

rungen erlitten, und nach denselben war seine Rückkehr durch den Jupiter ungefähr um 518, durch Saturn um 100 Tage verzögert worden, so daß sie erst in der Mitte des April 1759 zu erwarten war. In der That ging der Halley'sche Komet am 12. März 1759 durch das Perihelium.

Während also einerseits die Kometen sehr bedeutende Störungen durch die Planeten erfahren, hat man bis jetzt noch keine Störungen nachweisen können, welche die Planeten durch Kometen erlitten hätten, woraus sich ergibt, daß die Masse der Kometen sehr klein im Vergleich zu der Masse der Planeten sein muß.

Wäre z. B. der Komet von 1770 an Masse der Erde gleich, so müßte er in seiner Erdnähe solche Störungen hervorgebracht haben, daß das Erdjahr dadurch um fast 3 Stunden verlängert worden wäre. Es ist aber nicht die mindeste Verlängerung der Jahresdauer bemerkt worden, während eine Verlängerung von 2 Secunden der Beobachtung nicht hätte entgehen können, woraus denn folgt, daß die Masse des Kometen von 1770 gewiß noch nicht  $\frac{1}{5000}$  der Erdmasse sein kann.

**Störungen der Mondbahn.** Die raschen Aenderungen, welchen die Elemente der Mondbahn unterworfen sind (§. 68, S. 162), sind die Folge bedeutender störender Kräfte. Für den Mond ist die Erde der Centrakörper, und wenn sie nebst dem Monde allein im Raume sich befände, so würde der Mond eine Ellipse beschreiben, deren einen Brennpunkt die Erde einnimmt und deren Gestalt eben so unveränderlich sein würde wie ihre Lage im Raume. Nun aber wirkt die Sonne auf den Mond als störender Körper, und in Folge ihrer so bedeutenden Masse sind auch die Störungen, welche sie im Mondslauf hervorbringt, sehr bedeutend.

Die Erde wird ebenso wie der Mond beständig von der Sonne angezogen, und indem sie ihre Bahnen durchlaufen, fallen sie gewissermaßen stets gegen diesen Centrakörper hin. Wenn nun die Anziehungen der Sonne auf die Masseneinheit des Mondes und auf die Masseneinheit der Erde immer gleich wären, so würde der Fall beider Weltkörper gegen die Sonne hin ganz derselbe sein; ihre gegenseitige Stellung würde also dadurch nicht alterirt werden, der Mond würde ganz so um die Erde kreisen, als ob die Sonne gar nicht vorhanden wäre.

So verhält es sich aber nicht. Die Anziehung, welche die Sonne auf die Einheit der Mondmasse ausübt, ist bald größer, bald kleiner, als die Kraft, mit welcher die Einheit der Erdmasse von der Sonne angezogen wird, und daraus gehen dann Störungen hervor, deren vorzüglichste Wirkungen wir schon früher kennen lernten.

Zur Zeit des Neumondes ist der Mond der Sonne näher als die Erde, also wird zu dieser Zeit die Einheit der Mondmasse stärker von der Sonne angezogen als die Einheit der Erdmasse, der Mond gravitirt schneller gegen die Sonne hin als die Erde, der störende Einfluß der Sonne wirkt also jetzt dahin, den Abstand des Mondes und der Erde zu vergrößern.

Zur Zeit des Vollmondes ist die Erde der Sonne näher, die Erde gra-

vitirt also zu dieser Zeit stärker gegen die Sonne hin als der Mond, also auch jetzt wirkt die störende Kraft der Sonne dahin, die Entfernung der beiden Körper zu vergrößern.

Diese störende Wirkung der Sonne ist aber offenbar größer, wenn sich die Erde in der Sonnennähe, kleiner, wenn sie sich in der Sonnenferne befindet, die Mondbahn muß sich deshalb etwas zusammenziehen, während die Erde sich vom Perihelium zum Aphelium bewegt, um sich dann wieder etwas auszudehnen, während die Erde den Bogen vom Aphelium bis zum Perihelium durchläuft.

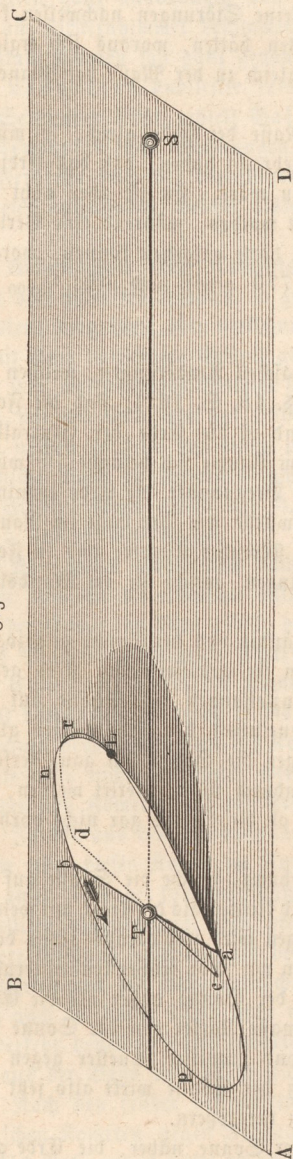
Nach dem dritten Kepler'schen Gesetz muß aber diese Erweiterung und Zusammenziehung der Mondbahn auch ein periodisches Ab- und Zunehmen der Umlaufzeit des Mondes zur Folge haben; die Umlaufzeit des Mondes muß also ungefähr zur Zeit des Wintersolstitiums etwas größer sein, als zur Zeit des Sommersolstitiums.

Diese periodische Aenderung in der Umlaufzeit des Mondes, welche den Namen der jährlichen Gleichung führt, war bereits schon von Tycho de Brahe beobachtet worden. In der That ist die siderische Umlaufzeit des Mondes zu Anfang des Jahres ungefähr um  $\frac{1}{4}$  Stunde größer als in der Mitte des Jahres.

Wir wollen nun noch versuchen, so weit es auf elementarem Wege möglich ist, verständlich zu machen, wie durch den störenden Einfluß der Sonne der Rückgang der Knoten der Mondbahn bewirkt wird.

Es stelle  $ABCD$ , Fig. 147, ein Stück der Ebene der Erdbahn dar;  $S$  sei die Sonne,  $T$  die Erde,  $aLbp$  die Mondbahn, welche die Ekliptik in der Knotenlinie  $ab$  schneidet. Ohne die Einwirkung der Sonne würde der Mond stets in derselben Ebene sich fortbewegen, die Knotenlinie würde also unverändert bleiben. Die Einwirkung der Sonne äußert aber ein Bestreben, die Ebene seiner Bahn fortwährend zu ändern, namentlich wenn der Mond sich in denjenigen

Fig. 149.



Punkten seiner Bahn befindet, welche der Sonne am nächsten und am entferntesten liegen.

In dem Punkte  $L$  seiner Bahn angekommen, welcher der Sonne am nächsten liegt, strebt die Einwirkung der Sonne offenbar dahin, den Mond aus der durch  $T$  und das Bogenstück, welches er zuletzt durchlief, gelegten Ebene herauszubringen.

Statt daß der Mond unter dem alleinigen Einfluß der Erde nun den Bogen  $Ln b$  zurückgelegt haben würde, beschreibt er unter dem störenden Einflusse der Sonne den Bogen  $Lrd$ , kurz es verhält sich Alles so, als ob unter dem Einflusse der Sonne die Ebene der Mondbahn um die Linie  $LT$  gedreht würde, wodurch dann die Knotenlinie  $ab$  in die Lage  $cd$  gebracht wird; die Knotenlinie der Mondbahn muß sich also in der Ebene der Ekliptik in einer Richtung drehen, welche der Richtung entgegengesetzt ist, in welcher der Mond selbst sich bewegt.

Ganz in der gleichen Richtung strebt die Sonne die Ebene der Mondbahn zu drehen, wenn sich derselbe in dem von der Sonne entferntesten Theile seiner Bahn befindet.

So giebt denn das Gesetz der allgemeinen Schwere von allen den verschiedenen Ungleichheiten Rechenhaft, welchen die Bewegung des Mondes unterworfen ist; ohne Zweifel gehört aber dieser Gegenstand zu den schwierigsten und verwickeltesten Aufgaben der mathematischen Analysis.

**Ebbe und Fluth.** Die Oberfläche des Meeres zeigt regelmäßige und 98 periodische Oscillationen, welche unter dem Namen der Ebbe und Fluth bekannt sind. Ungefähr 6 Stunden lang steigt das Meer, das ist die Fluth; dann fällt es wieder in den nächsten 6 Stunden, und dieses Sinken wird die Ebbe genannt. An jedem Tage findet zweimal Ebbe und zweimal Fluth Statt.

Der Zeitraum, innerhalb dessen diese doppelte Oscillation vor sich geht, ist jedoch nicht genau 24 Stunden, sondern im Mittel 24 Stunden 50 Minuten 28 Secunden, gerade die Zeit, welche zwischen zwei auf einander folgenden Culminationen des Mondes verstreicht. Zwischen einem Maximum der Fluth bis zum anderen liegt demnach immer eine Zeit von  $12^h 25' 14''$ . Wenn also an einem Tage die Fluth Mittags um 12 Uhr ihre größte Höhe erreicht, so wird dasselbe am nächsten Tage um  $12^h 50'$ , am zweiten um  $1^h 41'$ , am dritten um  $2^h 31'$  u. s. w. stattfinden, und zwischen zwei Nachmittags- oder Abendfluthen wird dann immer eine Morgenfluth in der Mitte liegen.

Die Höhe der Fluth, d. h. der Unterschied zwischen dem Niveau des Meeres zur Zeit seines höchsten und seines darauf folgenden tiefsten Standes ist selbst für einen und denselben Ort nicht unveränderlich, sondern erleidet theils periodische, theils zufällige Schwankungen. Die letzteren werden vorzugsweise durch Winde und Stürme bedingt, welche je nach Umständen das Steigen der Fluth bald begünstigen, bald hemmen. Die periodischen Schwankungen, welchen die Höhe der Fluth unterworfen ist, sind aber von den Phasen des Mondes abhängig. Die Höhe der Fluthen wird am größten zur Zeit des Neumon-