Zweyte Abtheilung.

Erläuterungen

zu der

vorhergehenden Geschichts-Erzählung.

Nachdem wir so in der ersten Abtheilung dieser Schrift erzählt haben, auf welche Weise Newton zu seiner großen Entdeckung gelangte, scheint uns noch übrig zu seyn, dieser Erzählung einige Erläuterungen hinzuzufügen, die allerdings besser vorausgeschickt worden wären, wenn man nicht besorgt hätte, die Leser durch Betrachtungen solcher Art abzuhalten, dem Ganzen ihre Aufmerksamkeit zu widmen; und wenn man nicht auch jetzt noch die Hoffnung hegte, daß das Anziehende jener Geschichte wenigstens einige bewegen werde, diesen Nachtrag näher kennen zu lernen, der nicht nur zur vollkommenen Verständniß des Vorhergehenden nothwendig ist, sondern der auch, wie wir erwarten, seine eigenen Reize hat, die bey einem an Nachdenken gewöhnten Leser vielleicht jene einer bloßen Erzählung noch weit übertreffen.

(Ableitung des Gesetzes der allgemeinen Attraction.) Wir haben bereits oben bemerkt, daß Newton, ehe er an die nähere Entwicklung seiner ersten Ideen gehen, ehe er sie zu dem Gegenstande einer eigentlichen Berechnung, auf die hier Alles ankam, machen konnte, zuerst die Art und Weise näher kennen lernen mußte, nach welcher die Erde auf die außer ihr gelegenen Körper wirkt. Es handelte sich also vorerst um die Kenntniß des Gesetzes, nach welchem die Erde die nahe oder fern von ihr gelegenen Körper anzieht.

(Versinnlichung dieser Anziehungskraft.) Man kann sich die Wirkung dieser Attraction nicht wohl anders sinnlich darstellen, als die eines Strahlen- oder Seilenbüschels, dessen einzelne Linien aus dem Mittelpuncte der kugelförmigen Erde divergirend auslaufen, wie etwa die Strahlen eines Lichtes, das in dem Mittelpuncte dieser Erde seinen Sitz hat. Denkt man sich eine hohle Kugelfläche, deren Halbmesser z. B.

1000 Meilen beträgt, und deren Mittelpunct mit jenem der Erde zusammenfällt, so wird die innere Fläche dieser Kugelschale von jenem Lichte mit einer gewissen Stärke beleuchtet werden. Wenn aber der Halbmesser dieser Kugel noch einmahl so groß, also 2000 Meilen ist, so wird diese zweyte Kugelfläche von demselben Lichte im Mittelpuncte offenbar schwächer beleuchtet werden. Zwar fällt alles Licht, welches früher auf die erste, kleinere Kugel kam, jetzt, wo die größere an ihre Stelle tritt, auch auf die innere Fläche dieser letzten, aber da die zweyte Kugel eine viel größere Oberfläche hat, so werden die auf sie fallenden, von dem Mittelpuncte aus divergirenden Strahlen, viel weiter von einander entfernt seyn, als in dem ersten Falle, oder mit anderen Worten, die größere Kugel wird von demselben Lichte im Mittelpuncte schwächer beleuchtet werden, als die kleinere. Nun ist aber die Oberfläche einer Kugel, deren Halbmesser zweymahl so groß ist als der einer andern, viermahl größer, als die Oberfläche dieser andern Kugel, also ist auch die Kraft der Beleuchtung, welche die größere Kugel von dem Lichte erhält, viermahl kleiner, als diejenige, welche die kleinere Kugel empfangen hat. Wäre der Halbmesser der zweyten Kugel 3000 Meilen, also dreymahl größer, als jener der ersten Kugel, so würde die Oberfläche derselben auch dreymahl drey oder neunmahl größer, und daher ihre Beleuchtung auch neunmahl schwächer seyn. Wäre der Halbmesser derselben viermahl größer, so würde ihre Beleuchtung viermahl vier oder sechzehnmahl schwächer seyn u. s. w. Dasselbe, was wir so eben von dem Lichte im Mittelpuncte der Erde gesagt haben, wird nun auch von der Kraft der Anziehung dieses Mittelpunctes gelten, in welchem wir uns gleichsam die Anziehung aller Theile der Erde vereinigt denken können, wenn anders diese beyden Dinge, Licht und Attraction, in ihren Wirkungen diese Aehnlichkeit haben, die wir bey ihnen voraussetzten. Die Folge wird uns lehren, ob diese Voraussetzung in der That Statt hat, d. h, ob die auf diese Weise erklärten Erscheinungen der Attraction mit den Beobachtungen übereinstimmen oder nicht.

Wir werden also sagen, daß die Attraction der Erde, die sie auf irgend einen Punct außer ihr äußert, viermahl kleiner wird, wenn dieser Punct zweymahl weiter von dem Mittelpuncte

der Erde entfernt wird; neunmahl kleiner, wenn er dreymahl, sechzehnmahl kleiner, wenn er viermahl weiter, als anfangs, entfernt wird. Man nennt aber bekanntlich die Zahlen 4, 9, 16, 25, die Quadrate von den Zahlen 2, 3, 4, 5, wo man jene erhält, wenn man diese mit sich selbst multiplicirt. Demnach können wir unsern Satz kürzer so ausdrücken: „Die Anziehung des Mittel„punctes der Erde auf einen außer ihr gelegenen Körper nimmt „in demselben Verhältniß zu, in welchem das Quadrat der Entfer„nung des Körpers von dem Mittelpuncte der Erde abnimmt, „oder die Attraction der Erde verhält sich, wie „verkehrt das Quadrat des angezogenen Kör„pers."

Diese Art der Anziehung der Erde setzte also, wie bereits oben (Seite 16) gesagt wurde, Newton als der Natur gemäß und als ihm bereits gegeben voraus. In der That gesteht er auch selbst in einem Briefe, den er am 14. July 1686, also zwanzig Jahre nach jener Epoche an Halley schrieb, daß er schon damahls aus Kepler's bekanntem dritten Gesetze der Planetenbewegungen den Schluß abgeleitet hatte, daß die Anziehung der Erde so beschaffen seyn müsse.

(Nähere Bestimmung dieses Gesetzes.) Ehe wir aber diesen Gegenstand verlassen, wird es gut seyn, ihm noch eine kleine Erweiterung, oder wenn man lieber will, Berichtigung zu geben, die wir in der Folge mit Nutzen werden anwenden können.

Ich werde mich nicht bey der Untersuchung aufhalten, was diese Kraft der Attraction eigentlich sey, oder woher sie komme. Die Metaphysiker, in deren Gebieth diese Frage gehört, mögen sie beantworten, wenn sie können. Uns ist es genug, das Daseyn einer solchen Kraft aus ihren Wirkungen zu erkennen. In der That sehen wir diese Wirkungen täglich in unendlichen Abwechslungen um und selbst in uns. Alle Körper der Natur ziehen sich an, alle äußern einen Hang zur Vereinigung mit anderen, und zur Abrundung mit sich selbst. So ist es mit dem Thautropfen auf dem Kohlblatte, und nicht anders ist es mit den Planeten in unserem Sonnensysteme. Die Ursache dieser Anzie-

hung aber kennen wir nicht. Wir empfinden den Duft, den die Blume aushaucht; wir ergetzen uns an dem Lichte und den Farben der Körper; wir sehen die Erde mit allen ihren Reizen unter, und den Himmel mit seinen Wundern über uns — aber wir haben den Hauch der Blumen so wenig, als die Feinheit des Lichtes berechnet, und der innere Zusammenhang aller Dinge auf der Erde ist uns eben so ein Räthsel, als die Kraft, die den Himmel zusammen hält, als die Zauberkette, die uns an die Erde, und die Erde selbst an die Sonne fesselt. Wir wissen nur, oder glauben doch zu wissen, was von der Außenwelt durch jene fünf Kanäle, die wir unsere Sinne nennen, unserem Innern zugeführt wird. Für jene Dinge aber fehlt uns der Sinn, daher sollten wir auch nicht weiter darnach fragen, weil eine Antwort darauf doch unmöglich ist, und weil sie, selbst wenn sie uns von einem höheren Wesen gegeben würde, uns unverständlich bleiben müßte. — Und wie viel mag uns noch fehlen, das wir nicht einmahl zu vermissen im Stande sind. Man stelle sich nur vor, wie uns die Welt vorkommen würde, wenn wir Alle ohne Augen geboren wären, oder welche andere ganz neue Welt sich vor uns aufthun würde, wenn es dem Schöpfer gefiele, noch einen andern Sinn in uns aufzuschließen, und ein Paar Klappen mehr, wie unsere Augen, zu öffnen, um uns mit der Außenwelt in einen neuen Rapport zu setzen.

Wie es also auch mit der eigentlichen Natur dieser Anziehung der Erde und der aller übrigen Körper beschaffen seyn mag, so können wir doch nicht gut anders, als diese Kraft einem jeden einzelnen Theile, jedem Elemente dieser Körper zuschreiben, aus welchen sie, als aus den kleinsten Körpern ihrer Art, zusammengesetzt seyn müssen. Demnach wird die ganze Kraft, mit welcher ein Körper anzieht, nichs anders, als die Summe aller Kräfte jener Elemente seyn, aus welcher er besteht, und diese Totalkraft des Körpers wird um so größer seyn, je größer die Anzahl dieser Elemente, d. h. mit anderen Worten, je größer die Masse des anziehenden Körpers ist, da wir unter diesem Worte nur eben die Summe aller den Körper constituirenden Atome zu verstehen pflegen. — Dasselbe wird also auch von unserer ganzen Erde gelten. Jetzt fallen z. B. alle Körper in der

ersten Secunde durch den senkrechten Raum von nahe 15 Pariser Fuß, und dieser Weg, die Wirkung jener Kraft der Erde, muß als das eigentliche Maß dieser Kraft selbst auf der Oberfläche der Erde angesehen werden. Wenn nun diese Erde plötzlich fünfmahl compacter würde, wenn sie, ohne sich in ihrer Größe zu ändern, fünfmahl mehr Elemente, oder eine fünfmahl größere Masse erhielte, d. h., wenn die Masse der Erde nahe die Dichtigkeit unseres Goldes hätte: so würde auch ihre Kraft der Attraction in derselben Entfernung fünfmahl größer werden, oder die Körper würden dann an der Oberfläche der Erde nicht mehr durch 15, sondern durch 75 Fuß in der ersten Secunde fallen.

Dasselbe würde also auch von zwey andern Kugeln gelten, deren Massen unter sich verschieden sind. Unser Mond z. B. hat nur den siebenzigsten Theil der Masse der Erde. Er wird also auch einen Körper siebenzigmahl schwächer anziehen, als ihn die Erde anzieht, wenn er in beyden Fällen gleich weit von dem Mittelpuncte dieser beyden Planeten entfernt ist.

Wir werden also, so lange wir nur von einem einzigen Körper sprechen, wie zuvor, sagen, daß sich seine Anziehung verhält, wie verkehrt das Quadrat der Entfernung des angezogenen Körpers; wenn wir aber die Anziehung mehrerer Körper von verschiedenen Massen betrachten, oder wenn wir allgemein sprechen wollen, so werden wir sagen: „Die Anziehung jedes Körpers verhält sich wie seine Masse, und verkehrt wie das Quadrat der Entfernung des angezogenen Körpers;" oder das eigentliche Maß der Anziehung eines Körpers ist seine Masse, dividirt durch das Quadrat seiner Entfernung.

(Anwendung dieses Satzes auf den Fall der Körper im Monde.) Wir wollen von diesem äußerst fruchtbaren Satze sogleich eine Anwendung geben. — Also, nach dem oben Gesagten, fällt bey uns, auf der Oberfläche der Erde, ein Stein und überhaupt jeder Körper in der ersten Secunde durch 15 Fuß; wie viel wird er auf der Oberfläche des Mondes fallen? — Auf den ersten Blick sollte man glauben, daß sich so etwas ohne einem eigenen Experimente nicht ausmachen läßt. Ein Experiment dieser Art müßte aber offenbar

auf dem Monde selbst gemacht werden. Allein dahin kann Niemand von uns kommen, also — bleibt auch die ganze Sache unausgemacht. — Nicht doch! Die Antwort ist vielmehr sehr leicht. Sie ist nichts, als die allereinfachste Anwendung unseres Satzes.

In der That, die Masse des Mondes beträgt, nach dem Vorhergehenden, nur den siebenzigsten Theil der Erdmasse, oder jene ist gleich 0.0143, wenn diese gleich 1 ist. Der ebenfalls bekannte Halbmesser des Mondes aber beträgt 230 deutsche Meilen, während der Halbmesser der Erde 860 Meilen beträgt; jene ist also gleich 0.2674, wenn dieser gleich 1 ist. Allein nach unserem Satze verhält sich die Kraft des Mondes zur Kraft der Erde, wie die Masse des Mondes dividirt durch das Quadrat seines Halbmessers, zur Masse der Erde dividirt durch das Quadrat ihres Halbmessers. Da die Masse der Erde, so wie ihr Halbmesser, gleich 1 angenommen wurde, so ist das letzte oder vierte Glied dieser Proportion auch gleich der Einheit. Das dritte Glied derselben aber ist gleich 0.0143 dividirt durch das Quadrat von 0.2674, dieses Glied ist also gleich 0.2. Unsere Proportion läßt sich daher einfacher so ausdrücken: Die Kraft des Mondes verhält sich zur Kraft der Erde wie 0.2 zu 1, d. h., die Kraft des Mondes ist gleich $^2/_{10}$ der Kraft der Erde. Aber die Kraft der Erde oder ihr Maß, d. h., der Fall der Körper auf der Erde ist 15 Fuß, also ist auch die Kraft des Mondes nur $^2/_{10}$ von 15, oder nur 3 Fuß. Die Körper fallen also auf der Oberfläche des Mondes nur durch 3 Fuß in der ersten Secunde, während sie auf der Oberfläche der Erde fünfmahl tiefer, oder durch 15 Fuß fallen. — Ganz eben so wird man auch den Fall der Körper auf der Oberfläche eines jeden andern Himmelskörpers finden, wenn man nur die Masse und den Halbmesser desselben kennt. So erhält man z. B. für diesen Fall der Körper auf der Oberfläche Jupiters 39 Fuß, und auf der Oberfläche der Sonne 430 Fuß. Da nun aber dieser Fall der Körper, oder was dasselbe ist, diese Attraction der Planeten es ist, die das Gewicht oder die eigentliche Schwere der Körper bestimme, so wird auch daraus folgen, daß jeder Körper, der bey uns z. B. ein Pfund wiegt, auf dem Monde nur $^2/_{10}$ eines Pfundes, oder

nur 6 $^2/_5$ Loth wiegen kann. Dieß wird sich aber, wie sich wohl von selbst versteht, nicht durch unsere Wage nachweisen lassen, selbst wenn man mit ihnen auf den Mond kommen könnte. Denn auch das Gewicht, das wir doch in die andere Schale der Wage legen müßten, ist wieder ein Körper, dessen Schwere also ebenfalls dort nur $^2/_{10}$ derjenigen Schwere haben würde, die es auf der Erde hatte. Statt diesem Worte Gewicht oder Schwere werden wir daher angemessener das Wort Druck gebrauchen, und sagen: daß ein Körper, der auf der Erde mit der Kraft von einem Pfunde auf seine Unterlage drückt, auf dem Monde nur mit $^1/_5$ dieser Kraft, also nur mit der Kraft von 6 $^2/_5$ Loth auf seine Basis drücken würde. In diesem Sinne wird also unser Gewicht von einem Pfunde auf dem Monde nur $^1/_5$, auf dem Jupiter 2 $^3/_5$, und auf der Sonne 28 $^7/_{10}$ Pfunde wiegen.

(Künstliche Monde, die wir uns vielleicht einmahl selbst machen können.) Verweilen wir einen Augenblick bey den Folgen, welche diese Aenderung der Schwere auf den verschiedenen Himmelskörpern nach sich ziehen wird. — Wir Alle wissen, daß, wenn ein Stein geworfen, oder wenn eine Kanonenkugel schief gegen den Horizont aufwärts abgeschossen wird, die Kugel eine krumme Linie beschreibt, in welcher sie eine Zeit durch sich über den Horizont erhebt, und dann wieder allmählig sich ihm nähert, bis sie endlich wieder zur Erde zurückfällt. Je größer die Kraft, mit welcher die Kugel abgeschossen wurde, das heißt, je stärker die Ladung der Kanone, oder auch, je größer die anfängliche Geschwindigkeit der Kugel, gleich nach ihrem Austritte aus dem Laufe des Geschützes ist, desto größer wird auch der Bogen seyn, den sie über der Erde beschreibt, ehe sie wieder zu ihr zurückfällt. Es ist klar, daß endlich diese Kraft der Ladung so groß werden könnte, daß die Kugel gar nicht mehr zur Erde zurückfallen, daß sie also eine krumme Linie um die ganze Erde herum beschreiben müßte. Dann würde sie aber dasselbe thun, was der Mond schon so lange thut, und wir würden auch in der That an ihr einen kleinen Mond mehr erhalten, so daß wir am Ende uns diese Monde in beliebiger Anzahl, etwa wie jetzt die Seifenblasen, machen könnten, wenn wir nur unserem

Geschütze die nöthige Kraft dazu ertheilen können. Und wie groß müßte denn die Ladung, oder mit andern Worten, wie groß müßte denn die Geschwindigkeit der Kugel in der ersten Secunde nach ihrem Austritte aus der Mündung seyn, damit sie, ohne zur Erde zu fallen, den ganzen Kreis um sie zurücklegen könnte?

Die Antwort auf diese Frage ist für die, welche nur mit den ersten Elementen der Mechanik bekannt sind, sehr leicht. Hier wird es genügen, der Kürze wegen, nur die Antwort selbst, ohne ihre Gründe, zu geben.

Wenn man die Fallhöhe der Körper in der ersten Secunde mit dem Durchmesser des Planeten multiplicirt, und von der so erhaltenen Zahl die Quadratwurzel nimmt, so erhält man die verlangte anfängliche Geschwindigkeit der in Frage stehenden Kugel.

Für unsere Erde ist die Fallhöhe der Körper, wie wir oben gesehen haben, 15 Pariser Fuß. Der Halbmesser der Erde aber beträgt 860 deutsche Meilen, deren jede 22840 Pariser Fuß hat, also beträgt auch der Halbmesser der Erde 19642400 Fuß. Wird diese letzte Zahl zweymahl genommen, und durch 15 multiplicirt, so erhält man 589 272000, und von dieser Zahl ist die Quadratwurzel 24275.

Man müßte also der Kanone eine solche Ladung geben, damit die Kugel in der ersten Secunde ihres Laufes einen Weg von 24275 Pariser Fuß zurücklegte. Allein, unsere bisherigen Kanonenkugeln, die höchstens 700 Fuß in der ersten Secunde zurücklegen, sind noch sehr weit entfernt, jene Geschwindigkeit zu haben, die sie haben müßten, wenn wir sie zu immerwährenden Begleitern unserer Erde, gleich dem Monde, machen wollten. Dazu bedürfte es einer Ladung, die unsere bisherige stärkste noch mehr als 300 Mahl übertrifft, und eine solche Kraft können selbst unsere Dampfmaschinen nicht erzeugen. Wir müssen daher Versuche dieser Art einstweilen liegen lassen, und auf bessere Zeiten warten.

Aber die Mondesbewohner, vorausgesetzt, daß es deren gibt, und daß sie auch Kanonen oder Dampfmaschinen haben, diese, sollte man glauben, dürften schon etwas mehr wagen. Da die

Schwere auf der Oberfläche ihrer Erde nur den fünften Theil von unserer beträgt, so würden dort unsere Feuergewehre schon ganz andere Wirkungen hervorbringen. Eine kleine Rechnung wird uns dieß sogleich näher zeigen, obschon man bereits, selbst ohne alle Rechnung sieht, daß die Ladung auf dem Monde ebenfalls nahe den fünften Theil von der auf unserer betragen werde. In der That, die Fallhöhe auf dem Monde ist, wie wir gesehen haben, 3 Fuß, und der Halbmesser desselben beträgt 230 Meilen oder 5253200 Fuß, welche Zahl mit 6 multiplicirt zur Wurzel gibt 5614. Die anfängliche Geschwindigkeit der Kugel müßte also auf dem Monde 5614 Fuß, also noch immer wenigstens achtmahl mehr betragen, als unsere Kanonen zu leisten vermögen; daher denn auch die Bewohner des Mondes jenes Experiment wahrscheinlich so bald noch nicht ausführen werden.

(**Vortheile der geringeren Schwere für die Bewohner des Mondes.**) Immer aber werden sich die Seleniten in allen denjenigen Fällen eines großen Vortheiles über uns erfreuen, wo es darum zu thun ist, durch die Wirkung solcher Kräfte, die nicht mit der Schwere in unmittelbarem Zusammenhange sind, der Kraft der Schwere selbst entgegen zu arbeiten. Unsere Wagen z. B., unsere Hebel, unser Rad an der Welle werden dort, so lange bloß die Schwere selbst auf sie wirkt, keine besseren Dienste thun, als hier. Sobald aber diese Maschinen mit der Spannkraft von elastischen Federn, mit der durch Entwicklung der Dämpfe erzeugten, oder mit der Muskelkraft der Menschen und Thiere in Verbindung gebracht werden, um eine gegebene Last zu heben oder fortzuschaffen, oder überhaupt um der Kraft der Schwere auf irgend eine Art entgegen zu arbeiten, sobald tritt auch der Vortheil derjenigen, deren Wohnort eine kleinere Schwere hat, in seine Rechte ein, und unsere Pferde z. B. würden auf dem Monde, unter übrigens gleichen Umständen, viel größere Lasten ziehen, und viel schneller laufen können, als auf der Erde; so wie die Grotesquetänzer des Mondes, wenn es solche gibt, und wenn sie dieselbe Muskelkraft, wie die unseren, besitzen, mit derselben Anstrengung fünfmahl höher springen würden, als sie es auf unseren Bühnen können, weil sie hier

ebenfalls durch ein fünfmahl größeres Gewicht zur Erde zurückgezogen werden.

(**Meteorsteine.**) Man hat in den neueren Zeiten öfter die Meinung geäußert, daß die Steine, welche zuweilen unter heftigen Detonationen aus der Luft zur Erde fallen, und die unter dem Nahmen der Meteorsteine oder Aerolithen bekannt sind, von den Vulkanen des Mondes ausgeworfen werden. Die geringe Anziehungskraft, welche der Mond auf die Körper seiner Oberfläche ausübt, verleihen dieser Hypothese einige Wahrscheinlichkeit; besonders wenn man bedenkt, daß diese Steine alle von nahe gleichem Aussehen und Inhalte sind, und daher nicht gut kosmischen Ursprungs seyn können, wie Chadny wollte, der sie für kleine Planeten erklärte, die sich in dem Weltraume bewegen, und zuweilen unserer Erde so nahe kommen, daß sie von ihr angezogen werden.

Wenn ein von einem Mondsvulkan ausgeworfener Körper eine so große anfängliche Geschwindigkeit erhält, und wenn er von dem Monde so weit weggeschleudert wird, daß er die viel größere Attractionssphäre der Erde erreicht, so wird er fortan nicht mehr dem Monde, sondern der Erde angehören, und sich entweder um die letzte, wie ein anderer kleiner Mond, oder auch, wenn seine anfängliche Bewegung eine mehr zur Erde geneigte Richtung hat, sich zu derselben hin bewegen, und endlich sich völlig mit ihr vereinigen.

Wenn man, der größeren Einfachheit wegen, von der Bewegung der Erde und des Mondes abstrahirt, oder diese beyden Gestirne in Ruhe, und überdieß den ursprünglichen Wurf des Aerolithen gegen die Erde hin gerichtet annimmt, so hat man eigentlich nur die geradlinige Bewegung eines Körpers zu bestimmen, welcher von zwey Kräften angezogen wird, die sich verkehrt wie das Quadrat ihrer Entfernungen von dem Körper verhalten.

Aus den bekannten Massen und Durchmessern dieser beyden Gestirne findet man die Entfernung des Punctes zwischen beyden, für welchen die Anziehung des Mondes eben so groß ist, als die der Erde. Dieser Punct ist, wie eine einfache Rechnung

zeigt, 7 Erdhalbmesser von dem Mittelpuncte des Mondes, und daher 53.16 Erdhalbmesser von dem Mittelpuncte der Erde entfernt. Ist nun die anfängliche Geschwindigkeit des Aerolithen 8290 Pariser Fuß in der ersten Secunde, so wird er diesen Punct der gleichen Anziehung erreichen, und hier, da seine Geschwindigkeit in diesem Puncte verschwindet, stille stehen. Ist aber diese anfängliche Geschwindigkeit nur etwas größer, so wird er diese Gränze der Attraction der Erde überschreiten, und dann in beschleunigter Bewegung zur Erde fallen. — Diese ursprüngliche Geschwindigkeit ist also doch noch immer gegen vierzehnmahl größer, als die unserer Kanonenkugeln. Wir kennen aber die Kraft, mit welcher unsere Vulkane die Körper auswerfen, zu wenig, um über diesen Gegenstand urtheilen zu können.

Man könnte fragen, wie lange ein solcher Körper, dessen anfängliche Entfernung von dem Mittelpuncte der Erde 53.16 Erdhalbmesser beträgt, fallen müßte, bis er die Oberfläche der Erde erreicht? — Wenn er bloß von der Erde angezogen würde, so findet man die Antwort auf diese Frage durch eine sehr einfache Rechnung. Er wird 2 Stunden, 18 Minuten, 33 Secunden fallen, und am Ende dieser Zeit die Erde mit einer Geschwindigkeit erreichen, mit welcher er in einer Secunde 251028 Fuß zurücklegt. Seine Erdgeschwindigkeit würde also nahe 418 Mahl größer seyn, als die unserer Kanonenkugel, und daraus könnte man vielleicht das tiefe Einschlagen der Aerolithen in die Erde, und die Erscheinung erklären, daß man selbst nach einem heftigen Steinregen in der ganzen Gegend keine Aerolithen finden kann. Allein da ein solcher Körper, wenigstens im Anfange seiner Bewegung, wo er eben die Attractionssphäre des Mondes verläßt, auch von dem Monde selbst noch stark angezogen wird, so kann das vorhergehende Resultat nicht einmahl als ein genähertes angesehen werden. In der That findet man, wenn man auf diese Attraction des Mondes Rücksicht nimmt, die Zeit, in welcher der Aerolith jene 53.16 Erdhalbmesser zurücklegen wird, nahe gleich 64 Stunden oder $2\frac{2}{3}$ Tage.

Wenn übrigens diese Hypothese von dem Ursprunge der Aerolithen, die selbst Lagrange und Laplace in Schutz genommen haben, der Wahrheit gemäß seyn soll, so muß man gestehen,

daß sich die Erde in Beziehung auf ihren Diener und Fackelträger in einer etwas sonderbaren Lage befindet. Sie muß sich von ihm mit Steinen werfen lassen, ohne es hindern, oder auch nur erwiedern zu können; da nicht nur unsere Maschinen, sondern selbst die uns bekannten Naturkräfte der Erde nicht im Stande sind, einen Stein auf nur einige, geschweige denn auf 50000 Meilen von uns zu treiben, und so durch gerechte Repressalien dem unartigen Diener etwas bessere Sitte zu lehren. Da man indeß, nach dem Rathe aller unserer Philosophen, am besten geduldig leidet, was man nicht ändern kann, so werden wir immerhin, wie bisher, die verschossenen Kugeln des Feindes ruhig auflesen, und unsere Mineraliencabinette dadurch bereichern, während der Feind durch seine unnütze Kanonade nur sich selbst schwächt, und es am Ende noch dahin bringt, daß er seinen Vorrath ganz erschöpfen, und nichts mehr auf uns herabzuwerfen haben wird, was allerdings noch eine gute Weile, etwa einige Billionen Jahre dauern mag, bis es endlich mit ihm zu dieser Extremität kommen kann.

(**Die Rotation vermindert ebenfalls die Schwere.**) Noch gäbe es ein anderes Mittel, die Schwere der Erde, oder vielmehr die Wirkung dieser Schwere auf die Körper ihrer Oberfläche zu vermindern, und dadurch unsern Dampf- und Pulvermaschinen eine größere Kraft zu geben. Allein dieses Mittel steht durchaus nicht in unserer Macht, und kann daher nur ihrer eigenen Merkwürdigkeit wegen angeführt werden. Man weiß, daß alle Körper, die schnell in einem Kreise herumgedreht werden, ein Bestreben äußern, von dem Mittelpuncte dieses Kreises, in der Richtung des Halbmessers desselben, sich zu entfernen. Man nennt dieß bekanntlich die Centrifugal- oder die Schwungkraft der Körper. Wenn eine mit einem Steine belegte Schleuder schnell um die Hand bewegt wird, so verläßt der Stein seine Schlinge nicht, selbst wenn die letzte in einer schiefen Lage gegen den Horizont gedreht wird. Die Schwungkraft, die der Stein durch diese Bewegung der Schleuder erhält, ist größer als seine Schwere, und aus dieser Ursache fällt er nicht, selbst wenn er den höchsten Punct seines Kreises einnimmt, wo er an

seiner unteren, der Erde nächsten Seite durch nichts unterstützt ist. Ein Glas mit Wasser gefüllt und in die Schleuder gestellt, und in derselben schnell im Kreise gedreht, wird nichts von seinem Inhalte verlieren, selbst dann nicht, wenn der Boden des Glases oben, und die Oeffnung desselben zur Erde gekehrt ist. Wenn ein mit Wasser zum Theil gefüllter, und an einer oder an mehreren Schnüren aufgehängter Eimer um diese Schnüre lange gedreht, und dann sich selbst überlassen wird, so drehen sich die Schnüre wieder auf, und der Eimer erhält dadurch eine schnelle Rotation, die das Wasser an seinem Rande erhebt, und in der Mitte des Gefäßes vertieft, und dieß zwar bey einer sehr schnellen Rotation in einem solchen Maße, daß endlich alles Wasser aus dem Gefäße steigt, und den Boden desselben beynahe trocken legt.

Aehnliche Erscheinungen bringt also auch die Rotation der Erde auf die Körper ihrer Oberfläche, ja auf die Gestalt dieser Oberfläche selbst hervor. Da sie in ihrem ursprünglichen Zustande höchst wahrscheinlich noch in allen ihren Theilen eine mit Wasser gemischte, und durch eine hohe Temperatur erwärmte, weiche Masse war, und da alle Theile derselben sich in derselben Zeit von 24 Stunden um ihre Axe drehten: so mußten sich die von dieser Axe entferntesten, also dem Erdäquator nächsten Theile, die viel größeren Kreise in derselben Zeit beschreiben, als die den Polen näheren Theile, viel schneller bewegen, also auch eine viel größere Centrifugalkraft erleiden, und daher mehr als alle anderen sich von dem Mittelpuncte der Erde zu entfernen suchen. Wer je ein weiches Thonstück auf einer gewöhnlichen Töpferscheibe schnell drehen sah, hat daran ein einfaches und deutliches Beyspiel von der ersten Bildung unserer Erde im Großen. Dadurch nahm die anfangs kugelförmige Erde die Gestalt eines an ihren Polen abgeplatteten, oder an ihrem Aequator erhöhten Sphäroids an. In der That zeigen auch unsere neueren Gradmessungen, so wie unsere Pendelbeobachtungen in verschiedenen Gegenden der Erde, daß dieselbe nicht die Gestalt einer vollkommenen Kugel, sondern die eines Körpers hat, der durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entstanden ist. Nach den neuesten Bestimmungen ist der Halbmesser des Erdäquators

gleich 19631113, und der Polarhalbmesser der Erde nur 19565122 Pariser Fuß. Die Differenz beyder ist 64991 Fuß, oder nahe 2 $^{9}/_{10}$ deutsche Meilen, das heißt, der 297ste Theil dieser Halbaxe selbst.

Durch dieselbe Schwungkraft wird also auch die Schwere der Körper auf der Oberfläche der Erde, d. h. ihr Fall in der ersten Secunde, oder ihr Druck gegen die Unterlage derselben desto mehr vermindert, je näher diese Körper an dem Aequator sind. Man hat gefunden, daß diese Schwere der Körper an dem Aequator um den 290sten Theil ihrer Größe kleiner ist, als an den Polen, so daß ein Körper, der an den Polen mit dem Gewichte von z. B. 290 Pfund auf seine Unterlage drückt, an dem Aequator nur mehr mit dem Gewichte von 289 Pfunden auf sie drücken würde. Wenn der Halbmesser der Erde 289 Mahl größer wäre, als er jetzt ist, und die Länge des Tages dieselbe bliebe, oder auch, wenn bey dem gegenwärtigen Halbmesser der Erde die Länge des Tages 17 Mahl kleiner, also nur gleich 5068 Secunden wäre, so würde die Schwungkraft am Aequator gleich der Schwere seyn, und die Körper, sich selbst überlassen, würden dann nicht mehr zur Erde fallen, sondern in jedem Puncte über der Erde, wo man sie ausläßt, stehen bleiben. Ein noch größerer Halbmesser oder eine noch schnellere Umdrehung der Erde würde endlich diese Körper ganz von ihr entfernen: sie würden von selbst steigen, wie sie jetzt von freyen Stücken fallen, und man würde sie durch irgend ein Band an die Erde befestigen müssen, wenn sie dieselbe nicht verlassen sollen, so wie man ein Holz am Boden eines Flußes befestigen muß, damit es nicht an die Oberfläche des Wassers heraufsteige. Unter diesen Verhältnissen würde man also schon mit einer viel geringeren Kraft unsere Kugeln so weit von der Erde wegtreiben können, um sie sodann als kleine Monde um uns gehen zu sehen. Bey Jupiter z. B. sind diese Umstände zu solchem Zwecke schon viel günstiger, da sein Halbmesser viel größer, und die Zeit seiner täglichen Rotation viel kleiner ist. Bey diesem Planeten verhält sich nähmlich die durch die Schwungkraft verminderte Schwere an dem Aequator zu der unverminderten Schwere an den beyden Polen wie 10 zu 11, so daß also die Schwungkraft schon den eilften Theil der

absoluten Schwere beträgt, während sie bey der Erde nur den 3000sten Theil der Schwere ausmacht.

(**Geometrische Bestimmung des Falles der Planeten zur Sonne.**) Wir haben oben (Seite 35) gesagt, daß schon die geringste Kenntniß der Geometrie hinreicht, zu zeigen, daß das Stück BM, um welches der Halbmesser CM eines Kreises bis zur Tangente AB des kleinen Bogens AM verlängert wird, gleich der Hälfte des Quadrats dieses Bogens AM ist, wenn man den Halbmesser des Kreises zur Einheit angenommen hat. Da auf diesem Satze die eigentliche Entdeckung Newton's beruht, und da er auch sonst von dem größten Nutzen durch das ganze Gebieth der Mechanik ist, so wird es vielleicht nicht unangemessen seyn, ihn hier etwas näher zu betrachten.

Bemerken wir aber zuerst, daß wir uns oben, der Kürze wegen, eine kleine Unrichtigkeit im Ausdrucke erlaubt haben. Eigentlich ist nähmlich nicht BM (Fig. Seite 30) der Weg, um welchen sich der im Kreise bewegte Körper, während er durch den Bogen AM geht, dem Mittelpuncte C dieses Kreises nähert, sondern dieser Weg wird durch die etwas kleinere Linie Am ausgedrückt, die man erhält, wenn man von dem Puncte M eine senkrechte Linie Mm auf den ersten Halbmesser CA fällt, wo also diese Senkrechte Mm mit der Tangente AB des Kreises parallel ist. Von dieser kleinen Linie Am also gilt der erwähnte Satz, daß sie nähmlich immer gleich ist der Hälfte des Quadrats von dem Bogen AM.

Was nun zuerst diesen Bogen AM betrifft, so wird man ihn immer leicht in Theilen des Halbmessers angeben können, wenn man bereits den Winkel ACM, in Secunden ausgedrückt, kennt, zu welchem dieser Bogen gehört. Man weiß nähmlich, daß in jedem Kreise, dessen Halbmesser die Einheit, also z. B. gleich einem Fuß ist, die halbe Peripherie desselben 3.1415926 Fuß beträgt. Zu der halben Peripherie gehört aber der Winkel von 180 Graden, oder was dasselbe ist, von 648000 Secunden. Wenn also zu einem Winkel von 648000 Secunden der Bogen von 3.1415926 Fuß gehört, so wird zu dem Winkel von einer Secunde der Bogen von 0.00000484814 Secunden gehören,

das heißt, wenn man irgend einen in Secunden ausgedrückten Winkel hat, so wird man den dazu gehörenden Bogen erhalten, wenn man diese Anzahl Secunden mit der letzten Zahl multiplicirt. So erhält man z. B. für einen Winkel von einem Grade oder von 3600 Secunden den dazu gehörenden Bogen gleich 0.0174533, und eben so erhielten wir oben (Seite 31) für den kleinen Winkel ACM von 0.5479 Secunden den entsprechenden Bogen AM = 0.00000265629 Theilen seines Halbmessers.

Dieß vorausgesetzt, ziehe man nun die Linie MD und die geradlinige Sehne MA, so erhält man ein Dreyeck AMD, in welchem der Winkel an M ein rechter Winkel ist, oder 90 Grade hat, weil er ein Peripheriewinkel im Halbkreise AMD ist. Aber auch in dem kleinen Dreyecke AmM ist der Winkel an m ein rechter, weil Mm senkrecht auf CA gezogen wurde. Ueberdieß sind in diesen beyden Dreyecken die Winkel ADM und AMm einander gleich, weil jeder dieser Peripheriewinkel auf einem gleich großen Kreisbogen steht. Diese beyden Dreyecke sind daher einander ähnlich, und es verhält sich Am zu der Sehne AM, wie sich AM zu AD verhält. Ist daher der Halbmesser AC des Kreises gleich 1, so ist der Durchmesser AD gleich 2, und die vorhergehende Proportion gibt sofort $Am = \frac{1}{2} AM^2$, das heißt, sie gibt unsern Satz, wenn man, was bey so kleinen Bogen, wie wir hier betrachten, immer erlaubt ist, statt der geradlinigen Sehne AM den Bogen AM selbst nimmt. Dieser Ausdruck setzt voraus, daß der Halbmesser des Kreises gleich der Einheit, also z. B. gleich 1 Fuß ist. Beträgt dieser Halbmesser 2, 3, 4 Fuß, so wird Am ebenfalls 2, 3, 4 Mahl größer, so daß man überhaupt die Größe $\frac{1}{2} AM^2$ mit dem Halbmesser des Kreises multipliciren wird, um das entsprechende Stück Am dieses Kreises zu finden, ganz übereinstimmend mit dem oben (Seite 31) angeführten Verfahren.

Dieses Stück Am, das man in der Geometrie den Sinusversus des Bogens AM zu nennen pflegt, drückt also den Fall des Körpers, der sich in einem Kreise bewegt, gegen den Mittelpunct C dieses Kreises aus, und dieser Fall kann zugleich, wie oben (Seite 29) gesagt wurde, für das eigentliche Maß der Attraction angesehen werden, den die in C ruhende Kraft auf

den bewegten Körper A in der Entfernung CA ausübt, weil dieser Fall des Körpers gegen C derselbe ist oder von gleicher Größe bleibt, der Körper mag in A ruhen, oder sich von A gegen M bewegen, wie wir bereits oben (Seite 28) erwähnt haben.

(Kurze Zusammenstellung des Vorhergehenden.)

Newton's Verfahren war also, wie wir es jetzt kürzer fassen können, folgendes: Wenn die Kraft, welche den Stein auf der Oberfläche der Erde fallen macht, dieselbe ist, welche auch den Mond um die Erde bewegt, so muß diese Kraft, die sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhalten soll, wenn sie die Körper auf der Erde in der ersten Secunde durch 15 Fuß fallen läßt, den Mond, der 60.16 Erdhalbmesser von uns entfernt ist, in derselben durch 15 dividirt durch das Quadrat von 60.16, das heißt, durch 0.00414 Fuß fallen machen. Es kam also nur noch auf ein Mittel an, den Fall des Mondes gegen die Erde in der That zu messen, und zuzusehen, ob er auch genau so groß ist, wie er durch jene Voraussetzung gefunden wird. Die bekannte Umlaufszeit des Mondes, verbunden mit der Entfernung desselben, gibt uns aber dieses Mittel, das heißt, sie setzt uns in den Stand, den Sinusversus Am der Mondesbahn in jeder Zeitsecunde zu bestimmen, und da auf diesem zweyten, von jenem ganz verschiedenen Wege, diese Linie Am genau eben so groß, wie zuvor, nähmlich gleich 0.00414 Fuß gefunden wird, so ist es nicht weiter zu bezweifeln, daß es dieselbe Kraft ist, welche die Körper auf der Erde fallen, und welche den Mond in seiner Bahn um die Erde gehen macht.

Oder auch, noch kürzer, umgekehrt: Aus der Umlaufszeit des Mondes findet man den Fall desselben in einer Secunde gleich 0.00414 Fuß. Ist davon die Schwere der Erde die Ursache, so müßte derselbe Mond, wenn er auf der Oberfläche der Erde wäre, in einer Secunde durch 0.00414 multiplicirt mit dem Quadrate von 60.16, das heißt, durch 15 Fuß fallen. Da aber die Körper auf der Oberfläche der Erde in der ersten Secunde in der That durch 15 Fuß fallen, so ist auch diese Schwere der Erde die Ursache von der Bewegung des Mondes; nur ist die Wirkung dieser Schwere, wie wir sie auf unserer Erde beob-

achten, um vieles schwächer in der Entfernung von nahe 52000 Meilen, in welcher der Mond von uns absteht, und zwar in dem Verhältnisse schwächer, in welchem das Quadrat dieser Entfernung zu dem Quadrate des Erdhalbmessers von 860 Meilen steht.

(Erweiterung dieser Entdeckung durch Induction.) Da es nun außer Zweifel ist, daß die Attraction oder die Schwere der Erde den Mond in seiner Bahn um dieselbe führt, so wird man durch die Analogie der Sache gleichsam von selbst darauf geleitet, daß auch die vier Monde Jupiters oder die sieben Monde Saturns durch eine ähnliche Kraft ihres Hauptplaneten um denselben geführt werden. Ja, da die Erde und alle übrigen Planeten eben so um die Sonne, wie jene Monde um ihre Hauptplaneten sich bewegen, so wird wohl auch der Sonne selbst eine solche Kraft beywohnen, die sich ebenfalls wie ihre Masse und verkehrt wie das Quadrat ihrer Entfernung verhält, und durch welche sie, so wie unsere Erde, die Körper auf ihre Oberfläche, und zugleich diese sie umkreisenden Planeten gegen ihren Mittelpunct fallen macht, in welchem Fallen eigentlich, wie wir dieß oben bey dem Monde in Beziehung auf die Erde gesehen haben, die kreisförmige Bewegung dieser Planeten um die Sonne besteht. Die Rechnung hat diese Analogie vollkommen bestätigt, und noch hat kein Körper unseres Sonnensystems, den wir in dieser Beziehung untersuchten, von dieser Regel eine Ausnahme gemacht. Wir können sie daher als eine allgemeine Regel betrachten, als ein allgemeines Gesetz, das bis an die äußersten Gränzen des Sonnengebiethes herrscht, und dem alle Planeten und Kometen, so wie alle Satelliten, die man in diesem Systeme bisher kennen gelernt hat, ohne Ausnahme unterworfen sind. Jeder dieser Himmelskörper ist daher der Sitz einer Kraft, die sich wie seine Masse und verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält, das heißt, einer Kraft, die desto größer ist, je mehr Masse der anziehende Körper hat, und deren Wirkung auf irgend einen äußern Körper in demselben Verhältnisse schwächer wird, in welchem das Quadrat der Entfernung dieser beyden Körper zunimmt. In der That hat man es versucht, unter der Voraussetzung einer solchen Kraft, die Bewegungen dieser Kör-

per um einander, ihre Bahnen und ihre Geschwindigkeiten in denselben zu bestimmen, und man hat gefunden, daß, wenn dem Centralkörper eine solche Kraft beywohnt, der von ihm angezogene Körper im Allgemeinen eine Ellipse (eigentlich einen sogenannten Kegelschnitt) beschreiben muß, in dessen einem Brennpuncte der Centralkörper liegt. Eben so ist durch Rechnung als unzweifelhaft ausgemacht, daß eine solche Bewegung in Ellipsen immer auf eine Centralkraft zurückführt, deren Sitz in dem einen Brennpuncte der Ellipse ist, und die sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhält. Zwar sind die Rechnungen, welche die Astronomen zu diesem Zwecke ausgedacht haben, nicht der Art, daß sie hier, wo wir uns aller mathematischen Formeln enthalten wollten, mitgetheilt werden können. Aber, wenn die Leser sich nur erinnern wollen, mit welcher Genauigkeit die Finsternisse in unsern Kalendern vorausberechnet werden, so werden sie, auch ohne diese Rechnungen mitgemacht zu haben, ohne Anstand selbst bemerken, daß die Astronomen die nach jenem allgemeinen Gesetze bestimmten Bewegungen der Planeten mit großer Genauigkeit kennen müssen. Auch ist jede einzelne Beobachtung derselben, wenn sie mit jenen Rechnungen, das heißt aber im Grunde, mit jenem Gesetze verglichen werden, eine neue Bestätigung der Wahrheit dieses Gesetzes, und da wir dieser Beobachtungen seit so vielen Jahrhunderten eine in der That unzählbare Menge besitzen, so darf man wohl mit Recht behaupten, daß wir von der Existenz und der Allgemeinheit dieses Gesetzes besser und inniger überzeugt sind, als wir dieß vielleicht von irgend einer anderen unserer sogenannten menschlichen Wahrheit, selbst von derjenigen nicht rühmen können, an deren Richtigkeit es noch keinem Menschen zu zweifeln eingefallen ist.

(Wie weit sich dieses Gesetz im Weltraume erstreckt.)

Von der Allgemeinheit dieses Gesetzes, sagte ich. Das heißt nun, von einer Allgemeinheit, die sich nur eben so weit, als unser Sonnensystem selbst erstreckt. — Dieß ist aber kein kleiner Raum. Der von der Sonne am meisten entfernte Himmelskörper, den wir bisher in unserem Systeme kennen gelernt ha-

ben, ist der große Komet von dem Jahre 1680. Er entfernt sich von der Sonne bis auf 17600 Mill. Meilen, also über 880 Mahl weiter als die Erde. Eine Kanonenkugel, die in jeder Secunde, ohne zu ermatten, 600 Pariser Fuß zurücklegt, würde diesen Kometen in seiner Sonnenferne erst in 21400 Jahren erreichen, und selbst das Licht, das den Weg von der Sonne zur Erde, eine Distanz von nahe 21 Millionen Meilen, schon in 8 Minuten und 13 Secunden zurücklegt, würde nahe einen halben Tag auf derselben Reise zubringen. Da nun, unsern Beobachtungen zu Folge, auch dieser Komet noch demselben Gesetze der allgemeinen Schwere gehorcht, so erstreckt sich das Gebieth der Sonne, so weit wir es kennen, auf einen kugelförmigen Raum um die Sonne, deren Halbmesser wenigstens 17600 Millionen Meilen beträgt, und innerhalb dieses weiten Reiches ist Alles jenem großen Gesetze unterthan.

Aber außer diesem Reiche? Jenseits der Gränzen des Sonnengebiethes? — Dort ist eine uns noch ganz fremde und völlig unbekannte Welt. Wissen wir doch nicht einmahl, wo diese Gränze liegt, und wo die vielleicht eben so großen Reiche der anderen Sonnen anfangen, die wir in einer sternhellen Nacht in unzählbarer Menge an dem Himmel erblicken. Unsere Kenntnisse von jenen Gegenden sind durchaus nur negativer Art, und wir können z. B. bloß sagen, daß der nächste dieser Fixsterne wenigstens vier Billionen Meilen, oder 200000 Mahl weiter als die Sonne von uns entfernt seyn müsse. Ob er aber vielleicht noch 2 oder 10 oder 100 Mahl weiter von uns absteht, das ist uns gänzlich unbekannt. Demnach liegt also zwischen der Sonnenferne jenes äußersten Kometen und zwischen dem Mittelpuncte des uns nächsten Sonnengebiethes noch eine ungeheure Wüste, deren Breite wenigstens über 3980000 Mill. Meilen beträgt, und die sich wie eine breite Zone rings um unser System erstreckt, so daß die ganze Fläche dieser Wüste über 50 Quadrillionen Quadratmeilen beträgt.

Welche Bewegungen, welche Gesetze der Bewegungen werden aber jenseits dieser Gränze, in jenen so furchtbar weit entfernten Räumen des Himmels herrschen? — Es scheint verwegen, auch nur so zu fragen. Wer von uns kann, auch nach Tausenden von Jahren, darauf antworten?

(Auch die Fixsterne sind demselben Gesetze unterworfen.) Und doch — auch die Auflösung dieses Räthsels ist nicht unmöglich; es ist nicht einmahl so schwer, als man anfangs denken sollte, und kurz: es ist schon aufgelöst.

Ohne Zweifel sind diese zahllosen und so weit von uns entfernten Fixsterne nur wieder eben so viele Sonnen, die, gleich den unsern, Tausenden von Planeten und Kometen, die sich um sie bewegen, Licht und Wärme geben. Aber diese Planeten sind, als an sich dunkle und ihr Licht nur von ihren Sonnen borgende Körper, viel zu schwach erleuchtet, und zugleich viel zu klein, als daß wir je hoffen dürften, sie in diesen großen Abständen von uns, auch mit unsern besten Fernröhren, je zu erblicken. Von dieser Seite ist also keine Hoffnung, irgend einmahl etwas Näheres über die Bewegungen derjenigen Himmelskörper zu erfahren, die sich jenseits der Gränze unseres Sonnensystems befinden.

Allein unter diesen Sternen sieht man häufig zwey, die einander ungemein nahe stehen. Man pflegt diese Sternenpaare Doppelsterne zu nennen, und man war anfangs der Meinung, daß sie nur deßhalb so nahe aneinander zu stehen scheinen, weil sie für uns auf derselben Gesichtslinie sich befinden, und daß sie daher, ihrer scheinbaren Länge ungeachtet, doch durch viele Millionen, ja Billionen von Meilen von einander getrennt seyn können. Allein, indem man diese Doppelsterne genauer untersuchte und längere Zeit beobachtete, fand man, daß gewöhnlich der eine derselben sich um den andern bewege. Diese Bewegung ist bey mehreren Doppelsternen so stark, daß schon ein halbes Jahrhundert (denn so lange ist es nun, daß man diesen interessanten Gegenständen eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet hat) hinreicht, die Umlaufszeit des einen um den andern mit hinlänglicher Genauigkeit zu bestimmen. Diese beträgt z. B. bey dem schönen Doppelstern Castor, in den Zwillingen, 253, bey ξ im großen Bären 58, bey γ in der nördlichen Krone 43 Jahre u. s. w. Man hat sogar bey den genannten und bey noch mehreren anderen auch schon die Gestalt der Bahn bestimmt, in welcher diese Bewegung vor sich geht, und man hat das überraschende Resultat gefunden, daß die Bahn des einen dieser Sterne eine Ellipse ist, in deren Brennpunct der andere liegt. Daraus folgt

aber, wie wir oben (Seite 85) gesehen haben, sofort, daß die Attractionskraft des Centralkörpers dieser Sternenpaare sich wie verkehrt das Quadrat ihrer Entfernung verhalten muß, und daß daher das Gesetz, welches Newton als das unserem Sonnensysteme eigenthümliche, entdeckt hat, auch jenseits der Gränzen dieses Systems gelte, und daß es daher wahrscheinlich das allgemeine Gesetz der Natur ist. Welches Entzücken würde dem großen Manne, der schon aus Freude über seine Entdeckung erkrankte, zu Theil geworden seyn, wenn ihm diese Ausdehnung seines Gesetzes über den ganzen endlosen Weltenraum bekannt geworden wäre.

(Nächste Folgen dieser wichtigen Entdeckung.) Wie eine neu entdeckte Wahrheit selten allein steht, sondern immer eine Reihe anderer in ihrem Gefolge mit sich führt, so geschah es auch hier. Nachdem das Gesetz der allgemeinen Schwere einmahl bekannt war, sah man aus ihm, wie aus einer reichen Quelle, eine große Menge anderer, nicht minder interessanten und wichtigen Entdeckungen fließen, die größtentheils alle der Art waren, daß die Alten, denen dieses Gesetz ganz unbekannt war, nicht einmahl vernünftiger Weise auch nur ahnen konnten, da ihnen alle Wege, zu denselben zu gelangen, fest verschlossen waren. Wir wollen, zum Schlusse unserer gegenwärtigen Betrachtungen, nur eine dieser Entdeckungen etwas näher anführen.

Wenn die mit der Astronomie unbekannten Leute hören, daß man in dieser Wissenschaft die Entfernung der Sonne und des Mondes, und aller Planeten bestimmt, zu denen doch Niemand von uns gelangen kann, so bemächtigt sich ihrer eine Art von Ungläubigkeit, die sich gewöhnlich durch Gründe, für die sie nicht viel Sinn haben, nur schwer bekämpfen läßt. Welch' andere Gefühle aber wird man in ihnen erregen, wenn sie nun hören, daß die Astronomen sogar die Massen und die Dichte des Stoffes, aus welchen jene Himmelskörper gewebt sind, bestimmen. Wenn man ihnen z. B. sagt, daß man, wenn man die Sonne in eine der beyden Schalen einer Wage legen könnte, in die andere 338980 solcher Kugeln, wie

unsere Erde ist, legen müßte, um die Wage im Gleichgewichte zu halten; daß diese Sonne an ihrem Volum 1 ½ Millionen Mahl größer ist, als die Erde, oder daß man aus ihr 1 ½ Millionen solcher Kugeln, wie unsere Erde, machen könnte; daß die Sonne die Dichtigkeit unseres Bernsteins, Venus die des Glases, Saturn die des Cedernholzes habe; daß die Körper, die auf der Oberfläche der Erde in der ersten Secunde durch 15 Fuß fallen, auf der des Mondes nur durch 6, auf jener der Sonne aber durch 430 Fuß fallen u. s. w. Kann man es ihnen, denen alle Mittel, zu solchen Kenntnissen zu gelangen, so ganz fremd sind, kann man es ihnen verargen, wenn sie demjenigen, der ihnen solche Dinge verkündigt, entweder gar nicht, oder doch nur in der Absicht anhören, zu erfahren, wie geschickt er sich aus der sich selbst gelegten Schlinge ziehen, oder wie fein er es wohl anfangen wird, ihnen seinen Sand in die Augen zu streuen, um sie am Ende doch nur mit einem Galimathias hochtrabender und nichtssagender Worte wieder nach Hause zu schicken.

Ich bin weit entfernt, bey meinen Lesern auch dergleichen zu erwarten, wenn ihre Geduld mir in der That bis hieher gefolgt ist, weil sie dann, durch das Vorhergehende, selbst schon sich in den Stand gesetzt sehen werden, alle jene Fragen ohne meiner Beyhülfe zu beantworten. Auch sind diese Antworten so leicht, und so unmittelbare Folge aus dem oben erwähnten Gesetze der allgemeinen Schwere, daß gewiß, wenn ich es nicht gar zu sehr an mir selbst fehlen lasse, keiner meiner Leser über Dunkelheit klagen wird, sondern daß ich vielmehr die meisten derselben, am Ende unserer Unterhaltung, schon ausrufen höre: „Und weiter war es nichts?"

(Bestimmung der Masse der Sonne gegen die der Erde.)

Versuchen wir also unser Glück, und fangen wir gleich mit der Frage an: „Wie vielmahl größer ist die Masse der Sonne, als die unserer Erde?"

Nach dem oben aufgestellten Gesetze ist die Anziehungskraft eines jeden Körpers auf einem außer ihm gelegenen Punct gleich der Masse dieses Körpers dividirt durch das

Quadrat seiner Entfernung von dem angezogenen Puncte. Also ist auch, umgekehrt, die Masse gleich der Anziehungskraft multiplicirt in das Quadrat der Entfernung.

Das eigentliche Maß der Anziehungskraft ist aber (nach Seite 82) die kleine Linie Am, um die der angezogene Punct während einer Secunde zu dem anziehenden Körper fällt, und diese kleine Linie endlich ist (a. a. O.) gleich der Entfernung des Punctes multiplicirt in das halbe Quadrat des kleinen Bogens, welchen dieser Punct während einer Secunde um den anziehenden Körper beschreibt.

Wenden wir dieß sogleich auf unsere Frage an. — Aus der bekannten Länge des Jahres findet man, daß die Erde in jeder einzelnen Secunde den kleinen Winkel von 0″.0411 um die Sonne beschreibt. Multiplicirt man diese Zahl durch 0.00000 48481, so erhält man den Bogen, den die Erde in jeder Secunde in ihrer Bahn zurücklegt, gleich 0.000000 1993. Aber die Entfernung der Erde von der Sonne ist 392 Mahl größer, als die Entfernung des Mondes von der Erde. Multiplicirt man also die Hälfte dieser Entfernung, oder 196 in das Quadrat der vorhergehenden, für den Bogen gefundenen Zahl, so erhält man für das gesuchte Maß der Anziehung der Sonne auf die Erde die Größe 0 000000 000007 782 Halbmesser der Mondesbahn. Multiplicirt man endlich, um diese Kraft der Sonne auf die Erde für den Fall zu erhalten, daß die Erde so weit von der Sonne absteht, als der Mond von der Erde entfernt ist, multiplicirt man, sage ich, diese Zahl mit dem Quadrat der Entfernung der Erde von der Sonne, das heißt, mit dem Quadrat von 39, so erhält man für die Masse der Sonne die Zahl 0.000001 19581.

Verfahren wir nun ganz eben so mit dem Monde in Beziehung auf die Erde. Der Mond beschreibt in jeder Secunde um die Erde einen Winkel von 0″.54788, also einen Bogen von 0.000002 6562 Theilen des Halbmessers. Da aber der Halbmesser der Mondesbahn hier als die Einheit angenommen worden ist, so wird die Anziehung der Erde auf den Mond gleich seyn der Hälfte des Quadrats der letzten Zahl,

das heißt, gleich 0.000000 000003 5278, und diese Zahl wird zugleich die Masse der Erde ausdrücken, weil der Halbmesser der Mondesbahn gleich der Einheit ist.

Es verhält sich also die Masse der Sonne zur Masse der Erde, wie die beyden gefundenen Zahlen 0.000001 19581 zu 0.000000 000003 5278, das heißt, wie 338980 zu 1, oder die Masse der Sonne ist 338980 größer als die Masse der Erde, wie wir schon oben angegeben haben.

(Vereinfachung der vorhergehenden Darstellung.) Wem vielleicht die vorhergehenden Rechnungen mit den großen, oder eigentlich mit den sehr kleinen Zahlen noch etwas unbequem fallen, der kann sich mit einer geringen Reflexion das ganze Geschäft sehr abkürzen. In der That, es wurde oben gesagt, die Masse sey das Product der kleinen Linie Am in das Quadrat der Entfernung. Allein diese Linie Am ist gleich dem halben Producte derselben Entfernung in das Quadrat des Bogens, oder was hier, wo es sich nur um Verhältnisse handelt, dasselbe ist, die Linie Am ist gleich dem Producte der Entfernung in das Quadrat des Winkels, welchen der angezogene Punct in einer Secunde beschreibt. Also ist auch „die Masse des anziehenden Körpers gleich dem Quadrate dieses Winkels multiplicirt in den Würfel der Entfernung des angezogenen Punctes."

In dieser Gestalt desselben Satzes wird die Rechnung viel einfacher. In der That, für die Sonne ist der erwähnte Winkel 0″.0411 und die Entfernung 392, also das Product des Quadrats von 0.0411 in den Würfel von 392, oder die Masse der Sonne gleich 101752. — Für den Mond aber ist jener Winkel 0″.54788 und die Entfernung gleich 1, also das Product des Quadrats von 0.54788 in den Würfel von 1, oder die Masse der Erde gleich 0.3001724. Die Masse der Sonne verhält sich also zu jener der Erde wie 101752 zu 0.3001724, oder wie 338980 zu 1 wie zuvor.

(Bestimmung der Masse der Planeten gegen die der Sonne.) Ganz eben so wird man auch die Massen al-

ler derjenigen Planeten bestimmen können, die mit Satelliten versehen sind. Der vierte Satellit Jupiters z. B. vollendet seinen Umlauf um diesen Planeten in 16.68877 Tagen, also beschreibt er in einer Secunde den Winkel von 0″.8988. Seine Entfernung von dem Mittelpuncte des Hauptplaneten beträgt 252300 Meilen, während die Entfernung der Erde von der Sonne 20658000 Meilen, also nahe 81.9 Mahl größer als jene ist. Der Winkel endlich, welchen die Erde während einer Secunde um die Sonne beschreibt, ist, nach dem Vorhergehenden, 0.0411 Secunden. Multiplicirt man also das Quadrat von 0.0411 mit dem Würfel von 81.9, so erhält man für die Masse der Sonne die Zahl 927.98. Und multiplicirt man das Quadrat von 0.8988 mit dem Würfel von 1, so erhält man für die Masse Jupiters die Zahl 0.80786. Die Masse der Sonne verhält sich also zur Masse Jupiters wie 927.98 zu 0.80786, oder wie 1149 zu 1. Da wir aber oben die Masse der Sonne 338980 Mahl größer als die der Erde gefunden haben, so ist auch die Masse Jupiters 295 Mahl größer, als die der Erde. Eben so findet man, daß die Masse Saturns 95 und die des Uranus 17 Mahl größer ist, als die der Erde.

(**Bestimmung des Falls der Planeten gegen die Sonne in jeder Secunde.**) Wir haben oben für das Maß der Anziehung der Sonne auf die Erde, das heißt für die kleine Linie Am, um welche die Erde in jeder Secunde gegen die Sonne fällt, die sehr kleine Zahl 0.000000 000007 782 gefunden, wobey der Halbmesser der Mondesbahn als Einheit vorausgesetzt wurde. Da aber dieser Halbmesser 51357 deutsche Meilen beträgt, jede zu 22842 Pariser Fuß gezählt, so beträgt jener Fall von der Erde in jeder Secunde 0.009129 Pariser Fuß oder 1.3146 Linien. Wäre die Erde noch einmahl so weit von der Sonne entfernt, so würde, da nach unserem Gesetze die Kraft der Attraction sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhält, dieser Fall der Erde gegen die Sonne nur mehr den vierten Theil dieser Größe, oder 0.3286 Linien betragen; für eine 3, 4, 5 Mahl größere Entfernung würde dieser Fall nur $1/9$, $1/16$, $1/25$ jener ersten Größe 1.3146 Linien seyn u. s. w.

Man sieht daraus, wie man, da der Fall der Erde bekannt ist, auch den aller übrigen Planeten finden kann, sobald ihre Entfernung von der Sonne gegeben ist. Jupiter z. B. ist 5.201 Mahl weiter von ihr, als die Erde entfernt, also beträgt der Fall Jupiters zur Sonne in einer Secunde nur 0.0486 Linien. Für Merkur ist dieser Fall 8.5 und für Uranus 0.003 Linien.

(**Fall der Körper auf der Oberfläche der Planeten.**) Ganz eben so leicht läßt sich aber auch, durch dasselbe Gesetz, der Fall der Körper selbst, auf den Oberflächen der verschiedenen Planeten bestimmen, da derselbe nur gleichsam der unmittelbare Ausdruck dieses Gesetzes ist. In der That, nimmt man die Masse und den Halbmesser der Erde und den Fall der Körper auf der Oberfläche derselben für die Einheiten dieser drey Gattungen von Größen an, so läßt sich jenes Gesetz ganz einfach so ausdrücken: „Der Fall der Körper auf der Oberfläche eines Planeten ist gleich „der Masse dieses Planeten, dividirt durch das Quadrat des Halb„messers desselben.“ — Die Masse Jupiters z. B. ist 316 Mahl größer als die der Erde, und sein Halbmesser ist 11 Mahl größer als der Halbmesser der Erde, also ist auch der Fall der Körper auf der Oberfläche dieses Planeten 316, dividirt durch das Quadrat von 11, oder $^{316}/_{121}$, das heißt, 2.61 Mahl größer als der Fall der Körper auf der Erde. Da nun die Körper auf der Oberfläche der Erde in der ersten Secunde durch 15 Fuß fallen, so müssen die auf der Oberfläche Jupiters in derselben Zeit 2.61 Mahl tiefer, oder sie müssen durch 39.15 Fuß fallen. Für den Planeten Mars findet man diesen Fall gleich 6.3, und für die Sonne endlich gleich 430.0 Pariser Fuß.

(**Bestimmung der Massen der Fixsterne.**) Wir haben bereits oben gesehen, daß das Gesetz der allgemeinen Schwere sich nicht bloß auf unser Sonnensystem, sondern daß es sich auch auf die Systeme der Doppelsterne erstreckt. Die Umlaufszeiten mehrerer dieser Gestirne um ihren Centralkörper sind uns, wie wir oben gesagt haben, bereits bekannt. Wenn wir nun auch, durch künftige Beobachtungen, dahin gelangen sollten, die Halbmesser der Bahnen dieser Doppelsterne in unserem Maße z. B.

in Meilen, anzugeben, so werden wir daraus, ganz so wie oben bey dem Monde oder bey den Planeten, auch den Fall dieser Gestirne gegen ihren Centralkörper angeben können. Ist uns aber dieser Fall des Gestirns und seine Entfernung von dem Centralkörper bekannt, so werden wir daraus, durch eine einfache Anwendung unseres Gesetzes, auch denjenigen Fall bestimmen können, welchen das Gestirn haben würde, wenn es von seinem Centralkörper eben so weit entfernt wäre, als die Erde von der Sonne entfernt ist. Vergleicht man dann diesen Fall mit dem der Erde selbst, den wir oben gleich 0.0091292 Fuß gefunden haben, und findet man z. B., daß jener 2, 3, 4 Mahl größer ist als dieser, so wird auch die Masse jenes Centralkörpers 2, 3, 4 Mahl größer als die Masse der Sonne seyn, und dadurch werden wir also in den Stand gesetzt seyn, die Massen der Doppelsterne zu bestimmen; eine Aufgabe, welche die Massenbestimmungen unserer Planeten, die uns früher so schwer und beynahe unauflöslich erschien, noch weit hinter sich zurück läßt.

Ueberhaupt, wenn man von zwey Körpern, deren jeder um seinen Centralkörper lauft, die Größe Am oder den Fall derselben während einer Secunde kennt, so darf man nur, mittels unseres Gesetzes, nach welchem die Kräfte oder die Fallhöhen sich wie verkehrt die Quadrate der Entfernungen sich verhalten, so darf man, sage ich, nur den Fall des einen dieser beyden Körper auf die Entfernung des andern zurück bringen, und dann haben diese beyden so reducirten Fallhöhen dasselbe Verhältniß, wie die Massen der beyden Centralkörper.

Nehmen wir an, um dieses auf ein besonderes Beyspiel anzuwenden, daß der Halbmesser der Bahn eines solchen Doppelsterns 20 Mahl größer sey, als der Halbmesser der Erdbahn, und daß sein Fall gegen den Centralkörper, den Beobachtungen gemäß, gleich $^1/_{10}$ Fuß in einer Secunde gefunden worden sey.

Da unsere Erde in jeder Secunde, wie wir oben gefunden haben, um 0.009129 Fuß gegen die Sonne fällt, so würde sie, unserem Gesetze gemäß, wenn sie so wie jener Stern 20 Mahl weiter von der Sonne entfernt wäre, in einer Secunde nur mehr durch $\frac{0,009129}{400}$, oder durch 0 0000228 Fuß fallen. Der Stern fällt aber in derselben Zeit gegen seine Centralsonne

um 0.1 Fuß, also verhält sich auch die Masse jenes Centralsterns zur Masse unserer Sonne wie 0.1 zu 0 0000228, oder wie 4380 zu 1, das heißt, die Masse des Centralsterns ist 4380 Mahl größer, als die der Sonne.

Oder auch umgekehrt: Der Stern fällt in seiner Entfernung von 20 Erdweiten in einer Secunde durch 0.1 Fuß. Er würde daher, wenn er seinem Centralstern 20 Mahl näher, das heißt, so nahe, als die Erde der Sonne wäre, in derselben Zeit durch 400 Mahl 0.1, das heißt durch 40 Fuß fallen, woraus wieder folgt, daß die Masse des Centralsterns zu der unserer Sonne sich verhält wie 40 zu 0.009129, oder wie 4380 zu 1, wie zuvor.

(**Andere Bestimmung der Masse der Sonne gegen die der Erde.**) Auf demselben Wege läßt sich auch die Masse der Sonne oder der Erde, selbst ohne Hülfe des Mondes, bestimmen. In der That, auf der Oberfläche der Erde legen die Körper, während der ersten Secunde ihres Falles, 15 Fuß zurück. Hier sind sie von dem Mittelpuncte der Erde um den Halbmesser derselben entfernt. Wenn sie aber von diesem Mittelpuncte um 23600 Erdhalbmesser, das heißt, eben so viel, als die Erde von der Sonne entfernt wären, so würden sie in einer Secunde, nach dem erwähnten Gesetze, nur mehr um 15 dividirt durch das Quadrat von 23600, das heißt nur mehr um 0.000000 026932 Fuß gegen diesen Mittelpunct fallen. Allein die Erde selbst fällt gegen die Sonne in einer Secunde, wie wir oben gesehen haben, um 0.009129 Fuß. Nennt man also überhaupt die Entfernung der Erde von der Sonne eine Erdweite, so fällt jeder Körper, der von der Sonne eine Erdweite entfernt ist, in einer Secunde um 0.009129 Fuß, wenn er von der Sonne angezogen wird, und derselbe Körper fällt, wenn er von der Erde angezogen wird, und von derselben ebenfalls eine Erdweite entfernt ist, in derselben Zeit nur durch 0.000000 026932 Fuß. Da aber diese beyden Fallhöhen sich wie die beyden wirkenden Kräfte, deren Maß sie sind, das heißt, wie die Massen der beyden anziehenden Körper verhalten müssen, so verhält sich die Masse der Sonne zu der der Erde, wie die beyden letzt-

genannten Zahlen, oder wie 338074 zu 1, sehr nahe, wie oben gefunden wurde.

(Bestimmung der Grösse der Himmelskörper.) Gehen wir nun zu der Bestimmung der Größe der Himmelskörper über, so ist diese sehr leicht, wenn man einmahl die Entfernung derselben von uns kennt. Man multiplicirt nähmlich den Winkel, unter welchem uns der Halbmesser des Gestirns erscheint, durch die bekannte Entfernung desselben, und durch die oben (S. 81) erwähnte Zahl 0.00000 4848, so erhält man sofort die absolute Größe dieses Halbmessers in demselben Maße ausgedrückt, in welchem man die Entfernung des Gestirns angenommen hat. Der Halbmesser der Sonne z. B. erscheint uns unter dem Winkel von 996 Secunden, und dieser Himmelskörper ist von uns 20658000 Meilen entfernt, also beträgt auch der wahre Halbmesser der Sonne 99750 Meilen. Da nun der Halbmesser der Erde bekanntlich nur 859 Meilen hat, so ist der Halbmesser, also auch der Durchmesser der Sonne nahe 116 Mahl größer als der Durchmesser der Erde. Da ferner die Oberflächen der Kugeln sich wie die Quadrate, und die Inhalte oder Volumina derselben sich wie die Würfel ihrer Halbmesser verhalten, so ist die Oberfläche der Sonne 13456 Mahl größer als die der Erde, und das Volum der Sonne ist 1561000 Mahl größer als das der Erde. Eben so findet man das Volum Saturns 928 und das Volum Jupiters 1330 Mahl größer als das der Erde.

(Bestimmung der Dichtigkeit der Himmelskörper.) Nachdem wir nun das Volum sowohl, als auch die Masse der Himmelskörper kennen gelernt haben, wird es keine Schwierigkeit mehr haben, auch die Dichtigkeit des Stoffes, aus welchem sie bestehen, zu bestimmen. Die Dichte eines jeden Körpers ist nähmlich nichts anderes, als das Verhältniß seiner Masse zu seinem Volum, weil die Dichte der Körper in demselben Verhältnisse größer wird, in welchem die Masse bey demselben Volum wächst, oder in welchem das Volum bey derselben Masse abnimmt, so daß man daher nur die Masse

eines Körpers durch sein Volum dividiren darf, um die Dichte desselben zu erhalten. Wir fanden z. B. für die Masse der Sonne 338980, und für ihr Volum 1560000, wenn Masse und Volum der Erde gleich der Einheit vorausgesetzt wird. Also ist auch die Dichte der Sonne 0.22 von der der Erde. Eben so wurde die Masse Saturns 95, und das Volum 928 von dem der Erde gefunden, also ist auch die Dichte Saturns nur 0.12 der Dichte der Erde. Nun kennt man aber die Dichte der Erde, die nahe 4 Mahl größer ist, als die des reinen Regenwassers. Also kann man auch die Dichte jener Himmelskörper gegen das Wasser, und überhaupt gegen alle diejenigen Körper auf der Oberfläche unserer Erde angeben, deren Dichte man bereits mit jener des Wassers durch die bekannten Experimente bestimmt hat.

(**Schlussbemerkung über die Art, wie diese Entdeckung gemacht worden ist.**) Es sey mir erlaubt, diesen, wenn auch nicht durch meine Darstellung, doch durch seinen Inhalt, wie ich glaube, jedem an Nachdenken gewöhnten Leser höchst interessanten Gegenstand mit einer Bemerkung zu beschließen. — Wenn wir alles Vorhergehende noch einmahl mit einem Blicke übersehen, so ging Newton von der Idee aus, daß die Attractionskraft der Erde, wenn überhaupt eine solche existirt, sich verkehrt, wie das Quadrat der Entfernung der angezogenen Körper verhalte, und daß bey einem um diese Erde bewegten Körper das Maß dieser Anziehung die kleine Linie Am oder der Sinusversus (S. 82) des Bogens sey, welchen dieser Körper während seiner Bewegung um die Erde in einer Secunde zurücklegt. Wir haben oben (Seite 83) gesehen, wie man diesen Sinusversus für jeden Bogen finden kann, wenn die Umlaufszeit und die Entfernung des Körpers von der Erde gegeben ist.

Um sich von der Wahrheit seiner Vermuthung durch eine unmittelbare Beobachtung in der Natur zu überzeugen, wählte Newton die Bewegung des Mondes um die Erde, die er mit der Bewegung der auf der Oberfläche der Erde frey fallenden Körper vergleichen, und dadurch prüfen wollte, ob in

der That beyden Bewegungen eine und dieselbe Ursache, nähmlich die nach jenem Gesetze wirkende Anziehung der Erde, zum Grunde liege. Zu dieser Untersuchung mußte er sowohl die Entfernung des Mondes von der Erde, als auch den Halbmesser der Erde, und zwar in Fußen oder sonst einem bekannten Maße ausgedrückt, als bekannt voraussetzen, weil der Fall der Körper auf der Erdoberfläche auch in demselben Maße durch unmittelbare Beobachtungen gegeben wurde. Allein beyde diese Dinge waren zu seiner Zeit nicht mit der hier nothwendigen Schärfe bekannt, und wir haben gesehen, wie sehr und wie lange dadurch seine schöne Entdeckung verzögert worden ist. Auch blieb, selbst nachdem dieselbe endlich gemacht worden war, doch noch immer die wichtige Frage übrig, ob wohl dasselbe, was er so eben für die Erde und den Mond gefunden hatte, auch sofort für die Sonne und für alle Planeten und Kometen unseres Systems gelten könne, und diese letzte Frage war es auch eigentlich, die, als die bey weitem allgemeinere und wichtigere, hier vorzüglich beantwortet werden sollte. Newton schloß sie aus Induction, indem er das, was er für die Erde gefunden hatte, der Analogie gemäß auch auf die Sonne übertrug. Zwar ließ es der große Mann später nicht an Beweisen fehlen, daß seine Induction ihn auf gutem Wege führe, und eigentlich kann jedes Blatt seiner Principien statt eines solchen Beweises dienen, und in dieser Beziehung konnte durchaus nichts mehr zu wünschen übrig bleiben.

Demungeachtet muß man gestehen, daß er schneller zu seinem Ziele gekommen, daß er in seiner Entdeckung nicht so lange aufgehalten worden wäre, wenn er, um die Wahrheit seiner Schlüsse in der Natur selbst nachzuweisen, nicht den Mond, sondern die Planeten in ihren Bewegungen um die Sonne zum Gegenstande seiner Prüfung gewählt hätte, wodurch er zugleich jenes allgemeine Problem gefunden haben würde, von welchem das von ihm gewählte Beyspiel mit dem Monde, nur als ein specieller Fall erscheint. In der That waren die Bewegungen dieser Planeten um die Sonne zu seiner Zeit nicht nur schon sehr genau bekannt, sondern Kep-

ler hatte bereits ein Jahrhundert vorher das Gesetz angegeben, nach welchem diese Bewegungen vor sich gehen. Er hatte nähmlich gefunden, daß die Quadrate der Umlaufszeiten dieser Himmelskörper sich wie die Würfel der Halbmesser ihrer Bahnen verhalten, und er hatte zugleich gezeigt, daß dieses Gesetz mit den Beobachtungen, besonders bey den vier Satelliten Jupiters, so gut übereinstimme, daß man an der Existenz desselben nicht weiter zweifeln konnte. Diesem gemäß hätte Newton, um die Richtigkeit seiner Schlüsse auch in der Natur, und zwar im Großen nachzuweisen, nur zeigen dürfen, daß diese Schlüsse unmittelbar auf das von Kepler entdeckte Gesetz führen, so daß sie gleichsam nur ein anderer Ausdruck dieses Gesetzes sind, dessen Existenz bereits durch vorhergehende Beobachtungen vollkommen erwiesen war.

In der That, Newton nahm an, daß die Kraft jedes Centralkörpers auf die sich um ihn bewegenden Körper, daß also z. B. die Kraft der Sonne, mit welcher sie die Planeten anzieht, sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhalte, oder mit andern Worten: daß diese Kraft gleich sey der Einheit dividirt durch das Quadrat der Entfernung. Seine geometrische Betrachtung dieses Gegenstandes aber zeigte ihm, daß diese Kraft durch den Sinusversus des kleinen Bogens vorgestellt werden könne, welchen der Planet in einer Secunde beschreibt, das heißt, daß diese Kraft auch gleich ist (Seite 82) der Entfernung des Planeten multiplicirt in das halbe Quadrat dieses Bogens. Wenn man diese beyden Ausdrücke der Kraft der Sonne einander gleich setzt, so findet man sofort, daß in unserem Sonnensysteme die Würfel der Entfernungen sich wie verkehrt die Quadrate dieser Bogen verhalten. Allein da diese Bogen bey verschiedenen Planeten sich wie verkehrt die Umlaufszeiten derselben um die Sonne verhalten müssen, so folgt daraus unmittelbar, daß die Würfel der Entfernungen oder daß die Würfel der Halbmesser der kreisförmigen Bahnen der Planeten dasselbe Verhältniß unter sich haben, wie die Quadrate der Umlaufszeiten dieser Planeten, welches eben das erwähnte, von Kepler entdeckte Gesetz ist, dem die Bewegungen aller Himmelskörper unseres Sonnensystems unterworfen sind. Da sonach

dieses Gesetz, dessen Existenz bereits erwiesen war, nur eine einfache und unmittelbare Folge der Annahme war, daß die Anziehung der Sonne und überhaupt aller himmlischen Körper sich wie verkehrt das Quadrat ihrer Entfernung verhalte, so war durch die Entdeckung dieses Zusammenhanges auch die Richtigkeit dieser Annahme als bewiesen anzusehen, und es war jetzt nur mehr übrig, aus diesem einfachen Gesetze alle die oft sehr verwickelten Erscheinungen zu erklären, welche die Bewegungen dieser Himmelskörper unsern Beobachtungen darbiethen, ein Unternehmen, zu dessen Ausführung, die wir, in ihren Hauptmomenten wenigstens, ebenfalls Newton verdanken, ein ungleich höherer Grad von geistiger Kraft, als zu jener Entdeckung, erfordert wurde.

Ich habe mich bemüht, diese wichtige Entdeckung, die größte, die vielleicht je gemacht worden ist, meinen Lesern auf eine einfache und gemeinfaßliche Weise darzustellen, und durch sie mehrere der interessantesten Fragen der Astronomie zu beantworten, deren Auflösung auf den ersten Blick sehr schwer, ja ganz unmöglich scheinen muß. Die kleinen Rechnungen, wenn sie ja so heißen dürfen, die ich mir dabey erlaubte, werden, wie ich wünsche und hoffe, von Jedem ohne Mühe mitgemacht und selbst allein ausgeführt werden, da sie durchaus keine anderen Kenntnisse der gemeinen Arithmetik voraussetzen, als diejenigen sind, welche in unserem gewöhnlichen Leben beynahe alltäglich vorkommen. Es sollte mich daher freuen, wenn der Inhalt der vorhergehenden Blätter dem Leser, der für solche Gegenstände Sinn hat, noch weniger Mühe gehabt haben sollte, als mir die Darstellung desselben kostete, und wenn wenigstens mehrere von ihnen, überrascht von der Leichtigkeit, mit welcher man zu scheinbar so hoch gestellten Dingen dieser Art gelangen kann, in den oben, im Eingang dieser Schrift erwähnten Ausruf mit einstimmen sollten.

Wien.
In der Fr. Beck'schen Universitäts-Buchhandlung.
1835.