

Zusammentreffen der mittleren Knoten des Aequators und der Bahn des Monds mit einem Schwanken der Knoten dieses Aequators um die der Bahn begleitet, welches sehr klein ist, da es bis jezt den Beobachtungen entgangen ist. Wir haben gesehen, daß das wirkliche Schwanken der großen Axe des Monds unmerklich ist, und wir haben im sechsten Kapitel bemerkt, daß das Schwanken der drey ersten Jupiterstrabanten gleichfalls unmerklich ist. Es ist sehr merkwürdig, daß diese Arten des Schwankens, deren Größe willkürlich ist, und beträchtlich seyn könnte, doch sehr klein sind; man muß dies den nämlichen Ursachen zuschreiben, welche anfänglich die Bedingungen, wovon sie abhängen, vestgesetzt haben.

---

### F ü n f z e h n t e s   K a p i t e l .

*Betrachtungen über das Gesetz der allgemeinen Schwere.*

**W**enn man das Ganze der Erscheinungen des Sonnensystems betrachtet, so kann man sie in folgende drey Klassen ordnen; die erste enthält die Bewegungen der Schwerpunkte der Himmelskörper um Brennpunkte der Grund-

kräfte, welche sie treiben; die zweyte enthält alles, was die Gestalt und die Schwingungen der Flüssigkeiten, die sie bedecken, betrifft; endlich sind die Bewegungen dieser Körper um ihre Schwerpunkte der Gegenstand der dritten. In dieser Ordnung haben wir diese verschiedenen Erscheinungen erklärt, und man hat gesehen, daß sie eine nothwendige Folge von dem Grundsaze der allgemeinen Schwere sind. Dieser Grundsaz hat eine große Zahl von Ungleichheiten bekannt gemacht, welche aus den Beobachtungen auszusondern beynahe unmöglich gewesen seyn würde; er hat ein Mittel an die Hand gegeben, die himmlischen Bewegungen sicheren und genauen Regeln zu unterwerfen; die einzig auf das Gesez der Schwere gegründeten astronomischen Tafeln entlehnen jezt von den Beobachtungen bloß die willkührlichen Elemente, die auf keinem andern Wege bekannt werden können, und man darf nicht hoffen, sie noch weiter zu vervollkommen, als wenn man zugleich die Genauigkeit der Beobachtungen und die der Theorie noch weiter bringt.

Die Bewegung der Erde, welche durch die Einfachheit, womit sie die himmlischen Erscheinungen erklärt, den Beyfall der Astro-

nomen erhalten hat, hat durch den Grundsatz der Schwere eine neue Bestätigung bekommen, welche sie auf den höchsten Grad der Evidenz erhoben hat, deren physische Wissenschaften fähig sind. Die Wahrscheinlichkeit einer Theorie kann man theils durch Verminderung der Zahl der Hypothesen, auf welche man sie gründet, theils durch Vermehrung der Zahl der Erscheinungen, welche sie erklärt, vergrößern. Der Grundsatz der Schwere hat der Theorie von der Bewegung der Erde diese beyden Vortheile verschafft. Da sie eine nothwendige Folge von demselben ist, so setzt er keine neue Voraussetzung zu dieser Theorie hinzu; aber um die scheinbaren Bewegungen der Gestirne zu erklären, nahm Copernicus bey der Erde dreyerley verschiedene Bewegungen an: 1) die Bewegung um die Sonne, 2) die um sich selbst, 3) die Bewegung ihrer Pole um die der Ekliptik. Der Grundsatz der Schwere macht sie alle von einer einzigen der Erde eingedrückten Bewegung nach einer nicht durch ihren Schwerpunkt gehenden Richtung abhängig. Vermöge dieser Bewegung dreht sie sich um die Sonne und um sich selbst, hat eine an den Polen abgeplattete Gestalt angenommen, und die Wirkung der Sonne und des

Monds auf diese Gestalt macht, daß die Erdaxe sich langsam um die Pole der Ekliptik bewegt. Die Entdeckung dieses Grundsatzes hat also die Voraussetzungen, auf welche Copernicus seine Theorie gründete, auf die kleinste mögliche Anzahl heruntergesetzt. Sie hat außerdem den Vortheil, diese Theorie an alle astronomischen Erscheinungen anzuknüpfen. Ohne sie wären die elliptische Gestalt der Planetenbahnen, die Gesetze, welchen die Planeten und Kometen bey ihren Bewegungen um die Sonne folgen, ihre secularen und periodischen Ungleichheiten; die zahlreichen Ungleichheiten des Monds und der Jupiterstrabanten; das Vorrücken der Nachtgleichen, das Wanken der Erdaxe, die Bewegungen der Mondsaxe, endlich die Ebbe und Fluth des Meeres, lauter einzelne Resultate der Beobachtung, aufser aller Verbindung. Im Gegentheile ist die Art, wie alle diese, dem ersten Anscheine nach so wenig zusammenhangende, Erscheinungen aus einerley Gesetze herfließen, welches sie an die Bewegung der Erde knüpft, so daß, wenn man diese Bewegung einmal angenommen hat, man durch eine Reihe geometrischer Schlüsse auf diese Erscheinungen geführt wird, in der That etwas bewundernswürdiges.

Jede von ihnen giebt also einen Beweis seines Daseyns ab, und wenn man erwägt, daß es jetzt keine einzige unter ihnen giebt, die nicht auf das Gesez der Schwere zurückgebracht wäre, daß, da dieses Gesez die Lage und die Bewegungen der Himmelskörper für jeden Augenblick, und während ihres ganzen Laufs mit der größten Genauigkeit bestimmt, man nicht zu besorgen hat, daß es durch irgend eine bis jetzt nicht beobachtete Erscheinung werde umgestoßen werden; daß endlich auch der Planet Uranus und seine neuerlich entdeckten Trabanten ihm folgen, und es bestätigen: so ist es unmöglich, der vereinigten Kraft aller dieser Beweise sich zu entziehen, und nicht einzugehen, daß in der Naturphilosophie nichts besser erwiesen sey, als die Bewegung der Erde, und der Grundsatz der allgemeinen Schwere im geraden Verhältnisse der Massen, und im umgekehrten des Quadrats der Entfernungen.

Ist aber dieser Grundsatz ein ursprüngliches Naturgesez? Ist es nicht bloß eine allgemeine Wirkung einer unbekanntten Ursache? Hier nöthigt uns die Unwissenheit, worin wir uns in Ansehung der inneren Eigenschaften der Materie befinden, stille zu stehen, und benimmt uns alle Hoffnung, diese Fragen auf eine

befriedigende Art zu beantworten. Anstatt Hypothesen darüber aufzustellen, schränken wir uns darauf ein, die Art, wie der Grundsatz der Gravitation von den Geometern angewandt worden ist, noch umständlicher zu untersuchen.

Sie sind von den fünf folgenden Voraussetzungen ausgegangen: 1) daß die Gravitation unter den kleinsten Elementen der Körper Statt habe; 2) daß sie den Massen proportionirt sey; 3) daß sie sich umgekehrt verhalte wie das Quadrat der Entfernungen; 4) daß sie in einem Augenblicke von einem Körper zum andern übergehe; 5) endlich, daß sie auf gleiche Art auf ruhende Körper und auf solche wirke, die, da sie schon nach ihrer Richtung in Bewegung sind, sich ihrem Einflusse zum Theil zu entziehen scheinen.

Die erste dieser Voraussetzungen ist, wie wir gesehen haben, eine nothwendige Folge der Gleichheit zwischen der Wirkung und Gegenwirkung; vermöge welcher jedes Element der Erde die ganze Erde anziehen muß, wie es von ihr angezogen wird. Diese Voraussetzung wird überdies durch die Messungen der Meridiangrade und des Pendels bestätigt. Denn mitten unter den Unregelmäßigkeiten,

welche die gemessenen Grade bey der Figur der Erde anzuzeigen scheinen; entdeckt man, wenn ich so sagen darf, die Züge einer regelmässigen, und mit der Theorie übereinstimmenden Figur. Der grosse Einfluß der Abplattung des Jupiters auf die Bewegungen der Knoten und der Jupitersnähen der Bahnen seiner Trabanten beweist uns noch, daß die Attraction dieses Planeten aus den Attractionen aller seiner Elemente zusammengesetzt ist.

Die Proportionalität der Anziehungskraft mit den Massen ist auf der Erde durch die Versuche mit dem Pendel erwiesen, dessen Schwingungen genau von gleicher Dauer sind, wie auch die Körper, die man schwingen läßt, beschaffen seyn mögen; in den Räumen des Himmels wird sie durch das beständige Verhältniß der Quadrate der Umlaufzeiten der Körper, die um einen gemeinschaftlichen Brennpunkt gehen, zu den Würfeln der grossen Axen ihrer Bahnen dargethan.

Wir haben im ersten Kapitel gesehen, mit welcher Genauigkeit die beynahe absolute Ruhe der Sonnennähen der Planetenbahnen das Gesez der Schwere im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen anzeigt; und jezt, da wir die Ursache der kleinen

Bewegungen dieser Sonnennähen kennen, müssen wir dieses Gesez als völlig genau betrachten. Es ist das Gesez aller Ausflüsse, die von einem Mittelpunkte ausgehen, dergleichen das Licht ist; es scheint sogar, daß alle Kräfte, deren Wirkung sich auf merkliche Entfernungen äußert, diesem Geseze folgen. Seit kurzem hat man bemerkt, daß die elektrischen und magnetischen Anziehungen und Abstofsungen im Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen abnehmen. Es ist eine merkwürdige Eigenschaft dieses Naturgesezes, daß, wenn die Dimensionen aller Körper dieses Weltalls, ihre gegenseitigen Entfernungen und ihre Geschwindigkeiten sich verhältnismäßig vermehrten oder verminderten, sie den Curven, welche sie wirklich durchlaufen, völlig ähnliche beschreiben, und ihre Erscheinungen durchgängig die nämlichen seyn würden; denn da die Kräfte, von welchen sie getrieben werden, das Resultat der den Quotienten der Massen durch die Quadrate der Entfernungen proportionirten Attractionen sind, so würden sie nach dem Verhältnisse der Dimensionen des neuen Weltgebäudes zu- oder abnehmen. Man sieht zugleich, daß diese Eigenschaft nur dem Naturgeseze zukommen kann. Die Erscheinun-

scheinungen der Bewegungen des Weltgebäudes sind also von seinen absoluten Dimensionen eben so unabhängig, wie von der absoluten Bewegung, welche es im Weltraume haben kann, und wir können nichts, als Verhältnisse beobachten und erkennen. Dieses Gesez giebt den Kugeln die Eigenschaft, sich wechselseitig anzuziehen, als ob ihre Massen in ihren Mittelpunkten vereinigt wären. Es begrenzt auch noch die Bahnen und die Gestalten der Himmelskörper durch Linien und Flächen der zweyten Ordnung, wenigstens wenn man ihre Störungen aufser Acht läßt, und sie für flüssig annimmt.

Wir haben kein Mittel, um die Zeit der Fortpflanzung der Schwere zu messen, weil die Sonne, wenn ihre Attraction einmal die Planeten erreicht hat, so auf sie zu wirken fortfährt, als ob ihre Anziehungskraft den äußersten Enden des Planetensystems sich augenblicklich mittheilte; man kann daher eben so wenig wissen, in wie viel Zeit sie zur Erde gelange, als es ohne die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten und ohne die Aberration möglich gewesen wäre, die allmälige Fortpflanzung des Lichts zu erkennen. Mit dem kleinen Unterschiede, welcher bey der Wir-

kung der Schwere auf die Körper nach der Richtung und der Gröfse ihrer Geschwindigkeit Statt finden kann, verhält es sich nicht so. Die Rechnung hat mir gezeigt, dafs daraus eine Beschleunigung der mittleren Bewegungen der Planeten um die Sonne, und der Trabanten um ihre Planeten entsteht. Ich hatte dieses Mittel, die seculare Gleichung des Monds zu erklären, ausgedacht, da ich mit allen Geometern glaubte, dafs sie bey den über die Wirkung der Schwere angenommenen Hypothesen unerkklärbar wäre. Ich fand, dafs, wenn sie von dieser Ursache herrührte, man dem Monde, um ihn seiner Schwere gegen die Erde gänzlich zu entziehen, eine Geschwindigkeit gegen den Mittelpunkt dieses Planeten geben müfste, die zum wenigsten sechs millionenmal gröfser wäre, als die des Lichts. Da nun die wahre Ursache der secularen Gleichung des Monds heutzutage wohl bekannt ist, so sind wir versichert, dafs die Wirksamkeit der Schwere noch viel gröfser ist. Diese Kraft wirkt also mit einer Geschwindigkeit, die wir als unendlich betrachten können, und wir müssen daraus schliessen, dafs die Attraction der Sonne sich den äufsersten Enden des Sonnensystems in einem bey nahe untheilbaren Augenblicke mittheile.

Ob unter den Himmelskörpern noch andere Kräfte, aufser ihrer wechselseitigen Anziehung vorhanden seyen, wissen wir nicht; aber das können wir wenigstens behaupten, daß ihre Wirkung unmerklich sey. Eben so können wir behaupten, daß alle diese Körper von den Flüssigkeiten, die sie bey ihrer Bewegung durchschneiden, einen bis jezt unmerklichen Widerstand leiden, wie das Licht, die Kometenschweife und das Thierkreislicht.

Die Anziehungskraft verschwindet unter Körpern von unbeträchtlicher Größe; sie erscheint aber bey ihren Elementen wieder unter einer unendlichen Menge verschiedener Formen. Die Dichtigkeit der Körper, ihre Chrystallisation, die Brechung des Lichts, das Steigen und Fallen der Flüssigkeiten in den Haarröhren, und überhaupt alle chemischen Verbindungen sind Folgen der Anziehungskräfte, deren Kenntniß einer der wichtigsten Gegenstände der Naturlehre ist. Aber sind etwa diese Kräfte die in den Räumen des Himmels beobachtete Gravitation selbst, auf der Erde durch die Gestalt der integrirenden Theilchen modificirt? Um diese Hypothese anzunehmen, müßte man bey den Körpern viel mehr leeren, als erfüllten Raum voraussetzen,

so daß die Dichtigkeit ihrer Theilchen unvergleichbar größer wäre, als die mittlere Dichtigkeit ihrer ganzen Massen. Ein sphärisches Element von 0,00001 Fufs Durchmesser müßte eine zum wenigsten zehntausend milliardenmal größere Dichtigkeit haben, als die mittlere Dichtigkeit der Erde ist, um auf seiner Oberfläche eine der Schwere auf der Erde gleiche Attraction zu äußern. Nun übertreffen die Anziehungskräfte der Körper diese Schwere beträchtlich, weil sie das Licht sichtbar beugen, dessen Richtung durch die Attraction der Erde nicht merklich verändert wird; die Dichtigkeit dieser Theilchen stünde also zu der der ganzen Körper in einem Verhältnisse, vor dessen Größe die Einbildungskraft sich entsetzt, wenn ihre Verwandtschaften von dem Geseze der allgemeinen Schwere abhängen. Das Verhältniß der Zwischenräume dieser Elemente zu ihren respectiven Dimensionen wäre von der nämlichen Ordnung, wie bey den Sternen, welche einen Nebelfleck bilden, den man aus diesem Gesichtspunkte als einen großen leuchtenden Körper betrachten könnte. Uebrigens hindert uns nichts, diese Vorstellungsart von allen Körpern anzunehmen. Mehrere Erscheinungen, und unter andern die

äußerste Leichtigkeit, womit das Licht die durchsichtigen Körper nach allen Richtungen durchdringt, sind ihr günstig. Die Verwandtschaften würden alsdann von der Gestalt der integrirenden Theilchen abhängen, und man könnte aus der Manchfaltigkeit dieser Gestalten alle Verschiedenheiten der Anziehungskräfte erklären, und auf solche Art alle Erscheinungen der Physik und Astronomie auf ein allgemeines Gesez zurückführen. Aber die Unmöglichkeit die Gestalten der Elementartheilchen zu erkennen, macht diese Untersuchungen zur Aufnahme der Wissenschaften unnüz. Einige Geometer haben, um von den Verwandtschaften Rechenschaft zu geben, zu dem Geseze der Attraction im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen neue, nur in sehr kleinen Entfernungen merckliche, Glieder hinzugesetzt. Aber diese Glieder würden eben so viele verschiedene Kräfte ausdrücken; und da sie sich außerdem mit der Gestalt der Elemente verwickelten, würden sie nur die Erklärung der Erscheinungen verwickelter machen. Bey diesen Ungewissheiten ist das klügste, was man thun kann, sich an die Bestimmung der Geseze der Verwandtschaften durch zahlreiche Versuche zu halten. Das

einfachste Mittel dazu zu gelangen, scheint die Vergleichung dieser Kräfte mit der zurückstossenden Kraft der Wärme zu seyn, die man selbst wiederum mit der Schwere vergleichen kann. Einige mit diesem Mittel bereits gemachten Versuche lassen hoffen, daß diese Gesetze einst vollkommen werden bekannt werden; alsdann könnte man, durch Anwendung der Rechnung auf dieselbige, die Physik der Erdkörper zu eben dem Grade der Vollkommenheit erheben, den die Entdeckung der allgemeinen Schwere der Physik des Himmels verschafft hat.