

Das Planetensystem.

Die Sonne.

Alle Himmelskörper scheinen sich an der innern Oberfläche einer Halbkugel zu befinden, welche von der Oberfläche der Erde begrenzt wird. Diese Gränze, welche auf der See oder in ganz ebenen Gegenden einen vollkommenen Kreis bildet, in dessen Mittelpunkte sich der Beobachter befindet, heißt der Horizont, welcher sich um so mehr erweitert, je höher sich der Beobachter über die Oberfläche der Erde erhebt. Die durch diesen Kreis gelegte Ebene, welche dieselbe Lage wie die Oberfläche des stillstehenden Wassers hat, heißt die Horizontal-Ebene, und eine Linie, lothrecht auf dieser Ebene am Orte des Beobachters errichtet, trifft das Himmelsgewölbe im Zenith oder Scheitelpunkte; denkt man sich diese Linie durch die Erde verlängert, so trifft sie das Himmelsgewölbe in dem, dem Zenith gegenüberliegenden Punkte Nadir oder Fußpunkt. Die Veränderung des Beobachtungs-Ortes bewirkt natürlich eine Veränderung des Horizonts und des Zeniths. Nimmt man in dem Horizont einen bestimmten Punkt als Anfangspunkt an, und denkt sich durch das Zenith und einen Stern einen Kreis gelegt, der senkrecht auf der Horizontal-Ebene steht, so ist der Ort des Sterns genau bestimmt durch den Bogen des letztern Kreises von dem Stern bis zum Horizont, welcher seine Höhe heißt, und durch den Bogen des Horizonts von dem Anfangspunkte bis dahin, wo der durch Zenith und Stern gelegte Kreis den Horizont trifft, welcher den Namen Azimuth führt. Der Ort des Sterns ändert sich aber mit jedem Augenblicke, auch hat derselbe Stern zu derselben Zeit an einem andern Beobachtungsorte eine andere Höhe und ein andres Azimuth, es muß also zur genauen Bestimmung des Ortes eines Sterns durch Höhe und Azimuth sowohl der Beobachtungsort, als auch die Zeit der Beobachtung gegeben werden.

Alle Gestirne erheben sich täglich auf der einen Seite des Horizonts, erreichen eine größte Höhe am Himmelsgewölbe und nähern sich auf der entgegengesetzten Seite wieder dem Horizont, unter welchem sie zum Theil wieder verschwinden, ohne ihre gegenseitige Lage zu verändern. Die Punkte, in welchem sie ihre größte Höhe erreichen liegen alle in einem Kreise, welcher zugleich durch das Zenith geht, auf der Horizontal-Ebene senkrecht steht, und Meridian oder Mittagskreis genannt wird, weil auch die Sonne in ihm steht, wenn sie zur Mittagszeit ihre größte Höhe über dem Horizont erreicht hat. Denkt man sich durch diesen Kreis eine Ebene gelegt, so durchschneidet diese die Horizontal-Ebene in einer geraden

Anie, Mittagslinie, welche den Horizont in zwei einander gegenüberliegenden Punkten, dem Nord- oder Mitternachts-Punkte und dem Süd- oder Mittags-Punkte trifft; und eine Linie, welche in der Horizontal-Ebene senkrecht auf der Mittagslinie errichtet wird, trifft den Horizont in zwei Punkten, welche von dem Nord- und Süd-Punkte gleichweit ab- stehen und Ost- oder Morgen-Punkt und West- oder Abend-Punkt heißen. Stelle sich der Beobachter so, daß er zu Mittag die Sonne gerade vor sich hat, so liegt ihm der Ost-Punkt links, der West-Punkt rechts, der Süd-Punkt vor, der Nord-Punkt hinter ihm.

Die Sterne scheinen nun, indem sie in Osten auf- und in Westen niedersteigen, Kreise am Himmel zu beschreiben, die unter sich parallel und gegen den Horizont unter einem schiefen Winkel geneigt sind; der uns sichtbare Theil der Bahn wird um so größer sein, je weiter von S. gegen N., und um so kleiner, je weiter von N. gegen S. sie aufgehen. Viele von ihnen werden sogar bei ihrem Niedersteigen den Horizont nicht erreichen, also ihre ganze Bahn dem Beobachter zeigen und zweimal durch den Meridian gehen. Dieser Durchgang durch den Meridian heißt die Kulmination der Sterne; die nie unter dem Horizont verschwindenden Sterne, wie z. B. das Sternbild des großen Bären, haben eine obere Kulmination, wenn sie am höchsten stehen, und eine untere, wenn sie ihre kleinste Höhe über dem Horizont erreichen. Diese Kreise werden um so kleiner, je näher ein Stern einem gewissen Punkte steht, ganz in der Nähe dieses Punktes werden die Sterne sich noch kaum zu bewegen scheinen. Dieser Punkt heißt der Nordpol, sein ihm gerade gegenüberliegender Punkt auf der andern Seite des Himmels der Südpol und die, beide Punkte verbindende, Linie die Weltaxe. Die Höhe des Pols über dem Horizont heißt die Polhöhe. Es wird sich also die ganze Erscheinung der Bewegung der Sterne so darstellen, als wären diese an der innern Seite einer Hohlkugel befestigt, in deren Mittelpunkte sich die Erde befindet, und die sich um die, immer in derselben Lage bleibenden Weltaxe in gleichförmiger Bewegung dreht.

So erklärten sich auch die Alten die gleichförmige Bewegung der Sterne.

Unter den Myriaden von Weltkörpern, welche den gestirnten Himmel schmücken, zeichnen sich aber mehrere aus, deren Bewegung nicht so gleichmäßig ist, die also ihre Lage gegen die übrigen fortwährend ändern. Dieß sind die Sonne, der Mond, die Planeten und die Kometen. Wir betrachten von ihnen zuerst die Sonne, als denjenigen Weltkörper, welchem wir die größten Wohlthaten, die Spendung von Licht und Wärme, verdanken, ohne welche unsere Erde ein finsterner, unwirthbarer Eisklumpen sein würde, auf welchem kein Wesen, sei's Thier, sei's Pflanze auch nur Augenblicke lang ein freudenloses Dasein erhalten könnte.

Am Anfange des Frühlings (den 21. März) geht die Sonne um 6 Uhr Morgens genau im Ostpunkte auf, beschreibt am Himmel einen, den Bahnen der Fixsterne parallel lau-

senden Bogen und geht um 6 Uhr Abends genau im Westpunkte unter; eben so lange Zeit gebraucht sie, um wieder zu ihrem Aufgangspunkte zu gelangen. Dieser ganze Kreis heißt der Himmels-Aequator; er theilt die Himmelskugel in die nördliche und südliche Halbkugel, und die durch ihn gelegte Ebene schneidet die Erde in dem Erdaequator. An den folgenden Tagen rückt sowohl ihr Aufgangs- als ihr Untergangspunkt allmählig weiter gegen den N. Punkt des Horizonts bis zum 22. Juni. Die Sonne geht täglich um etwas früher auf und um ebensoviel später unter, die Bogen ihrer täglichen Bahn, die sie über dem Horizont beschreibt, ihre Tagbogen, werden täglich größer, und ihr Kulminations-Punkt rückt dem Zenith immer näher. Am 22. Juni ist ihr Auf- und Untergangspunkt $23\frac{1}{2}$ Grad, d. i. $\frac{47}{80}$ des Viertelkreises des Horizonts vom O. u. W. Punkt gegen den N. Punkt gerückt, ihr Kulminationspunkt liegt ebenfalls um $23\frac{1}{2}$ Grad dem Zenith näher, als am 21. März, die Sonne geht etwas vor 4 Uhr auf, und um ebensoviel nach 8 Uhr unter, und ihr Tagbogen beträgt $\frac{2}{3}$ d. i. etwas mehr als $\frac{2}{3}$ des ganzen Kreises. An den folgenden Tagen bewegen sich die Auf- und Untergangspunkte mit derselben Geschwindigkeit wieder nach dem O. u. W. Punkte zurück, erreichen diese am 23. September, an welchem Tage die Sonne dieselbe Bahn durchläuft, wie am 21. März, und gehen dann von O. und W. nach S. zu, entfernen sich aber von O. u. W. auch nur um $23\frac{1}{2}$ Grad. Die Sonne geht täglich später auf und früher unter, die Tagbogen werden kleiner und kleiner bis zum 21. Dezember. An diesem Tage liegt der Kulminations-Punkt der Sonne dem Horizont um $23\frac{1}{2}$ Grad näher als am 21. März, sie geht bald nach 8 Uhr auf und kurz vor 4 Uhr unter, und ihr Tagbogen beträgt etwas weniger als $\frac{1}{3}$ des ganzen Kreises. Darauf geht die Sonne auf demselben Wege wieder zurück, und braucht genau ein halbes Jahr, um wieder zu ihrem nordöstlichen Aufgangspunkte zu gelangen. Die Sonne scheint sich also in einer Schraubenlinie um die Erde zu bewegen, welche 182 Windungen hat. Dabei ändert sie aber auch ihre Stellung gegen die Fixsterne. Denn einem aufmerksamen Beobachter wird es nicht entgehen, daß dieselben Fixsterne täglich früher, also eher nach Sonnen-Untergang unter dem westlichen Horizonte verschwinden, sich also der Sonne nähern müssen; die Sterne aber, welchen sich die Sonne am meisten nähert, findet man, wenn man sich den Standpunkt der Sonne am Mittag bemerkt, und genau nach einem halben Jahre zu Mitternacht denselben Punkt am Himmel aufsucht. Führt man so ein ganzes Jahr hindurch fort, so findet man die sämmtlichen Sterne, bei welchen die Sonne auf ihrer jährlichen Wanderung vorübergeht. Diese liegen alle in einem Kreise, welcher den Namen Ekliptik führt, den Horizont und den Aequator im O. und W. Punkt durchschneidet, und gegen den letztern unter einem Winkel von $23\frac{1}{2}$ Grad geneigt ist.

Die Bewegung der Sterne und der Sonne um die ruhende Erde ist nur eine scheinbare. Schon Plutarch (*de placitis philos.* 3, 13) und Aristoteles (*de coelo* 2, 13) deu-

teten an, daß die Philosophen ihrer Zeit sich die Erde als den bewegten und die Sonne und Sterne als ruhende Körper dachten, bestimmter aber sprach es Kopernikus (1507) in seinem großen Werke *de revolutionibus orbium coelestium* aus. Er behauptete, daß die Erde in 24 Stunden sich um ihre Ase von W. nach O. drehe, und in einem Jahre in einer kreisförmigen Bahn sich um die feststehende Sonne bewege. Ihre Ase sei unter einem Winkel von $66\frac{1}{2}^\circ$ gegen die Ebene ihrer Bahn geneigt, und behalte stets dieselbe Lage, so daß ihre Verlängerungen den Nordpol und den Südpol des Himmels treffen.

Durch diese Annahme erklären sich leicht alle bisher angeführten Erscheinungen. Die jährliche Bahn der Sonne ist also keine Schraubenlinie, sondern ein Kreis, die Ekliptik, sie durchschneidet den Aequator in dem O. und W. Punkte, den Aequinoctialpunkten, unter einem Winkel von $23\frac{1}{2}$ Grad, welcher Winkel die Schiefe der Ekliptik heißt, und entfernt sich in den Durchschnittspunkten mit dem Meridian, den Solstitialpunkten, d. i. da, wo sie ihre größte und kleinste Höhe über dem Horizont erreicht, ebenfalls um den Bogen von $23\frac{1}{2}$ Grad. Legt man durch den Pol und den Mittelpunkt der Sonne oder eines Sternes einen Kreis, der also auf der Ebene des Aequators senkrecht stehen muß, so nennt man den Bogen zwischen dem Aequator und Sonnencentrum oder Stern, die Abweichung oder Deklination, welche nördlich oder südlich ist, und den Bogen des Aequators vom O. oder Frühlings-Aequinoctial-Punkte, bis dahin, wo er von jenem Abweichungskreise getroffen wird, die gerade Aufsteigung oder Rectascension der Sonne oder des Sternes, welche von 0 bis 360° nach der Richtung gerechnet wird, in welcher sich die Sonne bewegt.

Da der Himmelsäquator für alle Orte der Erde und für alle Zeiten derselbe ist, so bietet er ein geeignetes Mittel zur Bestimmung des Ortes eines Sternes durch Deklination und Rectascension dar, welches auch allgemein in Anwendung ist. Mittelt des Aequators kann man auch leicht die Lage der Ekliptik bestimmen, indem man täglich durch unmittelbare Beobachtung der Sonnenkulmination die Deklination, und durch die Beobachtung der Kulmination eines Sternes ihre Rectascension findet. Denn da sich die Erde mit gleichförmiger Geschwindigkeit um ihre Ase dreht, so verhält sich die Zwischenzeit der Kulminationen der Sonne und des Sternes, zur ganzen Umlaufszeit des Sternes (24 St.) wie der Unterschied ihrer Rectascensionen zu 360° . Da nun die Rectascension des Sternes immer dieselbe ist, und durch unmittelbare Beobachtung gefunden werden kann, so ist auch durch das angeführte Verhältniß die Rectascension der Sonne bestimmt. Es sei z. B. die Aequatorhöhe eines Ortes 40° und die Sonnenhöhe an einem Tage bei ihrer Kulmination 52° , so ist an diesem Tage ihre Deklination 12° nördlich. An demselben Tage kulminire die Sonne um 12 Uhr Mittags, ein bestimmter Stern um 9 Uhr Abends, so verhält sich $9:24 = x:360^\circ$, mithin ist x , der Unterschied der beiden Rectascensionen $= 9 \frac{3}{4}^\circ = 135^\circ$. Es sei nun die beob-

achtere Rectascension des Sterns 87° , so ist die Rect. der Sonne $= 135^\circ + 87^\circ = 222^\circ$. Legt man durch die Pole des Aequators und die Aequinoctialpunkte, ebenso durch dieselben Punkte und die Solstitialpunkte größte Kreise, so müssen sich dieselben rechtwinklig durchschneiden, da die Solstitialpunkte von den Aequinoctialpunkten beiderseits um einen Viertelkreis abstehen, der erste heißt Colur der Nachtgleichen, der letzte Colur der Sonnenwenden.

Schon von den ältesten Astronomen wurde die Wichtigkeit erkannt, welche die genaue Kenntniß der Lage der Ekliptik auf die ganze Wissenschaft habe. Sie theilten den ganzen Kreis in 12 gleiche Theile, also jeden zu 30° Länge, und bildeten aus den zunächst zu beiden Seiten der Ekliptik liegenden Sterngruppen Sternbilder, die noch jetzt die ihnen damals gegebenen Namen führen:

Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, Wage, Skorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische; oder in 2 lateinischen Hexametern:

Sunt aries, taurus, gemini, cancer, leo, virgo,

Libraque, scorpio et arciteuus, caper, amphora, pisces.

Dieser zwanzig Grad breite Gürtel des Himmels heißt von den in ihm liegenden Sternbildern Thierkreis, Zodiakus; in ihm bewegen sich Sonne, Mond und alle damals bekannten Planeten. Die Namen sind den Sternbildern in einer Zeit gegeben worden, wo der Frühlingspunkt genau mit dem Anfange des Sternbildes des Widders zusammenfiel.

Die Ekliptik dient eben so wie Horizont und Aequator als Basis zur Bestimmung eines Ortes. Legt man durch ihre Pole (die um einen Viertelkreis von allen Punkten des Kreises entfernt sind) und den zu bestimmenden Ort einen größten Kreis, so heißt der Bogen desselben zwischen dem Ort und der Ekliptik die Breite des Ortes, die nördlich oder südlich ist; und der Bogen der Ekliptik, welcher zwischen dem Frühlingspunkte und dem Punkte liegt, in welchem jener erste Kreis die Ekliptik trifft, die Länge des Ortes, welche man entweder von 0° bis 360° zählt, oder vom 0 Punkte nach beiden Seiten, mit der Unterscheidung östlich und westlich.

Obgleich die Bestimmung durch Länge und Breite bequemer ist, als die durch Rectascension und Declination, so hat sie doch den wesentlichen Nachtheil, daß die einmal gefundene Bestimmung nicht für alle Zeiten gilt. Es hat sich nämlich durch Vergleichung der Beobachtungen aus älterer und neuerer Zeit herausgestellt, daß die Länge der Fixsterne jährlich um 50.1 Sekunde zunimmt, oder, was dasselbe ist, daß die Aequinoctialpunkte um ebensoviel zurückweichen, d. h. in der, dem Laufe der Sterne entgegengesetzten Richtung zurückweichen. Diese Bewegung nennt man die Präcession der Nachtgleichen.

Der Frühlingspunkt lag einst, etwa 400 Jahr vor Chr. zu Anfang des Sternbildes des Widders, jetzt liegt er im Sternbild der Fische, und wird in 8300 Jahren im Sternbild des

Schützen stehen. Nichtsdestoweniger hat man die alte Bezeichnung beibehalten und nennt den Frühlingspunkt immer noch den O Punkt des Widders, den Sommer-Solstitialpunkt nennt man den O Punkt des Krebses u. s. f.; deshalb muß man die Sternbilder von den gleichnamigen Zeichen der Ekliptik unterscheiden.

Die Präcession der Nachtgleichen ist aber nicht die einzige Ursache, wodurch die Bestimmung eines Ortes durch Länge oder Breite mit der Zeit verändert wird. Es tritt noch hinzu eine Veränderung in der Schiefe der Ekliptik, obwohl diese viel kleiner und erst nach Jahrhunderten bemerkbar ist. Zur Zeit Tscheou-Kongs, 1100 vor Chr. war dieselbe $23^{\circ}54'2''$, im Jahre 1800 nach Chr. $23^{\circ}27'56''$, also ist sie in 2900 Jahren um $26'6''$ geringer geworden, und in 167830 Jahren wird die Ekliptik mit dem Aequator zusammenfallen, vorausgesetzt, daß die Schiefe der Ekliptik sich mit der Zeit gleichmäßig verringert.

Was die physische Beschaffenheit des Sonnenkörpers betrifft, so ergeben Beobachtungen und die allgemeinen Gesetze der Attraction und Gravitation Folgendes: Der Durchmesser der Sonne beträgt 187796 geographische Meilen, mithin ihre Oberfläche in runden Zahlen 111000 Millionen Quadratmeilen, und ihr körperlicher Inhalt 3500 Billionen Kubikmeilen; ihre Masse ist 355000 mal größer als die der Erde und mehr als 700 mal größer als die der sämtlichen Planeten mit ihren Monden zusammengenommen. Denkt man sich um den Aequator der Sonne eine Eisenbahn gelegt, und nimmt man als Geschwindigkeit der Fahrt 5 Meilen auf die Stunde an, so würde man 13 Jahre $171\frac{1}{2}$ Tage, Tag und Nacht fahren müssen, um eine Reise um die Sonne zu machen, während man zu einer Reise um die Erde unter gleichen Umständen nur 45 Tage gebrauchen würde. Diese große Masse des Sonnenkörpers bewirkt, daß auf seiner Oberfläche die Schwere der Körper fast 30 mal größer ist als bei uns, und daß ein frei herabfallender Körper in der ersten Sekunde seines Falles 430 Fuß durchläuft, während er auf unsrer Erde in der ersten Sekunde nur eine Geschwindigkeit von 15 Fuß hat. Dagegen ist die Dichte des Sonnenkörpers im Durchschnitt nur gleich der Dichte der Steinkohle, oder 4 mal geringer als die des Erdkörpers. So wenig aber unsre Erde ein durchgängig gleichartiger Körper ist, ebenso wenig ist es auch der Sonnenkörper, sondern die Theilchen desselben müssen sich nach den Gesetzen der Attraction um so inniger an einander anschließen, also eine um so dichtere Masse bilden, je näher sie dem Mittelpunkte liegen, es muß mithin die Dichte des Sonnenkörpers von der Oberfläche nach dem Mittelpunkte zunehmen, und in demselben einen außerordentlich hohen Grad erreichen.

Die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde beträgt 20,665,800 Meilen, eine Entfernung, welche eine Lokomotive nach dem vorigen Vergleiche erst in 472 Jahren durchlaufen würde.

Um die Sonne beobachten zu können, ohne das Auge der Gefahr des Erblindens aus-

zusehen, bedient man sich gefärbter Gläser, durch welche ein großer Theil der Lichtstrahlen abgehalten wird, und doch noch so viele durchgelassen werden, daß sich auf der Netzhaut des Auges ein deutliches Bild der Sonne bildet. Dieses Sonnenbild ist nicht immer sich gleich, es zeigen sich auf demselben oft große unregelmäßige dunkle Flecken, Sonnenflecke, die ihre Gestalt und gegenseitige Stellung entweder längere Zeit behalten, oder schnell ändern. Dieselben sind zuweilen von einer Ausdehnung, welche die Oberfläche unserer Erde bei weitem übertrifft, und werden von grauen Rändern umgeben, die aber nicht schattirt sind, sondern in ihrer ganzen Breite dieselbe Farbe zeigen. In der Nähe der Sonnenflecken zeigen sich Stellen, welche viel kräftiger erleuchtet sind, als die übrige Oberfläche der Sonne, sie heißen Sonnenfackeln, der übrige Theil der Oberfläche zeigt sich wie mit kleinen dunklen Schüppchen übersät. Die Sonnenflecken bewegen sich von O. nach W., verschwinden am westlichen Rande und erscheinen nach 14—15 Tagen wieder am östlichen, woraus schon Fabricius Phrysius (*de maculis in sole observatis*, Wittenberg 1611) schloß, daß sich die Sonne um ihre Ase drehe und zu dieser Umdrehung fast einen Monat, genauer 25 Tage 3 Stunden gebrauche.

Aber diese Flecken bleiben nicht für immer an denselben Stellen des Sonnenkörpers, sie ändern ihre Gestalt, sie verschwinden auch ganz, es erscheinen andere an vorher fleckenlosen Stellen, so daß die Oberfläche der Sonne stets ein verändertes Bild darstellt. Diese Erscheinung erklärt die neueste Hypothese auf folgende Art: Der an sich dunkle Sonnenkörper schwebt in einem undurchsichtigen Dunstkreis, der wieder von einer leuchtenden, in steter heftiger Bewegung sich befindenden Materie, der Lichtsphäre (Photosphäre) umgeben wird. In dieser entstehen Risse, welche entweder bloß die darunter liegende dunkle Atmosphäre sehen lassen, wodurch die weniger dunklen Flecken und Fleckchen entstehen, oder die Bewegung der Lichtsphäre theilt sich auch der dunklen Atmosphäre mit, spaltet sie, und bewirkt, daß Theile des Sonnenkörpers selbst zum Vorschein kommen, die sich durch ihre tiefere Schwärze von den sie umgebenden Rändern der, von oben her erleuchteten und dadurch grau erscheinenden dunklen, Atmosphäre unterscheiden. Wird aber die Lichtmaterie von einer Stelle verdrängt, so muß sie sich an andern Stellen anhäufen und verdichten, und dadurch eine größere Intensität erhalten. Diese Stellen sind die Sonnenfackeln, welche mit den Flecken verschwinden, indem sich das gestörte Gleichgewicht der Lichtsphäre wieder herstellt. Nach einer andern Meinung sollen die Sonnenflecken die Spitzen von Bergen sein, welche über die Lichtsphäre hinausreichen; aber dann müßten dieselben von den nach allen Seiten hin strömenden Lichtstrahlen selbst erleuchtet werden, könnten also nicht so tief schwarz erscheinen und ihre Ränder könnten nicht gleichförmig grau sein, sondern sie müßten allmählig vom tiefsten Dunkel in das hellste Licht übergehen.

Wenn die Bewegung der Sonnenflecken von O. nach W. überhaupt die Vermuthung einer Umdrehung der Sonne um ihre Axe hervorruft, so deutet die Gestalt der Bahnen dieser Flecken auf die Lage der Sonnen-Axe hin. Die Ebenen dieser Bahnen müssen nämlich senkrecht auf der Axe stehen und von der Erde aus gesehen, als gerade Linien erscheinen, wenn die Axe senkrecht auf der Ebene der Ekliptik steht; in jedem andern Falle als krumme Linien, die entweder ihre erhabene Seite nach oben N. oder nach unten S. wenden, je nachdem die Sonne ihren N. oder S. Pol der Erde zuwendet, und Bogen von Ellipsen sein werden, wenn der Winkel der Axe gegen die Ekliptik größer als 0° , dagegen vollständige Kreise, wenn die Axe mit der Ekliptik zusammenfällt. Durch genaue Beobachtung dieser Sonnenfleckenbahnen ist bekannt, daß sie am 10. Juni und 10. Dezember gerade Linien bilden, vom 10. Juni bis 10. Dezember wenden sie ihre erhabene Seite nach S., und in der andern Hälfte des Jahres nach N., die stärkste Krümmung haben sie im September und März, und zwar beträgt dann die kleine Axe der Ellipse nahe den achten Theil des Sonnendurchmessers. Daraus folgt nun, daß am 10. Juni und 10. Dezember die Sonnenaxe senkrecht auf der Ekliptik steht, oder mit andern Worten: die Ebene des Sonnenäquators mit der Ekliptik zusammenfällt, im Sommer und Herbst unter, und im Winter und Frühling über der Ekliptik liegt; daß ferner die Ebenen der Ekliptik und des Sonnenäquators sich in einer geraden Linie, Knotenlinie, durchschneiden, und einen Neigungswinkel von $7^\circ 15'$ bilden; und da am 10. Juni und 10. Dezember die heliocentrische (d. i. vom Mittelpunkte der Sonne aus gesehene) Länge der Erde 78° und 258° beträgt, oder die Erde beziehungsweise im 78ten und 258ten Grade der Ekliptik steht, so ist die Lage dieser Knotenlinie, sowie die Lage der Sonnenaxe im Weltraume so genau bestimmt, als es die Veränderlichkeit der Sonnenflecken nur immer zuläßt. *)

Die Planeten.

Durch ein astronomisches Fernrohr betrachtet erscheinen die meisten Sterne nur als leuchtende untheilbare Punkte, nur sehr wenige als kleine Scheiben. Die erstern bleiben unveränderlich in derselben Lage gegeneinander, während die letztern von Tag zu Tag mit ungleicher Geschwindigkeit in Bahnen am Himmel fortschreiten, die einander fast parallel sind. Dieser Bewegung verdanken sie den Namen Planeten, Wandelsterne, im Gegensatz zu den unwandelbar feststehenden Fixsternen. Zu ihnen gehört auch unsre Erde, aus deren Bewe-

*) Wenn man mit m die große, mit n die kleine Axe der Ellipse bezeichnet, welche ein Sonnenfleck beschreibt, mit l die gleichzeitige geocentrische (d. i. vom Mittelpunkte der Erde aus gesehene) Länge der Sonne, mit a die Länge des aufsteigenden Knotens, mit x den Neigungswinkel der beiden Ebenen des Sonnenäquators und der Ekliptik, so ist

$$\text{Sinus } x = \frac{n}{m \cdot \text{Sin. } (a-l)} \quad \text{oder wenn der Sonnen-Durchmesser} = 1 \text{ ist, } \text{Sin. } x = \frac{n}{\text{Sin. } (a-l)} \quad \text{daher } n = \text{Sin. } x \cdot \text{Sin. } (a-l)$$

Da die Größen x und a bekannt, und l für jeden Tag des Jahres bestimmt ist, so findet man durch diese Formel leicht die kleine Axe, oder die Breite der Ellipse, die ein Sonnenfleck beschreibt.

gung um die Sonne am leichtesten die Gesetze abgeleitet werden können, welchen die Planeten insgesammt unterworfen sind.

Die Sonne erscheint uns in verschiedenen Jahreszeiten von verschiedener Größe und scheint sich mit verschiedener Geschwindigkeit zu bewegen. Aus diesen Erscheinungen folgt, daß die Entfernungen der Erde von der Sonne verschieden sind, daß also die Erdbahn, da die Erde der bewegte und die Sonne der ruhende Körper ist, kein Kreis sein kann, in dessen Mittelpunkt die Sonne steht, weil in diesem Falle die Größe der Sonne und ihre scheinbare Geschwindigkeit stets dieselbe sein müßte. Am größten, nämlich $0,545^\circ$ im Durchmesser erscheint die Sonne gegen Ende Dezembers, zu welcher Zeit sie täglich um $1,019^\circ$ der Ekliptik durchläuft, am kleinsten dagegen, $0,525^\circ$ im Durchmesser zu Anfang Juli mit einer täglichen Geschwindigkeit von $0,953^\circ$. Verbindet man die beiden Punkte der Erdbahn, von welchen aus gesehen, die Sonne die Extreme ihrer Größe und Geschwindigkeit erreicht, durch eine gerade Linie, Apsidenlinie, so geht diese durch den Mittelpunkt der Sonne, und theilt die Erdbahn in zwei ganz gleiche Theile, indem die Erde genau dieselbe Zeit gebraucht, um von dem 1ten zum 2ten Punkt zu gelangen, wie um vom 2ten wieder zum 1ten zurückzukehren, derjenige, in welchem die Sonne am größten erscheint, heißt Perihelium, Sonnennähe, der zweite Aphelium, Sonnenferne, beide Apsiden.

Vergleicht man an verschiedenen Tagen die Geschwindigkeit mit dem Durchmesser, indem man sowohl die Geschwindigkeiten, als auch die Durchmesser an zwei Tagen durcheinandert dividirt, so findet man den Quotienten der Geschwindigkeiten gleich dem Quadrate der Quotienten der Durchmesser. z. B. die Geschwindigkeit war im Perihel. $1,019^\circ$, im Aphel. $0,953^\circ$ mithin ihr Quotient $= \frac{1,019}{0,953} = 1,0695$; der Sonnendurchmesser im Perihel. $0,545^\circ$, im Aphel. $0,525^\circ$, ihr Quotient also $= \frac{0,545}{0,525} = 1,0341$, erhebt man diesen aufs Quadrat, so erhält man die Zahl $1,0694$, was fast genau gleich ist dem Quotienten der Geschwindigkeiten. Dasselbe Verhältniß findet statt an allen andern Punkten der Erdbahn sowohl, als bei der Mond- und den übrigen Planeten-Bahnen. In Worten würde dies Gesetz also heißen: Die Geschwindigkeiten der Planeten verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der scheinbaren Durchmesser, oder wenn man statt des Verhältnisses der Durchmesser das aus denselben hervorgehende Verhältniß der Entfernungen von der Sonne setzt, da die Durchmesser in demselben Verhältniß abnehmen, wie die Entfernungen zunehmen, so heißt das Gesetz: Die Geschwindigkeiten verhalten sich wie die Quadrate der Entfernungen. (Erstes Keplersches Gesetz.)

Daraus folgt nun, daß die Produkte aus der Geschwindigkeit in das Quadrat der Entfernung eine beständige Größe ist, bei der Erde ist diese Zahl $= 3,455$. Aus diesem Gesetz, welches sich durch unzählige Beobachtungen bestätigt, leitete Kepler 1609 den Schluß ab,

daß die Planetenbahnen nicht, wie Kopernikus es wollte, excentrische Kreise, sondern Ellipsen seien, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht. (Dieser letzte Satz ist nur eine Folgerung aus dem ersten Gesetze und führt auch den Namen: Erstes Keplersches Gesetz.)

Um eine Ellipse mechanisch zu zeichnen, wähle man in einer Ebene zwei feste Punkte f und f' , befestige an sie einen biegsamen Faden, welcher länger ist, als die Entfernung von f bis f' , spanne diesen Faden mit der Spitze eines Stiftes, und führe diese bei immer gleicher Spannung des Fadens um die beiden Punkte herum, so ist die entstandene Kurve eine Ellipse, die beiden festen Punkte f und f' heißen ihre Brennpunkte, die gerade Linie, welche durch die Brennpunkte gehend zwei gegenüberliegende Punkte der Kurve verbindet, heißt die große Ase, die auf derselben in ihrer Mitte errichtete senkrechte Linie die kleine Ase, die Entfernung der beiden Brennpunkte von einander heißt Excentricität, und jede von einem Brennpunkte nach irgend einem Punkte der Kurve gezogene gerade Linie Radius vector.

Die Haupt-Eigenschaften der Ellipse sind folgende: Jede der beiden Axen theilt die Ellipse in zwei sich deckende Aeste, die Summe der beiden nach jedem Punkte der Kurve gezogenen Radien-vectoren ist immer dieselbe und gleich der großen Ase; je geringer die Excentricität ist, desto mehr nähert sich die Ellipse dem Kreise, und desto geringer ist der Unterschied der beiden Axen. Ihre Gestalt ist also bestimmt durch die große Ase und die Excentricität.

In solchen Kurven bewegen sich also die Planeten nach dem ersten Keplerschen Gesetze um die Sonne, welche in einem ihrer Brennpunkte steht; die große Ase ist demnach die Apsidenlinie, und ihre Endpunkte sind das Perihelium und das Aphelium.

Im Perihelium ist die Geschwindigkeit des Planeten am größten, während er sich aber von der Sonne entfernt, nimmt die Geschwindigkeit ab in demselben Verhältnisse, wie die Quadrate der Entfernung zunehmen bis er im Aphelium seine größte Entfernung und kleinste Geschwindigkeit erlangt, und dann sich wieder mit eben so beschleunigter, als vorher verzögerter Geschwindigkeit der Sonne nähert. Die halbe große Ase seiner Bahn ist die mittlere Entfernung von der Sonne, und die halbe Summe seiner Geschwindigkeiten im Perihelium und im Aphelium ist die mittlere Geschwindigkeit des Planeten.

Aus dem ersten Gesetze folgt unmittelbar das zweite; daß sich die Flächenräume die ein Radius vector in bestimmten Zeiten durchstreicht, genau eben so verhalten wie die dazu verwendeten Zeiten, oder daß in derselben Zeit, z. B. im 100sten Theile der ganzen Umlaufszeit des Planeten auch der 100ste Theil der Fläche der ganzen elliptischen Bahn des Planeten von dem Radius vector durchstrichen wird.

Es bleibt nur noch übrig das Verhältnisse der mittlern Entfernung verschiedener Planeten von der Sonne zu ihrer Umlaufszeit zu bestimmen. Schon Ptolemäus hatte die Mei-

nung ausgesprochen, daß die Entfernungen der Planeten von der Sonne um so größer sind, je länger ihre Umlaufszeit ist; daß beide aber nicht in demselben Verhältniß zunehmen, zeigte sehr bald die Berechnung. Jupiter z. B. ist $8\frac{2}{5}$ mal weiter von der Sonne entfernt, und gebraucht $11\frac{2}{5}$ mal so viel Zeit zu einem Umlauf als die Erde. Dem unermüdlischen Forschen Keplers gelang es, auch hier ein bestimmtes Verhältniß, das dritte Keplersche Gesetz aufzufinden. Indem er nämlich die verschiedenen Potenzen der Entfernungen und Umlaufzeiten mit einander verglich, fand er, daß die Quadrate der Umlaufzeiten sich verhalten wie die dritten Potenzen der mittlern Entfernungen; ein Gesetz, welches sich ebenfalls bei allen Planetenbahnen bestätigt findet.

Diese drei Gesetze bilden in Verbindung mit den durch höhere Analysis gefundenen Eigenschaften der Ellipse die Grundlage für die astronomischen Rechnungen in Bezug auf Planetenbahnen. Zur vollständigen Bestimmung einer Planetenbahn sind folgende durch Beobachtung aufzufindende Stücke, welche die Elemente der Bahn heißen, nothwendig:

- 1) die Lage der Knotenlinie, d. i. die Linie, in welcher die Bahn von der Ekliptik durchschnitten wird,
- 2) die Neigung der beiden Ebenen gegeneinander,
- 3) die Dauer der Umlaufszeit in Beziehung auf die Fixsterne,
- 4) die mittlere Entfernung des Planeten von der Sonne,
- 5) die Excentricität der Ellipse,
- 6) die Epoche, d. i. die mittlere Länge eines Planeten für einen gegebenen Zeitpunkt; diese wird in der Ebene der Bahn von einem Punkte an gerechnet, welcher von dem aufsteigenden Knoten um eben so viel rückwärts liegt, als die Länge des letztern beträgt,
- 7) die Länge des Periheliums für denselben Zeitpunkt.

Durch diese 7 Bestimmungs-Stücke vermag man den heliocentrischen Ort des Planeten für jeden Zeitpunkt, also die ganze Bahn des Planeten zu finden, was freilich eine genaue Bekanntschaft mit der höhern Mathematik erfordert, die ich bei dem größten Theile meiner Leser nicht voraussetzen wage.

Außerdem sind noch bei der Beobachtung selbst zu berücksichtigen die durch die Brechung der Lichtstrahlen, indem sie durch unsre Atmosphäre gehen, geänderte Gesichtslinie, indem wir den Stern an einem ganz andern, als an seinem wahren Orte, sehen. Die Größe der Brechung hängt aber wiederum von der Temperatur, wobei das Thermometer, von dem Feuchtigkeits-Gehalt, wobei das Hygrometer, und von der Dichte der Luft ab, wobei das Barometer zu befragen ist; und endlich noch von der größern oder geringern Höhe des beobachteten Sternes über dem Horizont; ferner ist zu berücksichtigen der Einfluß, welchen die Temperatur auf die Lage der Instrumente und auf den Gang der Uhren ausübt.

Gehen wir nun zu den einzelnen Gliedern des Planetensystems über.
Der Sonne am nächsten von allen Planeten steht:

Merkur.

Mit bloßen Augen ist dieser Planet kaum sichtbar, da er immer in die Nähe der Sonne gebannt, in ihren Strahlen verschwindet, und nur bald nach ihrem Untergange oder kurz vor ihrem Aufgange in der Dämmerung als kleine Scheibe erscheint. Seine mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 8,082000 deutsche Meilen, folglich muß er von der Erde bei seiner größten Nähe 12,700000 Meilen, bei seiner größten Entfernung 36,900000 Meilen abstehen. Seine scheinbare Größe muß also sehr verschieden sein; er erscheint in seiner größten Nähe unter einem Winkel von 12 Sekunden, in seiner größten Entfernung aber nur unter einem Winkel von 4 Sekunden, mithin seine Scheibe 9mal kleiner. Seine Oberfläche beträgt 1,075000 \square Ml. also etwa $\frac{1}{5}$ von der Oberfläche der Erde, oder so groß wie Europa und Asien zusammengenommen; sein kubischer Inhalt ist 104 Mill. Kubikmeilen, oder der 25te Theil der Erde, dagegen ist die Masse Merkurs oder seine Dichte mehr als 4 mal größer als die der Erde, oder im Durchschnitt so dicht wie das Gold.

Die große Nähe der Sonne bewirkt, daß sich Merkur mit einer viel größern Geschwindigkeit bewegen muß, als die Erde. Er durchläuft in einer Sekunde etwa $6\frac{1}{2}$ Meilen und braucht zu einem Umlauf um die Sonne 87 Tage 23 Stunden. Das Verhältniß der Excentricität seiner Bahn zu der halben großen Ase derselben beträgt 0,2055 der Halb-Ase, d. h. die Entfernung beider Brennpunkte von einander, oder die Differenz seines größten und kleinsten Abstandes von der Sonne beträgt 2,340000 Meilen.

Wenn Merkur mit der Erde in Opposition steht, d. h. wenn die Sonne zwischen der Erde und ihm steht, erscheint er in hellweißem, das Auge blendendem Lichte, als vollkommen kreisrunde Scheibe ohne einen wahrnehmbaren Flecken; in Konjunktion dagegen, wo er uns am nächsten steht, wird er gar nicht gesehen, da er dann der Erde seine dunkle, von der Sonne nicht erleuchtete Seite zuwendet, ausgenommen in den seltenen Fällen, wenn er in gerader Linie mit Erde und Sonne steht, indem er dann als dunkle Scheibe vor der Sonne vorübergeht, und uns das Schauspiel einer partialen Sonnenfinsterniß darbietet. Dieser Fall trat vom Jahre 1631 bis 1848 29 mal ein, er wird noch stattfinden 1861, 1868, 78, 81, 91, 94, u. s. f. allemal entweder im Mai oder November.

Zwanzig Tage, nachdem Merkur mit der Erde in Konjunktion oder Opposition gestanden hat, erscheint er eben so wie der Mond im ersten und letzten Viertel bloß als eine halbe Scheibe, indem er dann der Erde nur die Hälfte seiner erleuchteten Halbkugel zuwendet. Da die Stärke der Beleuchtung im umgekehrten Verhältniß zu den Quadraten der Entfernung steht, so muß die Beleuchtung Merkurs durch die Sonne nahe 4 mal stärker sein, als die der

Erde; und nehmen wir an, daß in demselben Verhältniß wie die Intensität des Lichts auch seine Wärme erzeugende Kraft wächst, so muß die Temperatur auf dem Merkur ebenfalls 7 mal höher sein, als bei uns; in den Sommertagen müßten also die meisten unsrer Metalle dort flüssig, alle unsre Flüssigkeiten in Dämpfe verwandelt werden. Organische Wesen von der Art, wie sie unsre Erde bevölkern, können also auf dem Merkur nicht existiren.

Bei Beobachtung der Phasen Merkurs zeigt sich, daß ihre Lichtgränzen nicht scharf sind, daß ferner einzelne vorher verdunkelte Stellen sich plötzlich aufhellen oder umgekehrt. Schröter erklärt diese Erscheinung durch Wolken, die über die Oberfläche Merkurs hinziehen, und folgerte daraus, daß Merkur mit einer Atmosphäre umgeben sei, deren Vorhandensein auch der allmähliche Uebergang der Helligkeit des beleuchteten Theils in den beschatteten erklärt, indem die Lichtstrahlen der Sonne von dieser Atmosphäre gebrochen werden und, eben so wie auf der Erde, eine Dämmerung oder eine nur durch reflectirtes Licht hervorgebrachte Beleuchtung bewirken.

Ebenso fand derselbe Astronom, daß die Spitze der beleuchteten Merkursichel in gleichen Zeitabschnitten ihre Gestalt regelmäßig ändere, was nach seiner Meinung von hohen Gebirgen in der Nähe des Pols verursacht wird, und auf diese periodische Aenderung gründete er seine Behauptung, daß Merkur sich in 24 Stunden 5 Minuten einmal um seine Ase drehe. Der Aequator Merkurs ist gegen seine Bahn unter einem Winkel von 20° geneigt, mithin müssen auf ihm, wie auf der Erde die 4 Jahreszeiten sich unterscheiden, von welchen aber jede nur 22 Tage dauert. Endlich will sein fleißiger Beobachter Schröter durch seine ausgezeichneten Spiegelteleskope lange Ketten sehr hoher Berge auf ihm entdeckt haben, deren Höhe er auf 40 bis 58,000 Fuß schätzte.

Venus.

Unter allen Sternen zeichnet sich Venus durch ihre Größe und ihr intensives Licht am meisten aus, so daß sie sogar noch bei Tage gesehen wird, wenn schon alle übrigen Sterne in den Strahlen der Sonne verschwunden sind.

Ihre Entfernung von der Sonne beträgt 15 Mill. Meilen, daher ihre kleinste Entfernung von der Erde 5,800000 und ihr größter Abstand 35,800000 Meilen, deshalb erscheint sie uns unter den sehr verschiedenen Gesichtswinkeln von 66 und 10 Sekunden. Ihr wahrer Durchmesser beträgt 1680 Meilen, daher ihre Oberfläche 8,376000 \square Meilen und ihr kubischer Inhalt 2280 Mill. Kubikmeilen, mithin ist sie nicht viel kleiner als unsre Erde, in der Dichte ihrer Masse kann sie ebenfalls mit unsrer Erde verglichen werden. Ihre siderische Umlaufszeit dauert 224 Tage, sie legt die Reise mit einer Geschwindigkeit von 4,9 Meilen in der Sekunde zurück. Sowie Merkur, so zeigt auch Venus Phasen in ihrer Lichtgestalt, die aber schon durch ein gewöhnliches Fernrohr sichtbar sind. Auch sie ist stets, von der Erde

aus gesehen, in der Nähe der Sonne, sie geht entweder als Morgenstern der Sonne voran, oder sie folgt ihr als Abendstern, ist aber nie lange vor Sonnenaufgang oder nach Sonnenuntergang sichtbar. Am schönsten erscheint sie uns, wenn sie 40° östlich oder westlich von der Sonne steht, denn obgleich sie dann der Erde nur einen Theil ihrer beleuchteten Halbkugel zuwendet, so ist doch ihr Licht wegen der größern Nähe so intensiv, daß man sie unter günstigen Umständen sogar bei Tage sehen kann. Aber auch ihr nicht direkt von der Sonne erleuchteter Theil hat einen schwachen Lichtschimmer, weshalb dem Planeten von einigen Astronomen ein eigenes Leuchtungsvermögen zugeschrieben wird, während Andere den Grund dieser Erscheinung in ihrer die Lichtstrahlen der Sonne sehr stark brechenden Atmosphäre suchen. Derselbe Grund, welcher für das Vorhandensein einer Atmosphäre bei Merkur angeführt wurde, findet auch bei der Venus statt, nämlich ein allmähliges Uebergehen vom hellsten Glanze in dunklen Schatten; hierzu tritt aber noch eine andere Erscheinung, welche jene Annahme außer allen Zweifel setzt. Wenn nämlich Venus bei einem Fixsterne vorübergeht, verliert dieser, ehe er hinter der Venus gänzlich verschwindet an Helligkeit um so mehr, je mehr er sich dem Rande der Venus nähert, was nur durch eine, die Venus umgebende Atmosphäre erklärt werden kann, die um so dichter wird, je näher sie der Oberfläche der Venus ist.

So wie die Lichtgränze bei den Mondphasen keine regelmäßig gekrümmte Linie, sondern vielmehr häufig ausgezackt ist, so sieht man auch bei der Venus Buchten und hervorspringende Zacken in dieser Lichtgränze, eben so einzelne leuchtende Punkte in dem verfinsterten Theil, was auf hohe Berge und Thäler schließen läßt. Aus der Entfernung der leuchtenden Punkte, welche nur die Gipfel hoher Berge sein können, die schon von der für sie eben aufgehenden Sonne beleuchtet werden, während der Fuß derselben noch im nächstlichen Schatten liegt, von der Lichtgränze, berechnete Schröter die Höhe jener Berge auf 6 Meilen, eine Höhe, welche die unserer höchsten Berge um das 6fache übersteigt. Die Anwesenheit dieser erleuchteten Punkte, ihr periodisches Wiederkehren an denselben Stellen, ihr gleichmäßiges Annähern oder Entfernen von der Lichtgränze, geben hinreichende Elemente, um die Axenrotation und die Lage der Axe gegen die Ebene ihrer Bahn zu bestimmen.

Der Tag der Venus dauert 23 Stunden 21 Minuten, und die Axe ist nahe 72° gegen die Ebene ihrer Bahn geneigt; daraus folgt, daß die heiße Zone der Venus sehr breit, nahe 144° ist, während sich die kalte Zone, in welcher die Sonne ein halbes Venus-Jahr nicht aufgeht, nur 18° von den Polen nach dem Aequator zu erstreckt. Die Temperatur auf der Venus muß also, abgesehen von der größern Nähe der Sonne, die eine doppelt so starke Erleuchtung und wahrscheinlich auch eine doppelt so hohe Temperatur als auf der Erde bewirkt, über dem bei weitem größten Theile ihrer Oberfläche eine sehr hohe sein, weil die Sonne für

die heiße Zone im Mittag stets im Zenith steht; und nur ein kleiner Theil der Venus würde für ebenso organisirte Wesen, wie wir, bewohnbar sein.

Da die Bahn der Venus vollständig von der Erdbahn eingeschlossen wird, so muß es sich zuweilen ereignen, daß Sonne, Venus und Erde in eine gerade Linie zu stehen kommen, so daß Venus vor der Sonnenscheibe vorübergehend, einen Theil derselben für uns bedeckt, und also als dunkle Scheibe auf erleuchtetem Hintergrunde erscheint. Diese Durchgänge sind aber höchst selten und können nur beobachtet werden, wenn Venus zu derselben Zeit ganz in der Nähe ihres Knorns steht, weil die Ebene ihrer Bahn gegen die Ekliptik fast um 3° geneigt ist. Eine genaue Vergleichung der Bewegung beider Planeten mit einander ergebe, daß zwischen 2 solchen Durchgängen 8 oder $125\frac{1}{2}$ oder $121\frac{1}{2}$ Jahre liegen. Sie fanden statt 1631 im Dezember, 1639 im Dzbr., 1761 im Juni, 1769 im Juni, die nächsten werden 1874 am 10. Dzbr. 2 Uhr 18 Min. früh, 1882 den 6. Dzbr. 4 Uhr 26 Min. früh, 2004 den 9. Juli 7 Uhr 1 Min. Nm., 2012 den 6. Juni 11 Uhr 27 Min. Vm. stattfinden. Diese Durchgänge sind von der größten Wichtigkeit, indem sie ein Mittel geben, die Entfernung der Erde von der Sonne so genau wie möglich zu bestimmen. Deshalb wurden auch die Durchgänge 1761 und 1769 die von Kepler vorher waren berechnet worden von allen damals lebenden Astronomen von sehr verschiedenen Punkten der Erde aus beobachtet, und dadurch die Entfernung der Erde von der Sonne auf 20,666800 Meilen festgestellt, welches Resultat von der wahren Entfernung höchstens um 9000 Meilen abweichen kann.

Merkur und Venus, deren Bahnen von der Erdbahn eingeschlossen werden, heißen die untern Planeten im Gegensatz zu den obern, deren Bahnen die Erdbahn einschließen.

Die Erde mit ihrem Monde.

Die Erde bewegt sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit binnen 23 Stunden 56 Minuten einmal um ihre Ase, dieser Zeitraum heißt ein siderischer oder Sterntag, weil er zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kulminationen eines und desselben Fixsterns liegt; mithin kulminiren die Sterne täglich um 4 Minuten früher, und der Anblick des gestirnten Himmels ist täglich ein anderer. Von ihm unterscheidet sich der astronomische oder der Sonnentag, d. i. die Zeit zwischen 2 aufeinanderfolgenden Kulminationen der Sonne, welcher, weil die Erde ihre elliptische Bahn mit ungleichförmiger Geschwindigkeit durchläuft in den verschiedenen Jahreszeiten verschieden lang ist, und zwar um so kürzer je langsamer die Bewegung der Erde in ihrer Bahn ist. Der kürzeste Sonnentag, der also nicht mit dem Zeitraume zu verwechseln ist, während welchem die Sonne über dem Horizonte steht, wird also stattfinden, wenn die Erde in ihrem Aphelium steht, der längste, wenn sie ihr Perihelium erreicht hat. Zwischen beiden Punkten muß demnach ein Punkt liegen, in welchem die Dauer eines Sonnentages das Mittel zwischen seiner kürzesten und längsten Dauer ist, und dieser ist der Früh-

lingspunkt auf der einen, und der Herbstpunkt auf der andern Seite der Apsidenlinie. Nach einer gleichförmig gehenden Uhr wird also nur in den Aequinoctien die Kulmination der Sonne genau in dem Augenblicke stattfinden, wo diese 12 Uhr Mittag zeigt, sie wird im Winter vorgehen und im Sommer zurückbleiben müssen, oder, was dasselbe ist, die Kulmination der Sonne, der wahre Mittag, wird im Winter nach, im Sommer vor 12 Uhr stattfinden. Die Zeit, welche diese Uhr angiebt ist die bürgerliche oder mittlere Zeit. Nur die Sonnenuhren zeigen das ganze Jahr hindurch die richtige Zeit. Der größte Unterschied zwischen mittlerer und wahrer Zeit beträgt 16 Minuten. Die Formel, durch welche für jeden Tag die mittlere Zeit in wahre oder umgekehrt verwandelt werden kann, heißt die Zeitgleichung; sie ist für jeden Tag die Rectascension der Sonne, weniger der Länge einer zweiten erdichteten, mit gleichförmiger Geschwindigkeit sich um die Erde bewegenden Sonne, beide Größen in Zeit ausgedrückt, indem 15 Bogengrade = 1 Stunde gerechnet werden. Diese Differenz wird entweder zu der von der Uhr angegebenen Zeit addirt, oder von ihr subtrahirt, je nachdem die Rectascension der wahren Sonne größer oder kleiner ist, als die Länge der erdichteten.

Die Zeit, welche verfließt, während die Erde von einem bestimmten Punkte ihrer Bahn, z. B. dem O Punkte des Widder ausgehend, zu demselben zurückkehrt, heißt das astronomische oder das tropische Jahr, es währet 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 48 Sekunden. Denkt man sich aber eine gerade Linie durch die Mittelpunkte der Sonne, der Erde und einen Fixstern zu einer bestimmten Zeit gelegt, so müssen 365 Tage 6 Minuten 11 Sekunden vergehen, ehe die Erde wieder in diese Linie tritt, dieser Zeitraum heißt ein siderisches Jahr, und ist um 20 Minuten 23 Sek. länger, als das tropische. Dieser Unterschied rührt von der schon oben erwähnten Präcession der Nachtgleichen her. Die Weltpole nämlich sind die Punkte, welche die verlängerte Erdaxe am Himmelsgewölbe trifft, diese Weltpole beschreiben jährlich einen Bogen von 50 Sekunden von O. nach W. eines Kreises, dessen Mittelpunkt der Nordpol der Ekliptik ist. Da die Weltpole zugleich die Pole des Himmelsäquators sind, so muß natürlich auch dieser Aequator die Bewegung der Pole von O. gegen W. theilen, mithin müssen seine Durchschnittspunkte mit der unbeweglichen Ekliptik in demselben Maße von O. gen W. vorrücken. In einem Zeitraume von 25000 Jahren, das große Platonische Jahr, vollenden die Pole ihren Kreislauf. Da nun die Durchschnittspunkte eine dem Laufe der Erde in ihrer Bahn entgegengesetzte Bewegung haben, so wird die Erde nicht alle 360° ihrer Bahn durchlaufen, um zu dem Durchschnittspunkte zu gelangen, sondern es werden noch 50 Sekunden fehlen. Dies ist der Grund, weshalb die Zeichen der Ekliptik nicht mehr mit den gleichnamigen Sternbildern des Thierkreises zusammenfallen.

Die Bewegung der Weltpole ist aber auch nur eine scheinbare, die Erscheinung wird erklärt durch die entgegengesetzte Bewegung der Sonne mit dem ganzen Planetensysteme.

Die Ase der Erde hat, wie schon oben erwähnt wurde, gegen die Ekliptik eine schiefe Lage; sie schließt mit ihr einen Winkel von $66^{\circ}32'32''$ ein, oder die Neigung der Ebene des Aequators gegen die Ekliptik beträgt $23^{\circ}27'28''$. Dieser schiefen Lage der Erdaxe verdankt die Erde den Wechsel der Jahreszeiten, indem sie vermöge derselben ein halbes Jahr ihre nördliche, und ein halbes Jahr ihre südliche Hälfte der Sonne zuwendet. Die von den Sonnenstrahlen auf der Erde erweckte Wärme hängt nämlich nicht so sehr von der größern oder geringern Nähe der Sonne, sondern vielmehr von dem Winkel ab, unter welchem die Sonnenstrahlen auf die Erde auffallen; je spitzer dieser ist, desto geringer ist ihre erwärmende Kraft; im Winter, wenn die Erde im Perihelium steht, wendet sie ihre Südseite der Sonne zu, und den Nordpol von der Sonne ab, die nördliche kalte Zone hat dann ein halbes Jahr Nacht, auf die gemäßigte nördliche Zone fallen die Lichtstrahlen erst unter einem sehr spitzen Winkel, der mehr und mehr gegen den Erdäquator zu wächst, bis unter dem Aequator selbst die Strahlen senkrecht auffallend, den höchsten Grad ihrer erwärmenden Kraft erreichen. Stände die Erdaxe senkrecht auf der Ekliptik, so würde jeder Tag und jede Nacht auf allen Punkten der Erde 12 Stunden dauern, nur für die Pole würde die Sonne nie auf und nie untergehen, sondern Jahr aus, Jahr ein würde die Sonne mit ihrer halben Scheibe über dem Horizont erhoben, sich rings um ihn bewegen. Die Temperatur eines jeden Ortes würde das ganze Jahr dieselbe sein; in unsern Breitengraden würde ein ewiger Frühling herrschen, aber eben deshalb würden diese Gegenden unbewohnbar sein, weil die Frühlingwärme nicht hinreicht, die Früchte zur Reife zu bringen. — Der Durchmesser des Aequators beträgt 1719 Meilen, mithin enthält die Oberfläche der Erde 9,282600 □Meilen, und ihr kubischer Inhalt ist 2659,311600 Kubikmeilen. Durch genaue Messung einiger Meridian-Grade ist ermittelt worden, daß diese Grade größer werden, je mehr man sich den Polen nähert, unter dem Aequator fand man einen Grad um 324 Toisen kleiner, als in Frankreich, und um 652 Toisen kleiner als in Lappland, etwa unter dem 66ten Breitengrade. Daraus folgt, daß die Erdmeridiane keine vollkommene Kreise sein können, sondern daß ihr Durchmesser, welcher die Pole mit einander verbindet, die Erdaxe, kleiner sein muß, als der Durchmesser des Aequators. Gauss berechnete daß diese Differenz den 307ten Theil des Aequator-Durchmessers betrage.

Die Erde ist also an den Polen abgeplattet. Um die Größe eines Meridian-Grades genau zu ermitteln, dient folgende Ueberlegung. Einem Beobachter unter dem Aequator muß der Pol des Himmels, den man durch den Polarstern jederzeit finden kann, im Horizont stehen, da die Weltaxe mit der Erdaxe zusammenfällt und senkrecht auf der Ebene des Aequators steht. Geht der Beobachter in nördlicher Richtung nach dem Pole zu, so muß sich der Nordpol immer mehr über dem Horizont erheben, und endlich im Zenith des Beobachters stehen, wenn derselbe an dem Pol angelangt ist. Während also der Beobachter einen Quadranten

des Erdmeridians zurücklegt, erhebt sich der Pol um einen Quadranten über den Horizont, oder mit andern Worten: Die Breite eines Ortes der Erde ist immer gleich der Polhöhe. Da ferner der Pol vom Aequator um einen Quadranten absteht, so ist durch die Polhöhe auch die Aequatorshöhe bestimmt, sie ist gleich einem Quadranten weniger der Polhöhe, und da endlich für jeden Tag die Deklination der Sonne bekannt ist, so findet man durch die Beobachtung der Sonnenhöhe am Mittage die Aequatorshöhe, aus dieser die Polhöhe oder die geographische Breite eines Ortes. Zwei Orte also, die auf demselben Meridian liegend, eine um einen Grad verschiedene Pol-, Aequator- oder Sonnen-Höhe an demselben Tage haben, sind auch um einen Grad des Erdmeridians von einander entfernt.

Wie die Abplattung der Erde entstanden sei, läßt sich durch die Voraussetzung, daß die Erde einst in feurig flüssigem Zustande gewesen sei, und durch die, durch die Aequation derselben bewirkte Centrifugal-Kraft erklären, die erste Voraussetzung findet ihre Begründung in der, durch die Auswürfe der Vulkane bewiesenen, noch jetzt stattfindenden feurig-flüssigen Aggregats-Form des Innern der Erde; wird aber ein weicher Körper schnell um seine Aequation gedreht, so streben alle Theilchen desselben sich von seiner Aequation zu entfernen, dieselbe muß also kürzer und der Umfang des Körpers weiter werden. Aber nicht bloß die Erde hat diese Abplattung an den Polen, sondern auch, und noch in viel höherem Grade andre Planeten, wie Mars, Jupiter und Saturn.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Erde ihre Bahn durchläuft, ist durchschnittlich 4 Meilen in einer Sekunde, die Länge ihrer Bahn beträgt 130 Mill. Ml., die Extreme ihrer Entfernung von der Sonne sind 20,500000 und 21,200000 Meil., mithin die Excentricität ihrer Bahn 70000 Ml. — Ein Punkt des Aequators legt vermöge der Aequation in einer Sekunde 1430 Pariser Fuß zurück.

Der Mond.

Auf ihrem Wege um die Sonne hat die Erde zu ihrem beständigen Begleiter den Mond, welcher ohne eigene Aequation der Erde stets dieselbe Seite zuwendet. Ohne eigenes Licht zu haben, erhellt er die Nächte der Erde dadurch, daß er die auf ihn fallenden Lichtstrahlen der Sonne zurückwirft. Seine mittlere Entfernung von der Erde beträgt 51812 deutsche Meilen, mithin ist seine Oberfläche $13\frac{3}{8}$ mal, und sein kubischer Inhalt $50\frac{1}{10}$ mal geringer, als Oberfläche und Kubik-Inhalt der Erde.

Der Mond bewegt sich in einer Ellipse um die Erde, die in einem Brennpunkte derselben steht, mit ungleichförmiger Geschwindigkeit, die am größten in seiner Erdnähe (Perigäum), am geringsten in seiner Erdferne (Apogäum) ist. Bei jedem Umlauf um die Erde muß er einmal zwischen Sonne und Erde, und einmal die Erde zwischen Sonne und Mond zu sehen kommen; im ersten Falle wendet er also seine dunkle Seite der Erde zu, steht mit der Sonne zugleich, also bei Tage am Himmel und ist nur in den seltenen Fällen sichtbar, wenn er vor der Sonnenscheibe selbst vorübergehend, eine Sonnenfinsterniß verursacht. Zu dieser Zeit heißt er, wie bekannt, Neumond. Im zweiten Falle, wo er von der Erde in der, der Sonne entgegengesetzten Richtung steht, zeigt er der Erde seine ganze beleuchtete Halbkugel und heißt Vollmond. Beide Phasen bezeichnet man mit dem gemeinschaftlichen Namen Syzygien. Zu jeder andern Zeit sehen wir nur einen Theil der beleuchteten Mondkugel, der sich, mit einem schmalen sichelförmig gekrümmten Lichtfaden nach dem Neumond

ansfangend, gleichmäßig wachsend bis zum Vollmond vergrößert und dann wieder in demselben Verhältniß abnimmt. Ist die Lichtgränze eine gerade Linie, oder sehen wir gerade die Hälfte der Scheibe erleuchtet, so heißt die Phase das erste oder letzte Viertel, je nachdem sie vor oder nach dem Vollmonde stattfindet, also je nachdem die Erleuchtung zu oder abnimmt. Die Zeit, welche zwischen 2 aufeinanderfolgenden Voll- oder Neu-Monden liegt, heißt ein synodischer Monat, seine Länge ist verschieden, weil, wie oben gezeigt wurde, die Bewegung der Erde in ihrer Bahn verschieden ist; das Mittel aus einer großen Menge synodischer Monate beträgt 29 Tage 12 St. 44 M. 2,82 Sek. Zwölf solcher Monate geben das synodische Mondjahr, welches demnach 354 Tage 8 St. 48 M. 33,84 Sek. beträgt, mithin 10 Tage 21 St. 0 M. 17,76 Sek. kürzer ist, als das tropische Sonnenjahr.

Da 19 Sonnenjahre fast gleich 235 synodischen Monaten sind, so müssen alle 19 Jahre die Vollmonde auf dieselben Kalendertage treffen.

Wir sehen im Winter den Mond in derselben Richtung die Sternbilder durchlaufen, durch welche die Sonne im Sommer in ihrer scheinbaren Bewegung gegangen war; daraus folgt, daß die Mondbahn fast mit der Ekliptik zusammenfällt. Um in Beziehung auf dasselbe Zeichen der Ekliptik, also etwa in Beziehung auf den 0 Punkt des Widders einmal seine Bahn zu durchlaufen, braucht der Mond 27 T. 7 St. 43 M. 4,68 Sek.; dieser Zeitraum heißt ein periodischer Monat, und um von einem Fixsterne ausgehend wieder bis zu demselben zurückzukehren, braucht er 27 T. 7 St. 43 M. 11,51 Sek., einen siderischen Monat, der nur um 6,83 Sek. kürzer ist als ein periodischer. Giele die Mondbahn genau mit der Ekliptik zusammen, so müßte bei jedem Neumonde eine Sonnenfinsterniß stattfinden und bei jedem Vollmonde müßte der Mond in dem Schatten der Erde verschwinden, also Mondfinsterniß sich ereignen. Die beiden Bahnen schließen aber indem sie sich durchschneiden, einen Winkel von $5^{\circ}8'47''$ ein, daher kann eine Finsterniß nur dann stattfinden, wenn der Mond in der Syzygien genau in den Durchschnittpunkten (d. i. in den Knoten seiner Bahn) oder sehr nahe dabei steht. Steht der Mond genau in dem Knoten seiner Bahn, so ist die Mondfinsterniß stets total, die Sonnenfinsterniß entweder total, wenn der Mond größer erscheint als die Sonne, oder ringsförmig, wenn er kleiner erscheint als die Sonne, was z. B. im Winter, wenn die Erde im Perihelium und der Mond zugleich im Apogäum steht, der Fall sein kann; steht der Mond aber nicht genau in einem Knoten, so ist die Finsterniß eine partiale.

Die Knoten der Mondbahn sind aber nicht unveränderliche Punkte des Himmels, sondern weil der Mond sich zugleich mit der Erde um die Sonne bewegt, müssen auch diese Knoten ihre Stelle ändern: sie haben eine dem Laufe des Mondes entgegengesetzte Bewegung und treten in einem tropischen Jahre um $19^{\circ}20'33,46''$ zurück, demnach ist ihre tropische Umlaufszeit, oder der Zeitraum, welcher verläuft, ehe ein Knoten der Mondbahn vom 0 Punkt des Widders ausgehend wieder zu demselben zurückkehrt 6798 T. 4 St. 14 M. 56 S.

Die von der Ellipsen-Gestalt der Mondbahn abhängende Ungleichförmigkeit in der Bewegung des Mondes ist aber nicht die einzige; eine zweite, welche den Namen *Evection* führt wird bewirkt durch die Verschiedenheit des Abstandes des Mondes von der Sonne; sie ändert, wenn sie am größten ist, die Länge des Mondes um $1^{\circ}20'29''$. Eine dritte Ungleichförmigkeit wird bemerkt, wenn der Mond um einen halben Quadranten jederseits von den Syzygien absteht, die *Variation*; sie bewirkt eine Veränderung der Länge von $35'41''$. Endlich wird

die Bewegung des Mondes in demselben Grade beschleunigt oder verzögert, wie sich die Bewegung der Erde in ihrer Bahn verzögert oder beschleunigt; diese letzte Ungleichförmigkeit heißt die jährliche Gleichung und beträgt $11'17''$.

Außer den angeführten erheblichen Störungen des gleichförmigen Ganges unsers Erdbahnen giebt es noch mehrere geringere, die meist durch die verschiedene Lage des Mondes gegen die Sonne, gegen die an den Polen abgeplattete Erde, und gegen die übrigen Planeten (Mars, Jupiter) bewirkt werden, aber wegen ihrer Kleinheit hier übergangen werden.

Die Mondbahn ist demnach eine sehr complicirte; von der Sonne aus gesehen, durchläuft der Mond in einem tropischen Sonnenjahre eine krumme Linie, die aus $12\frac{1}{2}$ langgestreckten elliptischen Schleifen besteht, deren Brennpunkte in der Erdbahn liegen, die aber verschiedene, durch die größere oder geringere Sonnennähe bewirkte, Krümmung haben.

Die Axe des Mondes schließt mit der Ebene seiner Bahn einen Winkel von $83^{\circ}24'$ ein, mithin ist sein Aequator um $6^{\circ}36'$ gegen seine Bahn geneigt, folglich müssen auf ihm die Unterschiede der Jahreszeiten fast ganz wegfallen. Ein Sonnentag, die Zeit zwischen 2 aufeinanderfolgenden Mittagagen ist gleich dem synodischen Monate, dauert also 29 $\frac{1}{2}$ St. 44 M.

Dieselben Lichterscheinungen, welche der Mond uns darbietet, zeigt auch die Erde dem Monde, nur mit dem Unterschiede, daß die Erde den Mondbewohnern fast 14 mal größer erscheint, als uns der Mond, und daß sie von dem Monde aus gesehen, stets an demselben Orte des Himmels, unter dem Aequator des Mondes stets im Zenith, steht. Die Erleuchtung des Mondes durch die Erde muß auch fast 14 mal stärker sein, als die unsrer Erde durch den Mond.

Auch ohne Fernrohr erkennt man auf der Mondscheibe eine große Menge dunkler Flecken zwischen hell erleuchteten, die stets dieselbe gegenseitige Lage haben; ist aber nur ein Theil des Mondes erleuchtet, so ist die Lichtgränze keine regelmäßig gekrümmte Linie, sondern ebenso, wie bei der Venus, vielfach ausgezackt, auch erscheinen in dem dunklen Theile einzelne hellglänzende Punkte; daraus folgt, daß die Oberfläche des Mondes sehr gebirgig sein muß, und daß die dunklen Flecken Thäler und Schluchten sind, welche von den Sonnenstrahlen nicht so hell erleuchtet werden als die sie umgebenden Berge. Diese Berge erreichen die außerordentliche Höhe $\frac{1}{4}$ des Halbmessers des Mondes, oder sie sind verhältnißmäßig 4 mal höher als die höchsten Berge der Erde.

Man unterscheidet zwei Arten von Gebirgen auf dem Monde, nämlich Bergketten, die von einem Kerne ausgehend, sich in langen Zügen strahlenförmig ausbreiten, und Ringgebirge. Diese letztern sind einzeln stehende, hohe, kegelförmige Berge, die wie unsre Vulkane einen tiefen, sich durch seine dunkle Schwärze auszeichnenden Krater haben, der bei vielen einen Durchmesser von mehreren Meilen hat. Aus der Aehnlichkeit dieser Berge mit unsern Vulkanen hat man geschlossen, daß auch sie Vulkane sind, doch hat man nie eine Erscheinung wahrgenommen, die auf ihre noch bestehende vulkanische Thätigkeit schließen ließe. Die sehr ausgedehnten grauen Flecken hielt man für Meere, sie werden auch noch auf den Mondkarten als solche benannt, sie müßten aber, wären es wirklich Meere, eine ganz andere Flüssigkeit enthalten, als Wasser.

Dem wie bei den Phasen der Venus der allmähliche Uebergang der hellen Erleuchtung in das Dunkel, und der Umstand daß bei Sternbedeckungen durch die Venus der Glanz des Sterns immer mehr und mehr abnimmt, je mehr er sich der Venus nähert, auf das

Vorhandensein einer Venus-Atmosphäre schließen ließ, so muß umgekehrt aus den gerade entgegengesetzten Erscheinungen bei dem Monde der Mangel einer Atmosphäre gefolgert werden. Da aber Wasser im luftleeren Raume verdunstet, so kann der Mond kein tropfbar flüssiges Wasser haben.

In einer 1836 in Hamburg erschienenen Broschüre: „Neueste Berichte vom Cap der guten Hoffnung über Sir John Herschels höchst merkwürdige astronomische Entdeckungen, den Mond und seine Bewohner betreffend“, finden sich recht kurzweilige Beschreibungen der auf dem Monde lebenden Thiere und Pflanzen. Die Menschen, welche Herschel durch sein Riesen-Teleskop gesehen haben soll, werden unter andern darin folgendermaßen geschildert: (pag. 90) „Sie waren ungefähr 4 Fuß hoch, waren, mit Ausnahme des Gesichts, mit kurzen, glatten, kupferfarbigen Haaren bedeckt, hatten Flügel, welche aus einer dünnen elastischen Haut bestanden, die hinten zusammengerollt, von der Schulterspitze bis zu den Waden lagen. Das Gesicht, welches von gelblicher Fleischfarbe, zeigte eine kleine Veredlung gegen das des großen Orangutang, da es offener und klüger ansah, und eine weit größere Ausdehnung des Vorderkopfes zeigte. Indesß war der Mund sehr hervorstehend, obgleich dieß etwas durch einen dicken Bart auf dem untern Kinnbacken und durch Lippen von weit menschlicherer Form als diejenigen irgend einer Spezies des Affengeschlechts verdeckt wurde u. s. w. u. s. w.“ Schon aus dieser einen Schilderung sieht ein unbefangener Leser daß sie weniger das Beobachtungsergebnis des weltberühmten Herschel, als vielmehr eine Phantasie eines literarischen Spekulantens sein kann, der, um seinem Machwerke einen bessern Absatz zu sichern, unbekümmert um den Nachtheil, den die Verbreitung falscher oder ganz ungegründeter Nachrichten dem wissbegierigen Publikum bereitet, dasselbe mit einem lockenden berühmten Namen, und mit einer, allerdings nur Nichtiges enthaltenden, aus dem Conversations-Lexikon abgeschriebenen Einleitung schmückte. Eine ausführlichere Beschreibung des Mondes findet man in Littrow's Wunder des Himmels Band I. Kap. XI. und Band II. Kap. IX.

Mars.

Da die Bahn des Mars, als des ersten obern Planeten, die Erdbahn einschließt, so muß seine Entfernung von der Erde, und mithin auch seine scheinbare Größe sehr verschieden sein, und in der That erscheint uns sein Durchmesser in der Konjunktion nur unter einem Winkel von 4 Sekunden, also eben so groß wie Merkur bei seiner größten Entfernung, in der Opposition aber unter einem Winkel von 27 Sekunden. Seine größte Entfernung von der Sonne beträgt 34,700000 Ml., seine kleinste 28,800000 Ml., mithin seine mittlere Entfernung 31 Mill., und die Excentricität seiner Bahn 5,900000 Meilen. Der Erde kann er sich also bis auf 7 Mill. Ml. nähern und sich um 54 Mill. Ml. von ihr entfernen.

Der wahre Durchmesser des Mars beträgt 963 Ml., daraus folgt seine Oberfläche 8,756700 \square Ml., und sein kubischer Inhalt 467,603000 Kub. Ml. oder $= \frac{1}{100}$ von dem der Erde. Seine tropische Umlaufszeit ist 686 Tage, die siderische ist um 1 Stunde 12 Min. länger. Die Abplattung an den Polen ist bedeutend, da seine Ape um den 16. Theil kürzer ist, als sein Aequatorial-Durchmesser; dabei ist die Ape, nahe eben so wie bei der Erde, unter einem Winkel von $67^{\circ}18'$ gegen seine Bahn geneigt; und seine Bahn durchschneidet die Ekliptik unter einem Winkel von $1^{\circ}50'$. Durch gute Fernröhre erblickt man auf der rübrothen Oberfläche des Mars noch dunklere, und neben diesen grünliche Flecken, durch deren Bewegung die Ape-rotation $= 24$ St. 39 M. 21 Sek. mittlerer Zeit gefunden worden

ist, doch scheinen nicht alle diese Flecken der Oberfläche des Planeten anzugehören, da Schröter bei einigen derselben eine Veränderung der Gestalt und des Ortes bemerkt hat. Ob Mars eine Atmosphäre habe, ist bis jetzt noch nicht mit Bestimmtheit ermittelt worden, da einige Beobachter bei Sternbedeckungen durch den Mars eine Verminderung des Lichts der Fixsterne bemerkt haben wollen, während Andere (James South) gerade das Gegentheil beobachtet zu haben versichern.

Das zweite Mittel über die Anwesenheit einer Atmosphäre zu entscheiden, nämlich die Undeutlichkeit der Lichtgränze bei den Phasen, kann bei Mars nicht angewendet werden, da er bei seiner größten Digression der Erde zwar allerdings einen beschatteten Theil seiner Oberfläche zuwendet, dieser aber, da wir ihn immer fast in derselben Richtung sehen, in welcher die Sonnenstrahlen auf ihn fallen, nur sehr schmal ist, so daß auch mit den besten Fernröhren ein Uebergang des hellen Lichtes in den Schatten nicht mehr wahrgenommen werden kann.

Die Asteroiden:

Ceres, Pallas, Juno, Vesta, Asträa, Iris, Hebe, Hora.

Diese acht Planetchen, die alle erst in dem gegenwärtigen Jahrhunderte entdeckt worden sind, werden als zusammengehörig betrachtet, weil ihre mittlern Entfernungen von der Sonne nur wenig verschieden sind, und sich ihre Bahnen gegenseitig kreuzen. Dagegen bilden die Ebenen ihrer Bahnen sowohl unter einander, als mit der Ekliptik bedeutend größere Neigungswinkel, als es bei den übrigen Planeten der Fall ist, auch zeichnen sie sich durch die große Excentricität ihrer Bahnen aus.

Schon lange vor ihrer Entdeckung vermutheten die Astronomen, besonders Bode, die Anwesenheit eines Planeten zwischen Mars und Jupiter, und zwar stützten sie ihre Vermuthung auf eine Lücke in der Reihe, welche die Entfernungen der Planeten von der Sonne bilden. Setzt man nämlich die heliocentrische Entfernung Merkurs gleich 4, so ist annäherungsweise

Merkur	=	4	
Venus	=	4	und 1 mal 3
Erde	=	4	— 2 — 8
Mars	=	4	— 4 — 3
Jupiter	=	4	— 16 — 3
Saturn	=	4	— 32 — 3

Die Zahlen: 1, 2, 4, —, 16, 32 bilden eine Reihe, in welcher jedes folgende Glied das doppelte von dem vorhergehenden ist, nur fehlt zwischen 4 und 16 die 8. Da die Astronomen von der Vollkommenheit des Planetensystems überzeugt, in diesem Gesetz der Entfernungen keine Lücke voraussetzen wollten, suchten sie mit dem größten Eifer nach dem zwischen Mars und Jupiter vermutheten Planeten, bis es am 1. Januar 1801 dem italienischen Astronomen Piazzi zu Palermo gelang, einen Planeten zu finden, dessen Entfernung von der Sonne der vorausgesetzten entsprach. Er erhielt den Namen Ceres. Kurz darauf, den 28. März 1802 fand Olbers in Bremen die Pallas, 1801 am 1. September Harding in Lienthal bei Bremen die Juno, und 1807 den 29. März Olbers, die Vesta. Zu diesen 4 Asteroiden kam noch am 19. Dibr. 1845 ein fünfter in Berlin von Enke entdeckt, die Asträa, am 1. Juli 1847 Hebe entdeckt von Hencke in Driesen, am 21. August 1847 Iris und im Oktober desselben Jahres Hora, beide entdeckt von Hind in London, so daß

statt des vermiften Planeten acht kleine Weltkörper zwischen Mars und Jupiter die Sonne umkreifen. Auch die 4 neu entdeckten haben mit den älteren nahe dieselbe Entfernung und Umlaufszeit, so daß mehrfach die Hypothese aufgestellt worden ist, sie seien Theile eines durch irgend eine innere Revolution zersprengten größern Planeten; diese Hypothese macht auch die abnorme Neigung ihrer Bahnen erklärlich. Die folgende Tabelle der Beobachtungs- und Berechnungs-Resultate über die Asteroiden verdanke ich der freundlichen Mittheilung des Herrn Prof. Dr. von Boguslawski. Als Einheit der Entfernungen ist die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne angenommen.

	Durchm. in M.	Entf. v. d. Erde		Entf. v. d. Sonne		Umlaufszeit	Excentricität	Neigung gea. d. Ekl. pt.
		größte	kleinste	größte	kleinste			
Vesta	58	3,606	1,117	2,606	2,217	3J. 240Z	0,088	
Juno	303	4,352	0,987	3,352	1,987	4 = 130 =	0,256	
Ceres	344	3,990	1,554	2,990	2,554	4 = 221 =	0,076	10° 36'
Pallas	440	3,444	1,101	2,444	2,101	4 = 241 =	0,242	34° 50'
Asträa	unbekannt	4,060	1,092	3,060	2,092	4 = 49 =	0,188	5° 19'
Hebe		3,900	0,935	2,900	1,935	4 = — =	0,200	14° 44'
Iris		3,900	0,840	2,900	1,840	3 = 240 =	0,225	5° 28'
Hora		3,550	0,855	2,550	1,855	3 = 90 =	0,155	5° 52'

Ob mit der Entdeckung der Hora die Gruppe der Asteroiden geschlossen ist, oder ob durch die fortschreitende Verbesserung der astronomischen Fernröhre noch mehrere derselben dem forschenden Auge der Astronomen erscheinen werden, müssen wir dahin gestellt sein lassen. — Ueber ihre Axenrotation, ihre Abplattung an den Polen und über die Lage ihrer Aze weiß man bis jetzt noch nichts Bestimmtes, weil sie zu klein sind. Deshalb ist auch bei den letztern der Durchmesser noch nicht bestimmt. Wie die obige Tabelle ergibt, ist die Excentricität ihrer Bahnen, besonders bei Juno und Pallas, sehr bedeutend, und übertrifft die aller übrigen Planeten; ebenso weichen ihre Bahnen durch den großen Neigungswinkel, den sie mit der Ekliptik bilden, sehr von jenen ab. Wenn alle übrigen Planeten stets in einem Gürtel (Thierkreis) sichtbar sind, welcher in einer Breite von 7° zu beiden Seiten der Ekliptik liegt, so entfernen sich Juno und besonders Pallas bis auf 34° von der Ekliptik, so daß also seit der Entdeckung der Asteroiden der Thierkreis seine alte Bedeutung als die Straße auf der die Planeten wandeln, verloren hat.

Von der größten Wichtigkeit für die Astronomen sind die gewaltigen Störungen, welche die Bahnen der Asteroiden durch die übrigen Planeten, besonders Mars und Jupiter, erleiden, wenn sie in ihre Nähe kommen, da aus der Größe dieser Störungen ein Schluß auf die Masse des störenden Körpers gemacht werden kann. Auffallend ist die abwechselnde Helligkeit dieser kleinen Sterne; zuweilen erscheinen sie in sehr hellem glänzenden Lichte, ähnlich den Fixsternen, hauptsächlich Vesta, zu andern Zeiten aber wieder in einem dichten Nebel eingehüllt, dessen Durchmesser fast noch einmal so groß ist als ihr eigener. Man schreibt diese Erscheinung einer sehr veränderlichen Atmosphäre dieser Himmelskörper zu.

Jupiter mit seinen vier Monden.

An körperlichem Inhalt alle übrigen Planeten zusammengenommen übertreffend, wandelt

Jupiter, ausgezeichnet durch sein kräftiges, hellgelbes Licht, umkreist von seinen 4 treuen Begleitern durch die Sternbilder des Thierkreises.

Zwölfhundert ein und achtzig Körper, gleich unserer Erde zusammen, würden erst den Raum ausfüllen, den Jupiter einnimmt; und dieser ist nur der Eintausend und achtzigste Theil von dem räumlichen Inhalte der Sonne. Im Mittel 108 Mill. Meilen von der Sonne entfernt, braucht Jupiter 11 Jahre 315 Tage, um einmal seinen Umlauf um die Sonne zu vollenden, daher scheint er, von der Erde aus gesehen, sich nur sehr langsam zu bewegen, obgleich er in jeder Sekunde $1\frac{1}{75}$ Meilen seiner Bahn zurücklegt. Aber obgleich sein Volumen das der Erde um so viele mal übertrifft, so ist seine Masse fast 4 mal lockerer als die der Erde, so daß er nur etwa 316 mal mehr Masse hat, oder 316 mal schwerer ist, als die Erde. In seinem Perihelium steht er 103,300000 M., in seinem Aphelium 113,800000 M. von der Sonne ab, mithin beträgt die Excentricität seiner Bahn 10,500000 Meilen; von der Erde dagegen sind die Extreme seiner Entfernungen 79 und 130 Mill. Meilen, daher erscheint er uns im ersten Falle unter einem Winkel von 49, im zweiten unter einem Winkel von 30 Sekunden; sein wahrer Durchmesser beträgt 18917 Meilen, ist also $11\frac{1}{100}$ mal größer als der unserer Erde. Während die 4 ersten Planeten, Merkur, Venus, Erde, Mars eine fast gleiche Zeit (24 Stunden) gebrauchen, um sich einmal um ihre Axe zu drehen, vollendet Jupiter diese Bewegung in 9 Stunden 56 Minuten, so daß ein Punkt seines Aequators in jeder Stunde 6120 Meilen zurücklegt, also sich 27 mal schneller bewegt als ein Punkt des Erdäquators; daraus folgt die viel stärkere Abplattung Jupiters an den Polen, die den 14ten Theil seines Durchmessers beträgt; oder es verhält sich der Durchmesser seines Aequators zu seiner Axe wie 14 : 13.

Die Oberfläche Jupiters zeigt durch gute Telescope mannigfache Veränderungen; parallel mit seinem Aequator erscheinen mehrere dunkle breite Streifen über die ganze Scheibe, die sowohl ihre Gestalt ändern, indem sie bald zu beiden Seiten dunkle Strahlen aussenden, bald ohne diese zu sehen sind, dagegen in ihrer Mitte dunkle schwarze Flecken bilden, und auch ihren Ort wechseln, indem sie sich mehr und mehr ausbreiten. Außer diesen Streifen erblickt man auch kleinere dunkle Flecken, von welchen einige, die dem Aequator am nächsten liegen, in ihrer Gestalt und in ihrem Orte am beständigsten sind, und deshalb zur Bestimmung seiner Aerenrotationszeit benutzt werden. — Aus der Bewegung der Streifen, die stets von W. nach O. gerichtet ist und die Schnelligkeit der Aerenrotation noch übertrifft, schließt man, daß sie nicht dem Jupiterkörper selbst, sondern seiner Atmosphäre angehören, die aber von der unsrigen sehr verschieden sein, und eine Dichte etwa gleich der unsers Wassers haben, und von steten Stürmen bewegt werden muß, gegen welche unsre heftigsten Orkane nur ein sanfter Zephyr sein können. Die Axe Jupiters steht beinahe senkrecht auf seiner Bahn, oder sein Aequator schließt nur einen Winkel von 3° mit seiner Bahn ein. Daher fällt auf ihm der Wechsel der Jahreszeiten fast ganz weg, und jeder Punkt seiner Oberfläche mit Ausnahme der Polargegenden hat fortwährend 5 Stunden Tag und 5 Stunden Nacht, aber Tag und Nacht sind in Bezug auf Helligkeit nicht sehr verschieden, da ihm die Sonne 27 mal kleiner erscheint, mithin auch die Erleuchtung Jupiters 27 mal geringer sein muß, als die unsrer Erde.

Bald nach Erfindung der Fernröhre entdeckte Galilei die vier Trabanten Jupiters, die in mehrfacher Hinsicht für die Wissenschaft höchst wichtig sind. Sie werden als 1ter, 2ter,

3ter und 4ter Trabant nach ihrer Entfernung vom Jupiter bezeichnet, und umkreisen den Hauptplaneten, indem sie ihm stets dieselbe Seite zuwenden in elliptischen Bahnen mit außerordentlicher Geschwindigkeit. Ihre Entfernungen sind 54980, 87470, 139530 und 245430 Meilen, und ihre Umlaufzeiten beziehungsweise $1\frac{77}{100}$, $3\frac{55}{100}$, $7\frac{17}{100}$ und $16\frac{75}{100}$ Tage, auch hieraus ergiebt sich die Richtigkeit des 3ten Keplerschen Gesetzes. Ihre Halbmesser betragen 286, 230, 400 und 290 Meilen, mithin sind der erste, dritte und vierte bedeutend größer als unser Mond, dessen Durchmesser nur $240\frac{1}{2}$ Meilen lang ist. Ihre Bahnen sind nur unter einem sehr kleinen Winkel (3°) gegen die Bahn des Jupiter geneigt, liegen also in der Ebene seines Aequators, deshalb müssen sie, von der Erde aus gesehen, häufig vor der Scheibe Jupiters vorübergehen oder hinter ihr verschwinden. Der Augenblick, wenn ein Trabant hinter die Scheibe Jupiters tritt, kann, da ihre Umlaufzeiten bis auf den 1000sten Theil einer Sekunde bekannt sind, für jede Verfinsternung genau berechnet werden, ist nun etwa zur Zeit einer Finsterniß des 1ten Trabanten Jupiter in der größten Nähe der Erde, so werden von dem Augenblicke des Eintritts der Verfinsternung bis zu dem Eintritt der 100sten Verfinsternung $100 \times 1\frac{77}{100}$ d. i. 176 Tage vergehen, mithin am 176sten Tage genau zu derselben Zeit muß der Eintritt beginnen. Unterdeß hat sich aber die Erde in ihrer Bahn fast um den Durchmesser ihrer Bahn oder um 40,000,000 Meilen vom Jupiter entfernt, und der Eintritt der Finsterniß findet etwa 16 Minuten 20 Sekunden später statt, als er berechnet war. Diese Verzögerung nimmt aber immer in demselben Verhältniß zu, wie die Entfernung der Erde vom Jupiter zunimmt, und daraus schloß Olof Römer, ein Däne, 1675, daß das Licht, welches von dem Jupitersmonde zu uns gelangt, nicht augenblicklich den Weg zurücklegt, sondern mit einer Geschwindigkeit von 41,900 Meilen in der Sekunde den Raum durchläuft; es würde also in einer Sekunde $7\frac{7}{8}$ mal um den Aequator der Erde gehen, oder seine Geschwindigkeit ist so groß, daß es alle Entfernungen auf der Oberfläche der Erde in einer unmeßbar kurzen Zeit, oder augenblicklich durchläuft.

Saturn mit seinem Ringe und seinen sieben Monden.

Saturn, ein kleiner, mattweißer Stern, der sich von den ihn umgebenden Fixsternen leicht dadurch unterscheidet, daß er keine Strahlen aussendet, zieht mit kaum bemerkbarer Geschwindigkeit durch seine Bahn um die im Mittel 196 Mill. Meilen von ihm entfernte Sonne. Wenn auch bedeutend kleiner als Jupiter, reicht sein Volumen doch hin, um aus ihm alle übrigen Planeten mit ihren Monden mehr als 10 mal zu bilden. Sein wahrer Durchmesser beträgt 16769 Meilen, mithin ist sein körperlicher Inhalt 995 mal so groß, als der der Erde. Seine größte Entfernung von der Sonne ist 210,300,000, seine kleinste 187,900,000, folglich die Excentricität seiner Bahn 22,400,000 Meilen. Um seine Bahn einmal zu durchlaufen, braucht er 29 Jahre 161 Tage, also muß er in jedem Sternbilde des Thierkreises 2 Jahre 157 Tage verweilen. Von der Erde kann er sich bis auf 223 Mill. Meilen entfernen, und sich ihr bis auf 160 Mill. Meilen nähern, daher erscheint er uns unter den sehr verschiedenen Winkeln von 15 und 21 Sekunden, also im ersten Falle etwas größer als Merkur, im zweiten etwas kleiner als Mars in ihrer größten Erdnähe. Aber obgleich er einen so großen Raum einnimmt, so ist seine Masse verhältnißmäßig doch gering, da sie sehr locker ist und die Masse der Erde etwa nur 95 mal übertrifft. Seine Tage, deren Länge, eben so wie bei Jupiter, durch die Beobachtung der Bewegung einiger, auf seiner Oberfläche befindlichen Flecken bestimmt worden ist, dauern 10 Stunden 16 Minuten, sind mithin nur 20 Minuten

länger als die Jupiterstage. Durch diese schnelle Rotation um seine Aze ist diese um $\frac{1}{11}$ kürzer als der Durchmesser seines Aequators. Die Aze ist unter einem Winkel von 60° gegen die Ebene seiner Bahn geneigt, also beträgt die Schiefe seiner Ekliptik 30° , mithin müssen seine Jahreszeiten, deren jede $7\frac{1}{2}$ unsrer Jahre dauert, viel schroffer getrennt sein, als auf unserer Erde, vorausgesetzt, daß die Sonne bei ihrer sehr großen Entfernung, durch die sie vom Saturn aus gesehen, 90 mal kleiner erscheint als uns, noch im Stande ist, auf der Oberfläche Saturns Wärme zu erzeugen. Sein Mittag wird an Helligkeit unserer tiefsten Dämmerung gleichen.

Schon Galilei, der zuerst die neu erfundenen Fernröhre nach den Planeten richtete, erblickte zu beiden Seiten Saturns in der Ebene seines Aequators zwei gleich hohe, leuchtende Erhöhungen, die stets dieselbe Lage behielten und lange Zeit für Monde gehalten wurden, die unmittelbar mit dem Hauptplaneten zusammenhängen sollten, daher ihm der Name Saturnus triformis gegeben wurde. Erst Huggens entdeckte 47 Jahre später, daß diese Erhöhungen von einem Ringe gebildet werden, der mit Saturn concentrisch, aber von ihm durch einen leeren Raum getrennt sei. Nachdem die Teleskope nun einen so hohen Grad von Vollkommenheit erreicht haben, ist es unzweifelhaft, daß dieser, in der Ebene des Saturns-Aequators liegende Ring ein doppelter ist, oder aus zwei concentrischen Ringen besteht, und aus einer dichtern Masse gebildet sein muß, da er auf die Oberfläche Saturns Schatten wirft. Nach genauen Messungen ist der äußerste 2283 Meilen, der innere 3708 Meilen, der zwischen beiden liegende Raum 387 Meilen breit und die Entfernung des innern Randes von der Oberfläche Saturns 4122 Meilen. Es beträgt mithin der Durchmesser des äußern Ringes $380\frac{1}{10}$ Meilen, mithin mehr als noch einmal so viel als der Durchmesser Jupiters. Die Dicke des Ringes beträgt nach Schröters Messung 119, nach Herschels 22 Meilen.

Der Ring erscheint uns in verschiedener Gestalt; denn da die Aze Saturns immer senkrecht auf der Ebene des Ringes und stets auf dieselbe Weise gegen die Ekliptik geneigt ist, so muß die Ebene des Ringes ebenfalls unter einem bestimmten Winkel geneigt sein, der nach Vessel 28° beträgt; deshalb müssen sich beide Ebenen in einer geraden Linie scheiden. Steht Saturn in einem dieser Durchschnittpunkte (Knoten) so fällt die Ebene des Ringes mit der Ebene der Ekliptik zusammen, und der Ring wendet uns nur seine schmale Kante zu, so daß er nur durch sehr ausgezeichnete Teleskope als eine äußerst feine leuchtende Linie, oder gar nicht gesehen wird. Je weiter sich Saturn von diesen Knoten entfernt, desto größer ist der von der Sonne erleuchtete, der Erde zugewendete Theil der breiten Seite des Ringes, er erscheint nach und nach als eine Ellipse, die ihre größte Breite hat, wenn Saturn um einen Quadranten von jenen Knoten entfernt ist. Als vollständiger Kreis könnte er nur unter der Bedingung erscheinen, wenn die Aze mit der Ekliptik zusammenfiel, was aber nie der Fall sein kann. Dieser Ring dreht sich in derselben Zeit um seine Aze, in welcher Saturn eine Rotation vollendet, in 10 Stunden 16 Minuten; dadurch nur ist es möglich, daß er stets in derselben Entfernung von dem Hauptplaneten bleiben kann. Er zeichnet sich durch ein helleres, weißes Licht aus, gegen welches das des Saturn gelblich erscheint. Schröter wollte auch Berge auf dem Ringe bemerkt haben, indem er einige hellere Punkte als solche ansah, doch bewies später Olbers, daß diese hellern Punkte durch die stärkere Beleuchtung der Sonnenstrahlen entstehen, die sich an diesen Stellen wegen der Lage des Ringes mehr concentriren müssen, weshalb auch diese hellern Punkte ihre Lage nicht ändern, ein Umstand, aus

welchem Schröter folgerte, daß der Ring nicht rotire; mit seinem mächtigen Niesentelescop hat aber Herschel wirkliche Unebenheiten des Ringes entdeckt, und aus ihrer Bewegung die Rotation des Ringes genau so gefunden, als sie nach den Gesetzen der Mechanik stattfinden muß.

Außer dem Ringe umkreisen den Saturn noch 7 Monde, die Bahnen der sechs ersten liegen in der Ebene des Ringes oder des Saturns-Äquators, die des siebenten bildet aber mit der Ebene der Saturnsbahn einen Winkel von $22^{\circ} 42'$ mithin ist ihre gegenseitige Neigung fast um $7\frac{1}{2}^{\circ}$ kleiner, als die der übrigen. Nach möglichst genauen Messungen sind ihre Abstände vom Saturn, ihre wahren Durchmesser und ihre Umlaufzeiten folgende:

	Abstand	Durchmesser	Umlaufszeit			
I.	28086 Ml.	0 T. 22 St. 37 M. 55 Sec.			
II.	36051 —	1 — 8 — 28 — 48 —			
III.	44267 —	140 Ml.	1 — 21 — 18 — 43 —			
IV.	57179 —	140 —	2 — 18 — 56 — 9 —			
V.	79648 —	360 —	4 — 12 — 24 — 28 —			
VI.	184448 —	1050 —	15 — 22 — 39 — 36 —			
VII.	542606 —	618 —	79 — 7 — 55 — 12 —			

Die beiden ersten sind zu klein, um auch nur annäherungsweise bestimmt zu werden. Auf eine Atmosphäre Saturns schließt man aus dem abnehmenden Glanze der hinter ihm verschwindenden Fixsterne, was einige Astronomen bemerkt haben wollen, andre aber nicht.

Uranus mit seinen sechs Monden.

Wegen seiner äußerst langsamen Bewegung am Sternenhimmel, wurde Uranus, der uns als ein Stern sechster Größe erscheint, lange Zeit als Fixstern angesehen, und als solcher auf den Sternkarten verzeichnet. Erst Herschel entdeckte 1781, daß er, wie alle übrigen Planeten, als eine kleine Scheibe, und nicht, wie die Fixsterne, als ein untheilbarer Punkt erscheine, und einmal auf ihn aufmerksam gemacht, bemerkte er auch sehr bald seine Ortsbewegung. Noch hat er seit seiner Entdeckung seinen Umlauf um die Sonne, zu welchem er 83 Jahre 294 Tage gebraucht, nicht vollendet, und wird erst im Jahre 1865 wieder an den Ort, wo er zuerst aufgefunden wurde, zwischen die Hörner des Stiers zurückgekehrt sein. Seine Entfernung von der Sonne im Perihelium beträgt 381,800,000, im Aphelium 419,200,000, also im Mittel 386 Mill. Meilen. Die Excentricität seiner Bahn ist 38,400,000 Meilen. Da im Verhältniß zu dieser sehr großen Entfernung der Erdbahndurchmesser nur eine kleine Größe ist, so wird die scheinbare Größe des Uranus nicht sehr, nur um eine Sekunde durch die Annäherung an die Pole geändert werden; er erscheint so groß wie Merkur bei seiner größten Erdferne. Sein wahrer Durchmesser beträgt 7270 Meilen, mithin ist er 80 mal größer als unsre Erde, aber die Dichte seiner Masse ist durchschnittlich gleich der unsers Wassers, mithin sein Gewicht nur etwa 17 mal größer, als das Gewicht des Erdkörpers. Die Helligkeit an seinem Mittage muß, da ihm die Sonne nur noch so groß, wie uns die Venus erscheint, gleich der unsrer sternhellen Nacht sein, seine Tage können sich also von seinen Nächten kaum unterscheiden.

Die Ebene seiner Bahn ist unter dem sehr kleinen Winkel von 46 Minuten gegen die Ekliptik geneigt, daher sehen wir ihn immer ganz in der Nähe derjenigen Sterne, welche die scheinbare Bahn der Sonne bezeichnen. Bei der sehr großen Entfernung dieses Planeten von der Erde konnten bis jetzt auch mit den vortrefflichsten optischen Instrumenten keine Flecken auf seiner Oberfläche bemerkt werden, daher weiß man auch über seine Axenrotation und die Lage seiner Axe nichts Bestimmtes. Aber da die Bahnen der ihn begleitenden Monde

fast senkrecht auf der Ekliptik stehen, und da bei den übrigen Planeten die Bahnen ihrer Trabanten fast in die Ebene ihres Aequators fallen, so schließt man daraus, daß der Aequator des Uranus die Ekliptik senkrecht durchschneidet, mithin seine Aye in die Ebene der Ekliptik selbst fällt. Seine 6 Monde zu sehen und zu beobachten, ist bis jetzt nur wenigen Astronomen geglückt. Nur der ältere Herschel konnte mit seinem Spiegel-Telescop ihre Entfernung vom Hauptplaneten bestimmen und daraus ihre Umlaufzeiten berechnen.

Entfernung in Uranus-Halbmessern		Umlaufszeit	
I	13,120	—	5 Tage 21 St. 25 M. 20 Sek.
II	17,022	—	8 — 16 — 57 — 47 —
III	19,845	—	10 — 23 — 3 — 59 —
IV	22,752	—	13 — 10 — 56 — 29 —
V	45,507	—	38 — 1 — 48 — = —
VI	91,008	—	107 — 16 — 39 — 56 —

Neptun.

So wie die Bahnen aller übrigen Planeten und des Mondes durch den Einfluß der Anziehungskraft anderer sich ihnen nähernden Planeten Störungen erleiden, die um so größer sind, je größer die Masse und die Annäherung des störenden Körpers, und je kleiner die Masse des in seinem Laufe gestörten ist, so bemerkte man auch in der Bahn des Uranus eine derartige Störung sowohl in der Richtung seines Laufes, als auch in seiner Geschwindigkeit, die früher unerklärt geblieben war. Der Pariser Astronom und Mathematiker Leverrier stellte zuerst als ihre Ursache die Anziehungskraft eines, jenseits der Uranusbahn befindlichen Planeten auf, dessen Lage er nach der Größe jener Störungen mittelst der bekannten Gesetze berechnete, und als Resultat seiner höchst verwickelten, geistreichen Rechnung fand, daß derselbe in einer Entfernung von 667 Mill. Meilen von der Sonne im 2ten Grade des Zeichens des Wassermanns stehen müsse.

Selbst nicht im Besitze ausgezeichneter Teleskope forderte er sämtliche beobachtenden Astronomen auf, die von ihm bezeichnete Gegend des Himmels genau zu untersuchen, in Folge dessen zuerst auf der Berliner Sternwarte gegen Ende des September 1846 im 10ten Grade des Wassermanns ein Stern 7—8 Größe aufgefunden wurde, der sich durch seinen meßbaren Durchmesser und seine, wenn auch nur sehr geringe Bewegung, als Planet darstellte. Einen schöneren Triumph konnte die Wissenschaft wohl nicht feiern, da durch das Auffinden dieses Planeten die Wahrheit aller bisher hypothetisch angenommenen Gesetze der Planetenbewegung und der gegenseitigen Einwirkung der Planeten auf ihre Bahnen auf das glänzende bewiesen wurde.

Dem neuen Mitgliede der Planetenfamilie wurde der Name Neptun zu Theil. Von ihm wissen wir bis jetzt, daß er einen scheinbaren Durchmesser von 3 Sekunden hat, in seinem Aphelium 30,518 und im Perihelium 20,983 Halbmesser der Erdbahn, oder 634,800000 und 613,600000 Meilen von der Sonne entfernt ist, also die Excentricität seiner Bahn 21,200000 Meilen beträgt.

Die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik beträgt $1^{\circ} 45' 30''$, und seine tropische Umlaufszeit 106 Jahre 139 Tage, die siderische 107 Jahre 165 Tage. Sein wahrer Durchmesser soll 5mal größer sein, als der unsrer Erde, und seine Masse 11mal die Masse der Erde übertreffen. Die Beantwortung der Frage, ob mit Neptun die Reihe der Planeten endet, oder ob noch andere Planeten jenseits desselben der Macht der Sonne unterworfen, in gemessener Entfernung sie still gehorsam umkreisen, muß der Zukunft überlassen bleiben. Bis jetzt kennen wir also 16 Planeten und 18 Trabanten, über welche die Sonne nach unwandelbaren kosmischen Gesetzen ihre Macht ausübt, die sie selbst nur ihrer Masse verdankt.

Aber die aufgezählten Himmelskörper sind nicht die einzigen, über welche die Sonne gebietet; noch Myriaden anderer räthselhafter Körper gehören in ihr Reich, die als leuchtende, oft sonderbar gestaltete Nebel, oder als dicke Körper von metallischem Gefüge entweder in geschlossenen, wenn auch zuweilen unendlich langgestreckten Bahnen, doch regelmäßig in unsern Gesichtskreis wiederkehren, oder sich nur sekundenlang, einen glänzenden Streif am Himmelsgewölbe bildend, unsern Blicken zeigen, oder endlich mit furchtbarer Gewalt und donnerähnlichem Getöse zur Erde niederfallend, uns in Schrecken und Erstaunen setzen. Es sind dies die Kometen, die Sternschnuppen und die Aerolithen, von welchen ich, da mir der vorgeschriebene Raum es diesmal nicht gestattet, bei einer andern Gelegenheit umständlicher die bisher gemachten Entdeckungen und aufgestellten Hypothesen mittheilen zu können hoffe.

