

---

## Erstes Buch.

### *Von den scheinbaren Bewegungen der Himmelskörper.*

---

#### Erstes Kapitel.

##### *Von der täglichen Bewegung des Himmels.*

Wenn man in einer heitern Nacht, und an einem Orte, wo man einen freyen Horizont hat, das Schauspiel des Himmels mit Aufmerksamkeit verfolgt, so sieht man solches jeden Augenblick sich ändern. Die Sterne steigen über, oder sinken unter den Horizont; einige erscheinen an der Morgenseite, andere verschwinden an der Abendseite; mehrere, wie z. B. der Polarstern und die Sterne des großen Bären erreichen niemals den Horizont. Bey diesen verschiedenen Bewegungen ändern sie doch ihre Lage gegen einander nicht. Sie beschreiben Kreise, die um desto kleiner sind, je näher sie einem Punkte liegen, den man

als unbeweglich gedenkt. So scheint der Himmel sich um zwey feste Punkte zu drehen, die man aus diesem Grunde *Weltpole* nennt; und auf dieser Bewegung beruhet das ganze System der Gestirne.

Der über unsern Horizont erhabene Pol heist der *Nordpol*, der entgegengesetzte, den man unter dem Horizonte gedenkt, der *Südpol*.

Dabey bieten sich nun schon mehrere erhebliche Fragen zur Beantwortung dar: Wo sind die Sterne, die wir bey Nacht sehen, den Tag über? Woher kommen die, welche zu erscheinen anfangen? Wohin gehen die, welche verschwinden? Die aufmerksame Betrachtung der Erscheinungen giebt einfache Antworten auf diese Fragen an die Hand. Des Morgens wird das Licht der Sterne in eben dem Maasse schwächer, als die Morgenröthe zunimmt; des Abends werden sie in dem Maasse glänzender, als die Dämmerung abnimmt. Also nicht, daß sie aufhören zu leuchten, sondern daß sie durch das lebhaftere Licht der Dämmerung und der Sonne verdunkelt werden, ist der Grund, daß wir aufhören, sie gewahr zu werden.

Die glückliche Erfindung des Teleskops hat uns in den Stand gesetzt, diese Erklärung zu bestätigen, indem sie uns die Sterne, selbst in dem Augenblicke, da die Sonne am höchsten steht, sehen läßt. Diejenigen, welche dem Pole nahe genug stehen, um den Horizont nie zu erreichen, erscheinen beständig über demselben. In Absicht auf diejenigen hingegen, welche an der Morgenseite anfangen sich zu zeigen, um an der Abendseite zu verschwinden, ist es natürlich zu denken, daß sie unter dem Horizonte den Kreis zu beschreiben fortfahren, welchen sie über demselben zu durchlaufen angefangen haben, und dessen unteren Theil der Horizont uns bedeckt. Von der Richtigkeit dieser Vermuthung kann man sich durch den Augenschein selbst überzeugen, wenn man sich nach Norden zu begiebt. Alsdann erheben sich nämlich die Kreise der nach dieser Himmelsgegend zu liegenden Sterne immer mehr und mehr über den Horizont, und diese Sterne selbst hören endlich auf zu verschwinden, während andere, nach Mittag zu liegende, Sterne auf immer unsichtbar werden. Das Gegentheil bemerkt man, wenn man sich gegen Mittag zu begiebt. Sterne, die beständig über dem Horizonte blieben, ge-

hen nun wechselsweise auf und unter, und neue, zuvor unsichtbare, Sterne fangen nun an zu erscheinen. Die Oberfläche der Erde ist also nicht, wie es uns scheint, eine Ebene, auf welcher der Himmel unter der Gestalt eines eingedrückten Gewölbes aufliegt. Diese Täuschung berichtigten die ersten Beobachter schon frühe durch Betrachtungen, wie die vorhergehenden. Sie erkannten bald, daß der Himmel die Erde von allen Seiten umgiebt, und daß an demselben die Sterne ohne Unterlaß leuchten, indem sie täglich ihre verschiedenen Kreise beschreiben. Man wird in der Folge die Astronomie noch oft mit Berichtigung ähnlicher Täuschungen, und mit Aussonderung des Reellen an den Gegenständen aus den trüglischen Erscheinungen derselben beschäftigt finden.

Um sich eine genaue Vorstellung von der Bewegung der Gestirne zu machen, gedenkt man sich durch den Mittelpunkt der Erde und durch die beyden Weltpole eine gerade Linie, welche man die *Weltachse* nennt, und um welche die Himmelskugel sich drehet. Der größte Kreis dieser Kugel, auf welchem diese Achse lothrecht stehet, heist der *Aequator*. Die kleineren Kreise, welche die Sterne, vermöge

ihrer täglichen Bewegung, in paralleler Richtung mit dem Aequator beschreiben, nennt man schlechtweg *Parallele*. Das *Zenith* eines Beobachters ist der Punkt des Himmels, den seine Scheitellinie trifft. Das *Nadir* ist der gerade entgegengesetzte Punkt. Der grösste Kreis, der durch das Zenith und die Pole geht, ist der *Meridian*; er halbirt die Kreisbogen, welche die Sterne über dem Horizonte beschreiben; und wenn sie ihn erreichen, so stehen sie in ihrer grössten oder kleinsten Höhe. Endlich ist der *Horizont* der grösste Kreis, auf welchem die Scheitellinie lothrecht steht, oder welcher der Ebene parallel ist, die die Oberfläche des stehenden Wassers an dem Orte des Beobachters berührt.

Die Polhöhe hält das Mittel zwischen der grössten und der kleinsten Höhe eines von den Sternen, die niemals untergehen, welches ein leichtes Mittel, sie zu bestimmen, abgiebt. Wenn man nun gerade gegen den Pol zu fortgeht, so findet man die Zunahme seiner Erhebung dem durchloffenen Raume sehr nahe proportionirt. Die Oberfläche der Erde ist also eine krumme Fläche, und ihre Gestalt weicht von der einer Kugel nur wenig ab. Die Krümmung der Erdkugel ist auf der Oberfläche

des Meeres merklich; denn der Schiffer, der sich den Ufern nähert, wird zuerst die höchsten Punkte derselben gewahr, und entdeckt erst in der Folge allmählig die tiefer liegenden Theile, welche die Erhöhung der Erde seinem Anblicke entzog. Von dieser Krümmung ist es ferner eine Folge, daß die Sonne bey ihrem Aufgange die Spitzen der Berge vergoldet, ehe sie die Ebenen erleuchtet.

---

## Z w e y t e s   K a p i t e l .

*Von der Sonne und ihrer eigenen Bewegung.*

Alle Gestirne nehmen an der täglichen Bewegung der Himmelskugel Theil, aber mehrere haben eigene Bewegungen, welche zu verfolgen der Mühe werth ist, weil sie allein uns zur Kenntniß des Weltsystems führen können.

Wie man, um die Entfernung eines Gegenstandes zu messen, denselben aus zwey verschiedenen Standpunkten beobachtet, eben so muß man, um die Naturgesetze zu entdecken, die Natur unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachten, und die Entwicklung dieser Gesetze in den Veränderungen des Schauspiels,

welches sie uns darbietet, beobachten. Auf der Erde bewirken wir Veränderungen in den Erscheinungen durch Versuche, am Himmel bestimmen wir sorgfältig alle die, welche die himmlischen Bewegungen uns darbieten. Indem wir so die Natur fragen, und ihre Antworten der Analyse unterwerfen, können wir durch eine Reihe von Schlüssen und wohl angebrachten Inductionen uns zu den Ursachen der Erscheinungen erheben, d. h. sie auf allgemeine Gesetze, woraus alle besonderen Erscheinungen sich ableiten lassen, zurückführen. Und eben auf die Entdeckung dieser Gesetze, und die Zurückführung derselben auf die kleinste mögliche Anzahl müssen unsere Bemühungen gerichtet seyn; denn die ersten Ursachen und die innere Natur der Dinge werden uns ewig verborgen bleiben.

Unter allen Sternen, die uns eigene Bewegungen zu haben scheinen, ist die Sonne der merkwürdigste. Ihre eigene Bewegung in einer der täglichen Bewegung entgegengesetzten Richtung, oder von Abend nach Morgen, erkennt man leicht durch die Ansicht des nächtlichen Himmels, eine Ansicht, die sich mit den Jahreszeiten ändert und wieder erneuert. Die auf dem Wege der Sonne liegen-

den Sterne, die kurz nach ihr untergehen, verlieren sich bald darauf in ihrem Glanze, und erscheinen in der Folge wieder vor ihrem Aufgange. Die Sonne rückt also gegen sie fort in einer Richtung, die der ihrer täglichen Bewegung entgegengesetzt ist. So hat man ihre eigene Bewegung lange verfolgt; heutzutage aber bestimmt man diese Bewegung mit einer großen Genauigkeit, indem man täglich die Mittagshöhe der Sonne und die Zeit beobachtet, die zwischen ihrem und der Sterne Durchgange durch den Meridian verstreicht. Man hat auf solche Art die eigenen Bewegungen der Sonne in der Richtung des Meridians und in der Richtung der Parallelen; und wenn man diese zusammensetzt, so giebt das Resultat davon ihre wahre Bewegung. Durch dieses Verfahren hat man gefunden, daß die Sonne sich in einer Bahn bewegt, welche um den Anfang des Jahrs 1750. um  $26^{\circ},0796$  gegen den Aequator geneigt war, und welche man die *Ekliptik* genannt hat.

Eine Folge von der Verbindung der eigenen Bewegung der Sonne mit ihrer täglichen Bewegung ist der Unterschied der Jahreszeiten. *Nachtgleichen* nennt man die Durchschnittspunkte der Ekliptik und des Aequators. In

der That ist, da die Sonne in diesen beyden Punkten, vermöge ihrer täglichen Bewegung den Aequator beschreibt, und dieser Kreis durch alle Horizonte halbirt wird, alsdann auf der ganzen Erde Tag und Nacht gleich. In dem Maafse, wie die Sonne, nach der Frühlings-Nachtgleiche, in ihrer Bahn fortrückt, wachsen auch ihre Mittagshöhen über unserm Horizonte immer mehr und mehr; der sichtbare Bogen der Parallelen, die sie täglich beschreibt, wächst ununterbrochen, und verlängert die Dauer der Tage, bis die Sonne ihre grösste Höhe erreicht. In diese Zeit fällt der längste Tag des Jahrs; und da gegen das *Maximum* zu die Veränderungen der Mittagshöhe der Sonne unmerklich sind, so scheint die Sonne, wenn man blofs auf diese Höhe sieht, von welcher die Länge des Tages abhängt, ganz stille zu stehen. Und diefs ist's eben, was die Veranlassung gegeben hat, diesen Punkt des Maximums *Sonnenstillstand des Sommers* zu nennen. Der Parallel, den die Sonne alsdann beschreibt, ist der *Wendekreis des Sommers*. In der Folge steigt dieses Gestirn wieder gegen den Aequator herab, den es in der *Herbstnachtgleiche* aufs neue durchschneidet, und von da an gelangt es zu seiner kleinsten Höhe,

oder zum *Sonnenstillstand des Winters*. Der Parallel, den die Sonne alsdann beschreibt, ist der *Wendekreis des Winters*, und der Tag der kürzeste des Jahrs. Hat die Sonne diese Gränze erreicht, so steigt sie wieder gegen den Aequator auf, und gelangt wieder zur *Frühlingsnachtgleiche*.

Dies ist der beständige Gang der Sonne und der Jahreszeiten. Der *Frühling* ist die Zeit zwischen der *Frühlingsnachtgleiche* und dem *Sommerstillstande* der Sonne; die Zeit zwischen diesem *Sommerstillstande* und der *Herbstnachtgleiche* macht den *Sommer*. Den *Herbst* macht die Zeit von der *Herbstnachtgleiche* bis zum *Winterstillstande* der Sonne; endlich ist der *Winter* die Zeit vom *Winterstillstande* der Sonne bis zur *Frühlingsnachtgleiche*.

Da die Gegenwart der Sonne über dem Horizonte die Ursache der Wärme ist, so scheint es, die Temperatur sollte im Sommer die nämliche, wie im Frühlinge, und im Winter die nämliche, wie im Herbste, seyn. Aber die Temperatur ist nicht eine augenblickliche Wirkung von der Gegenwart der Sonne: sie ist das Resultat ihrer lange fortgesetzten Wirksamkeit; sie erreicht daher ihr Maximum am

einzelnen Tage erst nach der größten Höhe dieses Gestirns über dem Horizonte, und im ganzen Jahre, erst nach der größten Stillstandshöhe der Sonne.

Der Unterschied der Polhöhen in den verschiedenen Klimaten bringt in den Jahreszeiten merkwürdige Veränderungen hervor, die wir vom Aequator bis zu den Polen verfolgen wollen. Unter dem Aequator sind die Pole im Horizonte, welcher alsdann alle Parallelen halbirt; der Tag ist also daselbst der Nacht beständig gleich. In den Nachtgleichen kommt die Sonne des Mittags an das Zenith. In den Sonnenstillständen sind die Mittagshöhen dieses Gestirns am kleinsten, und dem Complementary der Neigung der Ekliptik gegen den Aequator gleich. Die Sonnenschatten haben in diesen zwey Lagen der Sonne entgegengesetzte Richtungen, was in unsern Klimaten nicht geschiehet, wo sie des Mittags immer gegen Norden gerichtet sind. Man hat daher unter dem Aequator, eigentlich zu reden, jedes Jahr zwey Winter und zwey Sommer. Das nämliche findet in allen Ländern Statt, wo die Polhöhe kleiner ist, als die Schiefe der Ekliptik. Weiter hin hat man nur *einen* Winter und *einen* Sommer im Jahre: die Sonne kommt

niemals an das Zenith; der längste Tag des Sommers nimmt zu und der kürzeste des Winters nimmt ab, in dem Maasse, als man sich dem Pole nähert; und wenn das Zenith nur noch um einen der Schiefe der Ekliptik gleichen Winkel davon entfernt ist, so geht die Sonne im Sommerstillstande nicht unter, und im Winterstillstande nicht auf. Noch näher bey dem Pole übersteigt die Zeit ihres Aufenthalts über und unter dem Horizonte gegen die Sonnenstillstände mehrere Tage und sogar mehrere Monate. Unter dem Pole endlich, wo der Horizont der Aequator selbst ist, ist die Sonne beständig über demselben, wenn sie mit dem Pole auf der nämlichen, und beständig unter demselben, wenn sie auf der andern Seite des Aequators ist; man hat daher das ganze Jahr durch nur *einen* Tag und *eine* Nacht.

Die Zwischenzeiten zwischen den Nachtgleichen und den Sonnenstillständen sind nicht gleich; die Zeit von der Frühlingsnachtgleiche zur Herbstnachtgleiche ist ohngefähr um sieben Tage länger, als die von der letztern zur erstern; die eigene Bewegung der Sonne ist also nicht gleichförmig. Durch genaue und vielfältige Beobachtungen hat man gefunden,

dafs sie in einem gegen den Winterstillstand zu gelegenen Punkte der Sonnenbahn am geschwindesten, und in dem entgegengesetzten Punkte, gegen den Sommerstillstand zu, am langsamsten ist. In jenem beschreibt die Sonne täglich  $1^{\circ},1327$ , in diesem nur  $1^{\circ},0591$ ; ihre tägliche Bewegung ändert sich also im Verlaufe eines Jahrs vom Mehreren zum Minderen um 736 Zehntausendtheile ihres mittleren Werths.

Um das Gesetz dieser Veränderung, und das Gesetz aller periodischen Ungleichheiten überhaupt zu erhalten, hat man bemerkt, dafs die Sinus und Cosinus der Winkel, da sie für jeden Bogen, um welchen diese Winkel wachsen, immer wieder die nämlichen werden, zur Darstellung dieser Ungleichheiten geschickt sind. Man hat daher auf solche Art alle Ungleichheiten der himmlischen Bewegungen ausgedrückt, und nachdem die Beobachtung sie bestätigt hatte, so hatte man dabey weiter keine Schwierigkeit, als diese Ungleichheiten von einander zu unterscheiden, und die Winkel, von welchen sie abhängen, zu bestimmen. So hat man gefunden, dafs die Veränderung der Winkelgeschwindigkeit der Sonne dem Cosinus des mittleren Winkelab-

standes derselben von dem Punkte ihrer Bahn, wo diese Geschwindigkeit am größten ist, sehr nahe proportionirt ist.

Es ist natürlich, zu denken, daß die Entfernung der Sonne von der Erde veränderlich sey, wie ihre Winkelgeschwindigkeit; den Beweis dafür geben die Messungen ihres scheinbaren Durchmessers, welcher in der nämlichen Zeit und nach dem nämlichen Gesetze, wie diese Geschwindigkeit, aber in einem zweymal kleineren Verhältnisse, wächst und abnimmt. Wenn die Geschwindigkeit am größten ist, so ist der scheinbare Durchmesser  $6035''{,}7$ ; ist aber die Geschwindigkeit am kleinsten, so findet man ihn nur  $5836''{,}3$ ; seine mittlere Größe ist also  $5936''{,}0$ . Er muß noch, um einige Secunden vermindert werden, um ihn von der Wirkung der Irradiation, welche die scheinbaren Durchmesser der Gegenstände ein wenig vergrößert, zu befreien.

Da die Entfernung der Sonne von der Erde sich umgekehrt verhält, wie ihr scheinbarer Durchmesser, so folgt ihre Zunahme dem nämlichen Gesetze, wie die Abnahme dieses Durchmessers. Den Punkt der Sonnenbahn, wo die Sonne der Erde am nächsten ist, nennt

nennt

nennt man die *Erdnähe* (das *Perigäum*), und den entgegengesetzten, wo sie am weitesten davon entfernt ist, die *Erdferne* (das *Apogäum*). In dem ersten dieser Punkte hat die Sonne den größten scheinbaren Durchmesser und die größte Geschwindigkeit; im andern sind dieser Durchmesser und diese Geschwindigkeit am kleinsten.

Um die scheinbare Bewegung der Sonne zu vermindern, ist es genug, sie von der Erde zu entfernen; wenn aber die Veränderung dieser Bewegung nur diese einzige Ursache hätte, und die wahre Geschwindigkeit der Sonne in ihrer Bahn beständig wäre, so würde ihre scheinbare Geschwindigkeit im nämlichen Verhältnisse, wie ihr scheinbarer Durchmesser abnehmen; sie nimmt aber in einem zweymal größeren Verhältnisse ab: es findet also bey der Bewegung der Sonne, wenn sie sich von der Erde entfernt, eine wahre Verminderung Statt. Durch die zusammengesetzte Wirkung dieser Verminderung und der Zunahme der Entfernung nimmt die Winkelbewegung an einem Tage ab, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt, so daß ihr Product in dieses Quadrat sehr nahe beständig ist. Alle Messungen des scheinbaren Durchmessers der Sonne,

verglichen mit den Beobachtungen ihrer täglichen Bewegung, bestätigen dieses Resultat.

Gedenken wir uns nun durch die Mittelpunkte der Sonne und der Erde eine gerade Linie, die wir den *Radius Vector* der Sonne nennen wollen, so ist es leicht, einzusehen, daß der kleine Sector, oder die durch diesen Radius an einem Tage um die Erde beschriebene Fläche dem Producte aus dem Quadrate dieses Radius durch die scheinbare tägliche Bewegung der Sonne proportionirt sey; diese Fläche ist also beständig, und die ganze durch den Radius Vector beschriebene Fläche wächst, wenn man von einem unbeweglichen Radius ausgeht, wie die Zahl der von dem Zeitpunkte an, da die Sonne auf diesem Radius war, verflossenen Tage. Daraus ergibt sich für die Bewegung der Sonne das merkwürdige Gesetz, daß *die durch ihren Radius Vector beschriebenen Flächenräume den Zeiten proportionirt sind.*

Wenn man, nach den vorerwähnten Bestimmungsstücken, von Tag zu Tag die Lage und die Länge des Radius Vectors der Sonnenbahn bemerkt, und durch die Endpunkte aller dieser Radien eine krumme Linie zieht: so sieht man, daß diese krumme Linie nicht genau kreisförmig ist, sondern nach der Rich-

tung der geraden Linie, welche durch den Mittelpunkt der Erde geht, und die Punkte der größten und der kleinsten Entfernung der Sonne mit einander verbindet, sich etwas in die Länge zieht. Die Aehnlichkeit dieser krummen Linie mit der Ellipse gab Anlaß, sie mit dieser zu vergleichen, und aus der bemerkten Uebereinstimmung beyder zog man den Schluß, daß *die Sonnenbahn eine Ellipse sey, in deren einem Brennpunkte der Mittelpunkt der Erde sich befindet.*

Die *Ellipse* ist eine von den in der älteren und neueren Geometrie berühmten krummen Linien, welche, weil sie durch den Schnitt der Oberfläche des Kegels mit einer Ebene entstehen, den Namen der *Kegelschnitte* erhalten haben. Es ist leicht, sie zu beschreiben, wenn man in zwey unveränderlichen Punkten, die man *Brennpunkte* nennt, auf einer Ebene die Enden eines Fadens bevestiget, und einen andern Punkt längst dem Faden so hinführt, daß er solchen beständig anspannt. Die durch den Punkt bey dieser Bewegung beschriebene krumme Linie ist eine Ellipse. Sie zieht sich sichtbar in die Länge nach der Richtung der geraden Linie, welche die Brennpunkte verbindet, und auf beyden Seiten bis an die

krumme Linie verlängert, die *grofse Achse* bildet, die mit dem Faden einerley Länge hat. Die *grofse Achse* theilt die Ellipse in zwey gleiche und ähnliche Theile. Die *kleine Achse* ist die gerade Linie, welche im Mittelpunkte auf der gröfsen Achse lothrecht errichtet, und auf beyden Seiten bis an die krumme Linie verlängert wird. Der Abstand des Mittelpunkts von einem der Brennpunkte ist die *Excentricität* der Ellipse. Wenn die zwey Brennpunkte in einen Punkt zusammenfallen, so ist die Ellipse ein Kreis; entfernt man sie von einander, so verlängert sie sich immer mehr und mehr, und wenn ihr Abstand von einander unendlich wird, aber die Entfernung des Brennpunkts vom nächsten Scheitelpunkt der krummen Linie endlich bleibt, so wird die Ellipse eine *Parabel*.

Die Sonnenellipse ist von einem Kreise wenig unterschieden, denn ihre Excentricität ist offenbar der Ueberschufs der gröfsten Entfernung der Sonne von der Erde über die mittlere, welcher, wie wir gesehen haben, 168 Zehntausendtheile dieser Entfernung beträgt. Die Beobachtungen scheinen bey dieser Excentricität eine Abnahme anzuzeigen, die aber

sehr langsam, und nach Verlauf eines Jahrhunderts kaum merklich ist.

Um eine richtige Vorstellung von der elliptischen Bewegung der Sonne zu bekommen, wollen wir uns einen Punkt gedenken, der sich gleichförmig in einem Umkreise bewegt, dessen Mittelpunkt der der Erde, und dessen Halbmesser dem Abstände der Sonne in der Erdnähe gleich ist. Wir wollen ferner setzen, dieser Punkt gehe mit der Sonne zugleich von der Erdnähe aus, und die Winkelbewegung des Punkts sey der mittleren Winkelbewegung der Sonne gleich. Während nun der Radius Vector des Punkts sich gleichförmig um die Erde bewegt, bewegt sich der Radius Vector der Sonne auf eine ungleiche Art, indem er immer mit dem Abstände in der Erdnähe und den Bogen der Ellipse Sektoren beschreibt, die den Zeiten proportionirt sind. Er eilt anfangs dem Radius Vector des Punkts vor, und macht mit ihm einen Winkel, welcher, nachdem er bis auf eine gewisse Gränze zugenommen hat, abnimmt, und wieder ganz verschwindet, wenn die Sonne in ihrer Erdferne ist. Alsdann fallen die beyden Radii Vectores mit der großen Achse zusammen. In der zweyten Hälfte der Ellipse eilt der Ra-

dius Vector des Punkts dem der Sonne vor, und macht mit ihm Winkel, die, in dem nämlichen Abstände von der Erdnähe, wo er abermal mit dem Radius Vector der Sonne und der großen Achse der Ellipse zusammenfällt, genau die nämlichen, wie in der ersten Hälfte, sind. Den Winkel, um welchen der Radius Vector der Sonne dem des Punkts voreilt, nennt man die *Gleichung des Mittelpunkts*, und sein Maximum die *größte Mittelpunktsgleichung*, welche im Anfange des Jahrs 1750 war  $2^{\circ}, 1409$ . Die Winkelbewegung des Punkts um die Erde bestimmt man aus der Dauer des Umlaufs der Sonne in ihrer Bahn; setzt man zu dieser die Mittelpunktsgleichung hinzu, so hat man die Winkelbewegung der Sonne. Die Untersuchung dieser Gleichung ist eine wichtige Aufgabe der Analyse, welche nur durch Annäherung kann aufgelöst werden; aber die geringe Excentricität der Sonnenbahn führt auf sehr convergirende Reihen, welche sich leicht in Tafeln bringen lassen.

Die Lage der großen Achse der Sonnenellipse ist nicht beständig. Im Anfange des Jahrs 1750 war der Winkelabstand der Erdnähe von der Frühlingsnachtgleiche, in der Richtung der Bewegung der Sonne genommen,

309° 5790; aber sie hat in Ansehung der Fixsterne eine jährliche Bewegung von ohngefähr 36",7, in der nämlichen Richtung wie die der Sonne.

Die Sonnenbahn nähert sich dem Aequator unmerklich; man kann die Secularabnahme ihrer Schiefe über der Fläche dieses größten Kreises auf 154",3 setzen.

Die elliptische Bewegung der Sonne stellt die neueren Beobachtungen noch nicht ganz genau dar, deren große Genauigkeit uns kleine Ungleichheiten hat bemerken lassen, deren Gesetze durch bloße Beobachtungen ausfindig zu machen beynahe unmöglich war. Diese Ungleichheiten gehören daher in das Gebiet desjenigen Theils der Astronomie, welcher von den Ursachen zu den Erscheinungen herabsteigt, und den Gegenstand des vierten Buchs ausmachen wird.

Die Entfernung der Sonne von der Erde hat die Beobachter zu allen Zeiten beschäftigt, und sie haben durch alle Mittel, welche die Astronomie nach und nach darbot, sie zu messen versucht. Das natürlichste und einfachste ist das, dessen die Geometer zur Messung der Entfernung irdischer Gegenstände sich bedienen. Man beobachtet nämlich von

den beyden Endpunkten einer bekannten Standlinie aus die Winkel, welche die Gesichtslinien nach dem Gegenstande mit dieser machen, und indem man deren Summe von zwey rechten Winkeln abzieht, erhält man den von diesen Gesichtslinien in dem Punkte, wo sie zusammentreffen, eingeschlossenen Winkel. Diesen Winkel nennt man die *Parallaxe* des Gegenstandes, dessen Abstand von den Endpunkten der Standlinie alsdann leicht daraus gefunden wird. Wendet man diese Methode auf die Sonne an, so muß man die längste Standlinie wählen, die man auf der Erde haben kann. Gedenken wir uns zwey Beobachter unter dem nämlichen Meridiane, die im nämlichen Augenblicke die Mittagshöhe des Mittelpunkts der Sonne und ihre Entfernung vom nämlichen Pole beobachten, so wird der Unterschied der zwey beobachteten Entfernungen der Winkel seyn, unter welchem man die gerade Linie, welche die Standpunkte der beyden Beobachter verbindet, aus dem Mittelpunkte der Sonne sehen würde. Der Stand der Beobachter giebt diese Linie in Theilen des Erdhalbmessers; es ist daher leicht, aus diesen Beobachtungen den Winkel herzuleiten, unter welchem man vom Mittel-

punkte der Sonne aus den Erdhalbmesser sehen würde. Dieser Winkel ist die *Sonnenparallaxe*; er ist aber zu klein, als dafs er durch dieses Verfahren mit Genauigkeit bestimmt werden könnte, welches uns nur zu dem Urtheile führen kann, dafs dieses Gestirn zum wenigsten sechstausend Erddurchmesser entfernt sey.

Wir werden in der Folge die astronomischen Entdeckungen viel genauere Mittel zur Bestimmung der Sonnenparallaxe darbieten sehen, von welcher man jetzt weiß, dafs sie bey der mittleren Entfernung der Sonne von der Erde sehr nahe  $27'',2$  betrage, woraus sich ergibt, dafs diese Entfernung 23405 Erdhalbmessern gleich sey.

Die Kleinheit der Sonnenparallaxe beweist uns die unermessliche Gröfse des Sonnenkörpers. Wir sind versichert, dafs in der nämlichen Entfernung, wo dieses Gestirn unter einem Winkel von  $5936''$  gesehen wird, die Erde unter einem Winkel von nicht mehr als  $100''$  erscheinen würde; folglich ist der Rauminhalt (das Volumen) der Sonne, da die Volumina der kugelförmigen Körper den Würfeln ihrer Durchmesser proportionirt sind, zum wenigsten zweymalhunderttausendmal

größer, als der der Erde. Er ist aber ohngefähr dreyzehnmahlhunderttausendmal größer, wenn, wie die Beobachtungen zeigen, die Sonnenparallaxe  $27'',2$  ist.

Man bemerkt auf der Oberfläche der Sonne schwarze Flecken von unordentlicher Gestalt, deren Anzahl, Lage und Größe sehr veränderlich sind. Oft sind sie zahlreich und sehr ausgedehnt, und man hat schon solche gesehen, die wohl vier - bis fünfmal so breit waren, als die Erde. Zuweilen, aber selten, zeigte sich die Sonne auch ganze Jahre lang rein und ohne Flecken. Fast immer sind die Sonnenflecken von Halbschatten umgeben, die selbst wieder in Lichtwellen von größerer Helligkeit, als der übrige Theil der Sonne, eingeschlossen sind, und in deren Mitte man die Flecken sich bilden und wieder verschwinden sieht. Alles dieses zeigt auf der Oberfläche dieser ungeheuren Feuermasse lebhaftere Aufwallungen, wovon die Vulkane nur ein sehr schwaches Bild abgeben.

Was aber auch die Natur dieser Flecken seyn mag, so haben sie uns eine merkwürdige Erscheinung, nämlich die der Achsendrehung (*Rotation*) der Sonne, bekannt gemacht. Mitten in den Veränderungen, die sie zeigen,

entdeckt man regelmässige Bewegungen, die genau die nämlichen sind, wie die der übereinstimmenden Punkte auf der Oberfläche der Sonne, wenn man annimmt, daß dieses Gestirn, nach der Richtung seiner Bewegung um die Erde eine Rotationsbewegung um eine auf der Ekliptik beynahe lothrecht stehende Achse habe. Aus fortgesetzten Beobachtungen der Flecken hat man geschlossen, daß die Dauer der Umdrehung der Sonne ohngefähr  $25\frac{1}{2}$  Tage betrage, daß der Sonnenäquator um  $8\frac{1}{3}$  Grad gegen die Fläche der Ekliptik geneigt sey; und daß die Punkte dieses Aequators, indem sie durch ihre Rotationsbewegung über diese Fläche gegen den Nordpol zu sich erheben, sie in einem Punkte schneiden, welcher, vom Mittelpunkte der Sonne aus gesehen, im Anfange des Jahrs 1750 um  $86^{\circ},20$  von der Frühlingsnachtgleiche entfernt war.

Die Sonnenflecken sind fast immer in eine Zone der Sonnenfläche eingeschlossen, deren Breite auf einem Sonnenmeridiane gemessen, sich nicht über 33 bis 34 Grade auf beyden Seiten des Sonnenäquators erstreckt. Indessen hat man doch auch schon einige in einer Entfernung von 44 Graden beobachtet.

Bouguer hat durch sorgfältige Versuche über die Stärke des Lichts verschiedener Punkte der Sonnenoberfläche gefunden, daß dieses Licht um den Mittelpunkt etwas lebhafter ist, als gegen die Ränder zu. Da indessen das nämliche Stück der Sonnenscheibe, wenn es durch die Achsendrehung der Sonne von der Gegend des Mittelpunkts nach den Rändern zu geführt wird, daselbst unter einem viel kleinern Winkel erscheint, so müßte sein Licht viel stärker seyn. Es muß also großen Theils verlohren gehen, was sich nicht erklären läßt, ohne die Voraussetzung, daß die Sonne mit einer dicken Atmosphäre umgeben sey, welche, da sie durch die von den Rändern ausgehenden Strahlen schief durchschnitten wird, diese mehr schwächt, als die aus dem Mittelpunkte kommenden, die sie in lothrechter Richtung durchschneiden. Diese Erscheinung läßt also mit großer Wahrscheinlichkeit auf eine Sonnenatmosphäre schließen.

Sie ist es auch nach der allgemeinsten Meynung, welche uns das schwache, hauptsächlich um die Frühlingsnachtgleiche, etwas vor dem Aufgange, oder nach dem Untergange der Sonne, sichtbare Licht, dem man den Namen des *Zodiakallichts* gegeben hat,

zurücksendet. Die Flüssigkeit, die uns dieses zuschickt, ist äusserst fein, da man durch sie die Sterne sieht. Seine Farbe ist weifs, und seine scheinbare Gestalt die eines zugespitzten Streifens, dessen breiteres Ende an der Sonne liegt. So würde man ein Ellipsoid von einer sehr abgeplatteten Umdrehung sehen, das mit der Sonne den Mittelpunkt und die Ebene des Aequators gemein hätte. Die Länge des Zodiakallichts erschien zuweilen unter einem Winkel von mehr als 100 Graden. Man wird aber in der Folge sehen, dafs die Atmosphäre der Sonne sich nicht auf eine so grofse Weite erstreckt; es kann also auch diese Atmosphäre nicht seyn, was uns das Zodiakallicht zusendet.

Dominicus Cassini, der das Zodiakallicht zuerst beobachtet und beschrieben hat, hat bemerkt, dafs es schwächer werde, wenn die Sonne wenig Flecken hat, und daraus die Vermuthung gezogen, dafs diese Flecken und dieses Licht von einerley Ausströmen, einer Wirkung der ausdehnenden Kraft der Sonne, herrühren, welche die dicke Materie der Flecken auf ihre Oberfläche werfe, die feine und durchsichtige des Zodiakallichts hingegen in die Ferne schleudere. Allein

die wahre Ursache dieses Lichts ist uns noch unbekannt.

---

### Drittes Kapitel.

#### *Von der Zeit und ihrem Maafse.*

**D**ie Zeit ist, in Absicht auf uns, der Eindruck, den eine Reihe von Dingen, von welchen wir versichert sind, daß ihr Daseyn successiv gewesen sey, in dem Gedächtnisse zurückläßt. Ihr eigentliches Maafs ist die Bewegung. Denn da ein Körper nicht an mehreren Orten zugleich seyn kann, so kann er auch nicht von einem Orte zum andern kommen, als dadurch, daß er nach und nach alle zwischenliegenden Oerter durchläuft. Wenn man versichert ist, daß er in jedem Punkte der Linie, die er beschreibt, von der nämlichen Kraft getrieben werde, so wird er sie mit einer gleichförmigen Bewegung beschreiben, und die Theile dieser Linie werden der auf ihnen zugebrachten Zeit zum Maafse dienen können. Wenn ein Pendel am Ende einer jeden Schwingung sich unter völlig gleichen Umständen befindet, so wird auch die Dauer dieser Schwingungen die nämliche seyn, und

man wird die Zeit nach ihrer Anzahl messen können. Zu diesem Maafse kann man auch die successiven Umwälzungen der Himmelskugel, bey welchen alles gleich erscheint, gebrauchen; man ist aber allgemein darin übereingekommen, zu dieser Absicht der Bewegung der Sonne sich zu bedienen.

Im bürgerlichen Leben ist der Tag *die Zeit* vom Aufgange der Sonne bis zu ihrem Untergange; die Nacht aber die Zeit des Aufenthalts der Sonne unter dem Horizonte. Der *astronomische Tag* hingegen begreift die ganze Dauer ihres täglichen Umlaufs, d. h. *die Zeit* zwischen zwey auf einander folgenden Mittagen oder Mitternächten. Er übertrifft die Dauer einer Umwälzung der Himmelskugel, welche den *Sterntag* ausmacht. Denn wenn die Sonne im nämlichen Augenblicke mit einem Fixsterne durch den Meridian geht, so wird sie den folgenden Tag, vermöge ihrer eigenen Bewegung, nach welcher sie von Abend gegen Morgen fortrückt, später dahin zurückkommen, und in Zeit von einem Jahre wird sie einmal weniger, als der Stern, durch den Meridian gehen. Man findet auf solche Art, dafs, wenn man den mittleren astronomischen Tag für die Einheit

annimmt, die Dauer des Sterntags 0,997269722 dieses Tags betrage.

Die astronomischen Tage sind nicht gleich. Die Ungleichheit der eigenen Bewegung der Sonne und die Schiefe der Ekliptik sind zwey Ursachen, die Ungleichheiten bey derselben bewirken. Die Wirkung der ersten Ursache ist merklich; so nähert sich, um die Zeit des Sommerstillstands der Sonne, gegen welche ihre Bewegung langsamer ist, der astronomische Tag mehr dem Sterntage, als um die Zeit des Winterstillstandes, wo diese Bewegung schneller ist.

Um die Wirkung der zweyten Ursache zu begreifen, muß man bemerken, daß der Ueberschuß des astronomischen Tages über den Sterntag bloß der eigenen Bewegung der Sonne, auf den Aequator bezogen, zuzuschreiben ist. Wenn man sich durch die Endpunkte des kleinen Bogens, den die Sonne in der Ekliptik an einem Tage durchläuft, und durch die Weltpole zwey größte Kreise der Himmelskugel gedenkt, so ist der Bogen des Aequators, den sie abschneiden, die tägliche Bewegung der Sonne, auf den Aequator bezogen, und die Zeit, die dieser Bogen gebraucht, um durch den Meridian zu rücken,

ist

ist der Ueberschuß des astronomischen über den Sterntag. Nun ist es sichtbar, daß in den Nachtgleichen der Bogen des Aequators kleiner ist, als der zugehörige Bogen der Ekliptik, in dem Verhältnisse des Cosinus der Schiefe der Ekliptik zum Radius; in den Sonnenstillständen aber größer, in dem Verhältnisse des Radius zum Cosinus der nämlichen Schiefe. Der astronomische Tag ist also im ersten Falle kleiner, im andern größer.

Um einen mittleren, von diesen Ursachen unabhängigen Tag zu erhalten, gedenkt man sich eine zweyte Sonne, die sich in der Ekliptik gleichförmig bewegt, und die große Achse der Sonnenbahn immer in den nämlichen Augenblicken mit der wahren Sonne durchschneidet, wodurch die Ungleichheit der eigenen Bewegung der Sonne aufgehoben wird. Die Wirkung der Schiefe der Ekliptik aber schließt man dadurch aus, daß man sich eine dritte Sonne gedenkt, die in den nämlichen Augenblicken mit der zweyten Sonne durch die Nachtgleichen geht, und sich in dem Aequator so bewegt, daß die Winkelabstände dieser beyden Sonnen von der Frühlingsnachtgleiche einander beständig gleich sind. Die Zeit zwischen zwey

auf einander folgenden Durchgängen dieser dritten Sonne durch den Meridian giebt den *mittleren astronomischen Tag*. Die *mittlere Zeit* wird nach der Zahl dieser Durchgänge, die *wahre Zeit* aber nach der Zahl der Durchgänge der wahren Sonne durch den Meridian gemessen. Die *Zeitgleichung* ist der Bogen des Aequators zwischen zwey Meridianen, die man durch die Mittelpunkte der wahren und der dritten Sonne legt, nach dem Verhältnisse der ganzen Peripherie für einen Tag auf Zeit gebracht.

Die Zurückkunft der Sonne zur nämlichen Nachtgleiche bestimmt das Jahr, so wie ihre Zurückkunft zum Meridian den Tag. Dieses Gestirn braucht, vermöge seiner mittleren Bewegung 365,242222 Tage, um zur Frühlingsnachtgleiche zurückzukommen, und diese Dauer macht das *tropische Jahr*. Die Beobachtungen haben gelehrt, daß sie mehr Zeit brauche, um zu den nämlichen Sternen zurückzukommen. Das *Sternjahr* ist die Zeit, von einer solchen Zurückkunft bis zur folgenden, es ist um 0,014162 Tag größer, als das tropische Jahr. Die Nachtgleichen haben also in der Ekliptik eine der Bewegung der Sonne entgegengesetzte rückläufige Bewegung,

womit sie jedes Jahr einen der mittleren Bewegung dieses Gestirns gleichen Bogen in Zeit von 0,014162 Tag, und mithin von 155",09 beschreiben.

Die Bedürfnisse der Gesellschaft haben Anlaß gegeben, verschiedene Abschnitte vestzusetzen, um die Theile der Zeitdauer damit zu messen. Zwey dergleichen merkwürdige bietet die Natur selbst in der Zurückkunft der Sonne zum Meridiane, und zur nämlichen Nachtgleiche dar, aber beyde müssen wieder in mehrere kleinere Abschnitte getheilt werden. Die Eintheilung des Tags in 10 Stunden, der Stunde in 100 Minuten, der Minute in 100 Secunden u. s. w. ist die einfachste. Es ist natürlich, den astronomischen Tag von Mitternacht anfangen zu lassen, um in seiner Dauer die ganze Zeit der Gegenwart der Sonne über dem Horizonte zu begreifen.

Der Anfang des Jahrs wird schicklich in die Frühlingsnachtgleiche, als den Zeitpunkt des Wiederauflebens der Natur, gesetzt. Die Jahreszeiten theilen es in vier Theile, deren jeden man in drey Monate von dreysig Tagen getheilt hat. Man hat ferner jeden Monat in drey Perioden von

zehen Tagen, die daher *Decaden* heißen, getheilt. Auf solche Art besteht das bürgerliche Jahr nur aus 360 Tagen, und man hat doch gesehen, daß es größer, als 365 Tage, ist; die überzähligen Tage müssen ihm also zur Ergänzung angehängt werden. Obgleich in diesem Systeme der Eintheilung des Jahrs die Ordnung der Dinge in Ansehung der Tage der Dekade durch diese Ergänzungstage ein wenig gestört wird, so macht doch die Uebereinstimmung der Dekadentage mit den Monatstagen, und der dekadischen Feste mit den Jahrszeiten, daß sie dem Gebrauche der kleineren unabhängigen Perioden der Monate, dergleichen die Wochen sind, vorzuziehen ist.

Wenn man die Länge des Jahrs auf 365 Tage setzte, so würde sein Anfang dem des tropischen ohne Aufhören voreilen, und die Monate würden rückwärts in einer Periode von ungefähr 1520 Jahren die verschiedenen Jahrszeiten durchlaufen. Diese, ehemals in Egypten übliche, Einrichtung benimmt dem Kalender den Vortheil, die Monate und Feste an die Jahrszeiten selbst zu knüpfen, und damit für den Feldbau merkwürdige Epochen zu erhalten. Diesen schätzbaren Vortheil

würde man den Landbewohnern gewinnen, wenn man den Anfang des Jahrs als eine astronomische Erscheinung betrachtete, die man, nach Beobachtung und Rechnung, in die Mitternacht vor der wahren Frühlingsnachtgleiche setzte. Aber alsdann würden die Jahre den Vortheil, regelmässige, und in Tage leicht zu zerlegende Zeitperioden zu seyn, verlieren, was über die Geschichte und Chronologie eine Verwirrung verbreiten, und zuweilen den Anfang des Jahrs ungewiss machen könnte, den man immer voraus wissen muß. Um diesen Unbequemlichkeiten zu begegnen, und die Monate und Feste an die nämlichen Jahrszeiten zu knüpfen, hat man die *Einschaltungen* ausgedacht. Die einfachste von allen ist die, welche die Perser im eilften Jahrhunderte angenommen haben, und welche darin besteht, daß man siebenmal nach einander alle vier Jahre sechs Ergänzungstage, statt der fünf, anhängt, das achtemal aber diese Ergänzung übergeht, und sie erst bey dem fünften Jahre vornimmt. Die auf solche Art ergänzten Jahre hat man *Schaltjahre* genannt, um sie von den übrigen, die den Namen der gemeinen Jahre führen, zu unterscheiden. Nach dieser Ein-

schaltungsart kommen auf 33 Jahre 8 Schaltjahre und 25 gemeine Jahre. Diefs setzt die Länge des Jahrs von  $365\frac{8}{33}$  Tagen voraus, welche um 0,000202 Jahr gröfser ist, als das durch Beobachtungen bestimmte tropische Jahr. Es wäre aber eine grofse Anzahl von Jahrhunderten nöthig, um den Anfang des Jahrs um eine dem Landmanne merkliche Gröfse von der Nachtgleiche zu entfernen.

Es wäre zu wünschen, dafs alle Völker einerley Zeitrechnung, die von moralischen Veränderungen unabhängig, und allein auf astronomische Erscheinungen gegründet wäre, annehmen möchten. Den Anfang könnte man in das Jahr setzen, wo die Erdferne der Sonnenbahn mit dem Sommerstillstande der Sonne zusammenfiel. Diefs wäre das Jahr 1250. Für diesen Anfang nähme man den Augenblick der mittleren Frühlingsnachtgleiche, welcher in diesem Jahre auf den 15ten Merz um 5,3676 Uhr Pariser Zeit fiel. Der allgemeine Meridian, in welchen man den Anfangspunkt der Längen der Oerter auf der Erde setzte, wäre der Meridian des Orts, welcher im nämlichen Augenblicke Mitternacht hatte, und welcher  $185^{\circ}2960$  ostwärts von Paris liegt. Wenn der Anfang

der Zeitrechnung nach einer langen Reihe von Jahrhunderten ungewiß würde, so wäre es, wegen der Langsamkeit und der Ungleichheiten der Bewegung der Erdferne, schwer, ihn bloß durch diese Bewegung mit Genauigkeit wieder zu finden. Es bliebe aber keine Ungewißheit über diesen Anfang und über die Lage des allgemeinen Meridians übrig, wenn man sich nur erinnerte, daß im Augenblicke der mittleren Nachtgleiche die mittlere Länge des Mondes  $143^{\circ},7714$  war. So würde man von dem Anfange des Jahrs und dem der Längen der Oerter auf der Erde alles Willkührliche entfernen. Nähme man alsdann noch die vorhin beschriebene Einschaltung und Eintheilung des Jahrs, der Monate und des Tags an, so hätte man den natürlichsten und einfachsten, den Bewohnern dieser Seite des Aequators angemessenen, Kalender.

Aus der Vereinigung von 100 Jahren hat man ein *Jahrhundert* gemacht, welches die größte bis jetzt zum Zeitmaasse gebrauchte Periode ist.

## Viertes Kapitel.

*Von der Bewegung des Monds, von seinen Lichtgestalten und den Finsternissen.*

Unter allen Gestirnen ist das, was uns nach der Sonne am meisten interessirt, der Mond, dessen Lichtgestalten eine so merkwürdige Zeitabtheilung darbieten, daß sie anfänglich bey allen Völkern in Gebrauch kam. Der Mond hat, wie die Sonne, eine eigene Bewegung von Abend nach Morgen. Die Dauer seines Sideralumlaufts war im Anfange des Jahrs 1700 gleich 27,32166118036 Tagen, Sie ist nicht in allen Jahrhunderten einerley; die Vergleichung der neueren Beobachtungen mit den älteren beweist unwidersprechlich eine Beschleunigung der mittleren Bewegung des Monds. Diese Beschleunigung, die von der ältesten Finsterniß an, deren Beobachtung auf uns gekommen ist, nur noch wenig merklich ist, wird sich in der Folge der Zeit mehr entdecken. Ob sie aber ohne Aufhören fortwachsen, oder, ob sie einmal stille stehen werde, um in eine Verminderung überzugehen, dieß können die Beobachtungen erst nach einer großen Anzahl von Jahrhunderten ausmitteln. Glücklicher Weise ist die

Entdeckung ihrer Ursache den letzteren zu-  
vorgekommen, und hat uns gelehrt, daß sie  
periodisch ist.

Der Mond bewegt sich in einer ellipti-  
schen Bahn, in deren einem Brennpunkte  
die Erde sich befindet. Sein Radius Vector  
beschreibt um diesen Punkt Flächen, die den  
Zeiten sehr nahe proportionirt sind. Nimmt  
man dieses Gestirns mittlere Entfernung von  
der Erde für die Einheit an, so ist die Excen-  
tricität seiner Ellipse 0,0550368, welches die  
größte Mittelpunktsgleichung  $7^{\circ},0099$  groß  
giebt. Die Erdnähe des Mondes hat eine recht-  
läufige\*), d. h. in einerley Richtung mit der der  
Sonne, fortgehende Bewegung, und die Dauer  
ihres Sideralumlaufts beträgt 3232,46643 Tage.

Diese, den Bewegungsgesetzen der Sonne  
ähnliche, Gesetze sind noch weit entfernt,  
die Beobachtungen darzustellen. Die Bewe-  
gung des Mondes ist einer großen Anzahl  
anderer Ungleichheiten unterworfen, die in

\*) Eine Bewegung am Himmel heist *rechtläufig*,  
wenn sie der Ordnung der Zeichen der Ekliptik:  
Widder, Stier etc. etc. folgt, oder, wenn das Ge-  
stirn aus dem Widder in den Stier etc. etc. rückt,  
*rüchläufig* hingegen, wenn sie der Ordnung der  
Zeichen entgegen erfolgt, oder, wenn das Gestirn  
aus den Fischen in den Wassermann etc. etc. rückt.

sichtbaren Beziehungen mit der Lage der Sonne stehen. Die drey vornehmsten davon sind folgende:

Die beträchtlichste von allen, die man auch zuerst kennen gelernt hat, ist die, welche man die *Evection* nennt. Diese Ungleichheit, die in ihrem Maximum bis auf  $1^{\circ},4902$  steigt, ist dem Sinus des doppelten mittleren Winkelabstands des Monds von der Sonne, weniger des mittleren Winkelabstands des Monds von der Erdnähe seiner Bahn proportionirt. In den Oppositionen und Conjunctionen des Monds mit der Sonne vermischt sie sich mit der Mittelpunktsgleichung, die sie beständig vermindert, und deswegen fanden die alten Beobachter, die die Elemente der Mondstheorie blos zum Behufe der Finsternisse, und in der Absicht, diese Erscheinungen vorauszusagen, bestimmten, des Monds Mittelpunktsgleichung um die ganze Gröfse der *Evection* kleiner, als sie in der That ist.

Man beobachtet ferner bey der Bewegung des Monds eine grofse Ungleichheit, welche bey den Conjunctionen und Oppositionen des Monds mit der Sonne, so wie in den Punkten, wo diese Gestirne hundert

Grade von einander entfernt sind, verschwindet. Sie erreicht ihr Maximum, und steigt bis auf  $0^{\circ},6608$ , wenn ihre Entfernung von einander fünfzig Grade beträgt. Daraus hat man geschlossen, daß sie dem Sinus des doppelten mittleren Winkelabstands des Mondes von der Sonne proportionirt sey. Diese Ungleichheit, die man die *Variation* nennt, konnte, weil sie bey den Finsternissen verschwindet, durch Beobachtung dieser Erscheinungen nicht bekannt werden.

Endlich wird die Bewegung des Mondes beschleunigt, wenn die der Sonne vermindert wird, und umgekehrt. Daraus entspringt eine unter dem Namen der *Jahrgleichung* bekannte Ungleichheit, deren Gesetz genau dasselbe, wie für die Mittelpunktsgleichung der Sonne, nur mit dem entgegengesetzten Zeichen, ist. Diese Ungleichheit, die in ihrem Maximum  $0^{\circ},2064$  beträgt, vermischt sich bey den Finsternissen mit der Mittelpunktsgleichung der Sonne, und bey der Berechnung des Augenblicks dieser Erscheinungen, ist es gleichgiltig, diese beyden Gleichungen besonders zu betrachten, oder die Jahrgleichung der Mondstheorie auszuschließen, um die Mittelpunktsgleichung der Sonne

damit zu vermehren. Dieß ist eine der Hauptursachen, warum die alten Astronomen dieser letztern Gleichung einen zu großen Werth gaben, so wie sie den Werth der Mittelpunktsgleichung des Mondes im Verhältnisse der Evection zu klein ansetzten.

Die Mondbahn ist um  $5^{\circ}7188$  gegen die Fläche der Ekliptik geneigt, ihre Durchschnittspunkte mit dieser, die man *Knoten* nennt, sind nicht veste am Himmel, sondern haben eine rückläufige, der der Sonne entgegengesetzte, Bewegung, die man aus der Folge der Sterne, denen der Mond begegnet, indem er die Ekliptik durchschneidet, leicht kennen lernen kann. Die Dauer des Sideralumlaufts dieser Knoten beträgt 6793,3009 Tage.

Den *aufsteigenden* Knoten nennt man den, von welchem der Mond sich über die Ekliptik gegen den Nordpol zu erhebt; und den *niedersteigenden* den, von welchem er unter dieselbe gegen den Südpol zu sich hinabläßt. Ihre Bewegung ist mehreren Ungleichheiten unterworfen, wovon die größte dem Sinus des doppelten Winkelabstands der Sonne von dem aufsteigenden Knoten der Mondbahn proportionirt ist, und in ihrem

Maximum auf  $1^{\circ},8105$  steigt. Die Neigung der Bahn ist auf gleiche Art veränderlich; ihre grösste Ungleichheit, die auf  $0^{\circ},1631$  steigt, ist dem Cosinus des nämlichen Winkels, von welchem die Ungleichheit der Bewegung der Knoten abhängt, proportionirt.

Die Mondsbahn hat, so wie die Bahnen der Sonne und aller Himmelskörper, nicht mehr Realität, als die Parabeln, die von geworfenen Körpern über der Oberfläche der Erde beschrieben werden. Um uns die Bewegung eines Körpers im Raume vorzustellen, gedenken wir uns eine Linie durch alle auf einander folgenden Lagen seines Mittelpunkts gezogen. Diese Linie ist seine Bahn, und deren Ebene die, welche durch zwey auf einander folgende Lagen des Körpers und durch den Mittelpunkt geht, um welchen man sich denselben als bewegt vorstellt. Anstatt die Bewegung des Körpers auf diese Art zu betrachten, kann man ihn in Gedanken über einer unbeweglichen Ebene werfen, und die Curve der Wurfbewegung, nebst der Höhe des Körpers über dieser Ebene bestimmen. Jede dieser Methoden hat ihre eigenthümlichen Vorzüge, die, nach Beschaf-

fenheit der Umstände, die eine vor der andern empfehlen.

Des Monds scheinbarer Durchmesser ändert sich auf eine den Veränderungen seiner Bewegung gemäße Art. Er beträgt  $5438''$  in der größten, und  $6207''$  in der kleinsten Entfernung des Monds von der Erde.

Die nämlichen Mittel, denen die Sonnenparallaxe, wegen ihrer Kleinheit, entgieng, haben die Mondsparallaxe in derjenigen Entfernung des Monds von der Erde, die das arithmetische Mittel zwischen der größten und kleinsten ist,  $10676''$  gleich gegeben. In der nämlichen Entfernung also, in welcher der Mond uns unter einem Winkel von  $5823''$  erscheint, würde man die Erde unter einem Winkel von  $21352''$  sehen; ihre Durchmesser stehen also in dem Verhältnisse dieser Zahlen, oder sehr nahe in dem Verhältnisse von 3 zu 11, und der Rauminhalt der Mondskugel ist 49mal kleiner, als der der Erdkugel.

Die Lichtgestalten (*Phasen*) des Monds sind eine der auffallendsten himmlischen Erscheinungen. Wenn er des Abends aus den Stralen der Sonne hervorkommt, so zeigt er uns einen kleinen Theil seiner erleuchteten

Seite, welcher in eben dem Maafse zunimmt, als er sich von ihr entfernt, und welcher eine ganze Lichtscheibe wird, wenn er mit diesem Gestirne in Opposition kommt.

Wenn er in der Folge sich ihr wieder nähert, so verwandelt sich diese Scheibe in ein Stück einer erleuchteten Kreisfläche mit einer dunkeln Ergänzung (*croissant* \*), welches eben so stufenweise, wie es gewachsen war, wiederum abnimmt, bis es sich des Morgens in den Sonnenstralen verliert. Dafs die erleuchtete Seite des Monds beständig gegen die Sonne zu gerichtet ist, ist eine deutliche Anzeige, dafs er sein Licht von ihr entlehnt; und das Gesetz der Veränderung seiner Lichtgestalten, deren Breite sehr nahe in dem Verhältnisse des Sinus Versus seines Winkelabstandes von der Sonne wächst, beweist uns, dafs er ein sphärischer Körper ist.

Da diese Lichtgestalten sich mit den Conjunctionen erneuern, so hängt ihre Zurück-

\*) Sonst heifst bey den französischen Schriftstellern *croissant* nur der zunehmende Mond, und *décours* der abnehmende. Denn un *croissant*, qui *diminue*, wie es hier heifst, ist, genau zu reden, ein hölzernes Schüreisen.

kunft von dem Ueberschusse der synodischen Bewegung des Monds über die der Sonne ab, welcher Ueberschufs die *synodische* Bewegung des Monds genannt wird \*). Die Dauer des synodischen Umlaufs dieses Gestirns, oder die Periode seiner mittleren Conjunctionen ist 29,530588 Tage. Sie steht zum tropischen Jahre sehr nahe in dem Verhältnisse von 19 235, d. h. auf 19 Sonnenjahre gehen ohngefähr 235 Mondsmonte.

Die

\*) Dies ist *Kauderwelsch*. Was soll die synodische Bewegung der Sonne seyn? Wie kann eine Bewegung mit dem Ueberschusse, um welchen sie die GröÙe einer andern Bewegung übertrifft, einerley Namen führen? Das Wahre ist: Die Zeit, welche verfließt, bis der Mond wieder zur Sonne kommt, nachdem er einmal bey ihr gewesen ist, heißt der *synodische*, und die, welche verfließt, bis er wieder zum nämlichen Fixsterne zurückkommt, der *periodische* Umlauf des Monds. Die erstere ist größer als die letztere, weil, während eines Umlaufs des Monds, die Erde, vom Monde begleitet, in ihrer eigenen Bahn fortrückt, was die Folge hat, daß der letztere, wenn er wieder beym nämlichen Fixsterne angelangt ist, noch nicht, auch mit der Sonne wieder am nämlichen Orte des Himmels gesehen wird, sondern dazu noch einen Bogen seiner Bahn zurücklegen muß, zu welchem er über 2 Tage Zeit gebraucht. Der Ueberschufs seines synodischen Umlaufs über den periodischen ist es also, woyon die Zurückkunft seiner Lichtgestalten abhängt.

Die Syzygien sind die Punkte der Bahn, wo der Mond mit der Sonne in Conjunction oder in Opposition ist. Im ersten Punkte ist der Mond *neu*, im andern *voll*. Die *Quadraturen* sind die Punkte der Bahn, wo der Mond von der Sonne 100 oder 300 Grade, nach der Richtung seiner eigenen Bewegung gerechnet, entfernt ist. In diesen Punkten, die man das *erste* und *letzte Viertel* des Monds nennt, sehen wir sehr nahe die Hälfte seiner erleuchteten Halbkugel. Streng genommen, sehen wir etwas mehr davon; denn wenn genau seine Hälfte uns zu Gesichte kommt, so ist der Winkelabstand des Monds von der Sonne etwas kleiner, als 100 Grade.

In diesem Augenblicke, den man daran erkennt, daß die Linie, welche die erleuchtete Halbkugel von der dunkeln scheidet, als eine gerade Linie erscheint, ist die Gesichtslinie von dem Beobachter nach dem Mittelpunkte des Monds auf derjenigen Lothrecht, welche die Mittelpunkte des Monds und der Sonne verbindet. Demnach ist in dem Dreyecke, das die Linien einschließen, die diese Mittelpunkte und das Auge des Beobachters verbinden, der Winkel am Monde ein rechter, der am Auge des Beobachters

D

aber aus der Beobachtung bekannt; man kann also die Entfernung der Sonne von der Erde in Theilen der Entfernung der Erde vom Monde bestimmen. Die Schwierigkeit, den Augenblick genau anzugeben, wo wir die Hälfte der erleuchteten Mondscheibe sehen, macht diese Methode minder genau; indessen verdankt man ihr doch die ersten richtigen Begriffe, die man von dem unermesslichen Rauminhalte der Sonne und ihrer großen Entfernung von der Erde erlangt hat.

Die Erklärung der Mondphasen führt auf die der Finsternisse, die, in den Zeiten der Unwissenheit für die Menschen ein Gegenstand des Schreckens, zu allen Zeiten aber für die Philosophen ein Gegenstand der Forschungsbegierde waren.

Der Mond kann sich nicht verfinstern, als durch Dazwischenkunft eines dunkeln Körpers, der ihm das Licht der Sonne entzieht, und es ist offenbar, daß dieser Körper die Erde ist, weil die Mondsfinsternisse niemals, als in ihren Oppositionen, oder, wenn die Erde zwischen dem Monde und der Sonne steht, erfolgen. Die Erdkugel wirft, der Sonne gegenüber, einen Schattenkegel hinter sich, dessen Achse in die gerade Linie fällt, die die

Mittelpunkte der Sonne und der Erde mit einander verbindet, und dessen Spitze in dem Punkte liegt, wo die scheinbaren Durchmesser dieser beyden Körper gleich sind. Diese Durchmesser, aus dem Mittelpunkte des Monds in der Opposition und in seiner mittleren Entfernung gesehen, sind beyläufig 5920" für die Sonne, und 21352" für die Erde; der Schattenkegel der Erde hat also eine Länge, die wenigstens dreymal größer ist, als die Entfernung des Monds von der Erde, und seine Breite ist da, wo der Mond ihn durchschneidet, mehr, als das Doppelte vom Durchmesser des Monds. Der Mond würde daher allemal verfinstert werden, so oft er mit der Sonne in Opposition ist, wenn die Ebene seiner Bahn mit der Ekliptik zusammenfiel; aber vermöge der gegenseitigen Neigung dieser Ebenen steht der Mond in seinen Oppositionen oft über oder unter dem Schattenkegel der Erde, und geht nicht durch denselben, als wenn er nahe bey seinen Knoten ist. Tritt seine ganze Scheibe in den Erdschatten ein, so heißt die Mondsfinsterniß *total*, geht aber diese Scheibe nur zum Theil durch denselben, so heißt sie *partial*; und man begreift nun, daß die Nähe des Monds

bey seinen Knoten im Augenblicke der Opposition alle Verschiedenheiten, die man bey diesen Finsternissen bemerkt, hervorbringen müsse.

Die mittlere Dauer eines Umlaufs der Sonne in Ansehung des Knotens der Mondsbahn ist 346,61963 Jahre; sie steht zur Dauer eines synodischen Umlaufs des Monds sehr nahe in dem Verhältnisse von 223 zu 19; nach einer Periode von 223 Mondsmonaten befinden sich also die Sonne und der Mond wieder in der nämlichen Lage in Ansehung des Knotens der Mondsbahn; und die Finsternisse müssen folglich ohngefähr in der nämlichen Ordnung zurückkommen. Dieß giebt ein einfaches Mittel, sie vorauszusagen. Aber die Ungleichheiten der Bewegungen der Sonne und des Monds müssen darin merkliche Unterschiede hervorbringen, und da ausserdem die Zurückkunft dieser beyden Gestirne zur nämlichen Lage in Ansehung des Knoten in dem Zeitraume von 223 Monaten nicht genau ist, so verändern die daraus entspringenden Abweichungen auf die Länge die Ordnung der in einer dieser Perioden beobachteten Finsternisse.

Die Sonnenfinsternisse beobachten wir nur in den Conjunctionen der Sonne und des

Monds, wenn der letztere zwischen die Sonne und die Erde tritt, und dadurch das Licht der ersteren auffängt. Obschon der Mond unvergleichbar viel kleiner als die Sonne ist, so ist er doch, durch einen merkwürdigen Umstand, der Erde nahe genug, daß sein scheinbarer Durchmesser von dem der Sonne wenig unterschieden ist; ja es geschieht sogar, nach dem Verhältnisse der Veränderungen dieser Durchmesser, daß sie sich wechselseitig einander übertreffen. Gedenken wir uns die Mittelpunkte der Sonne und des Monds in *einer* geraden Linie mit dem Auge des Beobachters, so wird er die Sonne verfinstert sehen, und wenn des Monds scheinbarer Durchmesser größer, als der der Sonne, ist, so wird die Finsterniß total seyn; ist aber jener Durchmesser kleiner, so wird der Beobachter einen erleuchteten Ring sehen, den der über die Mondscheibe hervorragende Theil der Sonne bildet, und die Finsterniß wird *ringförmig* seyn.

Liegt aber des Monds Mittelpunkt nicht in der geraden Linie, die vom Auge des Beobachters nach dem Mittelpunkte der Sonne gehet, so wird der Mond nur einen Theil der Sonnenscheibe verdunkeln können, und

die Finsternifs wird partial seyn. So müssen also die Verschiedenheiten in den Entfernungen der Sonne und des Monds vom Mittelpunkte der Erde und in der Nähe des Monds bey seinen Knoten im Augenblicke seiner Conjunctionen sehr große Unterschiede bey den Sonnenfinsternissen hervorbringen. Zu diesen Ursachen kommt noch die Höhe des Monds über dem Horizonte, welche die Größe seines scheinbaren Durchmessers ändert, und, vermittelst der Mondsparrallaxe, die scheinbare Entfernung der Mittelpunkte der Sonne und des Monds so verändern kann, daß von zwey von einander entfernten Beobachtern der eine eine Sonnenfinsternis sehen kann, die für den andern nicht Statt findet.

Darin sind also die Sonnenfinsternisse von den Mondfinsternissen unterschieden, welche allen Oertern der Erde auf gleiche Art erscheinen.

Oft sieht man den Schatten einer von Winden fortgetriebenen Wolke über Anhöhen und Thäler eiligst weglafen, und den Zuschauern, die er trifft, den Anblick der Sonne entziehen, dessen diejenigen genießen, die ausser seinen Gränzen sich befinden. Diefs ist ein genaues Bild der totalen Sonnen-

finsternisse. Eine ganz dunkle Nacht, die unter günstigen Umständen über fünf Minuten dauern kann, begleitet diese Finsternisse. Das plötzliche Verschwinden der Sonne und die darauf folgende dicke Finsterniß erfüllen die Thiere mit Schrecken; die Sterne, die das Tageslicht nicht sichtbar werden liefs, zeigen sich in ihrem ganzen Glanze, und der Himmel erscheint wie in der schwärzesten Nacht. Man hat um die Mondscheibe einen blassen Lichtring bemerkt, welcher wahrscheinlich die Atmosphäre der Sonne selbst ist, denn seine Ausdehnung kann der des Mondes nicht zukommen, und man hat sich durch die Sonnenfinsternisse und Sternbedeckungen versichert, daß diese letztere Atmosphäre beynahe unmerklich ist.

Die Atmosphäre, die man sich um den Mond vorstellen kann, beugt die Lichtstralen gegen den Mittelpunkt dieses Gestirns zu; und wenn, wie das seyn muß, die atmosphärischen Schichten in dem Maasse dünner sind, als sie sich über die Oberfläche des Mondes erheben, so beugen sich diese Stralen, nach dem Eingange in dieselbigen, immer mehr und mehr, und beschreiben eine gegen seinen Mittelpunkt zu hohle krumme Linie.

Ein Beobachter auf dem Monde würde demnach nicht aufhören einen Stern zu sehen, als wenn dieser um einen Winkel, den man die *Horizontalrefraction* nennt, unter seinem Horizonte stünde. Die von diesem im Horizonte erscheinenden Sterne ausgehenden Stralen, würden, nachdem sie an der Oberfläche des Monds hingegangen wären, ihren Weg fortsetzen, und eine Curve beschreiben, die derjenigen ähnlich wäre, durch welche sie dahin gelangt wären; daher würde ein zweyter Beobachter, der, in Ansehung des Sterns, hinter dem Monde stünde, ihn, vermöge der Beugung seiner Stralen, in der Atmosphäre des Monds noch sehen. Der Durchmesser des Monds wird durch die Stralenbrechung seiner Atmosphäre nicht merklich vergrößert; daher wird ein Stern, der vom Monde bedeckt wird, dieses später seyn, als wenn diese Atmosphäre nicht wäre, und aus der nämlichen Ursache wird er auch früher aufhören bedeckt zu seyn, daß also der Einfluß der Atmosphäre des Monds hauptsächlich in der Dauer der Sonnenfinsternisse und Sternbedeckungen vom Monde merklich ist. Vielfältige und genaue Beobachtungen haben diesen Einfluß kaum vermuthen las-

sen, und man hat sich versichert, daß auf der Oberfläche des Monds die Horizontalrefraction nicht über fünf Secunden betrage.

Wir werden in der Folge sehen, daß auf der Oberfläche der Erde diese Refraction zum wenigsten tausendmal grösser ist. Die Atmosphäre des Monds ist also, wenn es eine giebt, äusserst dünne, und in dieser Eigenschaft dem luftleeren Raume, den wir durch unsere besten Luftpumpen hervorbringen können, überlegen. Daraus müssen wir den Schluß ziehen, daß kein Thier der Erde auf dem Monde athmen und leben könnte, und daß, wenn er bewohnt ist, er es nur durch Thiere von anderer Art seyn kann. Die Flüssigkeiten, die durch eine so dünne Atmosphäre nur wenig zusammengedrückt wären, würden sich bald in Dünste auflösen; man hat also Grund zu glauben, daß auf der Oberfläche des Monds alles vest sey, und dieß scheint durch die Beobachtungen desselben mittelst großer Teleskope, die ihn uns als eine trockene Masse zeigen, auf welcher man die Wirkungen und sogar Auswürfe von Vulcanen zu bemerken glaubte, bestätigt zu werden.

Bouguer hat durch Versuche gefunden, daß das Licht des Vollmonds ohngefähr 300000mal schwächer, als das der Sonne ist. Diefs ist die Ursache, warum dieses Licht, wenn es im Brennpunkte der größten Brennspiegel vereiniget wird, auf das Thermometer keine merkliche Wirkung äusert.

Der Mond verschwindet, bey seinen Verfinsterungen, nicht ganz, sondern ist noch mit einem sehr schwachen Lichte erleuchtet, das er von den Sonnenstralen erhält, die in der Atmosphäre der Erde eine Beugung erlitten haben. Seine Helligkeit würde selbst dann noch lebhafter, als im Vollmonde, seyn, wenn nicht so viele dieser Stralen in unserer Atmosphäre verlohren giengen. Man übersieht leicht, daß dieses Licht beträchtlicher seyn müsse bey den Finsternissen, die in der Erdferne, als bey denen, die in der Erdnähe einfallen; die Dünste und Wolken können es so sehr schwächen, daß sie den Mond bey seinen Verfinsterungen ganz unsichtbar machen, und die Geschichte der Astronomie stellt uns einige, obgleich sehr seltene, Beyspiele von einem solchen gänzlichen Verschwinden des Monds auf.

Man unterscheidet noch, besonders bey den Neumonden, den Theil der Mondfläche, der nicht von der Sonne erleuchtet ist. Dieser blasse Schimmer, den man das *aschfarbige Licht* nennt, kommt von dem Lichte her, das die erleuchtete Halbkugel der Erde dem Monde zuwirft, wie man daraus sieht, dafs er gegen den Neumond zu merklicher ist, wenn ein gröfserer Theil dieser Halbkugel dem Monde zugekehrt ist. In der That übersieht man leicht, dafs die Erde einem Beobachter auf dem Monde ähnliche Phasen, wie der Mond uns, zeigen würde, nur würden diese mit einem, nach dem Verhältnisse der gröfseren Ausdehnung der Erdoberfläche stärkeren, Lichte begleitet seyn.

Die Mondscheibe zeigt eine grofse Anzahl unveränderlicher Flecken, die man sorgfältig beobachtet und beschrieben hat. Diese lehren uns, dafs dieses Gestirn uns fast immer die nämliche Halbkugel zuwende; es dreht sich also in der nämlichen Zeit, in welcher es um die Erde läuft, auch um sich selbst.

Denn, wenn man sich die Mondskugel durchsichtig und in ihrem Mittelpunkte einen Beobachter vorstellt, so wird dieser die Erde

und seine Gesichtslinie sich um ihn drehen sehen; und da diese Gesichtslinie fast immer im nämlichen Punkte durch die Mondfläche geht, so erhellet, daß dieser Punkt in der nämlichen Zeit, und in der nämlichen Richtung, wie die Erde, sich um den Beobachter drehen müsse.

Indessen läßt doch eine fortgesetzte Beobachtung der Mondscheibe einige kleine Verschiedenheiten in ihren Erscheinungen bemerken. Man sieht die Flecken wechselsweise sich ihren Rändern nähern, und von ihnen entfernen; diejenigen, welche ihnen sehr nahe sind, verschwinden nach und nach, und erscheinen wieder, indem sie periodische Schwingungen machen, die man mit dem Namen des *Schwankens* oder *Wankens* (der *Libration*) des Mondes bezeichnet hat. Um sich eine richtige Vorstellung von den Hauptursachen dieser Erscheinung zu machen, muß man erwägen, daß die Mondscheibe, vom Mittelpunkte der Erde aus gesehen, von der Peripherie eines größten Kreises der Mondkugel begränzt ist, welcher auf der vom Mittelpunkte der Erde nach dem Mittelpunkte dieser Kugel gehenden Linie lothrecht steht. Auf der Fläche dieses größten Kreises entwirft

sich die der Erde zugekehrte Mondshalbku-  
gel, und ihre Erscheinungen rühren von der Um-  
drehungsbewegung dieses Gestirns in Anse-  
hung seines Radius Vector her. Drehete sich  
der Mond nicht um seine Achse, so würde  
sein Radius Vector, bey jedem seiner Um-  
läufe, die Peripherie eines grössten Kreises  
auf seiner Oberfläche beschreiben, von wel-  
cher uns auf solche Art nach und nach alle  
Punkte sichtbar werden würden. Aber zur  
nämlichen Zeit, da der Radius Vector diese  
Peripherie beschreibt, führt die Mondskugel  
durch ihre Umdrehung immer sehr nahe den  
nämlichen Punkt ihrer Oberfläche unter die-  
sen Radius zurück, und wendet folglich der  
Erde immer die nämliche Halbkugel zu. Die  
Ungleichheiten der Bewegung des Mondes brin-  
gen kleine Verschiedenheiten in seinen Er-  
scheinungen hervor. Denn da seine Umdre-  
hungsbewegung an diesen Ungleichheiten kei-  
nen merklichen Antheil nimmt, so ist sie in  
Ansehung seines Radius Vector, der auf solche  
Art seiner Oberfläche in verschiedenen Punk-  
ten begegnet, veränderlich. Die Mondsku-  
gel macht daher, in Ansehung dieses Radius  
Vector, Schwingungen, die mit den Ungleich-  
heiten ihrer Bewegung übereinstimmen, und

uns gewisse Theile ihrer Oberfläche wechselsweise bald verbergen, bald entdecken.

Ueberdies ist die Achse der Umdrehung des Monds auf der Ebene seiner Bahn nicht genau lothrecht. Setzt man, daß sie während eines Umlaufs der Mondskugel beynahe unbeweglich sey, so ist sie über des Monds Radius Vector hin mehr oder weniger geneigt, und der von diesen beyden Linien eingeschlossene Winkel ist während der einen Hälfte des Umlaufs spitz, während der andern aber stumpf; die Erde sieht daher wechselsweise beyde Pole der Umdrehung und die ihnen nahe liegenden Theile der Mondfläche.

Endlich befindet sich der Beobachter nicht im Mittelpunkte der Erde, sondern auf ihrer Oberfläche; die Gesichtslinie von seinem Auge nach des Monds Mittelpunkte bestimmt die Mitte der sichtbaren Halbkugel, und es ist klar, daß diese Gesichtslinie die Oberfläche des Monds, nach dem Verhältnisse der Mondparallaxe in merklich unterschiedenen Punkten trifft, je nachdem die Höhe desselben über dem Horizonte verschieden ist.

Alle diese Ursachen bringen bey der Mondskugel nur ein scheinbares Schwanken

hervor; sie sind bloß optisch, und afficiren die wahre Umdrehungsbewegung des Mondes nicht. Indessen kann diese Bewegung kleinen Ungleichheiten unterworfen seyn; aber sie sind zu wenig merklich, als daß man sie hätte beobachten können.

Mit den Veränderungen der Ebene des Mondäquators verhält es sich nicht so. Dominicus Cassini wurde dadurch, daß er die Lage derselben aus Beobachtungen der Mondsflecken zu bestimmen suchte, auf folgendes sehr merkwürdige Resultat geführt, welches die ganze astronomische Theorie von dem wahren Schwanken dieses Gestirns in sich begreift: Wenn man sich durch des Mondes Mittelpunkt eine erste Ebene auf seiner Umdrehungsachse lothrecht gedenkt, welche Ebene in die seines Aequators fällt, wenn man sich ferner durch den nämlichen Mittelpunkt eine zweyte Ebene mit der Ekliptik parallel, und als eine dritte die mittlere Ebene der Mondsbahn vorstellt: so haben diese drey Ebenen beständig einen gemeinschaftlichen Durchschnitt. Die zweyte, zwischen den beyden andern liegende Ebene macht mit der ersten einen Winkel von ungefähr  $1^{\circ},67$ , und mit der dritten einen Winkel von  $5^{\circ},7188$ .

So fallen die Durchschnitte des Mondäquators mit der Ekliptik, oder seine Knoten beständig mit den mittlern Knoten der Mondbahn zusammen, und haben, wie diese, eine rückläufige Bewegung, die eine Periode von 6793,3009 Tagen hält. In dieser Zeit beschreiben die beyden Pole des Aequators und der Bahn des Monds kleine Kreise mit der Ekliptik parallel, zwischen die sie den Pol der Ekliptik so einschließen, daß diese drey Pole beständig in einem größten Kreise der Himmelskugel liegen.

Ueber der Oberfläche des Monds erheben sich Berge von ansehnlicher Höhe, deren Schatten in den Ebenen, auf welche sie fallen, Flecken bilden, welche mit der Lage der Sonne wechseln. An den Rändern des erleuchteten Theils der Mondscheibe sieht man diese Berge unter der Gestalt einer eingekerbten Zahmarbeit, die sich über die Erleuchtungsgränze hinaus um eine Gröfse erstreckt, deren Maafs uns belehrt hat, daß ihre Höhe aufs wenigste zehn- bis zwölftausend Fufs betrage. Man erkennt ferner aus der Richtung der Schatten, daß die Oberfläche des Monds mit Vertiefungen übersät ist, die den Beeten unserer Meere ohngefähr ähnlich sind. Endlich scheint die Oberfläche

fläche des Monds auch Spuren von Vulkanen zu zeigen; mehrere Beobachter haben in ihrem noch nicht erleuchteten Theile ein so lebhaftes Licht wahrgenommen, daß sie es sogar einem vulkanischen Ausbruche zugeschrieben haben. Von dieser Ursache läßt sich auch die Bildung mehrerer neuer Flecken herleiten.

### F ü n f t e s   K a p i t e l .

*Von den Planeten,  
und insbesondere vom Merkur und der Venus.*

Mitten unter der unendlichen Zahl funkelnder Punkte, womit das Himmelsgewölbe übersät ist, und die eine beynahe unveränderliche Lage gegen einander behalten, sieht man sechs Sterne in regelmässigen Perioden, und nach verwickelten Gesetzen sich bewegen, deren Untersuchung einer der wichtigsten Gegenstände der Astronomie ist. Diese Sterne, denen man den Namen der *Planeten* gegeben hat, sind: *Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn* und *Uranus*. Die zwey ersten entfernen sich von der Sonne nie über gewisse Gränzen, die andern aber auf alle möglichen Winkelabstände. Die Bewegungen aller dieser Körper sind in einer Zone der Himmelskugel einge-

schlossen, die man den *Thierkreis* genannt hat, und deren Breite von ohngefähr 20 Graden durch die Ekliptik in zwey gleiche Theile getheilt wird.

Merkur entfernt sich von der Sonne nie über 32 Grade. Wenn er des Abends anfängt sichtbar zu werden, so unterscheidet man ihn mit Mühe in den Stralen der Dämmerung. An den folgenden Tagen kommt er mehr und mehr aus denselben hervor, und nachdem er sich ohngefähr auf 25 Grade von der Sonne entfernt hat, geht er wieder zu ihr zurück. Während dieser Zeit ist die Bewegung des Merkurs, auf die Fixsterne bezogen, rechtläufig, wenn aber bey seinem Zurückgehen zur Sonne seine Entfernung von dieser nicht mehr als 20 Grade beträgt, so scheint er stille zu stehen, und seine Bewegung wird hierauf rückläufig. Merkur fährt fort sich der Sonne wieder zu nähern, und endigt damit, daß er sich des Abends in ihren Stralen wieder verliert. Nachdem er daselbst einige Zeit unsichtbar verweilt hat, so sieht man ihn des Morgens wieder aus diesen Stralen hervorgehen und sich von der Sonne entfernen. Seine Bewegung ist rückläufig, wie vor seinem Verschwinden; wenn aber der Planet zum zwanzigsten Grade der Entfernung

von der Sonne gekommen ist, so steht er auf eine neue stille und nimmt hernach wieder eine rechtläufige Bewegung an; so fährt er fort sich bis auf einen Abstand von 25 Graden von der Sonne zu entfernen. In der Folge nähert er sich ihr wieder, verliert sich des Morgens wieder in den Stralen der Morgenröthe, und zeigt sich bald darauf des Abends wieder, um die nämlichen Erscheinungen wieder anzufangen.

Die Weite der grössten Ausweichung des Merkurs von der Sonne auf beyden Seiten derselben ändert sich von 18 bis zu 32 Graden. Die Dauer seiner ganzen Schwingungen, oder seines Ausweichens und Zurückkommens zur nämlichen Lage in Ansehung der Sonne ändert sich auf gleiche Art von 106 bis zu 130 Tagen; der mittlere Bogen seines Rücklaufs beträgt ohngefähr 15 Grade, und dessen mittlere Dauer 23 Tage; aber es finden sich große Verschiedenheiten zwischen diesen Gröfsen bey verschiedenen Rückläufen. Ueberhaupt sind die Bewegungsgesetze des Merkurs sehr verwickelt; sein Ort ist auch nicht genau in der Ebene der Ekliptik, sondern der Planet entfernt sich zuweilen bis über 5 Grade von dieser.

Es gehörte ohne Zweifel eine sehr lange Reihe von Beobachtungen dazu, um die Identität dieser beyden Sterne, die man wechselseitig, bald des Morgens, bald des Abends sich von der Sonne entfernen, und sich ihr wieder nähern sah, zu erkennen. Aber da der eine sich nie zeigte, bevor der andere verschwunden war, so schloß man endlich, dafs es der nemliche Planet wäre, der auf beyden Seiten der Sonne seine Schwingungen machte.

Merkurs scheinbarer Durchmesser ist veränderlich, und seine Veränderungen stehen in offener Beziehung mit seiner Lage gegen die Sonne und mit der Richtung seiner Bewegung. Er ist am kleinsten, wenn der Planet sich des Morgens in den Sonnenstrahlen verliert, oder wenn er des Abends aus denselben hervorkommt; er ist am größten, wenn er des Abends sich in diesen Strahlen verliert, oder des Morgens aus denselben hervorkommt. Seine mittlere Gröfse ist  $21'',3$ .

Zuweilen sieht man ihn in der Zwischenzeit von seinem Verschwinden des Abends bis zu seinem Wiedererscheinen des Morgens unter der Gestalt eines schwarzen Flek-

kens, der eine Chorde der Sonnenscheibe beschreibt, über diese Scheibe wegrücken. Man erkennt ihn an seiner Lage, an seinem scheinbaren Durchmesser, und an seiner rückläufigen Bewegung, welche Umstände alle, mit denen, wie sie alsdann seyn müssen, übereinstimmen. Diese Durchgänge des Merkurs sind wahre ringförmige Sonnenfinsternisse, die uns beweisen, daß dieser Planet sein Licht von der Sonne entlehnt. Durch stark vergrößernde Fernröhre betrachtet zeigt er ähnliche Phasen, wie der Mond, die auch, wie die letztern, gegen die Sonne gerichtet sind, und durch ihre nach der Lage des Planeten in Ansehung der Sonne, und nach der Richtung seiner Bewegung veränderliche Gröfse über die Beschaffenheit seiner Bahn ein großes Licht verbreiten.

Die Venus zeigt die nämlichen Erscheinungen, wie der Merkur, mit dem Unterschiede, daß ihre Phasen viel merklicher, ihre Schwingungen größer, und deren Dauer beträchtlicher ist. Die größte Ausweichung der Venus ändert sich von 50 bis zu 53 Graden, und die mittlere Dauer ihrer ganzen Schwingungen ist 584 Tage. Der Rücklauf fängt an oder endigt sich, wenn der Planet bey seiner

Annäherung zur Sonne, des Abends, oder bey seiner Entfernung von derselben des Morgens ohngefähr 32 Grade von ihr absteht. Der mittlere Bogen seines Rücklaufs beträgt ohngefähr 18 Grade, und dessen mittlere Dauer 42 Tage. Die Venus bewegt sich nicht genau in der Ebene der Ekliptik, sondern kann sich um mehrere Grade von derselben entfernen.

Auch die Venus scheint, wie der Merkur, zuweilen eine Chorde der Sonnenscheibe zu beschreiben. Die Dauer ihrer Durchgänge durch die letztere, in großen Entfernungen auf der Erde beobachtet, ist sehr merklich verschieden. Diefs ist eine Folge von der Parallaxe der Venus, vermöge welcher verschiedene Beobachter sie auf verschiedene Punkte der Sonnenscheibe beziehen, und sie verschiedene Chorden dieser Scheibe beschreiben sehen. Bey dem Durchgange, welcher im Jahre 1769 vorfiel, betrug der Unterschied der Dauer, wie sie zu Otaheiti, auf dem Südmeere, und zu Cajaneburg, im schwedischen Lapplande, war beobachtet worden, mehr, als 15 Minuten. Die Gröfsen dieser Dauer können mit großer Genauigkeit bestimmt werden, ihre Unterschiede geben sehr genau die Parallaxe der Venus und folglich

ihre Entfernung von der Erde im Augenblicke ihrer Conjunction.

Ein merkwürdiges Gesetz, das wir in der Reihe der Entdeckungen, die darauf geführt haben, beybringen werden, knüpft diese Parallaxe an die der Sonne und der Planeten. Daher ist die Beobachtung dieser Durchgänge von großer Wichtigkeit für die Astronomie. Nachdem sie in Zeit von acht Jahren auf einander gefolgt sind, kommen sie erst nach Verfluß von mehr, als einem Jahrhunderte, wieder, um abermal in der kurzen Zeit von acht Jahren wieder auf einander zu folgen, und so immer fort. Die zwey letzten Durchgänge erfolgten in den Jahren 1761 und 1769; die Astronomen begaben sich dabey in die Länder, wo es am vortheilhaftesten war, sie zu beobachten, und aus der Vergleichung ihrer Beobachtungen hat man die Größe der Sonnenparallaxe in ihrer mittleren Entfernung von der Erde auf  $27'',2$  bestimmt.

Die großen Veränderungen des scheinbaren Durchmessers der Venus beweisen uns, daß ihre Entfernung von der Erde sehr veränderlich ist; sie ist am kleinsten im Augenblicke ihres Durchgangs durch die Son-

nenscheibe, und alsdann ist ihr scheinbarer Durchmesser ohngefähr 177". Die mittlere Gröfse dieses Durchmessers ist 51",54.

Die Bewegung einiger auf ihrer Oberfläche beobachteter Flecken zeigt eine Umdrehung an, wozu sie einen Tag zu brauchen scheint; aber dieses Element bedarf noch einer weiteren Bestätigung durch neuere Beobachtungen. Die äußerste Schwierigkeit, auch durch die stärksten Fernröhre diese Flecken gewahr zu nehmen, macht diese Beobachtungen in unsern Klimaten beynahe unmöglich; sie verdienen die Aufmerksamkeit solcher Beobachter, die mehr gegen Mittag unter einem günstigeren Himmelsstriche wohnen.

Die Venus übertrifft an Helligkeit die übrigen Planeten und die Fixsterne; bisweilen glänzt sie so lebhaft, dafs man sie am hellen Tage mit blofsen Augen sieht.

Diese Erscheinung, die sehr oft vorfällt, erregt immer ein großes Erstaunen; und der Pöbel setzt sie, in seiner leichtglaubigen Unwissenheit, immer mit gleichzeitigen merkwürdigen Begebenheiten in Verbindung.



## Sechstes Kapitel,

*Vom Mars.*

Die zwey so eben betrachteten Planeten scheinen die Sonne wie Trabanten zu begleiten, und ihre mittlere Bewegung um die Erde ist mit der dieses Gestirns einerley. Die übrigen Planeten entfernen sich auf jede möglichen Winkelabstände von der Sonne; aber ihre Bewegungen haben mit ihrer Lage merkwürdige Beziehungen.

Mars scheint uns von Abend gegen Morgen sich um die Erde zu bewegen; die mittlere Dauer seines Sideralumlaufts ist 686,979579 Tage.

Seine Bewegung ist sehr ungleich; wenn man den Planeten des Morgens bey seinem Hervortreten aus den Sonnenstralen wieder erblickt, so ist diese Bewegung rechtläufig und am schnellsten; sie wird hierauf allmählig langsamer, und gleich Null, wenn der Planet ohngefähr  $152^{\circ}$  von der Sonne absteht; von da an verwandelt sie sich in eine rückläufige Bewegung, deren Geschwindigkeit bis auf den Augenblick der Opposition des Mars mit diesem Gestirne zunimmt. Nachdem sie aber alsdann ihr Maximum erreicht

hat, so nimmt sie wieder ab, und wird gleich Null, wenn Mars bey seiner Wiederannäherung zur Sonne, dieser auf  $152^{\circ}$  nahe gekommen ist. In der Folge wird die Bewegung wieder rechtläufig, nachdem sie 73 Tage lang rückläufig gewesen ist, und der Planet während dieser Zeit einen Bogen seines Rücklaufs von ohngefähr 18 Graden beschrieben hat. Er fährt nun so lange fort, sich der Sonne wieder zu nähern, bis er sich des Abends in ihren Stralen verliert. Diese sonderbaren Erscheinungen erneuern sich mit allen Oppositionen des Mars mit sehr grossen Verschiedenheiten in Absicht auf die Weite und Dauer des Rücklaufs.

Mars bewegt sich nicht genau in der Ebene der Ekliptik, sondern weicht zuweilen um mehrere Grade davon ab. Die Veränderungen seines scheinbaren Durchmessers sind sehr groß; er hat, bey seiner mittleren Größe, ohngefähr  $30''$ , und nimmt in eben dem Maafse zu, als der Planet sich seiner Opposition nähert, wo er bis auf  $90''$  anwächst. Alsdann wird die Parallaxe des Mars merklich, und ohngefähr doppelt so groß, als die der Sonne. Zwischen den Parallaxen der Sonne und des Mars hat das nämliche

Gesetz Statt, wie zwischen denen der Sonne und der Venus, und die Beobachtung der Parallaxe des Mars hat die Sonnenparallaxe schon sehr nahe bekannt gemacht, ehe noch die Durchgänge der Venus mit größerer Genauigkeit bestimmt werden konnten.

Man bemerkt, daß die Scheibe des Mars, nach seiner Lage gegen die Sonne, ihre Gestalt verändert, und merklich oval wird; diese Phasen beweisen also, daß er von ihr sein Licht erhält. Aus den Flecken, die man auf seiner Oberfläche deutlich bemerkt, hat man gefunden, daß er sich von Abend gegen Morgen um sich selbst drehet, und zwar in Zeit von 1,02733 Tag, und um eine Achse, die gegen die Ekliptik um  $66^{\circ},33$  geneigt ist.

---

## Siebentes Kapitel.

### *Vom Jupiter und von seinen Trabanten.*

Jupiter bewegt sich von Abend gegen Morgen in einer Periode von 4332,602208 Tagen, und ist dabey ähnlichen Ungleichheiten, wie der Mars, unterworfen. Vor sei-

ner Opposition mit der Sonne, wenn er von ihr ohngefähr 128 Grade entfernt ist, wird seine Bewegung rückläufig, und nimmt, bis zum Augenblicke der Opposition, an Geschwindigkeit zu; nachher wird sie langsamer, und wieder rechtläufig, wenn der Planet, bey seiner Wiederannäherung zur Sonne, ihr wieder bis auf 128 Grade nahe gekommen ist. Die Dauer dieser rückläufigen Bewegung beträgt ungefähr 121 Tage, und der Bogen des Rücklaufs 11 Grade; aber es finden sich merkliche Unterschiede in Absicht auf die Weite und Dauer verschiedener Rückläufe Jupiters. Dieser Planet bewegt sich nicht genau in der Ebene der Ekliptik, sondern entfernt sich zuweilen um drey bis vier Grade davon.

Auf Jupiters Oberfläche bemerkt man mehrere dunkle Streifen, die einander selbst und der Ekliptik merklich parallel sind; ausser diesen bemerkt man auf derselben noch andere Flecken, deren Bewegung die Umdrehung dieses Planeten von Abend gegen Morgen um eine auf der Ebene der Ekliptik beynahe lothrechte Achse, und in Zeit von 0,41377 Tage bekannt gemacht hat. Die Veränderungen einiger dieser Flecken, und

die merklichen Unterschiede in der Dauer der Umdrehungen, die sich aus ihren Bewegungen ergeben, führen auf die Vermuthung, daß sie nicht an der Jupiterskugel selbst haften. Sie scheinen vielmehr eben so viele Wolken zu seyn, welche die Winde in einer stark bewegten Atmosphäre mit verschiedenen Geschwindigkeiten fortreiben.

Jupiter ist, nach der Venus, der glänzendste Planet; ja zuweilen übertrifft er sogar diese noch an Helligkeit. Sein scheinbarer Durchmesser erreicht die höchste mögliche Größe in den Oppositionen, wo er bis auf 149" steigt; seine mittlere Größe ist 120" in der Richtung des Aequators genommen, aber er ist nicht in jeder Richtung gleich. Der Planet ist bey den Polen seiner Umdrehung merklich abgeplattet, und man hat durch sehr genaue Messungen gefunden, daß sein Durchmesser in der Richtung der Pole zum Durchmesser seines Aequators sich sehr nahe wie 13 zu 14 verhalte.

Man beobachtet um den Jupiter vier kleine Sterne, die ihn ohne Aufhören begleiten. Ihre Stellung ändert sich jeden Augenblick; sie machen ihre Schwingungen auf beyden Seiten des Planeten, und nach der

ganzen Länge dieser Schwingungen bestimmt man die Ordnung dieser Trabanten, so, daß man den den *ersten* nennt, dessen Schwingung die kürzeste ist. Man sieht sie zuweilen über Jupiters Scheibe weggehen, und ihren Schatten darauf werfen, welcher alsdann eine Chorde dieser Scheibe beschreibt. Jupiter und seine Trabanten sind also dunkle Körper, die von der Sonne erleuchtet werden. Wenn die Trabanten zwischen die Sonne und den Jupiter treten, so verursachen sie auf diesem Planeten wahre Sonnenfinsternisse, die denen völlig ähnlich sind, welche der Mond auf der Erde bewirkt.

Diese Erscheinung führt zur Erklärung einer andern, welche die Trabanten zeigen. Man sieht sie nemlich oft verschwinden, ungeachtet sie noch weit von der Scheibe des Planeten entfernt sind; der dritte und vierte erscheinen zuweilen sogar auf der nämlichen Seite dieser Scheibe wieder. Diefen Mondsfinsternissen ganz ähnliche Verschwinden läßt sich allein aus dem Schatten erklären, den Jupiter, der Sonne gegenüber, hinter sich wirft. Die Umstände, die es begleiten, setzen die Wirklichkeit dieser Ursache außer allem Zweifel. Man sieht die Trabanten im-

mer auf der der Sonne entgegengesetzten Seite von Jupiters Scheibe, folglich auf einerley Seite mit dem Schattenkegel, den er wirft, verschwinden; sie werden näher bey dieser Scheibe verfinstert, wenn der Planet seiner Opposition näher ist; endlich kommt die Dauer ihrer Verfinsterungen genau mit der Zeit überein, die sie anwenden müssen, um durch Jupiters Schattenkegel zu gehen. Die Trabanten bewegen sich also von Abend gegen Morgen in Bahnen, die diesen Planeten einschließen.

Die Beobachtung ihrer Verfinsterungen ist das genaueste Hülfsmittel zur Bestimmung ihrer Bewegungen. Aus der Vergleichung solcher, um einen großen Zeitraum entfernter und in der Nähe von den Oppositionen des Planeten beobachteter Verfinsterungen erhält man sehr genau ihre mittleren Bewegungen, die siderische und die synodische aus Jupiters Mittelpunkte gesehen. Man findet auf diese Art, daß die Bewegung der Jupiterstrabanten beynahe kreisförmig und gleichförmig ist, weil diese Hypothese den Verfinsterungen, wobey wir diesen Planeten in der nämlichen Lage gegen die Sonne sehen, ziemlich nahe Genüge thut. Man kann daher die Lage der Jupiters-

trabanten, aus des Planeten Mittelpunkte gesehen, für jeden Augenblick bestimmen.

Hieraus ergiebt sich eine einfache und sehr genaue Methode, die Entfernungen des Jupiters und der Sonne von der Erde mit einander zu vergleichen. Die alten Astronomen kannten diese Methode nicht; denn, da Jupiters Parallaxe auch selbst für die Genauigkeit der neuern Beobachtungen, und wenn er uns am nächsten ist, unmerklich ist, so urtheilten sie über seine Entfernung blofs nach der Dauer seines Umlaufs, indem sie die Planeten für entfernter hielten, die zu ihrem Umlaufe eine längere Zeit brauchen.

Gesetzt, man habe die ganze Dauer einer Verfinsternung des dritten Trabanten beobachtet. In der Mitte der Verfinsternung war der Trabant, aus Jupiters Mittelpunkte gesehen, sehr nahe in Opposition mit der Sonne; sein siderischer Stand, aus diesem Mittelpunkte gesehen, den man aus seiner mittleren Bewegung leicht bestimmen kann, war demnach damals einerley mit dem von Jupiters Mittelpunkte, aus dem Mittelpunkte der Sonne gesehen. Die directe Beobachtung oder die bekannte Bewegung der Sonne giebt die Lage der Erde aus dem Mittelpunkte dieses Gestirns gesehen.

hen. Gedenkt man sich also ein Dreyeck, das die Linien einschliessen, welche die Mittelpunkte der Sonne, der Erde und des Jupiters verbinden, so hat man in demselben den Winkel an der Sonne; die Beobachtung giebt den Winkel an der Erde, und man hat also für den Augenblick der Mitte der Verfinsternung die geradlinigten Abstände Jupiters von der Erde und von der Sonne, in Theilen des Abstandes der Sonne von der Erde.

Man findet durch dieses Mittel, daß Jupiter zum wenigsten fünfmal weiter von uns entfernt ist als die Sonne, wenn sein scheinbarer Durchmesser 120" ist. In der nämlichen Entfernung würde der Durchmesser der Erde nur unter einem Winkel von 11" erscheinen; der Raumsinhalt des Jupiters ist also zum wenigsten tausendmal grösser als der der Erde.

## A c h t e s   K a p i t e l .

*Vom Saturn, von seinen Trabanten und seinem Ringe.*

Die Periode der siderischen Bewegung des Saturns um die Erde ist 10759,077213 Tage; diese Bewegung, die von Abend gegen Morgen, und sehr nahe in der Ebene der Ekliptik vor sich geht, ist ähnlichen Ungleichheiten, wie die Bewegungen des Jupiters und Mars unterworfen. Sie fängt an und hört auf rückläufig zu seyn, wenn der Planet vor und nach seiner Opposition ohngefähr um  $121^{\circ}$  von der Sonne entfernt ist; die Dauer dieses Rücklaufs ist ohngefähr 139 Tage, und der Bogen desselben ohngefähr 7 Grade. Im Augenblicke der Opposition ist Saturns Durchmesser am größten; seine mittlere Gröfse ist  $54''{,}4$ .

Saturn zeigt eine Erscheinung, die im Weltsystem einzig ist. Man sieht ihn fast immer in der Mitte von zwey kleinen Körpern, die an ihm zu haften scheinen, und deren Gestalt und Gröfse sehr veränderlich ist; zuweilen verschwinden sie sogar, und alsdann erscheint Saturn rund, wie die andern Planeten. Durch sorgfältige Verfolgung dieser sonderbaren Erscheinungen, und durch Zusammenstel-

lung derselben mit Saturns Lagen gegen die Sonne und die Erde hat Huygens gefunden, daß sie die Wirkungen eines breiten und dünnen, die Saturnskugel auf allen Seiten frey umgebenden Ringes sind. Dieser gegen die Ebene der Ekliptik um  $34^{\circ},8$  geneigte Ring, zeigt sich der Erde nie anders als schief, unter der Gestalt einer Ellipse, deren Breite, wenn sie am größten ist, ohngefähr die Hälfte ihrer Länge beträgt. In dieser Lage ragt ihre kleine Achse über die Scheibe des Planeten hervor. Die Ellipse zieht sich hierauf mehr und mehr in die Länge, in dem Maasse, wie die Gesichtslinie vom Saturn nach der Erde tiefer unter die Ebene des Rings fällt, dessen hinterer Bogen damit endigt, daß er sich hinter den Planeten versteckt; der vordere Bogen fällt mit ihm zusammen, aber sein Schatten, den er auf Saturns Scheibe wirft, bildet daselbst einen dunkeln Streifen, den man durch starke Fernröhre beobachtet, und welcher beweist, daß Saturn und sein Ring dunkle Körper sind, die von der Sonne erleuchtet werden. Alsdann unterscheidet man nur noch die Theile des Rings, die sich auf beyden Seiten über den Saturn hinaus erstrecken; auch diese Theile nehmen nach und nach an Breite ab, und verschwinden endlich, wenn die Erde,

vermöge der Bewegung des Saturns, in der Ebene des Rings ist, dessen Dicke zu unbedeutend ist, um bemerkt zu werden. Der Ring verschwindet auch noch, wenn die Sonne seine Fläche so trifft, daß sie nur seine Dicke erleuchtet. Er bleibt so lange unsichtbar, als seine Fläche zwischen der Sonne und der Erde sich befindet, und er erscheint nur dann wieder, wenn die Sonne und die Erde, vermöge der respectiven Bewegungen Saturns und der Sonne, auf der nämlichen Seite dieser Fläche stehen.

Da die Fläche des Rings bey jedem halben Umlaufe des Saturns der Sonnenbahn begegnet, so erneuern sich die Erscheinungen seines Verschwindens und seines Wiedererscheinens ohngefähr alle fünfzehn Jahre, aber mit oft abwechselnden Umständen; man kann alsdann den Ring im nämlichen Jahre zwey- und mehrmal erscheinen und wiedererscheinen sehen.

Zu der Zeit, da der Ring verschwindet, sendet seine Dicke uns das Sonnenlicht zu, aber in zu geringem Maasse, als daß es merklich wäre.

Man begreift indessen leicht, daß um ihn gewahr zu nehmen, man nur die Vergrößerung der Teleskope zu verstärken brauche; und dieß hat auch Herschel, bey dem letzten

Verschwinden des Rings durch die Erfahrung bewiesen, indem er nie aufhörte, ihn zu sehen, während er für alle andere Beobachter verschwunden war.

Des Rings Neigung gegen die Ekliptik mißt man nach der größten Oeffnung der Ellipse, die er uns zeigt; die Lage seiner Knoten kann man durch die scheinbare Lage Saturns bestimmen, weil, beym Verschwinden und Wiedererscheinen des Rings die Erde in seiner Ebene liegt. Alle Erscheinungen des Verschwindens und Wiedererscheinens, woraus sich die nämliche siderische Lage der Knoten des Rings ergibt, erfolgen aus der Ursache, weil seine Ebene durch die Erde geht; die übrigen entstehen daher, daß diese Ebene durch die Sonne geht. Man kann demnach aus dem Orte Saturns, zur Zeit, da der Ring wieder erscheint oder verschwindet, erkennen, ob diese Erscheinung davon herrühre, daß seine Ebene durch die Sonne, oder davon, daß sie durch die Erde gehet. Gehet diese Ebene durch die Sonne, so giebt die Lage seiner Knoten, die des Saturns aus dem Mittelpunkte der Sonne gesehen, und alsdann kann man die geradlinigte Entfernung Saturns von der Erde bestimmen, wie man die des Jupiters, ver-

mittelst der Verfinsterungen seiner Trabanten bestimmt. Man findet auf solche Art, daß Saturn ohngefähr neun und ein halbmal weiter als die Sonne von uns entfernt ist, wenn sein scheinbarer Durchmesser  $54''{,}4$  groß ist.

Die scheinbare Breite des Rings ist seiner Entfernung von der Oberfläche Saturns ohngefähr gleich; eine wie die andere scheint dem dritten Theile vom Durchmesser dieses Planeten gleich zu seyn; aber wegen der Irradiation muß die wahre Breite des Rings kleiner seyn. Seine Oberfläche ist nicht zusammenhängend; ein schwarzer mit ihm concentrischer Streifen theilt sie in zwey Theile, welche zwey abgesonderte Ringe zu bilden scheinen. Aus der Beobachtung einiger hellen Punkte dieses Rings hat Herschel gefunden, daß er sich in Zeit von 0,437 Tag von Abend gegen Morgen um eine Achse dreht, die auf seiner Ebene lothrecht ist, und durch Saturns Mittelpunkt geht.

Man hat bey diesem Planeten sieben Trabanten beobachtet, die sich von Abend gegen Morgen in beynahe kreisförmigen Bahnen um ihn drehen. Die sechs ersten bewegen sich sehr nahe in der Ebene des Rings; die Bahn des siebenten nähert sich mehr der

Ebene der Ekliptik. Wenn dieser Trabante auf der Morgenseite Saturns steht, so wird sein Licht so schwach, daß es sehr schwer wird, ihn gewahr zu nehmen, was nur von Flecken herrühren kann, welche die Halbkugel, die er uns zuwendet, bedecken; aber um uns diese Erscheinung beständig in der nämlichen Lage zu zeigen, wird erfordert, daß dieser Trabante sich, wie der Mond, in einer Zeit, die der seines Umlaufs um den Saturn gleich ist, um sich selbst drehe.

Eben dieses hat Herschel durch directe Beobachtung seiner Flecken bestätigt.

Saturns Durchmesser sind einander nicht gleich; derjenige, welcher auf der Ebene des Rings lothrecht steht, scheint zum wenigsten um ein Eilftel kleiner, als der, welcher in dieser Ebene liegt. Vergleicht man diese Abplattung mit der des Jupiters, so kann man mit großer Wahrscheinlichkeit daraus schließen, daß Saturn sich um seinen kleinern Durchmesser mit großer Schnelligkeit drehe, und der Ring sich in der Ebene seines Aequators bewege. Herschel hat auch dieses Resultat durch directe Beobachtungen bestätigt. Er hat nämlich die Dauer der Umdrehung des Saturns, welche, wie alle Bewe-

gungen, im Planetensysteme, von Abend gegen Morgen zu geschieht, 0,428 Tage gleich gefunden.

Ueberdies hat er auch auf der Oberfläche dieses Planeten fünf, dem Aequator desselben beynahe *parallele*, *Streifen* beobachtet.

---

## Neuntes Kapitel.

### *Vom Uranus und seinen Trabanten.*

Die fünf bisher betrachteten Planeten waren im höchsten Alterthume bekannt, der Planet Uranus aber war, durch seine Kleinheit, den alten Beobachtern entgangen. Flamsteed hatte ihn schon am Ende des verflossenen, Mayer und le Monnier im gegenwärtigen Jahrhunderte als einen kleinen Fixstern beobachtet; aber erst im Jahre 1781 erkannte Herschel seine Bewegung, und bald nachher brachte man es, durch sorgfältige Verfolgung desselben zur Gewißheit, daß er ein wahrer Planet ist.

Uranus bewegt sich, wie Mars, Jupiter und Saturn, von Abend gegen Morgen um

die Erde; die Dauer seines Sideralumlaufts ist 30689,00 Tage; seine Bewegung, die sehr nahe in der Ebene der Ekliptik vor sich geht, fängt an rückläufig zu werden, wenn der Planet vor der Opposition  $115^{\circ}$  von der Sonne entfernt ist; sie hört auf, es zu seyn, wenn er, nach der Opposition, bey seiner Wiederannäherung zur Sonne, ihr bis auf  $115^{\circ}$  nahe gekommen ist. Die Dauer seines Rücklaufs ist ohngefähr 151 Tage, und der Bogen desselben 4 Grade. Wenn man die Entfernung des Uranus nach der Langsamkeit seiner Bewegung beurtheilt, so muß er an den Grenzen des Planetensystems seyn. Sein scheinbarer Durchmesser ist sehr klein, und erstreckt sich kaum auf 12 Secunden. Herschel hat, mittelst eines sehr großen Teleskops, zwey Trabanten um diesen Planeten entdeckt, die sich in beynahe kreisförmigen, und auf der Ebene der Ekliptik fast lothrechten Bahnen bewegen.

---

## Zehntes Kapitel.

*Von den Kometen.*

Oft sieht man Sterne, welche von Anfange beynahe unmerklich sind, bald aber an Gröſſe und Geschwindigkeit wachsen, hierauf wieder abnehmen, und endlich aufhören sichtbar zu seyn.

Diese Sterne, die man Kometen nennt, erscheinen fast immer mit einem Nebel begleitet, welcher anwächst, und sich zuweilen in einen sehr langen Schweif endigt, dessen Materie sehr dünne ist, da man die Fixsterne dadurch sieht.

Die Erscheinung der mit solchen langen Lichtschweiften begleiteten Kometen hat lange Zeit hindurch die Menschen in Schrecken gesetzt, die immer durch außerordentliche Begebenheiten, deren Ursachen ihnen unbekannt sind, erschüttert werden. Das Licht der Wissenschaften hat diese leeren Schrecknisse, welche die Kometen, die Finsternisse und noch viele andere Erscheinungen in den Jahrhunderten der Unwissenheit mit sich führten, zerstreut.

Die an dem Kometen des Jahrs 1744, von welchem man nur die Hälfte seiner er-

leuchteten Scheibe sahe, beobachtete Lichtgestalt beweist, daß diese Sterne dunkle Körper sind, die ihr Licht von der Sonne entlehnen.

Die Kometen nehmen, wie alle Gestirne, an der täglichen Bewegung des Himmels Theil, und dieß, mit der Kleinheit ihrer Parallaxe zusammengenommen, giebt zu erkennen, daß sie keine, in unserer Atmosphäre entstandene Meteore sind. Ihre eigenen Bewegungen sind sehr verwickelt; sie erfolgen nach allen Richtungen, und bleiben nicht, wie die der Planeten, in der Richtung von Abend nach Morgen, und in Ebenen, die gegen die Ekliptik nur wenig geneigt sind.

---

## Eilftes Kapitel.

### *Von den Fixsternen und ihrer Bewegung.*

Die Parallaxe der Fixsterne ist unmerklich; wenn man sie durch die stärksten Teleskope betrachtet, ziehen sich ihre Scheibchen in leuchtende Punkte zusammen, und darin sind sie von den Planeten unterschieden, deren scheinbare GröÙe die Teleskope vermehren.

Die Kleinheit des scheinbaren Durchmessers der Fixsterne zeigt sich besonders durch die kurze Zeit, die sie bey ihren Bedeckungen vom Monde brauchen, um zu verschwinden, welche, da sie keine ganze Secunde beträgt, zu erkennen giebt, daß dieser Durchmesser kleiner ist, als fünf Secunden eines Grads.

Die Lebhaftigkeit des Lichts der glänzendsten Fixsterne, verglichen mit der Kleinheit ihrer scheinbaren Scheiben, macht es glaublich, daß sie viel weiter von uns entfernt seyen, als die Planeten, und daß sie nicht, wie diese, ihr Licht von der Sonne entlehnen, sondern für sich selbst leuchten. Und da die kleinsten Fixsterne den nämlichen Gesetzen, wie die glänzendsten, unterworfen sind, und beständig einerley Lage gegen einander behalten, so ist es sehr wahrscheinlich, daß alle diese Gestirne einerley Natur haben, und daß sie eben so viele, mehr oder weniger große leuchtende Körper seyen, die, jenseits der Gränzen des Planetensystems in größerer oder geringerer Entfernung liegen.

Man bemerkt an dem Lichte mehrerer Sterne, die man defswegen *veränderliche* nennt, periodische Abwechselungen der Stärke.

Zuweilen hat man auch Sterne fast augenblicklich sich zeigen, und wieder verschwinden gesehen, nachdem sie einige Zeit mit dem lebhaftesten Glanze gefunktelt hatten. Von dieser Art war der berühmte Stern, der im Jahre 1572 im Sternbilde der Kassiopeia gesehen wurde; er übertraf in kurzer Zeit die Helligkeit der schönsten Fixsterne und selbst des Jupiters; sein Licht wurde hierauf schwächer, und er verschwand, sechzehn Monate nach seiner Entdeckung gänzlich, ohne dafs er während dieser Zeit seinen Platz am Himmel verändert hätte. Seine Farbe litt beträchtliche Veränderungen; sie war von Anfange glänzendweifs, wurde in der Folge röthlichgelb, und zuletzt bleyfärbigweifs. Was ist die Ursache dieser Erscheinungen? Sehr grofse Flecken, die die Sterne uns periodisch zeigen, indem sie sich um sich selbst drehen, ohngefähr wie der letzte Saturnstrabante, und die Dazwischenkunft grofser dunkler Körper, die sich um sie bewegen, sind hinreichend, um die periodischen Abwechselungen der veränderlichen Sterne zu

erklären. Was die Sterne betrifft, die sich beynahe plötzlich mit einem sehr lebhaften Lichte zeigten, um sofort wieder zu verschwinden, so kann man mit Wahrscheinlichkeit vermuthen, daß große, durch außerordentliche Ursachen veranlafte Entzündungen auf ihrer Oberfläche vorgefallen seyen; und diese Vermuthung bestätigt sich durch die Veränderung ihrer Farbe, die derjenigen ähnlich ist, welche uns auf der Erde die Körper zeigen, die wir in Brand gerathen und verlöschen sehen.

Ein weißes Licht von unregelmäßiger Gestalt, welchem man den Namen der *Milchstrafse* gegeben hat, umgiebt den Himmel wie ein Gürtel. Man entdeckt darin vermittelst des Teleskops eine so große Anzahl kleiner Sterne, daß es sehr wahrscheinlich ist, daß die Milchstrafse nichts anders, als die Vereinigung dieser Sterne sey, die uns nahe genug an einander zu stehen scheinen, um ein zusammenhängendes Licht vorzustellen. Man bemerkt noch an verschiedenen Stellen des Himmels kleine weiße Flecken, die von gleicher Natur mit der Milchstrafse zu seyn scheinen. Mehrere von ihnen zeigen durchs Teleskop eine ähnliche Vereinigung einer gros-

sen Anzahl von Sternen; andere zeigen bloß ein zusammenhängendes weißes Licht, vielleicht wegen ihrer großen Entfernung, welche das Licht der Sterne, woraus sie bestehen, mit einander vermischt. Diese Flecken nennt man *Nebelflecken*.

Die respective Unbeweglichkeit der Fixsterne hat die Astronomen bestimmt, auf sie, als auf eben so viele feste Punkte, die eigenen Bewegungen der andern Himmelskörper zu beziehen. Dazu aber war es nöthig, sie in Klassen zu bringen, um sie wieder zu erkennen; und in dieser Absicht hat man den Himmel in verschiedene Sterngruppen, die man *Sternbilder* nennt, getheilt.

Es war ferner nöthig, die Lage der Fixsterne an der Himmelskugel mit Genauigkeit bestimmt zu haben, und dazu gelangte man auf folgende Art:

Man gedachte sich durch die beyden Weltpole und den Mittelpunkt eines Sterns einen größten Kreis, den man *Declinationskreis* nannte, und welcher den Aequator lothrecht schneidet. Der Bogen dieses Kreises zwischen dem Aequator und dem Mittelpunkte des Sterns mißt seine *Abweichung*, welche

nördlich oder südlich ist, nach dem Namen des Pols, bey dem er am nächsten steht.

Da alle Sterne, die in einerley Parallele des Aequators liegen, einerley Abweichung haben, so bedarf man zur Bestimmung ihrer Lage ein neues Element. Dazu hat man nun den Bogen des Aequators zwischen dem Abweichungskreise und dem Punkte der Frühlingsnachtgleiche gewählt. Diesen Bogen vom Frühlingspunkte an nach der Richtung der eigenen Bewegung der Sonne, d. h. von Abend gegen Morgen gerechnet, nennt man die *gerade Aufsteigung*; so wird die Lage der Sterne durch ihre gerade Aufsteigung und Abweichung bestimmt.

Die Mittagshöhe eines Sterns, verglichen mit der Polhöhe, giebt seine Entfernung vom Aequator, oder seine Abweichung. Die Bestimmung der geraden Aufsteigung machte den alten Astronomen mehr Schwierigkeiten wegen der Unmöglichkeit, worin sie sich befanden, die Sterne geradezu mit der Sonne zu vergleichen. Da der Mond bey Tage mit der Sonne, und bey Nacht mit den Sternen verglichen werden kann, so bedienten sie sich seiner Vermittelung, um den Unterschied zwischen der geraden Aufsteigung der Sonne und

und

und der Sterne zu messen, mit Rücksicht auf die eigenen Bewegungen des Monds und der Sonne in der Zwischenzeit der Beobachtungen. Die Theorie der Sonne giebt sofort ihre gerade Aufsteigung; und daraus leiteten sie die geraden Aufsteigungen einiger der vornehmsten Fixsterne her, auf welche sie die übrigen bezogen.

Durch dieß Hülfsmittel verfertigte Hipparch das erste Fixsternverzeichniß, das uns bekannt worden ist. Erst lange Zeit hernach gab man dieser Methode dadurch eine größere Genauigkeit, daß man, anstatt des Monds, sich der Venus dazu bediente, die man bisweilen am hellen Tage sehen kann, und deren Bewegung während einer kurzen Zeit langsamer und weniger ungleich ist, als die des Monds. Jetzt, da die wichtige Anwendung des Pendels auf die Uhren ein sehr genaues Zeitmaas giebt, können wir geradezu, und viel genauer, als die alten Astronomen, den Unterschied der geraden Aufsteigung eines Sterns und der Sonne aus der zwischen ihren Durchgängen durch den Meridian verflossenen Zeit bestimmen.

Auf eine ähnliche Art kann man die Lage der Sterne auch auf die Ekliptik be-

ziehen, was besonders in der Theorie des Monds und der Planeten nützlich ist. Man gedenkt sich zu dem Ende durch den Mittelpunkt des Sterns einen grössten Kreis auf die Ebene der Ekliptik lothrecht, den man einen *Breitenkreis* nennt. Der Bogen dieses Kreises zwischen der Ekliptik und dem Sterne misst seine *Breite*, welche nördlich oder südlich ist, nach dem Namen des auf der nämlichen Seite der Ekliptik liegenden Pols. Den Bogen der Ekliptik zwischen dem Breitenkreise und dem Frühlingspunkte von dem letzteren an in der Richtung von Abend gegen Morgen gerechnet, nennt man die *Länge* des Sterns, dessen Lage auf solche Art durch seine Länge und Breite bestimmt ist.

Man begreift leicht, dafs, wenn die Neigung der Ekliptik gegen den Aequator bekannt ist, die Länge und Breite eines Sterns aus seiner beobachteten geraden Aufsteigung und Abweichung hergeleitet werden können.

Es waren nur wenige Jahre erforderlich, um die Veränderung der Sterne in gerader Aufsteigung und Abweichung zu erkennen.

So bald man bemerkte, dafs, während sie ihre Lage gegen den Aequator veränder-

ten, sie die nämliche Breite behielten; so schloß man auch daraus, daß ihre Veränderungen in gerader Aufsteigung und Abweichung nur von der Bewegung der Himmelskugel um die Pole der Ekliptik herrühren könnten.

Man kann diese Veränderungen auch darstellen, wenn man die Sterne für unbeweglich annimmt, und die Pole des Aequators um die der Ekliptik sich bewegen läßt. Bey dieser Bewegung bleibt die Neigung des Aequators gegen die Ekliptik die nämliche, und seine Knoten, oder die Punkte der Nachtgleichen weichen gleichförmig jedes Jahr  $155'',09$  zurück. Man hat im Vorhergehenden gesehen, daß dieß Zurückweichen der Aequinoctialpunkte das tropische Jahr etwas kürzer macht, als das siderische; so hangen also der Unterschied des siderischen und tropischen Jahrs und die Veränderungen der Sterne in gerader Aufsteigung und Abweichung von dieser Bewegung ab, durch welche der Pol des Aequators jährlich einen Bogen von  $155'',09$  eines kleineren, der Ekliptik parallelen Kreises der Himmelskugel beschreibt. Und darin besteht die unter

dem Namen des *Vorrückens der Nachtgleichen* \*) bekannte Erscheinung.

Die Genauigkeit, welche die neuere Astronomie hauptsächlich der Anwendung der Fernröhre bey den astronomischen Werkzeugen und der des Pendels bey den Uhren

\*) Jeder Leser, der nicht schon vorher genau weiß, was man eigentlich mit dieser Benennung bezeichnet, wird hier Anstofs nehmen, und fragen: „Wenn diese Erscheinung, nach der obigen Erklärung, darin besteht, daß die Punkte der Nachtgleichen jährlich um eine gewisse Größe zurückweichen, wie konnte man ihr denn den Namen des *Vorrückens der Nachtgleichen* beylegen, der gerade das Entgegengesetzte anzudeuten scheint?“ Es ist allerdings eine sehr tadelhafte und manche Verwirrungen veranlassende Verwechslung, das *Vorrücken der Nachtgleichen* zu nennen, was in der That ein *Vorrücken der Sterne* und *Zurückweichen der Nachtgleichen* ist, indem die Verrückung der Aequinoctialpunkte nach einer Richtung erfolgt, die der Ordnung der Zeichen entgegen ist. Diese Verwechslung läßt sich kaum dadurch einigermaßen entschuldigen, daß man im gemeinen Leben die Wörter: *Vorrücken* und *Fortrücken* öfters, als gleichgiltig, mit einander verwechselt, so daß man durch's eine wie durch's andere ein bloßes *Vorrücken* andeutet, ohne zu bestimmen, ob die Richtung desselben *vorwärts* oder *rückwärts* gehe. Allein solche Verwechslungen, die im gemeinen Leben tadelhaft sind, sollten in Wissenschaften, besonders in solchen, die sonst durchgängig das Gesetz beobachten, jedes Wort in seiner eigentlichen, und immer nur in einerley Bedeutung zu gebrauchen, schlechterdings nicht aufgenommen werden.

verdankt, hat in der Neigung des Aequators gegen die Ekliptik, und in dem Vorrücken der Nachtgleichen kleine periodische Ungleichheiten bemerken lassen. Bradley, welcher sie entdeckt, und mehrere Jahre hindurch mit der äußersten Sorgfalt verfolgt hat, hat es auch so weit gebracht, das Gesetz derselben zu bestimmen, welches sich auf folgende Art darstellen läßt.

Man gedenkt sich den Pol des Aequators in gleichförmiger Bewegung auf der Peripherie einer kleinen Ellipse, die die Himmelskugel berührt, und deren Mittelpunkt, den man als den mittleren Pol des Aequators betrachten kann, gleichförmig jedes Jahr  $155'',09$  des Parallelkreises der Ekliptik beschreibt, auf welchem er liegt. Die große Achse dieser Ellipse, die immer den Breitenkreis berührt, und in seiner Ebene liegt, mißt einen Winkel von ohngefähr  $62'',2$ , und die kleine Achse mißt einen Winkel von  $46'',3$ . Die Lage des wahren Pols des Aequators auf dieser Ellipse wird auf folgende Art bestimmt. Man gedenkt sich auf der Ebene der Ellipse einen kleinen Kreis, der mit ihr einen Mittelpunkt hat; und dessen Durchmesser ihrer großen Achse gleich ist;

man gedenkt sich ferner einen Halbmesser dieses Kreises in gleichförmiger, aber rückläufiger, Bewegung, so daß dieser Halbmesser allemal mit der der Ekliptik am nächsten liegenden Hälfte der großen Achse zusammenfällt, wann der mittlere aufsteigende Knoten der Mondsbahn, mit dem Frühlingspunkte zusammenfällt; endlich fällt man von dem Endpunkte dieses beweglichen Halbmessers ein Loth auf die große Achse der Ellipse, so ist der Punkt, wo dieses Loth den Umfang dieser Ellipse trifft, der Ort des wahren Pols des Aequators. Diese Bewegung des Pols nennt man die *Nutation*.

Die Fixsterne behalten, vermöge der eben beschriebenen Bewegungen, beständig einerley Lage unter sich; gleichwohl hat der berühmte Beobachter, dem man die Entdeckung der Nutation verdankt, bey allen diesen Sternen eine allgemeine und periodische Bewegung bemerkt, welche ihre respectiven Lagen ein wenig ändert. Um diese Bewegung sich vorzustellen, muß man sich einbilden, jeder Stern beschreibe jährlich einen kleinen der Ekliptik parallelen Kreis, dessen Mittelpunkt die mittlere Lage des Sterns ist, und dessen Durchmesser, von der Erde aus

gesehen, einen Winkel von  $125''$  mißt, und er bewege sich in der Peripherie dieses Kreises wie die Sonne in ihrer Bahn, jedoch so, daß die Sonne beständig um  $100$  Grade weiter ist. Die Projection dieses Kreises auf der Oberfläche des Himmels erscheint unter der Gestalt einer mehr oder weniger abgeplatteten Ellipse, nach Verschiedenheit der Höhe des Sterns über der Ekliptik; indem die kleine Achse dieser Ellipse zu ihrer großen Achse sich verhält, wie der Sinus dieser Höhe zum Radius. Hieraus entstehen alle Veränderungen dieser periodischen Bewegung der Sterne, die man die *Aberration* nennt.

Mehrere Sterne haben eigene Bewegungen, die von jenen allgemeinen unabhängig und ihrer Langsamkeit ungeachtet, durch die Zeitfolge bemerklich geworden sind. Diese führen auf die Vermuthung, daß alle Sterne ähnliche Bewegungen haben, die sich in den künftigen Jahrhunderten noch entdecken werden. Dergleichen waren bis jetzt, hauptsächlich bey *Syrius* und *Arktur*, zwey der glänzendsten Fixsterne, bemerklich.

## Z w ö l f t e s   K a p i t e l .

*Von der Gestalt der Erde, und der Veränderung  
der Schwere auf ihrer Oberfläche,*

**W**ir wollen vom Himmel auf die Erde zurückkommen, und sehen, was die Beobachtungen uns über ihre Abmessungen und ihre Gestalt gelehrt haben. Wir haben schon gesehen, daß die Erde sehr nahe kugelförmig ist. Die durchgängig nach ihrem Mittelpunkte gerichtete Schwere erhält die Körper auf ihrer Oberfläche, auf welcher sie vest stehen, ungeachtet sie an diametral entgegengesetzten Orten entgegengesetzte Lagen haben,

Der Himmel und die Sterne erscheinen allezeit über der Erde, denn der Auf- und Untergang bezieht sich bloß auf die Richtung der Schwere,

Von dem Augenblicke an, da der Mensch die Kugelgestalt seines Wohnplatzes kennen lernte, mußte seine Neugierde ihn antreiben, die Abmessungen davon zu bestimmen.

Es ist daher wahrscheinlich, daß die ersten Versuche über diesen Gegenstand in Zeiten fallen, die viel früher sind, als diejenigen, deren Andenken die Geschichte uns aufbehalten hat, und welche in den physischen und

moralischen Revolutionen, welche die Erde erfahren hat, verlohren gegangen sind. Die Verhältnisse, welche mehrere Maasse des entferntesten Alterthums zu einander und zu der Länge des Erdumkreises haben, stimmen mit dieser Vermuthung überein, und scheinen anzuzeigen, nicht nur, daß in sehr alten Zeiten dieses Maafs genau bekannt gewesen sey, sondern daß es einem vollständigen Systeme von Maassen zur Grundlage gedient habe, wovon man noch Spuren in Aegypten und in Asien findet. Wie dem auch sey, so ist die erste genaue Messung der Erde, wovon wir eine sichere Kenntniß haben, diejenige, welche Picard in Frankreich gegen das Ende des letztverflossenen Jahrhunderts vollzog, und welche seitdem mehrmals berichtigt wurde.

Man kann sich von dieser Operation leicht eine Vorstellung machen. Wenn man sich nach Norden zu begiebt, so sieht man den Pol sich immer mehr und mehr erheben, die Mittagshöhe der nördlichen Sterne nimmt zu, und die der südlichen ab, ja einige der letztern werden sogar unsichtbar. Den ersten Begriff von der Krümmung der Erde hat man ohne Zweifel der Beobachtung dieser Erscheinungen zu danken, welche in den ersten

Zeiten der Gesellschaft, wo man die Jahreszeiten und ihre Zurückkunft nicht anders als nach dem Auf- und Untergange der vornehmsten Sterne, mit dem der Sonne verglichen, unterscheiden konnte, die Aufmerksamkeit der Menschen nothwendig auf sich ziehen mußten. Aus dem Auf- und Untergange der Sterne lernt man den Winkel kennen, den die durch die Erdpunkte des über der Erde durchloffenen Bogens gelegten Verticalkreise in dem Punkte, da sie zusammentreffen, einschließen. Denn dieser Winkel ist offenbar gleich dem Unterschiede der Mittagshöhen des nämlichen Sterns, weniger dem Winkel, unter welchem man aus dem Mittelpunkte des Sterns den durchloffenen Raum sehen würde, und man hat sich versichert, daß dieser letztere Winkel unmerklich ist. Es ist also weiter nichts nöthig, als diesen Raum zu messen. Es würde aber langweilig und beschwerlich seyn in einer solchen Ausdehnung unsere Maafsstäbe umzulegen; viel einfacher ist es, die Endpunkte derselben durch eine Reihe von Dreyecken mit den Endpunkten einer Grundlinie von 30 bis 40 tausend Fufs zu verbinden, und durch die Genauigkeit, womit man die Winkel dieser Dreyecke bestim-

men kann, erhält man die Länge von jener sehr genau. Auf diese Art hat man den Bogen des Erdmeridians, der von Dünkirchen bis nach Perpignan durch Frankreich geht, gemessen, und den Theil dieses Bogens, der dem hundertsten Theile des rechten Winkels zugehört, und von dem mittlern Parallel zwischen dem Pole und Aequator mitten durchschnitten wird, 507945,8 Fufs gleich gefunden.

Unter allen in sich selbst zurücklaufenden Figuren ist die Kugelgestalt die einfachste, weil sie nur von einem einzigen Elemente, nämlich von der Gröfse ihres Halbmessers abhängt. Die dem menschlichen Geiste natürliche Neigung, an den Gegenständen diejenige Gestalt vorzusetzen, die er am leichtesten sich vorstellt, veranlafte ihn daher, der Erde eine Kugelgestalt zu geben. Allein wir müssen die Einfachheit der Natur nicht immer nach der unserer Vorstellungen beurtheilen. Unendlich mannichfaltig in ihren Wirkungen ist die Natur blofs in ihren Ursachen einfach, und ihre Oekonomie besteht darin, dafs sie mittelst einer kleinen Anzahl allgemeiner Gesetze, eine grofse Menge oft sehr verwickelter Erscheinungen hervorbringt. Die Figur der Erde ist ein Resultat

solcher Gesetze, welche, weil sie durch tausend Umstände modificirt werden, eine merkliche Abweichung von der Kugelgestalt veranlassen können. Die kleinen, bey der Gröſſe der Grade in Frankreich beobachteten Unterschiede zeigten diese Abweichung an, aber die unvermeidlichen Irrthümer der Beobachtungen lieſſen über diese merkwürdige Erscheinung noch Zweifel übrig, und die Akademie der Wissenschaften, in welcher diese wichtige Frage mit Lebhaftigkeit behandelt wurde, urtheilte mit gutem Grunde, daſſ der Unterschied der Erdgrade, wenn er wirklich Statt hätte, sich hauptsächlich bey der Vergleichung der an dem Aequator und an den Polen gemessenen Grade zeigen müſſte. Sie schickte daher einige ihrer Mitglieder an den Aequator selbst, welche dort den Grad des Meridians 306466,2 Fuſſ gleich, und um 1479,6 Fuſſ kleiner fanden, als den dem mittleren Parallele zugehörigen Grad. Andere Mitglieder der Akademie begaben sich nach Norden, ohngefähr unter  $73^{\circ}7'$  Breite, und der Grad des Meridians wurde daselbst 309987,0 Fuſſ gleich und um 3520,8 Fuſſ gröſſer, als am Aequator gefunden. So wurde die Zunahme der Meridiangrade vom

Aequator nach den Polen zu durch diese Messungen unwidersprechlich bewiesen, und man erkannte, daß die Erde nicht genau kugelförmig sey.

Nachdem diese berühmten Reisen der französischen Akademisten die Aufmerksamkeit der Beobachter auf diesen Gegenstand gerichtet hatten, wurden noch mehrere Meridiangrade in Italien, in Deutschland, in Afrika und in Pensylvanien gemessen. Alle diese Messungen stimmen in der Anzeige einer Zunahme der Grade vom Aequator nach den Polen zu überein.

Da die Ellipse nach dem Kreise die einfachste unter den in sich zurücklaufenden krummen Linien ist, so betrachtete man die Erde als einen durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Achse entstandenen Körper. Ihre Abplattung unter den Polen ist nämlich eine nothwendige Folge der beobachteten Zunahme der Meridiangrade vom Aequator nach den Polen zu. Da die Halbmesser dieser Grade in der Richtung der Schwere liegen, so sind sie, nach dem Gesetze des Gleichgewichts der Flüssigkeiten, auf der Oberfläche der Meere, womit die Erde großentheils bedeckt ist, lothrecht. Sie laufen nicht,

wie bey der Kugel, im Mittelpunkt des Ellipsoids zusammen; sie haben weder einerley Richtung noch einerley Gröſſe, wie die von diesem Mittelpunkte an die Oberfläche gezogenen Halbmesser, welche sie in allen andern Stellen, auſſer dem Aequator und den Polen, ſchief ſchneiden. Der Durchſchnitt zweyer naher, unter einerley Meridiane liegender Vertikallinien iſt der Mittelpunkt des kleinen Erdbogens, den ſie einſchließen. Wäre dieſer Bogen eine gerade Linie, ſo wären dieſe Vertikallinien parallel, oder ſie ſchnitten ſich nur in einer unendlichen Entfernung. Aber in eben dem Maafſe, als man ihn krümmt, ſchneiden ſie ſich in einer ſo viel geringern Entfernung, als ſeine Krümmung gröſſer wird. Da nun der Endpunkt der kleinen Achſe der Punkt iſt, wo die Ellipſe der geraden Linie ſich am meiſten nähert, ſo iſt der Halbmesser des Grads am Pole, und folglich dieſer Grad ſelbſt der be- trächtlichſte von allen. Umgekehrt verhält es ſich am Ende der groſſen Achſe der Ellipſe, am Aequator, wo die Krümmung am gröſſten und der Grad des Meridians am kleinſten iſt. Geht man vom zweyten dieſer Endpunkte nach dem erſten zu, ſo wachſen die Grade,

und wenn die Ellipse nur wenig abgeplattet ist, so ist ihre Zunahme sehr nahe dem Quadrate des Sinus der Polhöhe über dem Horizonte proportionirt.

Das Maafs zweyer Grade des Meridians ist hinreichend, um die beyden Achsen der beschreibenden Ellipse, und mithin die Figur der Erde, vorausgesetzt, dafs diese elliptisch sey, zu bestimmen.

Wenn diese Voraussetzung in der Natur wirklich Statt hat, so mufs man, wenn man die in Frankreich, am Nordpole und am Aequator gemessenen Grade paarweise mit einander vergleicht, ohngefähr einerley Verhältnifs zwischen diesen Achsen finden; aber ihre Vergleichung giebt, in dieser Hinsicht, Unterschiede, die man nicht wohl blossen Beobachtungsfehlern zuschreiben kann. Die *Abplattung* eines elliptischen Sphäroids nennt man den Ueberschuß des Aequatorialdurchmessers über den Polardurchmesser, wenn der letztere für die Einheit angenommen wird.

Nun geben die am Nordpole und in Frankreich gemessenen Grade  $\frac{7}{133}$ , hingegen die in Frankreich und am Aequator gemessenen  $\frac{1}{312}$  für die Abplattung der Erde; die Erde scheint daher von einem Ellipsoide merk-

lich unterschieden zu seyn. Ja man hat sogar Grund zu glauben, daß sie kein durch Umdrehung (einer Ebene um eine Achse) entstandener Körper sey, und daß ihre beyden Hälften auf beyden Seiten des Aequators einander nicht gleich seyen. Der auf dem Vorgebürge der guten Hoffnung, unter der südlichen Breite von  $37^{\circ},00$  gemessene Grad, wurde 307999,8 Fufs gleich, also sehr nahe eben so groß, wie in Frankreich, unter dem Parallele von  $50^{\circ}$ , gefunden; auch war er größer als der in Pensylvanien, unter der Breite von  $43^{\circ},56$  gemessene Grad, dessen Länge nur 307195,2 Fufs betrug. Der auf dem Cap gemessene Grad ist auch noch größer, als der in Italien unter der Breite von  $47^{\circ},80$  gemessene, welcher 307686,6 Fufs groß gefunden wurde. Indessen hätte er kleiner seyn müssen, als alle diese Grade, wenn die Erde ein durch Umdrehung entstandener regelmässiger und von zwey gleichen Hälften eingeschlossener Körper wäre. Dieß alles zusammengenommen, bestimmt uns also zu glauben, daß sie das nicht sey. Wir wollen nun sehen, wie denn eigentlich die Erdmeridiane beschaffen seyen.

Der

Der Meridian am Himmel, welchen die astronomischen Beobachtungen bestimmen, wird durch eine Ebene beschrieben, die durch die Weltachse und das Zenith des Beobachters geht, weil diese Ebene die Bogen der Parallelkreise, die die Sterne über dem Horizonte beschreiben, halbirt. Alle Oerter der Erde, die ihr Zenith in der Peripherie eines solchen Meridians haben, beschreiben den ihm zugehörigen Erdmeridian. In Ansehung des unermesslichen Abstandes der Fixsterne kann man die an jedem dieser Oerter errichteten Verticallinien als parallel mit der Ebene des Meridians am Himmel betrachten, und daher von dem Erdmeridiane auch diese Erklärung geben, er sey eine durch die Verbindung der untern Endpunkte aller, der Ebene des Meridians am Himmel parallelen, Verticallinien entstehende krumme Linie. Diese krumme Linie liegt ganz in dieser Ebene, wenn die Erde ein durch Umdrehung entstandener Körper ist; in jedem andern Falle weicht sie davon ab, und ist überhaupt eine von den Linien, welche die Geometer *Curven von doppelter Krümmung* \*) genannt haben.

\*) Die jetzt folgende Darstellung setzt Kenntnisse der höhern Geometrie voraus, die sich in einer Anmerkung nicht beybringen lassen.

Der Erdmeridian ist nicht genau die Linie, welche die trigonometrischen Messungen in der Richtung des Meridians am Himmel bestimmen. Die erste Seite der gemessenen Linie ist eine Tangente der Erdoberfläche, und der Ebene des Meridians am Himmel parallel. Verlängert man diese Seite, bis sie einer unendlich nahen Verticallinie begegnet, und biegt man sofort diese Verlängerung bis an den untern Endpunkt der Verticallinie, so beschreibt man die andere Seite der Curve, und so fort die übrigen.

Die so gezogene Linie ist die kürzeste, die man auf der Oberfläche der Erde zwischen jeden zwey in dieser Linie angenommenen Punkten ziehen kann; sie liegt nicht in der Ebene des Meridians am Himmel, und fällt nicht mit dem Erdmeridiane zusammen, als in dem Falle, wenn die Erde ein durch Umdrehung entstandener Körper ist; aber der Unterschied zwischen der Länge dieser Linie und der des zugehörigen Bogens vom Erdmeridiane ist so klein, daß man ihn ohne einen merklichen Irrthum vernachlässigen kann.

Wie auch die Erdmeridiane beschaffen seyn mögen, so ist schon um der einzigen Ursache willen, weil ihre Grade von den Po-

len nach dem Aequator zu abnehmen, die Erde an den Polen abgeplattet, d. h. ihre Achse ist kleiner als der Durchmesser des Aequators. Um diess zu zeigen, wollen wir setzen, die Erde sey ein durch Umdrehung entstandener Körper, und wollen uns den Halbmesser des nördlichen Polargrades vorstellen, und die ganze Reihe aller dieser Halbmesser vom Pole bis zum Aequator, welche, nach der Voraussetzung ununterbrochen abnehmen.

Man übersieht leicht, daß diese Halbmesser durch ihre auf einander folgenden Durchschnitte, eine krumme Linie beschreiben, welche, nachdem sie anfangs die Achse berührt hat, davon abweicht, indem sie ihr den erhabenen Theil ihrer Krümmung zuwendet, und sich gegen den Pol zu erhebt, bis der Halbmesser des Meridiangrads in eine Lage kommt, die auf der vorigen lothrecht ist; wo er alsdann in der Ebene des Aequators liegt. Wenn man sich nun vorstellt, der Halbmesser des Polargrads sey beweglich, und winde sich allmählig um die Bogen der Curve, die wir so eben betrachtet haben, so wird sein Endpunkt den Erdmeridian beschreiben, und der zwischen dem Meridiane und der Curve eingeschlossene

Theil von ihm wird der dem Meridiangrade zugehörige Halbmesser seyn. Diese Curve nennen die Geometer die *Evolute* des Meridians.

Wir wollen jetzt den Durchschnitt des Aequatorialdurchmessers und der Achse als den Mittelpunkt der Erde betrachten, so ist die Summe der zwey Tangenten, die aus diesem Mittelpunkte, die eine längst der Achse, die andere längst dem Aequatorialdurchmesser, an die Evolute des Meridians gezogen werden, größer, als der zwischen ihnen eingeschlossene Bogen der Evolute. Nun ist der aus dem Mittelpunkte der Erde an den Nordpol gezogene Halbmesser gleich dem Halbmesser des Polargrads weniger der ersten Tangente, der Halbmesser des Aequators aber ist gleich dem Halbmesser des Meridiangrads am Aequator, sammt der zweyten Tangente; folglich ist der Ueberschuß des Aequatorialhalbmessers über den Polarhalbmesser gleich der Summe dieser Tangenten, weniger dem Ueberschusse des Halbmessers des Polargrads über den Halbmesser des Aequatorialgrads des Meridians. Dieser letztere Ueberschuß ist selbst der Bogen der Evolute, ein Bogen, der kleiner ist, als die Summe der äussersten Tangenten; folg-

lich ist der Ueberschufs des Aequatorialhalbmessers über den nördlichen Polarhalbmesser der Erde positiv. Eben so kann nun gezeigt werden, daß der Ueberschufs des Aequatorialhalbmessers über den südlichen Polarhalbmesser der Erde positiv sey; folglich ist die ganze Achse kleiner als der Durchmesser des Aequators, oder, was auf eins hinausläuft, die Erde ist an den Polen abgeplattet.

Betrachtet man jeden Theil des Meridians als einen sehr kleinen Bogen von der Peripherie des ihn berührenden Kreises, so ist leicht, einzusehen, daß der aus der Erde Mittelpunkte an den einen Endpunkt des dem Pole am nächsten liegenden Bogens gezogene Halbmesser kleiner ist, als der aus dem nämlichen Mittelpunkte an den andern Endpunkt gezogene. Und hieraus folgt, daß die Erdhalbmesser von den Polen nach dem Aequator zu wachsen, wenn, wie alle Beobachtungen solches zeigen, die Meridiangrade vom Aequator nach den Polen zu wachsen.

Der Unterschied der Halbmesser der Meridiangrade am Pole und am Aequator ist gleich dem Unterschiede der zugehörigen Erdhalbmesser sammt dem Ueberschusse der dop-

pelten Evolute über die Summe der beyden äußersten Tangenten, welcher Ueberschufs offenbar positiv ist; die Meridiangrade wachsen also vom Aequator nach den Polen zu in einem größeren Verhältnisse, als das der Verminderung der Erdhalbmesser ist.

Es ist klar, dafs diese Beweise auch dann noch Statt haben, wenn die beyden Hälften der Erde, die südliche und die nördliche, nicht gleich und ähnlich wären, und es ist leicht, sie auch auf den Fall auszudehnen, wenn die Erde kein durch Umdrehang entstandener Körper wäre.

Man hat von den vornehmsten Oertern Frankreichs auf der Linie, die man als die Mittagslinie der Pariser Sternwarte betrachtet hat, Curven beschrieben, die auf die nämliche Art, wie diese Linie, gezogen wurden, nur mit dem Unterschiede, dafs die erste Seite, die immer die Erdoberfläche berührt, anstatt der Ebene des am Himmel befindlichen Meridians der Pariser Sternwarte parallel zu seyn, auf ihr lothrecht ist. Durch die Länge dieser Curven, und den Abstand der Sternwarte von ihren Durchschnittspunkten mit der Mittagslinie hat man die Lage dieser Oerter bestimmt. Diese Arbeit, die nützlich-

ste, die man in der Geographie ausgeführt hat, ist ein Muster, das ohne Zweifel jede aufgeklärte Nation nachzuahmen sich beeifern wird.

Auf solche Art kann man aber nur Gegenstände, die nicht weit von einander entfernt sind, mit einander verbinden; um die respective Lage solcher Oerter, die durch große Entfernungen, und durch Meere von einander getrennt werden, zu bestimmen, muß man zu Beobachtungen am Himmel seine Zuflucht nehmen. Die Kenntniß dieser Lagen ist einer der größten Vortheile, welche die Astronomie uns verschafft hat. Um dazu zu gelangen, hat man das nämliche Verfahren angewandt, dessen man zur Verrichtung der Sternverzeichnisse sich bediente, indem man sich auf der Erdoberfläche ähnliche Kreise, wie an der Oberfläche des Himmels vorstellte. So geht die Achse des Aequators am Himmel durch die Erdoberfläche in zwey diametralentgegengesetzten Punkten, deren jeder einen von den Weltpolen zu seinem Zenith hat, und die man als die *Erdpole* betrachten kann. Der Durchschnitt des Aequators am Himmel mit der Erdoberfläche ist ein Kreis, den man als den *Erdäquator*

ansehen kann; die Durchschnitte aller Ebenen der Meridiane am Himmel mit eben dieser Oberfläche sind eben so viele krumme Linien, die in den Polen zusammenlaufen, und welche die zugehörigen *Erdmeridiane* vorstellen, unter der Voraussetzung, daß die Erde ein durch Umdrehung entstandener Körper sey, was man in der Geographie ohne einen merklichen Irrthum annehmen kann. Endlich sind die kleineren, vom Aequator bis an die Pole auf der Erde dem Aequator parallel gezogenen, Kreise die *Erdparallele*, und der Parallel eines jeden Orts gehört mit dem Parallel am Himmel, der durch sein Zenith geht, zusammen.

Die Lage eines Orts auf der Erde wird durch seine Entfernung vom Aequator, oder durch den Bogen des Erdmeridians zwischen seinem Parallel und dem Aequator, und durch den Winkel bestimmt, den sein Meridian mit einem ersten Meridiane einschließt, dessen Lage willkürlich ist, und auf welchen man alle übrigen bezieht. Die Entfernung vom Aequator hängt ab von dem Winkel zwischen dem Zenith und dem Aequator am Himmel, und dieser Winkel ist offenbar der Höhe des Pols über dem Horizonte gleich; diese Höhe nennt

man in der Geographie die *Breite*. Die *Länge* ist der Winkel, den der Meridian eines Orts mit dem ersten Meridiane macht, oder der zwischen diesen beyden Meridianen liegende Bogen des Aequators. Sie ist östlich oder westlich, je nachdem der Ort dem ersten Meridiane gegen Morgen oder gegen Abend liegt.

Die Beobachtung der Polhöhe giebt die *Breite*; die *Länge* bestimmt man vermittelst einer himmlischen Erscheinung, die unter den Meridianen, deren respektive Lage man sucht, zugleich beobachtet wird. Der Augenblick des Mittags ist nicht der nämliche unter diesen Meridianen; wenn der, von welchem man anfängt die Längen zu rechnen, dem gegen Morgen liegt, für welchen man die *Länge* sucht, so wird an dem erstern die Sonne früher in den Meridian am Himmel kommen. Wenn z. B. der von den Erdmeridianen eingeschlossene Winkel einen Quadranten zu seinem Maasse hat, so wird der Unterschied zwischen den Augenblicken des Mittags unter diesen Meridianen der vierte Theil des Tages seyn. Gesetzt nun man beobachte unter jedem derselben eine Erscheinung, die für alle Oerter der Erde im nämlichen physischen Augenblicke erfolgt, wie

z. B. den Anfang oder das Ende einer Mondsfinsterniß oder einer Verfinsterung der Jupiterstrabanten, so wird der Unterschied der Stunden, welche die Beobachter im Augenblicke der Erscheinung zählen werden, zum ganzen Tage sich verhalten, wie der von den beyden Meridianen eingeschlossene Bogen zur ganzen Peripherie. Die Sonnenfinsternisse und die Bedeckungen der Fixsterne vom Monde geben genauere Mittel zur Bestimmung der Längen, wegen der Genauigkeit, womit man den Anfang und das Ende dieser Erscheinungen beobachten kann. Sie erfolgen in der That nicht im nämlichen physischen Augenblicke für alle Oerter der Erde; aber die Elemente der Mondsbewegung sind hinreichend bekannt, um über diesen Unterschied genaue Rechnung zu führen.

Zur Bestimmung der Länge eines Orts ist es nicht nothwendig, daß die nämliche himmlische Erscheinung zugleich auch unter dem ersten Meridiane beobachtet werde, sondern es ist genug, wenn sie nur noch unter einem andern Meridiane beobachtet wird, dessen Lage gegen den ersten bekannt ist. Indem man so einen Meridian mit dem an-

dem verbunden hat, ist man zur Bestimmung der Lage der entferntesten Punkte auf der Erde gelangt.

Jetzt sind die Längen und Breiten einer grossen Anzahl von Oertern durch astronomische Beobachtungen bestimmt, grosse Fehler in Absicht auf die Lage und Grösse der von Alters her bekannten Länder sind verbessert worden, und man hat die Lage neuer Gegenden, zu deren Entdeckung das Interesse der Handlung und die Liebe zu den Wissenschaften Anlaß gegeben hat, festgesetzt; aber ungeachtet die in den neuesten Zeiten unternommenen Reisen unsere geographischen Kenntnisse beträchtlich vermehrt haben, so ist doch noch viel zu entdecken übrig. Das Innere von Afrika und Amerika enthält unermessliche, noch ganz unbekannte, Länder, und von vielen andern haben wir nur unzuverlässige und oft widersprechende Nachrichten, in Ansehung deren die Geographie bis jetzt noch zufälligen Muthmassungen überlassen bleibt, und von der Astronomie neue Aufklärungen erwartet, um die Lage derselben unwiderrufflich festzusetzen.

Vorzüglich ist dem Schiffer, der mitten auf dem Meere keinen Wegweiser hat, als

die Sterne und seine Boussole, daran gelegen, seine Lage, und die der Oerter, wo er anlanden soll, und der Klippen, denen er auf seinem Wege begegnet, zu kennen. Seine Breite kann er durch Sternbeobachtungen leicht kennen lernen. Da aber der Himmel, vermöge seiner täglichen Bewegung, an einem Tage allen Punkten seines Parallels ohngefähr auf die nämliche Art erscheint; so fällt es dem Schiffer schwer, den ihm zugehörigen Punkt festzusetzen. Um die am Himmel gemachten Beobachtungen zu ergänzen, mißt er seine Geschwindigkeit und die Richtung seiner Bewegung; daraus leitet er seinen Weg nach der Richtung der Parallele her, und indem er diesen mit seinen beobachteten Breiten vergleicht, bestimmt er seine Länge in Ansehung des Orts seiner Abreise. Dieses Verfahren gewährt so wenig Genauigkeit, daß es ihn Irrthümern aussetzt, die für ihn traurig werden können, wenn er sich den Winden überläßt, in der Nähe von Küsten oder Sandbänken, die er, nach seiner Schätzung, noch entfernt glaubt. Um ihn gegen diese Gefahren sicher zu stellen, beiferten sich die handelnden Nationen, sobald als die Fortschritte der Künste, und der Astro-

nomie Methoden zur Bestimmung der Längen auf dem Meere hoffen lassen konnten, das Nachdenken der Gelehrten und Künstler durch kräftige Aufmunterungen auf diesen wichtigen Gegenstand zu lenken. Ihre Wünsche wurden erfüllt durch die Erfindung der Seeuhren, und durch die Genauigkeit, zu welcher man die Mondstafeln brachte; zwey Mittel, die schon an und für sich gut sind, aber noch besser werden, wenn sie sich einander gegenseitig zu Hülfe kommen.

Eine in einem Hafen von bekannter Lage richtig gestellte Uhr, die, auf ein Schiff gebracht, den nämlichen Gang behielte, würde jeden Augenblick die Stunde anzeigen, die man in diesem Hafen zählt. Vergliche man diese mit derjenigen, die man auf dem Meere beobachtet, so wäre das Verhältniß des Unterschieds dieser Stunden zum ganzen Tage, wie man gesehen hat, das des Unterschieds der zugehörigen Längen zur ganzen Peripherie.

Aber es war schwer, dergleichen Uhren zu erhalten. Die ungleichen Bewegungen des Schiffs, die Veränderungen der Temperatur, und die unvermeidlichsten, und bey so feinen Maschinen höchst empfindlichen Rei-

bungen waren eben so viele Hindernisse, die sich ihrer Genauigkeit entgegensetzten.

Glücklicherweise hat man es aber doch dahin gebracht, sie zu überwinden, und Uhren zu Stande zu bringen, die mehrere Monate lang einen sehr nahe gleichförmigen Gang behalten, und hierdurch das einfachste Mittel zur Bestimmung der Längen auf dem Meere abgeben; und da dieses Mittel um so viel genauer ist, je kürzer die Zeit ist, in welcher diese Uhren gebraucht werden, ohne ihren Gang zu berichtigen, so sind sie zur Bestimmung der respektiven Lage sehr naher Oerter sehr nützlich, ja sie haben in dieser Hinsicht sogar einigen Vorzug vor astronomischen Beobachtungen, deren Genauigkeit durch die geringe Entfernung der Beobachter nicht vermehrt wird.

Die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten, die sich häufig wieder erneuern, würden dem Schiffer ein leichtes Mittel darbieten, seine Länge kennen zu lernen, wenn er sie auf dem Meere beobachten könnte; aber die Versuche, die man gemacht hat, um die Schwierigkeiten zu überwinden, welche die Bewegungen des Schiffs dieser Art von Beobachtungen entgegensetzen, waren bis jetzt

fruchtlos. Indessen haben doch die Schiffahrt und Geographie von diesen Verfinsterungen grossen Nutzen gezogen, besonders von denen des ersten Trabanten, deren Anfang und Ende man mit Genauigkeit beobachten kann.

Der Schiffer bedient sich ihrer mit Erfolge, wenn er still liegt; er muß die wahre Zeit kennen, da die nämliche Verfinsterung, die er beobachtet, unter einem bekannten Meridiane gesehen wurde; weil der Unterschied der Stunden, die man unter den Meridianen im Augenblicke der Beobachtung zählt, den Unterschied ihrer Längen bestimmt. Aber die Tafeln des ersten Jupiters-trabanten, die zu unserer Zeit beträchtlich vervollkommenet sind, geben die Augenblicke seiner Verfinsterungen mit einer Genauigkeit, die der der Beobachtungen selbst beynahe gleich kommt.

Die äusserste Schwierigkeit diese Verfinsterungen auf dem Meere zu beobachten, machte es nothwendig, sich an andere himmlische Erscheinungen zu halten, unter welchen die Bewegungen des Monds die einzigen sind, von denen man zur Bestimmung der Längen auf der Erde Gebrauch machen kann. Die Lage des Monds, wie sie

aus dem Mittelpunkte der Erde würde gesehen werden, kann man leicht aus dem Maasse seiner Winkelabstände von der Sonne oder von Sternen herleiten; die Tafeln seiner Bewegung geben sofort die Stunde, die man unter dem ersten Meridiane zählt, wenn man ihn daselbst in der nämlichen Lage beobachtet; und der Schiffer, der diese Stunde mit derjenigen vergleicht, die er im Augenblicke der Beobachtung auf dem Schiffe zählt, bestimmt durch den Unterschied dieser Stunden seine Länge.

Um die Genauigkeit dieser Methode zu schätzen, muß man erwägen, daß der von dem Beobachter bestimmte Ort des Mondes, vermöge des Fehlers der Beobachtung, nicht genau mit der von seiner Uhr angezeigten Zeit, und vermöge des Fehlers der Tafeln, nicht genau mit der von denselben angegebenen Zeit unter dem ersten Meridiane zusammengehört; der Unterschied dieser Zeiten ist also nicht derselbe, wie ihn eine fehlerfreye Beobachtung und ganz genaue Tafeln geben würden. Gesetzt, der bey diesem Unterschiede begangene Fehler betrage eine Minute, so gehen in dieser Zeit 40 Minuten des Aequators durch den Meridian, und dieß  
ist

ist also der zugehörige Fehler in der Länge des Schiffs, welcher unter dem Aequator ohngefähr 123000 Fufs beträgt; unter den Parallelen aber ist er geringer. Ausserdem kann man ihn durch vervielfältigte und mehrere Tage lang wiederholte, Beobachtungen der Abstände des Mond's von der Sonne und von Fixsternen, wodurch die Fehler der Beobachtungen und der Tafeln einander gegenseitig aufheben, vermindern.

Man übersieht leicht, daß die mit den Fehlern der Tafeln und der Beobachtungen zusammengehörigen Fehler in der Länge um so viel geringer sind, je schneller die Bewegung des Gestirns ist. In dieser Hinsicht sind also die Beobachtungen des Mond's in der Erdnähe denen in der Erdferne vorzuziehen. Wenn man sich der Bewegung der Sonne bediente, die ohngefähr dreyzehnmal langsamer ist, als die des Mond's, so würden die Fehler in der Länge dreyzehnmal gröfser seyn. Hieraus folgt, daß unter allen Gestirnen der Mond das einzige ist, dessen Bewegung schnell genug ist, um zur Bestimmung der Längen auf dem Meere zu dienen; man sieht also, wie nützlich es war, die Tafeln desselben zu vervollkommen.

Eine sehr merkwürdige Erscheinung, deren Kenntniß wir den astronomischen Reisen verdanken, ist die Veränderung der Schwere auf der Oberfläche der Erde; diese sonderbare Kraft beseelt alle Körper an einerley Orte im Verhältnisse ihrer Massen, und ist bestrebt, ihnen in einerley Zeit gleiche Geschwindigkeiten zu ertheilen. Es ist unmöglich, mittelst einer Waage ihre Veränderungen zu erkennen, weil solche den Körpern, die man wägt, und den Gewichten, womit man sie vergleicht, auf gleiche Art sich mittheilen; aber die Beobachtungen des Pendels sind dazu geeignet, sie bemerkbar zu machen; denn es ist klar, daß die Schwingungen desselben an Oertern, wo die Schwere geringer ist, langsamer seyn müssen. Dieses Werkzeug, dessen Anwendung bey den Uhren eine der Hauptursachen der Fortschritte der neuern Astronomie war, besteht in einem Körper, der an dem einen Ende eines Fadens oder Stabs, dessen anderes Ende um einen festen Punkt beweglich ist, aufgehängt wird. Bringt man das Werkzeug ein wenig aus seiner lothrechten Lage, und überläßt es alsdann der Wirkung der Schwere, so macht es kleine Schwingungen, welche, der Ungleichheit der

beschriebenen Bogen ungeachtet, sehr nahe von gleicher Dauer sind. Diese Dauer hängt ab von der Grösse und Gestalt des aufgehängten Körpers, und von der Masse und Länge des Stabs; aber die Geometer haben allgemeine Regeln gefunden, durch Beobachtung der Schwingungen eines zusammengesetzten Pendels von jeder beliebigen Gestalt die Länge eines Pendels zu bestimmen, dessen Schwingungen eine bekannte Dauer haben, und bey welchem die Masse des Stabs in Ansehung der Masse des Körpers, den man als einen unendlich dichten Punkt betrachtet, gleich Null gesetzt wird.

Auf dieß idealische Pendel, das man das *einfache* nennt, hat man alle an verschiedenen Oertern der Erde mit dem Pendel gemachten Versuche bezogen.

Richer, der im Jahre 1672. von der Akademie der Wissenschaften nach Cayenne geschickt worden war, um daselbst astronomische Beobachtungen anzustellen, fand, daß seine zu Paris nach der mittlern Zeit gerichtete Uhr zu Cayenne jeden Tag um eine merkliche Grösse zurückblieb. Diese wichtige Beobachtung gab den ersten directen Beweis von der Verminderung der Schwere an dem

Aequator; sie wurde nachher an sehr vielen Oertern mit großer Sorgfalt wiederholt, indem man dabey den Widerstand und die Temperatur der Luft mit in Rechnung brachte. Aus allen beobachteten Maafsen des Secundenpendels ergibt sich, daß es vom Aequator bis an die Pole, so wie die Meridiangrade, zunimmt, und daß seine Zunahme, welche unter dem Pole selbst 555 Hunderttausendtheilchen der Schwere am Aequator gleich ist, dem Quadrate des Sinus der Breite proportionirt ist.

Neuerlich hat Borda durch einen sehr genauen Versuch gefunden, daß die Länge des Secundenpendels auf der Sternwarte zu Paris, auf den leeren Raum gebracht, 2,28386 Fufs groß ist; daraus folgt, daß, in Frankreich, unter dem Parallel von  $50^\circ$ , seine Länge \*) 2,28302 Fufs gleich ist. Diese Länge, welche sehr genau ist, und das dem nämlichen Parallel zugehörige Maafs des Meridiangrads werden dazu dienen, unsere Gewichte und Maafse, wenn sie in der Folge der Zeit sich ändern sollten, wieder zu finden.

Vermittelst des Pendels hat man auch noch eine kleine Verminderung der Schwere auf dem Gipfel hoher Berge bemerkt. Bou-

\*) Sexages: Secund. pend. = 440,3974  
in der Luft = 441

guer hat in Peru eine große Anzahl von Versuchen über diesen Gegenstand gemacht und gefunden, daß die Schwere, die am Aequator und an der Meeresfläche für die Einheit angenommen, zu Quito in einer Höhe von 8796 Fufs über dieser Fläche, 0,999249, und auf dem Gipfel des Pichincha, in einer Höhe von 14604 Fufs, 0,998816 beträgt.

Diese Abnahme der Schwere in Höhen, die gegen den Erdhalbmesser immer sehr klein sind, führt auf die Vermuthung, daß diese Kraft in großen Entfernungen vom Mittelpunkte der Erde beträchtlich abnehme.

Bey Gelegenheit der Pendelbeobachtungen muß ich die Naturforscher auf die zwey folgenden Gegenstände aufmerksam machen. Der eine ist der kleine Widerstand, den die Körper bey Veränderung ihrer Temperatur der Veränderung ihres Volumens mir schienen entgegenzusetzen; ohngefahr so, wie das Wasser seiner Verwandlung in Eis widersteht, und sich bey einer Temperatur von mehreren Graden unter dem Nullpunkte erhalten kann. Um es alsdann fest zu machen, braucht man nur es zu schütteln. Eben so fand ich, bey den zahlreichen Versuchen, die ich mit Lavoisiers über die Ausdehnung der Kör-

per angestellt habe, nöthig, ihnen zuweilen eine kleine Erschütterung bezubringen, um sie in den ihrer Temperatur angemessenen Zustand zu versetzen. Der zweyte Gegenstand bezieht sich auf die unveränderlichen Pendeln, deren man sich zur Bestimmung der Unterschiede der Schwere, an verschiedenen Oertern der Erde bedient. Wenn die Pendelstange von Stahl ist, so ist zu besorgen, die Wirkung des Magnetismus der Erde möchte sich mit der Schwere verbinden; und da es bey diesen Versuchen darauf ankommt, auch sehr kleine Größen zu schätzen, so ist es von Wichtigkeit, sich zu versichern, daß diese Wirkung unmerklich sey.

Da die Beobachtungen des Secundenpendels eine unveränderliche Länge an die Hand geben, die auch zu allen Zeiten leicht wieder gefunden werden kann, so haben sie den Gedanken veranlafst, solches als ein allgemeines Maafs zu gebrauchen. Man kann die ungeheure Menge von Maafsen, die nicht nur bey verschiedenen Völkern, sondern selbst bey der nämlichen Nation üblich sind, ihre eigensinnigen und für die Rechnungen unbequemen Eintheilungen, die Schwierigkeit, sie kennen zu lernen und zu vergleichen,

endlich die Verwirrung und die Betrügereyen, die daraus in der Handlung entspringen, nicht ansehen, ohne die Annahme eines Systems von Maassen, deren gleichförmige Eintheilungen sich am leichtesten berechnen lassen, und welches auf die am wenigsten willkürliche Art von einem durch die Natur selbst angezeigten Grundmaasse herzuleiten ist, als einen der größten Dienste zu betrachten, welche die Wissenschaften und die Regierungen der Menschheit leisten können.

Ein Volk, das ein solches System von Maassen annähme, würde mit dem Vortheile, die ersten Früchte davon einzuerndten, auch noch den vereinigen, sein Beyspiel von andern Völkern nachgeahmt zu sehen, deren Wohlthäter es also würde. Denn die langsame, aber unwidersprechliche Herrschaft der Vernunft siegt auf die Länge doch über die Nationaleifersucht, und über alle Hindernisse, die sich der Wohlthat eines allgemein empfundenen Nutzens widersetzen. Diefs waren die Gründe, welche die constituirende Versammlung bestimmten, die Berichtigung dieses wichtigen Gegenstandes der Akademie der Wissenschaften aufzutragen. Das neue System der Gewichte und Maasse ist das Resul-

tat der Arbeit ihrer Commissarien, die dabey durch den Eifer und die Einsichten mehrerer Glieder der Nationalversammlung unterstützt wurden.

Die Identität der Rechnung mit Decimalbrüchen und der mit ganzen Zahlen läßt keinen Zweifel über die Vortheile der Eintheilung aller Arten von Maassen in Decimaltheile übrig. Um sich davon zu überzeugen ist es genug, die Schwierigkeit der verwickelten Multiplicationen und Divisionen mit der Leichtigkeit eben dieser Operationen in ganzen Zahlen zu vergleichen; einer Leichtigkeit, die vermittelt der Logarithmen noch gröfser wird, deren Gebrauch man durch einfache und wohlfeile Werkzeuge äußerst gemeinfaslich machen kann. Man trug deswegen kein Bedenken, die Decimaltheilung anzunehmen, und um Einförmigkeit in das ganze System der Maasse zu bringen, beschlofs man, sie von einerley linearem Maasse und dessen Decimalabtheilungen herzuleiten. So war also die Frage auf die Wahl dieses allgemeinen Maasses, dem man den Namen *Mètre* gab, gebracht.

Die Länge des Pendels und die des Meridians sind die zwey vorzüglichsten Mittel,

welche die Natur darbietet, um die Einheit der linearen Maafse vestzusetzen. Unabhängig von moralischen Revolutionen können beyde nur durch sehr grofse Veränderungen in der natürlichen Beschaffenheit der Erde eine merkliche Veränderung erleiden. Das erstere Mittel verstattet zwar einen leichten Gebrauch, hat aber die Unbequemlichkeit, das Maafs der Entfernung von zwey einander ungleichartigen Elementen, nämlich von der Schwere und der Zeit, deren Eintheilung überdiefs willkührlich ist, abhängig zu machen. Man bestimmte sich also für das zweyte Mittel, welches in dem höchsten Alterthume schon gebraucht worden zu seyn scheint; so natürlich ist es dem Menschen, die Wegmaafse auf die Ausmessungen seines Wohnplatzes selbst zu beziehen, so dafs, wenn er sich auf demselben von einem Orte zum andern begiebt, er durch die blofse Benennung des durchloffenen Raums das Verhältnifs dieses Raums zum ganzen Umkreise der Erde erkennt. Dabey erhält man noch den Vortheil, die nautischen Maafse mit den himmlischen in Uebereinstimmung zu bringen. Oft hat der Schiffer nöthig, eins durch das andere zu bestimmen, den Weg, den er beschrieben

hat, und den Bogen am Himmel zwischen dem Zenith des Orts seiner Abreise, und dessen, wo er angelangt ist; es ist daher von Wichtigkeit, daß das eine dieser Maafse, bis auf den Unterschied ihrer Einheiten, ein Ausdruck des andern sey. Dazu aber wird erfordert, daß die Grundeinheit der linearen Maafse ein aliquoter Theil des Erdmeridians sey, der einer der Abtheilungen der Peripherie zugehört; so wurde die Wahl des Mètre auf die der Einheit der Winkel zurückgeführt.

Der rechte Winkel ist die Gränze der Neigungen einer Linie gegen eine Ebene, und der Höhe der Gegenstände über dem Horizonte. Ueberdies entstehen im ersten Quadranten die Sinus, und überhaupt alle trigonometrischen Linien, deren Verhältnisse gegen den Halbmesser in Tafeln gebracht sind. Es war daher natürlich, den rechten Winkel für die Einheit der Winkel, und den Quadranten für die Einheit ihrer Maafse anzunehmen. Man theilte sie in Decimaltheile, und um übereinstimmende Maafse auf der Erde zu erhalten, theilte man auch den Quadranten des Erdmeridians in eben solche Theile, was schon in sehr alten Zeiten geschehen war. Denn die Erdmessung, welche

Aristoteles anführt, und deren Ursprung unbekannt ist, giebt dem Quadranten des Meridians 100000 Stadien. Es kam also nur darauf an, seine Länge genau zu erhalten. Hier boten sich nun mehrere Fragen dar, die bey der Unwissenheit, worin wir in Absicht auf die wahre Gestalt der Erde uns befinden, unbeantwortlich sind. Ist die Erde ein durch Umdrehung entstandenes Sphäroid? Sind ihre beyden Hälften auf beyden Seiten des Aequators einander gleich und ähnlich? Was ist das Verhältniß eines unter einer gegebenen Breite gemessenen Bogens vom Meridiane zum ganzen Meridiane? Bey den natürlichsten Hypothesen über die Beschaffenheit des Erdsphäroids ist der Unterschied der Meridiane unmerklich, und der Decimalgrad, durch den mittleren Parallel zwischen dem Nordpole und Aequator mitten durchschnitten, ist der hundertste Theil des Meridianquadranten. Der Irrthum dieser Hypothesen, wenn einer dabey sich findet, kann nur auf die geographischen Entfernungen einen Einfluß haben, wo er von keiner Wichtigkeit ist. Man konnte daher die GröÙe des Meridianquadranten aus der GröÙe des Bogens, der von Dünkirchen bis an die

Pyrenäen durch Frankreich geht, und von den französischen Akademisten sorgfältig gemessen worden ist, schliessen. Da aber eine neue mit noch genaueren Hülfsmitteln unternommene Messung eines größern Bogens ein Interesse zum Vortheile des neuen Systems der Maafse erzeugen muß, das zur Ausbreitung desselben wirksam ist, so beschloß man, den Bogen des Erdmeridians zwischen Dünkirchen und Barcellona zu messen. Und damit die französische Nation der Vortheile dieses neuen Systems sogleich genießen möchte, so bediente man sich unterdessen provisorisch der früher vollzogenen Messungen, und nachdem man die Länge des Meridianquadranten daraus hergeleitet hatte, so nahm man den zehnmillionsten Theil dieser Länge für das Mètre, oder für die Einheit der linearen Maafse an. Der nächst höhere Decimaltheil war zu groß, der nächst niedrigere zu klein befunden worden. Das Mètre aber, dessen Länge 3,079458 Fufs groß ist, ersetzt auf eine vortheilhafte Art zwey unserer gebräuchlichsten Maafse, die Toise und die Elle.

Um die Länge des Mètre bey ihrer Richtigkeit zu erhalten, hat die Nationalver-

sammlung beschlossen, daß ein nach den Versuchen und Beobachtungen der Commissarien, denen die Bestimmung derselben aufgetragen war, gefertigter und berichtigter Maafsstab bey dem gesetzgebenden Ausschusse niedergelegt würde. Ausserdem wird diese Länge mit der des Pendels auf eine so genaue Art in Verbindung gebracht werden, daß es leicht seyn wird, sie zu jeder Zeit wieder zu finden, ohne daß man nöthig hätte, wieder zu der Messung des grossen Bogens, der sie gegeben hatte, zurückzugehen. Und in dieser Absicht wurde die Länge des Secundenpendels aufs neue durch Borda auf der Sternwarte zu Paris gemessen.

Alle Maafse ergeben sich auf die einfachste Art aus dem Mètre. Die linearen Maafse sind Vielfache und Decimaltheile davon.

Die Einheit der Flächenmaafse für Grundstücke ist ein Quadrat, dessen Seite zehen Mètres groß ist; man nennt es *Are*.

Ein dem Würfel des Mètre gleiches und insbesondere für das Brennholz bestimmtes Maafs hat man *Stere* genannt.

Die Einheit der hohlen Maafse (die das zu messende in ihren Raum aufnehmen) ist

der Würfel von dem zehnten Theile des Mètre, dem man den Namen *Litre* gegeben hat.

Die Einheit der Gewichte, die man *Gramme* genannt hat, ist das absolute Gewicht des Würfels vom hundertsten Theile des Mètre in destillirtem Wasser, und bey der Temperatur des schmelzenden Eises. Man hat das Wasser vorgezogen als eine der gleichartigsten Substanzen, und als diejenige, die man am leichtesten in den Stand der Reinheit bringen kann; und man hat es auf die Temperatur des schmelzenden Eises, als auf den vestesten und von den Modificationen der Atmosphäre unabhängigsten Grad der Temperatur bezogen.

Da alle Maasse beständig mit dem Pfunde, der Münze, verglichen werden, so war es besonders wichtig, dieses in Decimaltheile zu theilen. Man gab ihm den Namen *Franc-d'argent*; seinen zehnten Theil nannte man *décime*, und seinen hundertsten Theil *centime*.

Um die Berechnung des in den Münzen enthaltenen feinen Goldes und Silbers zu erleichtern, hat man die Vermischung auf den zehnten Theil ihrer Gewichte vestgesetzt, und das Gewicht des Franc dem von fünf Grammes gleich gemacht. So sind die Mün-

zen genaue Vielfache von der Einheit des Gewichts, was für die Handlung nützlich ist.

Endlich schien die Gleichförmigkeit des ganzen Systems der Gewichte und Maafse zu fordern, daß der Tag in zehn Stunden, die Stunde in hundert Minuten, die Minute in hundert Secunden u. s. w. getheilt würde. Diese Eintheilung des Tags, welche den Astronomen nothwendig wird, ist minder vortheilhaft in dem bürgerlichen Leben, wo man wenig Gelegenheiten hat, die Zeit als Multiplikator oder Divisor zu gebrauchen. Die Schwierigkeit, sie an den großen und kleinen Uhren anzubringen, und die Handelsverhältnisse, in welchen wir in Ansehung der Uhren mit den Fremden stehen, haben Veranlassung gegeben, ihre Einführung auf unbestimmte Zeit auszusetzen. Es ist indessen zu glauben, daß doch auf die Länge die Decimaleintheilung des Tags seine jetzige Abtheilung, welche gegen die Eintheilungen der übrigen Maafse gar zu sehr absticht, als daß man sie nicht abschaffen sollte, verdrängen werde.

Diefs ist das neue System der Gewichte und Maafse, welches die Gelehrten der Nationalversammlung vorgeschlagen haben, die

sich dann beeifert hat, ihm gesetzliche Kraft zu geben. Dieses auf das Maafs der Erdmeridiane gegründete System ist allen Völkern gleich angemessen. Es hat keine Beziehung auf Frankreich, als durch den Bogen des Meridians, der durch dasselbe hingehet; aber die Lage dieses von dem mittleren Parallel durchschnittenen Bogens, dessen Enden in zwey Meeren stehen, ist so vortheilhaft, dafs die Gelehrten aller Nationen, wenn man sie vereinigt hätte, um ein allgemeines Maafs vorzusetzen, keine andere Wahl getroffen haben würden. Man darf also wohl hoffen, dafs dieses neue System einst allgemein werde angenommen werden.

---

### Dreyzehntes Kapitel.

#### *Von der Ebbe und Fluth des Meeres.*

Ogleich die Erde sammt den Gewässern, die sie bedecken, schon lange den Zustand annehmen mußte, der dem Gleichgewichte der sie belebenden Kräfte angemessen ist; so ändert sich doch die Gestalt des Meeres jeden Augenblick des Tages durch regelmäfsige und perio-

periodische Schwingungen, die unter dem Namen der Ebbe und Fluth des Meeres bekannt sind. Es ist in der That eine erstaunenswürdige Sache, bey Windstille und heiterem Himmel die lebhaftige Bewegung dieser grossen Wassermasse zu sehen, deren Wellen sich mit Ungestümme an den Ufern brechen.

Dieses Schauspiel ladet zum Nachdenken ein, und erweckt das Verlangen, in die Ursache davon einzudringen; aber um sich dabey nicht in leere Hypothesen zu verirren, muß man vor allem die Gesetze dieser Erscheinung kennen lernen, und sie bis in die kleinsten Umstände verfolgen.

Im Anfange dieses Jahrhunderts machte man, auf den Antrag der Akademie der Wissenschaften, in unsern Häfen eine große Anzahl von Beobachtungen über die Ebbe und Fluth des Meeres; sie wurden zu Brest sechs Jahre nach einander täglich fortgesetzt, und machen durch ihre Anzahl und durch die Größe und Regelmäßigkeit der Ebbe und Fluth in diesem Hafen die vollständigste und nützlichste Sammlung ihrer Art aus. Da tausend zufällige Ursachen den Gang der Natur bey diesen Erscheinungen abändern können, so ist es nothwendig, eine große

Anzahl von Beobachtungen auf einmal zu betrachten, damit die Wirkungen der vorübergehenden Ursachen einander wechselseitig aufheben, und die mittleren Resultate nur die regelmässigen oder beständigen Wirkungen gewahr nehmen lassen. Man muß ferner durch eine geschickte Verbindung der Beobachtungen, die Erscheinungen, die man bestimmen will, herauszubringen suchen, und sie von den übrigen absondern, um sie besser kennen zu lernen.

Durch eine solche Bearbeitung der Beobachtungen kam ich auf folgende Resultate, die keinen Zweifel übrig lassen.

Das Meer steigt und fällt zweymal in jedem Zeitraume zwischen zwey auf einander folgenden oberen Durchgängen des Mondes durch den Meridian. Die mittlere Zwischenzeit dieser Durchgänge ist 1,035050 Tag, folglich die mittlere Zwischenzeit zwischen zwey auf einander folgenden Erscheinungen der vollen See 0,517525 Tag, so dafs es Sonnentage giebt, an welchen man nur eine Ebbe und Fluth beobachtet. Der Augenblick der tiefen See theilt diese Zwischenzeit ohngefähr in gleiche Theile, indessen gebraucht das Meer zu Brest neun oder zehn Minuten

weniger zum Steigen als zum Fallen. Auch bey der Ebbe und Fluth ist, wie bey allen Gröfsen, die eines Größten oder Kleinsten fähig sind, das Wachsthum und die Abnahme in der Nähe dieser Gränzen dem Quadrate der von der hohen oder tiefen See an verflossenen Zeit proportionirt.

Die Höhe der vollen See ist nicht beständig die nämliche; sie ändert sich jeden Tag, und ihre Veränderungen haben eine sichtbare Beziehung auf die Mondphasen; sie ist am größten gegen die Zeit der Voll- und Neumonde, hierauf nimmt sie ab, und wird am kleinsten um die Zeit der Quadraturen. Zu Brest hat die höchste Fluth nicht am Tage der Syzygien selbst, sondern andert- halb Tage nachher Statt, so dafs, wenn einmal die Conjunction oder Opposition im Augenblicke der vollen See einfällt, die dritte Fluth, die auf diese folgt, die höchste ist. Eben so, wenn die Quadratur auf den Augenblick der vollen See fällt, ist die dritte Ebbe, die auf diese folgt, die kleinste. Diese Erscheinung beobachtet man beynahe auf gleiche Art in allen Häfen Frankreichs, ob- schon die Stunden der Ebbe und Fluth in denselben sehr verschieden sind.

Je mehr das Meer zur Zeit der vollen See steigt, desto mehr sinkt es wieder bey der folgenden tiefen See. Wir wollen die halbe Summe der Höhen zweyer auf einander folgenden vollen Fluthen über der waagrechteten Fläche der zwischeneinfallenden tiefen See die *totale Fluth* nennen. Der mittlere Werth dieser totalen Fluth ist zu Brest in seinem Maximum gegen die Syzygien 18,13 Fufs, und in seinem Minimum gegen die Quadraturen 8,671 Fufs.

Die Entfernung des Monds von der Erde hat auf die Gröfse der totalen Fluthen einen sehr merklichen Einflufs. Unter übrigens gleichen Umständen wachsen und nehmen sie ab mit dem Durchmesser und der Parallaxe des Monds, aber in einem größeren Verhältnisse. Wenn dieser Durchmesser um ein Achtzehnteil wächst, so wächst die totale Fluth um ein Achtel gegen die Syzygien, und ohngefähr um ein Viertel gegen die Quadraturen; und da diese Fluth im ersten Falle ohngefähr zweymal kleiner ist, als im andern, so ist ihre Zunahme in diesen beyden Fällen gleich.

Da die größte Veränderung des Monds-durchmessers sowohl über als unter seinem

mittleren Werth, ohngefähr ein Fünfzehntel dieses Werths beträgt, so ist die zugehörige Veränderung der totalen Fluth in den Syzygien  $\frac{3}{20}$  ihrer mittleren Gröfse, oder ohngefähr 2,72 Fufs, folglich ist die ganze Wirkung der Veränderung der Entfernung des Monds von der Erde auf die totalen Fluthen 5,44 Fufs.

Die Veränderungen des Abstands der Sonne von der Erde haben zwar auch einen Einflufs auf die Fluthen, aber dieser ist bey weitem nicht so merklich. Unter übrigens gleichen Umständen sind im Winter, wenn die Sonne uns am nächsten ist, die Fluthen in den Syzygien gröfser, und in den Quadraturen kleiner, als im Sommer, wenn die Sonne am weitesten von der Erde entfernt ist.

Die Abweichungen der Sonne und des Monds haben einen merkwürdigen Einflufs auf die Fluthen. Sie vermindern die totalen Fluthen der Syzygien, und diese Fluthen sind zu Brest in den Sonnenwenden ohngefähr  $2\frac{1}{2}$  Fufs kleiner, als in den Nachtgleichen; auch die totalen Fluthen der Quadraturen sind in den Nachtgleichen um die nämliche Gröfse kleiner, als in den Sonnenwenden.

Hauptsächlich gegen die Maxima und Minima der totalen Fluthen ist es wichtig, das Gesetz ihrer Veränderung kennen zu lernen. Wir haben gesehen, daß zu Brest der Augenblick ihres Maximums  $1\frac{1}{2}$  Tage auf die Syzygien folgt. Die Verminderung der totalen Fluthen, welche in der Nähe davon einfallen, ist dem Quadrate der von diesem Augenblicke an bis zu dem der zwischeneinfallenden tiefen See, auf welche die totale Fluth sich bezieht, verflossenen Zeit proportionirt, und beträgt 0,328 Fufs, wenn diese Zeit einen Mondstag ausmacht.

In der Nähe von dem Augenblicke des Minimums, welcher  $1\frac{1}{2}$  Tage auf die Quadratur folgt, ist die Zunahme der totalen Fluthen dem Quadrate der von diesem Augenblicke an verflossenen Zeit proportionirt; sie ist beynahe doppelt so groß, als die Verminderung der totalen Fluthen gegen ihr Maximum zu.

Die Abweichungen der Sonne und des Monds haben einen sehr merklichen Einfluß auf diese Veränderungen. Die Verminderung der Fluthen gegen die Syzygien der Sonnenwenden beträgt nicht mehr als ohngefähr  $\frac{2}{3}$  von der zugehörigen Verminderung gegen

die Syzygien der Nachtgleichen. Die Zunahme der Fluthen gegen die Quadraturen ist ohngefähr zweymal grösser in den Nachtgleichen, als in den Sonnenwenden.

Man bemerkt auch noch zwischen den Fluthen des Morgens und des Abends kleine Unterschiede, welche von den Abweichungen der Sonne und des Mondes abhängen, und verschwinden, wenn diese Gestirne im Aequator stehen. Um sie kennen zu lernen, muß man die Fluthen des ersten und zweyten Tags nach den Syzygien oder den Quadraturen vergleichen, weil die Fluthen, welche alsdann dem Maximum oder dem Minimum sehr nahe sind, von einem Tage zum andern sich sehr wenig ändern, und den Unterschied zweyer Fluthen des nämlichen Tages leicht gewahr nehmen lassen. Auf solche Art findet man, daß zu Brest in den Syzygien der Sommersonnenwenden die Morgenfluthen des ersten und zweyten Tags nach den Syzygien um 0,563 Fufs kleiner sind, als die Abendfluthen; daß sie hingegen in den Syzygien der Wintersonnenwenden um eben so viel grösser sind. Eben so sind in den Quadraturen der Herbstnachtgleiche die Morgenfluthen des ersten und zweyten Tags nach der Quadratur

um 0,419 Fufs gröfser, als die Abendfluthen, aber in den Quadraturen der Frühlingsnachtgleiche um eben so viel kleiner.

Diefs sind im Allgemeinen die Erscheinungen, welche die Höhen der Fluthen in unsern Häfen zeigen. Die Zwischenzeiten derselben bieten andere Erscheinungen dar, welche wir jetzt entwickeln wollen.

Wenn zu Brest das volle Meer im Augenblicke der Syzygien Statt hat, so folgt es 0,14763 Tag auf den Augenblick der wahren Mitternacht, oder des wahren Mittags, je nachdem es des Morgens oder des Abends einfällt. Diese Zwischenzeit, welche selbst in sehr nahen Häfen sehr verschieden ist, nennt man die *Einrichtung des Hafens (établissement du port)*, weil man von ihr ausgeht, um die Stunden der Fluthen in Beziehung auf die Mondphasen zu bestimmen, wie ich solches bey Gelegenheit der Untersuchung der Ursache der Ebbe und Fluth zeigen werde. Die volle See, welche zu Brest im Augenblicke der Quadraturen Statt findet, folgt auf den Augenblick der wahren Mitternacht oder des wahren Mittags 0,35698 Tag.

In den Syzygien erfolgt die Fluth für jede Stunde, um welche sie vor oder nach der Conjunction oder Opposition einfällt, um 264" früher oder später; in den Quadraturen hingegen erfolgt die Fluth für jede Stunde, um welche sie vor oder nach der Quadratur einfällt, um 16" früher oder später.

Die Stunden der Fluthen in den Syzygien oder Quadraturen ändern sich mit den Entfernungen der Sonne und des Mondes von der Erde, und besonders mit den Entfernungen des Mondes.

In den Syzygien beschleunigt oder verspätet jede Minute des Wachsthums oder der Abnahme in dem scheinbaren Halbmesser des Mondes die Stunde der vollen See um 354". Diese Erscheinung hat auf gleiche Art auch in den Quadraturen Statt, aber sie ist drey-mal kleiner.

Die Abweichungen der Sonne und des Mondes haben einen gleichen Einfluß auf die Stunden der Fluthen in den Syzygien und Quadraturen. In den Syzygien der Sonnenwenden fällt die Stunde der vollen See ohngefähr um 2 Minuten früher, in den Syzygien der Nachtgleichen aber um eben so viel später ein. Im Gegentheile fällt in den Quadra-

turen der Nachtgleichen die Stunde der Fluth ohngefähr um 8 Minuten früher, in den Quadraturen der Sonnenwenden aber um ebensoviel später ein.

Wir haben gesehen, daß die Verspätung der Fluthen von einem Tage zum andern in ihrem mittlern Zustande  $0,03505$  Tag beträgt, so daß, wenn die Fluth  $0,1$  Tag nach der wahren Mitternacht einfällt, sie den folgenden Morgen auf  $0,13505$  Tag einfallen wird. Aber diese Verspätung ändert sich mit den Mondphasen; sie ist die kleinste mögliche, gegen die Syzygien, wenn die totalen Fluthen ihr Maximum erreicht haben, und beträgt alsdann nur  $0,02708$  Tag. Wenn die Fluthen ihr Minimum erreicht haben, oder gegen die Quadraturen, ist sie die größte mögliche, und steigt bis auf  $0,05150$  Tag. Demnach wächst der Unterschied der den Zeiten der Syzygien und der Quadraturen zugehörigen Stunden der Fluthen, welcher nach dem Obigen  $0,20935$  Tag beträgt, für die nach jenen beyden Phasen auf gleiche Art folgenden Fluthen, und wird, im Verhältnisse zu dem Größten und Kleinsten der Fluthen, ohngefähr einem Viertelstage gleich.

Die Veränderungen der Entfernungen der Sonne und des Monds von der Erde, und besonders die letztern haben auf die Verspätung der Fluthen von einem Tage zum andern einen Einfluss. Jede Minute des Wachsthums oder der Abnahme in dem scheinbaren Halbmesser des Monds vermehrt oder vermindert diese Verspätung gegen die Syzygien um  $256''$ . Gegen die Quadraturen hat diese Erscheinung auf gleiche Art Statt, aber sie ist alsdann dreymal kleiner.

Die tägliche Verspätung der Fluthen ändert sich auch nach der Abweichung der beyden Gestirne. In den Syzygien der Sonnenwenden ist sie ohngefähr um  $158''$  gröfser, als in ihrem mittleren Zustande; in den Syzygien der Nachtgleichen ist sie um eben so viel kleiner. Im Gegentheile übertrifft sie in den Quadraturen der Nachtgleichen ihre mittlere Gröfse um  $557''$ , in den Quadraturen der Sonnenwenden aber ist sie um eben so viel kleiner, als diese Gröfse.

So haben die Ungleichheiten der Höhen und der Zwischenzeiten der Fluthen sehr verschiedene Perioden, die einen von einem halben und von einem ganzen Tage, die andern von einem halben und von einem gan-

zen Monate, von einem halben und von einem ganzen Jahre; andere endlich sind einerley mit denen der Umläufe der Knoten und der Erdnähe der Mondsbahn, deren Lage, vermöge der Abweichungen des Monds und seiner Entfernungen von der Erde, auf die Fluthen einen Einfluss hat.

Die Gröfse und überhaupt alle Erscheinungen der Ebbe und Fluth schienen mir in den Neu- und Vollmonden einerley zu seyn.

Diese Erscheinungen haben in allen Häfen und an allen Meerufern auf gleiche Art Statt. Aber die Localumstände, wenn sie schon an den Gesetzen der Fluthen nichts ändern, haben auf die Gröfse derselben und auf die Zeit der Einrichtung des Hafens einen grossen Einfluss.

---

#### Vierzehntes Kapitel.

*Von der Erdatmosphäre und den astronomischen Strahlenbrechungen.*

Eine elastische, dünne und durchsichtige Flüssigkeit umgiebt die Erde, und erhebt sich

auf eine große Höhe; sie ist schwer, wie alle Körper, und ihr Gewicht hält dem des Quecksilbers im Barometer die Waage. Bey der Temperatur des schmelzenden Eises und bey der mittlern Höhe des Barometers über der Meeresfläche, welche sehr nahe  $2\frac{1}{3}$  Fufs beträgt, verhält sich das Gewicht der Luft zu dem eines gleichgroßen Raums Quecksilber, wie 1 zu 10320. Bey dieser Temperatur braucht man also, um das Barometer, wenn seine Höhe  $2\frac{1}{3}$  Fufs ist, um  $\frac{1}{100}$  Fufs fallen zu machen, sich nur um 103,20 Fufs zu erheben; und wenn die Dichtigkeit der Atmosphäre durchaus ungleich wäre, so würde ihre Höhe 24080 Fufs betragen. Aber die Luft läßt sich sehr nahe im Verhältnisse der aufgelegten Gewichte zusammendrücken. Daraus folgt, daß bey gleicher Temperatur ihre Dichtigkeit der Barometerhöhe proportionirt ist. Ihre unteren Schichten sind daher dichter, als die oberen, deren Gewicht jene zusammendrückt; und sie werden immer in eben dem Maasse dünner, als man sich in der Atmosphäre erhebt, und wenn ihre Temperatur die nämliche bleibt, so zeigt eine sehr leichte Rechnung, daß, während ihre Höhe in arithmetischer Progression wächst, ihre

Dichtigkeit in geometrischer Progression abnimmt. Die in den obern Gegenden der Atmosphäre herrschende Kälte vermehrt die Dichtigkeit der obern Schichten. Denn die Luft wird, wie alle Körper, von der Kälte zusammengezogen und von der Wärme ausgedehnt; und man hat bemerkt, daß in der Nähe von der Temperatur des schmelzenden Eises die Zunahme der Temperatur von einem Grade den Raumsinhalt derselben ohngefähr um  $\frac{1}{270}$  vermehrt.

Von diesen Bestimmungen hat man eine vortheilhafte Anwendung auf die Messung der Höhen der Berge mittelst des Barometers gemacht.

Wäre die Wärme der Atmosphäre zu jeder Zeit und in ihrer ganzen Ausdehnung der des schmelzenden Eises gleich, so würde daraus folgen, daß man durch Multiplication des Logarithmen der Tafeln von dem Verhältnisse der auf zwey beliebigen Stationen beobachteten Barometerhöhen mit 55326 Fufs, die Höhe der einen dieser Stationen über der andern erhielte. Aber diese Höhe erfordert eine Berichtigung wegen des Irrthums der Voraussetzung einer gleichförmigen Dichtigkeit und einer dem Nullpunkte gleichen

Temperatur. Man übersieht leicht, dafs, wenn die mittlere Temperatur der zwischen zwey Stationen enthaltenen Luftschichte grösser, als Null ist, ihre Dichtigkeit kleiner wird, und man sich noch höher erheben muß, um das Barometer um eben so viel fallen zu machen. Man muß daher den Multiplicator 55326 Fufs um  $\frac{1}{270}$  desselben so vielmal genommen, vermehren, als man Grade dieser mittleren Temperatur hat. Zu dem Ende beobachtet man auf beyden Stationen die Grade des Thermometers, multiplicirt ihre Summe durch 110,65 Fufs und addirt das Product zu 55326 Fufs. Noch muß man bey den Barometerhöhen eine kleine Berichtigung wegen des Unterschieds der Temperatur der beyden Stationen anbringen. Die Dichtigkeit des Quecksilbers ist nicht an beyden Stationen einerley; nun beträgt seine Ausdehnung für eine Zunahme seiner Temperatur um einen Grad,  $\frac{1}{5412}$  seines Volumens; daher muß man die Barometerhöhe an der kälteren Station um  $\frac{1}{5412}$  derselben so vielmal genommen, vermehren, als der Unterschied der Temperatur beyder Stationen Grade hat. Vermittelst dieser Regel erhält man sehr nahe den Unterschied ihrer

Höhen, wenn sie nicht viel von einerley Verticallinie abweichen.

Die Luft ist in kleinen Massen unsichtbar; aber die von allen Schichten der Atmosphäre zurückgeworfenen Lichtstralen verursachen einen merklichen Eindruck, sie machen nämlich, daß sie uns mit einer blauen Farbe erscheint, welche allen Gegenständen, die wir in der Entfernung wahrnehmen, ein gleiches Ansehen giebt, und das Azur des Himmels bildet. Dieses blatte Gewölbe, an welchem die Sterne uns angeheftet scheinen, ist demnach uns sehr nahe, und ist nichts anders, als die Erdatmosphäre, jenseits welcher jene Körper in unermesslichen Entfernungen sich befinden. Die Sonnenstralen, welche die Theilchen derselben uns in Menge zusenden, bilden vor dem Aufgange und nach dem Untergange der Sonne die Morgen- und Abenddämmerung, welche dadurch, daß sie auf mehr als 20 Grade des Abstands dieses Gestirns sich erstrecken, uns beweisen, daß die äußersten Theilchen der Atmosphäre aufs wenigste 250000 Fufs hoch liegen.

Könnte das Auge die Punkte der äußern Oberfläche der Atmosphäre unterscheiden, und  
auf

auf ihre wahren Oerter beziehen, so würden wir den Himmel wie eine kugelförmige Kappe sehen, die durch den von einer die Erde berührenden Ebene abgeschnittenen Theil dieser Oberfläche gebildet würde; und da die Höhe der Atmosphäre in Ansehung des Erdhalbmessers sehr klein ist, so würde uns der Himmel unter der Gestalt eines eingedrückten Gewölbes erscheinen. Allein ob wir gleich die Gränzen der Atmosphäre nicht unterscheiden können, so müssen wir doch, da die Stralen, welche sie uns zusendet, bis zum Horizonte einen längeren Weg zurücklegen, als bis an das Zenith, ihre Ausdehnung nach der ersteren Richtung für gröfser halten. Zu dieser Ursache kommt noch die Stellung der zwischen uns und dem Horizonte liegenden Gegenstände, welche dazu beyträgt, die scheinbare Entfernung desjenigen Theils des Himmels, den wir jenseits derselbigen sehen, zu vergrößern. Der Himmel muß uns daher sehr eingedrückt, wie eine kugelförmige Kappe erscheinen. Ein Stern, der ohngefähr 26 Grade hoch steht, scheint uns die Linie, welche der Durchschnitt der Oberfläche des Himmels mit einer lothrechten Ebene vom Zenith bis an den

L

Horizont bildet, zu halbiren. Daraus folgt, daß der horizontale Halbmesser des scheinbaren Himmelsgewölbes zum verticalen bey nahe wie  $3\frac{1}{4}$  zu 1 sich verhält; aber dieses Verhältniß ändert sich mit den Ursachen dieser Täuschung.

Da die scheinbare Gröfse der Sonne und des Monds dem Winkel, unter welchem sie gesehen werden, und dem scheinbaren Abstände des Punkts am Himmel, auf welchen man sie bezieht, proportionirt ist; so scheinen sie uns am Horizonte größer, als am Zenith, ungeachtet sie dort unter einem kleineren Winkel gesehen werden.

Die Lichtstralen bewegen sich in der Atmosphäre nicht in geraden Linien, sondern biegen sich beständig gegen die Erde zu. Der Beobachter, der die Gegenstände nur in der Richtung der Tangente der Curve sieht, die sie beschreiben, sieht sie immer höher, als sie in der That sind, und die Sterne erscheinen selbst dann noch über dem Horizonte, wenn sie schon unter demselben sind. So macht die Atmosphäre, indem sie die Stralen der Sonne krümmt, daß wir ihre Gegenwart länger genießen, und vermehrt die Länge des Tags, welche auch die Morgen-

und Abenddämmerung noch vergrößern. Es war den Astronomen äußerst viel daran gelegen, die Gesetze und die Gröfse der Strahlenbrechung zu bestimmen, um die wahre Lage der Gestirne zu erhalten; ehe ich aber das Resultat ihrer Untersuchungen über diesen Gegenstand darlege, will ich die vorzüglichsten Eigenschaften des Lichts kürzlich erläutern.

Beym Uebergange aus einem durchsichtigen Mittel in ein anderes nähert sich ein Lichtstral dem Lothe auf der Oberfläche, welche die beyden Mittel scheidet, oder entfernt sich von demselben. Das Gesetz seiner Brechung ist dieses, daß *die Sinus der beyden Winkel, welche seine Richtungen, die eine vor, die andere nach seinem Eintritte in das neue Mittel mit diesem Lothe machen, in einem beständigen Verhältnisse stehen, wie auch immer diese Winkel beschaffen seyn mögen.* Aber das Licht zeigt bey seiner Brechung eine merkwürdige Erscheinung, die uns mit seiner Natur näher bekannt gemacht hat. Ein weißer Lichtstral, der in einem verfinsterten Zimmer aufgefangen wird, bildet nach seinem Durchgange durch ein Prisma ein länglichtes, verschiedentlich gefärbtes

Bild. Dieser Stral ist ein Büschel, der aus einer unbestimmar großen Anzahl Stralen von verschiedenen Farben besteht, welche das Prisma vermöge ihrer verschiedenen Brechbarkeit scheidet. Der am meisten brechbare Stral ist der violette, auf diesen folgt der indig - oder dunkelblaue, dann der hellblaue, dann der grüne, nach diesem der hellgelbe, dann der orange - oder goldgelbe, und endlich der rothe. Ungeachtet wir aber nicht mehr, als sieben Stralen unterscheiden, so beweist doch die Stetigkeit des Bildes, daß deren eine unendliche Anzahl vorhanden ist, die sich nach unmerklichen Stufen der Brechbarkeit und der Farbe einander nähern.

Werden alle diese Stralen durch ein Linsenglas wieder vereinigt, so bringen sie die weiße Farbe wieder hervor, welche daher nichts anders ist, als eine Mischung von allen einfachen oder gleichartigen Farben nach bestimmten Verhältnissen.

Wenn ein Stral von einer gleichartigen Farbe von den übrigen wohl abgesondert wird, so verändert er weder seine Brechbarkeit noch seine Farbe, wie auch immer die Zurückwerfungen und Brechungen, die er leidet, beschaffen seyn mögen; seine Farbe

kann also nicht von gewissen Modificationen herrühren, die das Licht in den Mitteln, durch welche es geht, annimmt, sondern sie ist mit seiner Natur verbunden.

Indessen beweist die Aehnlichkeit der Farbe nicht die Aehnlichkeit des Lichts. Denn wenn man mehrere verschiedentlich gefärbte Stralen des durch das Prisma zerlegten Sonnenbildes mit einander mischt, so kann man eine Farbe erhalten, die einer der einfachen Farben dieses Bildes vollkommen ähnlich ist. So giebt die Mischung der gleichartigen rothen und hellgelben Farbe ein dem gleichartigen Goldgelben dem Scheine nach ähnliches Goldgelb; aber diese gemischten Stralen werden durch die Brechung vermittelt eines neuen Prisma wieder getrennt, und in die zusammensetzenden Farben zerlegt, während die Stralen des gleichartigen Goldgelben unveränderlich bleiben.

Wenn die Lichtstralen auf einen Spiegel fallen, so werden sie zurückgeworfen, und machen mit dem Lothe auf dessen Oberfläche Reflexionswinkel, die den Einfallswinkeln gleich sind.

Die Brechungen und Zurückwerfungen, welche die Sonnenstralen in den Regentropfen

leiden, geben dem Regenbogen seine Entstehung, dessen Erklärung, da sie auf eine scharfe Berechnung sich gründet, und allen besonderen Umständen dieser sonderbaren Erscheinung vollkommen Genüge thut, eins der schönsten Resultate der Physik ist.

Die meisten Körper zerlegen das Licht, das sie auffangen; einen Theil davon schlucken sie ein, einen andern werfen sie unter allen Richtungen zurück; sie erscheinen blau, roth, grün u. s. w. nach der Farbe der Strahlen, die sie in größter Menge zurücksenden. So wird das weiße Sonnenlicht, indem es sich über die ganze Natur verbreitet, zerlegt, und mit unendlich manchfaltigen Farben in unsere Augen zurückgeworfen.

Nach dieser kurzen Abschweifung über das Licht komme ich wieder auf die astronomischen Strahlenbrechungen zurück. Sehr genaue Versuche haben gelehrt, daß bey gleicher Temperatur die brechende Kraft der Luft wie ihre Dichtigkeit wächst und abnimmt. Aber wechselt diese Kraft bey gleichen Dichtigkeiten, mit der Temperatur? Was für einen Einfluß hat der hygrometrische Zustand der Luft, und das Verhältniß,

in welchem die beyden Gasarten, das Stickgas und das Sauerstoffgas (gas azot et oxigène), in der Atmosphäre verbunden sind, auf die Stralenbrechungen? Dieß ist's, was man noch nicht weiß, und was, wegen der Wichtigkeit des Gegenstandes, aufgeklärt zu werden verdient.

Bis jetzt hat man angenommen, die brechende Kraft der Atmosphäre hange nur von der Dichtigkeit ihrer Schichten ab, so daß es zur Bestimmung der Bahn des Lichts durch dieselbe hinreichend sey, das Gesetz ihrer Temperatur zu kennen; aber dieses Gesetz ist uns unbekannt, und ändert sich ausserdem jeden Augenblick. Unter der Voraussetzung, daß die Temperatur der Atmosphäre durchaus die nämliche, und der des schmelzenden Eises gleich sey, würde die Dichtigkeit ihrer Schichten in geometrischer Progression abnehmen, und die Stralenbrechung am Horizonte  $73'$  seyn; sie würde aber nur  $55\frac{1}{2}'$  betragen, wenn die Dichtigkeit der Schichten der Atmosphäre in arithmetischer Progression abnähme, und an ihrer Oberfläche gleich Null würde. Die horizontale Stralenbrechung, wie man sie beobachtet, nämlich ohngefähr  $64\frac{1}{2}'$ , ist die mittlere zwischen diesen Gränzen; das

Gesetz der Verminderung der Dichtigkeit der Schichten hält beynahe das Mittel zwischen der geometrischen und arithmetischen Progression, und dieß stimmt mit den Beobachtungen des Barometers und Thermometers überein. Ueberhaupt kann man alle diese Beobachtungen und die der astronomischen Strahlenbrechung vermittelst sehr wahrscheinlicher Hypothesen über die Verminderung der Wärme bey zunehmender Erhebung in der Atmosphäre vereinigen, ohne daß man nöthig hätte, wie einige Naturforscher gethan haben, zu einer besondern Flüssigkeit seine Zuflucht zu nehmen, die, wenn sie der atmosphärischen Luft beygemischt wäre, die Wirkung hätte, das Licht zu brechen.

Wenn die scheinbare Höhe der Sterne größer, als 12 Grade ist, so hängt die Strahlenbrechung, so weit man es bemerken kann, bloß von dem Stande des Barometers und Thermometers an dem Orte des Beobachters ab, und ist der Tangente des um die vierfache Strahlenbrechung verminderten scheinbaren Abstandes des Sterns vom Scheitelpunkte sehr nahe proportionirt. Man hat durch verschiedene Mittel gefunden, daß bey der Temperatur des schmelzenden Eises, und bey der

Barometerhöhe von  $2\frac{1}{3}$  Fufs, der Coefficient, der, mit dieser Tangente multiplicirt, die astronomische Stralenbrechung giebt,  $183''$  ist, aber er ändert sich wie die Dichtigkeit der Luft an dem Orte der Beobachtung. Diese Dichtigkeit aber ändert sich um  $\frac{1}{270}$  für einen Grad des Thermometers; man muß daher diesen Coefficienten um  $\frac{1}{270}$  desselben so vielmal genommen, vermindern oder vermehren, als das Thermometer Grade über oder unter dem Nullpunkte anzeigt. Da, bey gleicher Temperatur, die Dichtigkeit der Luft der Barometerhöhe proportionirt ist, so muß man den so verbesserten Coefficienten auch noch in dem Verhältnisse der beobachteten Barometerhöhe zur Höhe von  $2\frac{1}{3}$  Fufs verändern. Vermittelst dieser Bestimmungen kann man eine Tafel der Stralenbrechungen vom zwölften Grade der scheinbaren Höhe an bis an das Zenith verfertigen, in welchem Raume fast alle astronomischen Beobachtungen gemacht werden. Diese Tafel wird den Vorzug haben, von jeder Hypothese über die Beschaffenheit der Atmosphäre unabhängig zu seyn, und wird auf dem Gipfel der höchsten Berge, wie an der Meeresfläche, dienen können.

Die Atmosphäre schwächt das Licht der Sterne, besonders am Horizonte, wo ihre Stralen einen längern Weg durch sie zu machen haben. Aus Bouguers Versuchen folgt, daß, wenn man die Stärke (l'intensité) des Lichts eines Sterns bey seinem Eintritte in die Atmosphäre für die Einheit annimmt, seine Stärke, wenn es zum Beobachter gelangt, und der Stern am Zenith steht, bey einer Barometerhöhe von  $2\frac{1}{3}$  Fufs, auf 0,8123 herunter gebracht ist. Die Höhe der Atmosphäre, wenn sie ihrer ganzen Ausdehnung nach auf die dem Nullpunkte der Temperatur und dem Drucke einer Quecksilbersäule von  $2\frac{1}{3}$  Fufs zugehörige Dichtigkeit gebracht wird, würde 24080 Fufs seyn. Nun ist es natürlich, zu denken, daß das Erlöschen eines durch sie gehenden Lichtstrals eben so, wie bey dieser Voraussetzung, erfolge, weil er der nämlichen Anzahl von Lufttheilchen begegnet; folglich bringt eine Luftschichte von der sogenannten Dichtigkeit, und von 24080 Fufs Dicke die Stärke des Lichts auf 0,8123 herunter.

Hieraus läßt sich das Erlöschen des Lichts in einer Luftschichte von gleicher Dichtigkeit und jeder beliebigen Dicke leicht herlei-

ten; denn es ist offenbar, daß, wenn die Stärke des Lichts bey seinem Durchgange durch eine Schichte von gegebener Dichtigkeit auf ein Viertel gebracht wird, eine gleiche Dicke dieses Viertel auf ein Sechzehntel seines anfänglichen Werths herunterbringen werde. Hieraus sieht man, daß, wenn die Dicke in arithmetischer Progression wächst, die Stärke des Lichts in geometrischer Progression abnimmt. Ihre Logarithmen folgen also dem Verhältnisse der Dicken, so, daß man, um den Logarithmen der Tafeln von der Stärke des Lichts, nachdem es eine Luftschichte von jeder beliebigen Dicke durchloffen hat, zu erhalten, — 0,0902835, als den Logarithmen von 0,8123 mit dem Verhältnisse dieser Dicke zu 24080 Fufs multipliciren muß; und wenn die Dichtigkeit der Luft größer oder kleiner, als die vorgenannte ist, so muß man diese Logarithmen in dem nämlichen Verhältnisse vermehren oder vermindern.

Um die Schwächung des Lichts der Sterne nach dem Verhältnisse ihrer scheinbaren Höhe zu bestimmen, kann man sich vorstellen, der Lichtstral bewege sich in einer durchaus gleich weiten Röhre, und die in dieser Röhre einge-

schlossene Luft auf die vorgenannte Dichtigkeit reduciren. Die Länge der so reducirten Luftsäule wird das Erlöschen des Lichts des Sterns, den man betrachtet, bestimmen. Nun kann man annehmen, vom Scheitelpunkte bis ohngefähr zum zwölften Grade der scheinbaren Höhe seyen die atmosphärischen Schichten merklich eben und parallel, und die Bahn des Lichts geradlinigt; alsdann verhält sich die Dicke einer jeden Schichte in der Richtung des Lichtstrals zu ihrer Breite in lothrechter Richtung, wie die Secante des scheinbaren Abstandes des Sterns vom Scheitelpunkte zum Halbmesser.

Multiplircirt man also diese Secante mit  $0,0902835$ , und mit dem Verhältnisse der Barometerhöhe zu  $2\frac{1}{3}$  Fufs, so hat man den Logarithmen der Lichtstärke des Sterns. Diese sehr einfache Regel giebt das Erlöschen des Lichts der Sterne auf dem Gipfel der Berge, und an der Meeresfläche, und kann sowohl zur Berichtigung der Beobachtungen der Verfinsterungen der Jupiterstrabanten, als zur Schätzung der Stärke des Sonnenlichts im Brennpunkte der Brenngläser nützlich seyn. Indessen ist zu bemerken, daß die in der Luft schwebenden Dünste auf das Erlöschen

des Lichts der Sterne einen merklichen Einfluß haben. Die Heiterkeit des Himmels in den südlichen Gegenden macht das Licht derselben dort im Allgemeinen viel lebhafter; und wenn man unsere großen Teleskope auf die hohen Gebürge von Peru brächte, so ist nicht zu zweifeln, daß man daselbst mehrere himmlische Erscheinungen entdecken würde; welche eine dickere und minder durchsichtige Atmosphäre in unsern Gegenden unsichtbar macht.

In sehr kleinen Höhen hängt die Stärke des Lichts, so wie die Strahlenbrechung, von der Beschaffenheit der Atmosphäre ab. Wäre ihre Temperatur durchaus die nämliche, so wären die Logarithmen der Lichtstärke den astronomischen Strahlenbrechungen, dividirt durch die Cosinus der scheinbaren Höhen, proportionirt, und alsdann wäre diese Stärke am Horizonte auf  $\frac{1}{4000}$  ihres anfänglichen Werths gebracht. Diefs ist der Grund, warum man die Sonne, deren Glanz man am Mittage nicht leicht aushält, am Horizonte ohne Mühe ansehen kann.

Es ist natürlich zu denken, daß jedes Theilchen der Oberfläche der Sonne, eine gleiche Lichtmenge nach jeder Richtung aus-

sende. Zwey gleiche und sehr kleine Theilchen dieser Oberfläche, das eine im Mittelpunkte der Scheibe, das andere am Rande derselben, scheinen, von der Erde aus gesehen, verschiedene Räume einzunehmen, die sich zu einander verhalten, wie der Halbmesser zum Cosinus des Bogens von dem größten Kreise der Sonnenoberfläche, der zwischen diesen beyden Theilchen liegt; folglich ist die Stärke ihres Lichts im umgekehrten Verhältnisse von diesem. Indessen hat Bouguer durch Versuche gefunden, daß das Sonnenlicht im Mittelpunkte lebhafter, als am Rande, ist. Da er nämlich das Licht des Mittelpunkts mit dem Lichte eines vom Rande um ein Viertel des Halbmessers der Sonne entfernten Punkts verglich, so schienen ihm die Stärken dieser beyden Lichtarten in dem Verhältnisse von 48 zu 35 zu stehen. Dieser Unterschied zeigt, daß die Sonne mit einer dicken, ihr Licht schwächenden, Atmosphäre umgeben sey. Aus den vorerwähnten Resultaten und aus Bouguers Versuchen folgt es ferner, daß die Stärke des Lichts eines von der Oberfläche der Sonne aus und am Scheitelpunkte gesehenen Sterns auf 0,24065 gebracht wird, und daß die Sonne von ihrer Atmosphäre

entblößt, uns  $12\frac{1}{3}$  mal heller erscheinen würde.

Eine horizontale Luftschichte von der Temperatur des Nullpunkts und vom Drucke einer Quecksilbersäule von  $2\frac{1}{3}$  Fufs müßte 165000 Fufs dick seyn, um das Licht in eben dem Maafse, wie die Atmosphäre der Sonne, zu schwächen. Diefs wäre also die Höhe dieser Atmosphäre, auf die Dichtigkeit dieser Luftschichte gebracht, wenn, bey gleichen Dichtigkeiten, ihre Durchsichtigkeit die nämliche wäre, wie die der Luft; aber diefs ist es eben, was man nicht weiß.

Uebrigens hangen diese Resultate von der Genauigkeit des Bouguerischen Versuchs ab, welcher bey verschiedenen Stellungen der Sonnenscheibe sorgfältig wiederholt zu werden verdient.

Die Schwingungen der Luft bringen die Töne hervor, welche nach der Geschwindigkeit oder Langsamkeit der Schwingungen hohe (aigus) oder tiefe (graves) sind. Wie sie aber immer beschaffen seyn mögen, so ist die Geschwindigkeit ihrer Fortpflanzung die nämliche, und ein starker oder schwacher, tiefer oder hoher Ton durchläuft 896,8 Fufs in einer Secunde.

Die Winde, von dem Zephyr an, bis zu den heftigsten Orcanen, werden von der Luft, die mit mehr oder weniger Geschwindigkeit ihren Ort verändert, hervorgebracht. Bey den heftigsten Sturmwinden beträgt diese Geschwindigkeit 60 bis 80 Fufs in einer Secunde. Bey den gewöhnlichen Winden aber nur ohngefähr den dritten Theil davon. Ohne Zweifel stört die Ursache, welche das Wasser des Meeres regelmäfsig erhebt, und in der Sonne und dem Monde zu liegen scheint, auch das Gleichgewicht der Atmosphäre, die sie durchlaufen muß, um auf das Meer zu wirken; aber die daher entstehenden periodischen Winde sind zu schwach, als daß man sie mitten unter den Bewegungen, welche die Atmosphäre von einer großen Anzahl anderer Ursachen erleidet, hätte bemerken können.

Im Schoofse der Atmosphäre bilden sich die Wolken, die Stürme, die Nordlichter, und alle Lufterscheinungen. Die Luft löset das Wasser auf, und diese auflösende Eigenschaft ändert sich mit ihrer Dichtigkeit und mit ihrer Wärme. So löset sich das Wasser wechselseitig in der Atmosphäre auf, und schlägt sich wieder in derselben nieder, vermöge

möge aller der Ursachen, welche die Temperatur und Dichtigkeit der Luft ändern. Das Meerwasser giebt, indem es sich in der Atmosphäre auflöst, das Salz ab, das es enthält; es selbst aber fällt unter der Gestalt des Thaues, des Schnees, des Hagels oder Regens wieder herab, wovon ein Theil durch Berge und Höhen aufgesammelt und durch die Erdschichten durchgeseihet wird, um die Quellen und Flüsse zu bilden, die ihn wieder ins Meer zurückführen.

Die Elektrizität öffnet sich nur schwer einen Durchgang durch die Atmosphäre; ihre verschiedenen Schichten sind wesentlich elektrisirt, und scheinen es um so viel mehr zu seyn, je höher sie sind; daher sind die in den oberen Schichten gebildeten Wolken mehr elektrisirt, als die niedrigeren Schichten, in welche sie sich herablassen. Wie es sich aber auch mit dieser Ursache der Elektrizität der Wolken verhalten mag, so ist es ausgemacht, daß der Blitz allemal eine elektrische Entladung zwischen den Wolken und der Erde ist.

Die Luft ist keine gleichartige Substanz; die Erfahrung hat uns bekannt gemacht, daß sie aus drey Theilen Stickgas und einem Theile Sauerstoffgas zusammengesetzt ist. Die letz-

tere Gasart ist zum Einathmen vorzüglich tauglich, in ihr brennen die Körper mit einem lebhaften Lichte, und sie allein ist zu ihrer Verbrennung nothwendig, so wie zum Athmen der Thiere, von welchem man weiß, daß es eine langsame Verbrennung und die Quelle der thierischen Wärme ist.

Aufser diesen giebt es noch andere luftförmige Flüssigkeiten, die sich mit der Atmosphäre vermischen, und nach dem Verhältnisse ihrer specifischen Leichtigkeit in ihr erheben. Die leichteste unter diesen Flüssigkeiten ist diejenige, welche man das Wasserstoffgas (gas hydrogène) nennt. Es ist in seiner Reinheit fünfzehn - bis sechzehnmal dünner, als die atmosphärische Luft. Wird es ohngefähr in dem Verhältnisse von 1 zu 6 mit dem Sauerstoffgas verbunden, so bildet es Wasser, welches so wenig ein Element ist, wie man seit langer Zeit geglaubt hat, daß es sich vielmehr nach Belieben zusammensetzen und zerlegen läßt. Die Zersetzung der Körper in Sümpfen und stehenden Gewässern entwickelt eine große Menge Wasserstoffgas, das sich bis an die Grenzen der Atmosphäre erhebt, wo es, wenn es durch natürliche Elektrizität entzündet wird, die Stern

schnuppen, Feuerkugeln und Lichtschweife hervorbringt, die man bey grosser Hitze bemerkt, und die, da sie zuweilen im nämlichen Augenblicke auf sehr grosse Entfernungen gesehen werden, beweisen, daß ihre Höhe wenigstens 300000 Fufs beträgt. In eine leichte Hülle eingeschlossen erhebt sich das Wasserstoffgas mit den Körpern, die an jene bevestiget werden, bis es einer Schichte der Atmosphäre begegnet, welche dünne genug ist, um darin im Gleichgewichte zu bleiben. Durch dieses Mittel hat der Mensch seine Herrschaft und Gewalt erweitert; er kann sich in die Lüfte aufschwingen, die Wolken durchschiffen, und die Natur in den vorher unzugänglichen oberen Gegenden der Atmosphäre fragen.

Die Atmosphäre läßt das Sonnenlicht ganz frey, die Wärme aber nur schwer durch; sie vermehrt daher die Temperatur auf der Oberfläche der Erde, und vielleicht würde man, ohne den Widerstand, den sie der Zerstreung der Sonnenwärme entgegensetzt, selbst unter dem Aequator eine ausnehmende Kälte empfinden.

Der Wärme hat man den luftförmigen Zustand der Atmosphäre, dem Drucke der

Atmosphäre aber und der Wärme hat man die Flüssigkeit des Weltmeeres zu verdanken. Um diese Wahrheiten zu bestätigen, wollen wir eine der wichtigsten neuern Entdeckungen über die Wärme mit wenigen Worten darstellen.

Die Natur der Wärme sey beschaffen wie sie immer wolle, so dehnt sie die Körper aus; sie versetzt sie aus dem festen Zustande in den flüssigen, und verwandelt die flüssigen in Dämpfe. Diese Veränderungen des Zustandes hat man durch besondere Erscheinungen an dem Eise bemerkt, die wir jetzt verfolgen wollen. Wir wollen eine Masse Schnee oder zerstoßenes Eis in einem offenen Gefäße betrachten, das der Wirkung einer grossen Hitze ausgesetzt ist. Wenn die Temperatur desselben unter der des schmelzenden Eises ist, so wird das Eis durch neue Zusätze von Wärme allmählig schmelzen; wenn man es aber so lange, bis es zerschmolzen ist, sorgfältig schüttelt, so wird das erhaltene Wasser, beständig die Temperatur des Nullpunkts haben; die durch das Gefäß mitgetheilte Wärme wird an dem Thermometer, das man darein taucht, nicht merklich seyn, sondern gänzlich darauf verwandt werden,

das Eifs flüssig zu machen. In der Folge wird die ferner hinzugesetzte Wärme die Temperatur des Wassers und zugleich das Thermometer erhöhen bis zum Augenblicke des Kochens. Alsdann wird das Thermometer wiederum stille stehen, und die durch das Gefäß mit getheilte Wärme lediglich darauf verwandt werden, das Wasser in Dämpfe zu verwandeln, die mit dem kochenden Wasser einerley Temperatur haben werden. Das Wasser, das durch das Schmelzen des Eisses hervorgebracht wird, und die Dämpfe, in welche das kochende Wasser sich verwandelt, verschlucken also im Augenblicke ihrer Bildung eine große Menge Wärme, welche wieder erscheint, wenn die Wasserdämpfe in den Zustand des tropfbaren Wassers, und das Wasser in den Zustand des Eisses zurückgeht. Denn wenn die Dämpfe an einem kalten Körper sich verdichten, so theilen sie ihm mehr Wärme mit, als er deren von einem gleichgroßen Gewichte kochenden Wassers erhalten würde. Und ausserdem weiß man, daß das Wasser sich im flüssigen Zustande erhalten kann, ungeachtet seine Temperatur mehrere Grade unter dem Nullpunkte ist, aber durch die geringste Erschütterung sich in Eifs verwandelt, und das

Thermometer, das man darein taucht, doch nur auf Null steht, durch die Wärme, welche diese Veränderung entbindet.

Ohne den Druck der Atmosphäre würde das zerschmolzene Eis sich in Dämpfe verwandeln; aber dieser Druck widersteht der zurückstossenden Kraft, welche die Wärme den flüssigen Theilchen mittheilt, und erhält das zerschmolzene Eis in der Gestalt des Wassers, bis die Wärme groß genug ist, um durch ihre zurückstossende Kraft den Druck der Atmosphäre zu überwinden. In diesem Augenblicke geräth das Wasser ins Kochen, und löset sich in Dämpfe auf; der Grad der Temperatur des kochenden Wassers wechselt daher mit dem Drucke der Atmosphäre; er ist auf dem Gipfel der Berge kleiner als an der Meeresfläche, und unter der Glocke einer Luftpumpe, wo man die Luft nach Belieben verdünnen und verdichten kann, läßt sich auch die Wärme des kochenden Wassers nach Willkühr vermindern oder vermehren. So macht die Wärme das Meer flüssig und der Druck der Atmosphäre verhindert es, sich in Dämpfe zu verwandeln.

Alle Körper, die wir aus dem festen Zustande in den flüssigen versetzen können, zeigen ähnliche Erscheinungen, aber die Temperatur, wobey ihr Schmelzen anfängt, ist für jeden derselben sehr verschieden. Quecksilber z. B. wird, wie man sich durch die Erfahrung versichert hat, gegen den 40 Grad unter dem Nullpunkte fest. Es fängt an flüssig zu werden bey eben diesem Grade, es geräth ins Kochen bey der Temperatur von 376 Graden, und bey dem Drucke einer Quecksilbersäule von  $2\frac{1}{3}$  Fufs, so daß bey diesem Drucke der Atmosphäre der Raum der Temperatur zwischen dem Schmelzen und Kochen, welcher für das Wasser 100 Grade beträgt, für das Quecksilber sich bis auf 416 Grade beläuft.

Es giebt Körper, die gar nicht flüssig werden können, auch durch die größten Grade der Hitze, die wir hervorzubringen vermögen; es giebt aber auch andere, welche die größte Kälte, die sie auf der Erde ausstehen, nicht in den festen Zustand versetzen kann. Von der Art sind die Flüssigkeiten, welche unsere Atmosphäre bilden, und welche, des Drucks und der Kälte, denen man sie unterworfen hat, ungeachtet,

sich doch bis jetzt in Dampfgestalt erhalten haben. Aber ihre Aehnlichkeit mit den luftförmigen Flüssigkeiten, in welche wir durch die Wärme eine große Zahl von Substanzen verwandeln, und ihre Verdichtung durch den Druck und die Kälte, lassen nicht daran zweifeln, daß diese atmosphärische Flüssigkeiten äußerst flüssige Körper seyen, welche eine große Kälte in den festen Zustand verwandeln würde. Um sie in diesen Zustand zu bringen, würde es genug seyn, die Erde von der Sonne zu entfernen, so wie es im Gegentheile, um das Wasser und mehrere andere Körper in unsere Atmosphäre zu treiben, hinreichend seyn würde, sie der Sonne zu nähern. Diese großen Abwechselungen haben auf den Kometen, und besonders auf denen Statt, welche in ihrer Sonnennähe der Sonne sehr nahe kommen. Die Nebel, die sie umgeben, und die langen Schweife, die sie nach sich ziehen, sind eine Folge der Verdampfung der Flüssigkeiten auf ihrer Oberfläche; die daraus entstehende Abkühlung muß die von ihrer Nähe bey der Sonne herrührende ausnehmende Hitze mäßigen, und die Verdichtung eben dieser Flüssigkeiten, wenn sie sich von der Sonne entfernen,

ersetzt zum Theile wieder die Abnahme der Wärme, die diese Verdichtung zur Folge hat; so daß die gedoppelte Wirkung der Verdampfung und der Verdichtung der Flüssigkeiten, die Grenzen der größten Wärme und der größten Kälte, welche die Kometen bey jedem ihrer Umläufe erfahren, einander beträchtlich nähert.