spiegel *B* in 4, u. s. w. Und wird das erste Bild auf *B* bestimmt, so werden wiederum die anderen Bilder auf Spiegeln nach und nach bestimmet, allein, weil sich die Bilder immer mehr und mehr entfernen, so werden sie am Ende so schwach, und so undeutlich, daſs sie von dem Auge nicht unterschieden werden können, und also zuletzt ganz verschwinden.

IV. HAUPTSTÜCK.

VON DEN ZYLINDRISCHEN, KONISCHEN, UND PYRAMIDALISCHEN SPIEGELN.

ERKLÄRUNG.

40. Der Länge nach einem zylindrischen Spiegel entgegengestellt seyn, heiſst, wenn der Gegenstand vor dem Spiegel vertikal, oder seiner Länge nach aufrecht steht in der nämlichen Längenebene, welche den Spiegel parallel zu der Achse schneidet. Der Breite nach entgegengestellt seyn, heiſst, wenn der Gegenstand auf der Ebene, welche parallel zu der Grundfläche durch den Spiegel geht, steht. Das nämliche gilt von einem konischen, oder pyramidalischen Spiegel.

LEHRSATZ.

41. Die einem zylindrischen Spiege entgegengestellten Gegenstände müſsen in dem Bilde sehr verzerrt, und unregelmäſsig erscheinen.

BEWEIS.

Die Gegenstände, welche sich in einer mit der Achse vertikalen Ebene befinden, werden von der zylindrischen Fläche nach der Art der ebenen Spiegeln zurückgeworfen, daher behalten sie ihre Gestalt. Diejenigen Gegenstände aber, welche in einer auf die Achse senkrechten Ebene, oder der Breite nach entgegengestellt werden, fallen auf eben so viele konvexe Spiegel, folglich divergiren sie vor dem Spiegel, und konvergiren hinter demselben, daher wird das Bild des Gegenstandes zusammengezogen, und viel schmähler, und weil es eine mit dem Gegenstande gleiche Länge bekommt, so muſs es ungestaltet und verzerrt erscheinen.

FOLGERUNG.

42. Damit man den Gegenstand in einem solchen Spiegel wohl gestaltet sehen könne, muſs derselbe vorher ungestaltet abgemahlt werden. Es wird nämlich, mit Beybehaltung der nämlichen Länge, seine Breite erweitert. Es müſsen aber bey dieser Abzeichnung die Regeln der Perspektiv, welche man hier als bekannt voraussetzt, beobachtet werden; wenn jemand selbst diese Abzeichnung verfertigen will, so giebt indeſsen die folgende Anmerkung einige Anweisung und Anwendung der Theorie.

I. ANMERKUNG.

43. Das Gemählde, welches in einem Spiegel vorzustellen ist, wird in ein Rechteck (*Fig.* 40.) eingeschloſsen, welches dann in mehrere kleinere Rechtecke, oder Quadrate eingetheilt wird: man übertrage AB auf einen Zirkel (*Fig.* 41.) welcher gleich ist der Grundfläche des Zylinders, jedoch muſs AB nicht viel gröſser seyn als eine Sehne von 30 Graden. In d errichtet man eine Senkrechte Od, welche an jenen Ort hin verlängert wird, über welchem sich das Auge befinden soll. Von O werden durch A, c, d, e und B divergirende Linien Of, Og, Oh, Oi und Ok von unbestimmter Länge gezogen. In O errichtet man auf Of eine Senkrechte OV, welche gleich ist der Höhe des Auges über dem nach Be-

lieben angenommenen Horizont, und eine andere in A, welche gleich ist der Seite AC des ersten Rechteckes, welche auf die nämliche Art in l, m, n und C getheilet wird. Von V zieht man durch diese Punkte gerade Linien VCf, Vno, Vmp, Vlq, und von den Punkten f, o, p, q, Gleichlaufende zu AB, nämlich fk, or, ps, qt.

Ist nun dieses geschehen, werden zu den Punkten des Bogens A, D, E, F, B aus dem Mittelpunkte des Zirkels die Einfallslothe Gu, Gx, Gy, Gz gezogen, so ist OAu der Einfallswinkel, zu dem man auf der andern Seite einen gleichen Zurückprellungswinkel uAH macht. Eben so zu dem Einfallswinkel ODx einen gleichen Zurückprellungswinkel xDI: und $OFy = yFK$, endlich $OBz = zBL$. So ist das Trapez $ADfg$ innerhalb des Raumes $HADI$, und das Trapez $DEgh$ innerhalb des Raumes $IDEO$ enthalten, und so von den übrigen. Dann meſse man aus A die Länge Af, und trage sie von A auf die Linie AH, so daſs $AH = Af$, und $Dg = DI$, $Eh = EM$, $Fi = FK$, und $Bk = BL$ sey. Hat man nun diese Halbmeſser gezogen, so sind die Bögen von den Bögen konzentrischer Zirkel wenig unterschieden, und machen fast einen einzigen Bogen $HIMKL$ aus. Hernach meſse man Ao, desgleichen Ap, und Aq, und übertrage sie auf AH; auf die nämliche Art geschieht es in D, E, F und B; zieht man diese verschiedenen Halbmeſser, so liegen die Bögen fast parallel, und die Räume vor dem Auge $\alpha\beta\gamma\delta$ bebestimmen die entsprechenden Räume $\alpha\beta\gamma\delta$ im ersten Rechtecke. Die Lichtstrahlen zwischen H und f die von α auf den Spiegel auffallen, werden so zum Auge O zurückgeworfen, daſs dieses dieselbe in α nach dem Spiegel sieht, eben so erscheint β, γ und δ vor dem Spiegel, in β, γ und δ nach dem Spiegel ordentlich abgebildet, so wie es im ersten Rechtecke abgebildet war.

II. ANMERKUNG.

44. Weil bey einem konischen Spiegel die Lichtstrahlen eines horizontal liegenden Gegenstandes, welche auf die Oberfläche desſelben fallen, aufwärts gegen den Scheitel zurückgeworfen werden, so sieht das Auge, welches sich in der durch den Scheitel bis zum Mittelpunkte der Grundfläche gehenden Achse in einer gewiſsen Entfernung ober dem Kegel

befindet, das verzerrt gemahlte Bild rund umher auf dem Spiegel, als wenn es auf einem Zirkel, welcher der Grundfläche des Kegels gleich ist, ordentlich abgebildet wäre. Um ein solches Bild zu machen, kann folgende Anweisung dienen.

In einem Zirkel, (*Fig.* 42.) welcher der Grundfläche eines Kegels gleich ist, wird ein Bild gemahlet, und auf selbem mehrere konzentrische Kreise $c1$, $c2$, $c3$ beschrieben. Ferner macht man ein rechtwinklichtes Dreyeck ABC, (*Fig.* 43.) in welchem BC dem Halbmeſser des Zirkels, und AB der Höhe des Kegels gleich ist; man theile BC in eben so viele gleiche Theile, als der Halbmeſser des Zirkels getheilet ist. Das Auge sey in der verlängerten AB in O; man ziehe $O1$, $O2$, so stellt AC die Einfallslothe vor; man mache also die Einfallswinkel $2aC$, $1bC$, BAC gleich den Zurückprellungswinkeln Cad, Cbe, CAf. So ist der strahlende Punkt, der durch den Scheitel A vermöge der Zurückprellung bis O fortgepflanzt wird, in f, der durch b bis O kommt, in e, und der durch a ist in d; beschreibt man also aus dem Mittelpunkte O mit den Halbmeſsern Bf, Be, Bd konzentrische Zirkeln, (*Fig.* 44.) so bekömmt man Streifen, welche mit den Streifen des im Anfange gemahlten Bildes übereinstimmen. Zieht man auf die nämliche Art vier sich durchschneidende Durchmeſser, so bekömmt man die Felder und Räume, welche mit den Feldern und Räumen des im Anfange gemahlten Gegenstandes so übereinstimmen, daſs immer die nächsten Punkte am Mittelpunkte in dem Gegenstande auf dem Bilde die entferntesten, und die entferntesten die nächsten sind, es stimmt also α in dem gemahlten Gegenstande mit dem Theile α in dem verzerrten Bilde, der Raum β mit dem Raume β überein, und so weiter.

III. ANMERKUNG.

45. Wenn der Spiegel z. B. vierseitig pyramidalisch, mithin die Grundfläche ein Quadrat ist, so muſs der Gegenstand wiederum auf einem Quadrate, welches der Grundfläche der Pyramide gleich ist, abgemahlt werden, welches noch in mehrere kleinere Quadrate getheilet wird. Um ein anderes Quadrat, das dem gleich ist, auf welchem der Spiegel

steht, werden vier Dreyecke, auf jeder Seite eines, errichtet, indem man die Abstände der äußersten und der Zwischenpunkte auf eben die Art sucht, wie wir zuvor bey den Kegelspiegeln gelehret haben. Werden nun aus diesen Eintheilungen Gleichlaufende zur Grundfläche gezogen, so werden die Feldchen verzeichnet, welche anderen auf dem Gegenstande schon bestimmten Feldchen entsprechen. Denn der Kegel ist eine Pyramide von unendlich vielen Seiten, folglich kann alles dasjenige, was von dem Kegel überhaupt gesagt worden ist, auf jede Pyramide angewendet werden.

IV. ANMERKUNG.

46. Was hier von den zylindrischen und konischen Spiegeln gesagt worden ist, dient vielmehr zur Unterhaltung, als zu einem mathematischen Nutzen, daher verweilen wir nicht länger dabey.

V. HAUPTSTÜCK.

VON EINIGEN OPTISCHEN MASCHINEN.

I. ERKLÄRUNG.

47. Ein *Fernrohr* oder ein *Teleskop* ist ein Werkzeug, womit wir den Sehewinkel größer, und den Gegenstand durch Sammlung der Lichtstrahlen lebhafter und klärer machen.

FOLGERUNG.

48. Daher muſs das Fernrohr mit Glaslinsen oder Spiegeln versehen werden, damit die Lichtstrahlen durch die Brechung oder Zurückprellung gesammelt, oder die schon gesammelten zugleich in das Auge eintreten können. Ein Fernrohr, welches mit Glaslinsen eingerichtet ist, heiſst ein *dioptrisches*, das aber Spiegeln hat, ein *katadioptrisches*.

II. ERKLÄRUNG.

49. Das *Objectivglas* bey den dioptrischen Fernröhren ist dasjenige, welches unmittelbar gegen den Gegenstand gerichtet ist, (bey den katadioptrischen ist statt des Objectivglases ein Spiegel) das *Okular*- oder *Augenglas* ist dasjenige, welches auf jener Seite angebracht ist, wo sich das Auge befindet. Es ist nur ein Objectivglas, welches aber aus zwey oder drey theils konvexkonvexen, theils konkavkonkaven zusammengesetzt seyn kann. Das Okularglas ist entweder ein konkavkonkaves, oder ein plankonkaves, oder eine Glaslinse. Zuweilen werden auch drey, oder vier Glaslinsen gebraucht, jenach dem es die Absicht, der Gebrauch, oder die Nothwendigkeit erfordert.

III. ERKLÄRUNG.

50. Die *Vergröſserung* (*augmentum*) eines Fernrohres ist das Verhältniſs zwischen dem Sehewinkel im freyen Auge, und zwischen jenem Sehewinkel, den das Fernrohr im Auge bildet.

IV. ERKLÄRUNG.

51. Das *Gesichtsfeld* (*campus*) des Fernrohres ist der Raum, den das gehörig angebrach-

te Auge durch das Fernrohr auf einmal übersehen kann.

AUFGABE.

52. Man soll den Brennpunkt einer Glaslinse, oder eines Spiegels praktisch, oder durch die Erfahrung finden.

AUFLÖSUNG.

Wenn das Glas konvex, oder der Spiegel konkav ist, wird es gegen die Sonne gehalten, und die zurückgeprellten oder gebrochenen Strahlen werden auf einer Fläche aufgefangen, und der kleinste leuchtende Kreis ist der Brennpunkt, wo Werg, oder ein anderer entzündlicher Körper Feuer fangen wird. Man kann auch das Glas oder den Spiegel auf der gegen die Sonne gekehrten Oberfläche mit einem weiſsen Papier, in welches viele kleine runde Löcher mit einer Nadel gestochen sind, bedecken, so ist in der Entfernung, in welcher diese Kreise in einen zusammenlaufen, der Brennpunkt. Endlich wenn man einen Spiegel, oder eine Glaslinse vor ein brennendes Licht hält, und so lange zurück weicht, bis das Bild des Lichtes am deutlichsten, kleinsten, und verkehrt erscheint, so erhält man die Entfernung des Gegenstandes, und des Brenpunktes, wodurch aus der Formel der Halbmeſser der Konvexität des Glases, und der Konkavität des Spiegels berechnet werden kann; man findet also hiedurch die gesuchte Länge der Brennpunkte der parallelen Strahlen, welche bey einem Spiegel dem halben Halbmeſser, bey einer auf beyden Seiten gleich gekrümmten Glaslinse dem Halbmeſser, und bey einem plankonvexen Glase dem doppelten Halbmeſser gleich ist, wie oben in der Dioptrik bewiesen worden ist.

Wenn der Spiegel konvex, oder das Glas konkav ist, so müſsen beyde mit einem schwarzen Papier, auf welchem man in der Peripherie eines Zirkels mehrere kleine Löcher ausschneidet, bedeckt werden. Wird sodann der Spiegel oder das Glas gegen die Sonne gestellet, so divergiren die Lichtstrahlen nach der Zurückprellung oder Brechung, und werden sie mit einer Tafel aufgefangen, so bilden sie kleine weiſse Zirkeln, die sich in einer desto gröſseren Peripherie des Zirkels befinden, je entfernter die Tafel ist, es wird also in jener Entfernung, in welcher der Durchmeſser dieses Zirkels doppelt so groſs ist, als der Durchmeſser des vorigen auf dem Papier gezeichneten Zirkels, der Brennpunkt seyn, und deſsen Abstand von dem Spiegel oder Glase, ist die Brennweite. Weil aber die Lichtstrahlen von dem Spiegel zurückgeprellt werden, so muſs die Tafel, womit man die Lichtstrahlen auffängt, in der Mitte etwas ausgeschnitten werden, damit die Sonnenstrahlen bis zum Spiegel kommen können; um diese Öffnung werden die zurückgeprellten Zirkel abgebildet.

V. ERKLÄRUNG.

53. Das *holländische Fernrohr* ist jenes, welches aus einem konvexen, oder auch plankonvexen Objectivglase, und einem konkaven oder plankonkaven Okularglase zusammengesetzt ist; es ist dasſelbe zuerst von ungefähr in Holland, sodann von Galiläi in Florenz durch Nachdenken erfunden worden, woher es den Nahmen bekommen hat.

I. FOLGERUNG.

54. Weil aus einer konkaven Glaslinse die Lichtstrahlen auseinander fahrend herausgehen, so mufs das Okularglas innerhalb des Brennpunktes des Objectivglases so gestellt werden, dafs die Achsen von beyden Gläsern in der nämlichen geraden Linie, und die Brennpunke in dem nämlichen Punkte hinter beyden Gläsern zusammentreffen. Es sey (*Fig.* 45.) das Objectivglas AB, und die Länge seines Brennpunktes CO, das Okularglas DE, und die Länge seines Brennpunktes $FO = FG$. Die Lichtstrahlen, welche von jedem Punkte a, b, c, des Gegenstandes parallel einfallen, laufen hinter dem Objectivglase in O zusammen, und gehen, wenn sie von dem Okularglase aufgefangen werden, parallel heraus, und bilden einen leuchtenden Strahlenbündel. Eben so laufen die Lichtstrahlen e, f, g, welche von einem andederen Punkte parallel ausfahren, in h zusammen; kommen aber, weil sie nach der Brechung durch das Augenglas parallel herausgehen, in Gestalt eines Strahlenbündels bey k in das Auge, welches diesen Theil des Gegenstandes auf den Ort G bezieht.

II. FOLGERUNG.

55. Es folgt nun, dafs durch ein solches Fernrohr eine gröfsere Menge von Lichtstrahlen in das Auge komme, und dafs eben darum der Gegenstand viel klärer und deutlicher erscheine, weil das Licht dichter in das Auge eintritt. Weil aber die Lichtstrahlen beym Ausgange also gleich stark divergiren, die Pupille aber sehr klein ist, und bey einem stärkeren Lichte noch mehr verengert wird, so mufs das Auge nahe an das Okularglas gehalten werden, damit die Lichtstrahlen von den meisten Punkten des Gegenstandes an selbes kommen können. Daher darf sowohl der Brennpunkt des Okularglases, als auch die Länge des Fernrohres selbst nur sehr klein seyn, damit vermittelst dieses Fernrohres eine Wirkung erhalten werde; folglich kann man auch hieraus keine starke Vergröfserung erwarten; jedoch sieht man die Gegenstände mit selbem aufrecht, weil das Auge den oberen Theil des

Objectes, welcher nach *K* (*Fig.* 46. *a*) hin gebrochen wird, ebenfalls aufwärts auf *g* bezieht. Dieser Fernrohre bedient man sich nur für etwas nähere Gegenstände; darum heissen sie *Theater* - auch *Taschenperspektive*.

III. FOLGERUNG.

56. Weil sich die Brennweite des Objectivglases nach der verschiedenen Entfernung des Gegenstandes ändert, so muss auch die Stellung des Okularglases verändert werden, damit die Brennpunkte immer zusammen fallen können; es muss daher das Fernrohr so eingerichtet werden, dass das Okularglas nach Beschaffenheit eines jeden Auges bald näher zu dem Objectivglase gerücket, bald weiter von demselben entfernet werden könne. Ein Kurzsichtiger macht, durch Zusammenschiebung und Verkürzung des Fernrohres, dass die herausgehenden Strahlen auseinander fahren; ein Weitsichtiger hingegen bringt durch Ausziehung und Verlängerung des Rohres, die Lichtstrahlen zum Zusammenfahren, und verschafft sich hiedurch ein deutliches Sehen.

VI. ERKLÄRUNG.

57. Ein *Sternrohr*, (*tubus astronomicus*) das aus einem einzigen Objectivglase, und aus einem konvexen Okularglase besteht, dient vorzüglich zu astronomischen Anwendungen und Beobachtungen. Das *Erdrohr* (*tubus terrestris*) aber ist mit drey, vier, oder fünf Okulargläsern versehen, und wird zur Besichtigung terrestrischer Gegenstände gebraucht.

I. FOLGERUNG.

58. Weil hier die Lichtstrahlen parallel auf das Objectivglas auffallen, so werden sie auf der anderen Seite zusammenfahren, und sich im Brennpunkte durchkreuzen, von wo aus sie wiederum auseinanderfahrend von dem Augenglase aufgefangen werden; wenn nun die Brennpunkte beyder Gläser zusammen fallen, so gehen sie dann parallel heraus, und

treten in das Auge. Es müſsen also die Gläser so gestellt werden, daſs sich der Brennpunkt in der gemeinschaftlichen Achse beyder Gläser befinde: und das Okularglas muſs so weit gegen das Objectivglas gerücket werden können, bis der Brennpunkt des Okularglases mit dem Brennpunkte des Objectivglases zwischen beyden Gläsern zusammen trifft. Es sey (*Fig.* 46. *b*) *AB* das Objectivglas, *oC* die Brennweite: *ED* das Okularglas, deſsen Brennweite $oF = FG$ ist. Die aus mehreren Punkten des Gegenstandes einfallenden parallelen Lichtstrahlen z. B. aus *M* und *N*, laufen in *o* und *h* zusammen, dann fallen sie auseinanderfahrend auf das Okularglas, werden in demselben gebrochen, und laufen parallel in Gestalt von Strahlenbündeln in *G* zusammen, rühren das dort befindliche Auge mit einer gröſseren Lichtmenge, und bilden dann auf der Netzbaut das Bild des Gegenstandes ab.

II. FOLGERUNG.

59. Aus dieser Einrichtung erhellet nun wiederum, daſs eine groſse Menge von Lichtstrahlen mit groſser Dichtigkeit zugleich in das Auge eindringe, und daſs eben darum der Gegenstand deutlich, klar, und nahe scheinen müſse. Das Auge aber muſs sich in *G* befinden, damit es in jenem Punkte, wo die Lichtstrahlen zusammen laufen, den Eindruck derselben empfinden könne. Je kürzer die Brennweite des Okularglases in Beziehung auf das Objectivglas ist, desto dichter sind die gesammelten Strahlen, und je konvexer die Glaslinse, und je näher sich das Auge an derselben befindet, desto mehr sieht es von dem Gegenstande, denn der Winkel *FCK* bildet den Sehewinkel. Der Gegenstand erscheint aber in diesem Falle verkehrt; denn das hinter dem Gegenstande abgemahlte Bild *oh* ist verkehrt, und schicket seine Strahlen so auf das Okularglas, folglich bezieht das Auge den Punkt *h*, welcher mit dem unteren Punkte *N* des Gegenstandes übereinstimmt, hinauf; weil aber dieses bey Beobachtungen himmlischer Gegenstände, die Sterne oder Planeten nämlich, nichts schadet, (denn man mag ein Gestirn, den Jupiter z. B. oder die Sonne verkehrt oder aufrecht sehen, so bleibt doch immer Gröſse, Gestalt und Lage die nämliche) so wird ein solches Fernrohr

bey derley Beobachtungen mit Vortheil angewendet. Die Vergröſserung hängt von dem Verhältniſse der Winkel *FGK* und *AoC* ab. Das Gesichtsfeld aber von der Gröſse des Raumes *oh*, den das gehörig gestellte Auge übersehen kann.

III. FOLGERUNG.

60. Weil die Gegenstände an Entfernung verschieden sind, und nach dieser verschiedenen Entfernung der Brennpunkt des Objectivglases sich ebenfalls ändert, so wird das Okular, damit die Übereinkunft der Brennpunkte des Okular- und Objectivglases erhalten werden könne, in eine kleinere Röhre eingeschloſsen, welche sich innerhalb der gröſseren Röhre, an derer Ende sich das Objectiv befindet, hin und her schieben läſst, damit dasſelbe auf solche Art in die gehörige Lage gebracht werden könne. Das nämliche ist in Rücksicht eines Kurz- und Weitsichtigen zu bemerken, jener muſs die Röhre durch die Annäherung des Okulars gegen das Objektiv verkürzen, dieser selbe durch das Zurückziehen von dem Objectivglase verlängern.

LEHRSATZ.

61. Der Winkel der Vergröſserung, unter welcher der Gegenstand durch ein Fernrohr gesehen wird, verhält sich zum Sehewinkel, unter welchem ebenderselbe mit freyem Auge gesehen würde, wie die Summe der Brennweiten des Objectiv- und Okularglases, zur Brennweite des Okularglases allein. (*Fig.* 47.)

BEWEIS.

Es sey $\alpha C\beta$ der Sehewinkel des Gegenstandes $\alpha\beta$, welcher gleich ist seinem Scheitelwinkel bCa

es sey EC ein Theil des Objectivglases, deſsen Brennweite aC ist, man errichte in a eine Senkrechte $ab = EC$, und ziehe Ea, so ist auch $EaC = bCa =$ dem Sehewinkel. Es sey HG ein Theil des Okularglases, in welchem der auffallende Hauptstrahl CbH nach O, wo der Brennpunkt der Parallelstrahlen ist, gebrochen wird, so ist OG die Brennweite der Okularlinse, und HOG der Vergröſserungswinkel durch das Fernrohr. Wegen der Senkrechten ba und HG auf GC, sind HCG und bCa ähnliche Dreyecke, mithin verhält sich $HG : ab = GC : aC$, es ist aber $ab = EC$, also verhält sich $HG : EC = GC : aC$, folglich $HG = \frac{EC \times GC}{aC}$. Wenn nun die Dicke der Glaslinsen, als unendlich klein, nicht in Betrachtung gezogen wird, so können HG und EC für Zirkelbögen angenommen werden, welche die Winkel HOG und EaC meſsen, deren Halbmeſser OG und aC sind; es ist aber aus der Geometrie bekannt, daſs sich die Winkel gerade wie die Bögen, und umgekehrt wie die Halbmeſser verhalten, (denn, wenn die Halbmesser gleich sind, ist jener Winkel gröſser, den ein gröſserer Bogen miſst, und wenn die Bögen gleich sind, ist jener Winkel kleiner, deſsen Bogen mit einem gröſseren Halbmeſser beschrieben ist) also verhält sich $HOG : EaC = \frac{HG}{OG} : \frac{EC}{aC}$, substituirt man nun statt HG den oben gefundenen Ausdruck, so verhält sich $HOG : EaC = \frac{EC \times GC}{aC \times OG} : \frac{EC}{aC}$; das ist $HOG : EaC = \frac{GC}{OG} : 1$, oder $HOG : EaC = GC : OG$; das ist: der Vergröſserungswinkel zum Sehewinkel, wie die Summe der Brennweiten des Objectiv- und Okularglases, zur Brennweite des Okularglases.

I. FOLGERUNG.

62. Je kleiner also GO in Beziehung auf aC ist, desto stärker ist die Vergröſserung. Weil Ga die Brennweite der Parallelstrahlen ist, so ist sie nicht viel von OG unterschieden, zieht man also Gb, so kann der Winkel bGa für den Winkel HOG, und ba für HG angenommen werden, mithin wird sich der Vergröſserungswinkel zum Sehewinkel verhalten, wie $\frac{ab}{aG} : \frac{ab}{aC}$, allein es verhält sich $\frac{ab}{aG} : \frac{ab}{aC} : \frac{1}{aG} : \frac{1}{aC}$ das ist: der Vergröſserungswinkel zum Sehewinkel, wie $aC : aG$; man erhält also die Vergröſserung, wenn man die Brennweite des Objectivglases durch die Brennweite des Okularglases dividirt. Es sey in dem Fernrohre A die Brennweite des Objektivglases $= F$, und des Okularglases $= f$; und in dem Fernrohre B sey die Brennweite des Objectivglases $= \Phi$, und des Okularglases $= \varphi$; so verhält sich die Vergröſserung in A zur Vergröſserung in $B = \frac{F}{f} : \frac{\Phi}{\varphi}$. Es sey $F = 20^{\text{Sch.}}$; $f = 4^{\text{Lin.}}$; $\Phi = 40'$, und $\varphi = 6''$. So verhält sich $A : B = \frac{240}{4} : \frac{480}{6}$, das ist: $A : B = 6 : 8 = 3 : 4$.

II. FOLGERUNG.

63. Aus dem, was bis itzt gesagt worden ist, läſst sich leicht schlieſsen, daſs die Klarheit des Bildes immer desto stärker sich vermindere, je gröſser der Vergröſserungswinkel ist, weil die Lichtstrahlen mehr auseinander fahren, und vieles von ihrer Dichtigkeit verlieren. Folglich bilden sie bey jenem Fernrohre, in welchem die Vergröſserung stärker ist, im Auge einen Strahlenkegel von einer gröſseren Grundfläche, als bey einem anderen, das ist: die Dunkelheit ist gröſser,

wenn bey dem nämlichen Objectivglase ein Okular von kleinerer Brennweite genommen wird, weil sich in diesem Falle die nämliche Lichtmenge auf eine gröſsere Fläche vertheilet. Die Dunkelheit wird desto gröſser seyn, je geringer die Dichtigkeit der Lichtstrahlen ist; die Dichtigkeit ist aber desto geringer, je gröſser der Raum ist, den das Bild einnimmt, die Dichtigkeiten aber verhalten sich, wie in der Optik bewiesen worden ist, verkehrt wie die Quadrate der Durchmeſser, folglich verhalten sich auch die Dunkelheiten wie die Quadrate der Durchmeſser der scheinbaren Bilder; die scheinbaren Durchmeſser aber verhalten sich wie die Vergröſserungen, diese aber verhalten sich, bey dem nämlichen Objectivglase, verkehrt wie die Brennweiten der Okulargläser, mithin verhalten sich auch die Dunkelheiten im verkehrten quadratischen Verhältniſse der Brennweiten der Okulargläser. Es sey in dem Fernrohre A das Objectivglas $= F$, und das Okularglas $= f$; in dem Fernrohre B das Objectivglas $= F$, das Okularglas $= \phi$; es sey $F = 36$, $f = 6$, $\phi = 4$; so verhält sich die Vergröſserung in A, zur Vergröſserung in B, wie $6 : 9$; und die Dunkelheit in A; zu der in B, wie $16 : 36$, oder wie $4 : 9$, das ist, allgemein ausgedrückt, $A : B = \phi^2 : f^2$; auf die nämliche Art muſs man auch von dem Gesichtsfelde sprechen.

III FOLGERUNG.

64. Da bey dem Sternrohre ist bewiesen worden, daſs die Gegenstände verkehrt erscheinen, dieses aber bey Beobachtung der terrestrischen Gegenstände sehr beschwerlich wäre, so müſsen diese verkehrten Bilder wiederum aufrecht gestellet werden, welches geschieht, wenn vor dem Okulare des Sternrohres noch zwey andere Okulargläser, welche mit dem ersten eine gleiche Brennweite haben, angebracht werden. Die Lichtstrahlen, welche aus dem ersten Okularglase AB (*Fig.* 48.) parallel ausfahren, und gebrochen die Achse in f schneiden, fallen abermals parallel auf die Glaslinse CD, laufen dann im Brennpunkte zusammen, woraus sie auseinanderlaufend von der Glaslinse EF aufgefangen werden, parallel herausgehen, und wiederum die Achse in G schneiden;

das verkehrte Bild *mn* wird also wiederum hinter der zweyten Glaslinse umgekehrt, das ist: es wird in *hi* aufrecht gestellt, und so aufgerichtet strahlt es in das Auge, mithin wird es auch aufrecht gesehen werden. Ein so eingerichtetes Fernrohr heifst ein *Erdrohr*, (*tubus terrestris*).

IV. FOLGERUNG.

65. Aus der Einrichtung dieser Art von Fernrohr erhellet, dafs alle Brennpunkte auf der nämlichen Achse seyn müfsen; und weil nach der verschiedenen Entfernung des Gegenstandes, sich die Brennweite des Objectivglases ändert, so müfsen, damit die Brennpunkte übereinander fallen, die Augengläser näher gegen das Objektivglas gerücket, oder von demselben zurückgezogen werden, der Abstand der Augengläser aber untereinander mufs unverändert bleiben. Darum werden auch diese drey Gläser in ein besonderes Rohr zugleich eingeschlofsen, welches innerhalb des anderen verschoben werden kann. Was das Verhältnifs der Vergröfserung betrifft, so ist es von demjenigen, das wir bey dem astronomischen Fernrohre angegeben haben, nicht verschieden, doch ist das Licht schwächer, weil es durch mehrere Gläser gehen mufs; das Sehefeld aber wird ebenfalls von dem zwischen den Tangenten der ersten Okularlinse enthaltenen Winkel bestimmt, und weil er bey gleichen Linsen gleich ist, so kann er wegen der Mehrheit der Linsen kein Gesichtsfeld geben, das von demjenigen verschieden wäre, welches wir beym Sternrohre bestimmt haben.

V. FOLGERUNG.

66. Einige pflegen in dem Brennpunkte des ersten Okulares selbst, wo das Auge des Zuschauers angebracht wird, eine Vergröfserungslinse (von welcher weiter unten gehandelt wird) zu stellen, wodurch sie dem Bilde eine stärkere Vergröfserung verschaffen, ohne dafs darum das Gesichtsfeld, oder die Klarheit viel verliere; die Vorrichtung bringt eine gute Wirkung hervor, und macht das Fernrohr vollkommener, wenn ein gehöriges Verhältnifs beobachtet wird, das durch die Erfahrung bestimmt werden mufs.

VII. ERKLÄRUNG.

67. Das *Newtonische Teleskop* (*Fig.* 49.) ist ein katadioptrisches Fernrohr, welches aus einem weiten hölzernen Rohre besteht, das auf einer Seite offen ist, und an dem Boden, der dieser Öffnung gegenüber steht, einen Hohlspiegel hat, welcher die einfallenden Lichtstrahlen auf den Brennpunkt, wo das Bild abgemahlet wird, zurückwirft.

I. FOLGERUNG.

68. Es ist klar, dafs, damit auf eine solche Art ein Bild gesehen werden könne, das Auge sich zwischen dem Spiegel und Gegenstande befinden müfse; aber eben darum könnten weder hinlänglich viele Lichtstrahlen von dem Gegenstande einfallen, noch das dazu nöthige Licht eintreten. Um dieser Schwierigkeit abzuhelfen, wird noch innerhalb des Brennpunktes ein kleiner Planspiegel unter einem Winkel von 45° gestellet, von welchem die zusammenfahrenden Strahlen gegen die Seite des Rohres reflectirt werden, wo ein kleines Fernrohr mit einer Glaslinse zum astronomischen oder mit drey Glaslinsen zum terrestrischen Gebrauche befestiget wird, wo das Auge ohne Unbequemlichkeit angelegt werden kann.

II. FOLGERUNG.

69. Ein solches Fernrohr hat ferners den Vortheil, dafs es auch Augengläser von sehr kleinen Brennweiten erleidet, folglich eine starke Vergröfserung gewährt; zwar läfst sich nicht zugleich auch das Sehefeld vergröfsern, doch wird das Bild mit mehr Licht beleuchtet seyn, als bey dioptrischen Instrumenten, weil die Spiegelöffnung nach Belieben grofs seyn kann. Für die verschiedene Entfernung der Gegenstände mufs der kleinere Spiegel sammt dem Rohre, das die Augengläser enthält, ebenfalls so eingerichtet seyn, dafs er dem gröfsern Spiegel näher gebracht, oder von selbem entfernet werden könne, wie schon oben erinnert worden ist.

ANMERKUNG.

70. Herr Herschel in England hat einen Spiegel verfertigt, welcher drey und einen halben Schuh im Durchmeſser hatte, wodurch die Gegenstände ungemein vergröſsert werden konnten. Er hat mit diesem Fernrohre entdeckt, daſs ein gewiſser Stern, welchen Kepler, Flamstäd und andere unter die Fixsterne zählten, ein Planet sey; denn er bemerkte, daſs sein Licht dem Lichte eines Planeten, und nicht eines Fixsternes ähnlich sey. Genau angestellte astronomische Beobachtungen haben es bestätiget. Öffentliche Nachrichten versichern, er habe nebst den schon bekannten Trabanten des Saturns noch zwey andere entdeckt.

VIII. ERKLÄRUNG.

71. Das *Gregorianische Spiegelteleskop* (*tubus Gregorianus*) ist ein katadioptrisches Fernrohr, welches so eingerichtet ist, daſs ein in seiner Mitte durchbohrter Hohlspiegel am Boden des Rohres liege, ihm gegenüber aber, in der nämlichen Achse etwas über seine Brennweite hinaus, ein anderer viel kleinerer Hohlspiegel stehe, mittelst welchem, wenn das von dem groſsen Spiegel gemachte Bild darauf strahlt, ein anderes Bild um die Gegend des gröſseren Spiegels entsteht, welches durch eine Okularlinse aufgefangen, und in das Auge gebracht werden kann. (*Fig.* 50.)

I. FOLGERUNG.

72. Weil bey diesem Fernrohre ein doppeltes Bild abgemahlt wird, so wird das erste verkehrte durch den anderen Spiegel wiederum umgekehrt, weil der Mittelpunkt des Spiegels zwischen dem Bilde und Spiegel liegt, oder vielmehr aufgerichtet wird, folglich muſs es aufrecht in das Auge gelangen. Mithin ist, damit die Gegenstände deutlich erscheinen,

nur eine Glaslinse nöthig. Man bekommt hier ebenfalls eine starke Vergrösserung, jedoch bleibt das Gesichtsfeld klein.

II. FOLGERUNG

73. Es kann auch ein kleiner Konvexspiegel statt eines Konkavspiegels genommen werden, dergleichen Kassegrain angebracht hat; da in selbem die zurückgeworfenen Lichtstrahlen auseinanderfahren, und so auseinanderfahrend in das Auge kommen, so vergrössern sie das Bild des Gegenstandes noch mehr. Es erfodert aber die Verfertigung dieser Spiegel grosse Sorgfalt, damit nicht einige leere, das ist, nicht gut polirte Theile, oder Flächenräumchen, die zum Zurückprellen weniger tauglich sind, zurückbleiben; sie müssen auch sehr sorgfältig aufbewahret werden, weil sie theuer sind, und leicht Schaden leiden.

IX. ERKLÄRUNG.

74. Ein *Mikroskop* ist ein Werkzeug, womit man sehr kleine und fast unmerkliche Gegenstände klar und deutlich sieht.

I. FOLGERUNG.

75. Das Mikroskop ist also ein Vergrösserungsglas, welches entweder auf beyden, oder auf einer Seite konvex ist; wenn in dem Brennpunkte der Parallelstrahlen desselben ein Gegenstand gestellt wird, so fallen die Strahlen von selbem auseinander fahrend auf das Glas, gehen folglich aus demselben parallel heraus, und treten in das Auge, welches auf diese Art in den Stand gesetzt wird, einen Gegenstand klar und deutlich zu unterscheiden, den es sonst entweder wegen seiner Kleinheit, oder wegen zu grosser Nähe nicht unterscheiden könnte. Es sey (*Fig.* 51.) *MN* eine sehr konvexe Glaslinse, es sey der Punkt *o* des Gegenstandes *bo* auf der Achse im Brennpunkte der Glaslinse, welcher parallele Lichtstrahlen in das Auge ausströmt. Der Punkt *b*, welcher sehr nahe an der Achse ist, mithin dem Scheine nach auf

der Achse liegt, schickt auch parallele Lichtstrahlen in das Auge. Wenn sich also das Auge in einer sehr kleinen Entfernung hinter der Glaslinse befindet, wo der Hauptstrahl *bc* die Achse schneidet, so sieht es den Gegenstand unter dem Winkel *bco*, und überträgt denselben in eine solche Entfernung, in welcher es gewöhnlich die Gegenstände deutlich sieht, mithin hält es denselben für groſs.

II. FOLGERUNG.

76. Hieraus entsteht nun eine Methode, die Vergröſserung bey den Mikroskopen zu berechnen. Weil aus der Erfahrung bekannt ist, daſs diejenigen, deren Gesicht mittelmäſsig ist, erst dann die Gegenstände mit freyem Auge deutlich sehen, wenn selbe beyläufig 8 Zoll von dem Auge entfernt sind, folglich schätzt das Auge, wenn ihm ein gewiſser Gegenstand in groſser Nähe deutlich erscheint, derselbe sey 8 Zoll entfernt, und in diesem Verhältniſse meint es sey der Gegenstand vergröſsert worden. Also ist die Proportion: Die Entfernung des Gegenstandes von der Vergröſserungslinse, zu der Entfernung, so weit das deutliche Sehen ohne Glas reicht, (Seheweite, Sehegränze) wie die wahre Gröſse zur scheinbaren, das ist: $co : cn = ob : mn$. Es sey die wahre Gröſse des Gegenstandes $ob = \frac{1}{4}$ Linie, die Entfernung von der Linse $oc = 1\frac{1}{2}$ Linie, die Entfernung des deutlichen Sehens $cm = 8$ Zoll, macht man diese 8 Zoll zu Linien, so ist die Proportion $\frac{3}{2} : 96 = \frac{1}{4} : x$, folglich ist die scheinbare Gröſse $= \frac{96}{4} : \frac{3}{2} = \frac{96}{4} \times \frac{2}{3} = \frac{192}{12} = 16$ Linien, und die wahre Gröſse verhält sich zur scheinbaren, wie $\frac{1}{4} : 16$. Allein nur demjenigen erscheint der Gegenstand so groſs, welcher 8 Zoll weit deutlich sieht; deſsen deutliches Sehen sich auf eine gröſsere oder kleinere Weite erstreckt, dem erscheint derselbe auch gröſser oder kleiner.

III. FOLGERUNG.

77. Statt der Linsen können Glaskügelchen genommen werden, welche auch, wenn auf der einen Seite der Gegenstand, und auf der anderen äuſserst nahe das Auge ange-

bracht wird, eine grofse Wirkung leisten. Desgleichen werden auch Glaströpfchen, die zwischen zwey durchlöcherte Plättchen von Mefsingblech eingeschlofsen sind, mit grofsem Vortheile als Vergröfserungsgläser gebraucht.

IV. FOLGERUNG.

78. Mit der vorigen mikroskopischen Linse kann auch eine andere verbunden werden, wodurch man wiederum eine neue Vergröfserung erhält. Es sey (*Fig.* 52.) ab das Vergröfserungsglas, AB der Gegenstand, BCF der ohne Brechung durchgehende Hauptstrahl, FD die Lage und der Ort des ersten Bildes. Man nehme nun eine andere Glaslinse ed, so ist EFG der Hauptstrahl, und der Winkel GHA ist derjenige Winkel, unter welchem man den vergröfserten Gegenstand BG sieht. Nun wegen der Ähnlichkeit der Dreyecke ABC und FCD verhält sich $AB : FD = AC : DC$, und wegen der Ähnlichkeit der Dreyecke FDE und AEG, in Beziehung der Glaslinse ed, verhält sich $FD : AG = ED : AE$, macht man aus beyden Proportionen eine zusammengesetzte, so ist $AB \times FD : AG \times FD = AC \times ED : DC \times AE$, das ist: $AB : AG = AC \times ED : DC \times AE$. Die wahre Gröfse zur scheinbaren ist in einem zusammengesetzten geraden Verhältnifse aus dem Producte der Entfernung des Gegenstandes, und des ersten Bildes von seiner Glaslinse, zu dem Producte des Abstandes des ersten Bildes von der ersten Linse und der Entfernung des zweyten Bildes von der zweyten Linse, das ist: jener Entfernung, in welcher die Gegenstände mit freyem Auge deutlich gesehen werden.

V. FOLGERUNG.

79. Wenn statt der ersten Glaslinse ein Hohlspiegel angebracht wird, (*Fig.* 53.) so erhält man ein katadioptrisches Mikroskop, bey welchem man aus den nämlichen Gründen das Verhältnifs der Vergröfserung bestimmen kann. Es sey $\alpha\beta$ ein Hohlspiegel, und C der Mittelpunkt, damit der Gegenstand sein Bild aufser dem Mittelpunkte abmahle, mufs er zwischen den halben Halbmefser, und den Mittelpunkt gestellt werden, wie oben von dem Hohlspiegel bewiesen wor-

den ist. Es sey der halbe Gegenstand = *BE*, so ist aus dem vorigen sein Bild = *FD*, aber verkehrt, weil der Mittelpunkt zwischen dem Bilde und dem Gegenstande liegt. Man setze die Glaslinse *HI* vor, so wird die Tangente und der Winkel *GLM*, welcher fast dem Winkel *FKD* gleich ist, die scheinbare Größe des Gegenstandes bestimmen, und sie wird in einem zusammengesetzten Verhältniße stehen aus der Entfernung des Gegenstandes von dem Mittelpunkte des Spiegels *EC* in die Entfernung des Bildes *DC*, und der Entfernung des ersten Bildes von dem Mittelpunkte der Linse *DK* in die Entfernung des deutlichen Sehens *KM*.

X. ERKLÄRUNG.

80. Das *Sonnenmikroskop* (*microscopium solare*) ist eine solche Vergrößerungsanstalt, wo die Gegenstände mittelst der Sonnenstrahlen beleuchtet und sichtbar gemacht, aber nicht unmittelbar im Auge, sondern auf einer gegenüberstehenden Tafel abgemahlt werden.

FOLGERUNG.

81. Es ist dazu ein beweglicher Spiegel nöthig, damit das Sonnenlicht in das Rohr geleitet, und in selbem durch die gehörige Bewegung des Spiegels erhalten werden könne; dieses Rohr enthält ein großes Konvexglas, und die mikroskopische Linse, vor welcher die zu betrachtenden Gegenstände gesetzt werden; die Lichtstrahlen also, welche aus der Vergrößerungslinse unter einem großen Winkel auseinanderfahrend herausgehen, nehmen gleichsam den Gegenstand mit sich auf die Tafel, und bilden selben im Brennpunkte ab. Wenn die Gegenstände ganz, oder zum Theil durchsichtig sind, so werden jene Theile kennbar, welche das Licht nicht durchlaßen; daher zeigen sich kleine Thiere, Pflänzchen, und dergleichen Dinge am besten; wenn sie aber ganz undurchsichtig sind, so werden die konvergirenden Sonnenstrahlen mittelst eines kleinen Spiegels auf die Gegenstände gewor-

fen, welche auf diese Art beleuchtet, durch die Vergrößerungslinse auf der Tafel abgebildet werden.

XI. ERKLÄRUNG.

82. Die *finstere Kammer* (*camera obscura*) ist ein hölzerner hohler vierseitig prismatischer Kasten, (*Fig.* 54) an deßen schmälern Wand ein Spiegel *a* unter einem Winkel von 45° gestellt ist; diesem gegenüber wird ein Rohr *b* mit einer Objectivlinse angebracht, durch welche die von den Gegenständen auf den Spiegel auffallenden Lichtstrahlen auf *ce* zurückgeworfen werden, wo sich ein in weißem Wachs oder Öhl getränktes Papier, oder ein nur wenig durchsichtiges mattgeschliffenes Glas befindet, auf welchem die Bilder der von der Sonne beleuchteten Gegenstände mit ihren Farben abgemahlt werden.

FOLGERUNG.

83. Damit nun auf diese Art die abgemahlten Gegenstände gesehen werden können, so ist es nothwendig, daß man alles Nebenlicht von jener Oberfläche des Glases, oder des Papieres, welche gegen das Auge gekehrt ist, wegschaffe. Dieses läßt sich in einem verfinsterten Zimmer am besten zuwege bringen, wo die Lichtstrahlen durch eine in den Fensterbalken gemachte Öffnung, in welcher das Objectivglas angebracht ist, von den beleuchteten Gegenständen einfallen, und das Bild auf dem Glase an der dem Auge abgewendeten Seite abbilden, welches man dann auf dem Glase selbst mit den lebhaftesten Farben abgemahlt sieht. Es können auch die Gegenstände unmittelbar mit Hülfe eines Spiegels aufgefangen, und dann durch das Objectivglas durchgelaßen werden. Wenn auf diese Art ein Spiegel auf dem Gipfel eines Daches steht, und unter selbem ein Objectivglas horizontal stellt, so werden auf einem diesem Glase gerade gegenüber stehenden, mit weißem Papiere überzogenem Tische die Bil-

der der Gegenstände abgemahlt, (*Fig.* 55.) wenn der Spiegel herumgedreht werden kann, so stellt die ganze umliegende Gegend das schönste Schauspiel vor. Man kann diesen Maschinen nach der Verschiedenheit der Orte, wo sie angebracht werden sollen, eine verschiedene Einrichtung geben.

XII. ERKLÄRUNG.

84. Die *Zauberlaterne* (*lucerna magica*) (*Fig.* 56.) ist eine katadioptrische Maschine, welche mittelst eines Spiegels, und zweyer Glaslinsen mit durchscheinenden Farben auf Glas gemahlte Bilder in ungewöhnlicher Gröſse auf einer entgegengesetzten Wand abmahlt.

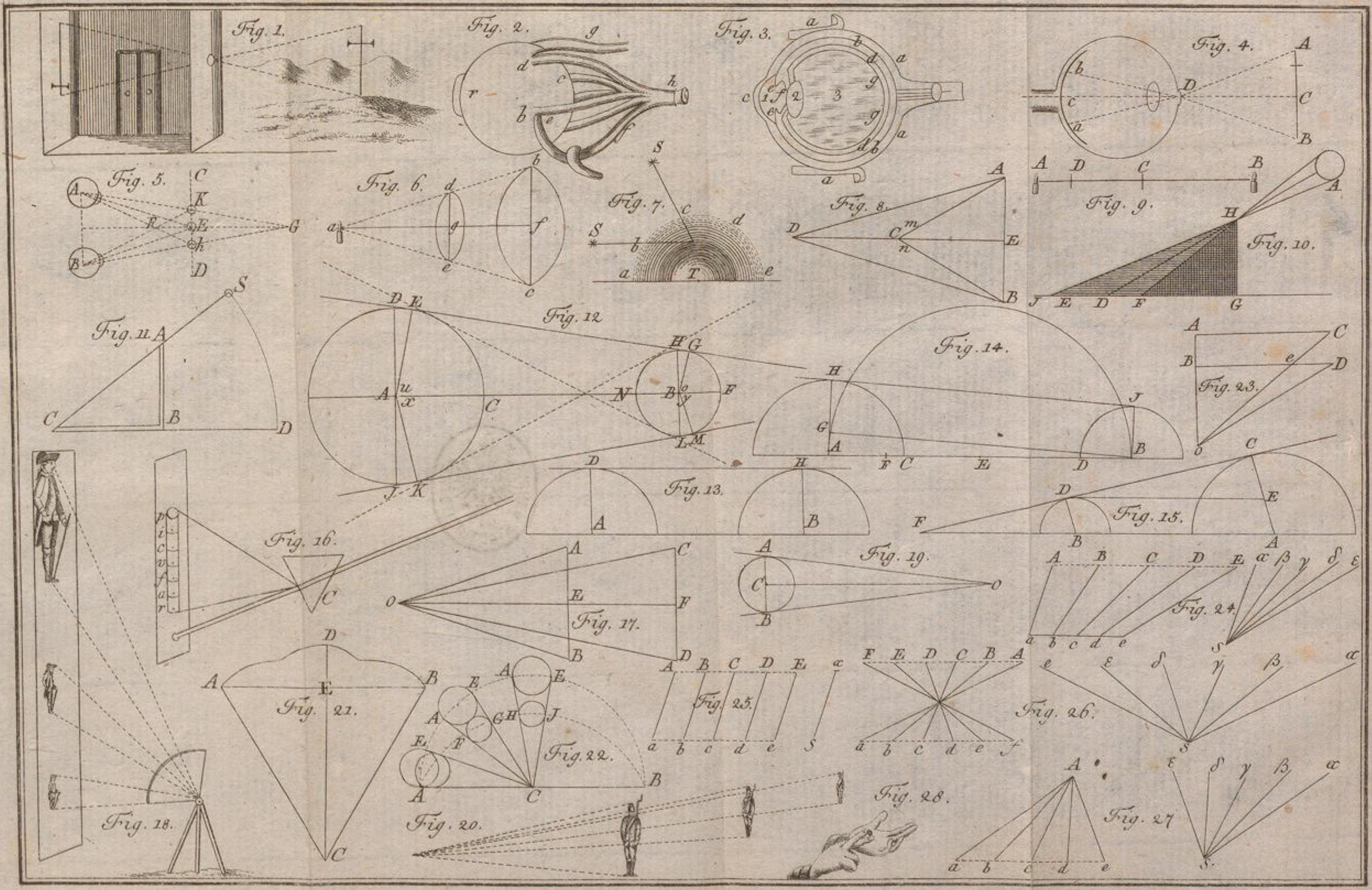
FOLGERUNG.

85. Man stellt vor einem flachhohlen metallenen Spiegel *ab* eine Lampe *c* mit einem dicken Dochte, und umschlieſset das Ganze mit einem vierkantig prismatischen Kasten von überzinnten Eisenblech, der die Gestalt einer Laterne hat. Dem Spiegel gegenüber wird das Rohr *d*, welches mit einer oder zwey Glaslinsen versehen ist, und sich sowohl näher, als weiter vom Spiegel schieben läſst, gestellt. In einem hölzernen Bretchen *ef* werden runde Löcher wenigstens von drey Zoll ausgeschnitten, und in selbe runde Glastafeln eingesetzt, auf welchen sich die mit oben besagten transparenten Farben gemahlter Bilder befinden. An beyden Seiten in der Laterne in einer kleinen Entfernung von der Lampe wird ein etwas breiter Falz oder Einschnitt gemacht, in welchen das Bretchen geschoben, und auf der anderen Seite herausgezogen werden kann. Wenn die verkehrt eingesetzten Bilder vor der Lampe vorübergehen, so werden sie in aufrechter Stellung auf die entgegengesetzte Wand *f* geworfen.

ANMERKUNG.

86. Es giebt noch andere optische Maschinen, oder unzählige Anwendungen derselben, die sich mit den bereits erklärten anstellen laſsen; allein es wird nun jedermann leicht seyn, aus den dioptrischen und katoptrischen Begriffen selbe entweder selbst zu machen, oder doch die gesehenen daraus zu erklären.

Tab. I.



Metzburgs Mathematik VI Theil.

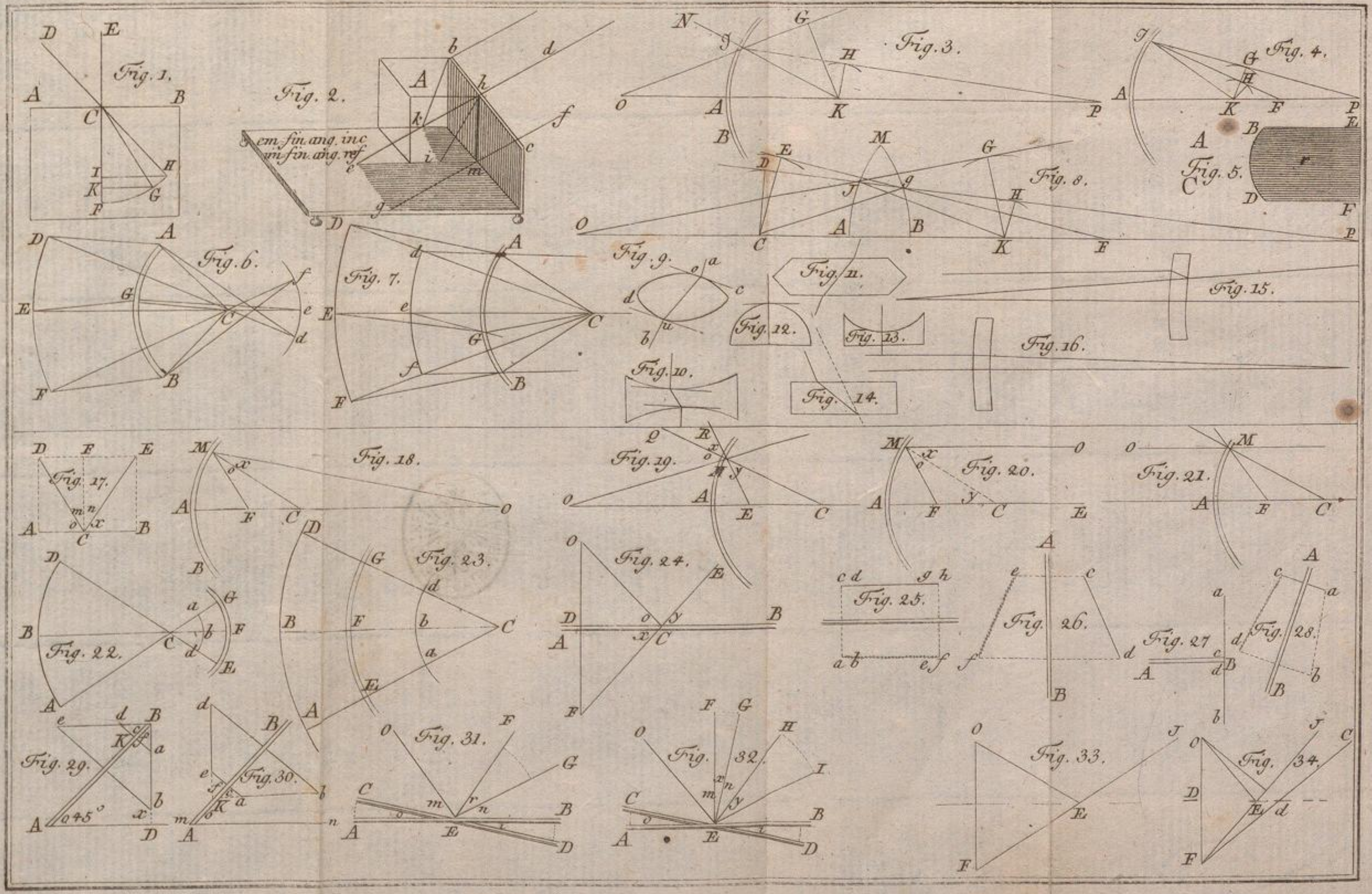


Fig. 1.
Fig. 2.
em. sin. ang. inc
m. sin. ang. ref
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 20.
Fig. 21.
Fig. 22.
Fig. 23.
Fig. 24.
Fig. 25.
Fig. 26.
Fig. 27
Fig. 28.
Fig. 29.
Fig. 30.
Fig. 31.
Fig. 32.
Fig. 33.
Fig. 34.

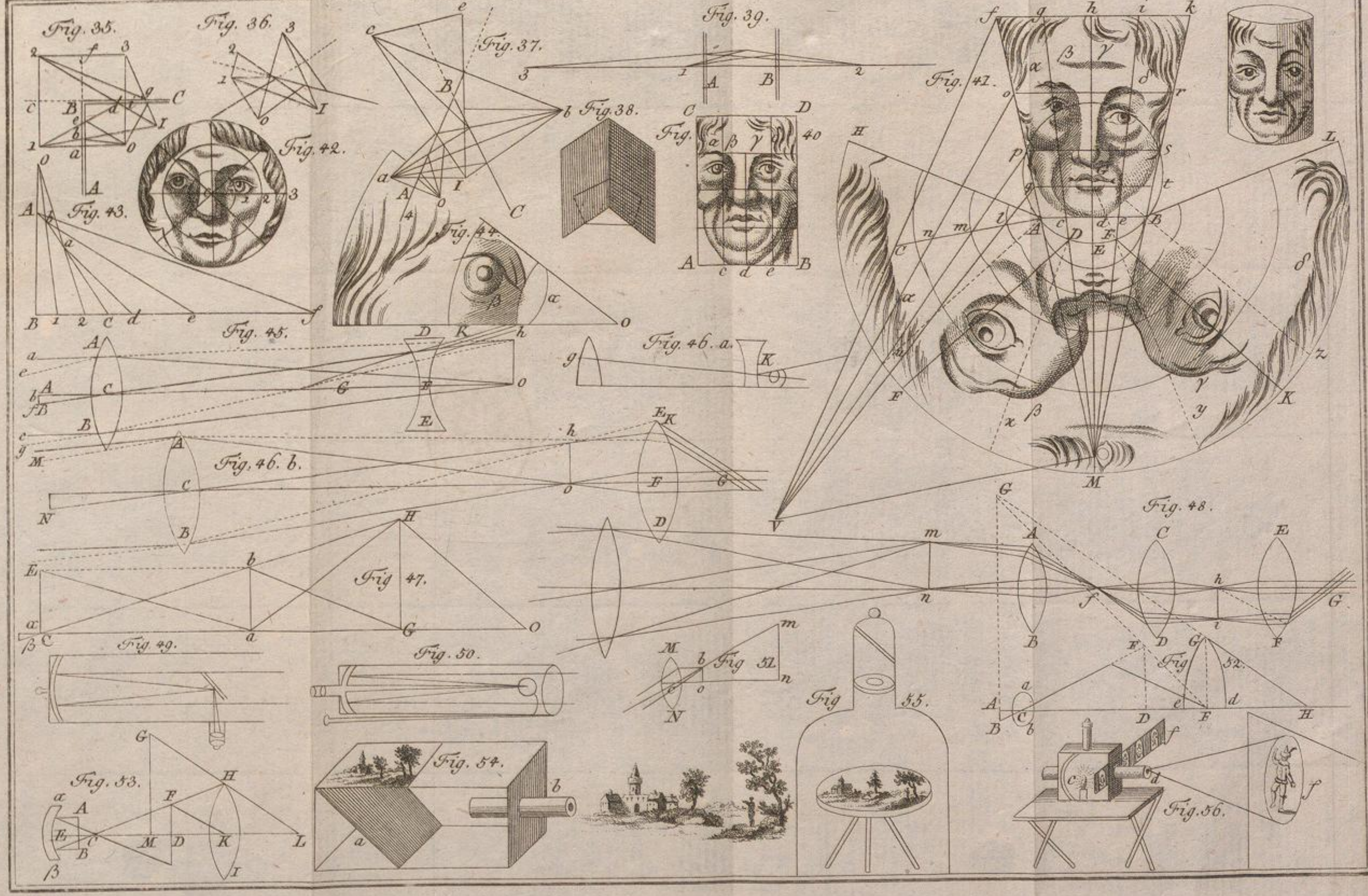


Fig. 35.
Fig. 36.
Fig. 37.
Fig. 38.
Fig. 39.
Fig. 40
Fig. 41.
Fig. 42.
Fig. 43.
Fig. 44.
Fig. 45.
Fig. 46. a.
Fig. 46. b.
Fig. 47.
Fig. 48.
Fig. 49.
Fig. 50.
Fig. 51.
Fig. 52.
Fig. 53.
Fig. 54.
Fig. 55.
Fig. 56.