



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik**

**Müller, Johann Heinrich Jacob**

**Braunschweig, 1894**

53. Elemente der Planetenbahnen nach dem Copernicanischen System

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96939](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96939)

Marsbahn, eine gerade Linie gezogen, so wird diese das Himmelsgewölbe in einem bestimmten Punkte treffen, der in unserem Modell mit derselben Ziffer bezeichnet ist, wie die entsprechenden Oerter der Erde und des Mars. In unserem Modell ist, um diese Projectionen des Mars auf das Himmelsgewölbe aufzeichnen zu können, ein Blechstück *FGHJ* an dem äusseren Ringe befestigt, auf dieses sind die Projectionen des Mars aufgetragen, und zwar mit gleicher Farbe bezeichnet, wie die entsprechenden Positionen der Erde und des Mars, und endlich die drei zusammengehörigen Orte, also z. B. 2 auf der Erdbahn, 2 auf der Marsbahn und 2 auf dem Himmelsgewölbe, durch ein gerade gestrecktes Drahtstück verbunden, welches die von der Erde über den Mars nach dem Himmelsgewölbe gerichtete Visirlinie repräsentirt.

Werden die Marsprojectionen 1, 2, 3...7 auf *FGHJ* durch eine Curve verbunden, wie es in unserer Figur geschehen ist, so stellt diese nun einen Theil der scheinbaren Marsbahn dar. Um die nöthige Anschaulichkeit zu erreichen, muss man von den wahren Grössenverhältnissen abweichen und namentlich die Neigung der Marsbahn bedeutend vergrössern, wie es auch in dem Fig. 89 dargestellten Modell geschehen ist.

**Elemente der Planetenbahnen nach dem Copernicani- 53  
schen System.** Nimmt man die Bahnen der Planeten als Kreise an, in deren Mittelpunkt die Sonne steht, und setzt man voraus, dass die Planeten sich auf den Peripherien dieser Kreise mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegen, so ist zur vollständigen Bestimmung der Bahnen die Kenntniss der folgenden Elemente erforderlich:

- 1) der Halbmesser der Bahn (der mittlere Abstand von der Sonne);
- 2) die siderische oder wahre Umlaufszeit;
- 3) die Neigung der Bahn;
- 4) die Länge des aufsteigenden Knotens;
- 5) die heliocentrische Länge des Planeten zu einer bestimmten Epoche.

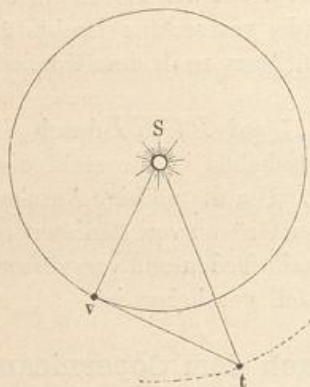
Diese fünf Elemente sind für die sechs älteren Planeten folgende:

|              | Mittlerer<br>Abstand<br>von der<br>Sonne | Siderische<br>Umlaufszeit                       | Neigung<br>der Bahn | Länge<br>des auf-<br>steigenden<br>Knotens | Länge, am<br>1. Jan. 1850<br>0 <sup>h</sup> mittlerer<br>Pariser Zeit |
|--------------|--|---|---------------------|--|---|
| Mercur . . . | 0,3871                                   | 87 <sup>t</sup> 23 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> | 7 <sup>o</sup> 0,1' | 46 <sup>o</sup> 33'                        | 327 <sup>o</sup> 15,3'  |
| Venus . . .  | 0,7233                                   | 224 16 49                                       | 3 23,6              | 75 16                                      | 245 33,2  |
| Erde . . .   | 1,0000                                   | 365 6 9   | 0 0                 |  | 100 46,7  |
| Mars . . .   | 1,5237                                   | 686 23 30                                       | 1 51,0              | 48 24                                      | 83 40,5   |
| Jupiter . .  | 5,2028                                   | 4332 14 2                                       | 1 18,7              | 98 56                                      | 160 1,2   |
| Saturn . .   | 9,5389                                   | 10759 5 16                                      | 2 29,7              | 112 21                                     | 14 52,5   |

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 dagegen, in welchem die Radien der deferirenden Kreise für die verschiedenen Planeten stehen, ist ganz gleichgültig; das Ptolemäische System bietet deshalb auch keinen Anhaltspunkt zur Bestimmung der absoluten oder relativen Entfernung der Planeten vom Centralkörper des Systemes.

Fig. 90.



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 passenden Beobachtungen.

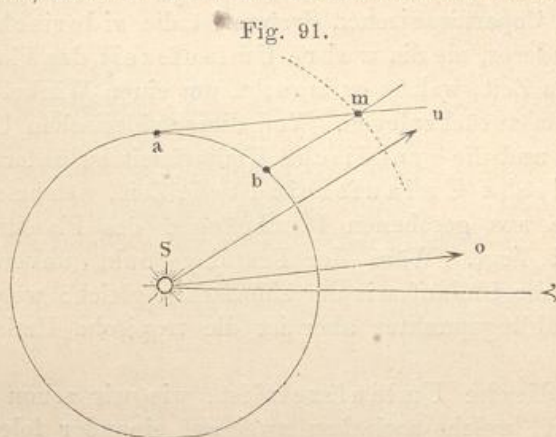
In Fig. 90 sei  $S$  die Sonne, der ganze ausgezogene Kreis die Bahn der Venus, der punktirte Bogen ein Stück der Erdbahn. Für die Zeit nun, in welcher uns der Winkelabstand der Venus von der Sonne ein Maximum wird, ist eine von der Erde zur Venus gezogene Linie  $tv$  eine Tangente der Venusbahn, es 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.

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 folgenden 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. 91, die Richtungen, nach welchen am 1. Januar 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 Grenzen veränderlich ist, was daher rührt, dass die Bahn der Planeten nicht kreisförmig, sondern



elliptisch ist. Die Tabelle (S. 147) 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. VI, welche von dem Mittelpunkte der Sonne über den aufsteigenden Knoten  $b$  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. VI, dass die Länge des aufsteigenden Knotens der Venus  $75^{\circ}$  ist.

Die letzte Columne der obigen Tabelle giebt uns die heliocentrische Länge der Planeten für einen bestimmten Zeitpunkt, und zwar für den 1. Januar 1850.

Auf Tab. VII 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 1850 einnahm. Ebenso findet man auf Tab. VII 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 punktirt.

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. 103 in Betreff der Erde gesehen haben, die Sonne mehr oder weniger ausserhalb des Mittelpunktes der Planetenbahnen liege. Auch konnte er der Theorie der epicyclischen Bewegung nicht völlig entbehren, da ohne solche Annahme eine Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Oertern der Planeten nicht zu erzielen war.

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>m</sup> | 87 <sup>t</sup> 23 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> | 115 <sup>t</sup> 21 <sup>h</sup> |
| Venus . . . . .   | 224 16 49                                       | 224 16 41                                       | 583 22                           |
| Erde . . . . .    | 365 6 9   | 365 5 49  |                                  |
| 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                            |

Oder es ist nahezu für

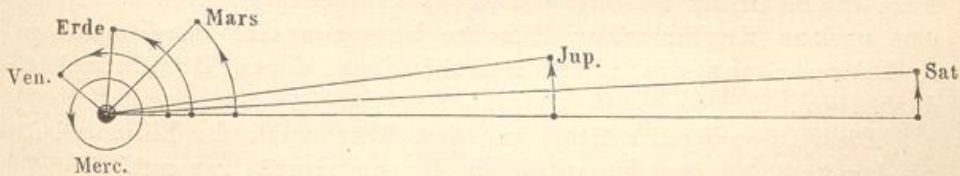
|                   | die Umlaufszeit |            |
|-------------------|-----------------|------------|
|                   | siderische      | synodische |
| Mercur . . . . .  | 0,24 Jahre      | 0,31 Jahre |
| Venus . . . . .   | 0,61 „          | 1,60 „     |
| Mars . . . . .    | 1,88 „          | 2,13 „     |
| Jupiter . . . . . | 11,87 „         | 1,09 „     |
| Saturn . . . . .  | 29,47 „         | 1,03 „     |

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 der Leitstrahl der übrigen Planeten in der gleichen Zeit zurücklegt, nahezu folgende Werthe:

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

Dies Verhältniss wird durch Fig. 92 anschaulich gemacht.

Fig. 92.



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 einer Secunde zurücklegen, ist für

|                   |       |
|-------------------|-------|
| Mercur . . . . .  | 48 km |
| Venus . . . . .   | 35 „  |
| Erde . . . . .    | 30 „  |
| Mars . . . . .    | 24 „  |
| Jupiter . . . . . | 13 „  |
| Saturn . . . . .  | 10 „  |