

liches mit wirkt. Wie in aller Welt könnte man den Einfluß des Sonnenlichtes z. B. auf die Pflanzen und auf das Hornsilber, und so viele andere Dinge mehr, nach der Eulerschen Theorie erklären!

S. 313.

#### WERTH BEY DER THEORIEEN.

Will man ja eine Gleichheit zwischen beyden Theorieen suchen: so kann es bloß die HELLHEIT betreffen. Diese läßt sich aus einer so gut als aus der andern erklären. Sonst gebühret offenbar der Newtonschen der Vorzug. Wenigstens ist sie das beste Bild, unter welchem man sich die Sache vorstellen kann.

#### EIGENSCHAFTEN DES LICHTS.

##### 1. REKTPROGRESSION DER LICHTSTRAHLEN.

(Geradlinigte Fortpflanzung — Optik.)

Begriff, Daseyn, Gesetz und Wirkung dieser Eigenschaft der Lichtstrahlen ist be-

kannt und auch schon erwähnt worden. Es ist also nur noch das zu berühren: was wir in Ansehung der Größe, Gestalt, Entfernung u. s. w. der Körper sehen. Und dieß ist um so nöthiger, da hiegegen am meisten in Schriften und im gemeinen Leben angestossen und gesündigt wird.

## §. 314.

### Sehwinkel oder scheinbare Größe.

Der Sehwinkel oder die scheinbare Größe (im Gegensatz der absoluten Größe) ist derjenige Winkel, den zwey Lichtstrahlen, die von den beyden äußersten Enden eines Gegenstandes ausgehen, mit dem Auge bilden. — Alle Dinge, die unter einem Winkel erscheinen, haben einerley scheinbare Größe; die absolute Größe muß erst durch Messungen ausgemacht werden.

So hat also Sonne und Mond unter Einem Winkel einerley scheinbare Größe. Denkt man sich eine Reihe von Pfeilen unter einerley Winkel: so haben sie alle einerley scheinbare Größe.

## §. 315.

## Größe der Gegenstände.

Da die Größe der Gegenstände, wie sie dem Auge erscheint, nicht allein von ihrer wahren Größe, sondern auch von ihrer Entfernung vom Auge abhängt: so fragt sich's: in welcher Entfernung verschwinden die Gegenstände? Wenn man blau und gelb vermischt, nahe vor das Auge hält, so bemerkt man diese Mischung; in einiger Entfernung aber erscheint sie grün. Die Lichtflamme sieht man des Nachts ungeheuer weit; bey Tage nicht einmahl Silber und Gold so weit. — Tobias Mayer hat hierüber vortreffliche Versuche ange-

stellte. Er fand aus einer Mischung von Farbenquadrätchen, wo weisse und schwarze Quadrätchen mit einander abwechselten, daß die Gegenstände verschwinden, wenn der Sehwinkel bis zu  $\frac{2}{3}$  oder zur Hälfte einer Minute abnimmt. Er ging nämlich immer weiter zurück, bis er die Farben nicht mehr unterscheiden konnte. Da ihm nun der Durchmesser der Quadrätchen bekannt war, und die Entfernung des Auges von denselben gemessen werden konnte: so bestimmte er auf diese Art die Größe des Sehwinkels, unter welchem die Gegenstände dem Auge verschwinden. — Lichtenberg zeigte das Original der von Mayer angegebenen und von Meister gezeichneten Quadrätchen vor, mit welchem diese Versuche von dem ersten angestellt wurden.

Es ereignen sich in Ansehung des Verschwindens der Gegenstände, in einer gewissen Entfernung, ganz seltsame Erscheinungen. Man sieht auf einem Bogen Pa-

pier, einen schwarzen Punkt in einiger Entfernung nicht; zieht man aber eine Linie dazu, so sieht man ihn. — Eben so sieht man einen Strick in der Ferne, ob man gleich einzelne Theile desselben nicht sehen würde. — So sieht man auch Sterne von 5ter und 6ter Größe, wenn sie neben einem großen Stern stehen, die man sonst nicht sehen würde. — So sah Lichtenberg von seinem Gartenhause aus, hinter Borden, zwischen dem grünen Felde die gelben Blümchen, die er einzeln gewiß nicht würde gesehen haben. — Dieß Alles ist in der That nicht so leicht zu erklären, als man Anfangs denken sollte. Die Linie, der Strick u. s. w. besteht ja aus einzelnen Punkten und Theilen.

§. 316. 317.

#### Entfernung der Gegenstände.

Auf den Umstand, daß wir die Entfernung eines Gegenstandes, auch aus

der Menge der Dinge schließen, die wir zwischen ihm und uns erblicken, gründet sich das bekannte Phänomen, daß der Mond, wenn er Abends über den Horizont herauf kömmt, so groß — „wie ein Mühlrad,“ hingegen im Meridian, viel kleiner erscheint. Eigentlich ist er vielmehr am Horizont kleiner, als im Meridian. — Daß die Dünste oder die Luft hievon die Ursache seyen, ist leeres Geschwätz. Die wahre Ursache ist vielmehr: es ist Raisonnement. Wir können durchaus nicht Entfernungen sehen, sondern schließen sie bloß. Es gehöret aber viel Uebung dazu, Empfindung und Raisonnement von einander zu trennen. Man zeichne sich doch den Mond, ein Mühlrad, einen Teller, und einen Mattir,\*) unter einerley Sehwinfel. Was in aller Welt hat man nun für ein Recht, den Mond oder das Mühlrad für größer zu halten, als den Mattir? Un-

\*) Eine kleine silberne Scheidemünze im Hannoverischen.

fer Urtheil richtet sich ja blos nach dem Bilde auf der Lunika retina, und auf dieser erscheinen alle diese Gegenstände gleich groß. Man kann ja mit einem Mattir den halben Himmel bedecken. — Daß man nun aber doch das Mühlrad oder den Teller für größer hält, als den Mattir, ist ein bloßer Verunstschluß. Der Teller war einmahl weiter von uns entfernt, als der Mattir, wir mußten die Hand darnach ausstrecken, wir gingen vorbey: nun sehen wir beyde unter einerley Winkel, und schließen also, daß der Teller größer seyn müsse. — Bey dem Mond nun sind die nahen Berge, Bäume, Häuser oder andere Gegenstände die Ursache, daß er uns am Horizonte größer erscheint. — Hiezu kömmt noch der Umstand, daß wir aus der nähmlichen Ursache, den Himmel nicht für eine Halbkugel, sondern für ein Taschenuhrglas halten. Verlangt man daher von Jemanden, er möchte  $45^\circ$  am Himmel zeigen, so

zeigt er gewöhnlich  $30^\circ$  und also viel niedriger. Er halbirt nämlich den Bogen vom Taschenuhrglas, und nicht den Bogen von der Halbkugel. So muß ihm nun natürlich auch der Mond im Horizonte viel größer vorkommen, als im Meridian, weil ihm jener viel weiter entfernt zu seyn scheint, als dieser. — Mit einer Zeichnung kann man sich die Sache recht sinnlich machen.

Ein Paar Beyspiele werden dieß noch deutlicher machen, die Lichtenberg selbst erfuhr. Er war einmahl zu London in einer italienischen Oper. Es wurde ein prächtiger Tempel vorgestellt, dessen hinterste Säulen sich weit, weit zurück verloren. Wie er so die Pracht des Tempels anstaunte, kam ein Hund über das Theater im Hintergrunde desselben gelaufen. Der sah aus wie ein Elephant und es entstand ein allgemeines Gelächter darüber. Man verglich ihn nämlich mit den hintersten Säulen. — So ist es nun gerade auch bey dem Monde.

Ein anderes Beyspiel. Lichtenberg wohnte vorhin in einer sehr hohen Etage, wo also auch das Privet sehr tief war. Eimahl kam er in ein Privet von einer niederen Etage, sah da die halben Bogen liegen, und wunderte sich über die Unsparsamkeit der Leute.

Merkt man sich nur ein paar solcher Beyspiele, so wird man es am Ende recht leicht begreifen, daß man Entfernungen durchaus nicht sehen könne. — So kommen einem auch von einem Berge oder von einem Thurme die Leute unten viel kleiner vor. Allein auffer der schon angeführten Ursache kommt noch die hinzu, daß wir nicht gewohnt sind, von so hohen Gegenständen hinab zu sehen.

§. 318.

Gestalt der Gegenstände.

Wir sehen von den Körpern bloß ihre Gränzen oder Flächen. Je nachdem uns also die Größe und die Entfernung dieser

Gränzen erscheinen: erscheint uns auch die Gestalt dieser Körper und es finden in Ansehung derselben ebenfalls wieder die mannigfaltigsten Trugschlüsse Statt.

## §. 319. 320.

## Bewegung der Gegenstände.

Eine Bewegung wird durchaus nicht gesehen, sondern bloß geschlossen. Indes, wenn die Zeit sehr kurz ist, während welcher man einen Körper an verschiedenen Orten sieht: so pflegt man auch zu sagen: man sehe die Bewegung. Und da entsteht dann die Frage: Wie groß muß eine Bewegung oder Geschwindigkeit seyn, die man sehen kann; Die Bewegung des Minutenzeigers sieht man, aber nicht jene des Stundenzeigers. Wie langsam muß also etwas gehen, damit es ausseht, als ob es ruhte? Man hat dieß auf folgende Art zu berechnen gesucht. Wenn

man einen Stern im Aequator z. B. den obersten im Jakobsstab des Orion eine Sekunde lang betrachtet, so kann man nicht bemerken, daß derselbe während dieser Zeit vortrübe. Demungeachtet aber, rückt dieser Stern innerhalb einer Sekunde um einen Winkel von 15 Sekunden fort. Also wird ein Gegenstand dem Auge stille zu stehen scheinen, wenn sein Weg, den er in einer Sekunde durchläuft, im Auge einen Winkel von 15 Sekunden macht. Nun stellt die Entfernung des Stern vom Auge den Cosinus des Winkels, die Fortbewegung aber in einer Sekunde, den Sinus desselben vor, und aus der Trigonometrie ist be-

kannt, daß  $\text{Tang. } x = \frac{\text{Sin. } x}{\text{Cos. } x}$  seye.

Der Sinus des Winkels von 15 Sekunden ist aber = 7273 und der Cos. = 10,000000. So glich wird ein Gegenstand dem Auge stille zu stehen scheinen, wenn sich sein wahrer Weg zu seiner Entfernung wie 7273 :

10,000000 oder fast wie 1 : 1375 verhält.  
— Allein man sieht gleich, daß dieß keine  
allgemeine Regel geben kann. Mancher sieht  
schärfer als der andere u. s. w.

## 2. Reflexion der Lichtstrahlen.

(Zurückwerfung — Katoptrik.)

Beyweitem das Allermeiste, was über  
diese Eigenschaft der Lichtstrahlen gesagt  
werden kann, gehört in die angewandte Ma-  
thematik. Daher soll es denn auch hier nur  
ganz summarisch abgehandelt werden.

§. 321.

### Gesetz der Reflexion.

Die Lichtstrahlen, wenn sie reflektirt  
werden, werden so reflektirt, wie die Körper  
beym Stöße und wie die Schallstrahlen.  
Nämlich der *Angulus incidentis*  
ist immer dem *Angulo reflexionis* gleich, wenn man in dem Einfallspunkte

punkt ein Loth errichtet. — In Fig. 51. ist  $AB$  die reflektirende Fläche (planum reflectens)  $EC$  der einfallende Strahl (radius incidens)  $CD$  der reflektirte Strahl (radius reflexus),  $CF$  das Einfallslot (cathetus incidentiae) o der Einfallswinkel (angulus incidentiae)  $p$  der Reflexionswinkel (angulus reflexionis). Sehr oft werden auch die Winkel  $x$  und  $y$  — die bey ebenen Spiegeln ebenfalls einander gleich sind — mit dem Nahmen des Einfalls- und Reflexionswinkels belegt. — Die Ebene durch das Einfallslot  $CF$  und dem einfallenden Strahl  $EC$  heißt die Zurückwerfungsebene (planum reflexionis).

Hieraus läßt sich der Weg leicht bestimmen, den ein einfallender Strahl auf was immer für eine reflektirende Fläche — auf eine ebene oder krumme — nach seiner Zurückwerfung nehmen wird. Man errichte nämlich in dem Einfallspunkte des Strahls

ein Perpendikel, und mache jenseits desselben einen eben so großen Winkel als diesseits ist: der Schenkel jenes Winkels ist der Weg, den der zurückgeworfene Strahl nimmt.

## §. 322.

## Theorie der Reflexion.

Man wollte dieß Gesetz der Reflexion, nach Analogie des Gesetzes bey dem Stöße elastischer Körper, durch Kugeln erklären. Allein es ist gerade so, als wenn man auf dem Billard, Tabatieren, Tintenfässer, Brillen u. s. w. stieße, und nun noch verlangte, daß die Zurückwerfung derselben eben so regelmäßig erfolgen solle, als die Zurückwerfung der elfenbeinernen Kugeln. —

Weit glücklicher leitet Newton die Reflexion der Lichtstrahlen von einer Repulsionskraft der Fläche her, auf welche dieselben fallen, und zeigt, daß ihr Zurückwerfen nicht wirklich auf der Oberfläche

der reflektirenden Körper geschehe, sondern daß sie vor der Zurückwerfung erst gekrümmt und sodann reflektirt werden.

Es sey  $L M T S$  (Fig. 52.) ein reflektirender Körper,  $L M$  seine reflektirende Fläche,  $A I$  ein schief darauf fallender Lichtstrahl, und  $C D$  die Gränze, bis zu welcher sich die Repulsionskraft des reflektirenden Körpers erstreckt. Die Bewegung des Strahls  $A I$  kann zerlegt werden, in die Parallellkraft  $P A$  und in die Perpendikularkraft  $P L$ . Nur die letztere erfährt einen Widerstand durch den reflektirenden Körper. Je mehr also der Lichtstrahl  $A I$  unterhalb  $C D$  sich der Fläche  $L M$  nähert: desto mehr wird seine Bahn gekrümmt und er beschreibt nun die krumme Linie  $I O$ . In  $O$  ist die Perpendikularkraft  $P I$  des Lichtstrahls ganz aufgehoben und die Krümmung desselben so stark, daß er mit der reflektirenden Fläche  $L M$  eine parallele Richtung hat. Nun kann er sich also derselben nicht weiter nä-

Hern, sondern beschreibt zurückweichend, nach dem Satze von der Zerlegung der Kräfte, eine zweyte, der ersten gleiche und ähnliche Hälfte seiner krummlinigten Bahn, nämlich  $OH$ , und wenn er bey  $H$ , aus dem Wirkungskreise des reflektirenden Körpers getreten ist, geht er geradlinig in einer Tangente  $HB$  der Curve  $OH$  fort.

Wie Euler die Reflexion der Lichtstrahlen erklärt, ist schon erwähnt worden. Nach ihm sind, Licht zurückwerfende oder spiegelnde Körper diejenigen, deren Theilchen durch die Schwingungen des Aethers nicht selbst in Bewegung gesetzt werden, sondern die Schläge desselben bloß unter dem Reflexionswinkel zurück senden.

S. 323—325.

### Spiegel.

Körper, die die Lichtstrahlen im vorzüglichem Grade reflektiren, sind die Spiegel.

Alle unsere Spiegel sind Metallspiegel; bey den sogenannten Glasspiegeln ist das Glas nichts weiter, als eine bequeme Art von Fassung für den eigentlichen Spiegel, der aus Zinn-Amalgama besteht. — Ein vollkommener Spiegel müßte ganz unsichtbar seyn, und könnte nur die Bilder der Gegenstände darstellen. Hierauf gründet sich Eulers Einwurf gegen das Emanationsssystem, nach welchem die dunkeln Körper durch Lichtstrahlen gesehen werden, die von den Leuchtenden auf sie fallen, und von ihnen zurückgeworfen werden — so wie der Einwurf, in Ansehung der verschiedenen Farben, welche die Körper zeigen. — Was den ersteren betrifft, so können ja die dunkeln Körper, die keine wirklichen Spiegel sind, als ein System von Spiegeln angesehen werden; natürlich aber kann das Gemisch von Strahlen, die zurückgeworfen werden, kein Bild des strahlenden Gegenstandes, sondern nur Erleuchtung des Strahlenauffangenden

Gegenstandes bewirken. — Auf den zweyten Einwurf wird weiter unten geantwortet werden. Nach Newton nämlich besitzen alle Körper die Eigenschaft, nur diese oder jene Art des weißen Lichts zurückzuwerfen, die übrigen aber entweder durchzulassen oder zu verschlucken. Aus dem schönen Versuche Franklins ergibt sich deutlich genug: daß schwarze Körper mehr Lichtstrahlen verschlucken, als andere. Er nahm verschiedenfarbige kleine Lappen von Tuch und legte sie auf Schnee, der von der Sonne beschienen ward. Die schwarzen Lappen sanken immer zuerst in den Schnee ein, zum Beweise, daß sie weniger Lichtstrahlen reflektirten, als die übrigen.

### Ebener Spiegel.

S. 326. 327.

#### Ort des Bildes.

Die Hauptsache bey den Spiegeln betrifft den Ort des Bildes, oder den