

**Elemente der Planetenbahnen nach dem Copernicanischen System.** Soll die Bahn eines Planeten und seine Bewegung in derselben vollständig bestimmt sein, so muß man folgende Elemente kennen:

- 1) den Halbmesser der Bahn (den mittleren Abstand von der Sonne);
- 2) die siderische oder wahre Umlaufzeit;
- 3) die Neigung der Bahn
- 4) die Länge des aufsteigenden Knotens;
- 5) die Epoche.

Diese fünf Elemente sind für die sechs älteren Planeten folgende:

	Mittlerer Abstand von der Sonne.	Siderische Umlaufzeit.	Neigung der Bahn.	Länge des auf- steigenden Knotens.	Epoche.
Mercur . . .	0,3871	87° 23' 16"	7° 0,2'	46° 24'	241° 54,6'
Venus . . .	0,7233	224 16 49	3 23,5	75 12	289 40,5
Erde . . . .	1,0000	365 6 9	0 0		100 32,5
Mars . . . .	1,5237	686 23 30	1 51,1	48 17	317 19,6
Jupiter . .	5,2028	4332 14 2	1 18,7	98 49	307 7,8
Saturn . .	9,5388	10759 5 16	2 29,5	112 17	73 23,4

Zur Erläuterung dieser Tabelle sind noch einige Bemerkungen beizufügen.

Im Ptolemäischen System kommt es nur auf das Verhältniß des Deferenten zum Epicykel an, das Verhältniß aber, in welchem die Radien der deferirenden Kreise für die verschiedenen Planeten stehen, ist dagegen ganz gleichgültig; das Ptolemäische System bietet deshalb auch keinen Anhaltspunkt zur Bestimmung der absoluten oder relativen Entfernung der Planeten vom Centrakörper des Systemes.

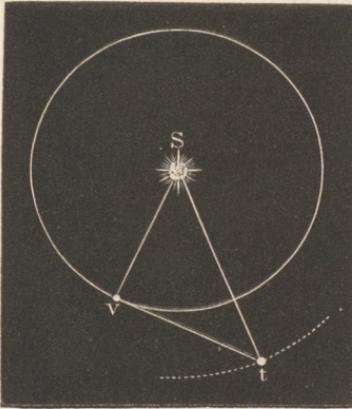
Anders verhält es sich beim Copernicanischen System; hier hängt die Gestaltung der scheinbaren Planetenbahn wesentlich ab von dem Größenverhältniß, in welchem der Abstand der Planeten von der Sonne zum Halbmesser der Erdbahn steht; die Abstände der Planeten von der Sonne gehören im Copernicanischen System zu den wesentlichen Elementen der Bahn.

Eine annähernd genaue Bestimmung dieser Abstände ergibt sich für die unteren Planeten schon aus einer einzigen, für die oberen Planeten aus der Combination zweier passender Beobachtungen.

In Fig. 91 sei  $S$  die Sonne, der ganze ausgezogene Kreis die Bahn der Venus, der punktirte Bogen ein Stück der Erdbahn. Für die Zeit nun, in welcher uns der Winkelabstand der Venus von der Sonne ein Maximum wird, ist eine von der Erde zur Venus gezogene Linie  $tv$  eine Tangente der Venusbahn, es steht also  $tv$  rechtwinklig auf  $vS$  und es ist also  $Sv = tS \cdot \sin. 46^\circ$ , da der

Winkel  $Stv$ , das Maximum der Elongation zwischen Venus und Sonne, im Mittel  $46^\circ$  beträgt. Wenn wir also den Abstand  $St$  der Erde von der Sonne mit 1 bezeichnen, so ist also der Abstand  $vS$  der Venus von der Erde gleich 0,72.

Fig. 91.

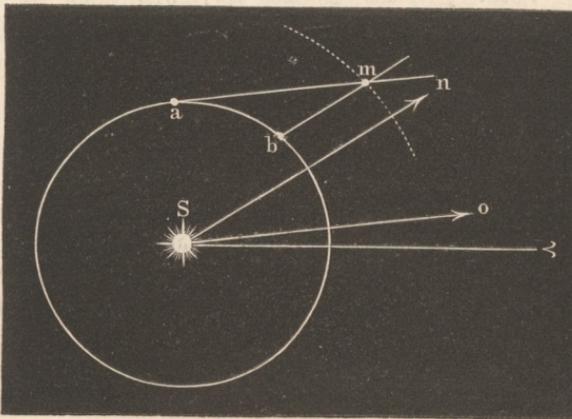


In derselben Weise läßt sich auch die Entfernung des Mercur von der Sonne bestimmen.

Eine annähernd genaue Bestimmung des Abstandes der oberen Planeten von der Sonne ergibt sich aus der Beobachtung zweier auf einander folgender Durchgänge derselben durch den aufsteigenden Knoten. So ging z. B. Mars durch den aufsteigenden Knoten am 1. Januar 1846 und dann wieder am

19. November 1847. Die entsprechenden Durchschnittspunkte der scheinbaren Marsbahn mit der Ekliptik lagen aber  $7^\circ$  und  $33^\circ$  östlich vom Frühlingspunkte; demnach sind  $So$  und  $Sn$ , Fig. 92, die Richtungen, nach welchen am 1. Januar

Fig. 92.



1846 und am 19. November 1847 Mars von der Erde aus gesehen ward. Wenn nun aber der innere ausgezogene Kreis die Erdbahn darstellt, so sind  $a$  und  $b$  die Stellen, welche die Erde in den genannten Tagen einnahm. Zieht man nun durch  $a$  eine Linie parallel mit  $So$ , durch  $b$  eine zweite parallel mit  $Sn$ , so werden sich diese Linien in  $m$  schneiden. Dieser Punkt  $m$  aber ist offenbar derjenige Punkt der Marsbahn, in welchem sich der fragliche Planet an den genannten Tagen befindet, und  $Sm$  ist die Entfernung des Mars von der Sonne, wenn  $Sa$  der Abstand zwischen Erde und Sonne ist.

Daß eine solche Bestimmungsweise nicht ganz genau ist, sondern nur eine erste Annäherung liefern kann, versteht sich von selbst, und zwar um so

mehr, als der Abstand der Planeten von der Sonne, wie wir bald sehen werden, selbst innerhalb gewisser Gränzen veränderlich ist, was daher rührt, daß die Sonne nicht genau im Mittelpunkte der Planetenbahnen liegt. Die obige Tabelle giebt den mittleren Abstand der Planeten von der Sonne.

Was unter der Neigung der Bahn zu verstehen ist, wird nach dem vorigen Paragraphen klar sein.

Wenn man von der Sonne aus durch den aufsteigenden Knoten einer Planetenbahn eine gerade Linie gezogen denkt, wie *AB* Tab. VII., welche von dem Mittelpunkte der Sonne über den aufsteigenden Knoten der Venusbahn gezogen ist, so trifft diese Linie die Ekliptik in einem bestimmten Punkte *B*. Der Bogen vom Frühlingspunkte bis zu diesem Punkte ist die (heliocentrische) Länge des aufsteigenden Knotens. So sehen wir aus Tab. VII., daß die Länge des aufsteigenden Knotens der Venus  $75^{\circ}$  ist.

Die Epoche, welche wir in der letzten Columne der obigen Tabelle finden, giebt uns die heliocentrische Länge der Planeten für irgend einen bestimmten Zeitpunkt; in obiger Tabelle ist unter der Ueberschrift »Epoche« in der letzten Verticalreihe die heliocentrische Länge der Planeten für den 1. Januar 1855 angegeben.

Auf Tab. VIII. sind die Bahnen der unteren Planeten, der Erde und des Mars, auf Tab. IX. die der Erde und der oberen Planeten dargestellt, und zwar ist auf jeder Bahn die Stelle bezeichnet, welche der Planet am 1. Januar 1855 einnahm. Ebenso findet man auf Tab. VIII. und auf Tab. IX. die Lage des aufsteigenden Knotens für jeden Planeten bezeichnet. Derjenige Theil der Planetenbahnen, welcher südlich von der Ekliptik liegt, also der Weg vom niedersteigenden Knoten bis zum aufsteigenden ist punktiert.

Um die erste Ungleichheit der Planetenbewegung zu erklären, mußte auch Copernicus die Theorie des excentrischen Kreises in sein System aufnehmen, d. h. er mußte annehmen, daß, wie wir bereits S. 102 in Betreff der Erde gesehen haben, die Sonne mehr oder weniger außerhalb des Mittelpunktes der Planetenbahnen liege.

Nach dem Copernicanischen System ist die siderische Umlaufszeit nichts Anderes als die wahre Umlaufszeit des Planeten um die Sonne, d. h. die Zeit, welche er braucht, um einen Winkel von  $360^{\circ}$  um die Sonne herum zurückzulegen. Von dieser siderischen Umlaufszeit ist die tropische und die synodische Umlaufszeit zu unterscheiden.

Die tropische Umlaufszeit ist die Zeit, welche zwischen zwei von der Sonne aus gesehenen Durchgängen des Planeten durch den Frühlingspunkt liegt. Wäre der Frühlingspunkt unveränderlich, so wäre die tropische Umlaufszeit der siderischen gleich; wegen des Rückganges des Frühlingspunktes aber ist die tropische Umlaufszeit etwas kürzer:

Die synodische Umlaufszeit ist, wie wir schon oben gesehen haben, die Zeit, welche zwischen zwei auf einander folgenden gleichnamigen Conjunctionen des Planeten mit der Sonne vergeht, oder auch die Zeit von einer Opposition zur nächsten.

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

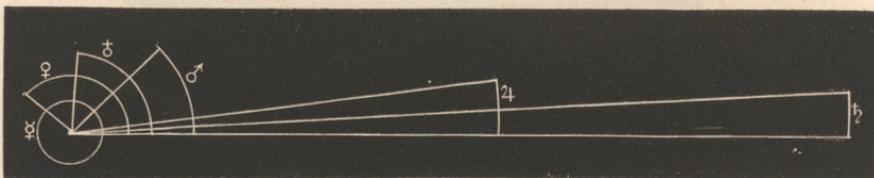
	U m l a u f s z e i t		
	siderische.	tropische.	synodische.
Mercur . . . . .	87 <sup>t</sup> 23 <sup>h</sup> 16 <sup>'</sup>	87 <sup>t</sup> 23 <sup>h</sup> 15 <sup>'</sup>	115 <sup>t</sup> 21 <sup>h</sup>
Venus . . . . .	224 16 49	224 16 41	583 22
Erde . . . . .	365 6 9	365 5 19	
Mars . . . . .	686 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 ergibt 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 "