

Kapitel X.

Die Monde der drei äußersten Planeten.

§. 143. (Die vier Monde Jupiters.) Der Planet Jupiter ist, wie bereits oben (I. S. 180 und 336) gesagt wurde, von vier Monden umgeben. Da die Neigungen ihrer Bahnen gegen die ihres Hauptplaneten sämtlich zwischen zwei und drei Graden enthalten sind, so erscheinen sie uns immer sehr nahe in einer geraden Linie aufgestellt, deren Richtung durch den Mittelpunkt Jupiters geht. Schon mittelmäßige Fernröhre sind hinreichend, sie zu erkennen.

Die mittleren Entfernungen und Umlaufzeiten, so wie die Größen dieser vier Monde, sind bereits oben (I. S. 336) angegeben worden. Aus den dort mitgetheilten Angaben folgt, daß ihre Durchmesser, von dem, dem Planeten nächsten anzufangen, $\frac{1}{34}$,

$\frac{1}{42}$, $\frac{1}{24}$ und $\frac{1}{34}$ des Durchmessers von Jupiter sind, daß also der zweite der kleinste und der dritte der größte ist. (In Beziehung auf diese ihre Durchmesser ist der erste und vierte nahe doppelt so groß, als der Mond der Erde, der dritte hat einen nahe fünfmal größeren Durchmesser als unser Mond und der zweite endlich ist ihm beinahe gleich.)

§. 144. (Wie sie von Jupiter gesehen erscheinen und umgekehrt.) Von der Oberfläche Jupiters gesehen erscheinen sie, in derselben

*11. immer
4. 6015
178*

Ordnung, unter dem scheinbaren Durchmesser von 35, 17, 19 und 7 Minuten; von der Erde aber beträgt keiner dieser Durchmesser noch zwei Sekunden.

Dafür erscheint Jupiter selbst auf diesen Monden von einer gewaltigen und imposanten Größe. Die Bewohner des nächsten Mondes sehen ihren Hauptplaneten unter einem Durchmesser von $19\frac{3}{4}$ Graden, also 37 mal größer, als uns der Durchmesser der Sonne, oder in der Oberfläche 1370 mal größer, als uns die Oberfläche der Sonne erscheint. Für diesen Satelliten kann daher sein Hauptplanet das ganze große Sternbild des Orion bedecken, und wenn er an dem Horizonte des Mondes auf- oder untergeht, so nimmt er den achtzehnten Theil desselben ein. Auf dem zweiten Satelliten erscheint Jupiter, in Beziehung auf seine Oberfläche 620, auf dem dritten 240 und auf dem vierten endlich 78 mal größer, als uns die Oberfläche der Sonne.

Der Durchmesser der Sonne selbst aber erscheint den Bewohnern Jupiters und seiner Satelliten nur mehr unter dem kleinen Winkel von sechs Minuten, so daß der Abstand in der Größe, wie den Bewohnern der Satelliten die Sonne und ihr Hauptplanet erscheint, noch viel auffallender ist. In der That sehen die Bewohner des ersten oder nächsten Mondes die Oberfläche Jupiters 37000, die des zweiten 14600, des dritten 5800 und endlich die des vierten 1800 mal größer, als sie die Sonne sehen, von welcher sie im Mittel um 108 Millionen Meilen entfernt sind.

S. 145. (Vorübergänge dieser Satelliten vor der Scheibe Jupiters.) Es wurde bereits (I. S. 337) bemerkt, daß man diese Monde mit guten Fernröhren zuweilen auf der Scheibe Jupiters selbst bemerkt, wenn sie nämlich zwischen ihm und der Erde durchgehen. Sie erscheinen dann als kleine, runde Flecken, die sich durch ihre dunklere Farbe auf dem beleuchteten Hintergrunde Jupiters auszeichnen. Desters schon hat man in diesen Flecken einen kleinen helleren oder grauen gesehen, der mit dem Monde selbst dieselbe Geschwindigkeit und Richtung der Bewegung hat und daher ein dunkler Flecken dieses Mondes ist. Bei dem vierten Satelliten hat man überdieß eine periodische Aenderung seines

Lichtes bemerkt, indem er immer am stärksten glänzt, wenn er weiter als Jupiter von der Erde entfernt ist, und am schwächsten, wenn er für uns dießseits seines Hauptplaneten steht, so daß er uns dort seine hellere, hier aber seine dunklere Seite zuzuwenden scheint. Man hat daraus den Schluß gezogen, daß auch diese Monde, so wie der der Erde, in derselben Zeit sich um ihren Hauptplaneten bewegen, in welcher sie sich um ihre Axe drehen. Spätere Beobachtungen haben dieß bei diesen vier Monden sowohl, als auch selbst bei einigen Monden Saturns vollkommen bestätigt. (Vergl. I. S. 340). Diese Gleichheit der Revolution und Rotation soll schon Hartßöcker i. J. 1706 gemuthmaßt haben, und wenn er gleich die Gründe davon nicht angeben konnte, so war es doch gut, uns durch die Bekanntmachung seiner Meinung auf die Sache aufmerksam gemacht zu haben. Es ist allerdings viel leichter zu muthmaßen, als zu beweisen oder zu erfinden, und wir haben, besonders in der Astronomie, Beispiele genug, die dieß bestätigen. Aber auch jene ersten Muthmaßungen haben oft ihren hohen Werth, und es ist nicht Jedermanns Sache, mit Glück solche aufzustellen, die oft erst spät nachher durch unmittelbare Beobachtungen wahr befunden werden, und die oft selbst den Beobachter auf den richtigen Weg geleitet und die eigentliche Erfindung vorbereitet haben. Man sollte es daher Niemand, der sich dazu aufgelegt fühlt, verargen, Muthmaßungen, selbst gewagte, aufzustellen, und mit Hypothesen zu experimentiren, da diese Spiele, denn mehr sind sie gewöhnlich anfangs nicht, unschuldige Operationen sind, die später sehr nützlich werden können, wenn sie in die rechten Hände fallen, obschon sie übrigens, man muß es gestehen, auch schon Unheil genug angerichtet haben. Diese Dinge lassen sich mit dem Feuer vergleichen, von dem man zu sagen pflegt, es sey ein vortrefflicher Diener, aber ein sehr gefährlicher Herr.

Da übrigens dieser periodische Lichtwechsel und jene dunklen Flecken auf der Oberfläche des Satelliten nicht bei jedem Umlaufe desselben um seinen Hauptplaneten sichtbar sind, so scheinen auf dieser Oberfläche öfter bedeutende Umwälzungen vor sich zu gehen, da sie selbst in der großen Entfernung dieser Himmelskörper von

uns noch sichtbar seyn können. Wahrscheinlich sind daher diese Monde, so wie ihr Hauptplanet selbst mit sehr dichten Atmosphären umgeben, in welchen große Revolutionen statt haben.

§. 146. (Verfinsterungen dieser Monde.) Eben so ist bereits früher (I. S. 338) bemerkt worden, daß die Verfinsterungen der Satelliten Jupiters uns ein sehr bequemes Mittel gewähren, die geographische Länge der Beobachtungsorte zu bestimmen, das besonders auf der See sehr gut angewendet werden konnte, da diese Finsternisse so oft wiederkehren und viel häufiger, als bei unserm Monde, vorkommen. In den neueren Zeiten, wo die Theorie und die Tafeln unseres eigenen Mondes zu einer so großen Vollkommenheit gebracht worden sind, bedient man sich zu diesem für die Seefahrt so wichtigen Zwecke vorzugsweise der beobachteten Distanzen des Mondes von den übrigen Gestirnen, allein zur Zeit der Entdeckung jener Satelliten, im Anfange des siebenzehnten Jahrhunderts, hatte man kein anderes Mittel, die geographische Länge zweier sehr von einander entfernten Orte zu bestimmen, als eben die Finsternisse dieser Satelliten, da die Finsternisse unseres Mondes (I. S. 174. 175) zu selten vorkamen, um auf der See von großem Nutzen zu seyn.

Sei S die Sonne (Fig. 14), I Jupiter, ABC die Bahn der Erde und a b c d die Bahn eines Satelliten dieses Planeten, wo sich die Erde und der Satellit von West nach Ost oder in der Richtung ABC und a b c bewegen. Wenn der Satellit in der Gegend a b seiner Bahn, oder in der Nähe des Schattenkegels e N d ist, den Jupiter, von der Sonne S beschienen, hinter sich wirft, so verschwindet er unseren Blicken, sobald er in diesen Schatten tritt, und verursacht dadurch für die Bewohner des Hauptplaneten eine Mondesfinsterniß. Wenn aber der Satellit in der Gegend c d seiner Bahn, zwischen der Sonne und seinem Hauptplaneten steht, so wirft er seinen eigenen Schatten auf den letzten und erzeugt dadurch eine Sonnenfinsterniß. (Vergl. I. S. 337.) Man sieht daraus, daß die Finsternisse dieser Satelliten im Allgemeinen ganz analog mit denen unseres Mondes (I. S. 335) sind, obschon sie sich auch wieder in einigen Nebenumständen wesentlich von ihnen unterscheiden. Wegen der viel größeren

Entfernung Jupiters von der Sonne ist nämlich der Schattenkegel, den dieser Planet hinter sich wirft, viel länger, und wegen der ungemeinen Größe Jupiters ist sein Schatten auch viel breiter, als der der Erde. Diese Satelliten selbst sind überdies gegen ihren Hauptplaneten viel kleiner, als der Mond gegen die Erde, ihre Bahnen sind viel weniger gegen die Ecliptik geneigt und auch verhältnißmäßig bedeutend kleiner, als die Bahn unseres Mondes. Aus diesen Gründen gehen die drei ersten oder nächsten Satelliten Jupiters, so oft sie bei ab mit der Sonne in Opposition sind, immer durch den Schatten des Planeten, oder sie werden bei jedem Neumonde verfinstert und selbst der vierte muß, wenn er ja zuweilen diesem Schatten oben oder unten vorbeigeht, den Rand desselben meistens streifen. Aber der vorzüglichste Unterschied zwischen den Finsternissen dieser Satelliten und unseres Mondes besteht darin, daß wir jene nicht, wie diese, aus dem Mittelpunkte der Bewegung dieser Satelliten, sondern von irgend einem Punkte A, B, C der Erdbahn sehen, der nicht in der Richtung der geraden Linie liegt, welche die Sonne, den Planeten und den Satelliten mit einander verbindet, so daß also die Schattenare IN zu verschiedenen Zeiten auch eine verschiedene Lage gegen die Gesichtslinie haben wird, die von der Erde nach Jupiter geht. Dieser Umstand macht zwar keinen Unterschied in der absoluten Zeit, wann diese Mondesfinsternisse bei ab anfangen und enden, denn da sie wahre Beraubungen des nur geborgten Lichtes der Satelliten sind, so müssen dieselben aus allen Orten in demselben Augenblicke gesehen werden, aber er hat dafür einen desto größeren Einfluß auf die Sichtbarkeit dieser Finsternisse, wie wir sogleich näher sehen werden.

Der Satellit wird in dem Augenblicke verfinstert, wo er in dem Punkte a in den Schattenkegel Jupiters tritt, aber nicht plöglich, da der Satellit zuerst in den Halbschatten tritt und doch immer einen beträchtlichen Durchmesser hat und daher nur nach und nach in den Schatten treten oder allmählig sich unsern Blicken entziehen kann. Diese Zeit der völligen Extinction seines Lichtes wird so groß seyn, als diejenige Zeit, die der Satellit braucht, in seiner Bahn einen Bogen, so groß als sein eigener Durchmesser, zu beschreiben, oder eigentlich

noch etwas größer, wegen des Halbschattens, der durch die zwei geraden Linien begränzt wird, welche die Sonne an ihrem oberen und Jupiter an dem entgegengesetzten, untern Rande berühren. Dasselbe wird auch am Ende der Finsterniß statt haben, wenn der Mond bei *b* wieder die zweite Grenze des Schattens verläßt. Es wird also auch sehr schwer seyn, den eigentlichen Anfang der Verfinsterung des Satelliten, so wie das völlige Ende desselben genau anzugeben, und man sieht, daß die Güte des Auges und des Fernrohrs, und die Reinheit der Atmosphäre während der Beobachtung einen großen Einfluß auf dieselbe äußern kann. Diesen ungünstigen Umstand so viel als möglich zu vermeiden, wird man sich daher, wo es seyn kann, nie mit der Beobachtung des bloßen Anfanges oder auch des Endes einer solchen Finsterniß begnügen, sondern man wird, mit demselben Fernrohre, beide Momente beobachten und aus ihnen das Mittel nehmen, wo man dann die Zeit desjenigen Augenblicks erhält, wo der Satellit in der Schattenaxe *IN* oder in Opposition mit der Sonne gewesen ist. Nur solche vollständige Beobachtungen einer Finsterniß, wenn sie an mehreren Orten angestellt wurden, wird man mit Sicherheit zur Bestimmung der geographischen Länge dieser Orte (nach I. S. 338), so wie auch zur Verbesserung der Theorie der Bewegungen dieser Himmelskörper anwenden.

Der bloße Anblick der Zeichnung lehrt schon, daß diese Finsternisse alle auf der Westseite von Jupiter statt haben, wenn die Erde selbst westlich von der Schattenaxe *SIN* liegt, d. h. in der Zeit, die der Opposition Jupiters vorbergeht; diese letzte aber hat statt, wenn die Erde in *C*, oder wenn sie selbst in der Schattenaxe liegt. Je näher die Erde diesem Punkte *C* der Opposition kömmt, desto näher kömmt auch die Gesichtslinie *Aa*, *Ba*.. zu ihrer Coincidenz mit der Schattenaxe *IN*, desto weniger sind beide Linien *Aa* und *IN* gegen einander geneigt und desto näher an dem westlichen Rande Jupiters werden auch die Eintritte der Satelliten sich ereignen. Wenn die Erde in den Punkt *B* kömmt, wo die Linie *Bb*, die man von der Erde nach dem Satelliten zur Zeit seines Austritts aus dem Schatten zieht, den Planeten an seinem westlichen Rande berührt, so haben diese Austritte,

wie sie von der Erde gesehen werden, an dem Rande Jupiters selbst statt, und können daher zu dieser Zeit eben so wenig gesehen werden, als die darauf folgenden Tage, wo diese Austritte für uns sogar hinter der Scheibe Jupiters vor sich gehen. Noch später wird man auch die Eintritte bei a nicht mehr sehen, da auch diese, von der Erde gesehen, sich hinter dem Planeten ereignen.

Vor der Opposition Jupiters also oder zu der Zeit, wo dieser Planet Vormittags durch den Meridian geht, fällt der Schattenkegel desselben für uns auf die westliche, nach der Opposition aber auf die östliche Seite, daher wir dort die Eintritte der Monde auf der westlichen, hier aber die Austritte derselben auf der östlichen Seite Jupiters sehen, während uns dort die Austritte auf der östlichen und hier die Eintritte auf der westlichen Seite unsichtbar sind, indem uns beide von der Scheibe des Planeten selbst verdeckt werden. In der Mitte zwischen der Opposition und Conjunction aber, wo Jupiter am weitesten oder neunzig Grade von der Sonne entfernt ist, und wo er daher um sechs Uhr Morgens oder Abends durch den Meridian geht, fällt sein Schatten auch am meisten gegen Ost oder West und dieser Schatten ist dort, wo die zwei äußersten Satelliten durch ihn gehen, von dem Planeten schon so fern, daß keine der beiden Seiten des Schattens für uns von der Scheibe des Planeten bedeckt werden kann, daher wir also auch dann, von diesen beiden Satelliten, die Eintritte sowohl, als auch die darauf folgenden Austritte, oder daß wir die Finsternisse derselben in ihrer ganzen Dauer sehen können. Die zwei andern Satelliten aber stehen ihrem Hauptplaneten immer so nahe, daß man vor der Opposition bloß ihre Eintritte und nach der Opposition bloß ihre Austritte sieht, daher auch die Finsternisse dieser zwei nächsten Satelliten zu einer genauen Bestimmung der geographischen Länge viel weniger geschikt sind, als die der beiden andern.

§. 147. (Verfinsterungen Jupiters durch diese Monde.) Anders verhält sich die Sache, wenn der Satellit in seiner Bahn zu dem Punkte c kommt, wo er zwischen der Sonne und seinem Planeten ist, und wo man ihn dann von der Erde als einen runden Flecken über die Scheibe dieses Planeten ziehen sieht, sobald er in die

gerade Linie tritt, welche die Erde in A, B oder C mit dem östlichen Rande des Planeten verbindet. Dieß sind wahre Sonnenfinsternisse für die Bewohner Jupiters (I. S. 175), während die vorher betrachteten Erscheinungen als Mondesfinsternisse (I. S. 174) anzusehen waren. In der That wirft dann der Satellit in o d seinen eigenen Schattenkegel auf die ihm gegenüber stehende Oberfläche des Planeten und verdunkelt dieselbe dadurch das Licht der Sonne. Zu derselben Zeit sieht man dann auch noch einen zweiten nahe eben so großen, grauen Flecken dem Satelliten vorausgehen, wenn die Finsterniß vor der Opposition Jupiters sich ereignet, oder ihm folgen, wenn sie nach der Opposition statt hat. Dieß ist offenbar der Schatten des Satelliten, der über die Oberfläche des Planeten während der Finsterniß hinzieht. Bei diesen Vorübergängen der Satelliten, die mit lichtstarken Fernröbren sehr scharf beobachtet werden können, sieht man den Satelliten auch zuweilen als einen dunklen, nicht mehr runden, sondern unregelmäßig begrenzten Flecken, dessen Dimensionen beträchtlich kleiner sind, als die seines Schattens, woraus Schröter und Harding den Schluß gezogen haben, daß diese Satelliten zuweilen auf ihrer Oberfläche oder in ihrer Atmosphäre große, dunkle Stellen haben.

§. 148. (Theorie der Satelliten Jupiters.) Die Theorie der Bewegungen und der gegenseitigen Störungen dieser Satelliten ist großen Schwierigkeiten unterworfen. Aber ihre große Entfernung von uns gestattet, bei den vorzüglichsten ihrer Perturbationen stehen zu bleiben, da wir die kleinern Ungleichheiten doch nicht mehr unterscheiden können. Bailly, der sich durch seine schöne, obgleich etwas dichterische Geschichte der Astronomie ausgezeichnet hat, und dessen grausamer Tod zur Zeit der Schreckensregierung in Frankreich ein entsetzlicher Beweis der Unbeständigkeit der Volksgunst ist, war der erste, der die Theorie dieser vier Monde durch Hülfe der Analyse zu bearbeiten suchte. Da aber sein Versuch noch zu unvollkommen war, so machte die k. Academie in Paris i. J. 1766 diesen schwierigen Gegenstand zu einer Preisfrage, die Lagrange in ihrem ganzen Umfange in einer Abhandlung löste, welche eine der schönsten ist, die je über die Einrichtung des Weltsystems erschienen war. Im Jahre 1788 nahm Laplace dieselbe Arbeit noch

einmal vor, bereicherte sie mit mehreren interessanten Entdeckungen und legte dadurch den Grund zu den ersten genauen Tafeln dieser Satelliten, die Delambre berechnete. Diese Arbeiten lehrten uns auch die Massen jener Monde kennen, die, in der bisher angenommenen Ordnung 17, 23, 28 und 43 Milliontheile der Masse Jupiters betragen. Verbindet man diese Massen mit der bereits oben mitgetheilten Größe dieser Monde, so findet man ihre Dichtigkeiten gleich 1, 4, 3 und 4 Zehnthelle der Dichte der Erde, und daher auch den Fall der Körper auf ihren Oberflächen in der ersten Secunde, 8, 16, 20 und 19 Zehnthelle eines P. Fußes.

§. 149. (Merkwürdige Verhältnisse ihrer Bewegungen.) Wir haben bereits oben (I. §. 177) die merkwürdigen Verhältnisse angegeben, welche zwischen den mittleren Längen sowohl, als auch zwischen den mittleren siderischen Bewegungen der drei ersten dieser Satelliten statt haben. Eine Folge dieser Sonderbarkeit ist, daß diese drei Satelliten nie zugleich verfinstert werden können. In der That, wenn der zweite und dritte dieser Monde, in demselben Punkte des Himmels, von Jupiter aus gesehen, sich befinden, so muß, jenes Verhältnisses wegen, der erste Mond jenen beiden gegenüber stehen; wird also dieser erste verfinstert, so müssen die beiden andern zwischen der Sonne und Jupiter liegen, und daher ihren Schatten auf den Hauptplaneten werfen, und umgekehrt.

§. 150. (Anblick des Himmels von diesen Monden.) Ohne uns bei der Beschreibung des Anblicks aufzuhalten, welchen die vier Monde den Bewohnern Jupiters gewähren mögen, wollen wir nur mit einigen Worten des Genusses erwähnen, welchen Jupiter selbst den Bewohnern der Satelliten darbietet. Welch ein Schauspiel mag es für die Bewohner des ersten Satelliten seyn, eine unfereim Monde ähnliche Scheibe, mit denselben regelmäßig abwechselnden Lichtphasen, aber 1570 mal größer, als uns die Scheibe des Mondes zur Zeit des Volllichtes erscheint, immer unbeweglich an derselben Stelle des Himmels zu erblicken, während die Sonne selbst und alle andern Gestirne hinter ihr vorüberziehen, begleitet von anderen ebenfalls sehr großen lichten Himmelskörpern, welche die erste in künstlich verschlungenen Bahnen nach ewig

unveränderlichen Gesehen umwandeln. Die Bewohner der Mitte der, diesem Planeten zugewendeten Hälfte sehen die ungeheure Lichtscheibe immer in ihrem Zenithe und die des Randes immer in ihrem Horizonte. Eine Reise von 440 Meilen, zweimal so weit als von Wien nach Neapel, würde schon hinreichen, diese große Scheibe des Hauptplaneten aus dem Zenithe des Wanderers in seinen Horizont herab zu ziehen. Mit welchen Gefühlen mögen die Bewohner des Randes der hinteren, von Jupiter stets abgewendeten Hälfte dieses Mondes, nach einem Wege von nur wenigen Meilen, diesen ungeheuern Himmelskörper erblicken, der ihnen in seiner Oberfläche 37000 mal größer als die so weit entfernte Sonne erscheint, und der ein blendendes Licht verbreitet, das mit dem unseres Vollmondes nicht weiter verglichen werden kann.

§. 151. (Entdeckung dieser Monde.) Bemerken wir noch, daß die Entdeckung dieser vier Monde, durch Galilei i. J. 1610, eine der ersten Früchte des nur kurz vorher erfundenen Fernrohrs, zugleich eine sehr merkwürdige Epoche in der Geschichte der Sternkunde begründet, denn die erste astronomische Auflösung des großen Problems der Meereslänge, der wichtigsten und nützlichsten Aufgabe, die der menschliche Geist sich je vorgelegt hat, verdanken wir der Kenntniß dieser Monde. Auch datirt man mit Recht die eigentliche, letzte Bestätigung der Wahrheit des Copernicanischen Systems von der Entdeckung dieser vier Himmelskörper, die uns unser eigenes Sonnensystem gleichsam in einem Miniaturbilde zeigen, in welchem sich die drei Kepler'schen Geseze (I. S. 147) und durch sie das Gesez der allgemeinen Schwere abspiegeln und in wenigen Monaten schon alle die periodischen Bewegungen zeigen, deren vollständige Entwicklung bei den Planeten selbst mehrere Jahrhunderte erfordert. Und als ob die Natur mit einer Art von Vorliebe diese kleinen, von uns mit freien Augen ganz unsichtbaren Lichtpunkte begünstigen und auf sie die interessantesten Züge der Geschichte der Sternkunde häufen wollte, so verdanken wir ihnen auch die große Entdeckung der Aberration des Lichtes (I. Cap. VI.) und durch dieselbe die Kenntniß der außerordentlichen Geschwindigkeit (I. §. 77) dieses wundervollen Elements.

S. 152. (Satelliten des Saturn und Uranus.) Viel weniger, als die Satelliten des Jupiter, sind uns die des Saturn und noch beinahe gar nicht die des Uranus bekannt. Die vorzüglichsten Elemente der sieben Monde Saturns wurden schon oben (I. S. 339) mitgetheilt. Wenn man ihre Umlaufzeiten mit ihren mittleren Entfernungen vergleicht, so sieht man, daß auch sie, so wie die Monde Jupiters, dem dritten Gesetze Keplers (I. S. 146) gehorchen, so wie man durch lichtstarke Fernröhre, wenigstens an einigen derselben, auch schon die Gleichheit ihrer Revolution mit der Umdrehung um ihre Axe beobachtet hat, eine Uebereinstimmung, die man bereits an so vielen Satelliten gefunden hat, daß man nicht weiter anstehen kann, sie als eine allen diesen Monden allgemein zukommende Eigenschaft zu betrachten.

Der entfernteste oder der siebente dieser Monde hat allein noch eine etwas beträchtliche Neigung gegen die Ebene des Ringes, mit welcher die Bahnen der sechs übrigen nahe zusammenfallen. Dieser Mond ist zugleich derjenige, den man noch am besten durch Fernröhre sehen kann. Auch der sechste bietet in dieser Beziehung keine besonderen Schwierigkeiten dar; die drei nächstfolgenden sind schon sehr schwach und erfordern sehr lichtstarke Fernröhre, um gesehen zu werden; während die zwei innersten, die beinahe den äußern Rand des Ringes streifen, nur mit unsern vorzüglichsten Fernröhren, und auch da nur unter den günstigsten Verhältnissen sichtbar werden. Zu der Zeit, wo der Ring dieses Planeten für gewöhnliche gute Fernröhre verschwindet, bemerkte sie der ältere Herschel i. J. 1789, mit einem Reflector von vier Fuß Oeffnung, gleich zwei äußerst kleinen Perlen, die eine feine Silberschnur, wie ihm der Ring erschien, zu beiden Seiten begrenzten und bald darauf hastig wieder zu dieser Schnur zurück zu eilen schienen, um sich, auf ihre gewohnte Weise, wieder hinter derselben zu verbergen. Uebrigens ist die große Neigung der Bahnen dieser Satelliten gegen die Ecliptik Saturns — sie beträgt über 27 Grade — die Ursache, warum sie so äußerst selten von ihrem Hauptplaneten verfinstert werden, während im Gegentheile die vier, oder wenigstens die drei nächsten Monde Jupiters bei jedem Volllichte derselben durch den Schatten ihres Centralkörpers gehen.

Von den Satelliten des Uranus ist bereits das Wenige, was uns die Beobachtungen bekannt gegeben haben, oben (I. S. 340) mitgetheilt worden, daher wir hier derselben nicht weiter erwähnen.

§. 153. (Uebersicht des ganzen Planetensystems.) Zum bequemeren Ueberblicke der Verhältnisse, Größe, Entfernungen u. f. der einzelnen Körper unseres Sonnensystems hat man die vorzüglichsten Elemente derselben in Tafeln gebracht. Wir haben diejenigen, welche die Planeten betreffen, schon in dem ersten Theile (S. 281 und 294 bis 297) gegeben und fügen ihnen hier nur noch die Massen, Dichtigkeiten, die Rotation und Fallhöhen auf ihrer Oberfläche bei, um dadurch jene Angaben zu vervollständigen. Ihnen folgen dann die tabellarischen Uebersichten der Elemente des Mondes und der übrigen Satelliten.

Massen und Dichtigkeiten der Planeten.

Tafel I.

	Masse, die der Erde = 1	Masse, die der Sonne = 1	Dichte, die der Erde = 1	Dichte, die des Wassers = 1	Oberfläche, die der Erde = 1	Volum, das der Erde = 1	Volum in Maaß Kubit- Meilen
Merkur	0,16	$\frac{1}{2025810}$	3,61	17,7	0,12	0,04	404
Venus	0,92	$\frac{1}{405871}$	1,07	5,2	0,90	0,85	2280
Erde	1,00	$\frac{1}{354936}$	1,00	4,9	1,00	1,00	660
Mars	0,13	$\frac{1}{2546520}$	0,70	3,3	0,32	0,18	467
Vesta	—	—	—	—	0,01	0,00004	1
Juno	—	—	—	—	0,03	0,005	10
Ceres	—	—	—	—	0,04	0,008	14
Pallas	—	—	—	—	0,07	0,017	212
Jupiter	308,9	$\frac{1}{3512}$	0,10	1,1	121,1	1335,1	45
Saturn	95,3	$\frac{1}{17918}$	0,20	0,5	95,2	928,5	3500000
Uranus	46,9	$\frac{1}{17918}$	0,25	1,0	17,9	75,85	2500000
							201200

Die Masse der Sonne ist 329630 mal größer als die der Erde und die des Mondes ist $\frac{1}{70}$ von jener der Erde. Die Dichte der Sonne ist $\frac{1}{4}$ der mittlern Dichte der Erde oder 1,22 der Dichte des reinen Wassers. Das Volum oder der körperliche Inhalt der Sonne ist 1330000 größer als der der Erde, oder es beträgt nahe 3730 Billionen Kubitmeilen. Das Volum des Mondes ist nur $\frac{1}{50}$ von dem der Erde.

Tafel II.
Geschwindigkeit, Abplattung u. f. der Planeten.

	Geschwindigkeit in der Bahn um die Sonne in 88 Tagen	Geschwindigkeit in 1 Secunde in Mile. in d. Bahn	Dauer der Rotation	Geschwindigkeit, ein. Punkt. d. Aequat. in d. rägl. Weg. In Par. Fuß	Kall gegen die Sonne in ein. Secunde In Par. Linien	Kall der Körper auf der Oberfl. in einer Sec. In Par. Fuß	Abplattung
Merkur	560°	6,7	24 St. 5,5 M	504	8,5	14,1	—
Venus	140,9	4,9	23 21,5	1430	2,4	15,9	—
Erde	86,7	4,7	23 56,07	1422	1,3	15,1	$\frac{1}{500}$
Mars	46,1	5,4	24 39,5	798	0,5	6,3	$\frac{1}{16}$
Jupla	25,9	2,7	—	—	0,2	—	—
Saturn	19,9	2,6	—	—	0,2	—	—
Uranus	18,8	2,5	—	—	0,2	—	—
Pallas	18,8	2,5	—	—	0,2	—	—
Jupiter	7,3	1,7	9 55,7	39070	0,05	58,8	$\frac{1}{15}$
Saturn	2,9	1,3	10 16,0	33500	0,01	15,1	$\frac{1}{11}$
Uranus	1,0	1,0	—	—	0,003	14,6	—

Die Dauer der Rotation der Sonne beträgt $25\frac{1}{2}$ Tag, und auf ihrer Oberfläche fallen die Körper in der ersten Secunde durch 430 Par. Fuß.

T a f e l III.

Elemente des Mondes.

Siderische Revolution des Mondes	27 T. 7 St. 43', ¹⁹²
Tropische — — —	27 7 43', ⁰⁷⁸
Synodische — — —	29 12 44', ⁰³⁷
Neigung der Bahn gegen die Ecliptik	5° 8', ⁷⁸
Mittlere Horizontal-Parallaxe am Aequator	0° 57', ⁰¹
Siderische Revolution der Knoten	6793 T. 6 St. 51', ⁶⁵
Tropische — — —	6798 4 14', ⁹³
Scheinbarer mittlerer Durchmesser von der Erde gesehen	0° 31' 8'', ⁰
— — — von d. Sonne gesehen	0° 0' 9'', ⁷³
Siderische Revolution der Absiden	3232 T. 13 St. 37', ²⁵
Tropische	3231 11 4', ¹²
Scheinb. mittl. Durchm. der Erde vom Monde gesehen	1° 54' 02''
Eccentricität der Bahn in Theilen der halb. groß. Axe	0,0550
— — — in Meilen	4120
— — — in Erdhalbmessern	4,791
Wahrer Durchmesser in Meilen	466
Mittlere Entfernung vom Mittelpunkt der Erde	
— — — in Erdhalbmessern	60,2960
— — — in Meilen	51600,0000
— — — in Halbmessern der Erdbahn	0,00251
Verhältniß des Mondes zur Erde im Durchmesser	$\frac{1}{3,7}$
— — — — — in der Oberfläche	$\frac{1}{14}$
— — — — — im Volum	$\frac{1}{50}$
— — — — — in der Masse	$\frac{1}{70}$
— — — — — in der Dichte	$\frac{2}{3}$
Fall der Körper auf der Oberfläche des Mondes	
— — — in 1 Sec.	2,3 Par. Fuß.

Tafel IV. Elemente der Jupiter-Satelliten.

	Tropische Revolution.	Mittlere Entfernung vom Mittelpunkte Jupiters.		Neigung der Bahnen geg. die des Jupit.	Gänge des aufsteigend. Knotens in der Eclypsit	Abster Durchmesser in Meilen
		in Halbmes. der Erdbahn	in Halbmes. fern Jupiters			
I	1 2. 18 Et. 27,55 M.	0,00298	5,698	3° 18'	314° 40'	560
II	3 15	0,00410	9,068	3° 46'	313° 45'	460
III	7 3	0,00634	14,462	5° 26'	314° 24'	810
IV	16 16	0,0115	25,456	2° 36'	316° 39'	566

	Scheinbarer Durchmesser		Masse, die des Jupiter = 1	Dichte, die des Jupiter = 1	Halt der Kör- per auf der 1 Stunde im Syn. Par. Fuß	Halt gegen Jupiter in 1 Secunde. Syn. Par. Fuß	Bewegung in 1 Stunde in der Bahn. Syn. Meilen
	Auf Jupiters Mittelpunkt	Mittlerer auf der Erde					
I	55' 16"	1'',4	0,00002	0,7	0,8	11,2	8800
II	17' 13"	1'',1	0,00002	1,7	1,6	4,1	7000
III	19' 0"	2'',0	0,00009	1,2	2,0	1,7	5500
IV	7' 32"	1'',4	0,00004	1,7	1,9	0,6	4200

Tafel V.

Elemente der Saturn-Satelliten.

	Tropische Revolution			Mittlere Entfernung vom Mittelpunkt Saturns		Neigung der Bahn gegen die Saturns	Durchmesser in Meilen
				in Halbmess. der Erdbahn	in Halbmess. fern Saturns		
I	0	22	57 ₅	0,00152	3,185	28° 34'	—
II	1	8	53 ₁	0,00470	4,088	28° 34'	—
III	1	21	18 ₄	0,00201	4,833	28° 34'	104
IV	2	17	44 ₈	0,00259	6,222	28° 34'	104
V	4	12	25 ₂	0,00361	8,666	28° 34'	256
VI	15	22	41 ₂	0,00832	20,000	28° 34'	680
VII	79	7	55 ₇	0,02416	58,050	22° 42'	388

Tafel VI.

Elemente der Uranus-Satelliten.

	Tropische Revolution				Mittlere Entfernung vom Mittelpunkt des Uranus	
					In Halbmessern der Erdbahn	In Halbmessern des Uranus
I	5	I.	21	St. 25 M.	0,00237	13,151
II	8		17	1	0,00308	17,039
III	10		23	4	0,00358	19,861
IV	13		11	5	0,00411	22,776
V	38		1	49	0,00823	45,530
VI	107		16	40	0,01608	89,043

§. 154. (Graphische Darstellung der vorzüglichsten Elemente des Sonnensystems.) Die Zahlen der vorhergehenden Tafeln reichen

mehr als hin, um uns von der Ausdehnung und den Verhältnissen der Planeten- und Satellitenbahnen eine vollständige Kenntniß zu geben. Nach ihnen sind, diese Gegenstände noch anschaulicher darzustellen, die folgenden Zeichnungen entworfen worden, in welchen man die Verhältnisse gleichsam mit einem Blicke übersehen kann.

In Fig. 15 sind die Bahnen der Planeten mit den fünf merkwürdigsten Kometenbahnen in ihren gehörigen Verhältnissen zu einander dargestellt. Der äußere, das Ganze umfassende Kreis, in dessen Mittelpunkt die Sonne ist, kann als die *Ecliptik*, die hier mit der Ebene des Papiers zusammenfällt, betrachtet werden. Die Peripherie dieses Kreises kann man sich in 360 gleiche Theile oder Grade getheilt vorstellen, so daß bei γ die Zahl 0° , bei Σ die Zahl 90 , bei $\equiv$ die Zahl 180° und endlich bei ζ die Zahl 270° zu stehen kommt, wo dann diese Grade die heliocentrischen oder von der Sonne gesehenen Längen andeuten. So erscheint hier z. B. Jupiter in seiner Bahn, in der heliocentrischen Länge von 134° und Saturn in der Länge von 223° verzeichnet. Die aufsteigenden Knoten der Bahnen sind durch $\mathcal{Q}$ und ihnen gegenüber die niedersteigenden durch $\mathcal{V}$ angezeigt. Derjenige Theil der Bahn, der über der *Ecliptik* oder auf der Nordseite derselben liegt, ist ganz ausgezogen, die andere, unter der *Ecliptik* liegende Hälfte der Bahn aber ist durch eine punktirte Linie angezeigt worden. Die Pfeile deuten die Richtung der Bewegung an, die bei allen direct ist, oder von West nach Ost geht, bloß den Halley'schen Kometen ausgenommen, der retrograd ist, oder von Ost gen West geht. Die beiden geraden, punktirten, auf die großen Axen der Kometenbahnen von Olbers und Halley senkrechten Linien sind die kleinen Axen dieser Bahnen. Die bloße Ansicht der Zeichnung zeigt schon die Ergänzung dieser Kometenbahnen über die Peripherie des das Ganze umfassenden Kreises. Wenn man in diese Planetenbahnen auch noch die Orte der Perihelien und Aphelien derselben eintragen will, so kann man dieß nach der Tafel I. S. 281. So ist z. B. für die Uranusbahn die Länge des Periheliums im 167sten Grade mit P, und ihr gegenüber die Länge des Apheliums im 347sten Grade mit A bezeichnet worden. Zieht man dann durch beide Punkte A und B eine gerade Linie, so drückt diese

durch die Sonne gehende Gerade die große Ase der Planetenbahn aus. Halbirt man dieselbe Gerade, so drückt die Distanz dieses Halbierungspunktes von der Sonne die Excentricität der Planetenbahn, in Halbmessern der Erdbahn gerechnet, aus. Uebrigens sind alle diese Planeten- und Kometenbahnen so vorgestellt, wie sie sich einem Auge hoch über der Sonne darstellen, welches diese Bahnen auf die Ebene der Ecliptik projicirt sieht.

Die Zeichnung Fig. 16 enthält die sämmtlichen Planeten in ihrer verhältnißmäßigen Größe und mit ihren Monden in derselben verhältnißmäßigen Entfernung dargestellt, die in der Natur selbst statt hat, die zwei äußersten Monde von Saturn und Uranus ausgenommen, die eigentlich über die Ebene der Zeichnung weiter hinausgerückt werden sollten, daher allen diesen Monden ihre Distanzen von dem Mittelpunkt ihrer Hauptplaneten, in d. Meilen ausgedrückt, beigelegt sind. Die beiden punktirten Bogen an den Polen von Jupiter, Saturn und Uranus zeigen die Größe der Abplattung und die zwei größeren Bogen bei Saturn zeigen die äußerste oder am meisten geöffnete Lage des Ringes, welche derselbe von der Erde gesehen, noch annehmen kann.

Die Zeichnung Fig. 17 giebt die scheinbaren Durchmesser der Planeten oder die Winkel, unter welchen uns die wahren Durchmesser derselben erscheinen und zwar die größten, wenn sie uns am nächsten stehen und die kleinsten, wenn diese Planeten am weitesten von uns entfernt sind. In beiden Zeichnungen stellt die obere gerade Linie AB der Fig. 16 den wahren sowohl, als auch den scheinbaren. Nämlich wenn diese Linie AB für den wahren Durchmesser der Sonne gilt, so werden die wahren Durchmesser der Planeten, des Saturnrings und der Distanzen der Satelliten von den Mittelpunkten ihrer Hauptplaneten in demselben Verhältnisse durch die Zeichnungen der Fig. 16 dargestellt. Bezeichnet aber dieselbe gerade Linie AB den scheinbaren Durchmesser der Sonne (der im Mittel 32 Minuten oder 1920 Secunden beträgt), so geben die Durchmesser der in Fig. 17 verzeichneten Kreise in demselben Verhältnisse auch die scheinbaren größten und kleinsten Durchmesser der Planeten, so wie sie von der Erde gesehen werden, alles nach der zweiten Tafel von I. S. 295.

Die Zeichnung Fig. 18 endlich zeigt die relativen Geschwindigkeiten oder die Winkelbewegungen der Planeten um die Sonne während der Zeit von 88 Tagen, in welcher Merkur seine ganze Bahn um die Sonne zurücklegt, übereinstimmend mit der ersten Columne der vorhergehenden Tafel II.