

014089/132

# Die Beweise

für die

# Bewegung der Erde.

~~~~~

Vortrag, gehalten im allgemeinen Lehrer-Verein zu Hildesheim  
im Januar 1869

von

F. Bessel.

---

Berlin, 1871.

C. G. Lüderig'sche Verlagsbuchhandlung.  
Carl Habel.

8

Die Welt

1871

# Erklärung der Erde

Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen wird vorbehalten.

B. Schöner

Berlin 1871

C. G. Neumann, Neudamm

Carl Neumann

Es ist in neuerer Zeit mehrfach und in auffälliger Weise eine astronomische Lehre in Zweifel gezogen, welche die gebildete Welt seit länger als einem Jahrhundert wie ein gefichertes Geistesbesitzthum anzusehen sich allmählich gewöhnt hat — der Satz, daß die Erde sich um die Sonne drehe.

Der Stein des unmittelbaren Anstoßes ist bekanntlich in einigen Stellen der Bibel zu finden, welche mit diesem Satze geradezu im Widerspruch zu stehen scheinen, hauptsächlich in den vielberufenen beiden Versen des 10. Capitel Josua und in der Erzählung von der Krankheit und Heilung des Königs Hiskia, die sich im 2. Buch der Könige und dann wiederholt in der Chronik und beim Jesaias findet. Mag sowohl letztere, wie auch unter Herbeiziehung von allerlei verzwickten Auslegungskünsten erstere Stelle einer rationalistischen Deutung fähig sein, so braucht man doch nur das 39. Capitel Hiob oder den 104. Psalm zu lesen, und noch an vielen anderen Stellen der Schrift nachzusehen, um sich zu überzeugen, daß die Verfasser der Bücher des alten wie neuen Testaments in ihren Anschauungen von der physischen Welt durchaus die allgemeine Ansicht des gesammten Alterthums theilten, welche ihren wissenschaftlichen Abschluß in der Ptolemäischen Hypothese über den Bau des Weltsystems ge-

funden hat. Wer also die Meinungen der alten Juden und Griechen wie eine für Wissenschaft und Leben in allen Punkten unbedingt maßgebende Richtschnur glaubt ansehen zu sollen, der wird nicht nur jenen einzelnen Satz, sondern den ganzen Inbegriff derjenigen Lehren in Abrede nehmen müssen, welchen man mit dem Namen des Copernicanischen Systems zu bezeichnen pflegt, wiewohl dasselbe unter der allmählichen Einwirkung der Forschungen und Entdeckungen Kepler's, Galilei's und Newton's eine wesentlich abgeänderte und erweiterte Form angenommen hat.

Uebrigens besteht der Widerspruch keineswegs zwischen Religion und Astronomie. Daß diese beiden vielmehr vortrefflich neben einander bestehen, ja mit einander gehen können, ist nicht nur in älteren Zeiten, u. a. von Kepler und dem Carmeliter Foscarini, wie in neueren von Dersted — wer kennt nicht das anmuthige Gespräch im 3. Theil seines „Geist in der Natur“ — und in umfänglicher Weise von H. Ulrici auf bündige Weise wissenschaftlich dargelegt, sondern mehr als dies — es ist von einer unabsehbaren Reihe von Astronomen und Philosophen, gelehrten und ungelehrten, Copernicus und Newton, Kant und Schleiermacher an der Spitze, durch ihr ganzes Leben, Denken und Handeln thatsächlich bewiesen.

Also nicht zwischen Christenthum und Wissenschaft, ja nicht einmal zwischen den Wortführern der Theologie und der Naturwissenschaften unserer Tage besteht ein Streit — kein namhafter Astronom oder Physiker hat das muthige Wort des berühmten Berliner Pastors wie eine Kriegserklärung aufgenommen —; der Streit ist vielmehr zwischen einerseits der älteren, mehr sinnlichen, ursprünglich menschlichen, um nicht zu sagen kindlichen Anschauungsweise, die wir füglich die Aristotelische nennen können, da sie unter dem Banner dieses Namens mehr als andert-

halb Sahrtausende lang die Philosophenschulen des Abendlandes beherrscht hat, und andererseits, der neueren, gereifteren, mehr forschend überlegenden Weltbetrachtung, welche wir kurz als die Kantische bezeichnen wollen, weil Kant unter den neueren und insbesondere deutschen Philosophen derjenige war, welcher nicht allein auf den Trümmern des von Cartesius und Baco zerschlagenen Thrones des Aristoteles einen Neubau begann, sondern dies auch zum nicht geringsten Theile gerade dadurch vermochte, daß er zuerst die Lehren Galilei's und Newton's als wissenschaftlich wohl begründet aufnehmen konnte, ja der sogar in der besonderen Frage, um die es sich hier handelt, durch eine kleine, doch inhaltsreiche Schrift über die Naturgeschichte und Theorie des Himmels ein nennenswerthes Verdienst sich erworben hat.

Dem Aristoteles also erscheint die Welt wie eine sichtbar begränzte hohle Kugel, in deren Mittelpunkt fest und unverrückbar die Erde ruht. Um ihretwillen soll, dieser Ansicht nach, der ganze Himmel erschaffen sein, um sie sich alles drehen, im wahren Sinne des Wortes, nicht bloß im bildlichen. Kant dagegen erklärt das ganze Stück der Natur, das wir kennen, für ein Atom in Ansehung dessen, was über und unter unserem Gesichtskreise verborgen ist. Ihm erscheint die Erde als ein zusammengeballtes Klümpchen Weltenstoffs, das in Gesellschaft mit andern ähnlichen um die Sonne kreist; und diese wiederum, mit ihrem ganzen Gefolge von Planeten und Trabanten zu einem systematischen Ganzen vereint, ist ihm nur ein Glied eines größeren Systems. Und in folgerechter Erweiterung dieses Gedankens glaubt er dem ganzen Sternenhimmel eine allgemeine, scheinbar regellos durcheinander wirbelnde Bewegung zuschreiben zu müssen; die dann freilich eben so sehr von der Drehung der Ptolemäischen sieben Sphären verschieden ist, als von den Wirbeln des Cartesius. Ob aber schließlich und gar wo etwa ein in vollkommener

Ruhe verharrender Centralkörper des Weltalls vorhanden sein möge, das zu ermitteln überläßt er kommenden Zeiten; er für sein Theil hält das Vorhandensein eines solchen Körpers für wenig wahrscheinlich.

Für Jeden, der an dem Streit dieser beiden einander gegenüberstehenden Weltanschauungen einen Antheil nimmt, ist daher von entscheidender Wichtigkeit die Beantwortung der Frage: „Ist der wissenschaftliche Beweis für die Bewegung der Erde erbracht worden, oder nicht?“ Um dieselbe in einer unzweideutigen Weise und wenigstens annähernd mit Vollständigkeit geben zu können, machen wir uns zunächst klar, „in welcher Art denn überhaupt ein naturwissenschaftlicher Beweis dieser Gattung zu führen sei“ und suchen alsdann darzuthun, „ob oder in wie weit ein solcher im vorliegenden Falle wirklich geführt ist“.

## I.

Jede Naturwissenschaft umfaßt einen Kreis von objectiven Thatsachen d. i. von sinnlich wahrnehmbaren Erscheinungen und ordnet dieselben nach gewissen daraus abgeleiteten Principien, welche dann umgekehrt wieder dem Forscher als leitende Ideen dienen, gleichsam als leuchtende Fackeln, um die Pfade zu erhellen, welche er einzuschlagen hat um neue Thatsachen zu entdecken und mit den bereits bekannten in Verbindung und Einklang zu bringen.

Die Thatsachen also machen das Material aus, die Ideen bestimmen die Form, unter welcher der menschliche Geist sich den Zusammenhang der Thatsachen vorstellt. Letztere müssen erfahrungsmäßig fest bestätigt sein durch unverwerfliche Zeugnisse, durch Beobachtungen, durch Versuche, welche mehrfach wiederholt sind und nach Umständen von Jedem, der das Zeug dazu hat, wiederholt werden können. Manche solcher Thatsachen sind all-

gemein bekannt oder doch jedem aufmerksamen Beobachter schon beim gewöhnlichen Verlauf der Dinge zugänglich. Jedoch bedürfen diese allgemeinen Erfahrungen, um in der Wissenschaft verwendet werden zu können, in der Regel erst noch einer schärferen Auffassung, eines genaueren Ausdrucks. So genügt es dem Astronomen nicht, die Sonne nur zu betrachten, wie sie täglich Morgens aufgeht, bis Mittag steigt und Abends unter sinkt, nicht bloß oberflächlich zu bemerken, daß der Mond in regelmäßig wiederkehrenden Zeiträumen seine Lage gegen die übrigen Gestirne ändert, zu beachten, daß die Venus bald als Morgenstern, bald als Abendstern sich zeigt u. dgl. m. Der Forscher beschaut nicht bloß den Himmel — er mißt vielmehr mit der sorgfältigsten Genauigkeit die Dinge, auf welche es ihm da ankömmt. Er mißt die Höhe der Sonne d. i. den Winkel, welchen eine vom Auge zur Sonne gedachte gerade Linie mit dem Horizont macht; er mißt die tägliche Ab- oder Zunahme dieses Winkels zur Mittags- und auch zu anderer Zeit, er mißt die Winkelabstände zwischen dem Mond und anderen leuchtenden Punkten, die sogenannte Gerade-Aufsteigung und die Abweichung der Fixsterne, die Länge und Breite der Planeten u. s. f.

Die Maßzahlen, welche für die Größe dieser und ähnlicher Winkel gefunden werden, bilden die Grundlegenden Thatsachen der Astronomie. Es sind dies ja der Hauptsache nach durchaus die nämlichen Dinge, die Jedermann am Himmel bemerkt oder bemerken kann; nur daß man sich gemeinhin darauf beschränkt, jene Winkel etwa nach dem Augenmaß zu schätzen, daß man ihre Größe nicht sorgfältig aufschreibt, sondern einfach dem Gedächtnisse anvertraut. Derartige Winkelmessungen sind seit Hipparch's Zeiten und gar schon eher fort und fort an gestellt, nach und nach mit immer mehr vervollkommeneten Meßwerkzeugen und dem entsprechend mit wachsender methodischer Schärfe. Sie con-

troliren sich gegenseitig auf mannigfache Art und bilden einen Schatz von Beobachtungen, welchen nunmehr zu ordnen, nöthigenfalls zu sichten, unter gemeinschaftliche Gesichtspuncte zu bringen und da zu vergleichen, der zweite Schritt der Wissenschaft ist.

Die Thatfachen also sind das Gegebene: sie liefern eben das beweisende Material und es erhebt sich nun die weitere Frage: Was beweisen sie denn? was folgt aus ihnen? — denn ohne solche Folgerungen würde der Schatz nur eine werthlose Sammlung von Beobachtungen sein, die den Namen einer Wissenschaft kaum noch verdiente.

Aus den Thatfachen versucht man empirische Gesetze abzuleiten, zunächst lediglich zu dem Zweck, um einen größeren Kreis von zusammengehörigen Einzelheiten leicht und deutlich übersehen zu können. Solche sind z. B. die Gesetze Kepler's über die Bewegung der Planeten, die von Galilei ermittelten über den Fall der Körper, über die Bewegung des Pendels u. s. w. Der Ausdruck eines Gesetzes geschieht in den exacten d. i. den messenden Naturwissenschaften durch Aufstellung einer algebraischen Formel, mittels welcher aus einem kleinen Theile der Beobachtungen alle übrigen gleichartigen, im Voraus wie nachträglich, berechnet werden können, oder auch, wie dies namentlich in älteren Zeiten mehr noch als gegenwärtig guter Brauch war, durch Zeichnung einer geometrischen Figur, welche nach Maßgabe einiger der beobachteten Größen entworfen wird und alsdann die übrigen daraus eben so gut entnehmen läßt, wie jene wenigen. Ist die Formel oder Figur zu verwickelt, um jederzeit rasch und sicher die verlangten Einzelheiten berechnen oder durch Zeichnung finden zu können, so entwirft man Rechnungstabellen (astronomische Tafeln), woraus man das in dem gerade vorliegenden besonderen Falle einfach ablesen kann.

Ein Gesetz ist erwiesen, wenn die Zahlen, welche die nach demselben berechneten Tafeln darbieten, eine vollständige Uebereinstimmung zeigen sowohl mit denjenigen Beobachtungen, aus deren Kreise sie abgeleitet sind, als auch mit den fernerweit an denselben Dingen vorgenommenen.

In dieser strengen Form jedoch — das haben wir wohl zu beachten — ist von den in der Wissenschaft als gültig angenommenen Gesetzen in der That kein einziges vollständig erwiesen. Es giebt kein einziges aus einer Reihe von beobachteten Thatsachen erschlossenes Gesetz, welches denselben in voller mathematischer Schärfe Genüge leistete. Zum Beispiel eines der einfachsten Gesetze der Mechanik besteht darin, daß ein frei fallender Körper in dem zweiten Zeitraum seines Fallens einen dreimal so langen Weg zurücklegt, als in dem vorausgegangenen eben so großen ersten Zeitraume. So oftmals und mit welcher Vorsicht und Sorgfalt auch Versuche dieser Art angestellt sind, niemals hat die Beobachtung jenes Gesetz in allem Maße bestätigt und wird — so kann man unbedenklich behaupten — dasselbe niemals bestätigen. Denn einestheils ist es in der Regel (und im strengsten Sinne stets) unmöglich, einen Versuch so anzustellen, daß er eine reine, von allen der Sache fremden Nebenumständen befreite Beantwortung der Frage lieferte, auf die es ankömmt. Das Gesetz kann und soll aber nur der Ausdruck des Zusammenhangs von zwei, jedenfalls von wenigen Dingen sein, während in der That immer noch eine Reihe von anderen (im strengsten Sinne von unzählig vielen anderen) Dingen mit jenen wenigen in unauflösllicher Verkettung steht. So wird man denn in dem angeführten Beispiele den Versuch niemals so einrichten können, daß der fallende Körper auch wirklich, wie er sollte, frei fällt. Man wird weder den Einfluß des Widerstandes vollständig zu beseitigen vermögen, welchen die Kraft des Zusammenhangs der Luft-

theilchen demselben entgegensetzt, noch weniger die immerhin un-  
gemein kleine Störung, welche daraus entspringt, daß die Schwerkraft in verschiedenen Höhen über der Erdoberfläche nicht überall mit vollkommen gleicher Stärke wirkt, u. dgl. m. Ja selbst wenn die Frage so einfacher Art sein sollte, daß eine klare, keinerlei ferneren Zweifeln Raum lassende Beantwortung durch einen Versuch geradezu erzielt werden könnte, so ist doch anderentheils keine menschliche Beobachtung frei von kleinen Fehlern und Ungenauigkeiten. Weder die von der Natur uns verliehenen Sinnes-Organen — so bewunderungswürdig und in hohem Grade zweckgemäß sie auch eingerichtet sind — noch die zur Schärfung und bessern Anwendung derselben vom menschlichen Geiste ersonnenen Hülfsmittel — mit welcher Sorgfalt sie auch der geschickteste Künstler angefertigt haben mag — besitzen diejenige Vollkommenheit, welche zu vollendet genauer Messung der Zeiten, der Gewichte, der Entfernungen und anderer Größen erforderlich sein würde.

Gleichwohl zweifelt kein Vernünftiger an der Richtigkeit des Gesetzes, sobald nur die hervortretenden Abweichungen von demselben so klein bleiben, daß sie die Grenzen der unvermeidlichen Beobachtungs-Fehler nicht überschreiten. Das Dunkel, welches im Allgemeinen darüber herrschen kann, ob eine Abweichung vom Gesetz durch die Schuld des Beobachtenden eingetreten sei, oder ob sie in der Mangelhaftigkeit des Gesetzes selber ihre Erklärung finden müsse, wird durch die mathematische Theorie der Wahrscheinlichkeit in einer merkwürdigen Weise aufgeklärt. Wenn wir uns auch auf eine ausführlichere Darlegung dieses, eines der jüngsten, Zweige der Mathematik, welcher überdem im wahren Sinne des Wortes die Vermittelung zwischen der reinen und angewandten Geometrie bildet, hier nicht näher einlassen können, so wird es doch zur Verständigung unumgänglich erforderlich sein,

wenigstens die hauptsächlichsten Auffassungs- und Ausdrucksweisen jener Lehre kurz anzudeuten, um so mehr, da einertheils dieselben von den gemeinüblichen Redeweisen als Aristotelischen Ursprungs in sehr wesentlichen Punkten abweichen, andertheils aber auch nur mit Anwendung der hier einschlägigen Kunst-Ausdrücke dasjenige Licht in der obschwebenden Frage erhalten werden kann, welches die heutige Wissenschaft darüber zu verbreiten im Stande ist.

Nach Aristoteles ist einer Behauptung Wahrscheinlichkeit zuzusprechen, wenn dieselbe Allen, oder der Mehrzahl, oder den Vernünftigeren und zwar diesen wiederum entweder allen, oder der Mehrzahl von ihnen, oder doch den Weisesten derselben wahr zu sein scheint. Pascal aber hat uns gelehrt, wie man mit dem Worte Wahrscheinlichkeit einen ganz andern, und zwar mathematischen, Begriff verbinden könne. Ihm, dem Begründer der Combinationslehre, ist die mathematische Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses eine Zahl, nämlich die Zahl des Verhältnisses, in welchem die Anzahl derjenigen Fälle, welche das Ereigniß herbeiführen, zu der Anzahl aller möglichen Fälle steht, die ähnliche, wie das betrachtete, herbeiführen können, — oder, etwas anders gefaßt, den neueren Mathematikern ist die Wahrscheinlichkeit einer Sache ein Bruch, dessen Zähler die Anzahl der dieser Sache günstigen, dessen Nenner aber die Anzahl aller dabei möglichen Wechselfälle ist. Dieser Begriffsbestimmung entspricht es nur, wenn wir sagen, eine Sache sei (im gemeinen Sinne genommen) wahrscheinlich oder unwahrscheinlich, je nachdem ihre mathematische Wahrscheinlichkeit größer als der Bruch  $\frac{1}{2}$  ist oder kleiner. Eben so ergiebt sich weiter daraus, daß man die mathematische Gewißheit eines Ereignisses durch die Zahl 1 zu bezeichnen habe; denn wenn jeder der sämtlichen Fälle, die überhaupt bei einer Sache eintreten können, nothwendig ein ge-

wisses Ereigniß mit sich führt, so sind eben alle Wechselfälle als günstige zu betrachten, mithin ist der Zähler des Wahrscheinlichkeits-Bruches gleich dem Nenner, oder der Bruch = 1.

Ist nun ferner die Wahrscheinlichkeit einer Sache, einer Behauptung oder Meinung, ein bestimmter Bruch, so ist gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit des Gegentheils derselben Behauptung derjenige Bruch, welcher mit ersterem zusammen 1 Ganzes ausmacht. So z. B. wenn man die Wahl hat zwischen den 3 Farben roth, blau, gelb und man weiß nicht, welche von denselben sich zu einem gewissen Zwecke am Besten eigne, so ist die Wahrscheinlichkeit, daß dies eine gewisse, etwa die rothe sei, =  $\frac{1}{3}$ , daß es aber nicht die rothe sei, =  $\frac{2}{3}$ . Beide Brüche zusammen genommen geben zur Summe 1. Und dies sagt nichts anders aus, als daß überhaupt eine von jenen 3 Farben gewählt werden müsse. Damit ist denn natürlich noch keineswegs ausgeschlossen, daß es nicht noch viele andere Farben gebe, von denen die eine oder die andere sich noch bei weitem besser als eine jener 3 zu dem betreffenden Zwecke eignet. Und so in allen ähnlichen Fällen.

Ein ferneres Beispiel, welches besser als irgend ein andres diese Dinge fühlbar machen kann und daher von den Mathematikern häufig herbeigezogen wird, ist das einer Lotterie. Nehmen wir an, daß in einer Lotterie von etwa nur 10 Loosen 3 Gewinne bringende seien, so ist für den Inhaber eines einzelnen Looses die Wahrscheinlichkeit zu gewinnen =  $\frac{3}{10}$ , zu verlieren aber =  $\frac{7}{10}$ .

Und an eben dieses Beispiel knüpfen wir einen der hauptsächlichsten Lehrsätze dieser Theorie, welchen wir im Folgenden mehrfach anwenden werden und welcher sich sofort aus der Pascalschen Erklärung des Begriffes „Wahrscheinlichkeit“ ergibt. Nämlich — wenn man den Wahrscheinlichkeits-Bruch sowohl für

daß Eintreten eines gewissen ersten Ereignisses kennt als auch den für ein gewisses anderes, welches überdem mit jenem ersteren in gar keinem Zusammenhange steht; so findet man die Wahrscheinlichkeit dafür, daß diese beiden Ereignisse zugleich eintreten werden, einfach dadurch, daß man die bekannten beiden Brüche mit einander multiplicirt (nicht aber etwa sie addirt, wie dies auf den ersten Anblick manchem als das Richtigere scheinen möchte).

Gelegt nun, es spiele Jemand in zwei Lotterien, nämlich außer in der ersthin erwähnten auch zugleich noch in einer andern von ebenfalls 10 Loosen, worin indessen nur 2 Gewinne sich befinden, so daß also hierin die Wahrscheinlichkeiten zu gewinnen oder zu verlieren beziehungsweise sich auf die Beträge von  $\frac{2}{10}$  und  $\frac{8}{10}$  stellen. Alsdann fänden für denjenigen, der in jeder von beiden Lotterien 1 Loos hätte, folgende Möglichkeiten statt: 1) er kann in beiden gewinnen, 2) in beiden verlieren, 3) in der erstgenannten gewinnen und in der andern verlieren, 4) umgekehrt, in ersterer verlieren und in letzterer gewinnen. Diesen Möglichkeiten entsprechen als mathematische Wahrscheinlichkeiten die 4 Brüche, die man erhält wenn man 1)  $\frac{2}{10}$  mit  $\frac{2}{10}$ , 2)  $\frac{7}{10}$  mit  $\frac{8}{10}$ , 3)  $\frac{2}{10}$  mit  $\frac{8}{10}$ , 4)  $\frac{2}{10}$  mit  $\frac{7}{10}$  multiplicirt, also beziehungsweise die 4 Brüche  $\frac{4}{100}$ ,  $\frac{56}{100}$ ,  $\frac{16}{100}$ ,  $\frac{14}{100}$ . Die Summe derselben ist, wie sich's gebührt, =  $\frac{90}{100}$  oder = 1, und damit ist eben wieder gesagt, einer der aufgeführten 4 Fälle müsse nothwendig eintreten. Daß daneben außerdem noch immer die Möglichkeit vorhanden ist, in keiner von beiden Lotterien weder zu gewinnen, noch zu verlieren, etwa aus dem Grunde, weil die Polizei das ganze Spiel verbietet, oder weil vielleicht einer, wo nicht gar beide Lotteriehälter Betrüger sind u. s. w., mit andern Worten daß die mathematische Wahrscheinlichkeit noch lange keine absolute Gewißheit sein könne, ist wohl eben so klar, als daß

erstere nur dann in letztere übergehen könnte, wenn man im Stande wäre, sämmtliche bei der vorliegenden Sache in Mitwirkung tretende Umstände oder Zufälligkeiten ohne Ausnahme und vollständig zu übersehen.

Kehren wir jedoch vorerst zu unserm eigentlichen Gegenstande zurück und begnügen uns da mit dem ohnehin einleuchtenden Ergebnisse, daß kein durch mathematische Formeln ausgedrücktes Naturgesetz in aller derjenigen Strenge, deren die reine Wissenschaft fähig ist, mit den Beobachtungen übereinstimmt; daß also immer noch ein Rest von Unsicherheit und auch häufig eine Unvollständigkeit in dem algebraischen Ausdrucke des Gesetzes selber übrig bleibt, und daß man daher bei einer etwaigen Wahl unter mehreren Ausdrücken demjenigen den Vorzug wird ertheilen müssen, für welchen die Gesammtheit der Abweichungen den kleinsten Werth erhält.

Nachdem nun die Gesetze durch die Beobachtungen soweit als thunlich festgestellt sind, strebt die Wissenschaft ihrer letzten und höchsten Stufe zu; sie sucht die Ursache der Gesetze zu erkennen, sie stellt ein Princip auf, von welchem das Gesetz ein logisch nothwendiger Ausfluß ist. Es werden dann aus demselben Princip noch weitere Folgerungen gezogen werden können; man schließt auf Grundlage desselben, daß gewisse neue Thatsachen vorhanden sein müssen. Finden sich diese durch neue Beobachtungen bestätigt, so giebt das einen neuen und nunmehr doppelt stichhaltigen Beweis für die Richtigkeit des bei seinen ersten Aufstellungen nur erst versuchsweise hingestellten Principis. Und dann — je umfassender ein Princip ist, ein je größerer Kreis von Thatsachen als eine nothwendige Folge desselben mit Zug betrachtet werden kann, je mehr neue sich bewahrheitende Thatsachen daraus erschlossen werden können, einen um so größeren Anspruch auf eine wissenschaftliche Gültigkeit, auf eine

mathematische — nicht absolute — Gewißheit werden wir ihm zuerkennen haben. Nur das wird man zugeben müssen, daß in dem Grade, wie ein Princip als gewiß anzusehen ist, in demselben Grade auch alle logisch richtigen Folgerungen aus demselben als gewiß anzuerkennen sind, selbst solche für welche keine unmittelbare Beobachtungen vorliegen und vielleicht überhaupt gar niemals von uns gemacht werden können.

Fassen wir das Ergebnis unserer bisherigen Auseinandersetzungen zusammen. Jedes Naturgesetz — oder um uns auf das Gebiet, in welchem wir uns hier bewegen wollen, zu beschränken — jeder physicalische Lehrsatz ist eines zwiefachen Beweises eben so bedürftig wie fähig, nämlich eines inductiven d. i. eines möglichst unmittelbar aus den Thatsachen durch Rückschluß abgeleiteten, welcher allerdings eine vergleichungsweise nur geringere Sicherheit gewährt, eben weil der Satz bis dahin nur als ein vereinzelter dasteht, und eines anderen, deductiven, welcher geradezu von vorn herein aus einem Princip, aus wissenschaftlichen Grundsätzen hervorgeht, in Folge dessen der Satz eben diejenige Gewißheit erhält, welche dem Princip selber zukommt.

So lange das Gesetz nur als ein mathematischer Gesamtausdruck einer Reihe von zusammengehörigen Erscheinungen angenommen wird, ohne selbst noch aus einem Princip abgeleitet zu sein, nennt man es im wahren Sinne des Wortes eine Hypothese d. i. einen Untersatz, oder vielmehr eine Unterlage, eine logische Grundlage für unsere ferneren Betrachtungen; ein Anrecht auf den Namen eines wissenschaftlich wirklich begründeten Naturgesetzes erhält es erst durch eine Deduction der beschriebenen Art. Das Hypothesische, die Zweifelhaftigkeit desselben geht alsdann aber offenbar auf das ihm zu Grunde gelegte Princip über.

## II.

Bevor wir nunmehr nach Maßgabe der bisherigen Darlegungen die Beweise, sowohl die inductiven, welche die beobachtende Astronomie, als die deductiven, welchen die reine Mechanik für den Satz von der Bewegung der Erde liefert, einer näheren Betrachtung unterziehen, wollen wir in aller Kürze einen Blick auf die historische Entwicklung jener Wissenschaften werfen, um in Anknüpfung daran denjenigen Platz besser umrahmen zu können, welcher jenem Satze im Lehrgebäude der Astronomie gebührt. Wenn dabei unter dem Namen eines oder des andern der hervorragenden Häupter der Wissenschaft einer Entdeckung oder eines Beweises Erwähnung geschehen wird, welcher in der That erst von einem seiner Schüler und Nachfolger, ja vielleicht sogar schon seiner Vorgänger gefunden ist, so bitte ich dies mit der Weise des Volkes zu entschuldigen, das alle Heldenstückchen dem alten Fritz zuschreibt, sollten sie in Wahrheit auch erst von Blücher oder gar schon vom alten Dessauer verrichtet sein.

Keine unmittelbare Wahrnehmung zeigt uns, daß es wirklich die Erde ist, welche ihre Lage und ihre Stellung gegen die übrigen Himmelskörper ändert; aber auch keine Erfahrung beweist, daß die letzteren sich wirklich um erstere drehen. Denn die durch die Sinne wahrgenommenen Thatsachen d. i. die beobachteten Winkel-Änderungen lassen die eine Erklärung genau so gut zu, als die andere. Es ist wohl unnöthig das viel gebrauchte Gleichniß von der Bewegung im Schiffe hier des Breiteren auszuführen. Durch thatsächliche Beobachtung würde die Entscheidung zwischen den beiden an sich ganz gleich berechtigten Möglichkeiten ja nur dann zu erwirken sein, wenn jener Wunsch des Archimedes erfüllt würde, welchen wir für unseren Zweck lieber so ausdrücken möchten: Gebt uns einen Standpunct außerhalb des Sonnensystems und wir werden sehen können, ob die

Erde um die Sonne kreis't oder umgekehrt. Die Bewegung der Trabanten um den Jupiter, oder auch die Bewegung der Doppelsterne ist wohl einer beobachteten Thatsache gleich zu achten, die der Erde — nicht.

Copernicus war bekanntlich der erste, welcher diese Frage nicht, gleich manchem Philosophen vor ihm, bloß meinte gegen-theilig beantworten zu dürfen, wie Aristoteles that, sondern der auch solche Möglichkeit durch Rechnung und geometrische Zeichnung darzulegen vermochte. Er suchte eben für die Gesamtheit der seiner Zeit vorliegenden astronomischen Thatsachen (so weit sie die Bewegung der Himmelskörper angehen) einen mathematischen Ausdruck, um mittels eines solchen die ihm gegebenen Winkel in Tafeln zusammen zu stellen, woraus man dann die Stellung der Planeten für vergangene, wie für zukünftige Zeiten stets leicht und sicher entnehmen könne. Derartige Tafeln waren aber bereits längst von Ptolemäus auf Grund seiner Hypothese berechnet und stimmten namentlich in der von dem Araber Albatani verbesserten Form leidlich mit den Beobachtungen überein. Freilich war wohl die Berechnungs-Methode des Copernicus etwas einfacher, als die jenen Alfonsinischen (einem spanischen Könige zu Ehren so genannten) Tafeln zu Grunde liegende, aber doch noch immer reichlich verwickelt. Er sah ebenso wie Ptolemäus nach Hipparch's Vorgange sämtliche Bewegungen im Wesentlichen als kreisförmig oder doch aus mehreren Kreisen zusammengesetzt an; er bedurfte daher eben so gut wie jener neben seiner Haupt-Hypothese noch allerlei Hülfshypothesen von sogenannten Epicyclen d. i. Kreisen, deren Mittelpunkte auf andern Kreisen rollen, und von excentrischen Bewegungen, d. s. solche welche zwar in einem Kreise vor sich gehen, wobei aber der Centrkörper sich nicht genau im Mittelpunkte des Kreises befindet. Das immerhin erhebliche Uebergewicht an

Bequemlichkeit der Rechnung konnte jedoch allein keinen Ausschlag für die Copernicanische Auffassung geben. In der That schätzten viele Astronomen, vor allen der scharfsinnige Denker und beste Beobachter seiner Zeit, Tycho Brahe jenes Uebergewicht nicht so hoch, um in Anbetracht der übrigen Schwierigkeiten, welche bei dem damaligen Stande der Mechanik oder vielmehr bei dem Nichtvorhandensein dieser Wissenschaft, Copernicus Lehre darbot, letzterer unbedingt den Vorzug zuzusprechen. Und vollends die Fach-Philosophen jener Zeit, Cartesius sowohl wie Baco von Verulam, konnten sich keineswegs mit derselben befreunden. Hätte das ungünstige Geschick, welches im 17. Jahrhundert über Deutschland verhängt wurde, auch die übrigen Völker Europa's in gleich verderblichem Maße betroffen und wäre damit das kräftige Wachsthum der neu erwachten Wissenschaften überhaupt auf längere Zeit zurückgedrängt worden, so würde höchst wahrscheinlich die Tychonische Aufsicht zu einer länger andauernden Geltung gekommen sein; denn dieselbe ist nicht nur zur Erklärung der Himmels-Erscheinungen bis aufs Härchen eben so gut brauchbar, wie die Copernicanische, sondern hatte auch den großen Vorzug, weder mit der ursprünglich gemein menschlichen Anschauungsweise, noch mit den eben in dieser begründeten Lehren der Kirche in Widerspruch zu treten. Erst die Entdeckungen und Forschungen Kepler's und Galilei's geben einen wirklich merkbaren Ausschlag für Copernicus.

Kepler zerstörte durch die Aufstellung der beiden ersten nach ihm genannten Gesetze das überflüssige Beiwerk der Copernicanischen Epicyclen u. c. Hatten schon die nach der Theorie des Frauenburger Domherrn berechneten Prutenischen (Preussischen) Tafeln den Alfonsinischen bei den Astronomen den Rang abgewonnen, so traten an Stelle der letztern nun die berühmteren, von Kepler entworfenen, Rudolfinischen (als dem Kaiser

Rudolf II gewidmet), welche eine bessere Uebereinstimmung von Rechnung und Beobachtung zeigten, als irgend welche frühern. Doch war damit noch nicht der Streit zwischen Copernicus und Tycho entschieden; denn obgleich Kepler unzweifelhaft Anhänger des erstern war, so hätte sich dennoch das Ergebniß seiner Rechnungen recht wohl mit Brahe's Ansicht in Einklang bringen lassen. Er hätte dann nur sein erstes Gesetz in folgender Form aussprechen müssen: Die Bahnen der Planeten (worunter dann die Erde nicht mitbegriffen werden durfte) sind Ellipsen, in deren einem Brennpunct die Sonne steht; die Sonne selbst aber bewegt sich sammt ihrem Planeten-Gefolge jährlich nochmals in einer Ellipse um die Erde. Dabei blieb es dann außerdem immer noch nöthig, eine tägliche Drehung des ganzen Himmels-Gewölbes anzunehmen. Allerdings ist nicht zu leugnen, daß auf diese Weise nicht nur die Einfachheit des ersten Keplerschen Gesetzes, sondern auch die Harmonie des Ganzen wesentlich beeinträchtigt sein würde; aber so gewichtig schon dieser Umstand in die Waagschale der Schul-Philosophen hätte fallen mögen, so wenig würde er bei unbefangenen Naturforschern durchgeschlagen haben, denn solche werden sich durch keinerlei ästhetische Rücksichten bestimmen lassen, die Schönheit der Form über die Wahrheit der Sache zu stellen. — Das zweite Keplersche Gesetz, wonach die Planeten sich so bewegen sollen, daß ihre Radienvectoren, d. i. die Linien von Planet zur Sonne, in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume überstreichen, behielt dabei ebenfalls, bis auf eine ähnliche kleine Abänderung in der Fassung, vollkommen seine Geltung. Das dritte hingegen, welches den Zusammenhang angebt, der zwischen den Verhältnissen der Umlaufzeiten der Planeten und denjenigen ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne Statt findet, konnte zunächst weder in der einen Hypothese noch in der andern eine innere Bedeutung beanspruchen. Daß eine solche in der That

für alle drei Geseze vorhanden sei, ahnten allerdings Kepler und Galilei wohl schon; doch erst Newton war es vorbehalten die sieben Siegel dieses Geheimnisses zu lösen. Vorläufig, und namentlich vor der erst durch die Erfindung des Fernrohrs ermöglichten Entdeckung der Jupiters-Monde, konnte denn jenem dritten Geseze eben keine höhere Bedeutung zugeschrieben werden, als so mancher anderen Spielerei mit Zahlen, wie eine solche z. B. auch jetzt wohl noch unter dem Namen des Bode'schen Gesezes über die Reihenfolge, in welcher die Planeten von der Sonne und von einander abstehen sollen, gäng und gäbe ist. Damit wollen wir indessen solchen und ähnlichen Träumereien, denen nicht nur Kepler und Huyghens, sondern selbst Kant sich hingegeben hat, keineswegs unbedingt den Stab brechen; denn nur durch den Irrthum führt ja der Weg zur Wahrheit. Heute zwar ist die Astrologie, im Sinne des Mittelalters genommen, wohl für immer aus der Reihe der Wissenschaften gestrichen; doch mächtig ist der tief im Innern der Menschenbrust wurzelnde Drang zum Geheimnißvollen. Aus Kepler's eigener Erzählung über den Gang seiner Forschungen kann man lernen, durch welche lange Reihe von leeren Muthmaßungen und vergeblichen Anstrengungen er sich durcharbeiten mußte, um zu einer richtigen, den gegebenen Thatfachen in hinlänglichem Maße entsprechenden Einsicht zu gelangen.

Galilei's Verdienst ist ein doppeltes. Nicht nur hat er durch Aufstellung der drei Bewegungs-Geseze den Grund zu der Wissenschaft der Mechanik gelegt, sondern auch durch die Erfindung des Fernrohrs und insbesondere die Anwendung desselben auf die Betrachtung der Himmelskörper sowohl die Genauigkeit der Beobachtungen um ein Beträchtliches erhöht, als auch eine Reihe von ganz neuen Thatfachen gefunden, wodurch die Aehnlichkeit zwischen der Erde und den übrigen Gliedern des Sonnen-

systems in ein helles Licht trat. Er sah damit die Berge und Thäler des Mondes, die Flecken der Sonne, die Lichtgestalten der Venus, den Ring Saturns, er unterschied in der Milchstraße einzelne Sterne, und vor Allem, er entdeckte die Jupiters-Trabanten und ihre Bewegung. Das Vorhandensein eines solchen Neben-Systemes von Himmelskörpern, welches für sich betrachtet im Kleinen dieselben Erscheinungen darbietet und von denselben Gesetzen beherrscht wird, wie das Sonnen-System im Großen, lieferte den Copernicanern eine kräftige Waffe, deren Wucht sich auch Baco nicht ganz zu entziehen wußte. Immerhin ist jedoch die schlagendste Aehnlichkeit kein Beweis; sie kann erst zu einem solchen führen, wenn sich darthun läßt, daß die Ursache der ähnlichen Erscheinungen auch im Wesentlichen eine und dieselbe ist.

Und diese Ursache im vorliegenden Falle erkannt zu haben, bleibt Isaac Newton's vorerst noch unvergänglicher Ruhm. Er leitete aus den von Galilei erkannten Grundsätzen der Mechanik die Keplerschen Gesetze ab; und hierauf beruht auch der Hauptsache nach der eigentlich wissenschaftliche, der deductive Beweis für die Bewegung der Erde, dessen nähere Darlegung den Schluß meiner Auseinandersetzung abgeben wird. Doch muß ich gleich im Voraus bemerken, daß eine vollständig durchgeführte Auseinandersetzung desselben nicht wohl Gegenstand einer so gedrängten Abhandlung würde sein können. Zwar läßt sich der Stoff, namentlich in einer so gedrängten streng wissenschaftlichen Form, in welcher ihn Newton in wenigen Sätzen des ersten Buchs seiner Principien der Natur-Philosophie zusammen gestellt hat, immerhin wohl in einigen Stunden vortragen, doch würde er ohne umfangreiche mathematische Entwicklungen nicht bis zu einer vollkommenen Klarheit gebracht werden können; und diese würden uns doch wohl am Ende zu weit führen. Indessen wird es den geehrten Lesern vielleicht nicht unwillkommen sein, wenn ich in

aller Kürze den wesentlichen Inhalt jener Sätze darlege. Wer eingehendere Belehrung wünscht, findet solche nicht nur in jedem wissenschaftlichen Lehrbuch der Mechanik oder Physik; sondern es giebt auch mehr als eine treffliche populäre Darstellung der da in Frage kommenden Wahrheiten. Ich begnüge mich in letzterer Beziehung die bekannten Namen Laplace, Airy, Littrow, auch Stern, Mädler, Zahn und Diesterweg zu nennen.

Wenn wir also schon die weitere Verfolgung dieses Gegenstandes mehr eingehenden sachlichen Vefleißigungen überlassen müssen, so werden wir noch weniger jene allgemein-philosophischen Auseinandersetzungen hier weiter vorbringen, welche vor Newton als Surrogate für mathematische Beweise angenommen werden konnten und auch allerdings noch heute hie und da vorgebracht zu werden pflegen — ohne jedoch damit irgend ein mißfälliges Urtheil über solche Bestrebungen auszusprechen; da wir vielmehr das Ziel derselben nur als das höchste anzusehen haben, nach dem zu ringen dem menschlichen Geiste vergönnt ist.

Jene Auseinandersetzungen laufen im Wesentlichen darauf hinaus, daß es doch bei Weitem einfacher, schöner und darum der Natur angemessener, wie für die menschliche Fassungskraft leichter sei, wenn man mit Copernicus allein der Erde eine mäßige Drehungs- und Fortschreitungs-Geschwindigkeit zuerkennen, als wenn man den unermeslich vielen gewaltigen Massen der Himmelswelt jene ungeheuer raschen täglichen Bewegungen zuschreiben wolle, welche man als Anhänger des Ptolemäus oder Tycho nicht umgehen könne. Diesen Ansichten läßt sich aber sehr wohl entgegenstellen, daß, wenn auch derartige Geschwindigkeiten bei irdischen Körpern bis dahin nicht beobachtet worden sind, daraus doch noch keineswegs folgt, daß sie überhaupt und insbesondere daß sie etwa deswegen unmöglich seien, weil jene Massen zu gewaltig. Schreiben doch auch sonst die Astronomen manchen

Sirfsterne Geschwindigkeiten zu, welche die planetarischen bedeutend übersteigen, und redet außerdem die Physik beim Licht und bei der Electricität von einer Bewegung des Aethers, gegen welche die Schnelle des Gedankens nur wie ein Schnefengang erscheinen soll. Ueberhaupt sind ja die Begriffe von „groß“ und „klein“ durchaus relativ, und daß der Natur auch in dieser Beziehung eine endliche Gränze nicht zu setzen sei, das glauben wir nicht besser ausdrücken zu können, als Kant mit den Worten thut: Man kommt der Unendlichkeit der Schöpfungskraft Gottes nicht näher, wenn man den Raum ihrer Offenbarungen in einer Sphäre mit dem Radius der Milchstraße beschrieben, einschließt, als wenn man ihn in eine Kugel beschränken will, die einen Zell im Durchmesser hat.

### III.

Beginnen wir mit einer Aufzählung und kritischen Beleuchtung der Beobachtungen und Versuche, aus welchen sich die Richtigkeit der Copernicanisch-Kepler'schen Hypothese durch Rückschluß ableiten läßt. Dabei ist zwar nicht geradezu außer Acht zu lassen, daß das Vorhandensein der durch jene Beobachtungen erwiesenen Thatsachen zum größten Theile im Voraus aus der Newton'schen Gravitations-Theorie erschlossen ist; doch für den Augenblick müssen wir von dieser gemeinschaftlichen Quelle derselben als Beweisgrund gänzlich absehen, da es ja vielmehr umgekehrt darauf ankommt, die Sachen etwa so zu betrachten, als suchten wir für jede die physische Ursache.

Zunächst also für die tägliche Umdrehung der Erde um ihre eigene Are pflegt man folgende Gründe geltend zu machen: die Abplattung der Erdfugel an ihren Polen, das Dove'sche Winddrehungs-Gesetz, die von Benzenberg u. a. angestellten Fallversuche, und den Foucault'schen Pendelversuch.

Die Abplattung der Erde ist bereits von Newton selbst als eine nothwendige Folge aus seiner Theorie angezeigt, doch erst 60 Jahre nachher wirklich bestätigt durch die französischen Gradmessungen in Lappland und Peru, später aber durch viele andere. Den Grund dieser Thatsache glaubte Newton darin zu finden, daß ein kugelförmiger physischer Körper, welcher demnach weder äußerlich hart, noch gar innerlich starr ist, wenn er sich längere Zeit um seine Ase dreht, die Kugelform nicht durchaus beibehalten kann, sondern in Folge des mit jeder Drehung verbundenen Centrifugaldruckes nach der Mitte, nach dem Aequator zu anschwellen muß. Nun ist zwar die Erdrinde ihrer geologischen Beschaffenheit nach bis zu einer gewissen Gränze hinunter vielfach durchforscht und daher nicht unbekannt; aber dies gilt doch wohl nicht in gleichem Maße von dem inneren Kern der Kugel. Sprechen auch viele Anzeichen dafür, daß letzterer einen hohen Wärmegrad besitze und außerdem seinem Wesen nach tropfbar flüssig sei, so ist doch vom rein logischen Gesichtspunkte genommen die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß derselbe vielmehr im Gegentheil ein ungemein fester und dann auch härter als Stahl, starrer als der starrste Krystall sei. Wenn daher auch Newton's Erklärung mit den neueren Ansichten der Geologie über die innere Beschaffenheit des Erdballes und den sonst gängigen Hypothesen der Molecular-Physik und Chemie durchaus im Einklange ist, so läßt sich doch nicht unbedingt behaupten, die Ursache der Abplattung könne und müsse einzig und allein eine Aendrehung der Erde sein. Zwar zeigt sich eine ähnliche Erscheinung beim Jupiter, deren Bedeutung noch dadurch erhöht wird, daß letzterer obiger Theorie gemäß wegen seiner mehr als doppelt so schnellen Umdrehung (sie geschieht in 10 Stunden) eine merklich größere Abplattung haben muß und auch wirklich besitzt (sie beträgt  $\frac{1}{4}$  seines Polar-Durchmessers, während die

der Erde durch den Bruch  $\frac{3}{10}$  ausgedrückt wird); aber, wie bereits bemerkt, derartige Aehnlichkeiten sind eben keine Beweise und außerdem ist die innere Beschaffenheit des Jupiter uns ja noch viel weniger bekannt, als die der Erde. Erst in der allerneuesten Zeit ist durch die glänzende Erfindung der Spectral-Analyse die Möglichkeit gewonnen, über die chemische Elementar-Zusammensetzung der Himmelskörper einigen Aufschluß zu erhalten.

Das Dove'sche Winddrehungs-Gesetz beruht auf der hinlänglich bestätigten und von jedem Wetter-Beobachter in unsern Gegenden fast alle Tage zu bestätigenden Thatsache, daß auf der nördlichen Halbkugel ein von Norden kommender Wind allmählich, wenn er in niedere Breiten tritt, in Nord-Ost übergeht, wie andererseits auf der südlichen Halbkugel ein von Süden kommender nach Süd-Ost. Aber wer wird eine in unsere ganze Anschauungsweise so tief eingreifende Behauptung auf eine so zweifelhafte Unterlage, wie eine Wetter-Regel, gründen wollen? Wäre nicht eben die Aendrerung der Erde eine bereits vorhandene Lehre, so würde aus jener Thatsache allein, die überdies doch auch schon früheren Zeiten nicht so ganz unbekannt gewesen ist, auf die Nothwendigkeit derselben zu schließen, schwerlich Jemand eingefallen sein.

Der Einwurf, gegen welchen sich Copernicus und seine Anhänger am Ehesten zu vertheidigen hatten, besteht darin, daß ein senkrecht aufwärts geworfener Körper beim Herunterkommen nicht wieder an seinem Ausgangspuncte anlangen könne, sondern sehr merklich westwärts zurückbleiben müsse. Doch die Ungereimtheit dieser Behauptung ist durch Galilei's Lehre von der Zusammensetzung der Bewegungen längst nachgewiesen worden; sie wird heut zu Tage nur noch von gänzlich Unkundigen vorgebracht, und wir haben hier nur deswegen nöthig auf die Betrachtung des

Falls der Körper auf der Oberfläche der Erde einzugehen, da eine genauere Ueberlegung gerade gegentheils zu dem Schlusse führt, daß ein etwa von Thurmeshöhe herabfallender Körper, weil ihm oben eine kleinwenig raschere Mittdrehungs-Geschwindigkeit eingeprägt wird, als den Gegenständen unten am Fuße des Thurmes, eben zufolge jener Lehre eine kleine Abweichung nach Osten zeigen müsse. Eine einfache Rechnung zeigt, daß eine solche Abweichung vom Lothe bei einer Fallhöhe von 50 F. in unseren Gegenden ungefähr 1 Millimeter beträgt, also eine Größe, die allerdings noch mit unbewaffnetem Auge recht wohl zu erkennen, doch immerhin so klein ist, daß sie sich nicht ganz leicht von den Beobachtungsfehlern abtrennen läßt. Zwar kann man den Einfluß der letzteren durch eine hinreichend häufige Wiederholung des Versuchs so weit beseitigen, daß eine wissenschaftliche Entscheidung dieser Frage dadurch deutlich genug erzielt wird; indessen möchte doch Mancher, dem diese Rechnungen zu verwickelt oder gar unzuverlässig vorkommen könnten, wenig geneigt sein, diesem Beweise ein nennenswerthes Gewicht beizulegen.

Endlich der Foucault'sche Pendelversuch giebt wohl unter den hier aufzuführenden Thatsachen die schlagendste Probe ab; indessen ist er einestheils gleich dem vorigen nicht ohne sehr sorgfältige Vorrichtungen anzustellen, andernteils ist eine klare Einsicht in denselben noch schwieriger zu gewinnen, als in jene Benzenberg'schen Versuche, weil er sich auf einen Lehrsatz der Mechanik gründet, der eben selbst nicht so klar ist, daß er nicht noch eines näheren Beweises bedürfte. Ja, wenn ein solcher Versuch an einem der Erdpole selbst anzustellen wäre, so würde man dort geradezu sehen können, wie sich die Erdfugel unter einem stets in seiner ursprünglichen Schwingungs-Ebene verharrenden Pendel so zu sagen hinwegdrehte und erst nach Verlauf

von vier und zwanzig Stunden in ihre erste Lage zurückkehrte; aber wenn auch das kühne Unternehmen unserer muthigen Bremer Landsleute uns die Aussicht eröffnet hat, daß demnächst am Nordpol selber wissenschaftliche Beobachtungen angestellt werden können, so wird doch wohl noch manches Jahr darüber hingehen, bis die allgemeine deutsche Lehrer-Versammlung es unternimmt, ihre Jahres-Zusammenkunft eben daselbst anzuberaumen.

Also das sind die beobachteten Thatfachen, wird ein guter Aristoteliker sagen können, aus welchen die neueren Naturforscher den Beweis für die Drehung der Erde um sich selbst entnehmen wollen; damit wagen sie es, dem einfachen und klaren Zeugnisse unserer täglichen handgreiflichen Sinneswahrnehmungen vor dem Richterstuhle des gesunden Menschenverstandes gegenüber zu treten. Auf die Aussage von vier so wenig zuverlässigen Zeugen sollen wir mehr Gewicht legen, als auf das was nicht nur wir mit eigenen Augen sehen, sondern was auch die Augen und der Verstand aller Menschen von Adam bis Copernicus deutlich als wirklich und wahr erkannt haben. Und der gesunde Menschenverstand würde ihm vielleicht nach kurzem Bedenken, doch am Schlusse höchst wahrscheinlich vollkommen Recht geben. Ja, wenn das noch nöthig erscheinen sollte, so würde in oberster Instanz die mathematische Wahrscheinlichkeits-Theorie solches Urtheil nur bestätigen und gar noch verschärfen können. Denn aus dem oben erwähnten Lehrsatze über die Verbindung der Wahrscheinlichkeiten mehrerer Ereignisse ergiebt sich für Betrachtungen dieser Art der Folgerungssatz: Wenn mehrere Zeugen, von denen jeder so unzuverlässig ist, daß eher anzunehmen steht, er irre, als er rede der Wahrheit gemäß, in ihren Aussagen auch übereinstimmen; so wird dadurch ihr Gesamtzeugniß keineswegs gekräftigt, sondern muß vielmehr für schwächer angesehen werden, als das jedes einzelnen für sich genommen; — denn es ist ja

bekanntlich das Product zweier ächten Brüche kleiner als jeder einzelne von ihnen. Wenn freilich ein Untersuchungsrichter bei der practischen Anwendung dieses in der Theorie richtigen und dort leicht in aller Strenge beweisbaren Satzes seine großen juristischen Bedenken hegen möchte, da es ihm nicht allein darauf ankommt, in welchem Maße die ausfagenden Zeugen Vertrauen verdienen, sondern eben so sehr und vielleicht noch mehr darauf, ob das Ausgesagte an sich auf eine größere oder geringere Glaubwürdigkeit oder Wahrscheinlichkeit Anspruch zu machen hat; so würde dies gerade im vorliegenden Falle nur sehr wenig verschlagen, da in der That an sich, vom rein logischen Standpuncte aus betrachtet, der Möglichkeit des Falls, daß die Erde stille stehe, ein gewiß eben so großes Anrecht auf Wirklichkeit zuzuerkennen ist, wie der des Gegentheils.

2. Doch lassen wir diese immerhin Manchem spitzfindig erscheinenden Lehrrätze bei Seite, da am Ende der gesunde Menschenverstand doch bei der Ueberzeugung verharren möchte, daß er in seinem dunkeln Drange des rechten Weges sich wohl bewußt sei und bleibe. Bekennen wir vielmehr ohne Umschweife und ohne Vorbehalt, daß die Beweise für die Aendrehung der Erde, welche unmittelbar aus jenen beobachteten Thatsachen abgeleitet werden können, nicht bloß jeder für sich allein genommen nur auf ziemlich schwachen Gründen ruhen, sondern daß auch alle vier zusammen genommen noch lange keine hinreichend feste Basis abgeben, um darauf sicher weiter zu fußen.

Vernehmen wir nun, was denn ein geschickter Anwalt gegen diejenigen Gründe vorzubringen vermag, welche von den Astronomen für die jährliche Bewegung der Erde in ihrer Bahn um die Sonne angeführt werden.

Hier könnte man sofort von vorn herein einwenden, was Tycho Brahe seinem Freund und Gegner Rothmann schreibt:

Wenn die tägliche Bewegung nicht Statt findet, zu was Ende soll denn noch die jährliche dienen? Doch da dürfen wir wohl eben so gut gegenfragen: Wenn die jährliche Bewegung als wirklich anerkannt werden muß, aus welchem Grunde will man denn noch die tägliche für unmöglich erklären?

Von den hierher gehörigen Thatsachen haben wir hauptsächlich als solche, die von der Gravitationstheorie Newton's unabhängig sind, und darum als die sprechendsten zu erwähnen: die Parallaxe der Fixsterne und die Aberration des Lichtes. In engem, theils historischen, theils sachlichen Zusammenhange damit stehen aber noch zwei andere, die wir eben schon deshalb nicht übergehen dürfen, nämlich: das Vorrücken der Nachtgleichen-Puncte und das sogenannte Wanken der Erdaxe. Beginnen wir mit letzteren beiden.

Das Vorrücken oder die Proceßion der Nachtgleichen ist eine sehr alte astronomische Thatsache, vielleicht schon den Aegyptern bekannt gewesen, sicher aber von Hipparch (150 v. Chr.) beobachtet und uns überliefert. Newton erklärte sie als eine Folge der Abplattung der Erde und der vereinten Anziehung, welche Sonne und Mond auf unsern Planeten ausüben. Und gerade diese Erklärung, wiewohl in ihren Einzelheiten von Newton selbst noch nicht vollkommen streng durchgeführt, hat seiner Lehre rascher und kräftiger einen siegreichen Eingang in die Gemüther seiner Zeitgenossen verschafft, als manche seiner übrigen Darlegungen, welche außerdem fast sammt und sonders in hohem Grade die Kraft der geometrisch-mechanischen Abstraction und dazu noch die Hülfe eines Zweiges der Mathematik in Anspruch nehmen, welcher dazumal noch im Entstehen begriffen war und heute unter dem Namen der Analysis des Unendlichen oder auch der Differential- und Integral-Rechnung bekannt ist. Je mehr sich die Kenntniß derselben auch auf dem Festlande ver-

breitete, wo sie übrigens unter Leibnitz' und Bernoulli's Händen eine wesentlich andere und faßlichere Form empfang, um so mehr mußte sich die Ansicht Bahn brechen, daß Newton's Erklärung des Fortrückens der Nachtgleichen in der That dem wirklichen Sachverhalte entspreche — zumal da auf anderem Wege wissenschaftlich durchgeführte Versuche zur Erklärung dieser Erscheinung kaum gemacht, wenigstens heute nicht mehr nennenswerth sind. In den Beobachtungen selbst zeigt sich dieselbe so, als ob der Pol des Himmels-Aequators alljährlich einen kleinen (etwa den sechs und zwanzigtausendsten) Theil eines Kreises beschreibe. Eine Folge davon ist dann die, daß ein sogenannter Polarstern nicht immer, wie zur Zeit, im Sternbilde des kleinen Bären zu suchen ist, sondern daß eben der Himmelspol allmählich andere und andere Lagen einnimmt, daß er nach etwa zehntausend Jahren mit der Vega zusammenfallen und erst nach sechs und zwanzigtausend Jahren wieder in seine gegenwärtige Stellung zurückkehren wird. Wer Newton's Ableitung der Präcession aus seiner eine jährliche Drehung der Erde bedingenden Gravitationstheorie nicht gelten lassen will, dem bleibt natürlich immer der Weg offen, eine andere Ursache für solche schon den Alten so auffällige und wirklich anders so sonderbare Bewegung der sämtlichen Himmelskörper anzunehmen.

Unmittelbar an diese reiht sich die andere oben aufgeführte Erscheinung der sogenannten Nutation der Erdaxe. Sie ist von Bradley entdeckt, dem tüchtigsten Beobachter des vorigen Jahrhunderts, dessen Aufzeichnungen die Grundlage für alle neueren, namentlich die Fixsterne betreffenden Beobachtungen abgegeben haben. Am Himmel zeigt sie sich darin, daß jenes als Präcession der Nachtgleichen bezeichnete Fortschreiten des Pols nicht in strengem Sinne des Wortes in einem Kreise, sondern vielmehr in epicycloidischen Schlingen geschieht, nämlich so, als ob

der bewegliche Pol auf dem Umfange eines äußeren und kleineren Kreises rolle, welcher selbst wieder auf einem innern größeren rollt. Diese Thatsache haben Euler und d'Alembert gleichfalls als eine Folge derjenigen Bedingungen hingestellt, aus welchen die Präcession sich ergibt.

Die Nutation sowohl wie die Aberration des Lichtes wurde von Bradley entdeckt, da er im Grunde etwas ganz anderes suchte, nämlich die jährliche Parallaxe der Fixsterne.

Wenn eine jährliche Bewegung der Erde stattfindet, letztere also in zwei Zeitpuncten, die um ein halbes Jahr auseinander liegen, an zwei verschiedenen Stellen des Raumes sich befindet, deren Abstand dann außerdem viele Millionen Meilen beträgt, so würden nicht allein die Planeten, sondern auch die Fixsterne, von zwei so entlegenen Puncten aus gesehen, in merklich anderer Lage erscheinen müssen. Die Aenderung, welche sich dann gewiß in den Winkeln zeigen müßte, die man als die Länge und Breite der Sterne zu bezeichnen pflegt, nennt man die (jährliche) Parallaxe derselben. Eine solche zeigte sich in den Beobachtungen, die Copernicus zu Gebote standen, keineswegs. Daraus schloß er, die Fixsterne müßten eine so unermessliche Entfernung von uns haben, daß selbst der Durchmesser der Erdbahn verschwindend klein dagegen sei. Solche alles Maß übersteigende Strecken schienen indessen seinen Gegnern allzu ungeheuerlich. Nun haben aber neuere Beobachtungen, und zwar erst in unserem Jahrhundert, allerdings bei mehreren Fixsternen eine unverkennbar merkliche Parallaxe herausgestellt. Mithin, sagen die Copernicaner, ist wirklich eine Sache eingetroffen, welche durch unsere Hypothese bedingt ist. Wer also die jährliche Bewegung der Erde läugnet, muß auch diese Parallaxe einer besondern (etwa eignen) Bewegung der Sterne selber zuschreiben. Man kann nicht in Abrede nehmen, daß das denkbar ist, zumal da ja außerdem

eigene Bewegungen von Fixsternen wirklich nachgewiesen sind, so namentlich bei Doppelsternen. Allerdings sind letztere wesentlich anderer Art und haben mit der Umdrehung der Erde in 365 Tagen nichts zu schaffen, während die erwähnte Parallaxe in thatsächlichem Zusammenhange mit dem Erdenjahre steht. Doch sei es darum.

Gleichwie die Parallaxe der Sterne, so steht auch die vierte der oben genannten Erscheinungen, die Aberration des Lichtes, unmittelbar mit der Gravitations-Theorie in keinem Zusammenhange und ist noch weniger im Voraus erschlossen, sondern, wie bereits erwähnt, zufällig von Bradley bemerkt worden. Eben aus diesem Grunde und dann, weil ihre Erklärung so überaus einfach ist, kann diese Erscheinung als die unmittelbarste Bestätigung der jährlichen Erdbewegung angesehen werden; ja, sie ist fast geradezu einer sinnlichen Wahrnehmung gleich zu achten. Es wird daher nicht unangemessen sein, wenn wir dieselbe etwas umständlicher beschreiben.

Die Aberration des Lichtes ist im Wesentlichen fast dieselbe Erscheinung, wie die, welche schon jedes Kind wahrnimmt, wenn es im Regen umherläuft und da gar bald verspürt, daß ihm, auch wenn gar kein Wind weht, die Tropfen doch weit scharfer, weil schräger, ins Gesicht schlagen, als beim Stillestehen. Man braucht nun an die Stelle der vielen Tropfen in Gedanken nur die von allen Sternen ausgehenden Lichtstrahlen zu setzen, welche denn freilich mit unvergleichlich größerer Geschwindigkeit dahin fahren, an Stelle des Kindes=Antlitzes aber das mit Fernrohr und Meß-Instrument bewaffnete Auge des Astronomen. Das Laufen besorgen im ersten Fall des Kindes Beine, im andern aber die ganze Erdkugel, und während zur Wahrnehmung jenes dem Kinde begegnenden Vorganges einige wenige Minuten oder gar nur Secunden genügen, bedarf es

zum deutlichen Hervortreten der astronomischen Erscheinung Monate oder doch Wochen.

Um die Sache in eine mehr mathematische Form zu kleiden, nehmen wir an, daß die Geschwindigkeit des Laufenden sich zu der des fallenden Regens etwa wie 1 zu 10 verhalten möge, wogegen die Geschwindigkeit des Erdballs zu der des Sternenlichtes, den Ermittelungen des Dänen Olav Römer gemäß, etwa wie 1 zu 10000 steht. Daß hat denn zur Folge, daß der Anprallswinkel im ersten Falle die auch dem Kinde schon empfindbare Größe von etwa 5 Grad hat, während er bei langsamerm Tropfenfall und rascherem Lauf bedeutend höher, auf 10°, auf 20° und mehr steigen würde. Dagegen kann die größte Aberration des Lichtes nicht über 41 Secunden, also etwa nur den 450ten Theil des kleinsten der vorhin genannten Winkel betragen. Fügen wir, um die geringe Ausdehnung dieses Winkels noch fühlbarer zu machen, hinzu daß 41 Secunden etwa der Unterschied zwischen den beiden Sehrichtungen ist, der sich zeigen würde, wenn man einen Menschen von 6 Fuß Höhe in einer Entfernung von ungefähr  $\frac{1}{4}$  Meilen vom Scheitel bis zur Sohle mißt.

Alle vier genannten Erscheinungen sind also durchaus hinreichend bestätigt, und die in Frage kommenden Winkel, ob zwar an sich nur klein, doch ungemein viel größer, als die Grenzen der dabei unvermeidlichen Beobachtungsfehler. Alle vier stimmen überein mit Copernicus' Ansicht und mit Newton's Lehre, aus welcher sie ja überdem zum Theil folgen. Wer die Bewegung der Erde leugnet, muß annehmen, daß jede derselben aus einer besondern Quelle entspringe, möge diese nun physischer oder rein optischer Natur sein. Oder wenn Jemand ihnen einen andern gemeinschaftlichen Ursprung zuweisen will, so steht das zu versuchen ihm natürlich frei; jedoch übernimmt er damit die Verpflichtung, sie mit einander in eben so guten Einklang zu brin-

gen, als sie gegenwärtig in der Astronomie stehen. Diesen vier Zeugen, welche wir, da sie außerhalb unsers engeren Sonnensystems gewissermaßen anfällig sind, als durchaus parteilos und zuverlässig bezeichnen dürfen, könnten wir mit gutem Gewissen noch eine lange Reihe anderer beigegeben, die nach Newton's Lehre innerhalb unserer Welt=Insel wohnen müssen und welche in der That auch als daselbst heimatberechtigt mehr oder weniger vollständig sich ausgewiesen haben. Ihre Namen wenigstens noch zu erwähnen, wird ein billiger Richter gewiß gestatten. In den Bahnen sämmtlicher Planeten und ihrer Trabanten, namentlich aber in der unseres Mondes, sind zahlreiche kleine Abweichungen bemerkbar und zum (freilich nur geringen) Theil schon vor der Erfindung des Fernrohrs (von Ptolemäus und Tycho) bemerkt worden — Abweichungen von den Wegen nämlich, welche jene Körper durchlaufen müßten, wenn sie in aller Strenge den Kepler'schen Gesetzen Folge leisteten. Die Ursache aller dieser Ungleichmäßigkeiten, oder, wie man sie in der Astronomie nennt, dieser Gleichungen hat man einzig und allein in den gegenseitigen Störungen gesucht und gefunden, welche in Folge der allgemeinen Gravitation jeder dritte Körper auf die Bahn eines um einen Haupt- oder Centralkörper rollenden zweiten oder planetarischen Körpers ausübt. Auch ist es hier am Orte, auf eine der höchsten Leistungen der Wissenschaft hinzuweisen, auf die Thatfache, daß lediglich aus solchen Ungleichmäßigkeiten Leverrier nicht nur das Vorhandensein eines jenseit des Uranus kreisenden und diesen in seiner Bahn störenden Planeten ermitteln, sondern sogar die Gegend, wo der Neptun am Himmel zu finden sein mußte, so genau bestimmen konnte, daß der Stern noch selbigen Tages, als die Nachricht davon nach Berlin kam, von Galle daselbst aufgefunden wurde.

Alle diese Hunderte von gewichtigen Thatfachen würden wir als mehr oder minder glaubwürdige Zeugen heranziehen dürfen,

wenn dem Gerichtshof, dessen Urtheil allein die Sache hier unterstellen zu wollen wir erklärt haben, wenn dem gemeinen Verstande die Sprache der Algebra und Analysis eben geläufig wäre. So aber müssen wir allerdings befürchten, daß wir wohl schon jene vier nicht haben so deutlich lassen sprechen können, wie es für den Angeklagten wünschenswerth sein möchte. Lassen wir es also bei den vier bewenden und betrachten die übrigen als zur Zeit unauffindbar, so möchten doch unparteiische Geschworne, namentlich wofern sie auf das ganz bestimmt lautende Gutachten der Sachverständigen etwas geben, wohl mit einer an vollständige Ueberzeugung näher, als in manchen Schwurgerichtsfällen angrenzenden Sicherheit den Beweis als erbracht ansehen. Und solches Urtheil würde die Wahrscheinlichkeitstheorie für diesmal gewiß noch mehr bekräftigen, als das vorhin im ersten Falle abgegebene, welchem übrigens für unsere Person keineswegs beitreten zu wollen wir hier nachträglich zu bemerken wohl kaum noch nöthig haben. Nehmen wir gegenwärtigen Falls an, daß der Aussage jedes der vier erwähnten Zeugen etwa eine Glaubwürdigkeit oder Wahrscheinlichkeit von  $\frac{3}{4}$  beizulegen sei, so daß also anzunehmen stehe, jeder derselben spreche 3mal der Wahrheit gemäß, während er nur 1mal irre — oder, etwas anders ausgedrückt, meint man 3 gegen 1 wetten zu dürfen, daß jeder einzelne nicht lüge, so ist nunmehr, da alle vier übereinstimmend aussagen,  $3 \times 3 \times 3 \times 3$  also 81 gegen 1 zu wetten, daß ihre Rede wirklich wahr sei. Freilich wer ihnen grundsätzlich keinen Glauben schenken will, wer höchstens sich herbeiläßt, zuzugeben, daß jeder von ihnen eben so leicht wahr als falsch aussage, für den bleibt die Gesamtwahrscheinlichkeit immer dieselbe, wie sie ihm bei jedem einzelnen Zeugen war, nämlich  $\frac{1}{2}$  d. h. also, die eine Behauptung erscheint ihm nicht wahrscheinlicher als die andere.

In der That auch, weshalb sollte es der Allmacht des Schöpfers nicht möglich sein, statt einer einzigen Quelle, woraus

jene vier sonst so sonderbaren Bewegungen der Himmelskörper fließen sollen und immerhin noch ein paar hundert andere dazu, wirklich vier und mehr von einander ganz unabhängige Quellen geschaffen zu haben? Und gewiß wird eine ganze Reihe von Menschen, denen darum nicht im Geringsten der gesunde Verstand abgesprochen werden kann, noch lange Zeit auf jenem Standpunct des Zweifels verharren und immer wieder darauf zurückkommen, nämlich alle die, welche entweder in solchen Dingen keine bestimmte Ansicht gewinnen können oder sich selbst des Urtheils darüber mit oder ohne Absicht begeben wollen. Sie werden sich immerhin dabei um nichts schlechter befinden, als die, welche gelehrter sind oder zu sein glauben. Nur wird erlaubt sein, ihnen zuzurufen: Schuster bleib bei deinem Leisten!

Fassen wir das Ergebniß unserer Betrachtungen zusammen, so werden wir sagen müssen, daß die aus den beobachteten Thatfachen durch Rückschluß gezogenen Beweise freilich wohl mit einer großen Wahrscheinlichkeit und zwar auch noch erheblich größern, als der oben beispiehalber angedeuteten von 81 zu 82, für die Copernicanische Lehre sprechen, jedoch noch keineswegs mit voller mathematischer Gewißheit. Und vergessen wir zum Schluß nicht, daß wenn wir den seit Newton's Tagen immer kleiner gewordenen Rest von Unsicherheit auch ganz und gar für Null erachten wollten, ob solche, dann also voll = 1 gerechnete Wahrscheinlichkeit nicht noch mit einem Unsicherheits-Factor, fast möchte ich sagen mit einer Aberrations-Constante zu multipliciren ist, welche dieser wie jeder andern ähnlichen Beweisführung ein erheblich geringeres Gewicht würde zukommen lassen, als man nach dem Bisherigen ihr zuzuschreiben recht wohl könnte geneigt sein.

#### IV.

Als die höchste in wissenschaftlichen Dingen zu erreichende Gewißheit wird gemeinlich die der Mathematik angesehen.

Dürfen denn wirklich die Lehrsätze der Geometrie und die noch einfacheren der reinen Arithmetik auf eine unbedingte Gültigkeit Anspruch machen? Ist der Satz, daß die Summe der Katheten-Quadrate gleich dem Quadrate der Hypotenuse, eben so gewiß wahr, wie jener Satz, den Cartesius als die Grundlage aller menschlichen Erkenntniß glaubte annehmen zu müssen: „ich denke, also bin ich?“

Die mathematischen Lehrsätze werden nach Maßgabe der dem menschlichen Geist innewohnenden Denkgesetze abgeleitet aus einigen wenigen Grundsätzen. Hiemit ist denn auch zugleich angedeutet, welcher allgemeinen Bedingung und welcher besondern Einschränkung die Gewißheit der Mathematik unterliegt. Die dieser, wie jeder andern Wissenschaft, zu Grunde liegende allgemeine Voraussetzung ist die, daß nicht nur die logischen Gesetze unsers Denkens, sondern namentlich auch die psychologischen Grundanschauungen des menschlichen Geistes wirklich die richtigen d. i. der Natur der Dinge angemessenen sind, daß der Schöpfer — um Spinoza's Worte zu gebrauchen — sie uns nicht betrüglicher Weise eingepflanzt hat. Eine solche Behauptung hat wohl selbst der kühnste Zweifler nicht gewagt; doch hat es in alten wie in neuen Zeiten Sonderlinge gegeben, wie Pyrrhon den Eleer und Peter Bayle, die da nur den einen Satz anerkennen, daß dem Menschen überhaupt jede Möglichkeit einer adäquaten d. i. wirklich zutreffenden Erkenntniß vollständig verschlossen sei, daß mithin keiner einzigen menschlichen Behauptung eine höhere Wahrscheinlichkeit zugeschrieben werden dürfe als  $\frac{1}{2}$ . Mit Jemanden, der dieser Lehre wirklich in aller Strenge nachleben will, ist denn freilich weder Streit noch Verständigung möglich. Aber auch wer annimmt, daß es dem Menschen gegeben sei, einen immerhin noch so geringen Schritt über diese Gränze hinaus gelangen zu können, der wird den Lehrsätzen der Mathematik keinen größeren, doch auch keinen geringern Grad

von Gewißheit zuschreiben, als er den Grundsätzen derselben beizulegen sich gezwungen fühlt.

Wir müssen uns hierorts begnügen, die Forderung aufzustellen, daß man diese Grundsätze anerkenne; denn erst damit kann unsere Wissenschaft beginnen. Geleugnet hat sie, so weit uns bekannt, noch niemals Jemand, der seiner Sinne mächtig war; nur den Wunsch, daß man sich ihrer doch nicht bedienen solle, kann man hie oder da von solchen hören, welche auf, unserer Ansicht nach, ganz verkehrte Wege gerathen sind. Doch darf nicht verschwiegen werden, daß einzelne davon nicht ohne Weiteres allgemein verständlich und darum auch nicht ganz und gar, nämlich rücksichtlich ihrer formellen Fassung nicht unangefochten geblieben sind. Wir erinnern nur an den vielberufenen eilften Euclidischen Grundsatz, welcher die Grundlage der Lehre von den parallelen Linien bildet. Noch in neuester Zeit ist derselbe gewisser Maßen in Zweifel gestellt, oder richtiger, er ist von einem allgemeineren Gesichtspuncte aus betrachtet. Und ähnlich, in Bezug auf die Schwierigkeit des Verständnisses beim ersten Anblick, steht es mit den Grundsätzen desjenigen Theils der Mathematik, um welchen es sich hier in erster Reihe handelt, der Mechanik. Dies liegt namentlich daran, daß die Begriffe von Kraft und Masse, von Geschwindigkeit und sogenannter lebendiger Kraft, als welche das eigentliche Material dieser Wissenschaft bilden, nicht so einfacher Natur sind, wie die heut zu Tage wohl Jedermann geläufigen Begriffe der Zahl und des Raumes, der Zeit und der Bewegung; insbesondere leuchtet wohl nicht Jedem sofort ein, daß sie eben so wohl wie jene Continua oder, um mit Herbart zu reden, reihenförmige Anschauungen sind. Erst wenn letztere eben so allgemein ins Volksbewußtsein werden eingedrungen sein, wie jene — erst dann werden die Lehrrätze der Mechanik ein so allgemeines Verständniß finden können, wie gegenwärtig der bis dahin allein sogenannten reinen Mathematik.

Der geneigte Leser möge mir jetzt gestatten, ihm den mathematischen Beweis des Satzes von der Bewegung der Erde in möglichst gedrängter Form vorzuführen. Voran schicken wir, mathematischem Brauche gemäß, die nöthigen Begriffs-Bestimmungen.

Die Mechanik nennt Masse oder träge alles das, zu dessen Bewegung Kraft erforderlich ist, und umgekehrt, unter Kraft versteht sie nichts anders, als die Ursache der Bewegung einer Masse.

Die drei Grundsätze, wie sie Newton an die Spitze seines Werks gestellt hat, sind dann folgende:

1) Jede Masse verharrt in ihrem Zustande der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, so fern sie nicht von eingepprägten Kräften gezwungen wird, jenen Zustand zu ändern. 2) Die Aenderung der Bewegung ist der eingepprägten Kraft proportional und geschieht in der geraden Linie, in welcher die Kraft eingepprägt wird. 3) Mit jeder Wirkung ist eine ihr gleiche Gegenwirkung verbunden, oder: die Wirkungen zweier Massen auf einander sind stets gleich und entgegengesetzt gerichtet.

Aus jenen beiden Begriffs-Bestimmungen und diesen drei Grundsätzen folgt nun mit mathematischer Gewißheit durch eine Reihe von geometrischen oder auch analytischen Entwicklungen der Haupt-Lehrsatz: Wenn zwischen zwei Massen eine Anziehung Statt findet, so drehen sich dieselben um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunct — wobei wir denn ein etwaiges geradliniges Gegeneinanderlaufen als eine besondere Art von Drehung aufzufassen haben, als eine solche nämlich, wobei die Geschwindigkeit nach der Seite (nach der Breite) hin als Null anzusehen ist.

Von diesem Satz gilt dann erweislich noch die Umkehrung, nämlich: Wenn zwei Massen sich um einander bewegen, so muß zwischen ihnen eine gegenseitige Anziehung stattfinden.

Nehmen wir dazu als eine einfache Neben-Folgerung noch

den Satz: Wenn die Masse des einen Körpers die des anderen um ein Hinreichendes überwiegt, auf daß der Schwerpunct beider noch innerhalb des größern falle, so zeigt sich solche Doppel-Bewegung, als wie wenn nur der kleinere sich bewegte und um den größeren kreisete, letzterer aber still stände; — so haben wir gleichsam in einer Ruß das ganze mathematische Material beisammen, welches erforderlich ist, um in der strengsten Form die für jeden menschlichen Verstand jetzt unabweishbare Folgerung zu ziehen, daß die Erde sich um die Sonne drehen müsse.

Stellen wir uns nämlich mit diesen Einsichten ausgerüstet auf den Standpunct Kepler's und Tycho's, so werden wir nicht umhin können, zu schließen: die Planeten (unter denen wir also nun wieder die Erde noch nicht mit begreifen) drehen sich um die Sonne, wie die Beobachtungen unzweideutig erkennen lassen; mithin muß nach Newton's Sätzen gegenseitige Anziehung zwischen Sonne und Planet stattfinden — und es erzieht sich dann auch, daß die Masse der Sonne die jedes Planeten (ja aller zusammen genommen) in einem bedeutenden Verhältnisse überwiegt. Eine träge Masse ist aber die Erde ohne Zweifel gleichfalls, es wird also auch zwischen ihr und der Sonne gegenseitige Anziehung sein, folglich müssen sich beide um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunct bewegen. Damit ist denn die Aristotelische Annahme, daß die Erde das unverrückbare Centrum des Weltalls bilde, als durchaus unhaltbar nachgewiesen — und wir würden zugleich auch unsere Aufgabe als vollständig erledigt ansehen dürfen, wenn nicht hier gleichsam im letzten Augenblicke noch ein Einwand sich erhöbe, der mit einem Schlage unser ganzes künstliches Gebäude von Schlüssen zu zertrümmern drohte, der Einwurf nämlich, daß die Masse der Erde nicht etwa bloß quantitativ, also ihrer Größe nach, sondern auch qualitativ d. i. ihrer wesentlichen innern Beschaffenheit nach ganz und gar von derjenigen der Himmelskörper verschieden sei und daher zu dieser, geometrisch genom-

men, in gar keinem meßbaren Verhältniße stehen könne. Zu Tycho's Zeiten gipfelte dieser neue Zweifel in der Frage, ob das Centrum der Erde bloß etwa der geometrische Mittelpunkt der Welt oder ob es auch der Schwerpunct aller überhaupt vorhandener Massen sein müsse. Auch heut zu Tage würde die Astronomie keinen ganz leichten Stand haben gegen die Behauptung, daß letzteres in der That die richtige Ansicht von der Sache, daß also die von uns jetzt allgemein so genannten Himmels-Körper wirklich nur leere, massenlose Trug- und Scheinbilder seien, reine Licht-Erscheinungen, von der gütigen Hand der Natur den Erdbewohnern zu nächtlicher Unterhaltung und allenfalls ein bißchen Erleuchtung bescheert — wenn, um von der neuesten Widerlegung dieser Behauptung zu schweigen, welche die Chemie in der Spectral-Analyse gewährt, wenn, sagen wir, der Mond nicht wäre. Diesem treuen Begleiter und Vasallen unserer Erde danken wir nicht allein vor allen übrigen Gestirnen die große Entdeckung Newton's — die sonst uns vielleicht noch Jahrhunderte lang verhüllt geblieben wäre — sondern namentlich auch die kurze und bündige Entscheidung gegenwärtiger Frage. Aus den Beobachtungen der Winkel, welche das Dreieck Erde, Mond, Sonne in seinen verschiedenen Lagen darbietet, schloß schon Aristarch der Samier auf das Verhältniß der Entfernungen beider Scheiben von uns (es ist wie 1 zu 400); daraus konnte denn Hipparch, als Entdecker ihrer täglichen Parallaxe, auf das Verhältniß der Durchmesser und somit auch der Raum-Inhalte der drei Kugeln schließen (es ist wie 1 zu  $\frac{1}{27}$  und 1 zu 1.500.000) und hieraus zu guter Letzt Newton auf das ihrer Massen, welches er nicht etwa wie 1 zu 0 und abermals zu 0 fand, sondern das etwa wie 1 zu  $\frac{1}{97}$  und zu 360000 ist.

Und nun zum Schluß wollen wir noch betrachten, auf welchen Grundlagen denn eigentlich das Gerüste ruht, von dem aus die Wissenschaft von heute den unermesslichen Himmelsbau an-

sehen kann. Ueberschauen wir also unsere Deduction noch einmal und erinnern uns dabei nunmehr, daß im Grunde nur an Stelle einer zweifelhaften Hypothese eine andere getreten ist, die wir allerdings in so fern für minder zweifelhaft erachten dürfen, als sie eine allgemeinere, umfassendere ist. An Stelle der rein optischen Hypothese des Copernicus ist eben die mehr physicalische des Newton von der allgemeinen Anziehung aller vorhandener Massen, oder noch tiefer hinab die von den drei Galileischen Grundsätzen getreten. Worauf ruhen denn diese? Vor allen Dingen sind sie richtig, oder besser gesprochen, da absolute Gewißheit nun einmal unser Erbtheil nicht ist, welcher Grad von Wahrscheinlichkeit gebührt ihnen? — Sie fließen eben aus keinen andern Quellen, als woraus überhaupt alle unsere Wissenschaft schöpft, aus sinnlicher Erfahrung und geistiger Verarbeitung derselben; aber sie sind nicht etwa lediglich zu speciell astronomischen Zwecken erdonnen und künstlich durchgeführt. Auch wenn wir von sämmtlichen Himmelskörpern Nichts sehen könnten, wenn uns nur ein Licht umstrahlte, ohne daß wir dessen Ausgangspunct mit irgend einem leiblichen Organe gewahr werden könnten, und alsdann im Scheine desselben die Vorgänge auf der Erde betrachteten; so würden wir aus diesen ganz allein, wie ja Galilei gethan, die nämlichen Grundsätze entnehmen können. Nicht bloß die Mechanik des Himmels beruht auf ihnen, sondern eben sowohl die Mechanik der irdischen Körper, welche in unsern Tagen einen so ungemeinen Aufschwung genommen hat, daß unter ihrer Führung Erfindungen und Einrichtungen möglich geworden sind, an welche unsere Voreltern nicht einmal denken konnten. Alle die Verwendungen, welche die Kraft des Windes und des Wassers, der Wärme und des Dampfes, des Lichts und der Electricität, des Galvanismus und des Magnetismus gefunden haben, beruhen entweder ganz oder mehr und minder auf diesen Lehren. Sa noch mehr, sie finden in der geistigen

und sittlichen, in der socialen wie in der politischen Welt, in der organischen wie anorganischen Natur ihre Anwendung, heute wie vermuthlich schon zu der Zeit, da Adam grub und Eva spann. Denn ohne diese Betrachtungen noch länger hinspinne zu wollen, fragen wir einfach nur, ob es unumstößliche Wahrheiten sind, oder nicht: 1) daß nichts von selbst geschehe — und dies ist in seiner allgemeinsten und darum rohesten Form das erste Newtonsche Gesetz der Trägheit der Massen; 2) daß zu doppelter Leistung auch doppelte Kraftanstrengung gehört — denn darauf etwa läuft in der gemeinverständlichsten Richtung der zweite Grundsatz von der Proportionalität zwischen Kraft und Geschwindigkeits-Änderung hinaus; 3) daß wenn ein Ding auf ein anderes wirkt, jenes auch auf dieses und zwar in gleichem Maße zurückwirke — das dritte von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung. So gewiß als einerseits diese Wahrheiten, so gewiß andererseits das Zeugniß unserer mit Verstand angewendeten Sinne, und schließlich so gewiß als logische Folgerungen keine Lügengewebe sind — genau so gewiß ist, natürlich immer abgesehen von einem unbestimmbaren gemeinschaftlichen Irrthums-Factor aller menschlichen Wissenschaft, der Satz von der Bewegung der Erde um die Sonne.

Derselbe ist aber in das Archiv der Fachgelehrten und zwar zunächst Englands bereits im Jahre 1686, wo Newton sein erwähntes Werk der Londoner Academie übergab, wie ein wohlverwahrtes Besitztum niedergelegt, jedoch von da in den geistigen Hausrath der Gebildeten, namentlich des Festlandes, vorzugsweise wohl erst durch die lichtvolle und elegante Darstellung Voltaire's übergegangen, dessen Exposition nouvelle du système de Newton 1738 im Druck erschien. Zum Allgemeingut unseres Volkes, überhaupt des größeren Theils des civilisirten Europa's ist er erst seit den Achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts geworden, seitdem es hier nicht bloß mehr Kloster- und Lateinschulen,

nicht bloß mehr Universitäten und Gymnasien, sondern auch überall mehr oder minder blühende Bürger- und Volksschulen giebt. Und so haben denn in alter wie in neuer Zeit Denker und Forscher beides des Abend- und Morgenlandes, Aegypter und Inder, Juden und Chinesen, Griechen und Araber, Romanen und Germanen, Männer der verschiedensten Bekenntnisse und von schnurstracks entgegengesetzten Richtungen das ihrige zu der Begründung und Aufführung, zu der Enthüllung und Verwerthung des Lehrgebäudes der Astronomie beigetragen, wie es uns gegenwärtig in den Schriften von Laplace und Gauß, von Herschel und Bessel entgegentritt: so der freisinnige Prälat Copernicus, welcher sein Werk dem Pabste Paul III widmete; so der fromme und gläubige Newton, welcher den Propheten Daniel und die Offenbarung St. Johannis auslegte; so der arge Spötter Voltaire, der, was er auch sonst gesündigt haben mag, doch für seine Ueberzeugung einstand und verbannt am Ufer des Genfer Sees büßen mußte, daß er in Frankreich wagte für sich in Anspruch zu nehmen, was Friedrich der Große allen seinen Unterthanen als ein unveräußerliches Recht des Menschen glaubte zugestehen zu sollen wie zu können; so der gleichfalls freieren Grundsätzen huldigende, doch sein gebildete und in allen schönen Künsten wohl bewanderte Weltmann und Höfiling Galilei, der nur ein Märtyrertum fand, das er nicht suchte; so schließlich der trockne Kritiker der reinen Vernunft und Urheber des kategorischen Imperativs, der Riemersohn Immanuel Kant, welcher in den engen kleinbürgerlichen, dann aber in den gelehrten und weiter blickenden Kreisen seiner dazumal und auch später noch mit an der Spitze der Civilisation fortschreitenden Vaterstadt unfern der Gränze der nordischen Barbaren sein eintöniges Leben verbrachte und in Geistesruhe vollendete.

nicht bloß mehr Universitäten und Gymnasien, sondern auch überall mehr oder minder blühende Bürger- und Volksschulen giebt. Und so haben denn in alter wie in neuer Zeit Denker und Forscher beides des Abend- und Morgenlandes, Aegypter und Inder, Juden und Chinesen, Griechen und Araber, Romanen und Germanen, Männer der verschiedensten Bekenntnisse und von schnurstracks entgegengesetzten Richtungen das ihrige zu der Begründung und Aufführung, zu der Enthüllung und Verwerthung des Lehrgebäudes der Astronomie beigetragen, wie es uns gegenwärtig in den Schriften von Laplace und Gauß, von Herschel und Bessel entgegentritt: so der freisinnige Prälat Copernicus, welcher sein Werk dem Pabste Paul III widmete; so der fromme und gläubige Newton, welcher den Propheten Daniel und die Offenbarung St. Johannis auslegte; so der arge Spötter Voltaire, der, was er auch sonst gesündigt haben mag, doch für seine Ueberzeugung einstand und verbannt am Ufer des Genfer Sees büßen mußte, daß er in Frankreich wagte für sich in Anspruch zu nehmen, was Friedrich der Große allen seinen Unterthanen als ein unveräußerliches Recht des Menschen glaubte zugestehen zu sollen wie zu können; so der gleichfalls freieren Grundsätzen huldigende, doch fein gebildete und in allen schönen Künsten wohl bewanderte Weltmann und Höfling Galilei, der nur ein Märtyrerkthum fand, das er nicht suchte; so schließlich der trockne Kritiker der reinen Vernunft und Urheber des kategorischen Imperativs, der Riemersohn Immanuel Kant, welcher in den engen kleinbürgerlichen, dann aber in den gelehrten und weiter blickenden Kreisen seiner dazumal und auch später noch mit an der Spitze der Civilisation fortschreitenden Vaterstadt unsern der Gränze der nordischen Barbaren sein eintöniges Leben verbrachte und in Geistesruhe vollendete.

014089/133.

Das

## Ordenshaupthaus Marienburg

in Preußen.

Vortrag, gehalten zu Danzig

R. Be

Berlin,

C. G. Lüderitz'sche Ver

Carl S

