Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der siderischen, tropischen und synodischen Umlaufszeit der bisher besprochenen Planeten.

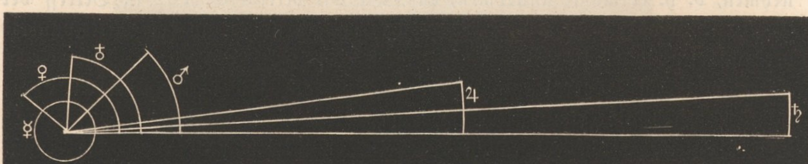
	Umlaufszeit							
	siderische.			tropische.			synodische.	
Mercur	87ᵗ	23ʰ	16′	87ᵗ	23ʰ	15′	115ᵗ	21ʰ
Venus	224	16	49	224	16	41	583	22
Erde	365	6	9	365	5	19		
Mars	686	23	30	686	22	18	780	0
Jupiter	4332	14	2	4330	14	10	398	22
Saturn	10759	5	16	10746	22	30	378	2

Aus den oben angegebenen Werthen für die siderische Umlaufszeit der Planeten ergiebt sich, daß die Winkelgeschwindigkeit, mit welcher sie sich in ihren Bahnen um die Sonne bewegen, um so geringer ist, je weiter sie von der Sonne abstehen. Während Mercur einen ganzen siderischen Umlauf vollendet, hat der Winkel, welchen die übrigen Planeten in der gleichen Zeit zurücklegen, nahezu folgende Werthe:

Mercur	360°	Mars	46,1°
Venus	140,8	Jupiter	7,3
Erde	87,8	Saturn	2,9.

Dies Verhältniß wird durch Fig. 93 anschaulich gemacht.

Fig. 93.



Aber nicht allein die Winkelgeschwindigkeit, sondern auch die absolute Geschwindigkeit der Planeten in ihren Bahnen ist um so geringer, je größer ihr Abstand von der Sonne ist. Der Weg, welchen im Durchschnitt die einzelnen Planeten in ihren Bahnen fortschreitend in 1 Secunde zurücklegen, ist für

Mercur	6,7 Meilen	Mars	3,4 Meilen
Venus	4,9 »	Jupiter	1,7 »
Erde	4,7 »	Saturn	1,3 »

55 **Die Kepler'schen Gesetze.** Obgleich das Copernicanische System die Grundlage für alle weiteren Entwickelungen der Astronomie bildet, so war

durch dasselbe für die praktische Astronomie unmittelbar doch nicht viel gewonnen, denn die nach demselben vorausberechneten Planetenörter stimmten mit den beobachteten Bahnen kaum genauer überein, als die nach den früheren Hypothesen berechneten Oerter. Die Differenz zwischen Rechnung und Beobachtung ging weit über die Gränze der Beobachtungsfehler hinaus.

Dies konnte auch Tycho de Brahe, den ersten beobachtenden Astronomen seiner Zeit, veranlassen, dem Copernicanischen System seine Anerkennung zu versagen, dem alten Vorurtheile huldigend, daß die Erde im Weltraume feststehe; er stellte das System auf, welches wir S. 125 kennen lernten.

Kepler war Jahre lang bemüht, die Grundidee des Copernicanischen Systems adoptirend, dasselbe so zu modificiren, daß man die Bahn der Planeten mit genügender Genauigkeit danach berechnen könne. Bloße Veränderungen in den Elementen der Planetenbahnen führten nicht zum Ziele; die zahlreichen und genauen Beobachtungen der Sonne und mehrerer Planeten, welche Tycho de Brahe hinterlassen hatte, ließen sich auf diese Weise nicht mit dem Copernicanischen System in Uebereinstimmung bringen.

Zunächst ließen sich die Tychonischen Beobachtungen nicht mit der Annahme in Uebereinstimmung bringen, daß die Planeten mit gleichförmiger Geschwindigkeit in ihren Bahnen fortschreiten, und durch eine sorgfältige und mühsame Combination des vorhandenen Beobachtungsmaterials gelangte endlich Kepler in Beziehung auf die Geschwindigkeit zu dem Gesetze, welches wir bereits oben S. 102 kennen gelernt haben und welches den Namen des ersten Kepler'schen Gesetzes führt. Dieses Gesetz gilt ebenso wie für die Erde auch für alle anderen Planeten.

Das zweite Gesetz, welches Kepler aus den Tychonischen Beobachtungen ableitete, bezieht sich auf die Gestalt der Planetenbahnen. Auch dieses Gesetz ist bereits oben (S. 103) erwähnt worden. Nach dem zweiten Kepler'schen Gesetze bewegen sich die Planeten in Ellipsen und die Sonne steht in dem einen Brennpunkte derselben.

Die Entfernung der Sonne von dem Mittelpunkte der Ellipse wird, wie bereits Seite 103 erwähnt wurde, die Excentricität genannt.

Die Gestalt der Ellipse ist bestimmt, wenn man ihre halbe große Axe (die mittlere Entfernung des Planeten von der Sonne) und ihre Excentricität kennt; um die Lage der Bahn im Raume zu kennen, muß man noch die Neigung der Bahn, die Länge des Perihеliums und die Länge des aufsteigenden Knotens kennen. Zum Theil sind diese Elemente für die Erde und die mit bloßem Auge sichtbaren Planeten schon in der Tabelle auf Seite 136 mitgetheilt worden, die übrigen folgen hier:

	Excentricität.	Länge des Periheliums.
Mercur	0,206	74° 57,5′
Venus	0,007	124 14,4
Erde	0,017	100 11,5
Mars	0,093	333 6,6
Jupiter	0,048	11 45,5
Saturn	0,056	89 54,7

Die Excentricität ist hier in Theilen der halben großen Axe ausgedrückt. Man sieht, daß sie für den Mercur und den Mars am bedeutendsten ist.

Bezeichnen wir die halbe große Axe der Mercursbahn mit 1, so ist die Excentricität nach obiger Tabelle 0,206, und daraus folgt dann, daß die halbe kleine Axe der Mercursbahn 0,978 ist. Bei der Kleinheit des Maßstabes, in welchem die Tab. VIII. ausgeführt ist, kann also die Differenz der großen und kleinen Axe der Mercursbahn ganz unberücksichtigt bleiben; die Mercursbahn ist deshalb gleich den Bahnen der anderen Planeten auf Tab. VIII. und IX., deren Excentricität noch geringer ist, als vollständiger Kreis gezogen. Jedoch liegt die Sonne, wie man sieht, nicht im Mittelpunkte dieser Kreise, sondern sie steht von demselben so weit ab, wie es nach dem Werthe der Excentricität der obigen Tabelle sein muß.

Nur für die Erd- und Venusbahn ist die Excentricität so gering, daß bei dem Maßstab der beiden Tafeln VIII. und IX. die Sonne mit dem Mittelpunkte der Kreise zusammenfällt.

In Tab. VIII. und IX. ist die Stelle der Sonnennähe jedes einzelnen Planeten durch einen von der Sonne ausgehenden Pfeil bezeichnet.

Das dritte Kepler'sche Gesetz bezieht sich auf das Verhältniß, welches zwischen der Umlaufszeit der Planeten und ihrer mittleren Entfernung von der Sonne besteht. Es heißt:

Die Quadrate der Umlaufszeiten verschiedener Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne.

Bezeichnen wir mit T und R die Umlaufszeit und die mittlere Entfernung eines Planeten von der Sonne, mit t und r die entsprechenden Größen für einen anderen Planeten, so ist dem dritten Kepler'schen Gesetze zufolge

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{t^2}{r^3},$$

oder in Worten, der Quotient, welchen man erhält, wenn man das Quadrat der Umlaufszeit eines Planeten durch die dritte Potenz seiner mittleren Entfernung von der Sonne dividirt, ist eine constante Größe.

Drückt man die Umlaufszeit eines Planeten in Tagen aus, während man die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne als Längeneinheit nimmt, so ergiebt sich jener Quotient gleich 133407, wovon man sich leicht mit Hülfe der in der Tabelle auf Seite 136 mitgetheilten Zahlen überzeugen kann.

Die absolute Entfernung der verschiedenen Planeten von der Sonne kannte Kepler zwar noch nicht; zur Aufstellung des dritten Gesetzes war aber auch die Kenntniß dieser absoluten Entfernung gar nicht nöthig, es genügte zu wissen, wie sich die Abstände der Planeten von der Sonne zum Halbmesser der Erdbahn verhalten, wie denn ja auch in der Tabelle auf Seite 136 der Halbmesser der Erdbahn als Längeneinheit genommen ist, mit welcher die Abstände der übrigen Planeten von der Sonne gemessen sind.

Gehen wir jetzt zu der Betrachtung der einzelnen Planeten über.

Mercur. Mercur steht der Sonne stets so nahe, daß er nie bei voller 56
Nacht, sondern nur in der Morgen- oder Abenddämmerung gesehen werden kann. Der größte Winkelabstand, bis zu welchem er sich möglicherweise von der Sonne entfernen kann, beträgt 27° 42′. Er kann deshalb nicht leicht beobachtet werden, namentlich in höheren Breiten, wo die Dämmerung länger dauert. Durch das Fernrohr betrachtet, zeigt der Mercur Phasen, welche denjenigen ganz ähnlich sind, die man an der Venus beobachtet und die im nächsten Paragraphen ausführlicher besprochen werden sollen.

Wenn die untere Conjunction des Mercur zu einer Zeit stattfindet, wo dieser Planet sich ganz in der Nähe eines der Knotenpunkte seiner Bahn befindet, so sieht man ihn als einen scharfen schwarzen Punkt vor der Sonnenscheibe vorübergehen. Solche Durchgänge des Mercur, deren durchschnittlich 13 in einem Jahrhundert stattfinden, sind jedoch mit bloßem Auge nicht wahrnehmbar; es bedarf dazu eines Fernrohrs.

Kepler kündigte zuerst einen solchen Durchgang für das Jahr 1631 an und Gassendi beobachtete denselben zu Paris am 6. November des genannten Jahres. Im Reste des gegenwärtigen Jahrhunderts werden solche Vorübergänge des Mercur vor der Sonnenscheibe noch an folgenden Tagen stattfinden:

Am 11. November 1861,	am 7. November 1881*,
» 4. November 1868,	» 9. Mai 1891*,
» 6. Mai 1878,	» 10. November 1894.

Die beiden mit * bezeichneten Durchgänge sind in Deutschland unsichtbar.

Solche Durchgänge sind sehr geeignet, um den scheinbaren Durchmesser des Mercur zur Zeit seiner unteren Conjunction zu messen.

Die kleinste Entfernung des Mercur von der Sonne beträgt ungefähr 6 Millionen, die größte 10 Millionen, die mittlere 8 Millionen Meilen.

Die größte Entfernung, bis zu welcher möglicherweise Mercur sich von der Erde entfernen kann, beträgt 30 Millionen, die kleinstmögliche aber 11 Millionen Meilen.

Der Durchmesser des Mercur beträgt 670 Meilen, oder nahezu 0,4 Erddurchmesser.