

Die Rückläufigkeit der Planeten und die Planetensysteme

Autor(en): **Güntensperger, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bericht über die Thätigkeit der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft**

Band (Jahr): **11 (1869-1870)**

PDF erstellt am: **14.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-834766>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

III.

Die Rückläufigkeit der Planeten und die Planetensysteme.

Von

Prof. A. Güntensperger.

(Mit 5 Taf. Abbildungen.)

Der ganze Himmel mit allen seinen Gestirnen scheint sich täglich einmal von Ost nach West um die Erde zu drehen, und dabei behalten die meisten Sterne ihre relative Lage zu einander bei.

Schon in den frühesten Zeiten bemerkte man aber, dass einige Gestirne noch eine eigene Bewegung und zwar meistens nach der sonst allen gemeinschaftlichen entgegengesetzten Richtung von West nach Ost zeigen. Der Mond z. B. bewegt sich täglich im Mittel 13° in der östlichen Richtung, und ebenso rückt die Sonne in derselben Richtung täglich nahezu 1° vor.

Ausser diesen beiden besonders auffallenden Gestirnen waren aber schon den Alten noch 5 Sterne bekannt, welche ihre Lage unter den Fixsternen fortwährend wechseln, sich bald in östlicher, bald in westlicher Richtung bewegen, bald sogar völlig still zu stehen scheinen.

Diese 5 Sterne nannte man in Folge ihrer Bewegungen *Planeten* und gab ihnen ausserdem der Reihe nach die Eigennamen: Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn.

Die Bahnen von Sonne, Mond und den andern genannten 5 Wandelsternen sind nun nicht über das ganze Himmelsge-

wölbe zerstreut, sondern finden sich stets innerhalb eines Gürtels (Fig. 1, Taf. I), der sich nur wenige Grade breit um das Himmelsgewölbe legt und mit den 12 Sternbildern des sogenannten Thierkreises geziert ist.

Bei der täglichen scheinbaren Bewegung des ganzen Himmelsgewölbes um eine Axe, die in St. Gallen mit dem Horizont einen Winkel von $47\frac{1}{2}^{\circ}$ bildet, beschreibt jeder Stern bei völlig gleichförmiger Geschwindigkeit in der ostwestlichen Richtung einen Kreis parallel dem Himmelsäquator. Dieser allgemeinen Bewegung folgt nun auch die Sonne, beschreibt aber ausserdem in ihrer eigenen Bewegung von West gegen Ost jährlich noch eine besondere kreisförmige Bahn, welche aber schief zum Himmelsäquator liegt, ihn in zwei diametral gegenüberliegenden Punkten schneidet und *Ekliptik* genannt wird. Der Winkel, welchen die Ekliptik mit dem Aequator bildet, beträgt $\alpha = 23^{\circ} 28'$ und heisst die *Schiefe der Ekliptik*.

Denkt man sich nun einen Gürtel des Himmelsgewölbes von etwa 30° nördlicher und südlicher Abweichung vom Aequator (Fig. 2, Taf. I), welcher nahezu als cylindrisch betrachtet werden kann, in eine Ebene ausgebreitet, so stellt sich der Himmelsäquator als gerade Linie (Fig. 3, Taf. I) und die Sonnenbahn, obschon an der Himmelskugel auch ein Kreis wie der Aequator, als eine Wellenlinie mit einem Wellenberge und einem Wellenthale dar und ist daher in den beigegebenen Sternkarten, welche immer eine solche Abwicklung vorstellen, auch stets so gezeichnet*).

Die Sonnenbahn (Ekliptik) theilt man in 12 gleiche Theile von je 30° Länge, welche Zeichen genannt werden und mit den Namen der in diesem Gürtel sich längs der Sonnenbahn befindlichen Sternbilder belegt sind. Die Zeichen der Ekliptik fal-

* Die Sternkarte auf den Tafeln I und II ist derjenigen in „kurzer Abriss der Astronomie von J. H. Mädler“ nachgebildet.

len aber nicht mehr mit den mit gleichen Namen belegten Sternbildern zusammen, weil die Sternbilder eben nicht alle gleich lang, und besonders aber, weil der Anfangspunkt der Theilung in der Ekliptik, d. i. der eine Durchschnittspunkt derselben mit dem Aequator, in welchem die Sonne am 21. März steht und daher auch Frühlingspunkt (F) genannt wird, sich fortwährend, wenn auch langsam, nach Westen hin verschiebt.

Die Bahn des Mondes stellt sich wie die Sonnenbahn ebenso als ein Kreis ohne irgend welche Schleifenbildung am Himmel dar. Doch fällt durchaus nicht etwa die Mondbahn mit der Sonnenbahn zusammen oder ist ihr parallel, sondern schneidet dieselbe in zwei diametral gegenüberstehenden Punkten, welche *Knoten* genannt werden. (Fig. 2, Taf. I), und zwar heisst man denjenigen, durch welchen der Mond von der südlichen auf die nördliche Seite der Ekliptik hinübergeht, den *aufsteigenden* Knoten (Ω) und den andern, durch welchen der Mond wieder von der nördlichen auf die südliche Seite der Ekliptik sich begibt, den *absteigenden* Knoten (ϑ). Da die Mondbahn die Sonnenbahn unter einem Winkel von $5^{\circ} 8'$ schneidet, so ist dieselbe auch schief zum Aequator, und gibt es daher in der Mondbahn einen Punkt, der vom Aequator am weitesten nördlich, und einen andern, diametral gegenüberstehenden, der von ihm am weitesten südlich entfernt ist, und man sagt nun, so lange der Mond von dem tiefsten Punkt seiner Bahn bis zum höchsten geht, er sei im *Aufsteigen* (obsigent), und während seines Laufes vom höchsten zum tiefsten Punkt, er sei im *Absteigen* (nidsigent). Für uns ist das Aufsteigen und Absteigen des Mondes dadurch wahrnehmbar, dass derselbe beim Meridiandurchgang im Aufsteigen alle Tage etwas höher und im Absteigen alle Tage etwas tiefer zu unserem Horizont zu stehen kommt.

Sowohl die Durchgänge des Mondes durch seine Knoten, als das Auf- und Absteigen desselben sind von seinen verschiedenen Beleuchtungsphasen, in denen er uns erscheint, total unabhängig, indem diese letztern nicht an einen Punkt der Bahn gebunden sind, sondern sich einzig nach der Stellung des Mondes zu der sich ja scheinbar ebenfalls bewegenden Sonne richten. Befindet sich nämlich der Mond zugleich mit der Sonne im Meridian, so wird er von derselben wohl beleuchtet, aber nicht auf der uns zugekehrten Seite, und wir sagen, es sei *Neumond*; befindet er sich aber in seiner Stellung der Sonne gerade diametral gegenüber, so ist die uns zugekehrte Seite des Mondes ganz beleuchtet, und wir sagen desswegen, es sei *Vollmond*.

Auf Tafel I ist nun die Bahn des Mondes während eines Umlaufes, vom 23. März bis 20. April 1868, dargestellt und in dieselbe die Stellung des Mondes für jeden Tag eingezeichnet, woraus also die oben angegebenen Erscheinungen, nämlich: die Lage der Mondbahn gegen die Ekliptik, die Knoten, das Auf- und Absteigen, sowie die Stellungen des Mondes zur Zeit seiner Hauptbeleuchtungsphasen: erstes Viertel, Vollmond und letztes Viertel, ersehen werden können.

Die Planeten bewegen sich, wie die Beobachtungen zeigen, scheinbar durchaus nicht wie die Sonne und der Mond in so gleichförmig gekrümmten Bahnen, sondern in solchen von mehr eigenthümlicher Gestalt, mit ungleichmässigen Krümmungen und Verschlingungen versehen.

Die Bahnen der Planeten scheinen daher, bevor man dieselben näher betrachtet, ganz regelloser Natur zu sein. Es zeigt sich aber bald, dass die so sonderbaren Bewegungen der Planeten vorzüglich von der Stellung der letztern zur Sonne abhängig sind. Drei von den fünf schon im Alterthum bekannten Planeten, nämlich Mars, Jupiter und Saturn, wozu dann auch die neuentdeckten Uranus und Neptun, sowie die zwischen Mars und Jupi-

ter befindlichen Planetoiden *) zu rechnen sind, bewegen sich, so lange sie sich in der Nähe der Sonne befinden, stets ostwärts und zwar desto schneller, je näher die Sonne von Westen her an sie herankommt und dann mit ihnen in *Conjunktion* tritt. Sobald nun aber die Sonne einen dieser Planeten überholt, so wird seine eigene östliche Bewegung langsamer und hört endlich ganz auf; der Planet scheint einige Zeit in Bezug auf die Fixsterne völlig stillzustehen. Darauf wird aber seine Bewegung *retrograd* oder *rückläufig*, d. i. der vorigen Bewegung gerade entgegengesetzt, anstatt von West nach Ost, nun von *Ost nach West* gerichtet. Bei dieser rückläufigen Bewegung des Planeten nimmt seine Geschwindigkeit immer zu, bis er der Sonne gerade diametral gegenübersteht, also um Mitternacht durch den Meridian geht und daher die ganze Nacht in vollem Lichtglanze gesehen werden kann.

Der Planet ist nun mit der Sonne in *Opposition*, d. h. ihr gegenübergestellt. Von da an nimmt die Geschwindigkeit der retrograden Bewegung ab, bis der Planet zum zweiten Mal still zu stehen scheint, hierauf aber seine direkte östliche Bewegung wieder beginnt und mit wachsender Geschwindigkeit fortsetzt, bis er zum zweiten Mal mit der Sonne zusammentrifft, also wieder in *Conjunktion* mit ihr tritt und daher mit derselben zugleich im Meridian steht, aber in dieser Stellung der Helligkeit der Sonne wegen nicht gesehen werden kann. Nun wiederholen sich die angeführten Bewegungen des Planeten wieder in gleicher Weise.

Bei der rückläufigen Bewegung nimmt der Planet nicht die gleiche Wegrichtung, die er vordem bei der direkten Bewegung

*) Der erste der Planetoiden wurde in der ersten Nacht des 19. Jahrhunderts entdeckt, und bis zum 29. März 1807 kamen noch drei weitere dazu. Diese vier blieben bis den 8. Dec. 1845 die einzig bekannten, von da an aber nahm die Zahl der Entdeckungen mit jedem Jahre zu, so dass man gegenwärtig schon 110 kleine Planeten zwischen Mars und Jupiter zählt.

inne hatte, sondern weicht seitwärts ab, wodurch sich dann die Bahn nach der abermaligen direkten Bewegung zu einer förmlichen *Schleife oder Schlinge* gestaltet. Die Länge der Schleife ist bei jedem Planeten eine andere und beträgt dieselbe beim

Mars:	11° 8' bis 19° 30'
Jupiter:	10°
Saturn:	6° 48'
Uranus:	3° 36'
Neptun:	2° 45'

Die Zeit von einer Conjunction des Planeten mit der Sonne bis zur nächsten Conjunction oder von einer Opposition bis zur folgenden heisst man die *synodische Umlaufszeit* des Planeten. Dieselbe beträgt annähernd beim

Mars:	780	Tage
Jupiter:	399	„
Saturn:	378	„
Uranus:	370	„
Neptun:	367	„

Jedesmal nach Ablauf dieser Zeit ist der Planet wieder in gleicher Lage zur Sonne und beginnt von Neuem seine Bahn unter den Fixsternen fortzusetzen, welche mit der durchlaufenen in ihrer Form grösstentheils übereinstimmt; jedes von dem Planeten in seiner synodischen Umlaufszeit beschriebene Bahnstück enthält also *einen* retrograden Theil, welcher sich zu einer Schleife oder einem Zickzack gestaltet.

Die Zeit, innert welcher der Planet in Bezug auf die Fixsterne den ganzen Himmel durchläuft, ist die *siderische Umlaufszeit* desselben und beträgt beim

Mars:	1	Jahr	323	Tage
Jupiter:	11	Jahre	315	„
Saturn:	29	„	167	„
Uranus:	84	„	6	„
Neptun:	164	„	216	„

So oft nun die synodische Umlaufszeit in der siderischen enthalten ist, in so viele ähnliche Stücke mit je einer Schleife zerfällt ein ganzer Umlauf eines Planeten am Himmel. Diesem nach hat bei einem Umlauf die Bahn des

Mars:	1 Schlinge
Jupiter:	11 Schlingen
Saturn:	28 „
• Uranus:	83 „
Neptun:	164 „

Auf der beigegebenen Taf. II*) sind nun die Bahnen der Planeten Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun gezeichnet und zwar für Mars vom 11. April 1868 bis 22. März 1870 und für die andern vom 1. Januar 1867 bis 1. Januar 1871; hiebei sind bei diesem Massstab der Zeichnung die Schleifen von Uranus und Neptun so schmal ausgefallen, dass sie nicht als eigentliche Schleifen gezeichnet werden konnten. Zu den unterhalb angegebenen Daten befinden sich die Planeten in den mit kleinen Buchstaben bezeichneten Orten ihrer Bahnen. Um die Bewegungsrichtung, Zu- und Abnahme der Geschwindigkeit und namentlich die Schleifenbildung noch deutlicher darzustellen, sind auf Taf. III die Bahnen von Jupiter und Saturn mit je zwei und Uranus mit drei Schleifen in einem sechsmal und die Bahn des Neptun mit drei Schleifen in einem zwölfmal grössern Massstab dargestellt. Beim Neptun ist besonders zu beachten, dass die Schleifen wegen seiner grossen Entfernung und der dadurch bedingten langsamen Bewegung theilweise in einander greifen.

Was nun die beiden andern Planeten Merkur und Venus betrifft, so ist ihr Verhältniss zur Sonne und daraus zur Erde ein

*) Die zur Zeichnung der Bahnen auf Taf. I—III nothwendigen Werthe der Coordinaten (gerade Aufsteigung und Abweichung) sind dem Berliner astronomischen Jahrbuch, Jahrgänge 1867—70, entnommen.

ganz anderes als bei den bisher betrachteten. Sie stehen zwar wie die andern bald östlich von der Sonne und erscheinen uns als *Abendsterne*, bald westlich von derselben und erscheinen uns als *Morgensterne*; unter diesen beiden Benennungen ist der eine von ihnen, die Venus, ja allgemein bekannt; nie können diese zwei Planeten aber der Sonne diametral gegenüberstehen, in Opposition zu ihr sein, also für uns nie um Mitternacht durch den Meridian gehen. Befindet sich einer dieser Planeten westlich von der Sonne, so eilt er in östlicher Richtung derselben nach, ist also rechtläufig; seine Geschwindigkeit vergrössert sich in dem Masse, als er sich der Sonne nähert, so dass er dieselbe nach und nach einholt, zu ihr in Conjunction tritt und also mit der Sonne zugleich um Mittag durch den Meridian geht. Nun eilt er der Sonne in östlicher Richtung vor, freilich mit abnehmender Geschwindigkeit, erreicht die grösste Entfernung von der Sonne, die er, von der Erde aus gesehen, haben kann, und er scheint nun in Bezug auf die Fixsterne völlig still zu stehen. Darnach beginnt der Planet seine westliche, rückläufige Bewegung, also der Sonne gerade entgegen und kommt bei derselben mit der grössten Geschwindigkeit der rückläufigen Bewegung an, tritt mit ihr abermals in Conjunction, welche jetzt die *untere* Conjunction genannt wird im Gegensatz zu der erstern, welche desswegen auch die *obere* heisst. Nach der untern Conjunction setzt der Planet seine westliche Bewegung noch fort bis zur grösstmöglichen Entfernung von der Sonne, wo er nun wieder still zu stehen scheint, darauf aber in östlicher Bewegungsrichtung der Sonne zuzueilen beginnt und dabei die vorher beschriebene Bahnlinie fast immer durchschneidet, also ebenfalls eine Schleife bildet. Kommt es hiebei nicht zu einer förmlichen Schleife, so gestaltet sich die Bahnlinie zu einem Zickzack.

Die grössten Entfernungen, *Elongationen*, die diese zwei Planeten in östlicher und westlicher Richtung von der Sonne erreichen können, betragen beim

Merkur gegen 27° und bei der
Venus gegen 48° .

Merkur kann also, da sich der Himmel in einer Stunde um 15° dreht, nie 2 Stunden und Venus nicht viel über 3 Stunden vor Sonnenaufgang als Morgenstern am östlichen Himmel oder nach Sonnenuntergang als Abendstern am westlichen Himmel gesehen werden. Die Zeit von einer Conjunction bis zur nächsten gleichnamigen Conjunction nennt man auch bei diesen Planeten die synodische Umlaufszeit und beträgt dieselbe beim

Merkur: 116 Tage und bei der

Venus: 583 „

Ungefähr die eine Hälfte dieser Zeit erscheint der betreffende Planet als Morgen- und die andere Hälfte als Abendstern.

Jedesmal nach Verfluss der synodischen Umlaufszeit beschreift der Planet wieder eine Bahn in ähnlicher Form, wie er sie eben vollendet.

Auf Tafel I ist die Bahn des Merkur vom 14. April 1868 bis 8. April 1869 und ebenso die der Venus vom 15. Februar 1868 bis 30. März 1869 dargestellt, und die Stellung in der Bahn für je den 1. jedes Monats, sowie die Conjunctionen angegeben.

Aus diesen Zeichnungen ersieht man ferner, dass die Planetenbahnen die Ekliptik oder Sonnenbahn mehrmals schneiden, so dass dieselben bald nördlich, bald südlich von derselben liegen. Diese Durchschnittspunkte heisst man, wie auch schon beim Monde angegeben, *Knoten*, und zwar *aufsteigender Knoten* (Ω), wenn der Planet von der südlichen auf die nördliche, und *absteigender Knoten* (Υ), wenn er von der nördlichen auf die südliche Seite der Ekliptik hinübergeht.

Die Bahnen der Planeten, so wie sie uns erscheinen, sind nun für unsern Zweck für einmal genugsam erörtert, und es drängt sich nun offenbar die Frage heran: *Wie finden in Wirklichkeit die Bewegungen der Planeten statt, dass ihre Bahnen sich so darstellen können, wie sie uns erscheinen?*

Die *Alten* dachten sich zuerst eine im Kreise vor sich gehende gleichförmige Bewegung und fassten dann die Abweichungen der Planetenbewegungen hievon als *zwei Ungleichheiten* auf.

Unter der ersten Ungleichheit versteht man die Abweichung der Geschwindigkeit der Bewegung eines Planeten von einer mittleren Geschwindigkeit, mit welcher derselbe den ganzen Weg gleichförmig zurücklegen würde, oder also die Distanz seines Ortes von einem mittleren Orte.

Die zweite Ungleichheit begreift in sich die im Vorhergegangenen erläuterten Bewegungen, nach denen der Planet bald vorwärts nach Osten geht, bald still zu stehen scheint und bald rückwärts eine westliche Bewegung ausführt, kurz die *Form der Bahn*.

Die erste Ungleichheit kommt nicht nur bei den Planeten, sondern auch bei Sonne und Mond vor, ist aber nicht so leicht wie die nur bei den Planeten vorkommende zweite Ungleichheit wahrnehmbar, wesshalb im Folgenden für diesmal auch nur diese zweite, viel grössere und auffallendere Ungleichheit besprochen werden soll.

Wohl schon sehr frühe drängte sich den Beobachtern die Ansicht auf, dass die Bewegungen der Planeten, wie sie uns erscheinen, eben nur scheinbar seien, und suchte man über die wahren Bewegungen Hypothesen aufzustellen, aus welchen sich die scheinbaren Bewegungen erklären liessen.

Die älteste bekannte Hypothese dieser Art ist das sogenannte *egyptische Planetensystem* *).

Nach diesem ist die Erde ruhend im Mittelpunkt der Welt, und bewegen sich um dieselbe in kreisförmigen Bahnen mit der

*) Gehler's physikalisches Wörterbuch, Artikel: Weltsysteme, von J. J. Littrow.

Bewegungsrichtung von West nach Ost der Mond, die Sonne und die drei Planeten Mars, Jupiter und Saturn, während die Planeten Merkur und Venus in concentrischen Kreisen um die Sonne laufen und erst mit dieser sich um die Erde bewegen.

Zur Veranschaulichung gibt Fig. 1, Tafel IV, eine graphische Darstellung dieses Systems.

Nach diesem System lassen sich die Bewegungen des Mondes und der Sonne, sowie auch die Bewegungen der untern Planeten Merkur und Venus ganz ungezwungen darstellen, während sich durch dasselbe die sonderbaren Bewegungen der obern Planeten Mars, Jupiter und Saturn durchaus nicht erklären lassen. Der Astronom Schubert vermuthet daher wohl mit Recht, dass dieses System bei den Egyptern und Indern in vollendeter Ausbildung existirt habe, aber nur als Bruchstück zu den Griechen und Römern und dadurch auch zu uns gekommen sei.

Claudius Ptolomäus, neben Hipparch wohl der berühmteste Astronom der alexandrinischen Schule, stellte im 2. Jahrhundert unserer Zeitrechnung ein Weltsystem auf, das für die damalige Zeit in Bezug auf die Genauigkeit, wodurch sich die scheinbaren Bewegungen der Planeten erklären liessen, als ein Meisterwerk angesehen werden muss. Ptolomäus stellte sich zwar die Aufgabe, die wahre Bewegung der Planeten zu entdecken, behauptete aber keineswegs, dass sein System das allein richtige sei, wohl aber, dass es die Eigenschaft habe, die scheinbaren Bewegungen der Planeten mit einer für damalige Beobachtungen hinreichenden Genauigkeit erklären zu können.

Nach Ptolomäus ist die Erde ruhend im Centrum der Welt. Um dieselbe bewegen sich in Kreisen der Mond und die Sonne. Für die Planeten dachte er sich ebenfalls um die Erde gelegte Kreise, auf denen sich aber nicht die Planeten, sondern die Mittelpunkte neuer Kreise bewegen und erst auf dem Umfang eines

solchen zweiten Kreises sollte je ein Planet einhergehen. Jeder Planet bekam auf diese Weise zwei Bewegungen; einmal bewegte er sich auf dem Umfang eines Kreises, *Epicycel* genannt, und dann in Folge der Bewegung des Mittelpunktes des Epicykels auf dem Umfange des um die Erde gelegten Kreises auch um diese letztere herum.

Dabei sollten alle Bewegungen gleichförmig und immer in der Richtung von West nach Ost vor sich gehen.

In Bezug auf die Reihenfolge der um die Erde sich bewegenden Körper galten ihm die Umlaufzeiten als massgebend, und betrachtete er daher als den der Erde nächsten Körper den Mond, dann kamen Merkur, Venus und Sonne und ausserhalb dieser die drei übrigen Planeten Mars, Jupiter und Saturn. Die Planeten Merkur und Venus direkt um die Sonne gehen zu lassen, wie im altegyptischen System, fand Ptolomäus nicht für nothwendig; dagegen nahm er, damit, wie die Beobachtungen zeigen, diese zwei Planeten stets in der Nähe der Sonne bleiben, an, dass die Mittelpunkte ihrer Epicykels stets in gerader Linie zur Erde und Sonne seien.

Die graphische Darstellung dieses Systems zeigt Fig. 2, Taf. IV. Jeder Planet durchläuft während seiner synodischen Umlaufzeit den Epicycel einmal, während der Mittelpunkt des Epicykels zur Umlaufzeit um die Erde bei den untern Planeten Merkur und Venus die Umlaufzeit der Sonne und bei den obern die siderische Umlaufzeit des betreffenden Planeten hatte.

Die Figuren 4, 5 und 6 auf Tafel IV stellen nun die epicyclische Bewegung der Planeten Venus, Mars und Jupiter dar *) und lässt sich aus dieser den Planeten wirklich zugeschriebenen Bewegung das Vorwärtsgehen, Stillstehen und Rückwärtsgehen,

*) Hiebei ist der Massstab der Fig. 5 $\frac{2}{3}$ und der Fig. 6 $\frac{1}{3}$ von demjenigen der Fig. 4.

Conjunktion und Opposition von der Erde aus gesehen ganz leicht erklären. Um aber von der Erde aus die von einem Planeten beschriebene Schleife auch als Schleife sehen zu können, wie es die Beobachtungen zeigen, hat man mit Ptolomäus nur anzunehmen, dass die Ebene des Epicykels nicht mit der Ebene des um die Erde gelegten Kreises zusammenfällt, sondern etwas gegen letztere geneigt ist. (Siehe Fig. 7, Taf. IV.) Denkt man sich alsdann von der Erde aus durch die einzelnen Standpunkte eines Planeten in seiner epicyklischen Bahn gerade Linien gezogen, so sind dieses die Richtungslinien, nach denen wir den Planeten sehen, und verlängert man diese Sehlinien bis an das Himmelsgewölbe, so wird die Bewegung des Planeten auf das Himmelsgewölbe projiziert, und eben diese Projektion enthält nun alle die Schlingen, Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen, wie uns Alles von der Erde aus erscheint. Fig. 1 auf Taf. V gibt in schiefwinkliger Projektion ein anschauliches Bild des eben Angegebenen.

Durch Rechnung lässt sich zeigen, dass bei gehöriger Annahme der Verhältnisse der Radien der verschiedenen Kreise und ihrer Neigungen zu einander dieses System, soweit man Vor- und Rückwärtsgehen, das Stillstehen und die Schleifenbildung in Betracht zieht, den Erscheinungen am Himmel mit einer für frühere Zeiten, in welchen die Beobachtungskunst noch nicht sehr ausgebildet war, genügenden Genauigkeit entspricht.

Mehr als tausend Jahre gingen vorüber, und Niemand war im Stande, ohne die Ruhe der Erde aufzugeben, ein einfacheres System zu ersinnen, welches den Beobachtungen ebenso genau entsprochen hätte als das eben dargestellte Ptolomäische. Daraus ist es auch zu erklären, dass das Ptolomäische System sich bis zur Zeit des *Copernicus* ohne starke Anfechtungen erhalten, ja in den Ansichten des Mittelalters sich so weit verknöchert hatte, dass man die epicyklische Bewegung nicht mehr als eine

blasse Hypothese, wie Ptolomäus es gethan, sondern als reine Wahrheit betrachtete, und dass die vermeintliche Wahrheit noch zur Zeit mit Hartnäckigkeit vertheidigt wurde, als durch Aufstellung des Copernicanischen Systems und dessen Begründung und Ausbildung durch *Kepler* und dessen Vertheidigung durch *Galiläi* das Ptolomäische System längst unhaltbar geworden war.

Obschon im Jahr 1543 das *Copernicanische System* zur Oeffentlichkeit gelangte, so wollte doch noch ein halbes Jahrhundert später der vor der Erfindung des Fernrohres als Beobachter wohl berühmteste Astronom *Tycho de Brahe* dasselbe nicht annehmen, weil ihm die Einfachheit des Copernicanischen Systems noch nicht als ein genügender Grund erschien, die Ruhe der Erde zu stören. Da ihm aber das Ptolomäische System doch nicht mehr ganz zu genügen schien und er sehr wahrscheinlich auch von der Eitelkeit, nach Ruhm zu streben, nicht ganz frei war, so stellte er eine neue Hypothese über die Bewegungen der Planeten auf, indem er annahm: Die Erde ist unbeweglich im Centrum der Welt, um dieselbe bewegen sich der Mond und die Sonne, während alle Planeten sich um die Sonne bewegen und erst von dieser mit um die Erde herum genommen werden. Hierbei bewegen sich Merkur und Venus in Kreisen um die Sonne, deren Radien kleiner, und die Planeten Mars, Jupiter und Saturn in solchen, deren Radien grösser als die Entfernung der Sonne von der Erde sind. Dasselbe ist in Fig. 3, Taf. IV, dargestellt. Daraus ersieht man, dass es dem erstern gegenüber als ein entschiedener Fortschritt, dagegen gegenüber dem letztern als ein ebenso entschiedener Rückschritt betrachtet werden muss, und wäre Tycho mit seinem System vor, anstatt nach Copernicus aufgetreten, so hätte er gerade noch an Ruhm so viel gewonnen, als er nachher durch dasselbe eingebüsst.

Nikolaus Copernicus ist geboren am 19. Februar 1472 in Thorn und gestorben am 24. Mai 1543. Seine Vorliebe für

Astronomie erwachte, als er sich in Italien aufhielt, den Umgang des Astronomen Dominik Marie genoss und in Rom selbst Beobachtungen über die Bewegung der Himmelskörper anstellte. Später erhielt er durch seinen Onkel Lucas Weisselrodt, Bischof von Ermeland, eine Kanonikatsstelle am Dome zu Frauenburg an der Weichsel, welche ihm den nöthigen Lebensunterhalt sicherte und genügende Zeit übrig liess, sich seinem Lieblingsstudium, der Astronomie, zu widmen. Während 30jährigen, sehr eifrigen Studien überzeugte er sich vollständig von der Unhaltbarkeit des Ptolomäischen Systems, und dass nur dann die scheinbare Unordnung in der Planetenbewegung sich heben lasse, wenn angenommen wird, dass die Erde selbst beweglich, also selbst ein Planet sei. Die Bewegungen der Planeten erscheinen am Himmel nur desswegen so unregelmässig, weil wir die Beobachtung von einem Standpunkt aus machen, der selbst beweglich im Weltall ist.

Copernicus nahm daher an: Das Centrum der Welt ist die Sonne, um dieselbe bewegen sich die Planeten in Kreisen, wobei jeder folgende den vorhergehenden umschliesst und die Reihenfolge der Planeten von der Sonne aus angefangen ist: Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter und Saturn. Um die Erde bewegt sich einzig noch der Mond, der durch die Erde auch jährlich um die Sonne herumgeführt wird.

Ausser der jährlichen Bewegung um die Sonne hat die Erde auch noch eine tägliche Bewegung um ihre eigene Axe und zwar in der Richtung von West nach Ost, wodurch die bei allen andern Systemen beibehaltene, täglich von Ost nach West um die Erde vor sich gehende *Umdrehung* sämtlicher Gestirne des ganzen Himmelsgewölbes als überflüssig dahinfällt.

Die Planetenbahnen liegen auch bei dem Copernicanischen System nicht in ein und derselben Ebene wie in einer Zeichnung, sondern sind gegen die Ebene der Ekliptik, d. i. nun die Ebene

der Erdbahn unter kleinen Winkeln geneigt. (Siehe Fig. 4 und 5, Taf. V.) Die Fig. 2 auf Taf. V zeigt das Copernicanische System in Bezug auf die Anordnung der einzelnen Bahnen und die Orte der einzelnen Körper am 1. und am 30. März 1869, sowie auch die Knoten der einzelnen Bahnen mit der Erdbahnebene, wobei das ausgezogene Stück einer Bahn nördlich und das punktirte südlich von der Ebene der Ekliptik (Erdbahnebene) liegt*).

Die scheinbaren Bewegungen der Planeten, ihr Vor- und Rückwärtsgehen und Stillstehen lassen sich nun mit der grössten Leichtigkeit erklären, wie dies auf rechnendem Wege nachgewiesen und auf dem Wege der Zeichnung aber auch anschaulich dargestellt werden kann. Zu diesem Zweck ist in Fig. 3, Taf. V, in schiefwinkliger Projektion der Lauf des Mars, wie er gerade im Frühjahr 1869 von der Erde aus gesehen wurde, dargestellt. Hierbei bezeichnen immer die gleichnamigen Ziffern für denselben Tag die wirklichen Stellungen der beiden Körper Erde und Mars in ihren Bahnen und den Ort des Mars am Himmel, wo er von der Erde aus gesehen zu sein scheint. Auf ähnliche Weise lassen sich natürlich die Schleifenbildungen der übrigen Planeten darstellen.

Weil sich nun die verwickelten scheinbaren Bewegungen der Planeten durch das Copernicanische System so leicht und natürlich erklären, so ist dasselbe über alle andern Systeme, in welchen man die Planeten selbst ausserordentlich verwickelte Bewegungen ausführen lassen musste, weitaus erhaben, und abgesehen von den physischen Beweisen, die erst später gefunden wurden, als das einzig naturgemässe System zu betrachten.

Es ist nun freilich nicht zu verhehlen, dass in Einzelheiten dem Copernicanischen System, wie es von Copernicus' Hand kam,

*) Wegen Beschränkung des Platzes konnte natürlich nicht für alle Bahnen das gleiche Grössenverhältniss eingehalten werden.

noch mancherlei Unvollkommenheiten anklebten, namentlich was die auch erwähnte *erste* Ungleichheit der Planetenbewegung bezüglich der Geschwindigkeit anbetrifft. Aber auch diese sind später von einem ebenso genialen Manne, nämlich von *Kepler*, durch die von ihm entdeckten und nach ihm benannten drei Gesetze*) der Planetenbewegung berichtigt worden.

*) 1. Jeder Planet bewegt sich so, dass die von der Sonne nach ihm gezogene Linie (Radius vector) in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume beschreibt.

2. Die Bahn eines jeden Planeten ist eine Ellipse, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.

3. Die Quadrate der siderischen Umlaufszeiten der Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen ihrer mittlern Entfernungen von der Sonne.
