~~1305~~

996

Lehrbuch

der

Mathematischen Geographie

für

Gymnasien.

Von

J. C. Lückenhof,

Professor am Gymnasium zu Münster.

Mit 5 Steintafeln.

Münster, 1833.

In der Theissingschen Buchhandlung.

Seiner Erzbischöflichen Gnaden,

dem Hochwürdigsten

Herrn Erzbischofe von Köln

Ferdinand August,

Hochgebornen Grafen

Spiegel zum Desenberg und Canstein,

Doctor der Theologie,
Königlichen Wirklichen Geheimen Rathe,
Mitgliede des Staats-Rathes,
Ritter des rothen Adler-Ordens erster Klasse und des Zähringer
Löwen-Ordens mit Eichenlaub Großkreuz ꝛc. ꝛc.

in

tiefster Ehrfurcht gewidmet

von dem Verfasser.

Vorwort.

Es bedarf keiner Nachweise, daß der Unterricht in der mathematischen Geographie ganz besonders geeignet sei, die Verstandeskräfte der studirenden Jugend auf eine höchst anziehende Weise in Thätigkeit zu setzen, und zugleich veredelte Gesinnungen zu wecken und zu beleben. Soll jedoch dieser Unterricht auf die formelle Bildung möglichst vortheilhaft einwirken, so genügt es nicht, die einzelnen Lehren klar auseinanderzusetzen und durch Globen oder andere Maschinen zu versinnlichen, sondern der Lehrer muß auch zeigen, wie man durch Beobachtungen auf diese und jene Kenntniß oder Entdeckung geleitet wurde. So vorgetragen wird die mathematische Geographie eine wahre Gymnastik des Verstandes, erweckt den Sinn für Selbstbeobachtung, befördert das Selbstdenken. — Daß leichtere Uebungen, z. B. Ziehen der Mittagslinie, Messen der Sonnen- und Sternhöhen... mit dem Unterrichte zu verbinden sein, leuchtet von selbst ein.

Bei Ausarbeitung dieser Schrift bemühete sich daher der Verfasser, die einzelnen Lehren, so oft es geschehen konnte, aus den mitgetheilten Beobachtungen herzuleiten. Diese Methode eignet sich am meisten für die oberen Klassen der Gymnasien, wo das Fassungsvermögen der Schüler durch den Unterricht in der Geometrie schon mehr ausgebildet ist. Um jedoch dieses Lehrbuch auch für die mittleren Klassen brauchbar zu machen, wurden die etwas schwierigeren Punkte in Paragraphen verwiesen, die mit kleinerer Schrift gedruckt sind; diese können anfangs übergangen werden. Uebrigens wurde nichts aufgenommen, das sich nicht beim mehrjährigen Unterrichte als der Fassungskraft der Schüler angemessen erprobt hatte.

Die gewöhnlichen Lehrsätze der ebenen Geometrie und in dem letzten Abschnitte auch die Lehrsätze der ebenen Trigonometrie wurden als bekannt vorausgesetzt.

Wenngleich der Verfasser zunächst beabsichtigte, ein Werkchen auszuarbeiten, welches dem Unterrichte auf gelehrten Schulen mit Nutzen könnte zu Grunde gelegt werden, so wird doch auch der Gebildete, dem früher Gelegenheit fehlte, sich über die gewöhnlichen Erscheinungen, z. B. Ab- und Zunehmen der Tage, Wechsel der Jahrzeiten, Lauf des Mondes, Wiederkehr der Finsternisse, so wie über Zeitmaß und Calender belehren zu lassen, in gegenwärtiger Schrift befriedigende Aufschlüsse finden.

Daß die vorzüglicheren Werke über mathematische Geographie und Astronomie bei dieser Arbeit gewissenhaft benutzt seien, wird dem mit diesen Wissenschaften vertrauten Leser nicht entgehen.

Möge denn diese Schrift bei Lehrern eine günstige Aufnahme finden und bei Lernenden das Studium der mathematischen Geographie befördern!

Einleitung.

§. 1.

Die Geographie oder Erdbeschreibung zerfällt in drei Theile: in die mathematische, physische und politische Geographie.

Die mathematische Geographie berücksichtiget, was bei unserer Erde Gegenstand der Messung sein kann. Sie untersucht daher die Gestalt der Erde, ihre Größe, Lage gegen die andern Weltkörper, besonders gegen die Sonne, ihre Bewegung und die davon abhängenden Erscheinungen.

Die physische Geographie handelt von der eigenthümlichen Beschaffenheit unserer Erde, oder vielmehr, da sich das Innere der Erde unsern Forschungen entzieht, von der Beschaffenheit ihrer Oberfläche; daher vom festen Lande und Meere, von den Gebirgen, Flüssen, Seen, von den Producten, und von dem unsere Erde umgebenden Dunstkreise oder der Atmosphäre.

Diese beiden Theile bilden die allgemeine Geographie.

Die politische Geographie betrachtet die Erde als Wohnplatz der Menschen, die in großen Vereinen — Staaten — leben. Sie beschreibt die Eintheilung eines Landes, die Regierungsform, Lebensweise der Bewohner, Merkwürdigkeiten, die sich in dem Lande vorfinden.

Dieser Theil wird im engern Sinne auch schlechthin Geographie genannt. So sagt man die Geographie von Europa, von Deutschland. *)

§. 2.

Die Erde, welche der Schöpfer uns zu unserm Wohnplatze anwies, erscheint uns ungemein groß; dagegen müßten wir, nach dem bloßen Augenschein zu urtheilen, die übrigen Theile der sichtbaren Schöpfung: Sonne, Mond, Sterne, die mit unserer Erde das Weltall oder die Welt ausmachen und die man Welt- oder Himmelskörper nennt, für sehr klein halten. So urtheilte man auch ganz allgemein, ehe man entdeckt hatte, wie die Größe und Entfernung von Himmelskörpern sich bestimmen lasse; und auch noch jetzt hält der Ungebildete die Himmelskörper für sehr klein. — Die folgenden Untersuchungen werden es außer Zweifel setzen, daß viele der Himmelskörper unsere Erde bei weitem an Größe übertreffen, und daß die kleine Gestalt nur Folge ihrer so großen Entfernung sei. Diese Himmelskörper bieten uns die Mittel dar, die Fragen über die Gestalt, Größe, Lage, Bewegung unserer Erde zu beantworten; daher eine Uebersicht der verschiedenen Weltkörper der Beantwortung jener Fragen zweckmäßig vorausgeschickt wird.

§. 3.

Ueberall auf der Erde, wo nach allen Seiten hin eine freie Aussicht ist, erblickt sich der Beobachter auf dem Mittelpunkt einer kreisförmigen Ebene, auf deren Umfange der Himmel wie eine Halbkugel zu ruhen scheint. Die

---

*) γεωγραφία geographia, von γή γέα gea Erde und γραφειν schreiben. Physisch kommt von φύσις, physis, Natur; und politisch von πόλις, polis, Stadt, Staat.

Begrenzung dieser Ebene heißt Horizont *) oder Gesichtskreis. Denkt man sich die Richtung des aufrecht stehenden Beobachters bis zum Himmel verlängert, so ist der Punkt, wo die gedachte Linie den Himmel trifft, der vom Horizont am meisten entfernte Punkt, welcher Scheitelpunkt oder Zenith genannt wird. Jeden Morgen erhebt sich die Sonne über den Horizont, steigt bis Mittag, wo sie ihre größte Höhe erreicht, sinkt dann eben so, wie sie gestiegen und geht am Abende wieder unter den Horizont. So ungleich die von der Sonne an der Himmelskugel beschriebenen Bogen (Tagebogen genannt) auch sind, so erreicht die Sonne stets in derselben Gegend des Himmels ihre größte Höhe; daher nennen wir, weil die Sonne im Mittag da steht, diese Himmelsgegend Mittag, auch Süden. Der Beobachter, dessen Gesicht nach Süden gewandt ist, hat zu seiner Linken die Himmelsgegend, welche Morgen oder Osten, zu seiner Rechten diejenige, welche Abend oder Westen, und im Rücken die, welche Mitternacht oder Norden genannt wird.

Beobachtet man in hellen Nächten den sternbedeckten Himmel, so bemerkt man, daß die Sterne, eben so wie die Sonne, in Osten aufgehen, größere oder kleinere Bogen beschreiben, in Süden ihre größte Höhe erreichen und in Westen untergehen. Etwas verschieden zeigt sich der nördliche Himmel. Hier gehen die meisten Sterne nicht unter, sondern vollenden oberhalb des Horizontes Kreisbahnen, die um so kleiner werden, je näher die Sterne einem hellen unbeweglichen Sterne stehen, welchen man Polarstern nennt. Mißt man mit einem Winkelmesser den Abstand der Sterne vom Polarstern **), so findet man, daß die

---

*) ὁρίζω, horizo, ich begrenze.

**) Der Polarstern läßt sich sehr leicht am Himmel auffinden. Die 7 hellen Sterne am nördlichen Himmel, deren Stellung Fig. 1. angibt, nennt man im gewöhn-

Kreise, welche die Sterne beschreiben, mit dem Abstande vom Polarstern wachsen, daß die 90 Grad *) abstehenden Sterne die größten Kreise beschreiben, daß aber über 90 Grad die Größe der Kreise, eben so abnimmt, wie sie vorher zunahm. Freilich sehen wir nur von den nicht untergehenden Sternen (Circumpolarsterne genannt) die ganze Kreisbahn; allein der Aufgang der anderen Sterne in Osten, und ihr Untergang in Westen belehren uns, daß auch sie Kreise beschreiben, wovon aber ein Theil unter dem Horizonte liegt. Bei dieser Bewegung bleiben die Sterne stets in derselben Stellung gegen einander; und dies nicht bloß während der kurzen Zeit, die wir ihrer Beobachtung widmen, sondern seit mehr als 2000 Jahren haben sie ihre gegenseitige Lage nicht geändert, wie wir

---

lichen Leben den Himmelswagen, in der Astronomie den großen Bären. Zieht man eine Linie von β durch α (die Hinterräder des Wagens) so ist der erste helle Stern, dem diese Linie begegnet, der Polarstern. — Man faßt in der Astronomie mehrere einander nahe Sterne unter einem gemeinschaftlichen Namen, wie hier unter dem Namen von großem Bären zusammen, und nennt die vereinten Sterne ein Sternbild. Der Polarstern ist der letzte Stern im Schwanze des kleinen Bären.

*) Von alten Zeiten her wird der Umfang (Peripherie) jedes Kreises in 360 gleiche Theile oder Grade, jeder Grad in 60 Minuten, jede Minute in 60 Secunden, jede Secunde in 60 Terzien getheilt. Zeichen eines Grades ist °, einer Minute ′, Secunde ″, Terzie ‴, welche Zeichen oben rechts von der Zahl gesetzt werden. 19° 54′ 6″ 18‴ heißt 19 Grad, 54 Min. u. s. w. Die Franzosen theilen seit der Revolution jeden Kreis in 400 Grade, den Grad in 100 Minuten, die Minute in 100 Secunden, die Secunde in 100 Terzien. Ein Grad nach der frühern oder Sexagesimal-Theilung heißt in ihrer Sprache degré, nach der neuen Eintheilung grade.

aus den ältesten Sternverzeichnissen ersehen. Diese Verzeichnisse beschreiben schon eben die Stellung der Sterne, welche sie gegenwärtig haben. — Richtet man ein Fernrohr auf einen beliebigen Stern, und befestiget es, so findet man, daß nach 24 Stunden derselbe Stern wieder vor das Fernrohr tritt.

Hieraus geht hervor, daß jeder Stern in 24 Stunden einen Kreis am Himmel beschreibt. Untersucht man die gemachten Beobachtungen, so folgt daraus:

1. Der Himmel erscheint wie eine hohle Kugel, an deren inneren Fläche die Sterne befestiget sind; weswegen man diese auch Fixsterne, d. i. feste Sterne (stellæ fixæ) genannt hat.

2. Denkt man sich einen Durchmesser der Himmelskugel, dessen oberster Punkt der Polarstern ist: so scheint es, daß um diese eingebildete Linie, Himmelsachse oder Weltachse genannt, die ganze Himmelskugel sich in 24 Stunden herumdrehe. Die Endpunkte der Himmelsachse heißen Pole *); der bei uns sichtbare der Nord-, der andere der Südpol.

3. Ein Kreis am Himmel gezogen, dessen Fläche auf der Mitte der Achse senkrecht steht, heißt Aequator (æquator, Gleichmacher). Dieser theilt die Himmelskugel in 2 gleiche Hälften. Die Kreisbahnen, welche bei der täglichen Achsendrehung des Himmels von den Sternen beschrieben werden, sind parallel zum Aequator, nehmen von den Polen nach dem Aequator hin an Größe zu, und sind im Aequator am größten.

§. 4.

Zur Versinnlichung der genannten Erscheinungen möge die Figur 2. gezeichnete künstliche Himmelskugel, (Him-

---

*) πόλος, polos, Pol, von πολέω ich drehe um.

melsglobus) dienen. Durch die Kugel, welche uns die Himmelskugel vorstellt, geht eine Achse P S, die Weltachse, um welche die Kugel sich drehen läßt. P und S sind die Pole, auch Welt- und Himmelspole genannt. In P steht der Polarstern *). Der von beiden Polen gleichweit abstehende Kreis A Q ist der Aequator, dessen Ebene senkrecht auf der Achse P S steht. Auf der Kugel sind die Sterne so verzeichnet, daß sie eben die Stellungen gegen einander einnehmen, wie es in der Natur der Fall ist. Da wir aber nicht die Sterne vom Mittelpunkt des Globus sondern von außen betrachten, sind sie auch so aufgetragen, wie sie uns erscheinen würden, wenn wir die Außenseite der wirklichen Himmelskugel sähen. Der Rand H R Z stellt den Horizont vor, welcher die Himmelskugel in 2 gleiche Theile theilt. — Nun habe die Achse des Globus gegen den Horizont H R Z die Stellung, welche die wirkliche Weltachse gegen den Horizont unserer Gegend hat. Dreht man die Kugel um P S, so bleiben P und S in Ruhe. Alle verzeichneten Sterne beschreiben bei jeder Umwälzung um die Achse oder bei jeder Achsendrehung Kreise, deren Ebenen auf der Achse senkrecht stehen. Je näher die Kreise einem Pole, desto kleiner sind dieselben. Mit der Entfernung vom Nordpol P und Südpol S nehmen sie an Größe zu, der Aequator A Q ist der größte von den beschriebenen Kreisen. — Sterne, welche um einen kleinern Bogen als P Z (den kleinsten Bogen vom Pol nach dem Horizont) vom Pole P abstehen, beschreiben ihre

*) Bei diesen allgemeinen Bestimmungen wird einstweilen angenommen, daß der Polarstern gerade im Pole stehe. — Genaue Beobachtungen zeigen, daß der Polarstern gegenwärtig 1° 35′ vom Weltpole absteht, und einen kleinen Kreis um den Weltpol beschreibt. Da seine Bewegung sehr langsam und sein Platzwechsel nur geringe ist, hält man ihn anfangs für unbeweglich.

Kreise oberhalb des Horizontes. Diese Sterne heißen Circumpolarsterne. Von den weiter als um P Z vom Pole abstehenden Sternen liegt ein Theil der Kreisbahnen unterhalb des Horizontes. Eben so bemerkt man, daß die Sterne in der Nähe des Südpoles sich niemals über den Horizont erheben, mithin in unserer Gegend niemals sichtbar sind.

§. 5.

Wiederholte Beobachtungen des Sternenhimmels lehren uns einige Sterne kennen, die ihre Lage am Himmel ändern. Diese Sterne nennt man Planeten d. i. Irrsterne. Fixsterne sind die übrigen Sterne, die seit Jahrtausenden ihre gegenseitige Lage nicht geändert haben. Die Planeten unterscheiden sich von den Fixsternen durch ihr gleichmäßiges ruhiges Licht; dagegen leuchten die Fixsterne mit einem funkelnden Lichte. Auffallenderen Unterschied findet man, wenn man beide Arten der Weltkörper durch Fernröhre beobachtet. Auch durch die vollkommensten Fernröhre betrachtet, erscheinen die Fixsterne wie helle Lichtpünktchen, kleiner wie dem freien Auge; dagegen vergrößern schon mittelmäßige Fernröhre den Durchmesser der Planeten. — Diese Himmelskörper gehen wie die Sonne und übrigen Sterne in Osten auf und in Westen unter. Beobachtet man sie öfters, so findet man, daß sie sich von den Fixsternen, in deren Nähe sie früher standen, entfernt haben. Fortgesetzte Beobachtungen haben endlich gelehrt, daß sie jedesmal nach Verlauf einer bestimmten Zeit wieder bei demselben Fixsterne gesehen werden; ein Beweis, daß sie mit einer ihnen eigenthümlichen Bewegung stets in derselben Zeit Kreisbahnen am Himmel beschreiben. Die Bewegung der Planeten schien aber den frühern Beobachtern so regellos, daß man ihnen den Namen Planeten *) gab.

---

*) πλανήτης, planætes, herumirrend.

Unsere Erde hat auffallende Aehnlichkeit mit den Planeten; daher man unsere Erde in die Klasse der Planeten setzt. Ihre Zahl beträgt, unsere Erde mitgerechnet, 11. Sie heißen Mercur, Venus, Erde, Mars, Vesta, Juno, Ceres, Pallas, Jupiter, Saturn, Uranus. Von diesen wurde Uranus 1781, Ceres 1800, Pallas 1802, Juno 1804, Vesta 1807 entdeckt; die andern Planeten waren schon in alten Zeiten bekannt.

§. 6.

Eine weit zahlreichere Klasse von Weltkörpern als die Planeten bilden die Kometen. Diese erscheinen nur auf kurze Zeit am Himmel, und unterscheiden sich auffallend von Fixsternen und Planeten: indem sie einer hellen Dunstmasse gleichen, in deren Mitte man gewöhnlich einen festeren Kern bemerkt. Auf der von der Sonne abgewandten Seite haben die meisten einen Lichtschweif, der aber so dünne ist, daß man durch denselben kleine Sterne sehen kann. Die Dunsthülle, welche den Kern des Kometen umgibt, ertheilt diesen Weltkörpern das Ansehen, als wenn sie behaart wären; daher haben sie den Namen Kometen *) d. i. Haarsterne bekommen. Wegen des Schweifes heißen sie auch Schweifsterne. — In frühern Zeiten hielt man sie für vorübergehende Lufterscheinungen oder Meteore; und der Aberglaube betrachtete sie als Vorboten großer Unglücksfälle. Jetzt weiß man, daß sie Weltkörper sind, welche Bahnen um die Sonne beschreiben, von denen uns jedoch nur ein kleiner Theil sichtbar ist.

§. 7.

Mit der Sonne fast von gleicher Größe zeigt sich am Himmel der Mond, welcher Himmelskörper unserer Erde

---

*) κομήτης, komætes, behaart; auch, der ein langes Haar trägt.

am nächsten steht. Dieser erleuchtet abwechselnd unsere Nächte, und seine regelmäßig wechselnden Lichtgestalten dienten vielen Völkern als Maß der Zeit. Der Mond gehört unserer Erde ganz besonders an: indem er um dieselbe in jedem Monate eine Kreisbahn beschreibt.

Vermittelst der Fernröhre hat man entdeckt, daß auch andere Planeten von kleinern Weltkörpern, wie die Erde vom Monde, umkreiset werden, die man daher auch Monde oder Trabanten, d. i. Begleiter nennt. Jupiter hat 4, Saturn 7, Uranus 6 Trabanten.

§. 8.

Alle diese Weltkörper stehen sehr weit ja größtentheils in unermeßlichen Entfernungen von der Erde. Folgende Beobachtung zeigt schon, daß die Entfernung der Fixsterne sehr groß sein müsse. Es ist nämlich eine bekannte Erfahrung, daß Gegenstände uns in der Entfernung kleiner erscheinen, als wenn wir nahe bei denselben sind. So scheint auch der Abstand zweier Gegenstände, je mehr man sich von diesen entfernt, stets abzunehmen, oder diese Gegenstände rücken anscheinend einander näher, wie man dies am auffallendsten bemerkt, wenn man am Eingange eines an beiden Seiten mit Bäumen besetzten Weges sich befindet. — Mißt man aber z. B. den Winkel, welchen die vom Stern α des großen Bären, Figur 1, und von dem Polarstern nach dem Beobachter gezogenen Linien bilden, oder was dasselbe ist, mißt man den Abstand des Sternes α im großen Bären vom Polarstern, in Island, Deutschland, Afrika: überall wird dieser Abstand durchaus gleich gefunden.

Hieraus folgt, daß man, so weit man diese beiden Sterne sieht, ihnen gleich nahe ist, daß also die von Island bis in Afrika gezogene Linie doch nur in Vergleich mit dem Abstande der Fixsterne wie ein Punkt zu betrachten ist.

§. 9.

Die Wissenschaft, welche die Lage, Bewegung, Größe aller Himmelskörper zum Gegenstande ihrer Forschung macht, heißt Sternkunde oder Astronomie (αστρονομία, astronomia). Hieraus folgt, daß Astronomie und mathematische Geographie nahe verwandte Wissenschaften sind. Eigentlich ist mathematische Geographie ein Theil der Astronomie, der wegen des besonderen Interesse, was unser Wohnplatz für jeden denkenden Menschen hat, aus der Astronomie herausgehoben, und möglichst faßlich dargestellt wird. — Aus diesem Grunde lassen sich die gegenseitigen Grenzen der Astronomie und mathematischen Geographie nicht genau bestimmen. Zuweilen macht der innige Zusammenhang dieser beiden Wissenschaften es nothwendig, beim Vortrage der mathematischen Geographie in das Gebiet der eigentlichen Astronomie überzugehen.

Erster Abschnitt.

Gestalt der Erde. Aequator und Meridiane. Geographische Breite und Länge.

---

§. 10.

Wollen wir unsere Erde als einen meßbaren Körper betrachten, so ist die erste Frage: Zu welcher Gattung von Körpern gehört sie? oder mit andern Worten: Welche Gestalt hat dieselbe? denn nach ihrer Gestalt hat man die Körper in verschiedene Gattungen getheilt. Diese in frühern Zeiten so schwer zu beantwortende Frage läßt sich jetzt leicht beantworten, wenn eine nicht vollkommen genaue Bestimmung der Gestalt unsers Erdkörpers verlangt wird: denn daß die Erde eine von der Kugel nicht bedeutend abweichende Gestalt habe, läßt sich ohne Mühe beweisen.

1. Wenn Schiffer vom Lande wegsegeln, so bemerken sie, daß die Erhöhungen auf dem Lande, als Häuser, Thürme, Berge sich herabsenken, und daß die untersten Theile zuerst den Augen entschwinden, gerade als wenn dieselben in die Fluth eintauchten; nach und nach verschwinden die höhern Gegenstände, und zuletzt sinken die Spitzen der höchsten Berge in die Meeresfluth hinab. — Recht auffallend zeigt sich diese Erscheinung, wenn man Nachts mit gutem Winde aus einem Hafen ausläuft, bei welchem ein Leuchtthum sich befindet. Die verschiedenen Lampen bilden schon bald ein einziges helles Licht, das allmählig zum Meere hinabsinkt, und zuletzt wie ein Stern untergeht.

2. So wie den Schiffern zuerst die niedrigern, dann die höhern Gegenstände des Landes verschwinden; eben so bemerken die Zuschauer am Lande, daß die unteren Theile des fortsegelnden Schiffes zuerst in die See eintauchen, und vermittelst Fernröhre sehen sie noch die Masten aus der Fluth emporstreben, während das Schiff selbst schon den Blicken entzogen ist; zuletzt verschwinden die Masten selbst.

Diese Erscheinungen wiederholen sich in allen Gegenden der Erde; dabei mag das Schiff seinen Lauf nach jeder Weltgegend nehmen. Es zeigt sich den Schiffern, wie sie weiterfahren, ein anderer Horizont: die anscheinende Begrenzung des Himmels und der Erde flieht vor ihnen; neue Gegenstände, wie Inseln, erheben sich vor ihnen über den Horizont, und andere sinken an der entgegengesetzten Seite unter denselben hinab, während das Schiff ununterbrochen über dem Mittelpunkt des Horizontes sich befindet. Wie soll man diese Erscheinungen erklären? — Ist es die große Entfernung, welche die Gegenstände allmählig verkleinert, und sie nachher den Augen entzieht? Unmöglich. Sonst müßten die Masten eher unsichtbar werden, als der Rumpf des Schiffes, und die Spitzen der Berge eher sich aus den Augen verlieren, als die ganze Bergkette. Das Wasser des Meeres stellt sich zwischen die Zuschauer am Ufer und das Schiff; daher sieht man auch auf einem Berge am Ufer noch das Schiff, wenn es den am flachen Ufer stehenden Zuschauern schon verschwunden ist. Da das Wasser sich allmählig zwischen dem Ufer und Schiffe erhebt, kann dies von keiner andern Ursache herrühren, als von einer Ründung der Wasserfläche. Es muß also das Meer nach allen Seiten eine geründete Oberfläche haben.

3. Auf dem Lande weiset schon der Auf- und Untergang der Sonne auf die Ründung der Erde hin. Sehen wir ja Morgens in den ebensten Gegenden die Spitzen der Thürme zuerst vom Sonnenlichte erhellet; allmählig sinkt, wie die Sonne sich hebt, die Erleuchtung am Thurme hinab, erreicht dann zuerst die höchsten, später die niedrigen

Dächer der Häuser, zuletzt den ebenen Boden selbst. Gerade das Gegentheil bemerken wir Abends. Die Sonne, welche am Morgen dem flachen Boden zuletzt ihre Strahlen sendete, entzieht sie ihm zuerst auch wieder am Abend. Nach und nach werden die niederen, dann die höheren Häuser nicht mehr von den Strahlen der Sonne getroffen, und zuletzt verlieren die Spitzen der Thürme ihre Erleuchtung von der Sonne.

Wäre die Erde eine ebene Fläche, so müßten, sobald sich die Sonne über dieselbe erhübe, alle frei stehenden Gegenstände zugleich erleuchtet werden. Daß dies nicht geschieht, kann nur seinen Grund darin haben, daß, da die Sonne ihren Lauf von Osten nach Westen nimmt, die Erde auch von Osten nach Westen gerundet sei.

Diese Rundung der Erde macht auch, daß die Sonne den östlichen Bewohnern der Erde früher aufgeht als den westlichen. Wenn es in dem östlich gelegenen Petersburg 12 Uhr oder Mittag ist, hat man in dem westlich gelegenen Lissabon erst 9 Uhr 22 Minuten. Lägen beide Städte auf einer Ebene, so könnte die Sonne in Petersburg nicht 2 Stunde 38 Minuten früher aufgehen wie in Lissabon.

Wie erfährt man daß Petersburg eher Mittag habe wie Lissabon? Man hat Uhren, die längere Zeit genau gehen. Stellt man eine solche Uhr auf 12, wenn's in Petersburg Mittag ist, und schickt sie nach Lissabon, so wird sie daselbst angelangt 12 Uhr (die Zeit in Petersburg) zeigen, wenn die lissabonner Uhr auf 9 Uhr 22 Minuten Vormittags weiset.

4. Der Auf- und Untergang der Sonne liefert also den Beweis, daß die Erde von Osten nach Westen eine Krümmung habe. Eben so zeigen die Fixsterne die Krümmung der Erde von Norden nach Süden. Denkt man sich vom Polarsterne eine senkrechte Linie auf die Horizontalfläche herabgelassen, und mißt an verschiedenen Orten mit einem Winkelmesser den Winkel, welchen die von den

beiden Endpunkten der Senkrechten zu dem Beobachter gezogenen Linien bilden, so wird man finden, daß je südlicher der Ort liegt, desto kleiner der Winkel wird, also die gedachte Senkrechte abnimmt, oder der Polarstern tiefer gegen den Horizont hinabsinkt. Selbst der bloße Augenschein zeigt das Hinabsinken des Polarsterns bei einer Reise nach Süden und das Hinaufsteigen bei einer Reise nach Norden. Reiset man stets weiter nach Süden, so verschwindet der Polarstern zuletzt, und nach und nach erheben sich am südlichen Himmel neue Gestirne, die in Europa nie über den Horizont kommen. — Diese Erscheinung beweiset die Ründung der Erde von Norden nach Süden.

Hiervon kann uns auch schon eine kleine Reise überzeugen. Es sei Figur 3. in A ein Beobachter, dessen Zenith (§. 3.) sei Z. Der Bogen am Himmel zwischen dem Zenithe und dem Stern α betrage einen Grad. Ist die Erde eine Kugel, so braucht der Beobachter in A nur den Bogen A B = 1° abzumachen, um α im Zenithe zu haben. Wirklich bedarf es dazu nur einer Reise von 15 Meilen. Wäre die Erde eine Ebene, so würde der Stern erst im Zenithe stehen, wenn man den Weg von A bis D zurückgelegt hätte. Da nun in der Astronomie bewiesen wird, daß die Entfernung eines Fixsterns mehr als eine Billion Meilen betrage, so folgt, wenn wir die Entfernung des Sterns α von der Erde auch nur zu einer Billion Meilen annehmen, daß die Linie A D eine Länge von 17000 Millionen Meilen habe. — Daß man also einen vom Zenithe um einen Grad abstehenden Fixstern durch den verhältnißmäßig so kleinen Weg von 15 Meilen in's Zenith bringen kann, beweiset auf eine unumstößliche Weise die Kümmung der Erde von Norden nach Süden.

5. Einen neuen Beweis für die Kugelgestalt der Erde liefern die von Zeit zu Zeit sich ereignenden Mondsfinsternisse. Diese entstehen dadurch, daß der Schatten der Erde auf den Mond fällt. Da dieser Schatten stets von einem

Kreisbogen begrenzt ist, welche Lage die Erde auch gegen den Mond haben mag; da ferner nur die Kugel in jeder Lage einen runden Schatten auf eine Fläche wirft: so muß die Erde eine Kugel sein.

Weil der Erdschatten auf dem Monde nicht scharf begrenzt ist, und der den Schatten einschließende Bogen, wenn auch der ganze Durchmesser des Mondes die Sehne dieses Bogens ist, bei der mittleren Entfernung des Mondes noch nicht 1/8 der ganzen Kreislinie oder 45° beträgt; so sind die Mondfinsternisse nicht besonders geeignet, uns auf die Vorstellung von der Kugelgestalt der Erde zu führen.

6. Den sichersten Beweis für die Ründung der Erde liefern die Reisen um dieselbe. Ein Schiff, welches stets in westlicher Richtung, (wobei wegen der im Wege liegenden Länder manche Ausbiegungen statt finden müssen,) voransegelt, gelangt von Osten her wieder zu dem Hafen, aus welchem es auslief. Bei der ganzen Fahrt blieb das Schiff stets auf dem Mittelpunkt des Horizonts, stieß niemals auf Ecken oder Kanten; ein sicherer Beweis daß die Erde eine Kugelgestalt habe.

Die Lehren der Schifffahrt selbst gründen sich auf die Annahme der Kugelgestalt der Erde, und jede Seereise beweiset die Richtigkeit der Annahme.

§. 10.

Die erste Reise um die Erde machte der Portugiese Hernando Magelhaens (Ferdinand Magellan) auf spanischen Schiffen. Er lief aus den 10. August 1519, nahm seine Richtung nach Westen, entdeckte die nach ihm benannte Straße zwischen der Südspitze von Amerika und dem Feuerlande, durchsegelte das stille Meer, entdeckte die Ladronen und die Philippinen, und wurde auf der Insel Matan erschlagen. Nur ein Schiff der Flotte, den Lauf stets nach Westen nehmend, gelangte zur Südspitze von Afrika, und kam endlich den 7. September 1522 wieder glücklich nach Europa. — Höchst auffallend war es, daß man auf dem Schiffe erst den 6. September zählte. Die Reisenden hatten also während ihrer Fahrt einen Tag verloren. Woher dieser Verlust kam, wird später erklärt werden.

Von den folgenden Umschiffungen der Erde wollen wir bloß die wichtigsten anführen.

Franz Drake, ein Engländer, fuhr den 15. Sept. 1577 aus dem Hafen von Plymouth, und kam, nachdem er die Erde umschifft hatte, den 16. Sept. 1580 wieder nach England. Dieser Seefahrer hat sich das große Verdienst erworben, daß er die jetzt unentbehrlich gewordenen Kartoffeln aus Amerika nach England brachte, von wo sie sich über ganz Europa verbreiteten.

Die beiden Holländer, Jacob le Maire und Cornelius Schouten umschifften die Erde vom Jahre 1615—1617. Sie entdeckten die Straße le Maire, den Weg um das Vorgebirge Horn, die Hunds-Inseln, die Inseln ohne Grund nebst vielen andern Inseln. Le Maire starb auf der Reise.

Der Engländer Wilhelm Dampier machte zweimal die Reise um die Erde: das erstemal vom Jahre 1689 bis 1691; das zweitemal von 1699—1701. Er hat mehrere Entdeckungen an den Küsten von Neu-Guinea gemacht.

Der Holländer Rogwin verließ 1721 Holland, nahm seinen Weg um das Vorgebirge Horn nach dem stillen Meer, entdeckte die Oster- die Schiffbruchs- die Recreations-Inseln, und kam 1723 glücklich nach Holland zurück.

Der Engländer John Byron fuhr aus Plymouth im Jahre 1764, ging durch die Magellanische Straße in das stille- oder Südmeer, entdeckte die Georgs-Inseln Prinz Wallis- und Byrons-Inseln, und kam 1766 um das Vorgebirge der guten Hoffnung wieder nach Europa.

Der berühmteste Erdumsegler ist der Engländer Cook. Dieser ging 1768 nach Otaheiti, um 1769 den Vorübergang des Planeten Venus vor der Sonne zu beobachten. Cook entdeckte auf dieser Erdumschiffung die Gruppe der Gesellschaftsinseln, von welchen nur zwei bekannt waren; ferner daß Neuseeland aus zweien Inseln bestehe: daher die zwischen denselben liegende Meerenge Cooks Meerenge genannt wurde; dann die über 25 Breitengrade sich erstreckende Küste von Neuholland. 1770 kam derselbe glücklich nach England zurück.

Cooks zweite Erdumseglung dauerte von 1772 bis 1775. Die Absicht dieser Reise war zu untersuchen, ob auch auf der südlichen Halbkugel sich festes Land vorfinde. Cook befuhr das Südmeer zwischen dem 60sten Breitengrade und dem Polarkreise vom 10ten bis zum 245sten Grade der Länge, entdeckte Neucaledonien, nahm einen noch nie versuchten Weg durch das stille Meer nach dem Vorgebirge Horn, und legte in 6 Wochen einen Weg von 1500 Seemeilen zurück. Cook hat auf dieser Reise in 28 Monaten keinen von Europäern besuchten Hafen besucht; und ist 16 Wochen gefahren, ohne einmal Land zu sehen.

1776 begann Cook die dritte Erdumsegelung. Der Zweck dieser Reise war, das nördliche Polar-Meer zu untersuchen, und vielleicht eine Durchfahrt aus dem atlantischen in das stille Meer zu finden. Cook nahm seinen Weg um das Vorgebirge der guten Hoffnung nach Neuholland, kam 1778 an die Küste von Amerika, fuhr durch die Meerenge zwischen Asien und Amerika, folgte der Küste von Amerika, bis er im August plötzlich vom Eise umgeben, seinen Rückweg nehmen mußte. Eben so ungünstig war die Fahrt an der Küste von Nord-Asien. Auf der Rückreise wurde er auf einer der Sandwichs-Inseln, Owaihe, von den Eingebornen erschlagen. — Cook hat sich durch diese drei Reisen unsterbliche Verdienste um die Erdkunde gesammelt.

Auch in diesem Jahrhundert ist die Erde mehrmalen umschifft.

Auf russischen Schiffen dreimal:

1. von Krusenstern 1803—1806.
2. von Kotzebue 1815—1818.
3. von Bellinghausen 1819—1822.

Folgende französische Seefahrer umschifften die Erde:

1. Camille de Roquefeuil 1816—1819.
2. Freycinet 1817—1820.
3. Düperrey 1822—1825.
4. Bougainville 1824—1826.
5. Laplace 1828—1832.

Die erste Erdumschiffung auf einem preußischen Schiffe machte der Kapitain Harmsen von 1822—1824.

Die meisten Umschiffungen der Erde geschahen in der Richtung von Osten nach Westen; einige auch von Westen nach Osten. Eine Umseglung von Norden nach Süden ist wegen des an den Polen angehäuften Eises unausführbar. Doch ist man sowohl nach Süden als Norden soweit vorgedrungen, daß auch die Ründung der Erde von Süden nach Norden durch diese Reisen völlig erwiesen ist.

§. 11.

Die angeführten Gründe beweisen ganz unwidersprechlich, daß die Erde eine Kugelgestalt habe, und als Weltkörper frei im Weltenraum schwebe, wir wir Sonne, Mond frei schweben sehen. Widersprechen denn nicht die hohen Berge der Annahme von der Kugelgestalt der Erde? So groß auch Berge für sich betrachtet erscheinen, so klein sind sie gegen die ganze Erde. Der höchste Berg hat eine Höhe von ungefähr einer Meile *), der Durchmesser der Erde

*) Unter Meile wird stets die geographische Meile verstanden.

beträgt 1720 Meilen; mithin ist die Höhe des höchsten Berges $^1/_{1720}$ vom Durchmesser der Erde. Bildet man eine künstliche Erdkugel, deren Durchmesser 6 Fuß oder 864 Linien enthält, so betrüge die Höhe des höchsten Berges auf dieser Kugel $^1/_{1720}$ von 864 Linien, oder etwas über $^1/_2$ Linie. Diese Erhöhung würde auf der Kugel kaum bemerkbar sein; daher die größten künstlichen Erdkugeln genau die Kugelgestalt haben. — Eine andere Frage dringt sich noch bei einigem Nachdenken in Hinsicht der Kugelgestalt unserer Erde auf: Wie kam es, daß ehemals die gebildetsten Menschen sich mit der Vorstellung von der Kugelgestalt unserer Erde nicht aussöhnen konnten, und daß noch jetzt der Ungebildete diese Vorstellung ungereimt findet? — Der Grund liegt in der Art, wie man sich das Unten und Oben der Erde dachte. Ist die Erde rund, so haben doch die auf der entgegengesetzten Seite der Erde wohnenden Menschen ihre Füße gegen die unsrigen gerichtet, daher man auch diese Menschen Gegenfüßler oder Antipoden *) nennt. Diese Gegenfüßler, dachte man sich, müßten herunterfallen: denn so zu gehen sei eben so unmöglich, als wenn Jemand mit nach unten gerichtetem Kopfe an der Decke eines Zimmers gehen wollte. Diese Vorstellung in Hinsicht der Gegenfüßler ist kindisch. Bei der im Weltenraum schwebenden Erdkugel sieht Jeder den Himmel über sich, findet sich oben auf der Kugel. Ein Unten, wie man das Beispiel von der Decke des Zimmers nahm, gibt es nicht auf der Erde. Selbst, wenn man glaubte, die Gegenfüßler müßten von der Erde wegfallen, so kam man nicht darauf zu fragen: Wohin sollten sie fallen? Diese Frage genau erwogen würde das Ungereimte des Herunterfallens von der Erde schon gezeigt haben. — Daß sich nichts von der Erde entfernen kann, verhindert die Schwer-

---

*) ἀντὶ, anti, gegen, πόδες, podes, Füße.

kraft. Jeder nicht unterstützte Körper fällt, wie die Erfahrung lehrt, zur Erde, und zwar in einer auf die Oberfläche des ruhenden Wassers senkrechten Linie; daher man diese Linie Fall-Linie nennt. Befestiget man einen Faden an seinem obern Ende, und beschwert ihn unten mit einem Gewichte, so nennt man diese Vorkehrung ein Loth oder Senkel. Die Richtung des Lothes ist die Richtung der Schwere, oder das Loth gibt die Linie an, worin die Körper zur Erde fallen. Denkt man sich die Richtungen der Schwere auf der ganzen Erde in das Innere derselben verlängert, so werden diese Linien, wenn die Erde eine Kugel ist, in dem Mittelpunkte derselben zusammentreffen. Daraus ergibt sich, daß alle Körper ein Streben nach dem Mittelpunkte der Erde haben. Die Kraft, welche alle Körper nach dem Mittelpunkt der Erde hinzieht, heißt Schwerkraft. Was die Schwerkraft an und für sich sei, ist uns völlig unbekannt; wir kennen diese Kraft nur aus ihren Wirkungen. Die Schwerkraft zieht also unsere Gegenfüßler eben so wie uns nach dem Mittelpunkt der Erde. Es ist also ungereimt, die Gegenfüßler mit Menschen zu vergleichen, die mit nach unten gerichtetem Kopfe an der Decke des Zimmers gehen sollten. Diese müssen fallen, weil ihre Füße von der Erde abgewandt sind, wohin alles, was nicht unterstützt ist, fällt. Die Füße der Gegenfüßler stehen auf der Erde; die Gegenfüßler können nur fallen, wenn der Boden unter ihren Füßen bricht. — Hätte man über den Fall der nicht unterstützten Körper nachgedacht, so würde die Vorstellung von der Kugelgestalt der Erde nicht so viel Widerspruch gefunden haben.

§. 12.

Ist die Erde eine Kugel, so lassen sich auch die geometrischen Bestimmungen der Kugel auf die Erde anwenden.

Wird eine Kugel durch eine Ebene geschnitten, so ist der Schnitt ein Kreis. Diese Kreise sind von sehr verschiedener Größe. Geht der Schnitt durch den Mittelpunkt der Kugel, so wird diese in 2 gleiche Theile getheilt, und der entstandene Kreis ist der größte, welcher bei der Kugel kann angebracht werden. Daher heißt ein Kreis auf der Oberfläche der Kugel, welcher mit der Kugel denselben Mittelpunkt hat, ein größter Kreis.

Alle größte Kreise auf einer Kugel sind gleich, und theilen sich gegenseitig in 2 gleiche Theile.

Ein Durchmesser der Kugel, welcher auf einem größten Kreise senkrecht steht, heißt Achse, und deren Endpunkte heißen Pole.

Figur 2. möge uns jetzt eine künstliche Erdkugel, oder einen Erdglobus vorstellen. Der Durchmesser SP, welcher auf AQ, einem größten Kugelkreise, senkrecht steht, ist die Erdachse. Diese Erdachse ist ein Theil der Himmelsachse. P und S sind die Pole der Erde. P, welcher dem nördlichen Weltpole zunächst steht, ist der Nordpol der Erde, und S deren Südpol. AQ ist Aequator (Gleicher), in der Schiffssprache bloß Linie genannt. Dieser Kreis theilt die Erde in die nördliche und südliche Hälfte; auf jener ist der Nord= auf dieser der Südpol.

Größte Kreise durch beide Pole gelegt, deren gemeinschaftlicher Durchmesser die Erdachse ist, stehen senkrecht auf dem Aequator. Die Hälfte eines solchen Kreises, nämlich der Halbkreis zwischen den beiden Polen heißt Mittagskreis oder Meridian. So sind SaP, SGP Meridiane. Alle Orte auf demselben Meridian haben zu gleicher Zeit Mittag.

Denkt man sich den Umfang des Aequators AQ in 360° getheilt, und durch die Theilpunkte Meridiane gelegt, nimmt man einen Meridian als den ersten an und zählt nun um die Kugel die Meridiane; so trifft der erste Meridian mit dem 180sten, der 20ste mit dem 200sten zusammen. Zwei zusammentreffende Meridiane bilden einen ganzen Kreis.

Auf der Erde nimmt man außer den Meridianen noch Kreise an, die dem Aequator parallel sind. Die Entfernung eines solchen Parallelkreises vom Aequator wird durch einen Meridianbogen gemessen: denn da dieser auf dem Aequator senkrecht steht, ist er der kürzeste Weg zwischen dem Aequator und Parallelkreis.

Es ist leicht zu zeigen, daß jeder Punkt des Aequators gleich weit von einem Pole absteht; dasselbe gilt auch von einem Parallelkreise.

§. 13.

Vermittelst des Aequators und der Meridiane läßt sich die Lage eines Ortes auf der Erde genau angeben. Um dieses zu veranschaulichen, möge Figur 4. dienen. Es sei AD ein Rechteck; die Seiten AB und AC sein nach demselben Maßstabe getheilt: AB enthalte 12, AC 5 Theile. Man ziehe aus den Theilpunkten in AB Parallelen zu AC und aus den Theilpunkten in AC Parallelen zu AB; so wird das Rechteck in 60 Quadrate getheilt, die wie ein Netz über die Landschaft ausgespannt sind. Liegt ein Punkt in dem Durchschnitt zweier Linien, so ist es leicht, dessen Lage anzugeben.

Jede Fläche, mithin auch AD, hat eine doppelte Ausdehnung: nach der Länge und Breite. Gewöhnlich nennt man die größere Ausdehnung Länge, die kleinere Ausdehnung Breite. So sei auch hier AB die Länge, und CA die Breite. Die Parallelen zu CA, welche die Länge AB theilen, mögen Längenlinien, und die Parallelen zu AB, welche die Breite CA theilen, mögen Breitenlinien heißen. Nun ist die Lage des Punktes c genau bestimmt durch die Angabe: c liegt in der 8ten Längenlinie und 4ten Breitenlinie; oder abgekürzt: c hat 8 Theile Länge 4 Theile Breite.

Auf gleiche Weise bestimmt man die Lage von Punkten auf der Erde. Die Meridiane sind die Längen- und die Parallelkreise des Aequators sind die Breitenlinien. Hierbei muß man aber berücksichtigen, daß Meridiane und Aequator, als Linien auf der Kugel, Kreise sind; ferner daß die Meridiane nicht parallel laufen, sondern in den Polen zusammentreffen. Die Angabe des Meridianes und Parallelkreises, auf denen ein Ort liegt, bestimmt also die Lage dieses Ortes auf der Erde, oder gibt die geographische Ortsbestimmung.

Man verlangt z. B. die Bestimmung der Lage von E auf der Erdkugel Figur 2. — Die Lage von E in Hinsicht des Aequators gibt der Meridianbogen AE an. Kennt man die Größe dieses Meridianbogen nach Graden, Minuten, Secunden, so kennt man den Abstand des Punktes E vom Aequator, mithin den Parallelkreis, worauf E liegt. — Nun muß man auch die Lage des Punktes E in Hinsicht eines, auf dem Parallelkreis als bekannt angenommenen, Punktes wissen. Nimmt man den Punkt e als bekannt an, und bestimmt den Bogen Ee nach Gradmaß, so kennt man die Lage von E auf der Kugel. Zieht man durch e einen Meridian, welcher den Aequator in a schneidet, so ist der Aequatorbogen Aa nach Gradmaß gleich dem Bogen des Parallelkreises Ee; daher wird die Lage von E auch durch die Größe von EA und aA bestimmt. Der durch e gelegte Meridian PaS heißt alsdann der erste.

Die Entfernung eines Ortes vom Aequator, auf dem Meridiane nach Gradmaß bestimmt, heißt des Ortes geographische Breite. So ist der Bogen EA die Breite von E. Die Grade zählt man vom Aequator an; daher ein Ort auf dem Aequator keine Breite hat. Die Breite kann wachsen bis zu den Polen, die 90° Breite haben. Um anzuzeigen, daß ein Ort auf der nördlichen oder südlichen Halbkugel liege, gibt man der Breite den Zusatz: nördliche, südliche Breite.

Die Entfernung eines Ortes vom ersten Meridian heißt des Ortes geographische Länge. Diese Entfernung wird bestimmt durch die Anzahl Grade, Minuten, Secunden, welche der zwischen dem ersten Meridian und dem

Meridian des Orts eingeschlossene Aequatorbogen enthält. So ist a A die geographische Länge von E.

§. 14.

Durch die Annahme der Erdachse ist die Lage des Aequators bestimmt. Von den Meridianen ist keiner vor dem andern ausgezeichnet; daher man jeden als den ersten annehmen kann. Die Engländer ziehen ihren ersten Meridian durch Greenwich, das eine berühmte Sternwarte hat; die Franzosen durch Paris. Um die Berechnung der Längengrade in Frankreich übereinstimmend zu machen, verordnete Ludwig XIII. im Jahre 1634, man sollte den ersten Meridian durch Ferro, die westlichste der canarischen Inseln, legen. Als sich später fand, daß der Hauptort der Insel 19° 54′ von der Sternwarte von Paris lag, rückte man den ersten Meridian um 6′ weiter nach Westen, so daß der erste Meridian 20° westlich von der pariser Sternwarte liegt. — Von diesem Meridian von Ferro zählt man gewöhnlich in Deutschland die Grade der Länge.

Die Längengrade zählt man auf zweierlei Art. Man zählt vom ersten Meridiane angefangen, die Grade von Westen nach Osten rund um die Erde, also bis 360°; oder man zählt sowohl nach Osten als nach Westen bis 180°, in welchem Falle die Länge den Zusatz: östliche, westliche bekommt. Bei der ersten Art zu zählen ist der erste Meridian durch 360° und bei der zweiten Art durch 0° bezeichnet; diese letzte Bezeichnung läßt man jedoch gewöhnlich aus.

Bei Landkarten ist oben Norden, unten Süden, rechts Osten, links Westen. Die auf den Karten von unten nach oben gezogenen Linien bedeuten also Meridianbogen, und auf den an beiden Seiten gezogenen Meridianen sind die Grade der Breite angegeben. Die von der Linken zur Rechten gezeichneten Linien sind Parallelkreise des Aequators, und auf den oben und unten gezeichneten Parallelkreisen stehen die Grade der Länge.

Der Ausdruck: Länge, Breite stammt von den alten Geographen her. Diese kannten von der Oberfläche der Erde nicht viel mehr als das römische Reich, welches von ihnen der Erdkreis (orbis terrarum) genannt wurde. Das römische Reich hatte eine größere Ausdehnung von Westen nach Osten als von Süden nach Norden; daher wurde auf den Karten des römischen Reichs die erste Ausdehnung Länge, und die zweite Breite genannt.

Zweiter Abschnitt.

Höhe der Himmelskörper. Zenith und Nadir. Abweichungskreise. Mittagslinie. Bestimmung der Erdachse. Polhöhe. Wahrer und scheinbarer Horizont.

---

§. 15.

Die Lage des Aequators und der Meridiane auf der Erde wurde durch die Annahme: die Erdachse sei ein Theil der Weltachse, bestimmt. Worauf stützt sich die genannte Annahme? — Um diese Frage beantworten zu können, müssen vorher einige Begriffe erläutert werden.

Die Ebene des Horizontes ist die eingebildete Kreisfläche, welche an dem Orte, wo der Beobachter steht, die Erde berührt. So weit also die Erd-Oberfläche an dieser Stelle eine Ebene bildet, liegt sie in der Horizontalfläche. — Linien in der Horizontalfläche gezogen, heißen Horizontal-Linien; diese bilden mit der Richtung des Lothes rechte Winkel; deßwegen heißt jede Linie, worauf das Loth senkrecht steht, Horizontal-Linie. — Die Oberfläche des ruhenden Wassers bildet mit dem Lothe rechte Winkel; daher stellt diese Fläche gehörig erweitert den Horizont dar.

Eine am Standorte des Beobachters auf die Horizontalfläche gezogene Senkrechte heißt Vertical-Linie. Verlängert man diese Linie nach beiden Seiten bis an die Himmelskugel, so heißt der oberste Punkt Scheitelpunkt oder Zenith, und der unterste Fußpunkt oder Nadir. *)

Kreise an der Himmelskugel, die man sich durch Zenith und Nadir gezogen vorstellt, heißen Vertical-Kreise. Die Viertel oder Quadranten dieser Kreise, vom Horizont bis zum Zenith des Beobachters, dienen zur Bestimmung der Höhen der Himmelskörper. Da diese Quadranten senkrecht auf dem Horizont stehen, sind sie der kürzeste Weg vom Zenith zum Horizont.

Höhe eines Himmelskörpers ist der nach Gradmaß bestimmte Bogen eines Vertical-Kreises zwischen diesem Himmelskörper und Horizont. Die Grade zählt man vom Horizont an. Im Horizont hat ein Himmelskörper keine Höhe; diese wächst, je näher derselbe dem Zenithe kommt, und steht er im Zenith, so hat er die möglichst größte Höhe, 90°, erreicht. Der Bogen, welcher die Höhe des Himmelskörpers angibt, ist Maß des Winkels, welchen die vom Standorte des Beobachters nach dem Himmelskörper gezogene Linie mit der Horizontal-Linie bildet.

Zur Messung der Höhen von Himmelskörpern bedarf man nur eines Winkelmessers, dessen Rand (Limbus) 90° faßt. Dieser Winkelmesser heißt Quadrant. Es sei Figur 5. Czh ein solcher Quadrant. Um den Mittelpunkt C läßt sich ein Fernrohr Cs längs dem Rande zh auf- und abbewegen. Im Innern des Fernrohres sind zwei feine Fäden (Kreuzfäden) gespannt, die sich in der Mitte unter rechten Winkeln durchschneiden. — Stellt man den Quadranten, daß seine Ebene Czh senkrecht auf der Horizontalfläche steht, und richtet das Fernrohr z. B. auf

---

*) Zenith, Nadir sind arabische unserm Scheitel- und Fußpunkt entsprechende Wörter. — Die Araber haben sich im Mittelalter Verdienste um die Astronomie erworben; daher denn mehrere arabische Wörter in der Astronomie vorkommen.

den Stern S, so gibt der Bogen sh, welcher mit SH (der Höhe des Sternes) gleich viele Grade enthält, die Höhe des Sternes S. Der Bogen ZS heißt Zenithabstand oder Zenithdistanz. Da zs nach Gradmaß gleich ZS ist, läßt sich durch den Quadranten ebenfalls der Abstand des Sternes S vom Zenithe Z messen. — Höhe und Zenithdistanz eines Himmelskörpers machen zusammen 90°.

§. 16.

Denkt man sich an der Himmelskugel Kreise durch beide Pole gelegt, so heißen diese Kreise Abweichungs- oder Deklinationskreise, und der Abweichungskreis welcher durch das Zenith geht, heißt Meridian oder Mittagkreis. Dieser wird auf den künstlichen Himmelskugeln durch einen messingenen Ring vorgestellt, welcher unbewegt bleibt, wenn man die Kugel um die Achse dreht. Betrachten wir Fig. 2. die Himmelskugel, so sehen wir, daß bei Drehung derselben um ihre Achse jeder Stern, welcher über den Horizont kommt, einmal seinen höchsten Stand über dem Horizont, und nachdem er unter dem Horizont herabgesunken, einmal seinen tiefsten Stand unter dem Horizont erhält. Erreicht ein Stern seine höchste Höhe, so sagt man, er culminirt (von culmen Gipfel). Die Circumpolarsterne erreichen oberhalb des Horizontes sowohl ihren höchsten als niedrigsten Stand nach jedesmaliger Zwischenzeit von 12 Stunden, wo man den höchsten Stand die obere, den niedrigsten Stand die untere Culmination nennt. Den höchsten und niedrigsten Stand erhält jeder Stern im Meridian; daher ein Stern beim Durchgang durch den Meridian unserm Zenith am nächsten ist oder am weitesten von demselben absteht. Der Culminationspunkt eines Sterns liegt gleich weit von dem Punkte des Horizontes, wo der Stern auf- und wo er untergeht. Der Meridian halbirt also die von den Sternen oberhalb des Horizontes beschriebenen Bogen (die Tagebogen der Sterne), ebenfalls den Tagebogen der Sonne, und weil die Sonne in der Mitte des Tages oder im Mittage in diesen Kreis tritt, hat genannter Kreis den Namen Meridian oder Mittagskreis erhalten. Die Erfahrung lehrt, daß jeder Stern in 24 Stunden seine Kreisbahn oder 360° mit einer gleichförmigen Bewegung (das heißt, der Stern durchläuft in gleichen Zeiten gleiche Bogen) durchläuft; daher steht ein Stern 1, 2, 3.. Stunden vor seiner Culmination eben so weit von dem Meridian ab als 1, 2, 3.. Stunden nach seiner Culmination. Kennt man also den Bogen, um welchen der Stern vor seiner Culmination vom Meridian absteht, so ergibt sich durch eine leichte Rechnung die Zeit, welche der Stern braucht, um den Meridian zu erreichen; umgekehrt hat man an einer richtig gehenden Pendeluhr die Zeit bemerkt, welche der Stern zum Durchlaufen eines Bogens gebrauchte, so findet man leicht die Größe des Bogens.

§. 17.

Aus der Mathematik ist bekannt, daß wenn 2 ebene Flächen sich schneiden, der Durchschnitt der Flächen eine gerade Linie ist. Die gerade Linie in der Horizontal-Ebene, welche entsteht, indem die Ebene des Horizonts von der Ebene des Meridians durchschnitten wird, heißt Mittagslinie. Es sei Figur 5. S der Culminationspunkt eines Sternes, und ZSH ein Theil des Meridianes. CH sei der Durchschnitt der Fläche ZCH mit dem Horizont: so ist CH die Mittagslinie. — Steht der Quadrant Czh in der Ebene des Meridians CZH, so ist Ch in der Mittagslinie. Denkt man sich diese Linie nach beiden Seiten bis in die Peripherie des Horizonts verlängert, so heißt der nach Norden hin liegende Endpunkt der Nordpunkt, der südliche Endpunkt der Südpunkt. Zieht man in der Horizontalfläche eine Senkrechte auf die Mittagslinie, und verlängert sie in Gedanken bis an den Horizont; so heißt der eine Endpunkt dieser Senkrechten Ost- der andere Westpunkt. — Nord- Süd- Ost- Westpunkt heißen die Cardinalpunkte; sie theilen den Umfang des Horizontes in 4 gleiche Theile.

§. 18.

Um an einem Orte die Mittagslinie zu ziehen, stelle man den Quadranten senkrecht auf die Horizontalfläche, folge mit dem Fernrohr einem Sterne, bis dieser seine größte Höhe erreicht: alsdann steht der Quadrant in der Ebene des Meridians, und Ch gibt verlängert die Mittagslinie. Hat man eine Mittagslinie gezogen, so ist es leicht die Höhe eines Himmelskörpers bei seiner Culmination (seine Meridian- oder Mittagshöhe) zu finden. Man stellt den Quadranten in der Richtung der Mittagslinie senkrecht auf den Horizont und mißt die Höhe des Himmelskörpers.

Da die Messung von Meridianhöhen ein Hauptgeschäft des Astronomen ist, mißt man diese Höhen vermittelst feststehender Instrumente, um die Mühe und Zeit, welche das jedesmalige Aufstellen des Instrumentes erfordert, zu sparen.

Man hat daher auf Sternwarten an einer Mauer, die in der Richtung der Mittagslinie ist, einen großen Quadranten befestiget, dessen Fernrohr sich auf- und abbewegen läßt. Sieht man einen Stern hinter dem Durchschnitt der Kreuzfäden des Fernrohres; so ist dieser Stern gerade im Meridian oder er culminirt. Der Rand des Quadranten gibt dann die Mittagshöhe des Sternes.

Statt des Quadranten hat man gegenwärtig auf den besten Sternwarten ein Mittags-Fernrohr oder Passage-Instrument (Durchgangs-Fernrohr, um den Durchgang durch den Meridian zu beobachten). Dieses ist ein sehr großes Fernrohr, das auch am Tage Sterne, die der Sonne nicht nahe stehen, zeigt. Es ruhet auf einer horizontalen Achse, und läßt sich bloß in der Ebene des

Meridians auf- und abbewegen. An der Seite gibt ein Halbkreis die Höhe des Sternes an, welcher mitten vor dem Fernrohre steht.

§. 19.

Jetzt läßt sich die Lage der Weltachse bestimmen.

Bei der Umdrehung des Himmels um die Achse beschreiben die Sterne Parallelkreise des Aequators, deren Ebenen gerade so wie die Ebene des Aequators auf der Weltachse senkrecht stehen. Die Weltachse verbindet also die Mittelpunkte dieser Kreise. Um nun zu finden, wo auf der Erde man auf der Weltachse steht, denkt man sich 1. einen Beobachter auf der Weltachse und untersucht, welche Beobachtungen dieser am Himmel in Beziehung auf die Weltachse machen würde. Alsdann untersucht man 2., wo man dieselben Beobachtungen auf der Erde machen kann. Findet man eine solche Stelle auf der Erde, so ist dies ein Beweis, daß man an der Stelle auf der Weltachse sich befindet.

Es sei Figur 6. PS die Weltachse, deren Pole P und S; in C sei ein Beobachter, dessen Zenith Z, und dessen Meridian der Kreis ZHh, und dessen Mittagslinie Hh. Da in der Achse PS die Mittelpunkte der Kreise liegen, welche die Sterne in 24 Stunden beschreiben, so bleibt jeder Stern stets in gleicher Entfernung von der Weltachse, und, wie sich leicht zeigen läßt, ebenfalls gleichweit von den Endpunkten der Weltachse oder den Polen. Ein Circumpolarstern also, der oberhalb des Horizonts in 24 Stunden zweimal durch den Meridian geht, muß bei der oberen Culmination um eben so viele Grade über dem Pole stehen, als bei der unteren Culmination unter demselben. — Nun bedeute n die obere und m die untere Culmination eines Circumpolarsternes, so muß, weil der Abstand dieses Sternes vom Pole P stets gleich bleibt, der Bogen $Pm = Pn = \frac{mn}{2}$ sein. Pm und Pn sind das Maß für die W. PCm und PCn. Steht also in P ein Stern, und mißt der Beobachter in C die Winkel PCm und PCn, so wird er dieselben gleich groß finden. Angenommen, der Pol P sei durch keinen Stern angedeutet, so kann der Beobachter in C doch den Punkt P bestimmen. Weil Pm = Pn bleibt, und hH die in der Horizontalfläche gezogene Mittagslinie ist; so ist für den Beobachter in C der Bogen PH die Höhe des Weltpoles über dem Horizont, oder kürzer: PH ist die Polhöhe von C. — Nun ist

$$PH = Pm + mH = nH - Pn \text{ (oder } Pm)$$

$$\text{also } 2\,PH = Pm + mH + nH - Pm = mH + nH$$

$$\text{und } PH = \frac{mH + nH.}{2}$$

Mißt also der Beobachter in C die Winkel nCH und mCH, und nimmt die halbe Summe dieser Winkel, so findet derselbe den Winkel PCH, dessen Maß PH die Polhöhe ist.

Findet ein Beobachter auf der Erde, wenn er die Höhen von Circumpolarsternen bei der obern und untern Culmination mißt, und davon die halbe Summe nimmt, stets dasselbe Resultat; so ist dies ein Beweis, daß an dem Standorte des Beobachters die Weltachse durch die Erde geht, und der Beobachter sich auf der Weltachse befindet.

Bestimmt ein Beobachter in Petersburg, in Berlin, Paris u. s. w. die Höhe des Weltpoles über seinem Horizont aus den doppelten Höhen der Circumpolarsterne, so findet jeder Beobachter, weil er stets dieselbe Größe für seine Polhöhe erhält, daß er auf der Weltachse stehe. — Hieraus folgt 1. die Weltachse geht durch die Erde, und 2. der Radius der Erde ist gegen die Entfernung der Fixsterne, die zur Bestimmung des Poles dienten, so klein, daß derselbe nur als ein Punkt anzusehen ist. Wiewohl nun der Radius mit dem Abstand der Erde vom Weltpole verglichen so ungemein klein ist, so bildet doch die

Weltachse wegen der Kugelgestalt der Erde verschiedene Winkel mit den Horizonten der Oerter, die nicht gleichweit von den Polen der Erde abstehen, oder die nicht auf denselben Parällelkreisen des Aequators liegen. — Wo der Weltpol im Zenith steht, findet sich auf der Erde der gleichnamige Pol. Es liegen also die Welt- und Erdpole in derselben Linie; daher ist die Erdachse ein Theil der Weltachse. Hieraus folgt: der Mittelpunkt der Erde ist auch Mittelpunkt der Himmelskugel. Aequator der Erde und Aequator des Himmels, Meridian der Erde und Meridian des Himmels sind concentrische, d. i. denselben Mittelpunkt habende Kreise. Aequator und Meridian der Erde bis an die Himmelskugel erweitert bilden an derselben die gleichnamigen Kreise.

§. 20.

Es stelle Figur 7. APQS die Himmelskugel und apqs die Erdkugel vor, deren gemeinschaftlicher Mittelpunkt C ist. PS sei die Welt- und ps die Erdachse, welche ein Theil der Weltachse ist; die Weltpole P, S liegen mit den gleichnamigen Erdpolen p, s in einer geraden Linie. AQ Aequator des Himmels und aq Aequator der Erde liegen in derselben Ebene und haben denselben Mittelpunkt. Den Bewohnern des irdischen Aequators geht also der himmlische Aequator durch das Zenith. Eben so liegt, wenn PZSQ einen himmlischen Meridian vorstellt, dieser mit dem irdischen Meridian pDsq in derselben Ebene, und beide Kreise haben denselben Mittelpunkt C. — In D sei ein Beobachter, dessen Zenith Z, dessen Nadir Nhr ist der durch den Standort D gehende Horizont; und dieser heißt der scheinbare Horizont. Denkt man sich durch den Mittelpunkt der Erde C parallel zu hr eine Kreisfläche HR gelegt, und bis zur Himmelskugel erweitert, so wird HR der wahre Horizont von D genannt. Denkt man sich in C einen Beobachter, dessen Horizont HR, so ist ebenfalls Z dessen Zenith und N dessen Nadir.

Angenommen PASQ stelle den himmlischen Meridian der beiden Beobachter in D und C vor; so findet der Beobachter in D seine Polhöhe, indem er aus der doppelten Meridianhöhe (§. 18.) eines Circumpolarsterns den Winkel PDr bestimmt, und der Beobachter in C seine Polhöhe, indem er auf gleiche Weise den Winkel PCR bestimmt. Es ist der Winkel

$$PCR = Plr$$
$$Plr = PDl + DPl$$
also $$PCR = PDl + DPl.$$

Der Beobachter in C fände also seine Polhöhe um den Winkel DPl größer, als der Beobachter in D. — Nun ist aber P so weit von der Erde entfernt, daß der Halbmesser der Erde CD mit CP verglichen nur als ein Punkt anzusehen ist. Deßwegen fallen die Linien DP und CP zusammen, bilden keinen Winkel, wie in der Figur angegeben; mithin ist der Winkel $PDr = PCR$, und beide Beobachter in C und D haben dieselbe Polhöhe.

Bedeutet D z. B. Münster, so findet man die Polhöhe von Münster, wenn man den Winkel PDr oder PCR findet. D ist also als Mittelpunkt des Fixsternhimmels zu betrachten. Es möge daher, Figur 6. der Mittelpunkt C Münster vorstellen; Z sei Zenith, $ZPH = 90°$, P der Pol, CH die Mittagslinie; so ist PH die Polhöhe von Münster. Es bedeute nH die Höhe des Polarsternes bei der oberen und mH bei der unteren Culmination. Nun ist $Pn = Pm$ und $PH = \frac{nH + mH}{2}$.

In Münster findet man den Winkel

nCH nahe gleich	53° 33′
mCH	50 23
also nCH + mCH =	103° 56′
und $\frac{nCH + mCH}{2}$ =	51° 58′

Um 51° 58′ steht also der Weltpol über dem Horizont von Münster, oder diese Stadt hat 51° 58′ Polhöhe. — Stände der Polarstern genau im Pole, so würde die einfache Messung der Höhe des Polarsterns die Polhöhe eines Ortes geben.

Dritter Abschnitt.

Von der Umwälzung der Erde um ihre Achse.

---

§. 21.

Die bisher angeführten Beobachtungen zeigten uns den Himmel als eine um die Achse sich drehende feste Kugel, an deren Hohlfläche die Fixsterne angeheftet wären. Rechtfertigen aber wohl die genauern Forschungen diese Vorstellung einer festen Himmelskugel? — Nach dem Augenschein zu urtheilen, stehen die Planeten in gleicher Entfernung von uns als die Fixsterne, und der Mond eben so weit als die Sonne. Dagegen bemerken wir, daß der Mond zu Zeiten vor den Planeten, vor Fixsternen, vor der Sonne vorübergehe, und dieselben bedecke, niemals hat man jedoch einen der genannten Himmelskörper vor dem Monde vorübergehen gesehen; ein sicheres Zeichen, daß der Mond der uns zunächst stehende Himmelskörper sei. Auch hat man mehrmalen den Vorübergang der Planeten Mercur und Venus vor der Sonne bemerkt. 1591 bedeckte Mars den Jupiter, und dieser bedeckte 1563 den Saturn. So hatte auch 1737 eine Bedeckung Mercurs durch Venus statt. Planeten bedecken auch zu Zeiten Fixsterne; nie ist aber umgekehrt ein Planet von einem Fixsterne bedeckt worden. Hieraus folgt, daß Sonne, Mond, Planeten, Fixsterne in ungleichen Entfernungen von der Erde stehen. Obwohl wir keinen so treffenden Beweis für die verschiedene Entfernung der Fixsterne haben, so können wir doch aus dem verschiedenen Glanze derselben, noch mehr aber aus dem Umstande, daß je mehr die Fernröhre an Vollkommenheit zunahmen, desto mehr Fixsterne entdeckt wurden, mit Sicherheit schließen, daß auch die Fixsterne in sehr ungleichen Weiten von uns abstehen. Aus dem Gesagten folgt: die Vorstellung einer festen Himmelskugel kann eine Prüfung nicht bestehen; vielmehr müssen wir annehmen, daß alle Himmelskörper in verschiedenen Entfernungen von der Erde frei im Weltenraume schweben.

§. 22.

Müssen wir aber die Vorstellung einer festen Himmelskugel als eine Täuschung des Gesichtssinnes fahren lassen, so kann man mit Recht fragen: Ist denn vielleicht selbst die tägliche Umdrehung der Himmelskugel eine Täuschung? — Wo wir eine Bewegung gewahr werden, findet auch dieselbe statt, allein wie oft hierbei der Schein trügt, darüber gibt die Erfahrung sehr viele Belege. Segeln zwei Schiffe in bedeutender Entfernung von einander nach derselben Richtung, so scheint denen, die auf dem einem Schiffe sind, das andere Schiff still zu stehen. Hier scheint also nur das eine Schiff sich zu bewegen, das andere zu ruhen. — Fährt man auf einem Dampfschiffe einen Fluß hinunter, so scheint es, als wenn Häuser, Bäume am Ufer nach der entgegengesetzten Richtung vorbeilaufen. Hier scheinen also Gegenstände sich zu bewegen, die wirklich in Ruhe sind. — Könnte nicht auf gleiche Weise die Bewegung des Himmels nur scheinbar sein, und durch eine wirkliche Bewegung der Erde hervorgebracht werden?

Um diese Frage beantworten zu können, muß man die Vorfrage stellen: Wie müßte sich die Erde bewegen, daß durch diese Bewegung die Achsendrehung der Himmelskugel hervorgebracht würde.

§. 23.

Es stelle Figur 8. **abcd** den irdischen, **ABCD** den himmlischen Aequator dar. Ein Beobachter in **a** findet, daß die in ABCD befindlichen Sterne in 24 Stunden in der Richtung von B nach A durch sein Zenith gehen. Offenbar muß dieselbe Erscheinung statt finden, wenn der Kreis ABCD fest steht, und der Kreis, worauf der Beobachter in a steht, in entgegengesetzter Richtung, nämlich von a nach b sich in 24 Stunden umdreht. — Daß dies von den beiden Kreisen Gesagte auf die Erd- und Himmelskugel volle Anwendung habe, bedarf keiner weitern Erläuterung. — Dreht also sich die Erde um die Achse von Westen nach Osten, so scheint den Erdbewohnern die Himmelskugel sich von Osten nach Westen umzudrehen. Die Erscheinungen des Auf- und Untergangs der Himmelskörper lassen sich also durch eine Achsendrehung der Erde vollständig erklären. Wir müssen also jetzt fragen: Gibt es Beweise für die Achsendrehung der Erde?

§. 24.

So lange man nicht wußte, daß der Mond gegen 51000 Meilen von der Erde abstehe, die Entfernung der Sonne 400 mal größer sei als die des Mondes, daß aber die Fixsterne in unermeßlicher Weite von der Erde sich befinden; so lange es unbekannt war, daß die Sonne über eine Millionmal unsere Erde an Größe übertreffe, daß selbst einzelne Planeten schon größer sein als die Erde, und wahrscheinlich das zahllose Heer der Fixsterne aus lauter Sonnen bestehe; so lange diese Wahrheiten noch unentdeckt lagen, konnte die Annahme der täglichen Achsendrehung des Himmels so anstößig nicht sein. Jetzt aber muß man wohl Bedenken tragen, anzunehmen, daß die Millionen von Himmelskörpern sich in Zeit von 24 Stunden um die kleine Erde herumbewegen sollten.

Mit welcher unermeßlichen Geschwindigkeit müßten die zahllosen Sterne täglich ihre Kreise durchlaufen! Wir kennen freilich nicht den Abstand der Fixsterne; daß aber auch die nächsten Fixsterne weiter als eine Billion Meilen von der Erde abstehen, wird später bewiesen werden. Nehmen wir an, eine abgeschossene Kanonenkugel durchlaufe in einer Zeitsecunde 600 Fuß, so müßte diese Kugel mehre tausend Jahre fliegen, um den nächsten Fixstern zu erreichen, welcher eine Billion Meilen von der Erde entfernt wäre.

Bei der täglichen Umdrehung des Himmels müßten also die Fixsterne in 24 Stunden Kreise beschreiben, deren Radien zu durchfliegen eine abgeschossene Kanonenkugel tausende von Jahren bedürfte! — Doch diese ungeheure Geschwindigkeit der Fixsterne ist es nicht allein, was die tägliche Unwälzung des Himmels so unwahrscheinlich macht. Die Planeten, der Mond, die Sonne, die der Erde weit näher als die Fixsterne sind, durchlaufen, mit kleinen Abweichungen, ebenfalls in 24 Stunden Bahnen um die Erde. Von den Fixsternen haben bloß diejenigen gleiche Geschwindigkeit, welche gleich weit vom Aequator abstehen. Wiewohl nun alle Fixsterne, die ungleich vom Aequator abstehen, mit ungleicher Geschwindigkeit sich bewegen; so haben doch die Fixsterne seit Jahrtausenden ihre gegenseitige Stellung nicht geändert. Durch welches Band werden die Fixsterne gehalten, daß bei ihrem ungleichen Laufe kein Stern sich dem andern genährt hat?

Alles Unbegreifliche bei der täglichen Umdrehung des Himmels fällt aber weg durch die Annahme der Achsendrehung unserer Erde. Auch wäre die Achsendrehung keine ausschließende Eigenthümlichkeit unserer Erde. Sonne, Mond, Planeten drehen sich ebenfalls um ihre Achsen. Wir bemerken auf der Sonne, auf den meisten Planeten Flecken, die an einem Rande hervorkommen, über die der Erde zugewandte Seite fortrücken, am andern Rande verschwinden, und nach bestimmten Zwischenzeiten wieder am ersten Rande hervortreten, um ihren frühern Lauf fortzusetzen. Hieraus erkennt man, daß Sonne und Planeten sich um ihre Achsen drehen. Ebenfalls bewegt sich der Mond bei jedem Umlauf um die Achse.

Die Planeten haben Kugelgestalt, empfangen Licht und Wärme von der Sonne, übertreffen zum Theil unsere Erde an Größe; daher macht die Achsendrehung der Planeten es höchst wahrscheinlich, daß dieselbe Erscheinung bei unserer Erde statt finde.

Denkt man sich, daß die Planeten einstens nicht ganz feste Körper waren, so würde die Achsendrehung gemacht haben, daß sie am Aequator *) eine etwas erhöhete und an den Polen eine etwas abgeplattete Gestalt bekommen hätten, oder daß der Durchmesser des Aequators größer wäre, als die Achse: denn diese Gestalt, ähnlich einer Pomeranze, bekommt eine etwas weiche Kugel durch Umdrehen um die Achse. Wirklich hat man bereits entdeckt, daß bei mehren Planeten der Durchmesser des Aequators größer als die Achse ist. Daß aber diese Abkürzung der Achse Folge einer Achsendrehung sei, wird dadurch wahrscheinlich, daß bei dem größten Planeten Jupiter, der in 10 Stunden sich um seine Achse dreht, mithin den schnellsten Umschwung hat, der Unterschied zwischen Durchmesser des Aequators und Achse am größten ist. — Die auf unsere Erde angestellten Messungen haben bewiesen, daß auch die Erdachse kleiner als der Durchmesser des Aequators ist. Eine neue Aehnlichkeit unserer Erde mit den andern Planeten! Ist aber die Abkürzung der Achse bei andern Planeten als Folge ihrer Umdrehung anzusehen, sollte denn dies nicht eben so bei unserer Erde der Fall sein?

Aus dem Gesagten folgt die hohe Wahrscheinlichkeit, daß sich unsere Erde in 24 Stunden um die Achse drehe, und so die tägliche Bewegung der Himmelskörper hervorbringe.

---

*) Aequator, Achse bedeuten bei den Planeten dasselbe, was die gleichnamigen Kreise auf der Erde.

§. 25.

Sollten sich auf der Erde selbst nicht Spuren vorfinden, welche den täglichen Umschwung der Erde gerade zu beweisen? — Wirklich sind in neuern Zeiten solche Spuren aufgefunden.

Alle Körper nehmen mit der größern Entfernung vom Aequator an Gewicht zu, sind mithin auf dem Aequator am leichtesten, an den Polen am schwersten; diese Erscheinung läßt sich nur durch die Achsendrehung der Erde erklären.

Der Fall der nicht unterstützten Körper (§. 11.) ist Folge der Schwerkraft. Fallen aber auf dem Aequator die Körper langsamer wie in Paris, und in Paris langsamer als in Petersburg, so ist dies ein Beweis, daß die Schwerkraft größer in Petersburg als in Paris, und in dieser Stadt größer als auf dem Aequator sei.

Es stelle Figur 9. CB eine in C aufgehängte und in B mit einem Gewichte beschwerte Stange vor, die sich um C bewegen kann. Diese Verrichtung heißt ein Pendel, welches sich an unseren größeren Uhren befindet. Dieses Pendel bleibt in Ruhe, so lange es eine Vertical-Linie (§. 15.) bildet. Bringt man es in die Lage CA, und läßt es los, so beschreibt das Gewicht A den Bogen AB. Vermöge des Fallens durch den Bogen AB hat das Gewicht einen Schwung bekommen, der es durch den Bogen BD = AB hinauftreibt. Von D fällt es zurück durch den Bogen DA u. s. w. Der Fall des Gewichtes durch den Bogen AD oder DA heißt eine Schwingung (vibratio) oder ein Pendelschlag. — Ohne den Widerstand der Luft und ohne die Reibung am Aufhängepunkte C würde ein in Bewegung gesetztes Pendel beständig seine Schwingungen fortsetzen. — Ein Pendel, das in einer Secunde Zeit eine Schwingung macht, heißt Secunden-Pendel. Dieses befindet sich an unseren größern Uhren und hat in dieser Gegend eine Länge von 3 Fuß 2/5 Zoll pariser

Maß. — Wirkt die Schwerkraft auf der ganzen Erde gleich stark, so müssen auch die Körper auf der Erde gleiche Geschwindigkeit beim freien Falle haben, mithin in einer Secunde Zeit denselben Raum zurücklegen. Da die Schwingung des Pendels ebenfalls eine Wirkung der Schwerkraft, und nichts anders als Fall des Gewichtes durch einen Bogen ist; so muß auch dasselbe Pendel, wenn die Schwerkraft überall gleich stark ist, auch in derselben Zeit überall auf der Erde eine Schwingung machen. Schlägt aber das Pendel in einigen Gegenden geschwinder als in andern, so ist dies ein strenger Beweis der ungleichen Stärke der Schwerkraft auf der Erde.

1672 reisete der Franzose Richer nach Cayenne, um daselbst astronomische Beobachtungen anzustellen. In Cayenne, das etwa 4° nördliche Breite hat, machte genannter Astronom die höchst merkwürdige Entdeckung, daß seine Uhr täglich 2 Minuten zurückblieb, und das Pendel an derselben, welches in Paris Secunden geschlagen, also in einem Tage 86400 Schwingungen gemacht hatte, täglich 120 Schwingungen weniger machte. Weil nun ein Pendel schneller schwingt, wenn es kürzer wird, machte Richer das Pendel 1 1/4 Linie kürzer, und nun schlug es Secunden. Nach Paris zurückgekommen fand Richer, daß seine Uhr täglich 2 Minuten voreilte, und also 120 Schwingungen zu viel machte; er verlängerte das Pendel um 1 1/4 Linie, und dasselbe schlug Secunden.

Diese Erfahrung zeigte, daß die Schwerkraft am Aequator geringer ist als in Paris: indem das Pendel am Aequator langsamer fällt als in genannter Stadt. — Später hat man vermittelst des Pendels ganz allgemein gefunden, daß die Größe der Schwerkraft auf dem Aequator am kleinsten ist, vom Aequator nach den Polen hin stets zunimmt; daher in der Nähe des Poles das Secunden-Pendel am längsten, auf dem Aequator am kürzesten ist. Woher diese auffallende Erscheinung? Da die Gestalt der Erde von der einer Kugel nur unbedeutend abweicht, sieht man keinen Grund, warum die Körper auf der Erde so ungleich nach deren Mittelpunkt sollten hingezogen werden. Man muß vielmehr von der Ansicht ausgehen: alle Körper werden gleich stark nach dem Mittelpunkt hingezogen, oder die Schwerkraft ist auf der Erde gleich; indessen werden die Wirkungen der Schwerkraft durch irgend eine entgegenwirkende Ursache geschwächt; und diese Ursache verliert durch die Entfernung vom Aequator an Kraft. — Welche Ursache könnte die sein? Nehmen wir an, daß die Erde sich um die Achse drehe, so ist gleich die Ursache gefunden: diese ist die durch die Achsendrehung der Erde hervorgebrachte Schwungkraft.

Dreht man ein Rad, auf dessen Rande nasser Sand ist, schnell um die Achse, so wird der Sand fortgeschleudert, und zwar desto weiter, je schneller das Rad sich bewegt. Eben so kann man ein offenes Gefäß, worin eine Flüssigkeit, im Kreise umschwingen, ohne daß ein Tropfen herauskommt. — Die Kraft welche den Sand fortschleudert, die Flüssigkeit gegen den Boden des Gefäßes preßt, heißt Schwungkraft oder Centrifugalkraft, von centri fuga: weil der fortgeschleuderte Körper den Mittelpunkt der Bewegung flieht. — Dreht sich die Erde um die Achse, so muß die durch die Achsendrehung erzeugte Schwungkraft die Körper von der Oberfläche der Erde wegzuschleudern streben. Ist die Schwerkraft größer als die Schwungkraft, so werden zwar die Körper nicht weggeschleudert, allein die Wirkungen der Schwerkraft müssen vermindert werden; die Körper zeigen also ein geringeres Streben nach dem Mittelpunkt, und fallen also auch etwas langsamer. Diese Verminderung der Schwere zeigt sich offenbar am stärksten, wo die Schwungkraft am größten ist. Da der Aequator größer ist, als die zu demselben parallel gezogenen Kreise, so muß ein Punkt auf dem Aequator sich schneller bewegen als jeder Punkt außerhalb des Aequators, also muß auch die Schwungkraft auf dem Aequator am größten, die Schwerkraft am geringsten sein. Hieraus folgt, daß, wenn die Erde sich um die Achse wälzt, das Secunden-Pendel unter dem Aequator am kürzesten sei. Wirklich zeigt dies die tägliche Erfahrung. So gibt uns also die verschiedene Länge des Secunden-Pendels auf der Erde einen strengen Beweis für die Achsendrehung derselben. — Sollte jedoch noch ein Zweifel an der Achsendrehung der Erde möglich sein, so müßte derselbe durch folgende Betrachtung vernichtet werden. Gesetzt die Schwerkraft der als ruhend angenommenen Erde sei **P**. Aus der bekannten Größe des Aequators und der Parallelkreise so wie der Zeit ihres Umschwungs kann man die Größe der Schwungkraft = Q für jeden Ort der Erde berechnen. Diese Größe der Schwungkraft von **P** abgezogen gibt also die wirkliche Schwerkraft. Hieraus erkennt man, daß die Rechnung die Abnahme der Schwere vom Aequator nach den Polen angibt. Hat man nun z. B. in Paris aus Erfahrung die Länge des Secunden-Pendels gefunden, so kann man berechnen, wie lang das Secunden-Pendel auf dem Aequator, in Petersburg u. s. w. sei; und die berechneten Pendellängen stimmen auf eine bewunderungswürdige Weise mit den aus der Erfahrung gefundenen überein. Könnte dies möglich sei, wenn die Voraussetzung der Achsendrehung, worauf die Rechnung gegründet ist, unrichtig wäre?

§. 26.

Eine andere nicht minder merkwürdige Rechnung beweiset die Achsendrehung der Erde. Einer der größten Naturforscher, die je gelebt haben, der Engländer Newton (gebor. 1642 gest. 1727) berechnete aus der Größe der Schwungkraft der Erde die Abplattung derselben, d. h. um wieviel die Achse kürzer sein müßte als der Durchmesser des Aequators. Dieser Naturforscher bestimmte die Größe der Abplattung zu 1/230, d. h. wenn der Durchmesser des Aequators in 230 gleiche Theile getheilt angenommen wird, enthält die Achse 229 von diesen Theilen, ist mithin um $^1/_{230}$ des Durchmessers des Aequators kleiner. Die Messungen von Meridiangraden in der Nähe des Aequators und in den Polargegenden liefern für die Abplattung ein ziemlich übereinstimmendes Resultat; ein neuer Beweis, daß die Grundlage der Rechnung: die Achsendrehung der Erde, wahr sein müsse.

§. 27.

Noch müssen wir eines Einwurfes gedenken, den ein berühmter Astronom, Tycho (geb. 1546, gest. 1601) gegen die Achsendrehung machte, weil dieser Einwurf Veranlassung gab zu einer Entdeckung, welche die Umwälzung der Erde aufs vollkommenste bestätigt. «Wenn die Erde sich von Westen nach Osten dreht,» sagte Tycho, «so kann ein Stein, der von einem hohen Thurme herabfällt, nicht am Fuße des Thurmes den Boden erreichen, sondern muß etwas nach Westen abweichen, weil sich der Thurm während des Falles nach Osten entfernt hat.»

Wäre dieser Einwurf gegründet, so müßte ein oben vom Maste eines schnell segelnden Schiffes herabfallender Stein auch in einiger Entfernung hinter dem Maste das Verdeck erreichen; allein die Erfahrung weiset das Gegentheil: der Stein erreicht am Fuße des Mastes den Boden. Eben so sieht man, daß ein Reuter im stärksten Gallop eine Citrone in die Höhe wirft, und sie wiederfängt, da man doch glauben sollte, daß die Citrone hinter dem Reuter herabfallen müßte. Der Grund von dieser Erfahrung ist nicht schwer einzusehen. Wenn Figur 10. in C auf einem Kanale ein Schiff sich befindet, und dies an einem Ufer nach CB, am andern Ufer nach CA gezogen wird; so folgt das Schiff keiner der beiden Kräfte ausschließlich, sondern nimmt den Weg CD, welcher zwischen den Richtungen beider Kräfte ist, und welchen Weg man die mittlere Richtung nennt. Eben so wird die vom gallopirenden Reuter in die Höhe geworfene Citrone vom Wurfe nach oben, vom Schwunge aber, welchen der Reuter hat, und der sich der Citrone mittheilt, nach vorne getrieben; die Citrone nimmt also eine mittlere Richtung, und so fliegt sie vor dem Reuter, der sie dann auffängt. Wendet man diese Erfahrung auf die drehende Erde an, so folgt, da die Spitze des Thurmes einen größeren Kreis beschreibt, als der Fuß, daß auch die Spitze einen größern Schwung haben müsse als der Fuß. Fällt also von der Spitze eines hohen Thurmes ein Stein herab, so erhält er durch den Umschwung der Erde eine Richtung nach Osten. Es muß also ein von einem hohen Thurme herabfallender Stein östlich vom Thurme den Boden erreichen. Es sei Figur 11. CA der Halbmesser der Erde, AB ein hoher Thurm (daß AB in Verhältniß zu CA zu groß gezeichnet sei, leuchtet ein). Bei der Umwälzung der Erde beschreibt der Fuß des Thurmes A den Kreis AM, die Spitze den Kreis BN. Der Punkt B hat also einen größern Schwung als A. — Wird ein im Kreise umschwingender Körper losgelassen, z. B. bei einer Schleuder, so ist die Richtung des fortgeschleuderten Körpers die Tangente des Kreises. Läßt man in B einen Stein los, so müßte dieser, wenn die Schwungkraft allein auf ihn wirkte, in der Tangente BG fortfliegen. Die Schwerkraft treibt ihn durch die Linie BA herunter; dann muß der Stein durch die krumme Linie BL sich herabbewegen, also östlich vom Thurme niederfallen. Gerade dies bestätigen die äußerst genauen Versuche, welche (der in Düsseldorf lebende Professor) Benzenberg im Michaelis-Thurm in Hamburg, und in einer tiefen Grube in der Graffschaft Mark anstellte. Benzenberg ließ zu verschiedenen Zeiten im Michaelis-Thurm von einer Höhe von 230 Fuß Kugeln herabfallen, und nun fand er durch diese Versuche, daß die Stelle, wo die Kugeln den Boden erreichten, ungefähr 4 Linien östlich vom Lothe abwich. Ein strenger Beweis für die Achsendrehung der Erde. Hätte man senkrechte Höhen, die mehre tausend Fuß betrügen, so würde die östliche Abweichung der fallenden Körper von der lothrechten Linie sehr bemerkbar sein.

§. 28.

Die für die Achsendrehung angeführten Beweise sind von der Art, daß dieselben von keinem denkenden Kopfe mehr können angefochten werden. — Wir finden durch die Achsendrehung die große Wahrheit bestätiget, daß in der Natur Alles nach ganz einfachen Gesetzen geregelt sei. — In derselben Zeit, in welcher die Erde sich um die Achse von Westen nach Osten wälzt, vollendet die Himmelskugel ihre scheinbare Umwälzung von Osten nach Westen.

Beobachten wir diesen Abend den Durchgang eines Sternes durch den Meridian, und sehen wir am folgenden Abend denselben Stern durch den Meridian gehen; so erkennen wir, daß in der zwischen den beiden Durchgängen verflossenen Zeit die Himmelskugel ihre scheinbare, also die Erde ihre wirkliche Achsendrehung vollendete.

Die Zeit, in welcher der Himmel seine Achsendrehung vollendet, heißt ein Sterntag; und die nach Sterntagen gemessene Zeit heißt Sternzeit. Der Sterntag wird eben so wie der bürgerliche Tag, d. i. die Zeit des täglichen Umlaufes der Sonne um die Erde, in 24 Stunden, die Stunde in 60 Minuten, die Minute in 60 Secunden, und die Secunde in 60 Terzien getheilt. Beschreibt nun jeder Fixstern in 24 Stunden Sternzeit einen ganzen Kreis oder 360° an der Himmelskugel, so beschreibt ein Fixstern in

1 Stunde	Zeit.	15°	im Bogen.
1 Minute		$15'$	
1 Secunde		$15''$	
1 Terzie		$15'''$	

Kennt man z. B. die Zeit, welche seit dem Durchgange eines Sternes durch den Meridian verflossen ist; so findet man die Größe des durchlaufenen Bogens, wenn man die Zeit mit 15 multiplicirt. — Es sein z. B. seit dem Durchgange eines Fixsternes durch den Meridian verflossen 3 St. 16 M. 56 S., so geben

3 Stunden	$3 \times 15^\circ =$	45°
16 Minuten	$16 \times 15' =$	4°
56 Secunden	$56 \times 15'' =$	$14'$

3 St. 16 Min. 56 Sec. Zeit geben 49° 14′ im Bogen.

Kennt man umgekehrt den von einem Fixsterne durchlaufenen Bogen, so erhält man die während des Durchlaufens verflossene Zeit, wenn man den Bogen durch 15 dividirt.

Vierter Abschnitt.

Lauf der Sonne.

---

§. 29.

Die Achsendrehung unserer Erde erklårt uns die tågliche Umwålzung der Himmelskugel, den Aufgang und Untergang der Sonne, das Entstehen von Tag und Nacht. Warum wachsen aber die Tageslången wåhrend 6 Monaten, und nehmen eben so lange wieder ab?

Woher kommt der so große Unterschied der Wårme der Luft im Laufe des Jahres?

Warum stehen im Sommer andere Gestirne am Himmel, als im Winter?

Diese Fragen lassen sich aus der Achsendrehung der Erde nicht beantworten.

§. 30.

Flůchtige Beobachtungen zeigen schon, daß die Sonne außer der Bewegung, welche sie mit den Sternen gemein hat, noch eine eigene Bewegung habe: nåhert sie sich doch wåhrend 6 Monaten jeden Mittag unserm Zenithe, und entfernt sich eben so lange von demselben. Dabei geht sie nur am 21. Mårz und 23. September genau in Osten auf und in Westen unter; die ůbrige Zeit des Jahres weicht ihr Auf- und Untergang mehr oder weniger nördlich oder sůdlich von Osten und Westen ab. Offenbar durchlåuft die Sonne eine Bahn am Himmel; wie lernen wir diese Bahn kennen?

§. 31.

Die Fixsterne sind feste Punkte der Himmelskugel. Kennt man den täglichen Stand der Sonne hinsichtlich der Fixsterne, so gibt die Linie am Himmel, welche durch die an jedem Tage beobachteten Standpunkte der Sonne geht, die von der Sonne durchlaufene Bahn. Da der Glanz der Sonne uns bei Tage den Anblick der Sterne entzieht, beobachtete man schon in den ältesten Zeiten die Sterne, welche am westlichen Himmel sich da zeigten, wo die Sonne kurz vorher unterging; eben so am östlichen Himmel die Sterne an der Stelle, wo bald nachher die Sonne aufging. Aus diesen Beobachtungen ergab sich, daß die Sonne, der täglichen Bewegung des Himmels entgegen, von Westen nach Osten vorangehe. Beobachtete man nämlich am westlichen Horizonte Sterne, wo kurz vorher die Sonne unterging, so sahe man nach wenigen Tagen diese Sterne nicht mehr am Himmel, indem sie bereits mit der Sonne untergegangen waren; und andere Sterne, die noch vor wenigen Tagen weiter vom Horizont abstanden, waren in die Stelle der frühern getreten. Auf gleiche Weise zeigten die Beobachtungen am östlichen Himmel in der Morgendämmerung, daß die Sonne sich von den Fixsternen, in deren Nähe sie vorher gesehen wurde, täglich in der Richtung von Westen nach Osten entfernte.

Die angegebenen Beobachtungen lehrten mithin die Fixsterne kennen, bei welchen die Sonne auf ihrem nach Osten gerichteten Laufe vorbeiging. Entdeckte man nun, daß nach einem Zwischenraum von 365 Tagen die Sonne jedesmal bei denselben Fixsternen stand, so war dies ein Beweis, daß in der angegebenen Zeit die Sonne ihre Bahn am Himmel vollendete. Auf diese Art konnte man die Bahn der Sonne am Himmel angeben. — Man fand, daß die Sonnenbahn ein größter Kreis an der Himmelskugel sei, daß dieser Kreis, Ekliptik *) genannt, eine schräge Richtung gegen den Aequator habe, und denselben unter einem Winkel von 23°—24°, welcher Winkel die Schiefe der Sonnenbahn oder Ekliptik genannt wird, durchschneide.

Die Zeit, in welcher die Sonne ihre Bahn am Himmel vollendet, heißt Jahr. Die Länge des Jahres wurde von den alten Aegyptern zuerst am genausten bestimmt. Man hatte beobachtet, daß das erste Erscheinen des Hundssternes oder Sirius am östlichen Horizont in der Morgendämmerung das Austreten des Niles ankündigte. Das erste Erscheinen eines Sternes, nachdem derselbe eine Zeitlang unsichtbar war, am östlichen Horizont in der Morgendämmerung heißt dessen helischer **) Aufgang. Zwischen zweien helischen Aufgängen des Sirius verflossen 365 Tage; woraus folgte, daß nach einem Zwischenraume von 365 Tagen die Sonne denselben Stand gegen den Sirius einnahm, mithin in der angegebenen Zeit ihre Bahn vollendete. So bestimmten die Aegypter die Länge des Jahres zu 365 Tagen.

Aus dem Gesagten ergibt sich, wie man die Bahn der Sonne und die Länge des Jahres, ohne künstliche Instrumente anzuwenden, bestimmen könne.

§. 33.

Weit genauer kann man gegenwärtig die Bahn der Sonne bestimmen. Es ist §. 13. angegeben, wie die Kenntniß der geographischen Breite und Länge eines Ortes dazu dient, dessen Lage auf der Erde festzusetzen. Findet man

---

*) ἔκλειψις, ekleipsis, das Ausbleiben (der Sonne, des Mondes,) die Verfinsterung. Wenn der Voll- oder Neumond in oder nahe bei der Ekliptik steht, entstehen die Mond- oder Sonnenfinsternisse.

**) Ortus heliacus von ἥλιος, hælios, Sonne.

auf gleiche Weise die Lage der Sonne im Mittage für jeden Tag des Jahres, so erhält man 365 Punkte am Himmel, die mit einander verbunden die Bahn der Sonne genau bezeichnen.

Kreise, durch die Weltpole gelegt, heißen Abweichungs- oder Declinations-Kreise; und der Bogen eines solchen Kreises, zwischen dem Aequator und einem Stern heißt des Sternes Abweichung oder Declination. Steht der Stern zwischen dem Aequator und dem Nordpole, so ist die Abweichung nördlich; dagegen ist sie südlich, wenn der Stern zwischen dem Aequator und dem Südpol ist. — Abweichungs-Kreise am Himmel sind concentrische Kreise mit den Meridianen der Erde. Der Abweichungs-Kreis welcher durch das Zenith des Beobachters geht, heißt ebenfalls Meridian. Hieraus ergibt sich, daß die Abweichung eines Punktes dasselbe an der Himmelskugel bezeichnet, was auf der Erdkugel geographische Breite genannt wird.

Der Aequatorbogen zwischen dem ersten und dem durch einen Stern gehenden Abweichungs-Kreise heißt des Sternes gerade Aufsteigung (recta ascensio). — Was man also auf der Erdkugel geographische Länge nennt, heißt an der Himmelskugel gerade Aufsteigung.

Wie findet man in jedem Mittage die Abweichung und gerade Aufsteigung der Sonne?

Es sei Figur 12. in C ein Beobachter, HR dessen Horizont, und Z dessen Zenith; NS die Weltachse, AQ der Aequator, ZHR der Meridian; so heißt der Meridianbogen AH die Aequatorhöhe. Geht ein Stern oder die Sonne genau im Ostpunkte des Horizontes auf und im Westpunkte unter, so bewegt sich dieser Stern im Aequator. Der Meridianbogen zwischen dem Horizont und dem Sterne bei seiner Culmination, nämlich der Bogen HA ist die Aequatorhöhe für den Ort der Beobachtung C; der Bogen NR ist dessen Polhöhe. Nun erkennt man leicht, daß $AH + NR = 90^\circ$, also AH = 90° — NR sei. Hat man z. B. die Polhöhe von Münster gefunden zu 51° 58′, so ist die Aequatorhöhe in dieser Stadt 90° — (51° 58′) = 38° 2′. Hieraus ergibt sich die Methode, die Abweichung der Sonne jeden Mittag zu finden. — Es stehe die Sonne in U, zwischen Aequator und Zenith, so ist AU die Abweichung der Sonne. Mißt man also HU die Höhe der Sonne im Meridian oder die Meridianhöhe der Sonne, und zieht von HU die bekannte Aequatorhöhe AH ab, so erhält man die Größe von AU. Stände die Sonne in L, zwischen Aequator und Horizont, so mißt man die Meridianhöhe der Sonne LH, und subtrahirt diese von der bekannten Aequatorhöhe HA; so erhält man LA, die Abweichung der Sonne. — Sobald man also die Polhöhe eines Ortes mithin auch die Aequatorhöhe daselbst kennet, läßt sich die Abweichung der Sonne jeden Mittag leicht finden. Nur zweimal im Jahre, am 21. März und 23. September tritt die Sonne in den Aequator, und hat alsdann keine Abweichung. Vom 21. März bis 23. September steht die Sonne im Mittage zwischen Aequator und Nordpol; daher bekommt alsdann die Abweichung der Sonne den Zusatz nördlich. Vom 23. September bis 21. März, wo die Sonne auf der Himmelskugel zwischen Aequator und Südpol ist, hat die Sonne eine südliche Abweichung.

Außer der Abweichung der Sonne bedarf es noch der Kenntniß ihrer geraden Aufsteigung, um ihre Stelle am Himmel angeben zu können. Hinsichtlich des ersten Abweichungs-Kreises ist man allgemein übereingekommen, denjenigen, welcher durch den Punkt des Aequators geht, wo dieser im Frühling von der Sonne durchschnitten wird, (dieser Punkt heißt Punkt der Frühlings-Nachtgleiche, auch Nullpunkt des Widders), als den ersten anzunehmen. Die Grade des Aequators werden vom

Punkt der Frühlings-Nachtgleiche nach Osten hin bis 360° gezählt.

Wie findet man jeden Mittag die gerade Aufsteigung der Sonne?

Vermöge der Achsendrehung des Himmels geht in 1 Stunde Zeit ein Bogen des Aequators oder Parallel-Kreises von 15°, in 1 Minute Zeit ein Bogen von 15′ durch den Meridian.

Der leichteren Uebersicht halber wollen wir annehmen, daß am 21. März gerade im Mittag die Sonne in den Aequator tritt. Beobachtet man nun mit einem Fernrohre, welches bei Tage die (von der Sonne etwas entfernteren) Sterne zeigt, am 21. März einen Stern, welcher zugleich mit der Sonne culminirt, so ist der durch diesen Stern gehende Abweichungskreis derjenige, welcher als der erste angenommen wird. Findet man vermittelst einer genauen Uhr, daß der Stern am folgenden Tage 4 Minuten früher als die Sonne culminirt, so beträgt der Bogen des Aequators zwischen dem durch die Sonne und dem durch den Stern gehenden Abweichungskreise 1°, weil in 4 Minuten Zeit 1° des Aequators durch den Meridian geht; dem gemäß betrüge die gerade Aufsteigung der Sonne am 22. März im Mittage, 1°. Es folgt also hieraus die Methode, die gerade Aufsteigung der Sonne zu finden: Man beobachte, wieviel jeden Mittag genannter Stern früher als die Sonne culminirt, verwandle nach §. 28. die gefundene Zeit in Bogen; so erhält man für jeden Mittag die gerade Aufsteigung der Sonne. Hat man so täglich die Abweichung und gerade Aufsteigung der Sonne bestimmt, so kennt man die Sonnenbahn, welche ein größter Kreis auf der Himmelskugel ist. Wenn nämlich ein größter Kreis auf einer Kugel durch einen zweiten Kreis halbiret wird, so ist dieser zweite Kreis ebenfalls ein größter Kreis. Der Aequator ist ein größter Kreis, und wird von der Sonnenbahn genau in zwei Hälften getheilt. Dies ergibt sich aus folgender Beobachtung: Tritt die Sonne am 23. September wieder in den Aequator, so findet man, daß der Stern, welcher am 21. März gerade mit der Sonne culminirte, am 23. September gerade 12 Stunden früher, nämlich Mitternacht durch den Meridian geht. In 12 Stunden Zeit gehen $15° \times 12 = 180°$ des Aequators durch den Meridian; also stehen die beiden Punkte des Aequators, in welchen die Sonne den Aequator durchschneidet, um 180° oder die halbe Peripherie dieses Kreises von einander; mithin wird der Aequator durch die Bahn der Sonne in zwei gleiche Theile getheilt, woraus folgt, daß die Sonnenbahn ein größter Kreis auf der Himmelskugel sei.

§. 33.

Auf dem Himmelsglobus Figur 2. bedeutet der durch EaF gelegte Kreis die Bahn der Sonne oder die Ekliptik. Der Winkel EaA, welchen auf der Kugel die Ekliptik und der Aequator bilden, heißt die Schiefe der Ekliptik *). Ist $aA = 90°$ und $aE = 90°$, so ist der Bogen AE das Maß des Winkels EaA oder der Schiefe der Ekliptik. Der Bogen AE ist der Abstand der Sonne vom Aequator (die Abweichung der Sonne) im Mittage des längsten Tages. Mißt man alsdann den Bogen AE, so erhält man die Schiefe der Ekliptik, welcher Winkel

*) Dieser Winkel nimmt seit 2000 Jahren, nämlich so weit die Beobachtungen reichen, ab, wie dies sich ergibt, wenn man die Angaben der Größe dieses Winkels von den verschiedenen Beobachtern vergleicht. Diese Abnahme beträgt jedoch jährlich nur $1/3''$, in 100 Jahren $33''$. Die Schiefe der Ekliptik wird nur bis zu einer gewissen Grenze abnehmen, und wenn sie diese Grenze erreicht hat, wieder zunehmen.

gegenwärtig nicht völlig 23° 28′ beträgt. Da die Ekliptik ein größter Kreis ist, theilt dieser den Aequator in zwei gleiche Theile. Die Durchschnitts-Punkte beider Kreise heißen die Punkte der Nachtgleichen, und zwar heißt der Punkt des Aequators, aus welchem die Sonne nördlich vom Aequator ihren Lauf nimmt, der Punkt der Frühlings-Nachtgleiche, und der entgegengesetzte Punkt des Aequators, aus welchem die Sonne ihren Lauf südlich vom Aequator nimmt, Punkt der Herbst-Nachtgleiche. Es steige Figur 2. die Sonne aus a nördlich vom Aequator, so ist a der Punkt der Frühlings-Nachtgleiche, und der Punkt der Herbst-Nachtgleiche liegt 180° von a im Aequator. In Zeit von etwa 3 Monaten läuft die Sonne durch den Bogen a E = 90°. In E hat die Sonne den größten Abstand vom Aequator erreicht. Der Punkt E heißt der Sonnen-Stillstands- oder Solstitialpunkt. Ist die Sonne nach E gekommen, so ändert die Sonne in einigen Tagen nur unbedeutend ihren Abstand vom Aequator, scheint also auf ihrer Bahn still zu stehen. Von E nähert sich die Sonne wieder dem Aequator, den sie nach 3 Monaten, von ihrem Stillstande in E (vom solstitium des Sommers gerechnet), im Punkte der Herbst-Nachtgleichen durchschneidet. Nach Verlauf von 3 Monaten hat sie ihren tiefsten Stand unter dem Aequator den Punkt F erreicht, wo sie alsdann wieder einige Tage ihren Abstand vom Aequator unbedeutend ändert. F ist der Sonnen-Stillstands- oder Solstitialpunkt des Winters.

Die Abweichungskreise, welche durch die Punkte der Nachtgleichen und durch die Solstitialpunkte gelegt sind, heißen Koluren *), und zwar der durch die Punkte der

---

*) κόλουρος, koluros, stutzschwänzig, am Schwanz abgeschnitten; verst. γραμμή, grammæ, Linie. Ueber die eigentliche Bedeutung dieses Ausdruckes sind verschiedene Meinungen.

Nachtgleichen gelegte Kreis Kolur der Nachtgleichen, und der durch die Solstitialpunkte gelegte Kreis Kolur der Sonnenwende: weil die Sonne, wenn sie ihren größten nördlichen oder südlichen Abstand vom Aequator erreicht hat, sich gleichsam wendet, um sich wieder dem Aequator zu nähern. Figur 2. ist SaPS Kolur der Nachtgleichen, und SEPFS Kolur der Sonnenwende.

§. 34.

Wiewohl die Sonnenbahn oder Ekliptik wie jeder andere Kreis in 360° u. s. w. getheilt wird, so hat sie von den ältesten Zeiten noch eine besondere Abtheilung in zwölf gleiche Theile, die man Zeichen nennt. Jedes Zeichen faßt mithin 30°. Die Zeichen zählt man vom Punkt der Frühlings-Nachtgleiche angefangen (oder vom Nullpunkt des Widders) von Westen nach Osten bis 360°. Diese sogenannten zwölf himmlischen Zeichen, nebst der für jedes Zeichen angenommenen Bezeichnung sind folgende:

♈	♉	♊	♋	♌	♍
Widder,	Stier,	Zwillinge,	Krebs,	Löwe,	Jungfrau,
♎	♏	♐	♑	♒	♓
Wage,	Skorpion,	Schütz,	Steinbock,	Wassermann,	Fische.

Denkt man sich in einem Abstande von 9—10 Grad an beiden Seiten zu der Ekliptik Parallelkreise gezogen, so erhält man am Himmel einen Gürtel von 18—20 Grad Breite. Dieser Gürtel heißt Thierkreis oder Zodiakus. *) — Man bemerkte sich in alten Zeiten die Sterne, bei welchen die Sonne im Jahre vorbeiging, und verband nahe Sterne zu Sternbildern, die größtentheils Namen von Thieren bekamen. Jedes Sternbild faßt wie jedes Zeichen 30°.

Als man vor mehr als 2000 Jahren den Thierkreis

*) ζωδιακός, zodiakos, (verst. κύκλος, kyklos, Kreis) Thierkreis; ζώδιον, zodion, Thierchen; vorz. Sternbild.

ausdachte, nannte man die 12 Zeichen der Ekliptik nach den Sternbildern, welche die Zeichen ausfüllten. Die Sonne hat ihre Bahn seit 2000 Jahren nicht geändert: indem sie noch bei denselben Sternen wie damals vorbeigeht. Allein der Aequator macht eine langsame Bewegung von Osten nach Westen, daher der Punkt der Frühlings-Nachtgleiche jährlich um 50″ vorankömmt: diese Bewegung nennt man das Vorrücken der Nachtgleichen. Hierdurch hat der Aequator sich gegen die Ekliptik verschoben, wodurch die Sternbilder im Thierkreise um 30° von der Stelle fortgerückt sind, wo sie vor 2000 Jahren standen. Um aber Verwirrung zu vermeiden, hat man die frühere Abtheilung der Ekliptik in 12 Zeichen beibehalten und den Zeichen den Namen der Sternbilder gelassen, die vormals darin standen. Aus diesem Grunde muß man das Zeichen von dem Sternbilde gleiches Namens unterscheiden. Vormals begann der Frühling, wenn die Sonne in das Zeichen des Widders und zugleich in dieses Sternbild trat. Jetzt beginnt der Frühling, wenn die Sonne in das Zeichen des Widders, hingegen in das Sternbild der Fische tritt, also vom Sternbild des Widders 30° absteht.

Um auszudrücken, daß die Sonne vom Punkte der Frühlings-Nachtgleiche oder dem Nullpunkte des Widders z. B. 88° 14′ abstehe, sagt man: der Abstand beträgt 2 Zeichen (60°) 28° 14′.

Folgendes Täfelchen enthält den Lauf der Sonne vom 20. März 1808 bis 21. März 1809, wie derselbe vom Astronomen Bode für Berlin berechnet wurde. Die erste Spalte enthält die Monatstage, an welchen die Sonne in die in der 4ten Spalte angegebenen Zeichen trat. Die 2te und 3te Spalte den Auf- und Untergang der Sonne an genannten Tagen. N bedeutet in der 5ten Spalte, daß die Sonne in den 6 ersten Zeichen nördlich vom Aequator steht (eine nördliche Abweichung hat), und S bedeutet, daß die Sonne in den 6 letzten Zeichen südlich vom Aequator ist (eine südliche Abweichung hat).

Lauf der Sonne.

Monat.	Aufgang.		Untergang.		Zeichen.		Abweichung.		Gerade Aufsteigung.	
20. März	6 Uhr		6 Uhr	1′	0°	♈	0°	N	0°	
20. April	4	57′	7	4′	1	♉	11°	32′	28°	3′
20. Mai	4	6′	7	55′	2	♊	20°	12′	57°	57′
21. Juni	3	42′	8	18′	3	♋	23	27′	90°	49′
22. Juli	4	5′	7	54′	4	♌	20°	6′	122°	31′
22. August	4	58′	7	1′	5	♍	11°	27′	251°	14′
22. September	6		5	59′	6	♎	0°	S	179°	17′
23. October	7	2′	4	57′	7	♏	11°	47′	208°	44′
22. November	7	54′	4	5′	8	♐	20°	10′	237°	50′
21. December	8	18′	3	42′	9	♑	23°	27′	272°	47′
20. Januar	7	55′	4	5′	10	♒	20°	9′	302°	16′
19. Februar	6	59′	5	2′	11	♓	11°	19′	332°	32′
21. März	6		6	1′	0°	♈	0°		359°	30′

§. 35.

Von wem, und zu welcher Zeit ist der Thierkreis ausgedacht? — Hierüber schweigt die Geschichte. Zwei Umstände ergeben sich jedoch von selbst: 1) der Thierkreis wurde auf der nördlichen Erdhälfte ausgedacht; 2) die Namen der Sternbilder beziehen sich hauptsächlich auf die Beschäftigungen der frühern Völker: auf Ackerbau und Viehzucht.

Hat die Sonne am 21. Juni den größten nördlichen Abstand vom Aequator erreicht, so bemerken wir in den folgenden Tagen, daß sie eine rückgängige Bewegung macht, um sich wieder dem Aequator zu nähern. Da der Krebs zuweilen rückwärts geht, nannte man das Sternbild, worein die Sonne am 21. Juni trat, Krebs.

Steht die Sonne am 21. December am tiefsten unter dem Aequator, wo ihre Mittagshöhe die kleinste im ganzen Jahre ist, so beginnt sie täglich höher zu steigen. Man nannte daher das Sternbild, worein die Sonne am 21. December trat, Steinbock: indem dieses Thier die Höhen erklettert. — Wären die Namen Krebs und Steinbock auf der südlichen Halbkugel den beiden Sternbildern beigelegt, so würde das Sternbild des Steinbockes Krebs und das des Krebses Steinbock heißen.

Bei den meisten der übrigen 10 Sternbilder lassen sich ohne Mühe Beziehungen auf die jedesmaligen Geschäfte des Ackerbaues oder der Viehzucht auffinden, wenn die Sonne in die verschiedenen Zeichen trat.

§. 36.

Jetzt lassen sich leicht die im Anfange dieses Abschnittes gestellten Fragen beantworten.

Der Unterschied der Tageslänge ist Folge der schrägen Richtung der Sonnenbahn oder Ekliptik gegen den Aequator. Durchliefe die Sonne ihre jährliche Bahn im Aequator, so würden wir das Jahr hindurch Tag und Nacht gleich haben: denn der Aequator und Horizont halbiren sich gegenseitig, weil sie größte Kreise der Kugel sind. Steht die Sonne 24 Stunden im Aequator, so muß sie 12 Stunden über und 12 Stunden unter dem Horizont verweilen. Dieser Fall findet zweimal im Jahre, nämlich am 21. Juni und 23. Sept., statt. An gedachten Tagen tritt die Sonne in den Aequator, und entfernt sich nur sehr wenig in 24 Stunden von demselben. — Rückt Figur 2. die Sonne von a nach E täglich um etwa 1° voran, und beschreibt zugleich einen den Aequator beinahe parallelen Kreis; so wird mit jedem Tage ein größerer Theil dieses Parallelkreises über den Horizont kommen, also die Zeit, welche die Sonne über dem Horizonte verweilet, oder die Tageslänge zunehmen. — Man verfolge überhaupt nur die Bahn der Sonne auf dem Globus Figur 2., so wird man sich das Wachsen und Abnehmen der Tage leicht erklären.

Die Zeit, welche die Sonne gebraucht, um vom Punkte der Frühlings-Nachtgleiche bis zum Solstitialpunkte des Sommers zu kommen oder die Zeit von der Frühlings-Nachtgleiche bis zum Solstitium des Sommers heißt Frühling; vom Solstitium des Sommers bis zur Herbst-Nachtgleiche, heißt Sommer; von dieser Nachtgleiche bis zum Solstitium des Winters, Herbst; endlich vom Solstitium des Winters bis zur Frühlings - Nachtgleiche, Winter. Diese 4 Abtheilungen des Jahres heißen die 4 Jahrzeiten.

Die Ursache der verschiedenen Wärme in den verschiedenen Jahrzeiten läßt sich ebenfalls leicht begreifen.

Die Sonne sendet der Erde Licht und Wärme. Sind die Tage länger, so sendet die Sonne längere Zeit einer Gegend ihre Wärmestrahlen; folglich muß unter gleichen Umständen auch an den längern Tagen Luft und Boden wärmer sein. Die Strahlen der Sonne bringen jedoch die größte Wärme, wenn sie lothrecht auf eine Gegend fallen; dagegen ist ihre Wirkung um so geringer, je schiefer ihre

Richtung gegen den Boden ist. Den Grund dieser Erscheinung möge Figur 13. erläutern.

Angenommen, es sein auf AB die Sonnenstrahlen senkrecht, so kommen auf AB alle die Strahlen, welche zwischen die beiden auf AB senkrechten CA und DB fallen: denn wegen der so großen Entfernung der Sonne kann man die Sonnenstrahlen als einander parallel betrachten. Neigt man AB in die Lage von AF, wo AF = AB ist, und zieht durch F die Linie GE senkrecht auf AB; so fallen auf AF nur noch die Strahlen, welche vorher auf AE fielen. Die Erwärmung von AF verhält sich also zur Erwärmung von AB = AE: AB.

Hieraus wird begreiflich, warum im Winter die Sonnenstrahlen, die unter sehr spitzen Winkeln auf den Boden fallen, so wenig Kraft haben; ferner, warum die Sonnenstrahlen des Polareis nicht schmelzen können, ungeachtet sie ohne Unterbrechung Monate hindurch auf dasselbe fallen.

Die vier Jahrzeiten: Frühling, Sommer, Herbst, Winter haben Aehnlichkeit mit den vier Tagzeiten: Morgen, Mittag, Abend, Nacht. Eben so, wie nicht gerade im Mittage die größte Wärme statt hat, sondern 1—2 Stunden nachher, so erfolgt auch die größte Sommerwärme einige Zeit nach dem längsten Tage. Des Nachts ist die größte Kälte nach Mitternacht, und der kälteste Monat ist der Januar. Die Ursachen dieser Erscheinungen aufzusuchen, ist eine Aufgabe der physischen Geographie.

§. 38.

Im Winter sieht man andere Gestirne am Himmel, als im Sommer. So glänzt z. B. bloß in den hellen Winternächten das schönste Gestirn am Himmel: der Orion. *)

---

*) Dieses schöne Gestirn ist an dreien einander nahen Sternen kenntlich, die eine gerade Linie bilden, welche

— Daß die nicht untergehenden Circumpolarsterne nicht zu diesen Gestirnen gehören, leuchtet von selbst ein.

Die Beobachtungen zeigen, daß, wenn heute ein Stern zugleich mit der Sonne durch den Meridian geht, der Durchgang des Sternes durch den Meridian morgen fast 4 Minuten früher als der Durchgang der Sonne erfolge. Hieraus ergibt sich, weil in 4 Minuten Zeit 1° des Aequators durch den Meridian geht, daß der Stern sich täglich nach Westen hin fast um 1° entferne. Der Stern, welcher also heute mit der Sonne culminirt, steht nach 180 Tagen gegen Mitternacht im Meridian, und ist einen Theil oder die ganze Nacht sichtbar, welches von der Größe des in der Nacht durchlaufenen Bogens abhängt. Dahingegen gehen die Sterne um Mittag durch den Meridian, welche vor 180 Tagen um Mitternacht durch den Meridian gingen. Da diese Sterne also nur bei Tage über dem Horizonte sind, können wir dieselben wegen des Sonnenlichtes nicht sehen.

---

gegen den Horizont eine schräge Richtung hat. Diese drei Sterne (welche man im gewöhnlichen Leben auch die heiligen drei Könige nennt) machen den Gürtel des Orion. Folgt man der Richtung des Gürtels nach dem Horizont, so ist der erste helle Stern, wohin die Richtung des Gürtels führt, der Sirius, welcher der glänzendste Fixstern am Himmel ist. Der oberste Stern im Gürtel steht im Aequator. Beobachtet man daher seine Bahn am Himmel, so kennt man den Aequator des Himmels.

Fünfter Abschnitt.

Von der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne.

§. 39.

Wir haben die Bahn kennen gelernt, welche die Sonne in einem Jahre beschreibt. Ist die Bewegung der Sonne in der Ekliptik bloß scheinbar oder wirklich? Ist sie wirklich so, wie wir dieselbe wahrnehmen, so beschreibt die Sonne einen Schraubengang: denn jedesmal in 24 Stunden, worin Figur 2. die Sonne auf der Ekliptik EF um etwa 1° vorangeht, beschreibt sie einen dem Aequator beinahe parallelen Kreis auf der Himmelskugel, und schraubt sich so in einem halben Jahre von dem Krebs zum Steinbocke hin, und in dem andern halben Jahre wieder zurück vom Steinbocke zum Krebse. Diese Bewegung harmonirt so wenig mit den einfachen Gesetzen der Natur, daß man mit Recht fragen muß: Wird die scheinbare jährliche Bewegung der Sonne nicht durch eine wirkliche Bewegung der Erde hervorgebracht? — Um hierauf antworten zu können, müssen wir die Vorfrage machen: Wie können wir uns vorstellen, daß durch eine Bewegung der Erde die scheinbare Bewegung der Sonne hervorgebracht werde? Ist diese Frage genügend beantwortet, müssen wir weiter fragen: Haben wir Gründe für die Annahme der Bewegung unserer Erde?

Es stelle Figur 14. S die Sonne, adgk die Bahn der Erde, ADGK die Ekliptik vor. Ist die Erde in a, so steht die Sonne bei ♈ dem Zeichen des Widders: denn wir übertragen jeden Himmelskörper an die Stelle des Himmels, wo die von unserm Auge zum Himmelskörper gezogene Linie verlängert die Himmelskugel trifft. Ueberhaupt wird es durch die Figur klar, daß wenn die Erde um die Sonne als Mittelpunkt einen Kreis beschreibt, die Sonne in derselben Zeit scheinbar die Ekliptik durchlaufen müsse. Hierdurch wäre die Vorfrage beantwortet. Es frägt sich also jetzt: Haben wir Gründe anzunehmen, daß die Erde in derselben Zeit, worin die Sonne scheinbar die Ekliptik durchläuft, einen Kreislauf um die Sonne mache?

§. 40.

Einen vorzüglichen Grund für die Achsendrehung der Erde fanden wir in der Achsendrehung der Planeten. Um nun über die Bewegung oder Nichtbewegung der Erde um die Sonne zu urtheilen, wird es zweckmäßig sein, die Bewegung der Planeten zu untersuchen.

Von den Planeten fällt durch den stärkeren Glanz am meisten die Venus auf. Erscheint dieser Planet nach Sonnenuntergang am westlichen Himmel, so heißt er Abendstern (hesperus). Der Abendstern entfernt sich nach und nach bis zu einem Abstande von 45—47 Grad von der Sonne; alsdann nähert er sich täglich wieder derselben: indem sein Abstand vom westlichen Horizont beim Untergang der Sonne stets kleiner gefunden wird. Zuletzt findet man ihn nicht mehr, weil er mit der Sonne unterging.

Einige Zeit nachher sieht man kurz vor Sonnenaufgang am östlichen Horizont den schönen Morgenstern (lucifer). Auch dieser entfernt sich bis zu einem Abstande von 45—47 Grad von der Sonne. Ist dieser Abstand erreicht, so nähert sich der Morgenstern wieder der Sonne, und verschwindet zuletzt in deren Strahlen. Einige Zeit nachher erscheint wieder der Abendstern, der sich dann von der Sonne entfernt, wie vorher angegeben ist.

Diese stets wiederkehrenden Erscheinungen des Morgen- und Abendsterns belehrten schon die älteren Beobachter, daß der Abend- und Morgenstern derselbe Stern sei.

Durch Fernröhre gesehen erscheint die Venus, gerade so wie der Mond, sichelförmig, halb, ganz erleuchtet. Zuweilen geht dieser Planet auch wie ein schwarzer Punkt vor der Sonne vorüber.

Diese Beobachtungen setzen außer Zweifel, daß Venus eine Bahn um die Sonne beschreibe; ferner, daß dieser Planet der Sonne näher sei als die Erde. Diese größere Nähe macht, daß wir die Venus beim Untergang der Sonne niemals am östlichen, und beim Aufgange der Sonne niemals am westlichen Himmel bemerken.

Figur 15. wird das Gesagte versinnlichen. Es sei T die Erde, S die Sonne, ABCD Bahn der Venus. Befindet sich die Venus in C, so ist die helle Seite von der Erde abgewandt: Venus ist also unsichtbar, geht mit der Sonne auf und unter. Ungefähr alle 112 Jahre kommt es zweimal, daß Venus zwischen Erde und Sonne in gerader Linie steht; dann geht Venus wie ein schwarzer Punkt vor der Sonne vorüber, was man einen Durchgang der Venus nennt. Entfernt sich dieser Planet von C nach D, muß er wie der Mond anfangs sichelförmig erscheinen; mit der Zeit muß die Sichel sich mehr ausfüllen, in D muß er halb erleuchtet erscheinen. Alsdann beträgt der Winkel STD 45 bis 47 Grad. Die Scheibe der Venus ründet sich mehr und mehr, der Abstand des Planeten von der Sonne wird kleiner, Venus kommt nach A, und verschwindet in den Strahlen der Sonne. Nun zeigt die Erfahrung, daß die Lichtgestalten sich gerade so zeigen, wie sie bei der Annahme: Venus sei der Sonne näher als die Erde, und beschreibe eine Bahn um die Sonne, sich zeigen müssen. Eben so kann man die Bahn der Venus von A nach B und C verfolgen.

§. 41.

Es ist eine bekannte Erfahrung, daß, indem ein Gegenstand sich von uns entfernt, er uns kleiner erscheint, daß also sein scheinbarer Durchmesser abnimmt. Deßwegen muß auch, wenn Venus von C nach A geht, der scheinbare Durchmesser abnehmen, hingegen von A nach C beständig zunehmen. Auch dieses zeigt die Beobachtung. — Unter scheinbarem Durchmesser eines Himmelskörpers versteht man den Winkel, unter welchem uns der Himmelskörper erscheint. Denkt man sich in T einen Beobachter, und von T zwei Tangenten nach beiden Seiten der Kugel in D gezogen; so heißt der Winkel, welchen die beiden Tangenten in T bilden, der scheinbare Durchmesser von D. Da dieser Winkel bei den Planeten nur Secunden beträgt, läßt sich der scheinbare Durchmesser eines Planeten nicht mit einem gewöhnlichen Winkelmesser finden. Man setzt daher in die Röhre eines Fernrohres eine runde Glasscheibe, worauf gleich weit von einander abstehende Parallelstriche gemacht sind. Das einem Gegenstande zugewandte Glas des Fernrohres, Objectiv genannt, entwirft auf eine bestimmte Stelle im Innern des Fernrohres, (diese Stelle heißt Brennpunkt), ein Bild des Gegenstandes, also z. B. der Venus zugewandt ein Bild der Venus. Wo dies Bild hinfällt, setzt man die Glasscheibe mit den Parallelstrichen. Ist die Venus näher, so ist das Bild größer auf der Glasscheibe, faßt also mehrere Parallelstriche; ist dieser Planet weiter, so ist sein scheinbarer Durchmesser kleiner, das Bild der Venus auf der Glasscheibe faßt weniger Striche. Die Glasscheibe heißt Mikrometer (Kleinmesser). Vermittelst des Mikrometers läßt sich die scheinbare Größe oder der scheinbare Durchmesser eines Planeten genau bestimmen. Untersucht man mit dem Mikrometer den scheinbaren Durchmesser der Venus, wenn die Sichel sich mehr ausfüllt, so findet man, daß der scheinbare Durchmesser dieses Planeten abnimmt, je mehr seine Scheibe sich rundet, daß also Venus sich von der Erde entfernt.

Durch diese Beobachtungen hat man gefunden, daß Venus eine Bahn um die Sonne beschreibt.

§. 42.

Aehnliche Erscheinungen zeigt auch Mercur, der innerhalb der Venusbahn um die Sonne herumläuft. — Mercur und Venus, welche der Sonne näher stehen, als die Erde, nennt man die unteren Planeten im Gegensatze der übrigen weiter als die Erde von der Sonne abstehenden Planeten, welche die oberen Planeten genannt werden. — Stellt Figur 15. ABCD sowohl die Bahn des Mercurs als der Venus dar, so sagt man, wenn einer dieser Planeten in C sich befindet: der Planet sei in der untern Conjunction oder Zusammenkunft mit der Sonne und wenn er in A steht: er sei in der obern Conjunction. — Steht überhaupt ein Planet oder der Mond an einerlei Stelle des Thierkreises mit der Sonne, so ist dieser Himmelskörper in der Conjunction mit der Sonne, geht alsdann mit ihr auf und unter. Steht aber ein oberer Planet oder der Mond im Thierkreise 180° von der Sonne, so ist er in der Opposition oder im Gegenschein mit der Sonne. In der Opposition geht der Himmelskörper auf, wenn die Sonne untergeht, steht gerade Mitternacht im Meridian, und geht unter, wenn die Sonne aufgeht.

Beobachtet man auf gleiche Weise die oberen Planeten auf ihrem Laufe, bis sie wieder zu denselben Fixsternen gelangen, in deren Nähe man sie früher bemerkte, (ein Zeichen, daß sie ihre Bahn vollendeten); so erkennt man, daß ebenfalls diese oberen Planeten in genau bestimmten Zeiten Bahnen um die Sonne beschreiben. Die Ebenen der Planetenbahnen gehen durch die Sonne, welche also als der Mittelpunkt aller dieser Bahnen zu betrachten ist. Steht nun die Erde an einer Stelle des Weltenraumes fest, so muß die Sonne im Jahre die Erde umlaufen, und zugleich die Planeten mit sich um die Erde führen. Diese Bewegung der Sonne und Planeten wird jedoch sehr unwahrscheinlich, wenn wir die Entfernungen der Planeten von der Sonne mit einander vergleichen. Die Entfernungen bilden annährend eine Progression, worin die Erde als Glied die oberen mit den unteren Planeten verbindet.

Theilt man den Abstand des Saturn von der Sonne in 100 Theile, so kommen auf die Entfernung von

Mercur . . .	4 Theile.
Venus . . .	$4 + 3 = 7$.
Erde	$4 + 6 = 10$.
Mars	$4 + 12 = 16$.
*	*
Jupiter . . .	$4 + 48 = 52$.
Saturn . . .	$4 + 96 = 100$.

Die Zahlen 3, 6, 12 u. s. w. bilden eine geometrische Progression, worin man durch Multiplication eines Gliedes durch 2 das folgende Glied erhält. Obwohl die Progression nur annähernd richtig ist, schlossen doch große Astronomen: es fehle zwischen Mars und Jupiter ein Glied. Die Entdeckung der 4 kleinen Planeten füllte diese Lücke aus: indem ihr Abstand $4 + 24$ gefunden ist. Auch der äußerste Planet Uranus tritt als Glied in die Progression ein: sein Abstand beträgt $4 + 192 = 196$.

§. 43.

Die Erde bildet also in der Reihenfolge der Planeten ein nothwendiges Glied, empfängt wie die übrigen Planeten von der Sonne Licht und Wärme, hat gleich diesen eine Achsendrehung, ist an den Polen abgeplattet wie andere Planeten, wird von der Sonne um mehr als eine Millionmal an Größe übertreffen; läßt sich denn wohl vernünftiger Weise annehmen: die Sonne solle im Jahre in einem Schraubengange um die Erde laufen und die Planeten als

Begleiter mit sich führen? Ist es den einfachen Natur-Gesetzen nicht angemessener, daß auch die Erde wie die übrigen Planeten die Sonne umkreise?

§. 44.

Mehr als die Reihenfolge der Planeten sprechen für die Bewegung der Erde um die Sonne die Keplerschen Gesetze. (§. 71.) Kepler machte die höchst wichtige Entdeckung, daß zwischen den Entfernungen jeder zwei Planeten von der Sonne und den Zeiten ihres Umlaufes um dieselbe ein solches Verhältniß statt finde, daß, wenn drei von diesen Stücken bekannt sind, man das vierte Stück finden könne. Kennt man z. B. die Entfernungen des Mars und Jupiters, die Umlaufszeit des Mars, so findet man daraus die Umlaufszeit des Jupiters. Nun kann man aber statt der Entfernung und Umlaufszeit des Mars die Entfernung der Erde und die Länge eines Jahres setzen, und man findet auf gleiche Weise die Umlaufszeit des Jupiters. — Die Keplersche Regel erstreckt sich mithin über die Erde und jeden andern Planeten. Wie läßt sich nun annehmen, daß die Erde wiederum von allen übrigen Planeten so abweichen solle, daß sie von denselben umkreiset werde?

§. 45.

Es wurde früher bemerkt, daß die Bewegung der Planeten höchst regellos erscheine, weswegen sie den Namen Planeten, d. i. Irrsterne bekommen hätten. — Durch die Annahme der jährlichen Bewegung der Sonne verschwindet alles Regellose im Laufe dieser Himmelskörper; vielmehr löset sich die anscheinende Disharmonie in die schönste Harmonie auf. — Bevor sich dies zeigen läßt, müssen einige Ausdrücke erläutert werden.

Die Sonne bewegt sich in der Ekliptik von Westen nach Osten; daher zählt man auch die zwölf himmlischen

Zeichen von Westen nach Osten, und die Ordnung der Zeichen ist in genannter Richtung.

Bewegt sich ein Planet nach der Ordnung der Zeichen, oder von Westen nach Osten, so ist der Planet rechtläufig. Ist aber der Lauf der Planeten von Osten nach Westen gegen die Ordnung der Zeichen, so ist der Planet rückläufig.

Figur 16. sei S die Sonne, abcde Bahn der Erde, ILN Bahn eines oberen Planeten, z. B. des Jupiters. Dieser vollendet in etwa 12 Jahren seinen Umlauf um die Sonne. Theilt man die Erdbahn von 60 zu 60 Grad ein, so durchläuft Jupiter in der Zeit, daß die Erde einen Bogen von 60° zurücklegt, einen Bogen von $^{60}/_{12}° = 5°$. Nun sei die Bahn des Jupiters so eingetheilt, daß von I bis 1, und von 1 bis 2, u. s. w. jede Abtheilung 5° fasse.

Es sei die Erde in T und Jupiter in I, in seiner Opposition mit der Sonne; so übertragen wir diesen Planeten nach i auf die Himmelskugel, wo wir uns seinen Stand gegen einen nahen Fixstern merken müssen. Nach 2 Monaten ist die Erde nach a, Jupiter nach 1 gekommen; wir sehen Jupiter auf der Himmelskugel bei I. Sein Lauf ging also nicht, da von I nach VI die Richtung von Westen nach Osten geht, von Westen nach Osten, sondern umgekehrt: Jupiter war also rückläufig. Nach abermals 2 Monaten ist die Erde in b, Jupiter in 2, und erscheint bei II; woraus folgt, daß er in diesen 2 Monaten rechtläufig war. Ist die Erde nach C, Jupiter nach 3 gekommen, sehen wir ihn auf den Himmelskugel in III: er blieb also rechtläufig. Während der Bewegung der Erde von c nach d kommt Jupiter in Conjunction mit der Sonne, in deren Strahlen er sich verliert, mithin eine Zeitlang unsichtbar ist. Wird Jupiter, indeß die Erde von c nach d gerückt ist, wieder sichtbar, so erkennt man an seiner Stellung gegen die Fixsterne, daß er während der Conjunction fortfuhr, rechtläufig zu sein. Dies ist auch noch der Fall, während die Erde nach e geht. In der Zeit, in welcher die Erde ihren Lauf von e nach T fortsetzt, werden die nach dem Jupiter gezogenen Gesichtslinien parallel; daher dieser Planet seine Stellung gegen die Fixsterne nicht ändert, mithin am Himmel auf seinem Laufe still zu stehen scheint. — So kann man die ganze Bahn des Jupiters verfolgen, und im voraus berechnen, wann Jupiter rechtläufig, stillstehend, rückläufig ist, und der Erfolg beweiset die Richtigkeit der Rechnung. Wäre dies möglich, wenn die Grundlage der Rechnung, nämlich die Annahme des Umlaufes der Erde um die Sonne unrichtig wäre?

§. 46.

Noch könnte man fragen, ob sich nicht Spuren auf der Erde vorfinden, welche die jährliche Bewegung derselben strenge beweisen, wie wir Beweise für die Achsendrehung der Erde auffanden. Einen strengen Beweis für die Bewegung der Erde um die Sonne fand der englische Astronom Bradlei in der von ihm entdeckten Abirrung des Lichtes. Diese Entdeckung war Folge der von dem dänischen Astronomen Römer entdeckten Fortpflanzung des Lichtes. — Wir müssen hier erinnern, daß Jupiter von 4, in verschiedener Entfernung von ihm abstehenden Monden oder Trabanten umkreiset werde.

Figur 17. sei S die Sonne, TtMQ die Erdbahn, I Jupiter, AB ein Theil seiner Bahn, aLcb die Bahn des nächsten Trabanten. Jupiter wirft als dunkler Körper einen Schatten, durch welchen der Trabant bei jedem Umlauf geht, und somit verfinstert wird. Römer beobachtete sehr fleißig vom Jahre 1671 bis 1675 diese Verfinsterungen. Ist die Erde in T und ein Beobachter bemerkt den Austritt des Trabanten aus dem Schatten des Jupiters in f; so wird er finden, daß nach Verlauf von 42 1/2 Stunden der Trabant wieder aus dem Schatten trete. Demgemäß müßte der Beobachter in 30 mal 42 1/2 Stunden den Austritt aus dem Schatten auch 30 mal wahrnehmen. Römer entdeckte aber, daß dem nicht so sei, sondern daß die Austritte sich verspäteten. Den Grund dieser Verspätung setzte Römer darin, daß, indem die Erde sich von T nach t bewegt, und sich vom Jupiter entfernt, das Licht mehr Zeit gebrauche, um den größeren Raum vom Trabanten zur Erde zu durchlaufen. Dies stimmte sehr gut mit den Beobachtungen: indem die Austritte sich stets verspäteten, so lange sich die Erde M nähert. In M ist sie vom Jupiter am weitesten, nämlich um 41 Millionen Meilen weiter als in T entfernt, und die Verspätung des Austrittes ist am größten. Von nun, indem die Erde sich dem Jupiter wieder nähert, erfolgen auch die Austritte aus dem Schatten stets in kürzerer Zeit auf einander, und ist die Erde wieder in T, so erfolgt der Austritt eben so, wie früher bemerkt wurde, nach einem Zwischenraum von 42 1/2 Stunden. Dann verspäten sich die Austritte wiederum eben so wie die frühern Beobachtungen zeigten. Römer fand, daß der Austritt bei der größten Entfernung vom Jupiter um 16 Minuten 15 Secunden später erfolgte, als wenn die Erde diesem Planeten am nächsten war; daraus folgerte gedachter Astronom, daß das Licht, um den Durchmesser der Erdbahn, eine Linie von 41 Millionen Meilen, zu durchlaufen 16 Minuten 15 Secunden, also den Halbmesser der Erdbahn zu durchlaufen, oder von der Sonne bis zur Erde zu kommen, 8 Minuten 7 1/2 Secunden bedürfe. Nehmen wir an, das Licht des Trabanten habe gleiche Geschwindigkeit mit dem Lichte der Sonne, so folgt, daß das Sonnenlicht in 8 Minuten 7 1/2 Secunden von der Sonne zur Erde komme. Hieraus folgt ferner, daß das Licht in einer Secunde Zeit einen Raum von mehr als 40,000 Meilen durchlaufe. Die Geschwindigkeit des Lichtes ist demnach die größte, welche wir kennen. *)

§. 47.

Die von Römer gemachte Entdeckung veranlaßte die Entdeckung von Bradlei, wodurch die Bewegung der Erde außer Zweifel gesetzt wird. Es ist bereits angegeben, daß die größte Entfernung zweier Orte auf der Erde, verglichen mit der Entfernung der Fixsterne, völlig verschwinde. Läuft aber, Figur 37. die Erde um die Sonne s und befindet sich am 1. Januar in a, am 1. Juli in b; so ist sie am letzten Tage um ab, um 41 Millionen Meilen von a, wo sie im Anfang des Jahres stand, entfernt. — Ist nun c ein Fixstern, so sollte man doch meinen, je nachdem man c von a oder b betrachtete, müßte er doch am Himmel etwas seine Stelle verrücken, dem Pole sich nähern, und sich wieder entfernen. Wäre dies nicht der Fall, so müßte die 41 Millionen Meilen lange Linie ab noch gegen die Entfernung ac als ein Punkt zu betrachten sein. Dies schien aber vielen Astronomen so unglaublich, daß sie gerade von der Unbeweglichkeit der Fixsterne einen Einwurf gegen die Bewegung der Erde hernahmen. Um nun zu untersuchen, ob die Fixsterne sich nicht ein wenig im Jahre dem Pole näherten und sich wieder von demselben entfernten, unternahm Bradlei im Jahre 1725 eine Reihe von sorgfältigen Beobachtungen, mit einem Winkelmesser von 24 Fuß Radius, an einem Stern, der durch das Zenith des Beobachtungsortes ging. Durch mehrere Jahre mit der größten Sorgfalt fortgesetzte Beobachtungen, fand Bradlei, daß der Stern während 6 Monate dem Zenithe sich

*) Der leichteren Uebersicht willen wurde hier angenommen, daß Jupiter still stehe.

näherte, und während der folgenden 6 Monate sich vom Zenith entfernte, daß der Stern einen Kreis von 40″ Durchmesser beschrieb, daß sich die Bewegung des Sternes genau nach den Jahrzeiten richtete, so daß in jedem Jahre der Stern zu derselben Zeit auch dieselbe Stelle am Himmel wieder einnahm. — Unzählige, seit Bradlei angestellte Beobachtungen haben die von diesem Astronomen gemachte Entdeckung bestätiget, und überhaupt gelehrt, daß jeder Stern genau in der Zeit eines Jahres einen Kreis oder vielmehr eine krumme in sich selbst zurücklaufende Linie beschreibt, deren größter Durchmesser 40″ beträgt. Je schiefer die Lage des Sternes gegen die Ebene der Erdbahn ist, desto mehr weicht die krumme Linie von einem Kreise ab, genau wie es die Gesetze der Perspective angeben.

Diese Bewegung kann nur scheinbar sein: denn sie ist allen Sternen gemein, und doch wieder bei jedem Sterne gemäß seiner Lage gegen die Erdbahn verschieden. Sie richtet sich genau nach der Jahrzeit; daher setzt sie eine jährliche Bewegung des Auges, mithin der Erde voraus. — Bradlei erkannte, daß diese Bewegung der Fixsterne gerade das Gegentheil von dem war, was er zu finden vermuthet hatte. Bei weiterm Nachdenken fiel ihm ein, daß auch die Erde beim Umlaufe um die Sonne in 16 Minuten Zeit einen Bogen von 40″ beschreibe, und das Licht in 16 Minuten Zeit den Durchmesser der Erdbahn durchlaufe: Bradlei erklärte nun die entdeckte Bewegung der Fixsterne aus der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne und der Fortpflanzung des Lichtes auf eine so vollkommen befriedigende Weise, daß alle Astronomen seine Erklärung als durchaus richtig annahmen. Bradlei nannte diese scheinbare Bewegung der Fixsterne Abirrung des Lichtes (aberratio lucis). Diese Erscheinung liefert also einen directen Beweis für die jährliche Bewegung der Erde.

§. 48.

Die Erde hat also eine doppelte Bewegung (wie eine auf dem Boden fortrollende Kugel): 1) die tägliche um die Achse, 2) die jährliche um die Sonne. Die Sonne steht still und was wir vorher Sonnenbahn nannten, ist die Bahn der Erde. Der Mittelpunkt der Erde beschreibt um den Mittelpunkt der Sonne eine Kreisbahn, welche mit der Ebene des Aequators einen Winkel von 23° 28′ (Schiefe der Ekliptik) bildet. Daraus folgt denn auch, daß die Erdachse, welche auf dem Aequator senkrecht steht, mit der Erdbahn einen Winkel von 90°—23° 28′ = 66° 32′ bilden müsse.

Es sein Figur 18. S Mittelpunkt der Sonne, T. I. und T. II. die Erde, deren Mittelpunkte c und c; AB die Ebene der Ekliptik, NS die Erdachse, und der Winkel Ncd = 66° 32′, und der Winkel Nca = 23° 28′ = der Schiefe der Ekliptik. Durch die schiefe Richtung von NS gegen AB wird der nothwendige Wechsel der Jahrzeiten hervorgebracht. Wäre ab die Erdachse, so ginge die Schattengrenze durch a und b, welche die Pole wären, und wir hätten beständig Tag und Nacht gleich.

Die Erde bewegt sich nun um die Sonne S, so daß ihre Achse NS stets parallel zu sich selbst bleibt, oder unverändert auf den Himmelspol gerichtet ist; dabei vollendet sie jedesmal in 24 Stunden eine Umwälzung um ihre Achse.

Es sei T. I. die Stellung der Erde, wenn wir (auf der nördlichen Halbkugel) den längsten Tag haben, oder die Stellung der Erde am 21. Juni. Die Sonnenstrahlen fallen senkrecht auf d, welcher Punkt um df oder 23° 28′ vom Aequator ef entfernt ist. (Die Abweichung der Sonne beträgt den 21. Juni 23° 28′). Da die Hälfte der Erde stets von der Sonne erleuchtet ist, ist der Bogen da = 90°; eben so ist der Bogen zwischen Aequator und Pol nämlich Nf = 90°, also da = Nf, und daher auch df = Na. Die Sonne scheint also am längsten Tage 23° 28′ über den Pol hinaus. Indem die Erde in 24 Stunden sich um die Achse drehet, kommen alle Punkte des durch d zum Aequator parallel gelegten Kreises in die Lage von d in Hinsicht auf die Sonne, oder den Bewohnern dieses Parallelkreises geht die Sonne am 21. Juni durch das Zenith. Der Parallelkreis dg heißt der nördliche Wendekreis, und weil am 21. Juni die Sonne in das Zeichen des Krebses tritt, heißt der mit dg concentrische Kreis am Himmel Wendekreis des Steinbockes. — Der Parallelkreis ai heißt der nördliche Polarkreis. Auf dem Theile der Erde zwischen diesem Polarkreise und dem Pole geht die Sonne am längsten Tage nicht unter, oder daselbst ist keine Nacht. — Je näher die Parallelkreise auf der nördlichen Halbkugel dem Polarkreise kommen, ein desto größerer Theil dieser Kreise fällt in die Tagseite der Erde, oder desto länger ist der Tag, also desto kürzer die Nacht. Der Aequator ef fällt zur Hälfte in die Tagseite der Erde; es ist also auf dem Aequator Tag und Nacht gleich. Die südliche Erdhälfte hat dagegen am 21. Juni ihren kürzesten Tag, wie der Anblick der Figur schon hinlänglich ausweiset. Von b bis zum Südpol S ist alles in Nacht begraben. Der Bogen bS ist gleich aN, also bS $=$ 23° 28′. Der Parallelkreis bk heißt der südliche Polarkreis.

Jetzt ist auch leicht einzusehen, wenn zwei Orte, zwischen dem Aequator und den beiden Polarkreisen auf den beiden Erdhälften gelegen, gleiche Breite haben, daß der Tag des Ortes auf der nördlichen, mit der Nacht des Ortes auf der südlichen Halbkugel 24 Stunden Länge habe. Ist der längste Tag z. B. von Münster am 21. Juni 16 1/2 Stunden, so hat ein Ort auf der südlichen Halbkugel unter gleicher Breite eine Tageslänge von 7 1/2 Stunden.

Die Sommerwärme läßt sich auch leicht erklären. Es habe t eine Breite von 50°; dann geht der Parallelkreis tp durch die Mitte von Deutschland. mn sei eine durch t gelegte Horizontallinie; dann bildet der Sonnenstrahl

Rt, welcher zu AB parallel ist, mit mn den Winkel Rtn = 63½°. Der Strahl hat im Laufe des Jahres seine größte Annährung zur lothrechten Linie erhalten, wodurch seine Wirkung so verstärkt ist. Dabei verweilet die Sonne zugleich am längsten über dem Horizont.

T. II. bezeichnet die Stellung der Sonne am 21. December, oder am kürzesten Tage. Was vorher von der nördlichen Halbkugel gesagt wurde, gilt jetzt von der südlichen Hälfte. Die Sonne steht senkrecht auf w 23° 28′ vom Aequator. Der Parallelkreis wh ist der südliche Wendekreis, und der diesem concentrische Wendekreis am Himmel heißt Wendekreis des Steinbockes. Denen, die auf dem Wendekreise wh wohnen, steht im Mittage die Sonne im Zenith. Die Tagesgrenze erstreckt sich über den Pol bis b, welches 23° 28′ vom Pol entfernt ist. Zwischen dem südlichen Polarkreis und dem Südpol geht am 21. December die Sonne nicht unter, so wie zwischen dem Nordpol und den nördlichen Polarkreis die Sonne nicht aufgeht.

Ist t wieder ein Ort im mittleren Deutschland von 50° Breite, so bildet der Sonnenstrahl Rt mit der Horizontallinie mn den Winkel Rtn = 16½°. Die Sonnenstrahlen fallen also zu schief auf, als daß sie eine bedeutende Wirkung hervorbringen können. Dazu kommt, daß die Sonne, weil t den kürzesten Tag hat, nicht lange über dem Horizont verweilet.

Denkt man sich die Erde gerade vor oder hinter S, so geht die Grenze von Tag und Nacht durch beide Pole: wir haben Tag und Nacht gleich, und Anfang des Frühlings oder des Herbstes. — Ueberhaupt läßt sich die Stellung der Erde gegen die Sonne während des ganzen Jahres leicht begreifen, wenn man eine kleine Erdkugel um ein Licht so herumbewegt, daß die Achse der Erde mit der Kreisebene, welche der Mittelpunkt der Kugel beschreibt, einen Winkel von 66° 32′ macht.

§. 49.

So ist es durch die Untersuchungen über den Lauf der Sonne ausgemacht, daß diese stille stehe, und von der Erde und den übrigen Planeten umkreiset werde. Hiedurch sind alle scheinbaren Regellosigkeiten im Laufe dieser Weltkörper verschwunden. Durch die anscheinende Kleinigkeit, daß der Schöpfer die Erdachse unter einem schiefen Winkel von beiläufig $66\frac{1}{2}°$ auf die Ebene der Erdbahn setzte, wird der so nothwendige Wechsel der Jahrzeiten hervorgebracht.

Es hat also diese Untersuchung wieder einen Beweis geliefert, daß in der Natur höchst einfache Gesetze walten.

Sechster Abschnitt.

Welt-Systeme.

§. 50.

Babylonier und Aegypter hatten schon viele Jahrhunderte hindurch die Bewegungen der Himmelskörper beobachtet, hatten die Länge des Jahres, die Abtheilungen in Jahrzeiten aus ihren Beobachtungen abgeleitet, auch waren von ihnen die beobachteten Sonnen- und Mondfinsternisse aufgezeichnet. Um die Bewegungen der Himmelskörper besser zu übersehen, hatten sie sich mehrere Kreise an der Himmelskugel ausgedacht. Jedoch zu untersuchen, ob die Erscheinungen am Himmel wirklich so vorgingen, wie sie dieselben bemerkten, oder ob manche Bewegung bloß scheinbar wäre: dies fiel ihnen nicht ein. Es bildete sich bei den Orientalen bloß der Theil der Astronomie aus, welcher von den in die Augen fallenden Erscheinungen an der Himmelskugel [Sphäre *)] handelt, und welcher Theil die sphärische Astronomie genannt wird.

Geistreiche Griechen holten sich aus dem Orient astronomische Kenntnisse, welche sie durch eigene Beobachtungen erweiterten. Die Griechen fühlten zuerst das Bedürfniß, Einheit in die Erscheinungen zu bringen, die Zusammenordnung unserer Erde mit den übrigen Weltkörpern oder

*) σφαῖρα, sphæra, Kugel.

die Einrichtung des Weltgebäudes aufzufinden, um die Bewegung der Himmelskörper im Zusammenhange zu erklären. — So bildete sich bei den Griechen zuerst der Theil der Astronomie aus, welcher die wahren Bewegungen der Himmelskörper, und die Gesetze, wornach diese Bewegungen vorgehen, untersucht. Dieser Theil der Astronomie wird die theoretische oder theorische Astronomie genannt: weil sie ihre Lehren aus der Theorie *) oder dem Nachsinnen über die Erscheinungen hernimmt.

§. 51.

Die Lehre von der Einrichtung des Weltgebäudes heißt Weltordnung, Weltsystem; und da hauptsächlich die Art, wie die Erde mit der Sonne und den übrigen Planeten in Verbindung stehe, hier berücksichtiget wird, heißt obige Lehre auch Sonnen- und Planetensystem.

Die Einrichtung des Weltgebäudes läßt sich nicht durch bloße Beobachtungen kennen lernen: da die Beobachtungen uns nur einzelne Erscheinungen nicht aber deren Zusammenhang zeigen. Einzig und allein kann man durch Nachsinnen den Zusammenhang der Erscheinungen auffinden. — Offenbar muß die Weltordnung als die richtige angenommen werden, wornach sich sämmtliche Bewegungen der Himmelskörper auf eine ganz einfache Weise erklären lassen.

Drei Weltsysteme, von berühmten Astronomen zu verschiedenen Zeiten ausgedacht, haben den größten Ruf erlangt: nämlich das Ptolomäische, das Copernicanische und das Tychonische Weltsystem.

---

*) θεωρία, theoria, das Untersuchen, die Wissenschaft, Theorie.

§. 52.

Das erste Weltsystem wurde aufgestellt von dem Geographen und Astronomen Ptolomäus, welcher im zweiten Jahrhundert nach Chr. G. in Alexandria lebte. Ptolomäus nimmt in Uebereinstimmung mit dem Zeugnisse unserer Sinne an: die Erde ruhe in der Mitte des Weltalls; dieselbe umkreiseten in verschiedenen Entfernungen Mond, Sonne, Planeten und Fixsterne. Genannter Astronom bemüht sich in seinem astronomischen Werke, Almagest *) genannt, die Bewegungen der Himmelskörper seinem Systeme gemäß zu erklären. Wirklich stand bis zum sechzehnten Jahrhundert die Ptolomäische Weltordnung unangefochten und bewundert da. Hierzu trug hauptsächlich bei die übertriebene Verehrung des Aristoteles (geb. 384 vor Christus gest. 322), welcher sich ebenfalls für die Unbeweglichkeit der Erde erklärt, und die entgegengesetzte Lehre der Pythagoräer (Schüler des Pythagoras) als widersinnig verworfen hatte. Von den Pythagoräern sagt Aristoteles: «Die Philosophen in Italien, welche Pythagoräer genannt werden, behaupten, daß im Mittelpunkte sich das Feuer (die Sonne) befinde, die Erde aber einer der Sterne sei, und im Kreise um diesen Mittelpunkt laufe.» Es ist in der That merkwürdig, daß noch 2000 Jahre verfließen mußten, ehe das System der Pythagoräer als das wahre anerkannt wurde.

---

*) Ptolomäus nannte dies Werk μεγάλη σύνταξις, megalæ syntaxis, die große Zusammensetzung. Gegen das Jahr 827 ließ der in Bagdad regierende Kalife Almamom eine arabische Uebersetzung dieses Werkes unter dem Titel Almagest (das sehr Große) verfertigen. Diesen Titel hat das Werk nachher behalten.

§. 53.

Die in den beiden letzten Abschnitten mitgetheilten Untersuchungen haben bereits die Falschheit der Ptolomäischen Weltordnung gezeigt, und uns eine andere Weltordnung kennen gelehrt, wornach die Erscheinungen an der Himmelskugel sich so höchst ungezwungen erklären lassen, daß jeder Unbefangene diesem Weltsysteme seiner großen Einfachheit wegen huldigen müßte, wenn auch nicht so viele neuere Entdeckungen jeden Zweifel dagegen niederschlügen. Der Urheber dieser aufgestellten Weltordnung war Copernicus, geb. in Thorn 1472, gest. in Frauenburg 1543. Dieser mit hohen Geistesgaben geschmückte Mann entwickelt in seinem unsterblichen Werke: De revolutionibus orbium cœlestium, woran er 36 Jahre arbeitete, die gegenwärtig von allen Astronomen als einzig richtig angenommene Weltordnung. Genanntes Werk wurde 1543 in Nürnberg gedruckt; allein kurz vor dem Erscheinen desselben endigte ein Blutsturz das Leben des berühmten Verfassers. In der Zueignung dieses Werkes an den gelehrten Pabst Paul III. setzt Copernicus die Gründe auseinander, die ihn vermogt hatten, die gewöhnliche Meinung: die im Mittelpunkte ruhende Erde werde von den Himmelskörpern umkreiset, zu verlassen und sein System dagegen auszusinnen. Einige Stellen aus dieser ungemein schönen Zueignung mögen hier Platz finden.

«Ich muß Ew. Heiligkeit gestehen», sagt Copernicus, «daß mich nichts anders bewogen hat, die Bewegungen der Weltkörper auf eine ganz verschiedene Weise zu erklären, als weil ich sah, daß die Mathematiker selbst hierüber nicht einig sind. Zuerst sind sie über die Bewegung der Sonne und des Mondes so ungewiß, daß sie die Länge des Jahres weder angeben noch beobachten können. Dann weichen sie zweitens rücksichtlich der Kreise ab, in denen sich die Planeten bewegen sollen. — Allein die Hauptsache, nämlich eine bestimmte Einrichtung der Welt, daß dieselbe ein Ganzes ausmache, in dem die Theile symmetrisch geordnet sein, konnten sie nicht finden. Daher kam es, daß ihre Systeme aussahen, wie ein Bildniß, wozu man von verschiedenen Personen Hände, Füße, Kopf und andere Glieder nahm. Waren nun gleich die einzelnen Theile gut gemalet, so glich doch das Ganze mehr einem Ungeheuer als einem Menschen.»

«Dieser Ungewißheit der mathematischen Sagen wurde ich überdrüßig als ich sie lange studirte; und ich erkannte, daß die Weltweisen, die so manches erforscht haben, noch so wenig von der großen Weltmaschine wissen, die vom größten und weisesten Baumeister erbaut ist.... Nachdem ich nun lange die Bewegungen der Erde, welche ich in diesem Buche erkläre, mit der Erfahrung verglich, fand ich, daß sie nicht bloß die Bewegungen der Planeten leicht erklären, sondern daß auch ein solcher Zusammenhang hineinkommt, daß sich nichts von seiner Stelle verrücken läßt, ohne daß das Ganze zerstört werde.... Sollte es Leute geben, die sich unterfangen, von der Mathematik zu urtheilen, wovon sie nichts verstehen, und mein System wegen einer verdrehten Bibelstelle anzugreifen und zu verfolgen, so verachte ich ihr eitles Urtheil.... Mathematische Schriften werden für Mathematiker geschrieben.»

Im zehnten Kapitel des ersten Buches gibt Copernicus die Ordnung der Planeten hinsichtlich ihres Abstandes von der Sonne und die Zeiten ihres Umlaufes um dieselbe an, und erläutert die Planetenbahnen durch eine Zeichnung. Dann sagt er: «In der Mitte des Ganzen thronet die Sonne. Denn wer wollte in diesem schönsten Tempel jene Leuchte an einem bessern Orte aufhängen, als da, von wo aus sie das Ganze zugleich erleuchten könnte? — So beherrscht denn die Sonne von ihrem königlichen Throne die umkreisende Sternfamilie. — Durch diese Anordnung habe ich eine bewunderungswürdige Symmetrie der Welt gefunden, und eine auf Gewißheit gegründete harmonische Verbindung der Planetenbahnen und deren

Größe, wie man sie auf keine andere Weise finden kann.»

Copernicus vermogte jedoch für seine Weltordnung bloß Gründe anzuführen, welche derselben einen sehr hohen Grad von Wahrscheinlichkeit geben; einen strengen Beweis kannte er selbst noch nicht. Daher fand auch dieses System bei vielen Mathematikern heftigen Widerspruch. Das hohe Ansehen des Aristoteles, verjährte Vorurtheile, mißverstandene Bibelstellen setzten der neuen Lehre einen Damm entgegen, welchen nur die spätern Entdeckungen völlig zu zertrümmern im Stande waren. Diese spätern Entdeckungen sind: Die Zunahme der Schwere vom Aequator nach den Polen; die Abplattung der Erde; die östliche Abweichung der von bedeutenden Höhen fallenden Körper; die Abirrung des Lichtes; die 3 Keplerschen Gesetze.

Newton ging noch weiter, indem er zeigte, daß die Bewegungen der Körper unseres Sonnensystems Wirkung einer Kraft sein, vermöge welcher sich diese Weltkörper gegenseitig anzögen. Newton entdeckte also die geheime Feder in der großen Uhr unseres Sonnensystems, und ward somit der Schöpfer der physischen Astronomie, d. h. des Theils der Astronomie, welcher den physischen (natürlichen) Grund der Bewegungen der Körper unseres Sonnensystems erforscht, und aus der gegenseitigen Anziehung dieser Körper die Bewegungen erklärt. — So wurden unter den Händen von Newton die Bewegungen der Himmelskörper ein einziges großes Problem, dessen Lösung seinen Namen unsterblich gemacht hat. Die physische Astronomie war den geistreichen Griechen nicht bloß unbekannt, sondern sie ahneten nicht einmal die Möglichkeit dieser Wissenschaft.

Tafel IV. gibt uns eine Vorstellung des Copernicanischen Systems; hierbei sind jedoch die später entdeckten Planeten aufgenommen.

§. 54.

Nach Copernicus trat Tycho de Brahe (geb. 1546, gest. 1601), ein berühmter Astronom, der durch seine vielen und zahlreichen Beobachtungen sich große Verdienste um die Astronomie erworben hat, mit einem neuen Weltsystem auf, gewissermaßen als Vermittler zwischen Ptolomäus und Copernicus. Von jenem nahm Tycho die Unbeweglichkeit der Erde, von diesem den Umlauf der Planeten um die Sonne an. Nach dem Tychonischen Systeme ruhet die Erde in der Mitte des Weltgebäudes; um dieselbe kreiset zunächst der Mond, dann in größerem Abstande die Sonne, welche von den Planeten wieder umkreiset wird. Tycho nahm mithin auf, was nach den bekannten Beobachtungen nicht mehr konnte geläugnet werden: den Umlauf der Planeten um die Sonne. Hierdurch war er im Stande, den Irrgang der Planeten besser wie Ptolomäus zu erklären. Da nun außerdem dies System in vollkommener Harmonie mit den Aussprüchen der h. Schrift, worin mehrmalen von der Bewegung der Sonne die Rede ist, zu stehen schien: so fand es großen Beifall bei vielen ausgezeichneten Astronomen. Doch mußte dieses System untergehen, als so viele Entdeckungen sich zu Gunsten der Copernicanischen Weltordnung vereinigten.

Tycho ist wegen dieses Systemes, weil eines so großen Mannes unwürdig, vielfach getadelt worden. Wirklich sind seine meisten Einwürfe gegen das Copernicanische System sehr unhaltbar. Allein man darf auch nicht vergessen: Tycho starb 1601, also 9 Jahre vor Erfindung der Fernröhre, wo eine neue Epoche der Astronomie beginnt; und die großen Entdeckungen, welche zu Gunsten der Ansicht des Copernicus sprechen, wurden nach dem Tode von Tycho gemacht. Hätte dieser Astronom die später entdeckten Wahrheiten gekannt, so würde er schwerlich mit einem neuen Systeme aufgetreten sein.

Gegenwärtig haben alle Astronomen die Copernicanische Weltordnung als die einzig wahre angenommen.

Siebenter Abschnitt.

Die Zonen der Erde. Mathematisches Klima. Eintheilung der Menschen nach ihrem Schatten. Dämmerung. Dreierlei Sphären.

§. 55.

Wegen der so ungleichen Wärme auf der Erde haben schon die alten Mathematiker die Oberfläche derselben in 5 große Erdgürtel oder Zonen *) getheilt, und diese nach der darin vorherrschenden Wärme oder Kälte benannt. — Es gibt 5 Zonen: eine heiße, zwei gemäßigte, zwei kalte.

Die heiße Zone erstreckt sich an jeder Seite des Aequators bis zu 23° 28′ der geog. Breite, und wird von den beiden Wendekreisen begrenzet. Figur 18. ist der Theil der Erdoberfläche zwischen den Wendekreisen gd und Ah die heiße Zone. — Da im ganzen Jahre die Strahlen der Sonne auf einen Theil dieser Zone lothrecht auffallen, und in den übrigen Theilen die Sonnenstrahlen nicht so bedeutend von der lothrechten Linie abweichen, so folgt, daß in diesem Erdstriche die größte Hitze herrschen müsse. Auch erkennt man leicht, weil mit Ausschluß der Wendekreise die Sonne auf allen Parallelkreisen zweimal im Jahre senkrecht steht, daß in der heißen Zone nicht der Wechsel der Jahrzeiten wie bei uns statt finden könne. Die heiße Zone hat nur 2 Jahrzeiten: die Regen- und die trockne

*) ζώνη, zona, Gürtel am Kleide; — dann auch Erdgürtel.

Zeit. In der nördlichen Hälfte der heißen Zone regnet es vom April bis November, und die trockne Zeit dauert vom November bis April. In der der südlichen Hälfte findet gerade das Gegentheil statt.

Nach der Meinung der Alten war diese Zone wegen der übermäßigen Hitze durchaus unbewohnbar, und es war den an beiden Seiten der heißen Zone wohnenden Menschen aller Verkehr unmöglich. Dagegen ist jetzt allgemein bekannt, daß nicht bloß diese Zone bewohnbar sei, sondern daß selbst wichtige Handelsstädte in derselben liegen. Mehrere Ursachen tragen dazu bei, die große Hitze zu mildern:

1. Die Tage und Nächte sind auf dem Aequator beständig gleich lang, und an den Wendekreisen beträgt der Unterschied des längsten Tages und der kürzesten Nacht nur 1 1/2 Stunde.

2. Es fällt des Nachts ein sehr starker Thau, wodurch eine bedeutende Abkühlung hervorgebracht wird.

3. In der heißen Zone gibt es hohe Berge, deren Gipfel beständig mit Schnee bedeckt sind. Hieraus erkennt man, wenn Orte in dieser Zone eine bedeutende Höhe über der Meeresfläche haben, die Hitze nicht groß sein könne. Wirklich ist in der am Aequator liegenden Stadt Quito die Wärme sehr milde; allein Quito liegt fast 3 mal so hoch über der Meeresfläche als der Brocken.

4. In derjenigen Hälfte der heißen Zone, wo jedesmal die größte Hitze herrschen müßte, weil die Sonnenstrahlen völlig oder beinahe lothrecht auffallen, regnet es fast beständig, wodurch die Luft abgekühlt wird.

5. Auch mildern in manchen Gegenden die in der heißen Zone fast beständig wehenden Ostwinde die Hitze.

§. 56.

Der Theil der Erdoberfläche sowohl auf der nördlichen als südlichen Halbkugel, welcher von dem Wende- und Polarkreise begrenzet wird, heißt die gemäßigte Zone, deren es mithin zwei gibt: die nördliche und südliche gemäßigte

Zone. Jede gemäßigte Zone erstreckt sich von 23° 28′ bis 66° 32′ der Breite. Figur 18. ist agdi die nördliche und Akbh die südliche gemäßigte Zone. Die gemäßigten Zonen berühren von der einen Seite die heiße von der andern Seite die kalte Zone. Da die Uebergänge von der Wärme zur Kälte in der Regel nur allmählich sind; so folgt, daß die herrschende Wärme in den verschiedenen Gegenden der gemäßigten Zone sehr verschieden sei, je nachdem die Gegend näher dem Wende- oder dem Polarkreise liegt.

Rücksichtlich der Jahrzeiten sind beide Zonen einander entgegengesetzt. Auf der südlichen gemäßigten Zone ist Winter, wenn wir auf der nördlichen Sommer haben. — Die gemäßigten Zonen erfreuen sich bloß des gehörigen Wechsels der Jahrzeiten. Nur in diesem glücklichen Mittel zwischen der Gluth der heißen und dem erstarrenden Froste der kalten Zone bildet sich der Mensch zu seiner wahren Größe aus; nur in den gemäßigten Zonen blühen Religion, Kunst und Wissenschaft.

§. 57.

Die Erdstriche zwischen den Polarkreisen und den Polen, von 66° 32′ bis 90° der Breite, sind die kalten Zonen, deren es wiederum zwei: die nördliche und südliche gibt. Von den Polarkreisen, auf welchen der längste Tag 24 Stunden dauert, bis zu den Polen wächst die Länge der Tage, so daß an den Polen eine halbjährige Nacht mit einem eben so langen Tage wechselt. Die Strahlen der Sonne fallen zu schief, als daß sie im Sommer, wo Monate lang kein Wechsel von Tag und Nacht statt findet, das Eis schmelzen können; daher das den Pol umgebende Eis sich auf 10 und mehrere Grade der Breite ausdehnt, und alle Versuche der kühnsten Reisenden, bis zum Pole vorzudringen vereitelt hat. — Wie aber im Sommer die Sonne Wochen und Monate lang in den Polarländern nicht untergeht, so wirft sie auch eben so lange während des traurigen Winters keinen erquickenden Strahl auf die erstarrte Gegenden. Die lange traurige Nacht der Polarländer wird gemildert:

1. Durch die lange Dämmerung, wodurch die völlige Nacht am Pole fast um 3 Monate abgekürzet wird.

2. Durch den Schein des Mondes. Bei jedem Umlauf wirft der Mond sein Licht 14½ Tag ununterbrochen auf den Pol.

3. Durch die vielen Nord- und Südlichter.

Die kalten Zonen und die heiße sind zum Glück zusammen genommen kleiner als die beiden gemäßigten. Denkt man sich die Oberfläche der Erde in 1000 gleiche Theile getheilt, so kommen auf die beiden kalten Zonen 82, auf die heiße Zone 398, und auf die beiden gemäßigten Zonen 520 dieser Theile. Die gemäßigten Zonen enthalten mithin 40 Theile mehr als die drei anderen Zonen zusammen.

§. 58.

Um die Meinung der Alten über die Zonen kennen zu lernen, mögen folgende, nach der Uebersetzung von Voß angeführte, Stellen dienen.

1. Virgil. Georg. I. V. 233—239.

Fünf sind Zonen am Himmel gestreift: die eine beständig
Roth im Schimmer der Sonn' und gedörrt von ewigem Feuer.
Rechts am äußersten End' und links ihr ziehen sich kreisend
Zwo, von bläulichem Eis' erstarrt und schwarzem Geträufel.
Zwischen dort und der Mitte beschied mühseligen Menschen
Zwo der Unsterblichen Huld; und ein Pfad durchschlängelt sie beide,
Wo sich schräg die Folge der Himmelszeichen umherdreht.

2. Ovid. Metamorph. I. Fab. I. V. 41—48.

Wie zwo Zonen zur Rechten und zwo zur Linken den Himmel
Quer durchziehen, und dazwischen die heißere fünfte sich ausdehnt:
So begrenzte die innere Last mit der selbigen Anzahl
Sorgsam der Gott; und es ruhen gleichviel Erdgürtel darunter.
Die in der Mitte sich dehnt, ist unbewohnbar vor Hitze;
Zwo deckt thürmender Schnee; zwo ordnet er zwischen den beiden,
Welchen er Mäßigung gab, mit Frost die Flamme vermischend.

§. 59.

Hinsichtlich der Tageslänge unter den verschiedenen Breiten hat man die Erde noch in kleine Erdgürtel getheilt, die man mathematische Klimate nennt. Mathematisches Klima *) nennt man einen von zwei Parallelkreisen des Aequators eingeschlossenen Erdstrich, an dessen Grenzen der Unterschied des längsten Tages $^1/_2$ Stunde, dann auch 1 Monat beträgt. — Auf dem Aequator ist jeder Tag 12, und der längste Tag unter den Polarkreisen 24 Stunden lang; mithin wächst vom Aequator bis zu den Polarkreisen die Dauer des längsten Tages 12 ganze oder 24 halbe Stunden. Zwischen dem Aequator und den Polarkreisen zählt man also auf jeder Hälfte der Erde 24 Klimate. Von den Polarkreisen bis zum Pole wächst die Dauer des längsten Tages von 24 Stunden bis zu 6 Monaten. Man zieht in der kalten Zone, vom Polarkreise angefangen, ein neues Klima, wo der Unterschied des längsten Tages 1 Monat beträgt; daher sind vom Polarkreise bis zu dem Pole 6 Klimate. Die Anzahl der Klimate auf jeder Halbkugel beträgt also 30, deren Grenzen folgende Tafel angibt.

---

*) κλίμα, klima, heißt ursprünglich die Beugung oder Krümmung der Erde, und da diese Krümmung auf die Kälte und Wärme, überhaupt auf die Witterung Einfluß hat: so heißt Kima 1. die herrschende Witterung einer Gegend, 2. Erdstrich.

Tafel der Klimate.

Klima.	Ausdehnung von	bis	Breite.	Dauer des längsten Tages.
1	0° 0′	8° 34′	8° 34′	12 St. 30 M.
2	8 34	16 44	8 10	13
3	16 44	24 12	7 28	13 — 30
4	24 12	30 48	6 36	14
5	30 48	36 31	5 43	14 — 30
6	36 31	41 24	4 53	15
7	41 24	45 32	4 8	15 — 30
8	45 32	49 2	3 30	16
9	49 2	52 0	2 58	16 — 30
10	52 0	54 31	2 31	17
11	54 31	56 38	2 7	17 — 30
12	56 38	58 27	1 49	18
13	58 27	60 0	1 33	18 — 30
14	60 0	61 19	1 19	19
15	61 19	62 26	1 7	19 — 30
16	62 26	63 23	0 57	20
17	63 23	64 11	0 48	20 — 30
18	64 11	64 50	0 39	21
19	64 50	65 22	0 32	21 — 30
20	65 22	65 48	0 26	22
21	65 48	66 8	0 20	22 — 30
22	66 8	66 21	0 13	23
23	66 21	66 29	0 8	23 — 30
24	66 29	66 32	0 3	24
25	66 32	67 23	0 51	1 Monat.
26	67 23	69 50	2 27	2 —
27	69 50	73 39	3 49	3 —
28	73 39	78 31	4 52	4 —
29	78 31	84 5	5 34	5 —
30	84 5	90 0	5 55	6 —

Kennt man die Dauer des längsten Tages an einem Orte, so findet man leicht, in welchem Klima der Ort liegt. Sagt man: der längste Tag in Münster währt 16 Stunden 30 Minuten, so zieht man von diesen 16 Stunden 30 Minuten die Tageslänge auf dem Aequator nämlich 12 Stunden ab, der Rest ist 4 Stunden 30 Minuten, oder 9 halbe Stunden; also liegt Münster auf der Grenze des 9ten Klima.

§. 60.

Unter der erwähnten Tageslänge ist jedoch nur die Zeit zu verstehen, welche die Sonne über dem Horizonte eines Ortes verweilet. Geht die Sonne unter, so verschwindet jedoch die Tageshelle nur allmählig; so wie der Aufgang der Sonne durch die Helligkeit des östlichen Himmels angekündiget wird. Die nach dem Untergange der Sonne noch eine Zeitlang fortdauernde und dem Aufgange vorhergehende Helligkeit nennen wir Dämmerung, die eine wahre Wohlthat für die Menschen ist. — Sinkt die Sonne unter den Horizont, so fallen ihre Strahlen noch auf die über dem westlichen Horizont stehenden Luftschichten; diese werfen einen Theil des empfangenen Sonnenlichtes auf der Erde zurück, und verursachen dadurch die Dämmerung. Auf gleiche Weise entsteht die Morgendämmerung. — Die Dämmerung hört auf, wenn die Sonne Abends 18° unter den Horizont gesunken ist; dann tritt völlige Nacht ein, und die kleinsten Sterne sind sichtbar. Daher kann die Morgendämmerung erst beginnen, wenn die Sonne nicht volle 18° unter dem Horizonte steht. In unsern kurzen Sommernächten sinkt die Sonne nicht 18° unter den Horizont; daher die Dämmerung alsdann die ganze Nacht währt.

Hätte die Luft nicht die Eigenschaft, einen Theil des Sonnenlichtes zurückzuwerfen, so würde, weil sich das Licht von jedem leuchtenden Körper, also auch von der Sonne, in geraden Linien fortpflanzt, bei Tage die dickste Finsterniß neben der größten Helligkeit sein: denn an allen Punkten, welche nicht vom unmittelbaren Sonnenstrahl getroffen würden, müßte Nacht sein. Im Augenblicke, wenn die Sonne aufginge, würde der hellste Tag die schwärzeste Nacht ablösen; so wie beim Untergange der Sonne auf den hellsten Tag plötzlich die dunkelste Nacht folgen würde.

§. 61.

Da die Bewohner in den verschiedenen Zonen gemäß ihrer Stellung gegen die Sonne nach verschiedenen Richtungen ihren Schatten werfen; so hat man Veranlassung genommen, die Erdbewohner nach ihrem Schatten einzutheilen.

Die Bewohner der heißen Zone werfen im Mittage keinen Schatten, wenn ihnen die Sonne im Zenithe steht; sie heißen deßwegen Unschattige. Sie werfen aber, wenn im Mittage ihnen die Sonne nördlich steht, den Schatten nach Süden; und ist ihnen im Mittage die Sonne südlich, so werfen sie den Schatten nach Norden. Aus diesem Grunde nennt man die Bewohner der heißen Zone auch doppelschattige.

Die Bewohner der beiden gemäßigten Zonen werfen im Mittage das Jahr hindurch ihren Schatten nach derselben Gegend: entweder nach Norden oder nach Süden; sie heißen daher Einschattige.

Die Bewohner der kalten Zonen sind Einschattige, so lange ihr Tag nicht 24 Stunden dauert. Ist die Tageslänge aber über 24 Stunden, so läuft in 24 Stunden die Sonne um sie herum, daher auch ihr Schatten. Man nennt sie Umschattige.

§. 62.

Wegen der täglichen Umdrehung des Himmels um seine Achse beschreiben die Sterne Parallelkreise des Aequators.

Diese Kreise können senkrecht auf dem Horizont stehen, parallel zu demselben sein, endlich eine schräge Richtung gegen den Horizont haben; hieraus ist eine Eintheilung für die Erdbewohner hergenommen. Diese haben, wenn die von den Sternen beschriebenen Kreise senkrecht auf ihrem Horizont stehen, die senkrechte oder gerade Kugel (sphæra recta). Die parallele Kugel (sphæra parallela) haben die Erdbewohner, zu deren Horizont die von den Sternen beschriebenen Kreise parallel sind. Alle übrigen Erdbewohner haben die schiefe Kugel (sphæra obliqua).

Man denke sich die Himmelskugel Figur 2. so gestellt, daß dem Beobachter im Mittelpunkte der Kugel der Punkt A des Aequators im Zenithe stände; so lägen die Pole P und S im Horizont HRZ; der Aequator und die Parallelkreise desselben wären senkrecht auf dem Horizont. Der Beobachter sähe, wenn der Glanz der Sonne es nicht hinderte, in 24 Stunden alle Sterne des Himmels. Ein Stern, der 6 Uhr Morgens gerade in Osten aufginge, stiege in einem auf dem Horizont senkrechten Bogen gegen das Zenith des Beobachters, stände 12 Uhr in dessen Zenithe, sänke in einem auf dem Horizonte senkrechten Bogen und ginge 6 Uhr gerade in Westen unter.

Das vom Beobachter Gesagte gilt von den Bewohnern des Aequators. Diesen liegen beide Weltpole im Horizont; sie haben also die gerade Kugel.

§. 63.

Stände die Kugel Figur 2. so, daß der Pol P im Zenithe des Beobachters im Mittelpunkte wäre; so fielen Aequator und Horizont zusammen. Es beschrieben also die Sterne Kreise, welche zum Horizont parallel liefen. Der Beobachter hätte also die parallele Kugel. Da einem Bewohner des irdischen Poles der gleichnamige himmlische Pol im Zenithe steht, so hat der Polbewohner die parallele

Kugel. Alle Vertical-Kreise, welche der Polbewohner sich vom Horizont zu seinem Zenithe gezogen denkt, sind zugleich Meridiane; daher die Eintheilung des Horizontes nach den 4 Weltgegenden für den Polbewohner aufhört. — Erhebt sich Sonne oder Mond über den Horizont des Polbewohners, so verweilen beide Himmelskörper während ihres halben Umlaufes, die Sonne also 6 Monate, der Mond fast 15 Tage über dem Horizont, bleiben jedoch auch eben so lange unter demselben.

§. 64.

Alle die nicht auf dem Aequator oder den Polen leben, haben die schiefe Kugel. Für diese hat die Himmelskugel die Figur 2. angegebene Stellung; bloß mit dem Unterschiede, daß der Pol P dem Horizont näher oder weiter von demselben sein kann. Der Aequator so wie die Parallelkreise sind gegen den Horizont schief geneigt. Geht uns daher auch am Tage der Nachtgleichen die Sonne gerade in Osten auf, so ist ihr Culminations-Punkt doch südlich von unserm Zenithe; ihr Tagebogen bildet also mit unserm Horizont einen schiefen Winkel. Alle, welche die schiefe Kugel haben, sehen den einen Pol; der andere bleibt stets unter dem Horizont. Mit der Annährung zum irdischen Pole wächst die Zahl der Circumpolarsterne; dagegen werden auch desto mehr Sterne auf der andern (nördlichen oder südlichen) Hälfte des Himmels unsichtbar. Von den Bahnen der Sterne, welche zwischen Aequator und dem sichtbaren Pole sind, liegt der größere Theil über dem Horizont; dagegen erhebt sich der kleinere Theil von den Bahnen der Sterne zwischen Aequator und dem unsichtbaren Pole über den Horizont, wie Figur 2. versinnlichet.

Achter Abschnitt.

Nähere Bestimmung der Planeten-Bahnen. Keplersche Gesetze.

§. 65.

Gemäß der Copernicanischen Weltordnung nahmen wir an, daß die Planeten in genau bestimmten Zeiten um die Sonne als den gemeinschaftlichen Mittelpunkt Kreise beschrieben. Daraus sollte man folgern, weil der Abstand eines Planeten von der Sonne sich gleich bliebe, daß auch seine Bewegung gleichförmig wäre, d. h. daß der Planet in gleichen Zeiten gleiche Theile seiner Bahn durchliefe. Hiermit stimmen aber die Beobachtungen keinesweges überein. Setzt man das Jahr zu 365 1/4 Tagen, so müßte die Erde (scheinbar die Sonne) täglich einen Bogen von $\frac{360°}{365\,1/4}$ oder 59′ 8 1/3″ durchlaufen. Die Messungen aber zeigen, daß die Sonne anfangs Januar täglich um einen Bogen von 61′ 10″, und anfangs Juli um einen Bogen von 57′ 13″ voranrückt. Der in einem Tage durchlaufene Bogen ist mithin im Anfange des Jahres um 3′ 57″ oder um beinahe 1/15 größer als in der Mitte des Jahres. Da nun die Sonne eine ungleiche Geschwindigkeit hat, braucht sie längere Zeit, um vom Frühlingspunkte des Aequators zum Herbstpunkte voranzugehen, als umgekehrt vom Herbstpunkte zum Frühlingspunkte: die Sonne verweilet also länger auf der nördlichen als südlichen Halbkugel. Aus dieser ungleichen Geschwindigkeit der Sonne entspringt auch die ungleiche Dauer der Jahrszeiten, (§. 36.) welche schon den Alten bekannt war.

Es dauert nämlich

der Frühling	92	Tage	21	Stunden	36	Minuten.
= Sommer	93	=	13	=	44	=
= Herbst	91	=	16	=	56	=
= Winter	87	=	1	=	33	=
Jahreslänge =	365	=	5	=	49	=

Hieraus folgt, daß Frühling und Sommer 186 Tage 11 Stunden 20 Minuten, Herbst und Winter 178 Tage 18 Stunden 29 Minuten dauern, daß mithin die Sonne 7 Tage 16 Stunden 51 Minuten auf der nördlichen Halbkugel länger als auf der südlichen in jedem Jahre verweilet.

§. 66.

Die ungleiche Geschwindigkeit der Sonne scheint nun die Vermuthung zu begründen, daß entweder die Sonne nicht im Mittelpunkte der Planeten=Bahnen stehe, oder daß diese Bahnen keine eigentliche Kreise sein. — Mißt man den scheinbaren Durchmesser der Sonne vermittelst eines Mikrometers das Jahr hindurch, so findet man denselben anfangs Januar 32′ 35″, 5. Von der Zeit an nimmt der Durchmesser ab, bis er anfangs Juli, wo er am kleinsten ist, 31′ 31″ beträgt. Der Unterschied beläuft sich mithin auf 1′ 4½″ oder beiläufig $1/30$. Bei den entfernten Weltkörpern kann man den jedesmaligen Durchmesser der Entfernung umgekehrt proportional setzen. Ist nämlich der Sonnen=Durchmesser anfangs Januar um $1/30$ größer als anfangs Juli, so ist die Entfernung der Sonne auch anfangs Januar $1/30$ kleiner als anfangs Juli. — Vorher fanden wir, daß auch anfangs Januar die Geschwindigkeit der Sonne $1/15$ größer ist, als anfangs Juli; woraus also folgt, daß die Sonne am schnellsten vorangeht, wenn sie der Erde am nächsten ist, und daß mit der Zunahme der Entfernung die Geschwindigkeit abnimmt, mithin bei der größten Entfernung am kleinsten ist.

Folgende Tafel enthält 1) die Größe des Bogens, welchen die Sonne am ersten Tage jedes Monates beschreibt, und 2) die jedesmalige Entfernung der Sonne von der Erde, wobei die Entfernung am 1. Januar gleich 1. gesetzt ist.

Monat.	Bogen.	Entfernung.	Monat.	Bogen.	Entfernung.
Januar	61′ 10″	1,000	Juli	57′ 13″	1,034
Februar	60 51	1,003	August	57 28	1,032
März	60 5	1,009	September	58 10	1,025
April	59 3	1,017	October	59 7	1,017
Mai	58 6	1,026	November	60 10	1,008
Juni	57 26	1,032	December	60 56	1,003

Diese Tafel zeigt, daß die Sonne nicht im Mittelpunkt der Erdbahn sein könne.

Ist vielleicht diese Bahn kein Kreis?

Um diese Frage zu beantworten, sucht man die Curve, welche die Erde beschreibt, zu zeichnen. Ist dieses gelungen, so gibt die höhere Geometrie die Regeln an, wornach man prüfet, ob diese Curve zu den bekannten krummen Linien gehöre, oder eine noch unbekannte Linie sei. Von der Erdbahn kann man auf folgende Art eine richtige Zeichnung entwerfen.

Es sei Figur 19. mit SB ein Kreis beschrieben. S sei die Sonne, und SB deren Entfernung von der Erde am 1. Januar. Bestimmt man die Größe des im Januar von der Sonne *scheinbar* durchlaufenen Bogens, so erhält man den von der Erde *wirklich* durchlaufenen Bogen; und dieser ist das Maß des Centriwinkels BSC: es ist also BC der im Januar von der Erde durchlaufene Bogen. Macht man ferner SC vermittelst eines feinen Maßstabes um 0,003 größer als SB, so ist die Entfernung der Sonne am 1. Februar nach richtigem Verhältnisse angegeben. Auf gleiche Weise kann man den Stand und die Entfernung der Sonne am 1. März u. s. w. angeben. Es folgt aus dem Gesagten, daß man durch das angegebene Verfahren eine richtige Zeichnung der Erdbahn entwerfen könne. — Untersucht man nach den Regeln der höhern Geometrie diese krumme Linie, so entdeckt man, daß sie die in der höhern Geometrie unter dem Namen Ellipse bekannte Curve ist.

§. 67.

Um das Nähere von der Erdbahn verstehen zu können, muß man sich mit den Eigenschaften der Ellipse *) bekannt machen. Die Ellipse ist eine krumme Linie, in der die Summe der Entfernungen eines jeden Punktes von zweien bestimmten Punkten gleich groß ist. Um eine Ellipse zu zeichnen, nehme man, Figur 20. zwei Punkte F und f an, befestige in F und f die Endpunkte eines Fadens, der länger als der Abstand von F nach f ist, spanne mit einem Stifte den Faden, und bewege den Stift, bis er in seine erste Stelle zurückkommt. — Die Punkte F und f heißen Brennpunkte, die Linien FG, fG Zuglinien oder radii vectores; die Linie AB, worin die Brennpunkte sind, heißt Apsidenlinie oder große Achse; der Mittelpunkt M der großen Achse heißt der Mittelpunkt der Ellipse; der Abstand des Mittelpunktes von einem Brennpunkte heißt die Excentricität. — Vereinigten sich beide Brennpunkte im Mittelpunkte, so ginge die Ellipse in einen Kreis über, von dem sie sich durch die Excentricität unterscheidet. — Eine Senkrechte durch M auf die große Achse gezogen und

*) ἔλλειψις, elleipsis, Mangel. Dieser Name bezieht sich auf eine Gleichung der Ellipse.

bis in die Curve verlängert, heißt kleine Achse. EN ist die kleine Achse. — Aus der Construction der Ellipse folgt:

1. FE + fE = FG + fG = AB.
2. FM = fM.
3. Jede Achse theilt die Ellipse in 2 gleiche Theile.

Ist eine Ellipse mit beiden Achsen gezeichnet, so findet man leicht die Brennpunkte: Man fasset zwischen die Spitzen eines Zirkels die halbe große Achse AM, setzt die eine Spitze des Instruments auf E, und schneidet mit der andern Spitze die große Achse in F und f, so sind F und f die Brennpunkte: denn FE + fE = AB.

§. 68.

Die Erde beschreibt jährlich eine Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht. — Es stehe die Sonne, Figur 20. in F, dann hat die Erde in A ihren kleinsten, in B ihren größten Abstand von der Sonne; oder in A ist die Erde in ihrer Sonnennähe (im Perihelio), in B in ihrer Sonnenferne (im Aphelio). *) — Addirt man zum kleinsten Abstande von der Sonne die Excentricität, oder subtrahirt man diese vom größten Abstande, so erhält man den mittleren **) Abstand. Es ist AF + FM = FB —

---

*) περί, peri, bei, in der Nähe; ἀπό (ἀφ'), apo (aph), von, fern; ἥλιος, hælios, Sonne.

**) Diejenige Zahl, welche zwischen zweien Zahlen in der Mitte steht, heißt die mittlere Zahl oder das arithmetische Mittel, und ist jedesmal gleich der halben Summe der beiden andern Zahlen. Es sei AF = 9. FB = 15, so ist $AM = \frac{9 + 15}{2} = 12$, oder 12 steht in der Mitte von 9 und 15. — Aus mehren Zahlen nimmt man das Mittel, indem man die Summe der Zahlen durch die Anzahl der Zahlen divi-

FM = AM. Weil AM = FE = fE ist, befindet sich die Erde in ihrem mittleren Abstande, wenn sie in den Endpunkten der kleinen Achse steht.

Die Untersuchungen der übrigen Planeten-Bahnen haben gelehrt, daß auch diese Ellipsen sind, deren einen gemeinschaftlichen Brennpunkt die Sonne einnimmt. Auch die Trabanten der Planeten, wozu unser Mond gehört, beschreiben elliptische Bahnen, deren einen Brennpunkt der Haupt-Planet inne hat.

§. 69.

Die Entdeckung, daß die Planeten-Bahnen Ellipsen sein, verdanken wir dem großen deutschen Astronomen Kepler *) (geb. 1571, gest. 1630). Doch nicht auf dem vorhin angegebenen Wege, welchen zu betreten ihm die Mittel fehlten, sondern durch ungemein schwierige Rechnungen, wozu ihm die von Tycho gemachten Beobachtungen der Bahn des Planeten Mars den Stoff lieferten, fand er genannte Wahrheit. Dieser Entdeckung folgte eine

---

dirt. Eine wiederholte Winkelmessung gibt z. B. die Größe des Winkels a) 30° 18′, b) 30° 19′, c) 30° 19′; dann addirt man, weil 30° allemal vorkommt, die Minuten, und dividirt die Summe durch 3. Es ist $\frac{18 + 19 + 19}{3} = 18^2/_3$, also der Winkel = 30° 18′ 40″.

*) Dieser ausgezeichnete Mann hatte oft Mangel an dem Nöthigen; daher verfaßte Kästner auf ihm folgendes Sinngedicht:

So hoch war noch kein Sterblicher gestiegen,
Als Kepler stieg — und starb in Hungersnoth!
Er wußte nur die Geister zu vergnügen,
Drum ließen ihn die Körper ohne Brot.

zweite gleichfalls sehr wichtige Entdeckung. Kepler von dem Gedanken ausgehend: die Natur befolge sehr einfache Gesetze, vermuthete, daß die von einem Planeten durchlaufene Bahn in irgend einem feststehenden Verhältnisse zu der gebrauchten Zeit stehen müsse. Nachdem Kepler vergebens die durchlaufenen Bogen mit der jedesmal gebrauchten Zeit verglichen hatte, kam er auf den Gedanken: die Flächen-Räume der Ausschnitte, deren Bogen der Planet durchläuft, mit einander zu vergleichen; und nun hatte derselbe die große Freude, zu entdecken, daß die Flächenräume, über welche die Zuglinie (radius vector) in gleicher Zeit läuft, gleich sind. FEG, nämlich der von den beiden Zuglinien FE und FG und dem Bogen EG eingeschlossene Raum heißt Ausschnitt oder Sector der Ellipse. Bewegt sich die Erde in n Tagen von G nach E, dann läuft die Zuglinie in dieser Zeit über den Raum FGE. Steht nach abermal n Tagen die Erde in L, so ist der Flächenraum FLE = FEG. — Es wird also der Lauf eines Planeten schneller, wenn er sich der Sonne nähert, und ist in der Sonnennähe am schnellsten. Umgekehrt wird der Lauf eines Planeten langsamer, wenn dieser sich von der Sonne entfernt, und ist in der Sonnenferne am langsamsten.

§. 70.

Nachdem Kepler diese zwei Entdeckungen gemacht hatte, unternahm er eine neue große Arbeit. Die von der Sonne weiter abstehenden Planeten bewegen sich langsamer, als die ihr näher sind. Kepler vermuthete: es müßte irgend ein allgemeines Verhältniß zwischen dem Abstande der Planeten von der Sonne und der zum Durchlaufen der Bahn erforderlichen Zeit statt finden; und in der That gelang es diesem unermüdeten Rechner, das höchst wichtige Verhältniß zwischen dem Abstande der Planeten von der Sonne, und der Zeit, welche diese Weltkörper zum Durchlaufen ihrer Bahn gebrauchen, aufzufinden. Welchen Werth Kepler auf diese Entdeckung legte, mögen die eignen Worte dieses großen Astronomen beurkunden:

«Durch lange Anstrengungen habe ich das Verhältniß der Umlaufszeiten zu den Bahnen (der Planeten) entdeckt. Vielleicht wünscht Jemand die Zeit dieser Entdeckung zu wissen. Am 8. März dieses Jahres 1618 kam ich zuerst auf dieses Verhältniß. Wegen einer fehlerhaften Anwendung, die ich davon auf die Rechnung machte, verwarf ich aber das Verhältniß als falsch. Doch prüfte ich es mit einer neuen Anstrengung den 15. Mai — und der Schleier fiel plötzlich von meinen Augen! — So viele wiederholte Versuche, 17jährige Bearbeitung der Beobachtungen, langes Nachdenken trugen zu dem glücklichen Erfolge bei. Ich glaubte anfangs: ich träumte und setzte fest, worüber die Frage war; allein es ist ganz wahr und ganz genau: die Umlaufszeiten jeder zwei Planeten verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den Cubikzahlen ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne.»

§. 71.

Es sein **t**, **T** die Umlaufszeiten zweier Planeten; **d**, **D** ihre mittleren Enfernungen von der Sonne, so ist

$$t : T = \sqrt{d^3} : \sqrt{D^3}$$

also auch $t^2 : T^2 = d^3 : D^3$.

Daher drückt man diesen Keplerschen Satz auch so aus: Die Quadrate der Umlaufszeiten jeder zwei Planeten verhalten sich wie die Cubi der mittleren Entfernungen von der Sonne.

Dieses Gesetz erstreckt sich nicht bloß über die damals bekannten, sondern auch über die später entdeckten Planeten; es erstreckt sich über die Trabanten des Jupiters, welche 1610 entdeckt, aber deren Bahnen noch nicht erforscht waren; es erstreckt sich über die später entdeckten Trabanten des Saturns und des Uranus. Kepler bestimmte also Gesetze noch nicht entdeckter Weltkörper. Folgendes Beispiel möge die Wichtigkeit des letzten Keplerschen Satzes zeigen. Aus genaueren Untersuchungen über den 1781 von Herschel entdeckten Planeten Uranus ergab sich, daß dieser Planet schon von mehreren Astronomen beobachtet, aber für einen Fixstern gehalten war, weil er sich nur sehr langsam bewegt. Indem man nun seine damalige Stellung mit der früher beobachteten verglich, folgerte man daraus, daß er in 82 5/12 Jahren (was gemäß spätern Beobachtungen etwas zu klein ist) seine Bahn um die Sonne vollende. Nun sei t die Umlaufszeit der Erde, also $t = 1$ Jahr; Umlaufszeit des Uranus $T = 82\,5/12$ Jahren; d Abstand der Erde von der Sonne das Maß für den Abstand des Uranus $= D$, also $d = 1$. Dann ist nach der Proportion

$$t^2 : T^2 = d^3 : D^3$$

$$1 : (82\,5/12)^2 = 1 : D^3$$

daraus folgt $D^3 = 6792,..$

und $D = 18,9$.

Mithin steht Uranus fast 19mal weiter von der Sonne als unsere Erde.

Ist der Abstand eines Planeten von der Sonne und die Zeit seines Umlaufes, ferner der Abstand unserer Erde von der Sonne bekannt; so findet man nach der angegebenen Proportion für die Länge des Jahres denselben Werth, den die unmittelbaren Beobachtungen liefern.

Die drei von Kepler entdeckten Sätze sind die Grundlage der neuern Astronomie. Man nennt sie die drei Keplerschen Gesetze. Um sie besser zu übersehen, mögen sie hier zusammengestellt werden.

1. Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, deren einen gemeinschaftlichen Brennpunkt die Sonne einnimmt.

2. Die Flächen-Räume der Sectoren, welche die Zuglinie oder der radius vector durchläuft, verhalten sich wie die Zeiten, in denen diese Flächen-Räume durchlaufen werden.

3. Die Quadrat-Zahlen der Umlaufszeiten jeder zwei Planeten verhalten sich wie die Cubik-Zahlen der mittleren Entfernungen von der Sonne.

Neunter Abschnitt.

Von den einzelnen Weltkörpern unsers Sonnen-Systems.

---

§. 72.

Unser Sonnensystem, welches Figur 21. darstellt, besteht aus der, einen gemeinschaftlichen Brennpunkt der Planeten-Bahnen einnehmenden Sonne, und, die Erde eingeschlossen, aus 11 Planeten und 18 Nebenplaneten oder Trabanten, welche sich um ihre Hauptplaneten, und mit diesen um die Sonne bewegen. Die Flächen der Planeten-Bahnen liegen nicht mit der Fläche der Erdbahn in derselben Ebene, sondern durchschneiden die Fläche der Erdbahn oder die Fläche der Ekliptik unter verschiedenen Winkeln, wie Figur 22. dies veranschaulichet. Keiner dieser Winkel betrug vor der Entdeckung der Ceres, Pallas, Juno 10°. Zog man also an beiden Seiten der Ekliptik in einer Entfernung von 10° Parallel-Kreise zu der Ekliptik, so erhielt man einen Gürtel, der 20° breit war, innerhalb welches Gürtels die Planeten ihre Bahnen um die Sonne beschrieben. Dieser Gürtel heißt Thierkreis. Die Entdeckung der kleinen Planeten hat aber den frühern Begriff von Thierkreis aufgehoben.

Die beiden Punkte, worin die Planeten-Bahnen die Ebene der Ekliptik durchschneiden, heißen Knoten, und stehen 180° von einander; die Linie, welche die Knoten-Punkte verbindet, heißt die Knoten-Linie. Der Knoten, aus welchem der Planet nördlich von der Ekliptik geht, heißt aufsteigender Knoten, und wird durch ☊ bezeichnet; der andere Knoten heißt der niedersteigende Knoten, und hat das Zeichen ☋.

§. 73.

In dem einen Brennpunkte der Planeten-Bahnen ruhet die Sonne, von deren Natur wir nichts bestimmtes wissen. An Masse ist sie 765 mal größer als alle Planeten nebst ihren Trabanten zusammen genommen. Wahrscheinlich ist die Sonne ein dunkler Körper, von einer dichten Licht-Atmosphäre umflossen, die Licht und Wärme nach allen Seiten verbreitet.

Vermittelst der Fernröhre bemerkt man auf der Sonnenscheibe dunkle Stellen, Sonnenflecken, und glänzende Stellen, Sonnenfackeln genannt. Manche Flecken verschwinden bald wieder, manche sind auch längere Zeit sichtbar. An diesen Flecken bemerkt man folgendes:

1. Sie bewegen sich, von der Erde gesehen, von der Linken zur Rechten oder von Osten nach Westen in parallelen Linien, ohne ihre gegenseitige Lage zu ändern, über die Sonnenscheibe, und sind 13 3/4 Tag sichtbar, und eben so lange unsichtbar.

2. Erscheinen sie am östlichen Rande, so ist ihre Bewegung anfangs langsamer, wächst aber, jemehr sie sich dem Mittelpunkte der Scheibe nähern, und ist im Mittelpunkt am schnellsten. Von da an nimmt die Geschwindigkeit der Bewegung in demselben Verhältnisse ab, als sie vorher zunahm. — An den Rändern ist ein Sonnenfleck am schmälsten, wird aber stets breiter, jemehr er sich dem Mittelpunkte nähret. Ueberhaupt zeigt sich jeder Sonnenfleck, wie er auf einer drehenden Kugel erscheinen muß.

Hieraus ergibt sich: 1) die Sonne ist ein runder Körper; 2) die Flecken müssen in einer genauen Verbindung mit der Sonne stehen; 3) die Sonne dreht sich in fast 28 Tagen von Westen nach Osten um ihre Achse. —

Da aber die Sonne während der Achsendrehung in der Ekliptik ungefähr 27° fortgerückt ist, hat die Sonne, wenn ein Flecken wieder dieselbe Lage gegen die Erde bekommt, etwas mehr als eine Umwälzung vollbracht. Es sei Fig. 23. T die Erde, MN ein Theil der Ekliptik, S und D Mittelpunkte der Sonne, E ein Sonnenfleck mitten auf der Sonnenscheibe. Die Sonne habe während einer Umwälzung um ihre Achse den Bogen SD beschrieben, und der Punkt E sei wieder mitten auf der Scheibe in F, so daß DF parallel zu ST ist: dann hat die Sonne offenbar sich einmal um die Achse gedrehet. Von T aus gesehen, erscheint der Fleck erst auf der Mitte der Scheibe, wenn er in G sich befindet. Der Fleck E hat also in ungefähr 28 Tagen 360° + FG beschrieben. Bringt man den Bogen FG in Abzug, so findet man die Zeit der Achsendrehung der Sonne 25 Tage 12 Stunden 12 Minuten (nach andern Astronomen beträgt die Zeit 25 Tage 13 Stunden 27 Min.)

§. 74.

Von den Planeten ist bereits die Rede gewesen. Hier soll nur Einiges, die einzelnen Planeten betreffend, nachgetragen werden.

Mercur steht der Sonne von allen Planeten am nächsten. Nur wenn er sich fast in seinem größten Abstande von der Sonne befindet, welcher höchstens 28° beträgt, kann man ihn bei heiterm Himmel mit freien Augen sehen. Mit Fernröhren kann man ihn bis nahe bei seiner Conjunction mit der Sonne beobachten. In neuern Zeiten hat man seine Achsendrehung durch viele Mühe ausgemittelt, wie auch, daß hohe Berge sich auf demselben befinden. Seinen scheinbaren Durchmesser kann man bloß bei den Vorübergängen von der Sonne genau messen. Diese Vorübergänge kommen stets anfangs Mai oder anfangs November. Folgende sind die Vorübergänge in diesem Jahrhundert:

Im Mai
1832, 1845, 1878, 1891.

Im November
1815, 1822, 1835, 1848, 1861, 1868, 1881, 1894.

§. 75.

Die Erscheinungen beim Umlaufe des auf Mercur folgenden Planeten Venus sind bereits §. 40. angegeben. Den Durchmesser der Venus mißt man ebenfalls am besten bei den Vorübergängen vor der Sonne. Diese Vorübergänge sind weit seltner als beim Mercur. Im vorigen Jahrhundert ging Venus 1761 und 1769 im Juni vor der Sonne vorüber. In diesem Jahrhundert geschieht es 1874 und 1882 im December. Dann sind die nächsten Vorübergänge 2004 und 2012, beide im Juni.

Von diesem Planeten ist noch besonders zu bemerken, daß er zu gewissen Zeiten bei Tage mit freien Augen kann gesehen werden. Dieses ist der Fall 79 Tage vor und nach der Conjunction. Jedoch erscheint alsdann nicht immer dieser Planet mit gleichem Glanze. Den stärksten Glanz hat Venus nach einem Zwischenraum von ungefähr acht Jahren. Man hat berechnet, daß Venus als Abendstern 1838, 1846, als Morgenstern 1835, 1843, 1851 am hellsten glänzen werde. — Nach den Beobachtungen des Astronomen Schröter befinden sich auf der südlichen Halbkugel der Venus Berge, welche die höchsten Berge der Erde bei weitem an Höhe übertreffen, obwohl die Venus etwas kleiner wie die Erde ist.

Zwischen Venus und Mars durchläuft unsere Erde ihre Bahn um die Sonne.

§. 76.

Mars zeigt sich beständig in einem röthlichen Lichte. Da er sich außerhalb der Erdbahn um die Sonne bewegt, kann er solche Lichtwechsel, wie §. 40. von der Venus angegeben sind, nicht haben; doch bemerkt man, daß er nur in der Opposition und in der Conjunction kreisrund erscheint, hingegen sonst eine längliche Gestalt bekommt, wenn er sich seitwärts von der Sonne entfernt. Herschel beobachtete an den Polargegenden Veränderungen des Lichtes, welche er glaubte nur dadurch erklären zu können, daß man annehme: die Polargegenden des Mars sein, wie die der Erde, mit Eis und Schnee bedeckt. Dieser Schnee falle im Winter, und thaue im folgenden Sommer weg.

§. 77.

Kepler bemerkte, daß die Entfernungen der Planeten eine Reihe bildeten, worin zwischen Mars und Jupiter ein Glied fehlte. Mehrere Astronomen, besonders Bode stellten daher die Vermuthung auf, daß zwischen Mars und Jupiter ein Planet seine Bahn um die Sonne durchlaufe, daß aber dieser Planet vielleicht wegen seiner Kleinheit noch nicht entdeckt wäre. Diese Vermuthung bestätigte sich als richtig: indem am 1. Januar 1801 von Piazzi in Palermo die Ceres entdeckt wurde, welcher Planet die Lücke zwischen Mars und Jupiter ausfüllte. Olbers in Bremen entdeckte den 28. März 1802 die Pallas, welcher Planet mit der Ceres ungefähr gleiche Entfernung von der Sonne hat. Olbers äußerte bei dieser Gelegenheit den Gedanken: Ceres und Juno seien Fragmente eines größeren durch irgend ein Naturereigniß gesprengten Planeten. «Diese Idee», sagte Olbers, «hat wenigstens das vor manchen andern Hypothesen voraus, daß sie sich bald wird prüfen lassen. Ist sie wahr, so werden wir noch mehrere Trümmer des zerstörten Planeten auffinden, und dies um so leichter, indem sie auf ihrer elliptischen Bahn um die Sonne die Bahn der Ceres und Juno auf ein bestimmte Art (welche Olbers auch angibt) schneiden müssen.»

In der That, diese kühne und sinnreiche Vermuthung ist auch pünktlich eingetroffen: indem am 2. September 1804 die Juno von Harding und am 29. März 1807 die Vesta ebenfalls von Olbers entdeckt wurden. Die Bahnen dieser beiden Planeten sind gerade so, wie Olbers vorausgesagt hatte.

Die Bahnen der übrigen Planeten liegen in dem Gürtel am Himmel, welcher Thierkreis genannt wird. Juno, Ceres, Pallas schweifen aber auf ihrem Laufe um die Sonne über den Thierkreis hinaus; daher der mit dem Thierkreise früher verbundene Begriff: die Planeten-Bahnen lägen in dem 18—20 Grad breiten Thierkreise, durch die Entdeckung der genannten 3 Planeten unrichtig wurde.

Eine Eigenthümlichkeit der Bahnen dieser 4 Planeten ist, daß, wenn man die Ebenen dieser Bahnen so darstellt, als wenn sie in der Ekliptik lägen (auf die Ebene der Ekliptik projicirt) diese Bahnen nicht einander einschließen, sondern sich schneiden, so daß man den mittleren Abstand von der Sonne nehmen muß, um die Folge dieser Planeten hinsichtlich ihres Abstandes von der Sonne anzugeben.

§. 78.

Nächst der Venus ist Jupiter der glänzendste Planet; auch übertrifft dieser die andern Planeten an Größe. Auf seiner Oberfläche bemerkt man dunkle und helle, jedoch veränderliche parallele Streifen, auch veränderliche Flecken. Wahrscheinlich ist Jupiter von einer Atmosphäre umflossen.

4 Monde oder Trabanten umkreisen den Jupiter, welche von Galiläi, der kurz vorher die Fernröhre erfunden hatte, entdeckt wurden. Mayer in Anspach wollte diese Trabanten einige Tage früher als Galiläi gesehen haben. Da er jedoch seine Entdeckung später wie Galiläi bekannt machte, blieb die Aussage von Mayer zweifelhaft.

Die 4 Trabanten unterscheidet man durch den Zusatz: erster, zweiter.., gemäß ihres Abstandes von Jupiter:

indem der nächste Trabant der erste, u. s. w. genannt wird. Folgende Tafel gibt die Zeit an, die jeder Trabant zum Durchlaufen der elliptischen Bahn um den Jupiter gebraucht.

I. Trabant.	1 Tag	18 St.	27 Min.	33 Sec.
II. =	3	13	13	42
III. =	7	3	42	33
IV. =	16	16	32	8

§. 79.

Der merkwürdigste Planet unsers Sonnensystems ist Saturn: indem er nicht bloß von 7 Trabanten umkreiset wird, sondern auch 2 große concentrische Ringe ihn frei umschweben. Diese Ringe erscheinen in den gewöhnlichen Fernröhren einfach; Herschel entdeckte, daß 2 Ringe da sein. Nach den Ausmessungen dieses großen Astronomen steht der äußere Rand des entferntern Ringes 11601, und der innere Rand des nächsten Ringes 5720 Meilen von der Oberfläche des Saturns ab. Die Breite des innern Ringes beträgt 3935 und die des äußern 1379 Meilen. Beide Ringe stehen 567 Meilen von einander, ihre Dicke ist 113 Meilen. Diese Ringe bestehen aus einer dichten Masse: indem sie Schatten auf den Saturn werfen. Zweimal während eines Saturnjahres (30 Erdenjahre) wechselt der Ring sein Licht, so daß jede Seite fast 15 Jahre von der Sonne beschienen wird. Zu einer Zeit verstärkt er das Licht auf einem Theile der Oberfläche des Saturns, setzt aber zu anderer Zeit denselben Theil Jahre lang in Schatten. Wir können uns von diesem sonderbaren Ringe keine gehörige Vorstellung machen, noch den Zweck seines Daseins erkennen.

Folgende Tafel gibt die Umlaufszeit der Trabanten an:

	Umlaufzeit.			
I. Trabant.	0 Tage	22 St.	37 Min.	23 Sec.
II. =	1	8	53	9
III. =	1	21	18	26
IV. =	2	17	44	51
V. =	4	12	25	11
VI. =	15	22	41	13
VII. =	79	7	53	43

§. 80.

Der äußerste Planet unsers Sonnensystems ist Uranus, dessen Entdeckung wir (dem verstorbenen) Herschel in England, einem Deutschen von Geburt verdanken. 1781 bemerkte Herschel einen Stern, der sich von den übrigen durch Licht und Größe unterschied, und an dem er bald eine geringe Bewegung wahrnahm; ein Zeichen, daß dieser Himmelskörper kein Fixstern war. Herschel kündigte ihn als einen Kometen an; indessen zeigten spätere Beobachtungen, daß er ein Planet sei. Dieser Planet war schon früher von Mayer in Göttingen, von Flamstead in England und von Le Monnier in Frankreich wahrgenommen; allein diese Astronomen hatten ihn für einen Fixstern gehalten. Herschel gab diesem Planeten den Namen georgium sidus (Georgsstern) dem König von England Georg III. zu Ehren. Die Franzosen nannten ihn Herschel. Bode in Berlin sagte, weil auf den Jupiter dessen Vater Saturn folge, so wäre es am schicklichsten, daß man auf Saturn dessen Vater Uranus folgen lasse: man möchte also diesen Stern Uranus nennen. Dieser Vorschlag von Bode fand Beifall, und jetzt führt dieser Planet allgemein den Namen Uranus. — Herschel hat ebenfalls 6 Trabanten des Uranus entdeckt, deren Umlaufszeiten folgende sind:

	Periodische Umlaufzeiten.			
I. Trabant.	5 Tage	21 St.	25′	0″
II. =	8	17	1	9
III. =	10	23	4	0
IV. =	13	11	5	1
V. =	38	1	49	0
VI. =	107	16	40	0

§. 81.

Folgende Tabelle gibt an die wichtigsten Zahlenverhältnisse der Weltkörper unseres Sonnen-Systems.

	Verhältniß d. Durchmesser gegen den Erddurchmesser.	Durchmesser in geogr. Meilen.	Körperlicher Inhalt im Verhältniß zur Erde.
Mercur	0,4	690	0,0666 = 1/15
Venus	0,97	1669	0,9136 = 9/10
Erde	1	1719	1
Mars	0,52	889	0,1386 = 7/50
Vesta	0,04	74	0,00008
Juno	0,18	309	0,0058
Ceres	0,2	352	0,0086
Pallas	0,26	455	0,0185
Jupiter	10,86	18668	1280,9
Saturn	9,98	17160	974,78
Uranus	4,33	7446	81,26
Sonne	112,4	193215	1420034,
Mond	0,27	468	0,2 = 1/50

	Mittlere Entfernung von der Sonne in geogr. Meilen.	in Halbmessern der Erdbahn.	Zeit des Umlaufes um die Sonne. Jahre.	Tage.	Stunden.
Mercur	8 000 000	0,38710	—	87	23
Venus	15 000 000	0,72333	—	224	17
Erde	20 700 000	1	—	365	6
Mars	31 500 000	1,52369	1	321	16
Vesta	48 900 000	2,36179	3	230	—
Juno	55 200 000	2,66901	4	131	16
Ceres	57 300 000	2,76724	4	220	9
Pallas	57 400 000	2,77284	4	225	13
Jupiter	107 700 000	5,20279	11	314	20
Saturn	197 400 000	9,53877	29	166	13
Uranus	397 100 000	19,18330	84	7	17

	Zeit der Achsendrehung.	Geschwindigkeit auf der Bahn in 1 Secunde.	Neigungswinkel der Bahn mit der Ekliptik.
Mercur	24 St. 5 M. 30 S.	6 1/4 Meile.	7° 78′
Venus	23 21 19	4 1/2	3,77
Erde	23 56 4	4	0,00
Mars	24 39 21	3 1/4	2,06
Vesta	unbekannt.	2 1/2	7,92
Juno	»	2 1/2	14,52
Ceres	»	2 1/2	11,81
Pallas	»	2 1/2	38,47
Jupiter	9 55 40	1 1/2	1,46
Saturn	10 16	1 1/8	2,77
Uranus	unbekannt.	3/4	0,86

Zehnter Abschnitt.

Von den Kometen.

§. 82.

Außer den 11 Planeten und ihren 18 Trabanten bewegen sich um die Sonne in unbekannter Zahl und in größtentheils unbekannten Bahnen noch andere Weltkörper, die sich durch ihre Gestalt, ihre Bahnen und ihre natürliche Beschaffenheit von den Planeten auffallend unterscheiden. Es sind die Kometen oder Haarsterne. Durch Fernröhre betrachtet gleichen die Kometen einer leuchtenden Dunstmasse, in deren Mitte gewöhnlich ein mehr oder weniger begrenzter Kern bemerkt wird. Sie nehmen an Glanz zu, indem sie der Sonne sich nähern, und erscheinen am glänzendsten, wenn sie durch ihre Sonnennähe gegangen sind, wo dann ihr Schweif am längsten ist, und zuweilen eine Ausdehnung von mehreren Millionen Meilen hat, wie dies beim Kometen von 1811 der Fall war. Es scheint, daß die Hitze der Sonne, wenn die Kometen sich derselben am meisten nähern, alles auf der Oberfläche dieser Weltkörper schmilzt und in Dunst verwandelt, und daß diese Dünste den Kometen folgen und die langen von der Sonne abgewandten Schweife bilden. Daher war der Schweif des Kometen von 1680 einer der größten, so jemals gesehen worden. Dieser Schweif hatte eine Länge von mehr als 60 Graden. Genannter Komet kam der Sonne 166mal näher als die Erde: deßwegen mußten die Sonnenstrahlen eine 27556 mal größere Hitze auf demselben hervorbringen, als sie auf der Erde bewirken.

Die Hitze, welche der Komet erlitt, übertraf nach Newtons Rechnung 2000 mal die eines glühenden Eisens, und somit alle Grade der Hitze, welche wir hervorzubringen im Stande sind. Dieser Komet schweift weit über die Bahn des Uranus hinaus, in welcher Entfernung die Sonnenstrahlen nur eine geringe Wirkung haben können. Weltkörper die einen so ungeheuern Wechsel von Wärme und Kälte zu leiden haben, müssen auch in ihrer natürlichen Beschaffenheit von unserer Erde und den übrigen Planeten ganz verschieden sein.

§. 83.

Die Kometen wurden Jahrtausende hindurch für Lufterscheinungen, ähnlich den feurigen Kugeln und Sternschnuppen gehalten. Erst seit Tycho, eigentlich seit Newtons Zeiten sind sie in die Reihe der Weltkörper aufgenommen. Seneca äußerte sich an mehreren Stellen eben so wahr als schön über die Kometen; allein seine Stimme vermogte nicht die allgemeine Meinung zu ändern. «Ich rechne,» sagt dieser Weltweise, «die Kometen zu den ewigen Werken der Natur. Man sagt freilich: wären die Kometen Körper wie die Planeten, so müßten ihre Bahnen innerhalb des Thierkreises liegen. Wer hat denn die Bahnen der Himmelskörper in den Thierkreis eingeschlossen? Ist der Himmel nicht frei von allen Seiten? Ist es der Größe der Natur nicht angemessener, verschiedene Bahnen zu gestatten, als sie in eine Gegend des Himmels einzuzwängen? Es ist wohl nicht auffallend, daß wir die Bahnen der nur selten erscheinenden Kometen nicht kennen. Erst vor 1500 Jahren hat Griechenland die Sterne gezählt und benannt. (Stellis numeros et nomina fecit). Noch jetzt kennen viele Nationen den Himmel nur dem bloßen Ansehen nach, und wissen nicht, warum der Mond zuweilen verfinstert werde. Wir selbst kennen erst seit kurzem die Ursache dieser Erscheinung. — Es wird eine

Zeit kommen, wo, was jetzt dunkel ist, durch den Fleiß der Jahrhunderte wird aufgeklärt werden; wo unsere Nachkommen sich wundern werden, daß so klare Sachen uns unbekannt gewesen. — Einst wird Jemand die Bahn der Kometen, ihre Größe und Beschaffenheit entdecken. — Die Natur enthüllet ihr Heiligthum nicht mit einem Male. Wir halten uns für Eingeweihte, und sitzen noch an der Schwelle.»

§. 84.

Nachdem die Kometen in die Reihe der Weltkörper aufgenommen waren, bemüheten sich die größten Astronomen, deren Bahnen aufzufinden, und die Zeit der Wiederkehr zu bestimmen. Von einigen Kometen sind die Bahnen wirklich entdeckt, und die zu der angegebenen Zeit erfolgte Wiederkehr derselben hat die Richtigkeit der Rechnung bewiesen. Die Kometen=Bahnen sind wie die Bahnen der Planeten Ellipsen; in dem einen Brennpunkte steht die Sonne. Die Bahnen der Planeten weichen wenig vom Kreise ab; die Bahnen der Kometen sind sehr längliche Ellipsen. Wie übel es jedoch im Ganzen mit der Berechnung der Bahnen der Kometen noch aussehe, mögen folgende Beispiele zeigen.

Aus den gemachten Beobachtungen leiteten zwei ausgezeichnete Astronomen eine Umlaufszeit von 5 1/2 Jahre für den Kometen von 1770 her; allein der Komet ist nicht wiedererschienen.

Der Komet von 1811 konnte auf seiner Bahn verfolgt werden bis er 183° seiner Ellipse beschrieben hatte. Ein Astronom berechnete nun die Umlaufszeit dieses Kometen zu 3056,3 Jahren; durch eine andere Rechnung fand eben derselbe Astronom die Umlaufszeit zu 2301 Jahren.

Die Umlaufszeit des Kometen von 1769 fanden zwei Astronomen zwischen 449 und 519 Jahren: später berechnete sie ein anderer Astronom zu 1231 Jahren.

Wir sehen die Kometen nur, wenn sie bald in ihre Sonnennähe kommen, oder durch dieselbe gegangen sind;

daher ist der beobachtete Theil der Bahn in der Regel zu klein, um die ganze Ellipse daraus ableiten zu können. Man bestimmt den Abstand des Kometen von der Sonne bei seiner Sonnennähe, die Lage des Punktes der Sonnennähe, und noch einige andere Stücke der Bahn. Diese Bestimmungen heißen die Elemente der Bahn des Kometen. Diese Elemente sind so zu sagen das Signalement des Kometen. Erscheint ein Komet, und man findet die Elemente seiner Bahn gleich denen eines frühern Kometen, so darf man schließen: beide Kometen sein ein und derselbe Komet.

So fand der englische Astronom Halley, (geb. 1656 gest. 1742), daß die Elemente der Bahn des Kometen von 1682 mit den Elementen der Bahnen der Kometen von 1456, 1531, 1607 übereinstimmten: er schloß daher, diese 4 Kometen sein der nämliche Komet, welcher in etwa 76 Jahren seine Bahn vollende. Halley kündigte die Wiederkehr dieses Kometen auf 1758 an. «Trifft diese Prophezeihung ein,» sagt Halley in seiner Abhandlung, «so möge die Nachwelt sich erinnern, daß man diese Entdeckung einem Britten zu verdanken habe.» — Wirklich traf die Prophezeihung ein: der Komet erschien, doch später nämlich 1759. Den Grund des Verspätens setzt der große Astronom Laplace in die Störungen, welche der Komet auf seiner Bahn durch die Anziehung des Planeten Jupiter erlitten.

Dieser, nach Halley benannte, Halleysche Komet wird nach der Rechnung des Astronomen Damoiseau am 16. oder 17. November 1835 wieder in seine Sonnennähe kommen. Ist diese Rechnung genau, so muß dieser Komet im October 1835 sich unserer Erde am meisten nähern, und alsdann am besten zu sehen sein.

Eben dieser Halleysche Komet zeigt, daß die Kometen nicht stets in gleichen Zeiten ihre Bahn vollenden. So war die Umlaufszeit von 1531 bis 1607 dreizehn Monate länger als die von 1607 bis 1682.

Aus der Bahn dieses Kometen findet man seinen Abstand von der Sonne bei seiner Sonnennähe 16 1/2 Millionen Meilen, und bei seiner Sonnenferne 745 Mill. Meilen.

§. 85.

Noch zwei andere Kometen haben durch ihr zur bestimmten Zeit erfolgtes Wiedererscheinen die Richtigkeit der angestellten Rechnungen bewiesen: der nach dem Astronomen Enke in Berlin genannte Enkesche, und nach dem österreichischen Hauptmann Biela genannte Bielasche Komet. Enke fand, daß der Komet von 1819 derselbe sei mit den 1786, 1795, 1805 erschienenen Kometen, und bestimmte die Umlaufszeit zu 1207 Tagen. Dem gemäß mußte dieser Weltkörper 1822 wieder in seiner Sonnennähe kommen. Allein seine Stelle am Himmel war zu südlich, als daß er konnte in Europa beobachtet werden. Indessen fand ihn der Astronom Rümker in Paramata genau zu der angegebenen Zeit und an der angegebenen Stelle am Himmel. Nun bestimmte Enke sein Wiedererscheinen auf 1825, und der Erfolg krönte die mühsamen Rechnungen. Dieser Komet nähert sich der Sonne bis auf 6 Millionen, und entfernt sich bis auf 85 Mill. Meilen. Er bleibt also im Gebiete unseres Planeten-Systems, da er nicht bis zum Abstande des Jupiters sich von der Sonne entfernt.

Der Bielasche Komet vollendet seine Bahn in 6 3/4 Jahren, steht in der Sonnenähe ungefähr 21 Mill., in der Sonnenferne 117 Millionen Meilen von der Sonne ab. Dieser Komet erschien 1826 zu der berechneten Zeit. Noch ist ein Komet übrig, dessen Umlaufszeit nicht so groß ist, daß man nicht mit einiger Sicherheit die Umlaufszeit hat berechnen können. Dieser ist der seinem Entdecker Olbers zu Ehren genannte Olbersche Komet. Seine Umlaufszeit ist zu etwas mehr als 74 Jahren gefunden. 1887 soll er im Februar wieder in die Sonnennähe kommen. Sein kleinster Abstand von der Sonne wird zu 25 Millionen, und der größte Abstand zu 700 Millionen Meilen geschätzt.

§. 86.

Kein Komet ist wohl so vielfach beobachtet als der schöne Komet von 1811. Dieser wurde am 26. März 1811 zuerst im südlichen Frankreich gesehen, und von französischen Astronomen bis zum 20. Mai beobachtet. Im Juni und Juli verbarg er sich in den Strahlen der Sonne. Indessen hatte man seine Bahn schon so weit beobachtet, daß Olbers bereits im Juli erklärte: der Komet würde im August wiedererscheinen, und dann noch das ganze Jahr sichtbar bleiben. Alles traf genau ein. Im Januar 1812 wurde er noch durch Fernröhre gesehen. Die Rechnung zeigte, daß er nach einem halben Jahre müßte wiederum auf eine kurze Zeit im südlichen Rußland zu sehen sein. In der That wurde er daselbst von dem Astronomen Wisniewski am Schlusse des Julius aufgefunden, und noch einige Wochen beobachtet.

Der Kern dieses Kometen war glänzend, und konnte durch mäßige Fernröhre gesehen werden. Der Schweif hing nicht mit dem Körper zusammen, sondern erschien wie ein breiter Streifen, der sich um den Kometen herumbog. Herschel gibt die Länge des Schweifes am 6. October 1811 zu 22 Millionen Meilen an. Dieser Komet näherte sich der Sonne bis auf 21 Millionen, und entfernt sich vermuthlich gegen 8000 Millionen Meilen.

Von den übrigen beobachteten Kometen sind von mehr als 100 die Elemente der Bahnen bestimmt. — Die Beobachtungen haben ferner gezeigt, daß beinahe eben so viele Kometen gegen die Ordnung der Zeichen von Osten nach Westen, als nach der Ordnung der Zeichen, wie die Planeten, von Westen nach Osten die Sonne umlaufen. Ihre Bahnen sind auf die mannigfaltigste Art gegen die Ebene der Ekliptik geneigt: da einige beinahe mit der Ebene der

Erdbahn zusammenfallen, indeß andere fast auf der Erdbahn senkrecht stehen. Vor Erfindung der Fernröhre war die Erscheinung eines Kometen eine Seltenheit; dagegen werden jetzt fast in jedem Jahre mehrere entdeckt. Bedenkt man, wie viele sich der Sonne nähern, so daß sie können bloß bei Tage bemerkt werden, was aber die Sonnenstrahlen verhindern, wie viele bloß auf der südlichen Halbkugel erscheinen, wovon wir in Europa nichts erfahren; so kann man nach einer sehr mäßigen Schätzung ihre Zahl auf mehrere Tausende setzen.

§. 87.

Die Meinung, Kometen seien Vorboten von großen Unglücksfällen, ist verschwunden; dagegen hat man in neuerer Zeit oft die Frage aufgeworfen: ob ein Komet, nicht auf seinem Laufe mit der Erde zusammenstoßen und dieser den Untergang bringen könne? — Wahr ist es, daß die Kometen die Ebene, worin die Erdbahn ist, durchschneiden; allein die Durchschnitts-Punkte liegen allemal so weit von der Erdbahn, daß an ein Zusammentreffen mit der Erde nicht zu denken ist. Bis jetzt kennen wir keinen Kometen, der die Linie, worin die Erde sich bewegt, durchschnitte, und der also möglicher Weise mit der Erde zusammenstoßen könnte. Angenommen, es existire ein derartiger Komet: so müßte doch, wenn der Komet die Linie der Erdbahn durchschnitte, in diesem Durchschneidungs-Punkte auch gerade die Erde sein. Wegen der schnellen Bewegung beider Himmelskörper braucht aber die Erde, wenn wir den Kometen an Größe ihr gleich stellen, doch nur 14 Minuten, um durch die Stelle zu kommen, wo sie mit dem Kometen zusammenstoßen könnte. In wie vielen andern Stellungen kann mithin die Erde sich in dem Augenblicke befinden, wo der Komet durch die Erdbahn geht. Wäre von einem solchen Kometen auch die Umlaufszeit bekannt, so ließen sich die Fälle, in welchen die Erde sich in einem andern Theile ihrer Bahn befindet, gegen den Fall, wo sie mit dem Kometen zusammenträfe, berechnen, und die große Unwahrscheinlichkeit eines Zusammentreffens durch bestimmte Zahlen nachweisen. Noch kann man hinzusetzen, daß, so weit die Geschichte reicht, noch niemals ein nachtheiliger Einfluß eines Kometen auf die Erde bemerkt ist.

Elfter Abschnitt.

Vom Monde.

§. 88.

Der nächste und nach der Sonne für uns Erdbewohner der wichtigste Himmelskörper ist der Mond, welcher um die Erde in einem Jahre ungefähr 13mal eine Bahn beschreibt, und zugleich dieselbe auf ihrem Laufe um die Sonne begleitet. Der Mond ist von allen Himmelskörpern uns bei weitem der nächste. Sein Abstand von der Erde ist nur 1/400 des Abstandes der Sonne von der Erde; daher der verhältnißmäßig so kleine Mond uns von gleicher Größe wie die Sonne erscheint.

Beim Monde kommen hauptsächlich in Betracht:

1. Die wechselnden Lichtgestalten oder Phasen. *)
2. Das aschfarbige Licht, durch welches, wenn nur ein sehr kleiner Theil des Mondes erleuchtet ist, die ganze Mondscheibe sichtbar wird.
3. Die Zeit des Umlaufes um die Erde, und die Bahn welche bei jedem Umlaufe der Mond am Himmel beschreibt.
4. Die Beschaffenheit der Oberfläche des Mondes.
5. Die vom Monde hervorgebrachten Verfinsterungen der Sonne, oder die Sonnen-Finsternisse, und die Verfinsterungen, welche der Mond selbst erleidet, oder die Mond-Finsternisse.

---

*) Φάσις, phasis, Erscheinung.

6. Der Zusammenhang des Mondlaufes mit der periodischen Bewegung des Meeres, die unter dem Namen von Ebbe und Fluth bekannt ist.

§. 89.

Die Beobachtungen zeigen uns den Mond als eine dunkle Kugel, die stets zur Hälfte von der Sonne erleuchtet ist. Die erleuchtete Hälfte wendet der Mond bei seinem Umlaufe um die Erde derselben ganz oder zum Theil zu, oder völlig von ihr ab, wodurch sich die wechselnden Lichtgestalten des Mondes ganz einfach erklären. Da wir die Mondbahn von ihrem Mittelpunkt, und nicht wie die Planetenbahnen von einem seitwärts gelegenen Punkte betrachten, erscheint uns der Mondlauf regelmäßig: indem dieser Weltkörper stets nach der Ordnung der Zeichen sich von Westen nach Osten fortbewegt, mithin auf seinem Laufe weder rückgängig wird, noch eine Zeitlang stille steht.

Es sei Figur 24. S die Sonne, T die Erde, xvw ein Theil der Erdbahn, ABCD die Bahn des Mondes; nur muß man sich ST 400mal länger als AT denken. — Steht der Mond in A, so ist er in seiner Zusammenkunft oder Conjunction mit der Sonne. Die helle Seite ist von der Erde abgewandt: wir haben Neumond oder Neulicht. 2—3 Tage nach dem neuen Lichte zeigt sich der Mond kurz nach Sonnenuntergang am westlichen Himmel in Sichelgestalt, die erhabene Seite nach Westen, die Spitzen oder Hörner nach Osten gewandt. — Beobachtet man den Stand des Mondes gegen die Fixsterne, so findet man, daß der Mond täglich ungefähr 13° von Westen nach Osten fortrückt. Mit dem Fortrücken von A nach B wendet der Mond uns beständig einen größern Theil seiner erleuchteten Hälfte zu: der Mond ist im zunehmenden Lichte. Ungefähr 7 Tage nach dem Neulicht rückt der Mond in die Stellung von B, wo uns die Hälfte der erleuchteten Seite, oder 1/4 seiner Oberfläche sichtbar ist. Auch hat der Mond, das erste Viertel seiner Bahn (von A angefangen) zurückgelegt: wir haben das erste Viertel. Auf dem Wege von B nach C ründet sich stets die Mondscheibe mehr und mehr, bis sie in C völlig rund erscheint. Den Bogen von B nach C durchläuft der Mond wieder in ungefähr 7 Tagen. In C erscheint der Mond 180° von der Sonne entfernt: er ist alsdann in seinem Gegenschein oder in der Opposition. Da die ganze erleuchtete Seite uns sichtbar ist, haben wir Vollmond. Von nun an ist der Mond im abnehmenden Lichte: indem der Mond beim Fortgange nach D täglich einen größeren Theil seiner erleuchteten Hälfte von der Erde abwendet. Nach ungefähr 7 Tagen nach dem Vollmonde, wo der Mond in die Stellung von D kömmt, zeigt uns der Mond nur die halbe erleuchtete Seite oder 1/4 der Oberfläche: wir haben das letzte Viertel. Der Mond nimmt fortwährend ab, erscheint dann in Sichelgestalt, die erhabene Seite nach Osten, die Hörner nach Westen gewandt, wird 2—3 Tage vor dem neuen Licht unsichtbar, und geht alsdann etwa 5 Tage mit der Sonne auf und unter. Den Weg von D nach A legt er ebenfalls in ungefähr 7 Tagen zurück. Der Mond braucht mithin, um von einer Phase zur andern zu kommen, jedesmal beiläufig 7 Tage; wodurch vielleicht die Abtheilung der Zeit nach Abschnitten von 7 Tagen oder nach Wochen veranlasset ist.

Der Tag des Neumondes wird als dessen Geburtstag angesehen, und die nach dem Neumonde verflossenen Tage nennt man das Alter des Mondes. Vollmond und Neumond führen den gemeinschaftlichen Namen Syzygien: *) da der Mond in beiden Stellungen mit Sonne und Erde in einer Linie zu stehen kommt. Die beiden Viertel des Mondes nennt man die Quadraturen desselben.

---

*) συζυγία, syzygia, Verbindung, von συζυγέω, ich stehe in einer Reihe.

§. 90.

Weiset uns der Mond nur einen kleinen Theil seiner erleuchteten Hälfte, so ist auch die der Erde zugewandte Nachtseite sichtbar, und zwar erscheint dieselbe in einem aschfarbigen Lichte. Am besten zeigt sich dieses Licht am zweiten, dritten, vierten Tage vor oder nach dem Neumonde.

Dies aschfarbige Licht rührt von der Erleuchtung her, welche der Mond von der Erde bekömmt. So wie der Mond einen Theil des erhaltenen Sonnenlichtes der Erde zusendet, und dadurch unsere Nächte erleuchtet; eben so sendet die Erde einen Theil des empfangenen Sonnenlichtes dem Monde zu, und erleuchtet dessen Nachtseite. Ein Beobachter in der Nachtseite des Mondes, wenn dieser Weltkörper Figur 24. in A oder im neuen Lichte ist, sähe die ganze erleuchtete Hälfte der Erde, oder hätte Vollerde. Die Fläche der Vollerde zeigte sich dem Beobachter im Monde fast 14mal größer als uns der Vollmond erscheint. Wirft also die Erde das Sonnenlicht eben so stark zurück, wie der Mond, so erhält dieser von der Erde eine fast 14mal stärkere Erleuchtung, als er derselben mittheilet. Sehr schön müßte sich das aschfarbige Licht auf dem Neumonde zeigen, wenn dieser nicht in den Strahlen der Sonne verborgen wäre.

§. 91.

Der Mond vollendet in 27 Tagen und beinahe acht Stunden seinen Umlauf um die Erde. Stände die Erde still, so würden nach 27 $^1/_3$ Tagen die Lichtwechsel des Mondes jedesmal von neuem beginnen; allein die Erde ist während dieser Zeit ungefähr 27° auf ihrer Bahn fortgegangen, und befindet sich Figur 24. z. B. in v. Der Mond in A′ steht, von v aus gesehen, beim Fixsterne m, wobei er ebenfalls stand, als die Erde vor 27 $^1/_3$ Tagen in T war; ein Beweis, daß der Mond seinen Kreislauf um die Erde vollendet hat. Dieses ist der periodische *) Umlauf des Mondes. Um aber wieder in Conjunction mit der Sonne oder in L zu kommen, muß der Mond noch den Bogen A′L zurücklegen, wozu er 2 Tage 4 Stunden Zeit gebraucht, so daß die Zeit von einem Neumonde zum andern ungefähr 29 1/2 Tage beträgt. Dieser Umlauf des Mondes ist der synodische. **) Viele Völker bedienten sich des synodischen Umlaufes des Mondes, des eigentlichen Monates, als Maß der Zeit, ließen aber, um in keine Bruchrechnung zu kommen, allezeit einen Monat von 29 Tagen mit einem Monate von 30 Tagen abwechseln.

§. 92.

Die vom Monde in 27 1/3 Tagen durchlaufene Bahn ist eine Ellipse, in deren einem Brennpunkte sich die Erde befindet. Bei jedem Umlaufe kommt der Mond einmal der Erde am nächsten oder in seine Erdnähe (Perigäum), und einmal in seine Erdferne (Apogäum ***]). In der Erdnähe steht der Mond 48020, in der Erdferne 54680 Meilen von der Erde; daher ist die mittlere Entfernung $\frac{48020 + 54680}{2} =$ 51350 Meilen. Es ist jedoch leicht einzusehen, daß die Mondbahn keine eigentliche oder eine geschlossene Ellipse sein könne: sonst müßte der Mond am Ende jedes periodischen Umlaufes an derselben Stelle sich befinden, wo der-

---

*) περίοδος, periodos, Umlauf.

**) σύνοδος, synodos, Zusammenkunft. — Der periodische Umlauf währt eigentlich 27 Tage 7 Stunden 43 Minuten; der synodische 29 Tage 12 Stunden 44 Minuten.

***) περί, peri, bei; ἀπό, apo, fern; γέα Erde.

selbe im Anfange dieses Umlaufes stand; was aber, wie Figur 24. zeigt, nicht der Fall ist. Während des periodischen Umlaufes ist die Erde 9291000 Meilen auf ihrer Bahn vorangegangen; und somit ist der Anfangs-Punkt der Mond-Bahn von dessen Endpunkt um mehr als 9 Mill. Meilen entfernt.

§. 93.

Betrachten wir die Bahn, welche der Mond bei jedem Umlaufe an der Himmelskugel beschreibt, so erscheint uns diese Bahn als ein größter Kreis. Dieser liegt nicht mit der Erdbahn oder Ekliptik in derselben Ebene, sondern die Flächen der Erd- und Mondbahn schneiden sich unter einem Winkel von etwas mehr als 5°; daher auch der Mond unserm Zenithe um 5° näher kommen kann, als die Sonne. — Denkt man sich Figur 24, die Erdbahn (also die Mittelpunkte der Erde und Sonne) läge in der Ebene der Figurentafel, so ist die Fläche der Mondbahn unter einem Winkel von 5° gegen das Papier geneigt. Die gerade Linie, worin sich diese beiden Flächen schneiden, heißt die Knotenlinie; ihre Endpunkte sind die Knoten. Erhebt sich der Mond aus seinem Knoten nach Norden, so ist er im aufsteigenden Knoten (☊); hingegen ist er im niedersteigenden Knoten (☋), wenn er aus dem Knoten nach Süden hinabsinkt.

§. 94.

Um sich die Bahn des Mondes unter den Fixsternen jedoch leichter vorzustellen, kann man die kleine Neigung der Mondbahn gegen die Erdbahn oder die Ekliptik außer Acht lassen. Dann durchläuft der Mond in 29 1/2 Tagen am Himmel dieselbe Bahn, welche anscheinend von der Sonne in 365 1/4 Tagen durchlaufen wird. Nun gestaltet sich alles ganz einfach. Beim Neumond geht der Mond mit der Sonne auf und unter. Da der Mond täglich von Westen nach Osten einen Bogen von etwas mehr als 13°

die Sonne nicht völlig 1° beschreibt, so durchläuft der Mond in 2 Tagen beinahe einen eben so großen Bogen, als die Sonne in einem Monate; und der Mond erscheint 2 Tage nach dem Neumonde bei denselben Sternen, wohin die Sonne erst nach Verlauf von fast einem Monate kommen wird. — Sieben Tage nach dem Neumonde steht der Mond 90° von der Sonne: wir haben das erste Viertel. Der Mond steht bei den Sternen im Thierkreise, wohin die Sonne nach 3 Monaten gelangt. Beim ersten Viertel geht der Mond 6 Uhr Abends durch den Meridian und zeigt sich in den ersten Stunden der Nacht am westlichen Himmel. Vierzehn Tage nach dem neuen Lichte steht der Mond 180° von der Sonne: wir haben Vollmond. Da beim Vollmond Sonne und Mond die Endpunkte vom Durchmesser des Kreises bilden, den beide Weltkörper an der Himmelskugel beschreiben; so muß, wenn die Sonne untergeht, der Vollmond aufgehen, und wenn die Sonne am tiefsten unter dem Horizont ist, der Mond am höchsten über demselben stehen: der Vollmond steht mithin gerade Mitternacht im Meridian, und leuchtet die ganze Nacht, diese mag kurz oder lang sein. Der Vollmond steht bei den Sternen, wo 6 Monate früher sich die Sonne befand, und wohin sie wieder nach 6 Monaten gelangen wird. Sieben Tage nach dem Vollmonde haben wir das letzte Viertel. Den Mond sehen wir alsdann bei den Sternen, wo wir vor 3 Monaten die Sonne bemerkten, und er ist von dieser 90° entfernt. Beim letzten Viertel geht der Mond 6 Uhr Morgens durch den Meridian, erscheint also in den Frühstunden an dem östlichen Himmel.

§. 95.

Ein Beispiel möge das Gesagte erläutern. Im März, wenn die Sonne nahe beim Punkte der Frühlings-Nachtgleiche (§. 33.) steht, treffe der Neumond ein. Dann steigt der Mond nördlich vom Aequator, durchläuft in 7 Tagen den Weg, welchen die Sonne im April, Mai, Juni zurücklegt, erreicht beim ersten Viertel seine größte Höhe, und zwar im Zeichen des Krebses, wo die Sonne im Juni steht. Der Vollmond findet statt im Zeichen der Wage in der Nähe des Punktes der Herbst-Nachtgleiche, und das letzte Viertel trifft ein im Zeichen des Steinbockes. — So läßt sich aus der Stellung der Sonne die Stellung des Mondes bei den verschiedenen Phasen ableiten. — Wenn im Junius die Sonne die größten Tagebogen beschreibt, durchläuft der dann eintreffende Vollmond die kleinsten Tagebogen: er beschreibt den Bogen am Himmel, welcher von der Sonne im December durchlaufen wird. Umgekehrt durchläuft der Vollmond im December den Bogen, welchen die Sonne im Juni beschreibt. Hiermit steht in Verbindung, daß der Mond, wenn er im September oder October voll wird, mehrere Abende nach einander fast zu derselben Zeit aufgeht, wiewohl sein Durchgang durch den Meridian sich täglich gegen 3/4 Stunden verspätet. Wird der Mond gegen die Zeit der Herbst-Nachgleiche voll, so steht er im Zeichen des Widders. Der Mond rückt alsdann auf seinem Laufe in eine höhere Stellung am Himmel; weswegen er länger über dem Horizont verweilet. Dagegen verspätet sich der Aufgang des Mondes, wenn er zur Zeit der Frühlings-Nachtgleiche voll wird, einige Abende jedesmal beinahe 1 1/2 Stunden. Der zur Zeit der Frühlings-Nachtgleiche eintreffende Vollmond steht beim Zeichen der Wage, nimmt daher auf seinem Laufe einen niederen Stand am Himmel ein.

Die Zeit, wo nach Abwesenheit der Sonne uns der Mond mit seinem Lichte erfreut, kommt ungefähr der halben Summe der Nächte gleich, und beträgt 2190 Stunden oder 91 1/4 Tage. Von diesen Stunden fallen auf den

December	251	Stunden.
Januar oder November. .	244	=
Februar oder October . .	213	=
März oder September . .	182	=
April oder August . . .	152	=
Mai oder Juli	122	=
Juni	113	=

§. 96.

Da der Mond der nächste Himmelskörper ist, und zugleich eine bedeutende Größe hat: indem sein Durchmesser 468, sein Umfang 1470 Meilen enthält, die Größe der Oberfläche 687960 Quadratmeilen, und der Körperraum 53660000 Cubikmeilen beträgt; so hat man vermittelst der Fernröhre die Oberfläche dieses Weltkörpers am genausten kennen gelernt. Das unbewaffnete Auge sieht auf der Mondscheibe helle und dunkle Stellen; das Fernrohr zeigt, daß auf dem Monde hohe Berge, tiefe Thäler sich befinden. Die Thäler sind großentheils gerundet, und die Schatten der die Thäler einschließenden Ringgebirge erstrecken sich oft weit in dieselben hinein. Obwohl der Mond an Körperraum nur $1/50$ von der Größe der Erde ist, hat man doch Berge auf dem Monde entdeckt, die eben so hoch sind, wie die höchsten Berge der Erde.

Ehe die Fernröhre vervollkommnert waren, glaubte man, daß die dunklen Stellen Meere, die hellen Land wären. Beobachtet man aber gegenwärtig mit einem guten Fernrohre die angeblichen Meeresflächen, so bemerkt man in denselben starke Vertiefungen, worin sich die Schatten der Ränder deutlich zeigen. Ein Beweis, daß die dunklen Stellen nicht mit Wasser ausgefüllt sind. Man hat jedoch auf den Mondkarten die den dunklen Stellen früher gegebenen Namen von Meeren gelassen, den andern merkwürdigen Stellen auf dem Monde aber Namen von berühmten Männern beigelegt.

§. 97.

Die Höhe der Mondberge läßt sich durch folgende Methode bestimmen. Es sei Figur 25. AG ein Berg auf dem Monde; in S stehe die Sonne, und der Berg werfe den Schatten DG. Nun mißt man mit einem dazu eingerichteten Instrumente die Schattenlänge, d. h. man bestimmt, den wievielsten Theil vom Durchmesser des Mondes der Schatten einnehme. Da die Größe des Durchmessers nach einem Längenmaße, z. B. Meilen bekannt ist, findet man auch die Schattenlänge nach demselben Längenmaße. Alsdann bestimmt man im Dreieck AGD den Winkel ADG. Dieser Winkel ist gleich der Höhe der Sonne über dem Horizont des Berges A, kann daher gefunden werden. Im rechtwinkligen Dreiecke AGD sind alsdann bekannt die Seite DG mit den anliegenden Winkeln; es läßt sich also die Kathete AG d. i. die Höhe des Berges vermittelst des pythagoräischen Lehrsatzes oder durch trigonometrische Rechnung finden.

Vermittelst der angegebenen Methode kann man jedoch nur finden, wie hoch ein Berg über der nächsten Ebene hervorrage. Auf der Erde bestimmt man die Höhe der Berge über einer und derselben Ebene: der Meeresfläche.

§. 98.

Die Beobachtungen zeigen, daß der Mond uns stets dieselbe Hälfte zukehrt. In alten Zeiten glaubte man auf dem Monde ein Gesicht zu bemerken, und diese Meinung hat sich auch noch zum Theil beim Volke erhalten. Dieses Gesicht bleibt nach dem Volksglauben stets dasselbe; woraus sich ergibt, daß man schon früh bemerkte, der Mond wende stets dieselbe Seite der Erde zu. Wendet aber der Mond stets dieselbe Hälfte nach der Erde, so muß er in der Zeit, worin er die Erde umläuft, sich ebenfalls um seine Achse drehen.

In Figur 24. wendet der Neumond A die Seite ear nach der Erde; a sei ein Punkt mitten auf der Mondscheibe. Beim ersten Viertel in B steht ebenfalls a mitten auf dem Monde. Jetzt hat der Mond $1/4$ der Achsendrehung, in C hat er die Hälfte, in D $3/4$ der Achsendrehung, endlich in A die ganze Achsendrehung vollendet, wie die Figur 24. klar zeigt. In jedem periodischen Monate oder 27 $1/3$ Tagen dreht sich also der Mond um die Achse.

Hat beim Neumonde A der Punkt u die Sonne im Zenith, so wird wiederum die Sonne im Zenithe von u stehen, wenn die Erde in v, der Mond sich in L befindet. Hieraus folgt, daß, da u bei der Stellung des Mondes in A Mittag hatte, bis zum nächsten Mittage von u, wenn der Mond in L steht, 29 $1/2$ Tage verfließen, oder daß ein Tag auf dem Monde die Dauer von 29 $1/2$ Erdentagen, nämlich die Dauer eines synodischen Monates habe. Ein Punkt auf dem Monde hat also abwechselnd während beinahe 15 Erdentagen Nacht und eben so lange Tag. Hat der Mond Bewohner, so genießen die Bewohner der Mondhälfte, welche der Erde zugekehrt ist, der großen Annehmlichkeit, daß sie während ihrer Nacht stets Licht von der Erde bekommen.

Bei der Stellung des Mondes in D beginnt für den Mittelpunkt a der Mondhälfte ear die Nacht, indem die Sonne alsdann unter den Horizont von a sinkt. Der Bewohner von a sähe aber die Scheibe der Erde T zur Hälfte erleuchtet, oder das erste Viertel der Erde. Beim Vorangehen des Mondes von D nach A sähe der Mondbewohner in a die Scheibe der Erde sich mehr und mehr runden, bis nach 7 Erdentagen, seitdem die Nacht von a begann, die ganze Scheibe der Erde im schönsten Lichte sich zeigte. Der Mondbewohner hätte Vollerde; dabei erschiene die Scheibe der vollen Erde dem Mondbewohner fast 14 mal so groß, als uns Erdbewohnern der Vollmond. Beim Laufe des Mondes von A nach B würde die helle Scheibe der Erde stets kleiner. Wäre der Mond in B, so sähe der Mondbewohner in a das letzte Viertel der Erde, und zugleich begänne ihm der Morgen eines neuen Tages.

§. 99.

Ganz genau weiset jedoch nicht der Mond dieselbe Seite der Erde. Flecken am Rande des Mondes erscheinen und verschwinden abwechselnd; so wie auch Flecken in der Nähe des Mittelpunktes der Mondscheibe zuweilen rechts, dann links, dann nach oben, und wieder nach unten vom Mittelpunkte abweichen. Diese Aenderungen nennt man das Schwanken oder die Libration (libratio) des Mondes. Das Schwanken nach dem östlichen oder westlichen Rande nennt man die Libration in die Länge, und das Schwanken nach oben oder unten die Libration in die Breite. Dieses Schwanken ist nur scheinbar, und läßt sich aus dem ungleichförmigen Laufe des Mondes in seiner elliptischen Bahn und der Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik vollständig erklären.

§. 100.

Man hat darüber gestritten, ob der Mond von einem Dunstkreise oder einer Atmosphäre, wie die unserer Erde ist, umgeben sei. — Hätte der Mond eine Atmosphäre wie unsere Erde, so müßte auch die Atmosphäre des Mondes, weil die oberen Schichten auf die unteren drücken und so diese verdichten, von oben nach unten an Dichtigkeit zunehmen. Da der Mond oft Sterne bedeckt, müßte, wenn ein Stern sich dem Mondrande näherte, und stets hinter eine dichtere Schichte der Mond-Atmosphäre träte, der Stern seinen Glanz etwas verlieren, bevor er vom Monde bedeckt würde. Dies ist aber nicht der Fall: der Stern verschwindet plötzlich, ohne zuvor eine Lichtschwäche zu zeigen. — Auch müßte, wenn der Mond eine Atmosphäre hätte, eine Dämmerung an der Nachtgrenze des

Mondes statt finden, was aber nach der Meinung von vielen Astronomen nicht der Fall war. Aus diesen Gründen behaupteten manche Astronomen, der Mond habe keine Atmosphäre. Kein Astronom hat jedoch so unermüdet den Mond beobachtet als Schröter in Lilienthal. Dieser Astronom fand kurze Zeit nach dem Neumonde, daß neben der Lichtgrenze sich ein mattgrauliches Licht zeigte, welches mit der Entfernung von der Lichtgrenze schwächer wurde, und sich in der Nachtseite verlor. Die Breite des Streifens, über den sich das matte Licht erstreckte, fand Schröter 20 Meilen groß. Daraus berechnete er die Höhe der Mond-Atmosphäre zu 8000 Fuß, was etwa $^1/_{29}$ von der Höhe der Atmosphäre der Erde ist. Die hohen Mondberge ragen also weit über die Atmosphäre hinaus.

Große Wassermassen kann der Mond nicht haben. Das Wasser dünstet beständig aus. Daher müßten auf dem Monde die aus den Meeren aufsteigenden Dünste sich zu Zeiten verdichten, und den Mond etwas verdunkeln. Solche Verdunkelungen sind aber noch von keinem Astronomen bemerkt. Da der Mond nur eine schwache Atmosphäre und keine bedeutende Wassermassen hat, ist seine natürliche Beschaffenheit von der unserer Erde auffallend verschieden. Hat nun der Mond auch vernünftige Bewohner, so müssen die ganz anders beschaffen sein, wie wir Erdbewohner. Indessen läßt sich nicht ausmachen, ob der Mond vernünftige Bewohner habe. — Der Astronom Gruithusen sieht freilich durch sein Fernrohr schon große, von den Mondbewohnern ausgeführte Werke. Er wagt Vermuthungen über die Religion der Mondbewohner, und macht den Vorschlag, sich mit diesen durch Zeichen zu verständigen. Welcher Unbefangene erkennt nicht, daß dies Alles nur Spiel einer lebhaften Phantasie sei?

§. 101.

Die Verfinsterungen der Sonne und des Mondes haben zu allen Zeiten die Aufmerksamkeit der Menschen auf sich gezogen. Unwissende Völker sahen in diesen Erscheinungen Vorboten großer Unglücksfälle. Gegenwärtig kennt man nicht bloß die Ursache dieser Erscheinung, sondern man kann auf Jahrhunderte im voraus die eintreffenden Finsternisse berechnen. Eben so lassen sich die Finsternisse berechnen, welche in den verflossenen Jahrhunderten eintrafen.

Die Ursache der Finsternisse ist leicht einzusehen. Die Mondbahn schneidet die Ekliptik in 2 Punkten, welche Knoten genannt werden. Ist der Mond, wenn er in den Knoten seiner Bahn kommt, zugleich neu oder voll; so bilden Sonne, Mond, Erde eine gerade Linie, und es entsteht eine Finsterniß.

Steht der Neumond A, Figur 24., gerade zwischen Sonne und Erde, so hält er als dunkler Körper die Sonnenstrahlen von einem Theile der Erde ab: die Sonne verliert anscheinend ihr Licht, wir haben eine Sonnenfinsterniß, die, wie von selbst einleuchtet, richtiger Erdfinsterniß genannt würde.

Bildet der Vollmond C mit der Erde T und der Sonne S eine gerade Linie, so fängt die Erde die Sonnen-Strahlen auf, welche ihre Richtung nach dem Monde haben: der Mond, welcher nur durch erborgtes Sonnenlicht glänzt, verliert seine Erleuchtung oder wird verfinstert.

Zum Entstehen der Finsternisse wird jedoch nicht erfordert, daß der Neu- oder Vollmond genau im Knoten seiner Bahn sei, daß mithin Sonne, Mond, Erde genau eine gerade Linie bilden; sondern es entstehen schon Finsternisse, wenn der Neu- oder Vollmond in der Nähe des Knotens ist, also die 3 Weltkörper beinahe eine gerade Linie bilden. Steht aber der Vollmond 13° 21′, der Neumond 19° 44′ vom Knoten seiner Bahn, so findet im ersten Falle keine Mond-, im zweiten Falle keine Sonnenfinsterniß mehr statt.

Aus dem Gesagten folgt: eine Sonnenfinsterniß kann nur beim Neumonde, und eine Mondfinsterniß beim Vollmonde statt finden. Es folgt ferner, daß bei weitem die geringere Zahl der Neu- und Vollmonde Finsternisse hervorbringt. Bewegte sich der Mond in der Ebene der Ekliptik, so würde bei jedem Umlaufe des Mondes um die Erde eine Sonnen- und eine Mondfinsterniß eintreffen. Bei den meisten Neumonden steht aber der Neumond A Figur 24. so hoch über oder so tief unter der Ebene, worin die Mittelpunkte von T und S liegen, (die Ebene der Ekliptik), daß die Sonnenstrahlen ungehindert bei A vorbeigehen und auf T fallen. Eben so steht der Vollmond C in den meisten Fällen so hoch über oder so tief unter der Ebene der Ekliptik, daß die Erde T die auf C gerichteten Sonnenstrahlen nicht auffangen kann.

Sowohl Sonne als Mond können ihr Licht ganz (total) verlieren, dann ist die Finsterniß eine totale. Verlieren beide Weltkörper ihr Licht theilweise (partial), so heißt die Finsterniß eine partiale.

Central heißt eine Mondfinsterniß, wenn bei der Verfinsterung die Mittelpunkte (centra) der drei Weltkörper in eine gerade Linie kommen.

Central heißt eine Sonnenfinsterniß, wenn der Ort, wo man die Finsterniß beobachtet, mit den Mittelpunkten (centris) des Mondes und der Sonne in eine gerade Linie kommt.

Die Orte auf der Erde, wo man die Finsterniß sehen kann haben eine sichtbare, die übrigen Orte eine unsichtbare Finsterniß.

§. 102.

Sowohl Erde als Mond sind dunkle Körper, werfen mithin nach der von der Sonne abgewandten Seite einen Schatten. Dieser Schatten erhält die Gestalt eines Kegels, weil die Sonne größer als die Erde und größer als der Mond ist. Der Schatten der Erde erreicht keinen andern Weltkörper als den Mond und der Mondschatten bloß die Erde; daher können Mond und Erde sich bloß gegenseitig, nicht aber andere Weltkörper verfinstern. Wie weit erstreckt sich denn der Schatten der Erde und der Schatten des Mondes?

Es sei Figur 26. AED die Sonne, ihr Mittelpunkt S; BMK die Erde, T der Mittelpunkt. ABG, DKG seien Tangenten der beiden Weltkörper; dann sind BG und KG die Grenzen des Erdschattens. Die Verbindungslinie von S und T wird, wie von selbst einleuchtet, verlängert die Spitze des Schattenkegels G treffen. Nun sei $TG = x$ die gesuchte Schattenlänge.

Bekannt sind SA, TB, ST. Setzen wir $SA = R$, $TB = r$, $ST = d$, so ist $SG = d + x$. Da die Halbm. R und r mit den Tangenten AG, DG rechte Winkel bilden, ist das Dreieck $SAG \sim TBG$.

Daher $SA : TB = SG : TG$

oder $R : r = d + x : x$

daher auch $R - r : r = d + x - x : x$

woraus folgt $x = \frac{dr}{R - r}$.

Nehmen wir $r = 1$ als Längenmaß für x, und setzen $d = 20\,700000$ Meilen $= 24084\,r$, und $R = 112\,r$;

so ist $x = \frac{24084}{112 - 1} = 216{,}97\ldots$

Es beträgt also die Länge des Erdschattens fast 217 Halbm. der Erde oder 186400 Meilen.

Steht der Mond bei der Finsterniß 51000 Meilen von der Erde, so erstreckt sich der Erdschatten noch 135000 Meilen jenseit des Mondes.

Auf gleiche Art findet man die Länge des Mondschattens zu beiläufig 50000 Meilen.

Wird der Schattenkegel der Erde durch eine Ebene, worauf die Achse des Kegels senkrecht steht, geschnitten, so ist die Durchschnittsfläche des Kegels ein Kreis. Durch eine leichte trigonometrische Rechnung läßt sich zeigen, daß der Durchmesser der Durchschnittsfläche des Erdschattens an der Stelle, wo der verfinsterte Mond durch denselben geht, fast dreimal so groß ist als der Durchmesser des Mondes.

§. 103.

Sowohl die Erde als der Mond durchlaufen ihre Bahnen in der Richtung von Westen nach Osten: die Erde Figur 26. in der Richtung von C nach F, der Mond in der Richtung von Q nach H. Der Mond, welcher täglich 13° seiner Bahn durchläuft, indeß die Erde nur 1° vorankömmt, bewegt sich mithin 13 mal geschwinder als die Erde, und tritt von Westen oder Q kommend in den Erdschatten; woraus sich ergibt, daß eine Mondfinsterniß jedesmal am östlichen Rande des Mondes beginnen müsse.

Taucht auch der Mond völlig in den Schatten ein, wo eine totale Finsterniß eintritt; so hört er doch in der Regel nicht auf, sichtbar zu sein, sondern erscheint in einem matten dunkelrothen Lichte. Die Erde ist nämlich von einer Atmosphäre oder einem Dunstkreise umflossen. Die Sonnenstrahlen, welche nahe der Erde vorbei durch die Atmosphäre gehen, werden durch diese zum Theil von der geraden Richtung abgelenkt, beugen sich um die Erde, so daß sie noch auf den verfinsterten Mond fallen, und uns denselben in einem matten Lichte zeigen. Doch hat es sich mehrmalen ereignet, daß man selbst mit Fernröhren den verfinsterten Mond bei heiterem Himmel nicht hat auffinden können.

Geht bei der totalen Mondfinsterniß der Mittelpunkt des Mondes durch die Achse des Schattenkegels, oder was dasselbe ist, ist die Finsterniß central; so muß die Dauer, welche der Mond im Erdschatten verweilen kann, am längsten sein, weil der Mond den möglichst größten Weg durch den Schatten nimmt. Der Mond kann alsdann 1 3/4 Stunden in dem Erdschatten verweilen.

Geht nur ein Theil des Mondes durch den Erdschatten, so wird nur ein Theil der Vollmond-Scheibe des

Lichtes beraubt: wir haben eine partiale Mondfinsterniß. Um die Größe der partialen Finsterniß anzugeben, theilt man den scheinbaren Durchmesser der Mondscheibe in zwölf gleiche Theile, die man Zolle nennt. Sagt man nun z. B., die Mondfinsterniß betrage 6 Zoll, so wird dadurch angezeigt, daß der Rand des Erdschattens durch den Mittelpunkt der Mondscheibe gehe, diese also beinahe zur Hälfte verfinstert werde.

Der Schattenkegel der Erde, dessen Grenzen die Tangenten BG und KG angeben, heißt der eigentliche oder der Kernschatten. Zieht man zu beiden Weltkörpern die Tangenten DH, AQ, so ist zwischen MH und BI, eben so zwischen NQ und KP Schatten und Licht mit einander gemischt. Man nennt diesen Schatten, welcher den Kernschatten einschließt, Halbschatten. Der Halbschatten wird um so dunkler, je näher er dem Kernschatten ist; daher hält es so schwer, den Augenblick zu bestimmen, wo der Mond aus dem Halbschatten in den Kernschatten tritt, und die eigentliche Finsterniß beginnt.

Der Mond verliert bei der Verfinsterung wirklich sein Licht; daher eine Mondfinsterniß überall, wo der Mond über dem Horizonte steht, also auf der halben Erde in demselben Augenblick beginnt. Deßwegen kann eine Mondfinsterniß dazu benutzt werden, den Unterschied der Tageszeit von Orten, welche nicht auf demselben Meridian liegen, zu bestimmen, und dadurch den Unterschied der geographischen Länge dieser Orte zu finden.

Eine Mondfinsterniß ist freilich nur auf der halben Erde zu gleicher Zeit sichtbar; allein während der Finsterniß fährt die Erde fort sich um ihre Achse zu drehen. Dauert nun die Finsterniß 4 Stunden, so vollendet die Erde in dieser Zeit 1/6 ihrer Achsendrehung; daher in dieser Zeit vielen Gegenden der verfinsterte Mond auf- und andern untergeht. — Jede Mondfinsterniß ist also weiter als auf der halben Erde sichtbar.

§. 104.

Bildet der Neumond mit Sonne und Erde völlig oder beinahe eine gerade Linie, so haben wir eine Sonnen=Finsterniß. Obwohl der Mond an körperlichem Inhalte nicht völlig $1/50$ von dem Inhalte der Erde ist, so erscheint uns doch der Durchmesser des Mondes ungefähr so groß wie der Durchmesser der Sonne; was eine Folge seines verhältnißmäßig kleinen Abstandes von der Erde ist, der nur $1/400$ vom Abstande der Sonne beträgt. Wegen der elliptischen Bahn des Mondes um die Erde und der elliptischen Bahn der Erde um die Sonne sind Sonne und Mond der Erde bald näher bald ferner; daher denn auch der scheinbare Durchmesser beider Weltkörper sich ändert, offenbar größer ist, wenn diese Weltkörper der Erde näher stehen. Der Mond steht in seiner kleinsten Entfernung nur etwa 6000 Meilen der Erde näher als in seiner größten Entfernung; dennoch hat dieser Unterschied des Abstandes einen bedeutenden Einfluß auf den scheinbaren Durchmesser des Mondes, weil der Mond uns bei weitem der nächste Weltkörper ist. Daher kömmt es, daß der Durchmesser des Mondes gleich dem Durchmesser der Sonne, auch größer und kleiner als der Sonnen=Durchmesser erscheinen kann; oder die Mondscheibe kann gleich, größer, kleiner als die Sonnenscheibe sein.

Ist bei der centralen Sonnenfinsterniß die Mondscheibe größer als die Scheibe der Sonne, so ragt, wann die Mittelpunkte des Mondes und der Sonne mit dem Beobachtungsort eine gerade Linie bilden, der dunkle Mondrand über den Sonnenrand hervor: es ist eine totale Finsterniß mit Dauer (cum mora). Diese kann an einem bestimmten Orte höchstens 3 Minuten 41 Secunden dauern.

Erscheinen bei der centralen Sonnenfinsterniß die Scheiben des Mondes und der Sonne gleich groß, so kann die Sonne nur einige Augenblicke vom Monde bedeckt werden: wir haben eine totale Sonnenfinsterniß ohne Dauer (sine mora).

Ist endlich bei der centralen Sonnenfinsterniß die Scheibe der Sonne größer als die des Mondes, so sieht man, wenn der Mond gerade mitten vor der Sonne steht, den unbedeckten Sonnenrand wie einen glänzenden Ring; daher diese Finsterniß eine ringförmige genannt wird.

§. 105.

Zur Versinnlichung dieser Erklärungen möge Figur 27. dienen. Es sei agb die elliptische Erdbahn; in a sei die Erde in ihrer Sonnennähe (im Perihelio), in b in ihrer Sonnenferne (im Aphelio). Die Verbindungslinie von a und b ist die große Achse; e deren Mittelpunkt oder Mittelpunkt der Ellipse; c Brennpunkt, welchen der Mittelpunkt der Sonne inne hat: dann ist ec die Excentricität der Erdbahn. Um 2ec, um die doppelte Excentricität, (§. 68.) ist die Sonne der Erde näher, wenn diese in a, als wenn sie in b steht.

Der Mond in f sei in seiner Erdnähe, und die Erde b in ihrer Sonnenferne; so hat der Mond seine größte Entfernung von der Sonne, die er als Neumond haben kann. Mit der größeren Entfernung von der Sonne wird auch der Schattenkegel länger und trifft die Erde, welche ihren kleinsten Abstand vom Monde hat. Soweit der eigentliche oder Kernschatten reicht, ist völlige Nacht. Da bei der totalen Finsterniß die tiefste Nacht plötzlich eintritt im Augenblicke, wo der Mond die Sonne deckt; so hat eine totale Sonnen-Finsterniß etwas Schauerliches. Eine totale Finsterniß ereignete sich den 21. August 1560 in Coimbria, wo nach dem Berichte eines Augenzeugen Vögel vor Schrecken über die plötzliche Finsterniß zur Erde fielen. Paris hatte den 22. Mai 1724 eine totale Sonnen-Finsterniß, die 2 3/4 Minuten dauerte, und wobei Mercur und Venus sichtbar wurden. Im Augenblicke aber, wie der

Sonnenrand hervortrat, warf derselbe ein so helles Licht, daß die ganze Finsterniß schien aufgehört zu haben.

Totale Sonnen=Finsternisse gehören an bestimmten Orten zu den höchst seltenen Erscheinungen. Paris hat vom Jahre 1769 bis 1900, in 132 Jahren, 59 sichtbare Sonnen=Finsternisse. Unter diesen ist keine einzige total; bloß eine ringförmige wird am 9. October 1847 eintreffen.

Auch unter den günstigsten Umständen: wenn der Mond der Erde möglichst nahe und die Sonne von ihr möglichst entfernt ist, reicht der Mondrand nur wenig über die Sonnenscheibe hervor. Bei der schnellen Bewegung des Mondes muß also der Sonnenrand bald wieder hervortreten; weswegen die völlige Dunkelheit nur gegen 4 Minuten an einem bestimmten Orte dauern kann. Indessen rückt der Mondschatten auf der Erde weiter, und so kann die Dauer der totalen Finsterniß auf der Erde überhaupt sich auf einige Stunden erstrecken.

Der Kreis, welcher vom Mondschatten zu gleicher Zeit in Nacht versetzt wird, hat im Durchmesser höchstens 30 Meilen.

Erscheint der Mond in h von gleicher Größe mit der Sonne, so decken sich bei einer centralen Finsterniß auf einen Augenblick beide Weltkörper. Die Spitze des Mondschattens berührt die Oberfläche der Erde. An den Orten, die von der Schattenspitze getroffen werden, tritt völlige Nacht ein, die aber wegen der schnellen Bewegung des Mondes nur einen Augenblick währet.

In a ist die Erde in ihrer Sonnennähe, der Mond d in seiner Erdferne. Die Sonne hat also den größten, der Mond den kleinsten scheinbaren Durchmesser. Steht nun bei der centralen Finsterniß der Mond mitten vor der Sonne, so ist der Sonnenrand unbedeckt: die Sonnen=Finsterniß ist ringförmig. — Eine ringförmige Finsterniß ereignete sich in dieser Gegend den 7. September 1820. Hätte diese Finsterniß Ende Decembers statt gefunden, wo die Sonne der Erde am nächsten ist, mithin den größten scheinbaren Durchmesser hat; so wäre der helle Ring breiter gewesen.

§. 106.

Figur 28. bedeute S die Sonne, L den Mond, T die Erde. AI und CI seien Tangenten der Sonne und des Mondes, so heißt der Schatten zwischen diesen Tangenten Kernschatten. Zieht man von A und C aus zum Monde die Tangenten AK, CG, so ist zwischen I und G, ebenfalls zwischen I und K der Halbschatten des Mondes. So weit dieser Halbschatten auf der Erde reicht, hat man eine partiale Sonnen-Finsterniß, deren Größe, wie beim Monde nach Zollen bestimmt wird.

In Figur 24. rückt der Mond von D, nämlich von Westen kommend, vor die Sonnenscheibe. Der Ostrand des Mondes tritt nun zuerst vor den Westrand der Sonne: es beginnt also eine Sonnen-Finsterniß am westlichen Rande. Eine Sonnen-Finsterniß zeigt sich daher früher den westlichen als den östlichen Bewohnern der Erde.

§. 107.

Im Allgemeinen ist über die Finsternisse noch folgendes zu bemerken.

Mehr als sieben Finsternisse können in einem Jahre nicht eintreffen. Sonnen-Finsternisse kommen wenigstens zwei in jedem Jahre vor; Mondfinsternisse können fehlen. Im Durchschnitt fallen auf jedes Jahr 4 Finsternisse. Wiewohl mehr Sonnen- als Mondfinsternisse sich ereignen, so hat doch ein bestimmter Ort mehr sichtbare Mond- als Sonnenfinsternisse. Mondfinsternisse sind weiter als auf der halben Erde sichtbar; dagegen erstreckt sich die Sichtbarkeit einer Sonnenfinsterniß auf einen weit kleinern Theil der Erde: weil die Sonne bei einer Finsterniß nicht ihres Lichtes beraubt wird. — Von 46 Sonnen- und 28 Mond-

Finsternissen, welche von 1776 bis 1793 eintrafen, waren in Berlin nur 8 Sonnen- dagegen 15 Mondfinsternisse sichtbar.

Die Berechnung der Finsternisse ist bei den großen Hülfsmitteln, welche die Astronomie gegenwärtig darbietet, mehr mühsam als schwer; doch hat die Berechnung einer Sonnenfinsterniß weit mehr Schwierigkeiten als die einer Mondfinsterniß.

Herodot erzählet, Thales von Milet habe eine Sonnenfinsterniß angekündiget. Diese Finsterniß sei während einer Schlacht zwischen den Medern und Lydiern eingetroffen. Die Fechtenden hätten, als der Tag sich plötzlich in Nacht verwandelt, vor Schrecken die Waffen weggeworfen; worauf der Friede erfolgt sei. — Herodot gibt das Jahr, wo diese merkwürdige Finsterniß eingetroffen, sehr unbestimmt an; daher die Chronologen die Finsterniß auf das Jahr 585, auf 601 auch 621 vor Christus gesetzt haben. Doch ist selbst die Ankündigung der Finsterniß oftmals bezweifelt. — Hat Thales den Joniern eine Sonnenfinsterniß angekündiget, so that er dieses ohne Zweifel, nicht vermöge einer künstlichen Berechnung, sondern vermittelst der 19jährigen Periode, nach welcher die Finsternisse in einem neuen Kreislaufe zurückkehren. Diese Periode war schon im hohen Alterthum unter dem Namen von chaldäischer Periode, auch unter dem Namen von Saros berühmt. Möglich, daß Thales auf seinen Reisen im Orient diese Periode kennen gelernt hatte.

Der Mond durchschneidet die Ekliptik bei jedem Umlaufe nicht an derselben Stelle, sondern diese Durchschnittspunkte, Knoten genannt, rücken jährlich gegen 19° in der Richtung von Osten nach Westen voran. Weil nur Finsternisse sich ereignen, wenn der Mond in oder nahe bei den Knoten seiner Bahn sich befindet, so stehen bei den eintreffenden Finsternissen Sonne und Mond nach und nach in andern Stellen ihrer Bahnen, oder die Finsternisse fallen nach und nach in verschiedene Zeichen des Thierkreises. In 18 Jahren und fast 11 Tagen, worin 223 Neumonde statt haben, sind die Knoten in der Ekliptik herumgekommen. Sonne und Mond erhalten bei den eintreffenden Finsternissen wieder ihre frühere Stellen im Thierkreise. Daher fallen im 19ten Jahre nach 235 Neumonden in einem neuen Kreislaufe die Finsternisse, jedoch mit einiger Aenderung, auf dieselben Monatstage, wie folgende Zusammenstellung nachweiset.

Finsternisse.	Finsternisse.
1814. 21. Januar Sonnenfinst. sichtbar auf der südlichen Halbkugel. 17. Juli Sonnenfinster. sichtbar in Europa. 26. December Mondfinst. sichtbar in Europa. Fehlen.	1833. 20. und 21. Januar Sonnenfinsterniß, sichtbar auf der südlichen Halbkugel. 17. Juli Sonnenfinsterniß, sichtbar in Europa. 26. December Mondfinst. sichtbar in Europa. 6. Januar 1. Juli } Mondfinstern.
1815. 10. Januar Sonnenfinst. sichtbar auf der südlichen Halbkugel. 21. Juni Mondfinsterniß, sichtbar im größten Theil von Europa, fast in ganz Asien und Afrika. 30. November Sonnenf. sichtbar im nördlichen Eismeere und äußersten nordöstlichen Asien. 16. December Mondfinst. sichtbar im nordöstl. Europa. 6. Juli Sonnenf. sichtbar im nördlichsten Europa. 30. December Sonnenf.	1834. 9. und 10. Januar Sonnenfinsterniß, sichtbar auf der südlichen Halbkugel. 21. Juni Mondfinsterniß, sichtbar in Amerika und einem Theile von Afrika. 30. November Sonnenfin. sichtbar in Nordamerika und dem nördlichsten Theile von Südamerika. 16. December Mondfinst. sichtbar in ganz Europa. 7. Juni Sonnenfinsterniß, sichtbar in Südafrika und den benachbarten Meeren. Fehlt.

Obgleich die 19jährige Periode nicht genau ist, wie aus dieser Zusammenstellung hervorgeht; so reicht doch die Kenntniß dieser Periode hin, um, wenn heute eine große, z. B. eine totale Finsterniß eintrifft, anzukündigen, daß nach 235 synodischen Monaten ebenfalls eine Finsterniß sich ereignen werde. Genauere Perioden für die Wiederkehr der Finsternisse in einem neuen Kreislaufe sind, das Jahr zu 365 1/4 Tagen gesetzt, die Perioden von 521 und 2362 Jahren.

§. 108.

Noch müssen wir den Einfluß betrachten, welchen der Mond auf die periodische Bewegung des Meeres ausübt, die unter dem Namen von Fluth und Ebbe (fluxus et refluxus, æstus maris) bekannt ist.

Das Wasser des Oceans steigt und fällt regelmäßig jeden Tag zweimal. Es steigt ungefähr 6 Stunden, überströmt die Küsten, und dringt weit in die Flüsse hinein. Dieses Anschwellen heißt die Fluth, und der höchste Stand des Wassers wird die volle See genannt. In diesem Zustande bleibt das Meer kurze Zeit, beginnt alsdann wieder zu sinken, welche Bewegung die Ebbe genannt wird, bis es nach ungefähr 6 Stunden seinen niedrigsten Stand oder die tiefe See erreicht hat. Auch die tiefe See währet kurze Zeit, nach welcher die Fluth wieder auf die angegebene Weise beginnet. — Diese Bewegungen sind durchaus regelmäßig; das Wetter mag heiter oder stürmisch sein.

An den Orten, wo der freien Bewegung des Wassers Inseln, Vorgebirge, Meerengen kein Hinderniß in den Weg stellen, bemerkt man bei der genannten Meeresbewegung 3 Perioden: 1) die tägliche, 2) die monatliche, 3) die jährliche Periode.

Die tägliche Periode beträgt 24 Stunden und etwa 50 Minuten, in welcher Zeit zweimal Ebbe und zweimal

Fluth eintrifft. Daher verspätet sich die Fluth täglich gegen 50 Minuten. Nach 29 Tagen hat sich die Fluth um 24 Stunden oder 1 Tag verspätet. Mithin hat ein Hafen jedesmal nach einer Zwischenzeit von 29 Tagen zur selben Stunde des Tages Fluth.

Die monatliche Periode besteht darin, daß in jedem Monate kurz nach dem Neu= und Vollmonde die größten Fluthen, Springfluthen, und kurz nach den Mondsvierteln die kleinsten Fluthen, Nippfluthen auch todte See genannt, eintreffen.

Hinsichtlich der jährlichen Periode zeigt sich, 1) daß beim Wintersolstitium die Fluthen etwas größer sind als beim Sommersolstitium; 2) daß die Fluthen größer sind wenn der Mond in der Erdnähe ist; 3) daß im ganzen Jahre die größten Fluthen statt haben, wenn der Mond in der Erdnähe, im Aequator und neu oder voll ist.

§. 109.

Erwägt man die genannten Erscheinungen, so springt von selbst in die Augen, daß Ebbe und Fluth im genauen Zusammenhange mit dem Laufe des Mondes stehen, wenn man auch das Wie? nicht zu erklären im Stande wäre. Schon die alten Naturforscher schrieben diese periodische Meeresbewegung dem Einflusse der Sonne und des Mondes zu. Causa in sole lunaque, sagt Plinius. — Jetzt kennt man nicht bloß den Grund der Ebbe und Fluth, sondern man kann die besondern Umstände dieser Erscheinung im voraus berechnen, und die Erfahrung zeigt die Richtigkeit der Rechnung.

Wiewohl der Mondlauf nicht regelmäßig ist, und zwischen zweien Durchgängen des Mondes durch den Meridian nicht genau dieselbe Zeit vergeht; so zeigt die Rechnung, daß im Mittel die tägliche Verspätung des Durchganges durch den Meridian etwa 50 Minuten betrage; und um eben so viel Zeit verspätet sich im Mittel täglich die Fluth.

Die Ebbe und Fluth entsteht durch die Anziehung des Mondes: denn so wie die Erde alles darauf befindliche vermöge der Schwerkraft an sich zieht, so findet auch eine gegenseitige Anziehung zwischen der Sonne, den Planeten und ihren Trabanten statt. Nun ist die Anziehung des Mondes viel zu schwach, um den Erdball von seiner Stelle zu rücken. Wo aber das Meer dem Monde eine große Fläche darbietet, wirkt die Anziehungskraft des Mondes auf die nähern Gegenden stärker als auf die entferntern. In jenen wird daher das Wasser etwas in die Höhe gehoben; dadurch muß es von den Seiten herbeiströmen: an diesen entsteht mithin Ebbe. Dieses Herbeiströmen erfordert aber einige Zeit, während welcher der Mond ununterbrochen seinen Lauf fortsetzt. Daher tritt die volle See nicht ein, wenn der Mond einer Meeresgegend am nächsten ist, oder im Zenithe steht, sondern erst 2—3 Stunden nach dem Durchgange des Mondes durch den Meridian.

Doch ist nicht bloß dort Fluth, wo der Mond kurz vorher culminirte, (dann würde ja in 24 Stunden nur einmal Fluth sein), sondern auch gerade an der entgegengesetzten Seite der Erde. Dieses ist schwieriger zu erklären; indessen kann man sich die Sache so vorstellen: Der Mond zieht den nähern Mittelpunkt der Erde stärker an, als die entgegengesetzte Erdoberfläche, und schwächt dadurch die Anziehung, welche der Mittelpunkt der Erde auf genannte Fläche ausübt; dadurch wird das Wasser in dieser Gegend leichter (es wird nicht so stark zum Mittelpunkt der Erde hingezogen) als an den zur Seite liegenden Gegenden. Aus diesen muß also das schwerere Wasser nach der Mitte hinströmen, wo es sich hebt, um der herbeiströmenden Wassermasse das Gleichgewicht zu halten: es entsteht also hier wieder Fluth.

Da der Mond sich nur etwa 28° vom Aequator entfernt, so muß seine Anziehung auf die Polargewässer geringe sein; daher auch über den 65ten Breitengrad hinaus Ebbe und Fluth aufhören. Auch in eingeschlossenen Meeren wie die Ostsee, zumalen diese schon nördlich liegt, findet keine Ebbe und Fluth statt; selbst im Mittelmeer ist sie kaum bemerklich.

§. 110.

Die Erklärung der monatlichen Periode bietet keine Schwierigkeit dar. Die Sonne zieht ebenfalls die Erde an, wiewohl weit weniger als der Mond, da sie 400 mal weiter von der Erde absteht, und mit der größern Entfernung die Anziehungskraft eines Weltkörpers abnimmt. — Vereinigen Sonne und Mond ihre Anziehungskraft, so muß die Fluth größer werden; und wirken sie gegen einander, so muß die Fluth geringer sein. Beim Neu- und Vollmonde wirken Sonne und Mond, weil sie mit der Erde in einer Linie stehen, zusammen; daher sind kurz nach dem Neu- und Vollmonde die Springfluthen. Bei den Vierteln steht der Mond 90° von der Sonne. Die Sonne steht also über der Gegend, wo der Mond die Ebbe hervorbringt. Die Sonne hebt aber daselbst etwas das Wasser; also kann die Ebbe nicht so stark sein, und mithin wird die Fluth auch nicht so hoch steigen können. Daher ist kurz nach den Mondsvierteln die todte See. Das Gesagte reicht hin zur Erklärung der Erscheinung, daß die Fluthen stets abnehmen, wenn der Neu- oder Vollmond zu den Vierteln geht; daß hingegen die Fluthen wachsen, während der Mond auf seinem Laufe sich von den Vierteln dem neuen oder vollen Lichte nähert.

§. 111.

Noch bleibt die Erklärung der jährlichen Periode übrig, die gleichfalls nicht schwierig ist.

1. Beim Wintersolstitium ist die Sonne der Erde am nächsten, beim Sommersolstitium am weitesten von ihr entfernt; daher übt sie beim Wintersolstitium eine stärkere Anziehung auf die Erde, mithin auch auf das Meer:

die Fluthen müssen also beim Wintersolstitium etwas größer sein.

2. Daß die Fluthen stärker sind, wenn der Mond in der Erdnähe als wenn er in der Erdferne ist, erklärt sich von selbst durch die im ersten Falle stärker wirkende Anziehung des Mondes.

3. Ist der Mond in der Erdnähe, im Aequator, voll oder neu, so treffen alle Ursachen zusammen, welche die Fluth verstärken. Beim Voll- und Neumonde finden schon die Springfluthen statt; diese sind stärker durch die Erdnähe des Mondes. Am Aequator sind wegen des Umschwunges der Erde um ihre Achse die Körper leichter als in größeren geogr. Breiten. Steht also der Mond über dem Aequator, so muß bei gleicher Anziehung des Mondes das leichtere Wasser stärker gehoben werden; also werden die Springfluthen, die bereits durch die Erdnähe des Mondes größer waren, ihre größte Höhe erreichen. Man erkennt aus dem Gesagten, wie durch die Annahme der gegenseitigen Anziehung der Weltkörper, die noch durch andere Erscheinungen außer Zweifel gesetzt wird, die Entstehung der Ebbe und Fluth mit den begleitenden Umständen sich einfach erklären lasse.

Neuerdings hat jedoch ein Naturforscher (Wilbrand in Gießen) die Behauptung aufgestellt, daß Ebbe und Fluth keinesweges durch Mond und Sonne hervorgebracht würden. Ebbe und Fluth sind nach dessen Behauptung bloß regelmäßige Bewegungen im Leben des Erdkörpers.

§. 112.

Im Allgemeinen ist noch über Ebbe und Fluth zu bemerken. Die Höhe, zu welcher sich die Fluth in einzelnen Gegenden erhebt, hängt sehr von der Lage der Küsten, von Busen, Meerengen, Inseln, Vorgebirgen ab. Es steigt z. B. an den südlichen Küsten von Bretagne das Wasser bei der Fluth 17 bis 18 Fuß; hingegen zu St. Malo mannigmal bis zu 50 Fuß. Dies läßt sich aus der

Lage des zwischen Frankreich und England befindlichen Canals erklären. Das aus dem Ocean heranströmende Wasser, welches von Südwesten kömmt, dringt ohne Hinderniß in die weite Oeffnung des Canals, kann aber die zwischen Dover und Calais liegende Meerenge nicht so bald durchdringen. Nun hebt es sich in dem Busen, woran St. Malo liegt, zumalen das nach Nordosten weit in's Meer hervortretende Land dem fortströmenden Meerwasser ein großes Hinderniß entgegenstellt.

Bei mehreren Inseln der Südsee fand man die Fluth nur 2—3 Fuß. Die kleinen Inseln konnten das heranströmende Wasser nicht aufhalten, sondern mußten es ziemlich ungestört vorbeifließen lassen.

Anmerk. Da es für die Schifffahrt wichtig ist, die Zeit der Fluth von manchen Häfen zu kennen, indem diese das Ein- und Auslaufen der Schiffe nur bei der Fluth gestatten; so gibt das in Frankreich jährlich erscheinende Postbuch die Hafenzeit der vorzüglichsten Häfen dieses Landes an. Hafenzeit (établissement du port) nennt man die Zeit, wann am Tage des Neumondes in einem Hafen volle See ist. Diese ist bei selbst nicht weit von einander entfernten Häfen oft sehr verschieden, bei demselben Hafen unveränderlich. Die Hafenzeit z. B. von Bayonne ist 3 Uhr 30 Minuten, von Bordeaux 7 Uhr 45 Min., Brest 3 Uhr 33 Min., St. Malo 6 Uhr, Havre 9 Uhr 15 Min., Calais 11 Uhr 45 Min. — Kennt man die Hafenzeit eines Hafen, und das Alter des Mondes (die Zahl der nach dem Neumonde verflossenen Tage), so muß man, da die Fluth täglich 50 Minuten später eintritt, zu der bekannten Hafenzeit so oft 50 Minuten addiren, als Tage nach dem Neumonde verflossen sind. Ist die Summe der addirten 50 Minuten größer als 12 Stunden, so zeigt der Ueberschluß wiederum die Zeit der vollen See für diesen Hafen an.

Zwölfter Abschnitt.

Vom Zeitmaß und Calender.

---

§. 113.

Die stets regelmäßig sich wiederholenden Bewegungen der Himmelskörper dienten immer als Maß der Zeit. Der Tag und das Jahr, so wie die Woche und der Monat sind Zeitabschnitte, welche durch den Lauf der Sonne und des Mondes bestimmt wurden. Die Zeit, in welcher die Sonne scheinbar die Erde umläuft, ist der Sonnentag, und die nach Sonnentagen gemessene Zeit heißt wahre Zeit. Im bürgerlichen Leben fängt der Tag mit der Mitternacht an, und zählet bis zu der folgenden Mitternacht zweimal 12 Stunden. Da die Mitternacht durch keine Erscheinung am Himmel angedeutet wird, der Durchgang der Sonne durch den Meridian hingegen den Mittag bestimmt; ziehen die Astronomen vor, den Tag mit dem Durchgange der Sonne durch den Meridian oder im Mittage zu beginnen. Der Astronom zählt von einem Mittage bis zum folgenden in einem fort bis zu 24 Stunden. Höchst unpassend beginnen die Italiener den Tag mit Sonnenuntergang; daher die Uhren diesen veränderlichen Anfang nicht gehörig angeben können. Man läßt die Uhren einen Sprung machen, sobald dieselben um 1/4 Stunde den Anfang des Tages unrichtig angeben.

Vom Sonnentage muß man den Sterntag (§. 28.) unterscheiden. — Da die Sonne jeden Tag fast um 1° in der Ekliptik fortrückt, wird sie, wenn sie heute mit einem Sterne zugleich durch den Meridian geht, morgen fast noch

1° vom Meridian abstehen, wenn der Stern bereits in diesen Kreis eintritt. 1° des Aequators oder eines Parallelkreises geht in 4 Minuten Zeit durch den Meridian (§. 28); daher der Sonnentag fast 4 Minuten länger ist als der Sterntag. Der Anfang des Sterntages fällt also nach und nach auf alle 24 Stunden des Sonnentages, und erst nach 1 Jahre fällt der Anfang des Sterntages mit dem Anfange des Sonnentages wieder zusammen. Aus diesem Grunde passet der Sterntag, obwohl er durchaus gleiche Länge hat, nicht als Zeitmaß für das bürgerliche Leben. Nur der Sonnentag, obgleich von ungleicher Dauer, kann als schickliches Zeitmaß für das bürgerliche Leben dienen.

§. 114.

Die Sonnentage sind von ungleicher Länge. Die Ursache ist 1) die ungleiche Geschwindigkeit der Sonne auf ihrer Bahn; 2) ihr Lauf in der Ekliptik.

Rückte die Sonne auch täglich durch einen gleichen Bogen in der Ekliptik, so würden doch die Sonnentage nicht von gleicher Länge sein.

Denkt man sich den Aequator mit der Ekliptik von der Kugel genommen, und in eine Ebene ausgestreckt, so würde Figur 29. entstehen, und der Aequator die gerade Linie AB bilden. Denkt man sich nun die Ekliptik in 365 gleiche Theile getheilt, und aus den Theilpunkten Senkrechte auf AB gezogen, so wird AB nicht ebenfalls in 365 gleiche Theile getheilt, wie der Anblick der Figur schon ausweiset. Diese Senkrechten auf AB sind auf der Kugel bis zu den Polen erweitert Abweichungskreise. In 24 Stunden Sonnenzeit geht der ganze Aequator (360°) und ein Theil des Aequators, welcher zwischen zweien von diesen Abweichungskreisen liegt, durch den Meridian. Da diese Theile des Aequators ungleich sind, ist auch die Zeit ungleich, in welcher sie sich durch den Meridian bewegen. Diese ungleiche Zeit zu dem Sterntage (der Zeit, in welcher die 360° des Aequators durch den Meridian gehen) addirt, gibt den Sonnentag; daher die Sonnentage von ungleicher Länge sind.

§. 115.

Obwohl der Unterschied der Tageslänge von zweien einander folgenden Tagen höchstens $^1/_2$ Minute betragen kann, so häuft sich dieser Unterschied in der Folge, daß der Tag am 2. November um 31 Minuten länger ist als der Tag am 12. Februar. Wegen der Ungleichheit der Sonnentage können die Uhren als mechanische Werkzeuge, die um so vollkommener sind, je gleichförmiger ihr Gang ist, nicht genau die Sonnen- oder wahre Zeit angeben. Vertheilt man die Dauer des Jahres unter die 365 oder 366 Tage so, daß jeder Tag gleich lang wird, dann erhält man den mittleren Sonnentag; und die nach mittleren Sonnentagen gemessene Zeit heißt mittlere Zeit. Nur viermal im Jahre ist der wahre Sonnentag mit dem mittleren Sonnentage von gleicher Länge. — Denkt man sich, die Sonne durchliefe von Westen nach Osten im Jahre statt der Ekliptik den Aequator mit stets gleichbleibender Geschwindigkeit, so würde diese eingebildete Sonne die mittlere Zeit angeben. Setzen wir die Länge des Jahres zu 365 Tagen 5 Stunden 48 Minuten 50 Secunden, oder zu 365,242.. Tagen, so rückte die eingebildete Sonne in dieser Zeit durch den ganzen Aequator oder 360°; mithin rückte sie täglich voran $\frac{360°}{365{,}242..} = 59'\ 8'',33$. So viel Zeit, als 59′ 8″,33 gebrauchen, um durch den Meridian zu gehen, ist der mittlere Sonnentag länger als der Sterntag. Im Sterntage gehen 360°, im Sonnentage 360° 59′ 8″,33 des Aequators durch den Meridian. 59′ 8″33 des Aequators gehen in 3 Minuten 56,55 Secunden Sternzeit durch den Meridian; folglich ist der mittlere Sonnentag

3 Minuten 56,55 Secunden länger als der Stern-Tag.

Der Unterschied des wahren und mittleren Sonnentages heißt Zeitgleichung (æquatio temporis). Diesen Unterschied muß eine nach mittlerer Zeit regulirte Uhr angeben. Man kann auch den täglichen Unterschied der wahren und mittleren Zeit berechnen und in eine Tafel bringen. Hat man nun eine gute Sonnenuhr, (diese zeigt die wahre oder Sonnenzeit), so kann man mit Hülfe der Sonnenuhr und der Tafel der Zeitgleichung eine Uhr nach der mittleren Zeit stellen.

Folgende Tafel gibt an die Zeitgleichung von 4 zu 4 Tagen. Zeigt die Sonnenuhr 12 Uhr oder den wahren Mittag, so muß die Uhr, welche nach mittlerer Zeit geht, die in der Tafel angegebene Zeit weisen.

Mittlere Zeit im wahren Mittag.

Tag.	Januar. St.	Min.	Februar. St.	Min.	März. St.	Min.	April. St.	Min.	Mai. St.	Min.	Junius. St.	Min.
1	12	4	12	14	12	12,5	12	4	11	57	11	57,5
5		5,5		14,5		12		3		56,5		58
9		7,5		14,5		11		1,5		56		58,5
13		9		14,5		10		0,5		56		59,5
17		10,5		14,5		8,5	11	59,5		56	12	0,5
21		11,5		14		7,5		8,5		56		1
25		12,5		13,5		6		58		56,5		2
29		13,5				5		57		57		3

Tag.	Julius. St.	Min.	August. St.	Min.	Sept. St.	Min.	October. St.	Min.	Novemb. St.	Min.	Decemb. St.	Min.
1	12	3,5	12	6	12		11	50	11	43,5	11	49
5		4		5,5	11	58,5		48,5		43,5		50,5
9		4,5		5,5		57,5		47,5		44		52,5
13		5,5		4,5		56		46,5		44,5		54,5
17		5,5		4		54,5		45,5		45		56,5
21		6		3		53		45		46		58,5
25		6		2		52		44,5		47	12	
29		6		1		50,5		44		48,5		2

§. 116.

Der (scheinbare) Lauf der Sonne in der Ekliptik gibt die Eintheilung der Zeit nach Jahren. — Die Zeit, welche die Sonne gebraucht bis zu der Zurückkunft zum Punkte der Frühlings-Nachtgleiche, heißt das tropische *) Jahr.

*) τροπικός, tropikos von τροπὴ, tropæ das Umwenden. In den ältesten Zeiten bestimmten die

Die Zeit, welche die Sonne gebraucht, um zu demselben Fixsterne zurückzukommen, heißt das siderische *) Jahr. Im tropischen Jahre behalten die Jahrzeiten denselben Platz; deßhalb ist das tropische Jahr als Zeitrechnung für das bürgerliche Leben oder als bürgerliches Jahr angenommen. Das tropische Jahr dauert 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 48—51 Secunden. (Rücksichtlich der Secunden fallen die Angaben der berühmtesten Astronomen zwischen 48″ und 51″,6.). Das siderische Jahr ist 20 Min. 20 Sec. länger als das tropische Jahr.

Astronomen die Länge des Jahres aus der Zurückkunft der Sonne zu demselben Wendekreise. Richtiger hieße jetzt das tropische Jahr das Aequinoctial-Jahr.

*) Sidus, Gestirn. — Die Sonne rückt in der Ekliptik jeden Tag fast 1° von Westen nach Osten voran. Der Aequator macht dagegen eine langsame Bewegung von Osten nach Westen, vermöge welcher Bewegung jeder Punkt des Aequators mithin auch der Punkt der Frühlings-Nachtgleiche jährlich um 50″,1 nach Westen vorankommt, was man das Vorrücken der Nachtgleichen nennt. Dieses Vorrücken des Frühlingspunktes macht, daß, da der nach Westen hingehende Frühlingspunkt der Sonne auf ihrem Laufe nach Osten entgegenkommt, die Sonne früher in den Aequator tritt, als sie 360° durchlaufen hat. Um zu demselben Fixstern zu gelangen, muß die Sonne aber 360° durchlaufen. Hieraus folgt, daß das siderische Jahr etwas länger als das tropische ist. Bewegte sich die Sonne im Aequator, wo sie uns die mittlere Zeit angäbe, so beschriebe die Sonne im tropischen Jahre einen Bogen von 360° — 50″,1 = 359° 59′ 9″,9 und im siderischen Jahre genau 360°. — Vermöge des Vorrückens der Nachtgleichen beschreibt der Punkt der Frühlings-Nachtgleiche in ungefähr 25900 Jahren 360°, oder hat in dieser Zeit einen Umlauf vollendet. Man nennt diesen Zeitraum von 25900 Jahren das große Platonische Jahr.

Um Bruchrechnung zu vermeiden, zählt das bürgerliche Jahr bloß volle Tage. Die hierdurch entstehenden Fehler werden dadurch aufgehoben, daß man von Zeit zu Zeit einen Tag einschaltet.

§. 117.

Aus dem helischen Aufgange (§. 32.) des Sirius leiteten die Aegypter die Jahreslänge zu 365 Tagen her. Genauere Beobachtungen zeigten ihnen jedoch, daß alle 4 Jahre der helische Aufgang des Sirius sich um 1 Tag verspätete, woraus die Länge des Jahres zu 365 1/4 Tagen folgte. In 4mal 365 Tagen verspätete sich der helische Aufgang des Sirius 1 Tag, also in 4mal 365 Jahren oder 1460 Jahren 1 Jahr. Die Aegypter behielten die Länge des Jahres zu 365 Tagen bei; daher ein nach dem bürgerlichen Jahre an demselben Tage gefeiertes Fest alle 4 Jahr 1 Tag später kam, und erst nach 1460 Jahren wieder auf denselben Tag des wahren Jahres fiel. Diese Zeit von 1460 Jahren heißt die Sothische Periode, auch das große Jahr oder das Gottesjahr.

§. 118.

Romulus führte in Rom ein Jahr von 10 Monaten zu 304 Tagen ein.

Diese Monaten waren:

1. Martius von 31 Tagen.	6. Sextilis von 30 Tagen.
2. Aprilis . . . 30	7. September 30
3. Majus . . . 31	8. October . . 31
4. Junius . . . 30	9. November . 30
5. Quintilis . . 31	10. December . 30

Numa, der Nachfolger von Romulus gab dem Jahre 12 Monate zu 355 Tagen.

Die Monate waren:

1. Januarius von 29 Tagen.	7. Sextilis von 29 Tagen.
2. Martius . . . 31	8. September. 29
3. Aprilis . . . 29	9. October . . 31
4. Majus 31	10. November. 29
5. Junius . . . 29	11. December . 29
6. Quintilis . . 31	12. Februarius 28

Diese Folge der Monate bestand bis zum Jahre 305 nach Erbauung Roms, wo die Decemviri den Februar zum zweiten Monat des Jahres machten.

Das Jahr, welches Numa einführte, war gegen das Sonnenjahr von 365 Tagen um 10 Tage zu klein. Um zu verhüten, daß der Anfang des Jahres nicht zurückgehe, und nach und nach alle Jahrzeiten durchlaufe, wurde alle 2 Jahre nach dem 23. Februar ein Monat, Mercedonius genannt, eingeschaltet, welcher Monat abwechselnd 22 und 23 Tage hatte. Dieser Monat sollte aber alle 24 Jahre einmal ausfallen. Die Rechnung war jedoch fehlerhaft.

Um dem Volke den Anfang eines Monates bekannt zu machen, wurde dasselbe vom pontifex versammelt; und dann wurde ausgerufen, daß der Monat... anfinge. Aus dieser Einrichtung erhielten die ersten Tage jedes Monates den Namen calendæ von καλειν, kalein, ausrufen, woraus der Name Calender als Verzeichniß der Eintheilungen des Jahres sich bildete.

Das Calenderwesen besorgten in Rom die pontifices, welche keine gehörige Kenntniß davon hatten. Daher entstand allmählig eine solche Unordnung, daß zu Ciceros Zeit die Frühlings-Nachtgleiche 2 Monate später kam, als sie nach dem Calender hätte kommen müssen. Wie Julius Cäsar im Jahre 707 nach Erbauung Roms (47 Jahre vor Chr. G.) pontifex maximus wurde, berief er den griechischen Astronomen Sosigenes aus Alexandria, um durch diesen den Calender zu verbessern.

Die vorgenommenen Verbesserungen waren folgende:

1. Die Frühlings-Nachtgleiche wurde wieder auf den März gebracht. Zu dem Zwecke setzte man dem folgenden Jahre 90 Tage hinzu; daher das Jahr 708 statt 355 Tagen 445 zählte. Dieses Jahr nennt man das Jahr der Verwirrung (annus confusionis).
2. Die Jahreslänge wurde zu 365 1/4 Tagen bestimmt. Dem gemäß sollte nach drei Jahren von 365 Tagen jedesmal ein Jahr von 366 Tagen folgen. In diesem 4ten Jahre sollte nach dem 23. Februar ein Tag eingeschaltet werden. Dieses Jahr heißt Schaltjahr, die anderen Jahre Gemeinjahre.

Die Monatsnamen wurden beibehalten; nur der Monat Quintilis wurde, nach Julius Cäsar, Julius, und später der Monat Sextilis, nach Octavianus Augustus, Augustus genannt. Der verbesserte Calender erhielt den Namen: der Julianische.

Im Julianischen Calender wird das Jahr um 11 Minuten 10—12 Secunden zu groß angenommen; daher ist die Einschaltung eines ganzen Tages alle 4 Jahre fehlerhaft. Dieser Fehler häuft sich in der Folge, daß er in 400 Jahren schon über 3 volle Tage beträgt.

§. 118.

Nach dem Beschlusse der Kirchenversammlung in Nicäa (im Jahre 325) sollte das Osterfest gefeiert werden am ersten Sonntage nach dem Vollmonde, welcher der Frühlings-Nachtgleiche folgt. Die Frühlings-Nachtgleiche fiel im gedachten Jahre auf den 21. März, und dieser Tag sollte für die Frühlings-Nachtgleiche feststehen. Da aber 400 Julianische Jahre 3 Tage länger sind, als sie nach dem Laufe der Sonne sein sollten; so mußte die Frühlings-Nachtgleiche alle 400 Jahre um 3 Tage zurückgehen. Hierdurch war es gekommen, daß im Jahr 1582 die Frühlings-Nachtgleiche statt auf den 21. auf den 11. März fiel, folglich 10 Tage früher eintraf, als es nach dem

Beschlusse der Nicäischen Kirchen-Versammlung sein sollte.

Pabst Gregor XIII. berief daher gelehrte Astronomen, und führte durch diese einen verbesserten Calender ein. Gregor verordnete die Abschaffung des Julianischen Calenders und die Einführung des verbesserten (Gregorianischen) Calenders. — Die vorgenommenen Verbesserungen waren folgende:

1. Im Jahr 1582 wurden 10 Tage zwischen dem 4. und 15. October ausgelassen, so daß gedachtes Jahr nur 355 Tage zählte. Hierdurch kam 1583 die Nachtgleiche wieder auf den 21. März.
2. Weil der Fehler des Julianischen Calenders in 400 Jahren 3 Tage macht, sollten in 400 Jahren drei Schaltjahre weniger sein, als im Julianischen Calender. Dem gemäß sind im Gregorianischen Calender von 4 Schlußjahren der Jahrhunderte oder von 4 Secularjahren, die im Julianischen Calender Schaltjahre sind, 3 Gemeinjahre, und nur das vierte ist ein Schaltjahr.

Um zu finden, ob ein gegebenes Jahr ein Schaltjahr sei, dividire man die Jahrzahl durch 4; bleibt kein Rest, so ist das Jahr sowohl im Julianischen als Gregorianischen Calender ein Schaltjahr. Hiervon machen im Gregorianischen Calender bloß die Secularjahre eine Ausnahme. Um im Gregorianischen Calender zu finden, welches Secularjahr zugleich Schaltjahr sei, lasse man die beiden Nullen am Ende der Jahrzahl weg, und dividire die übrig gebliebenen Zahlen durch 4. Geht die Division auf, so ist das genommene Jahr ein Schaltjahr. So war 1600 ein Schaltjahr und 2000 wird ein Schaltjahr sein: denn $^{16}/_{4} = 4$, $^{20}/_{4} = 5$. Dagegen sind die Jahre 1700, 1800, 1900 Gemeinjahre.

Dieser Gregorianische Calender wurde gleich nach seiner Bekanntmachung in allen katholischen, später in den protestantischen Ländern von Europa angenommen; bloß die

Russen haben den Julianischen Calender beibehalten. Weil nun die Russen im Jahr 1582 die 10 Tage nicht ausließen, und 1700, 1800 Schaltjahre hatten, sind sie in ihrer Calender-Rechnung 12 Tage hinter uns, feiern mithin Neujahrstag, wenn wir bereits den 13. Januar haben.

Vollkommen genau ist auch der Gregorianische Calender nicht: indem die 11 Minuten und 10—12 Secunden, um welche das Jahr kleiner ist als 365 $1/4$ Tage, in 400 Jahren nicht genau 3 Tage, sondern außerdem noch beiläufig 2 $1/2$ Stunden machen. Indessen wird dadurch erst nach 4000 Jahren die Rechnung um etwa 1 Tag unrichtig.

Unser Jahr enthält 12 Monate, die aber jetzt keine Beziehung mehr auf den Mondlauf haben. Von diesen Monaten haben Januar, März, Mai, Juli, August October, December 31, die andern Monate 30 Tage; nur der Februar hat im Gemeinjahre 28, im Schaltjahre 29 Tage.

§. 119.

In den Calendern findet man noch einige Ausdrücke, die kurz sollen erklärt werden. Sonnencirkel ist eine Periode von 28 Julianischen Jahren (zu 365 $1/4$ Tagen), nach welchen die Wochentage wieder auf dieselben Monatstage fallen.

Da $365 = 52 \times 7 + 1$ und $366 = 52 \times 7 + 2$ ist, enthält ein Gemeinjahr von 365 Tagen 52 Wochen und 1 Tag, das Schaltjahr von 366 Tagen 52 Wochen und 2 Tage. Fällt der 1. Januar auf einen Sonntag, so ist im folgenden Jahre der 1. Januar ein Montag, im dritten Jahre der 1. Januar ein Dienstag. Diese Ordnung wird aber durch die Schaltjahre unterbrochen. Ist der 1. Januar eines Schaltjahres ein Sonntag, so kommt im nächsten Jahre der 1. Januar auf einen Dienstag. Erst nach 7 Schaltjahren oder $7 \times 4 = 28$ Jahren haben die Unterbrechungen ihren Kreislauf vollendet, und es fallen die Wochentage wieder auf dieselben Monatstage.

Da im Sonnencirkel keine Rücksicht genommen wird auf die im Gregorianischen Calender im Jahre 1582 ausgeworfenen 10 Tage, noch auch auf die aufgehobenen Schaltjahre 1700, 1800; so geht nur im Julianischen Calender der Sonnencirkel beständig fort.

Das Jahr 9 vor Christus war Anfang eines Sonnencirkels. Um zu finden, das wievielste Jahr im laufenden Sonnencirkel ein Jahr sei, addire man 9 zu der Jahrzahl, und dividire diese Summe durch 28: der Rest gibt das verlangte Jahr. Bleibt kein Rest, so hat das genommene Jahr die Zahl 28 im Sonnencirkel. Das Jahr 1832 hat 21 im Sonnencirkel: denn

$$\frac{1832 + 9}{28} = 65\,\frac{21}{28}.$$

§. 120.

Sonntags-Buchstabe. Man bezeichnet die 7 Wochentage das Jahr hindurch mit den 7 ersten Buchstaben des Alphabets, so daß der 1. Januar A, der 2. Januar B, u. s. w. erhält. Der 8. Januar bekommt wieder A, der 9. Januar B. Der Buchstabe, welcher alsdann auf die Sonntage fällt, heißt Sonntagsbuchstabe. 1831 fiel der 1. Januar auf einen Sonnabend, erhielt also A, der 2. Januar erhielt B; und so war B der Sonntagsbuchstabe des Jahrs 1831. Ein Schaltjahr hat 2 Sonntagsbuchstaben; z. B. 1832 hat A und G, was man bezeichnet: Sonntagsbuchstabe AG. Der erste Buchstabe A gilt vom 1. Januar bis 24. Februar, der zweite vom 24. Febr. bis zum Ende des Jahres. — Im Schaltjahre bekommt der Schalttag, welcher allemal der 24. Febr. ist, keinen eigenen Buchstaben, sondern den Buchstaben vom 23. Febr.; hierdurch wird die Reihenfolge der Buchstaben unterbrochen. Im Jahre 1832 ist

Sonnt.,	Mont.,	Dienst.,	Mitt.,	Donn.,	Fr.,	Sonna.,	Sonnt.
19. Febr.	20	21	22	23	24	25	26
A	B	C	D	E	E	F	G

Daher ist nach dem 24. Februar G der Sonntags-Buchstabe.

§. 121.

Mondcirkel ist eine Periode von 19 Julianischen Jahren (zu 365 $1/4$ Tagen), nach welchen die Neumonde auf dieselben Monatstage fallen. 19 Jahre sind gleich $19 \times 365\,1/4 = 6939\,3/4$ Tagen, und diese Tage machen bis auf 1 $1/2$ Stunden Unterschied 235 synodische Monate; daher in 19 Jahren 235 Neumonde eintreffen.

Das Jahr, in welchem auf den 1. Januar der Neumond fällt, ist das erste Jahr im Mondcirkel. Die Zahl, welche angibt, welches Jahr im Mondcirkel ein bestimmtes Jahr sei, heißt güldene Zahl.

Diese 19 jährige Periode wurde vom Athener Meton 430 vor Christi Geb. erfunden, und den Griechen bei den Olympischen Spielen mitgetheilt. Man hielt in Griechenland diese Rechnung für so wichtig, daß man sie mit goldenen Buchstaben auf Tafeln schrieb, die aufgehängt wurden; daher der Name: güldene oder goldene Zahl.

Das Jahr 1. vor Christi Geb. war Anfang eines Mondcirkels. Um die güldene Zahl eines Jahres zu finden, addire man 1 zu der Jahrzahl und dividire die Summe durch 19: so ist der Rest die güldene Zahl. Bleibt kein Rest, so ist 19 die güldene Zahl des Jahres.

$\frac{1832 + 1}{19} = 96 \frac{9}{19}$ also hat 1832 güldene Zahl 9.

§. 122.

Epacten. In 354 Tagen und etwa 9 Stunden kommen 12 Neumonde, oder 354 Tagen 9 St. machen 12 synodische Monate. Die Zeit von 354 Tagen (die 9 Stunden ausgeschlossen) nennt man ein Mondenjahr, welches also 11 Tage kürzer ist als das bürgerliche Sonnenjahr von 365 Tagen. Um nun ein Mondenjahr auf ein

Sonnenjahr zu bringen, müssen zu jenem 11 Tage zugesetzt werden. Diese Zusatztage heißen Epacten. *)

Epacte eines Jahres ist das Alter des Mondes am 1. Januar, d. h. die Anzahl Tage, welche am 1. Januar nach dem Neumonde verflossen sind. — Fällt der Neumond auf den 1. Januar, so ist 0 die Epacte des Jahres, des folgenden Jahres 11, des dritten 22, des vierten würde 33 sein. Nun sind aber am 1. Januar schon wieder 3 Tage nach dem Neumonde; daher 3 die Epacte des vierten Jahres. Die Epacte schreitet mithin jährlich um 11 Tage voran, gibt aber, wenn sie über 30 kommt, bloß den Ueberschuß über 30.

Diese Reihefolge der Epacten beruhet auf der Voraussetzung, daß der synodische Monat genau gleich ist 29 ½ Tagen, und das Jahr genau gleich 365 ¼ Tagen. Bei dieser Voraussetzung müssen nach 19 Jahren die Epacten mit der güldenen Zahl zurückkehren, weil nach 19 Julianischen Jahren die Neumonde auf dieselben Monatstage fallen.

In dieser Epacten-Rechnung ist jedoch zu bemerken, daß der Mondcirkel um etwa 1 ½ Stunden fehlerhaft ist: da 235 synodische Monate um etwa 1 ½ Stunden kleiner sind als 19 Jahre. Dieser Fehler, obwohl er in 19 Jahren nur 1 ½ Stunden beträgt, schwillt doch in 304 Jahren schon zu einem Tage an, so daß nach diesem Zeitraume die Neumonde um 1 Tag früher kommen. — Da ferner im Gregorianischen Calender 11 Tage im Jahr 1582 ausgelassen sind, und die Jahre 1700, 1800 keine Schaltjahre waren, so weicht die Epacten-Rechnung im Gregorianischen und Julianischen Calender von einander ab.

Hierdurch ist auch begreiflich, daß im Gregorianischen Calender jedes Jahrhundert eine neue Ordnung von Epacten haben müsse.

---

*) ἐπακτος, epactos, zugesetzt.

Man unterscheidet kirchliche und astronomische Epacten. Die kirchlichen Epacten, wornach im Gregorianischen Calender die Neumonde, und die davon abhangenden beweglichen Feste berechnet werden, schreiten jährlich um volle 11 Tage voran. Der wahre Unterschied des Monden- und Sonnenjahres beträgt aber 10 Tage 21 Stunden 0 Min. 13 Sec. Dieser wahre Unterschied ist die astronomische Epacte.

§. 123.

In der christlichen Kirche richtet sich die jährliche Wiederkehr mehrerer Feste nach dem Laufe des Mondes. Da der Mondlauf aber nicht mit dem Sonnenlauf übereinstimmt, können jene Feste nicht auf dieselben Tage des Sonnenjahrs fallen; weswegen man sie bewegliche Feste nennt im Gegensatz der unbeweglichen, d. h. der Feste, die jährlich auf dieselben Monatstage fallen. Alle beweglichen Feste eines Jahres hangen vom Osterfeste ab: indem sie an bestimmten Tagen vor oder nach Ostern gefeiert werden. So heißt jährlich der Sonntag 9 Wochen vor Ostern Septuagesima, der folgende Sonntag Sexagesima. Am 40sten Tage nach Ostern ist Christi Himmelfahrt, am 50sten Tage Pfingsten.

Ostern fällt allezeit auf den Sonntag, welcher dem Neumonde folgt, der zunächst nach der Frühlings-Nachtgleiche eintrifft. Der erste Vollmond nach der Frühlings-Nachtgleiche heißt der Oster-Vollmond, und der Tag, worauf er fällt, die Ostergrenze. Diese kommt, wenn sie im März ist, im folgenden Jahre 19 Tage später, und wenn sie im April ist, 11 Tage früher als im vorhergehenden Jahre.

Der erste Tag, worauf Ostern fallen kann, ist der 22. März, der letzte Tag, der 25. April. Angenommen, es sei am 21. März, am Tage der Nachtgleichen, Vollmond, und der 22. März ein Sonntag; so ist an diesem Tage Ostern. Fällt aber der Vollmond auf den 20. März, so trifft der Vollmond nach der Nachtgleiche am 18. April ein; und ist dieser ein Sonntag, so ist am nächsten Sonntage, welcher der 25. April ist, Ostern.

1818 fiel Ostern auf den 22. März; dies wiederholt sich erst 2285. Das Jahr 1886 ist das nächste Jahr, in welchem Ostern auf den 25. April fällt.

Aus folgenden 2 Täfelchen, die bis 1900 gelten, läßt sich ohne Mühe berechnen, auf welchen Tag in jedem Jahre Ostern fällt.

I.

Sonnencirkel und Sonntagsbuchstabe.

1	ED	8	C	15	A	22	F
2	C	9	BA	16	G	23	E
3	B	10	G	17	FE	24	D
4	A	11	F	18	D	25	CB
5	GF	12	E	19	C	26	A
6	E	13	DC	20	B	27	G
7	D	14	B	21	AG	28	F

II.

Güldene Zahl.	Epacte.	Ostergrenze.	
1	0	13. April	E
2	11	2. April	A
3	22	22. März	D
4	3	10. April	B
5	14	30. März	E
6	25	18. April	C
7	6	7. April	F
8	17	27. März	B
9	28	15. April	G
10	9	4. April	C
11	20	24. März	F
12	1	12. April	D
13	12	1. April	G
14	23	21. März	C
15	4	9. April	A
16	15	29. März	D
17	26	17. April	B
18	7	6. April	E
19	18	26. März	A

Hinsichtlich der Tafel I. merke man sich, daß 1832 im Sonnencirkel 21 und nach dem Schalttage oder dem 24. Februar den Sonntagsbuchstaben G hat.

In der Tafel II. ist 9 die güldene Zahl von 1832; Ostervollmond fällt, wie in der dritten Spalte angegeben wird, auf den 15. April; der Buchstabe dieses 15. April ist G. Da, wie Tafel I. angibt, G der Sonntagsbuchstabe ist, fällt der Ostervollmond auf einen Sonntag. Am nächsten Sonntage ist also Ostern, mithin am 15 + 7 = 22. April.

Für 1833 ist Sonnencirkel 22, Sonntagsbuchstabe F, wie dies Tafel I. angibt.

Güldene Zahl nach Tafel II. ist 10; Ostervollmond, wie die dritte Spalte angibt, den 4. April, welcher den Buchstaben C hat; daraus folgt

C D E F
4 5 6 7 April; also am 7. April Ostern.

1840 beginnt der Sonnencirkel von neuem; also ist im genannten Jahre Sonnencirkel 1. Sonntagsbuchstabe nach dem 24. Februar D, wie Tafel I. zeigt.

In Tafel II. hat 1840 die güldene Zahl 17. Nach Spalte 3 dieser Tafel fällt Ostervollmond auf den 17. April, welcher den Buchstaben B hat. — Nach Tafel I. ist Sonntagsbuchstabe D; hieraus folgt

B C D
17 18 19 April; also am 19. April Ostern.

1850 Sonnencirkel 11, Sonntagsbuchstabe F, güldene Zahl 8, Ostervollmond 27. März B; daher

B C D E F
27 28 29 30 31. März.

Ostern fällt also 1850 auf den 31. März.

Aus diesen Beispielen sieht man hinlänglich, wie sich ohne Mühe vermittelst beider Täfelchen Ostern berechnen läßt.

§. 124.

Römer Zinszahl oder Cirkel der Indictionen ist eine in Rom unter den Kaisern eingeführte Periode von 15 Jahren, welche sich auf gerichtliche Verhandlungen bezieht, die zu gewissen Zeiten vorgenommen wurden. Diese Periode hat nichts mit der Astronomie gemein.

Um die Römer Zinszahl für ein Jahr zu finden, addire man 3 zu der Jahrzahl, und dividire die Summe durch 15: so ist der Rest die verlangte Zahl. Bleibt kein Rest, so hat das Jahr die Zahl 15 in dieser Periode.

$$\frac{1832 + 3}{15} = 122 \frac{5}{15}.$$

§. 125.

Julianische Periode. Hierunter versteht man das Product aus dem Sonnencirkel 28, dem Mondcirkel 19, und dem Cirkel der Indictionen 15: nämlich $28 \times 19 \times 15 = 7980$. In dieser Periode von 7980 Jahren sind jede zwei Jahre dadurch von einander unterschieden, daß sie nicht gleiche Zahlen im Sonnencirkel, Mondcirkel und im Cirkel der Indictionen haben. Der Grund hiervon ist, daß für 28, 19, 15 sich kein gemeinschaftlicher Divisor findet. Nach Ablauf von 7980 Jahren beginnen die drei genannten Perioden einen neuen Kreislauf.

Christi Geburt setzt man auf das Jahr 4713 nach Anfang der Julianischen Periode. Addirt man also 4713 zu der Jahrzahl eines Jahres, so zeigt die Summe, das wievielste Jahr in der Julianischen Periode das genommene Jahr sei.

$$1832 + 4713 = 6545.$$

1832 ist also das 6545ste Jahr der Julianischen Periode.

$$7980 - 6545 = 1435.$$

Nach 1435 Jahren beginnen die 3 Perioden einen neuen Kreislauf.

§. 126.

Noch kann man sich folgende Angaben aus der Zeitrechnung oder Chronologie merken.

1. Erschaffung der Welt. Nach gemeiner Rechnung fällt Christi Geburt auf das Jahr 3949 nach Erschaffung der Welt; das Jahr 1832 wäre also 5781. Nach jüdischer Rechnung ist 1832 das Jahr 5592, und nach Rechnung der Neugriechen das Jahr 7740 nach Erschaffung der Welt.

2. Die christliche Zeitrechnung wurde im Jahre 525 durch den Römischen Abt Dionysius Exiguus eingeführt.

3. Die Zeitrechnung der Muhammedaner Hegira genannt, beginnt von der Flucht Muhammeds von Mekka nach Medina, 622 nach Christi Geburt. Die Muhammedaner rechnen nach Mondenjahren; daher der Neujahrstag jährlich um 11 Tage zurückweicht, und nach und nach alle Jahrzeiten durchläuft. Diese Jahresrechnung zeugt allein von der niederen Bildungsstufe, worauf die Muhammedaner stehen. — Den 20. Mai 1833 beginnen die Muhammedaner das 1249ste Jahr ihrer Zeitrechnung.

4. Die Olympiaden, wornach die Griechen rechneten, waren Perioden von 4 Jahren. Diese Zeitrechnung wurde 776 vor Christi Geburt durch Iphitus eingeführt.

5. Die Erbauung Roms, womit die Römer ihre Zeitrechnung anfingen, fällt auf das Jahr 753 vor Christi Geburt.

Dreizehnter Abschnitt.

Bestimmung der geographischen Breite und der Mittagslinie. Strahlenbrechung. Parallaxe. Bestimmung der geographischen Länge. Gewinn oder Verlust eines Tages bei jeder Umschiffung der Erde.

---

§. 127.

Es ist bereits §. 13. gezeigt, wie durch geographische Breite und Länge die Stelle, welche ein Ort auf der Erdkugel einnimmt, bestimmt werde. — Den Meridianbogen zwischen Aequator und einem Orte, nach Gradmaß bestimmt, nennt man des Ortes geographische Breite. Wie findet man auf der Erde die Breite? Wäre eine wirkliche Ausmessung des Meridianbogens erforderlich, so würde man von sehr wenigen Orten die Breite kennen. Geographische Breite ist aber von gleicher Größe mit der Polhöhe, welche sich nach §. 20. finden läßt.

§. 128.

Es sei Figur 30. nas ein irdischer und NAS der entsprechende himmlische Meridian; aq, AQ Durchmesser des irdischen und himmlischen Aequators; ns und NS Erd= und Weltachse; z ein Ort auf dem Meridian ans; Z Zenith N Nadir und HR der wahre Horizont von z.

Der Bogen az ist die geographische Breite von z. Dieser Bogen az ist das Maß des Centriwinkels x, wovon ebenfalls AZ das Maß; also sind az und AZ nach

Gradmaß gleich. — Während ein Wanderer auf der Erde den Bogen az zurücklegt, beschreibt sein Zenith am Himmel den concentrischen Bogen AZ, und der Weltpol nähert sich dem Zenithe des Wanderers um eben so viele Grade, als derselbe dem irdischen Pole näher kommt. Läßt sich mithin der Bogen AZ bestimmen, so findet man dadurch die Breite von z.

Es ist $x = y$.

Denn $x + 0 = 0 + y = 90°$

von x ist AZ und von y ist NR das Maß;

folglich $AZ = NR$

da $AZ = az$

ist auch $az = NR$.

az ist die Breite und NR die Polhöhe von z; daher sind nach Gradmaß geographische Breite und Polhöhe einander gleich.

§. 129.

Die Breiten=Bestimmung von z ist folglich gleichbedeutend mit der Bestimmung der Polhöhe von z. — Auf dem Lande findet man am sichersten die Polhöhe aus der doppelten Meridianhöhe des Polarsterns. Das Verfahren ist bereits §. 20. angegeben.

Auf der See kann man sich dieser Methode höchst selten bedienen. Man findet die Polhöhe des Schiffes aus der Mittags= oder Meridianhöhe der Sonne. *)

---

*) Wegen des Schwankens der Schiffe lassen sich auf der See Winkel nicht mit Instrumenten messen, die eines Fußgestelles bedürfen. Man mißt die Winkel mit Instrumenten, woran 2 Spiegel sich befinden, und die man Spiegelkreise, Spiegelsextanten, Spiegeloctanten nennt, je nachdem der Rand (Limbus) 360, 60, 45 Grad enthält. Der Erfinder dieser ungemein sinnreichen Winkelmesser, welche frei in der Hand gehalten werden, ist der Engländer Hablei.

A sei Durchschnittspunkt des Aequators und des Meridianes SHN; so ist A der Punkt des Aequators, welcher am höchsten über dem Horizont von z steht, und der Bogen HA heißt die Aequatorhöhe von z (§. 33.). Aequator- und Polhöhe machen zusammen 90° oder 1 R. Es ist

$$u + x = x + o = 90° = 1\,R$$

folglich $u = o$

es ist $o + y = 90°$

daher auch $u + y = 90°$

mithin $y = 90° - u.$

Zieht man die Aequatorhöhe eines Ortes von 90° ab, so erhält man die Polhöhe.

Hieraus ergibt sich die Methode, die Polhöhe von einem Orte zu bestimmen. Vom 21. März bis 23. Sept. sehen wir (auf der nördlichen Halbkugel) die Sonne im Mittage zwischen Aequator A und Zenith Z. Gesetzt sie stehe in m, so mißt man die Mittagshöhe der Sonne Hm; den Abstand der Sonne vom Aequator oder die Abweichung Am geben die astronomischen Jahrbücher für jeden Mittag an. Nimmt man also aus einem astronomischen Jahrbuche die Abweichung, und zieht diese von der Sonnenhöhe ab, so erhält man die Aequatorhöhe; und diese von 90° abgezogen gibt die Polhöhe. Man findet z. B. in Münster am 6. Mai die Mittagshöhe der Sonne (☉)

oder den Bogen Hm = 54° 38′

es ist Abweichung ☉ oder Am = 16 36

also Aequatorhöhe HA = 38° 2′

Die Aequatorhöhe = 38° 2′ von 90° abgezogen, gibt die Polhöhe von Münster: 51° 58′.

Vom 23. September bis 21. März steht die Sonne im Mittage zwischen Aequator A und Horizont H: sie stehe z. B. in i; so mißt man die Meridianhöhe der Sonne iH, addirt die Abweichung Ai, und man bekommt wieder die Aequatorhöhe HA.

Bei der Bestimmung der Polhöhe vermittelst der Meridianhöhe der Sonne ist jedoch zu bemerken, daß man die Sonne nicht als einen Punkt betrachten darf, wie es beim Polarstern der Fall ist: indem die Sonne einen scheinbaren Durchmesser von beiläufig 32′ hat. Bei Sonnenhöhen muß man die Höhe des Mittelpunktes der Sonne finden. Man mißt zu dem Endzwecke die Höhe des unteren Sonnenrandes, und addirt zu dieser Höhe den Halbmesser der Sonne; oder man mißt die Höhe des oberen Sonnenrandes, und subtrahirt von dieser Höhe den Halbmesser der Sonne: so hat man in beiden Fällen die Höhe des Mittelpunktes der Sonne. Da die Größe des Durchmessers der Sonne im Laufe des Jahres sich etwas ändert, wird der Halbmesser der Sonne in den astronomischen Jahrbüchern für jeden Tag angegeben.

§. 130.

Das Messen der Höhen von Himmelskörpern bei ihrem Durchgange durch den Meridian setzt voraus, daß das Fernrohr des Quadranten (§. 18.) sich genau in der Ebene des Meridianes bewege; dies setzt eine genaue Construction der Mittagslinie (§. 17.) voraus. Das §. 19. angegebene Verfahren, eine Mittagslinie zu ziehen, ist dasjenige, welches sich gleichsam von selbst darbietet. Weil aber ein Stern kurz vor und nach der Culmination sich langsam beweget, und seine Höhe alsdann nur wenig ändert, hält es schwer, vermittelst des genannten Verfahrens, die Mittagslinie genau zu finden. Durch folgende Methoden findet man die Mittagslinie mit mehr Sicherheit.

1. Durch correspondirende Höhen, d. i. gleiche Höhen eines Himmelskörpers vor und nach seiner Culmination. — Ein Himmelskörper, welcher parallel zum Aequator seine Tagebogen beschreibt, steht z. B. 3 Stunden vor und 3 Stunden nach der Culmination gleich weit vom Meridian, hat also beidemal dieselbe Höhe. Man messe daher

etwa 3 Stunden vor Mittag die Höhe der Sonne, und merke sich an einer richtigen Uhr die Stunde, Minute, Secunde der Beobachtung; ebenfalls merke man sich genau die Zeit der Uhr, wenn die Sonne des Nachmittags dieselbe Höhe hat: gerade in der Mitte der zwischen beiden Beobachtungen verflossenen Zeit stand die Sonne im Meridian. Berechnet man nun den Zeitpunkt des Durchganges der Sonne durch den Meridian, und merkt sich, wenn am folgenden Tage die Zeit des Durchganges durch den Meridian von der Uhr angegeben wird, auf einer horizontalen Tafel die Schattenlinie, welche ein aufgehängtes Loth macht: so ist diese Schattenlinie die Mittagslinie.

Man findet z. B. die Höhe des oberen Sonnenrandes 20°, wenn die Pendeluhr angibt

Morgens	9	Uhr	21	Min.	31	Sec.
Nachmittags	2	=	35	=	17	=
Summa	11	=	56	=	48	=
addire	12	Stunden.				
Summa	23	=	56	=	48	
halbe Summe	11	=	58	=	24.	

Die Sonne ging also durch den Meridian, als die Uhr 11 Uhr 58 Min. 24 Sec. zeigte. (Die Richtigkeit der Rechnung wird Jeder leicht finden). Wenn nun am folgenden Tage die Uhr 11 Uhr 56 Min. 24 Sec. weiset, zeichne man auf einer horizontalen Tafel die Schatten-Linie eines aufgehängten Lothes: so hat man die Mittagslinie.

Ist man mit keiner guten Uhr versehen, so nehme man etwa 3 Stunden vor Mittag die Höhe der Sonne, und zeichne auf einer horizontalen Tafel die Schattenlinie, welche im Augenblick der Beobachtung ein auf dieser Tafel senkrechter Stift macht; dasselbe thue man nach Mittag, wenn die Sonne wieder dieselbe Höhe hat. Den Winkel, welchen die beiden Schattenlinien bilden, halbire man:

so ist die den Winkel theilende Linie die verlangte Mittagslinie.

Genau sind beide Methoden nur an den Tagen der Solstitien: weil nur an diesen Tagen die Tagebogen der Sonne parallel zum Aequator sind. Nimmt man correspondirende Höhen von Fixsternen: so hat die Methode stets die erforderliche Genauigkeit.

2. Folgende Methode ist leicht und genau.

Der Polarstern und Alioth oder ε im großen Bären Figur 1. culminiren zugleich, so daß, wenn der eine Stern seine obere Culmination, der andere Stern seine untere Culmination hat. Hängt man nun an eine horizontale Stange 2 Lothe, beobachtet, wenn beide genannten Sterne durch die Fäden der Lothe gedeckt werden (in dem Augenblick culminiren beide Sterne), und bezeichnet auf einer horizontalen Tafel die Punkte, in welchen bei der Deckung die Tafel von den Lothen berührt wird, verbindet diese Punkte durch eine gerade Linie: so ist diese Verbindungs-Linie die Mittagslinie.

3. Wird keine besondere Genauigkeit verlangt, z. B. beim Aufstellen einer gewöhnlichen Sonnenuhr; so setze man auf eine horizontale Tafel einen senkrechten Stift, und bemerke sich die Schattenlinie, wenn dieselbe am kürzesten ist: dann ist die Schattenlinie die Mittagslinie. — Steht nämlich die Sonne genau in Süden, wo sie culminirt, oder ihren höchsten Stand über dem Horizont hat; so zeigt die Schattenlinie des Stiftes genau nach Norden, ist also Mittagslinie, und die Schattenlinie ist am kleinsten, weil die Sonne am höchsten steht. Da jedoch die Spitze des Schattens nicht scharf begrenzt ist, sondern der dunkle Schatten an der Spitze allmählich in einen halbdunklen Schatten übergeht; so hält es schwer, genau zu bestimmen, wann der Schatten am kleinsten ist.

§. 131.

Durch die §. 129. angegebenen Methoden findet man die Polhöhen annähernd richtig. Zur genauen Bestimmung der Polhöhe wird jedoch erfordert, daß man 1) die Strahlenbrechung, und 2) im Falle, daß die Polhöhe aus der Mittagshöhe der Sonne abgeleitet wird, auch die Parallaxe der Sonne berücksichtige. — Das Licht verbreitet sich vom leuchtenden Körper nach allen Seiten in geraden Linien wie die Halbmesser einer Kugel; daher können wir nur einen Gegenstand sehen, von dem zu unserm Auge eine gerade Linie sich ziehen läßt. Trifft aber das Licht auf einen durchsichtigen Körper, der dichter oder dünner ist, als das Mittel, worin sich das Licht bewegte, z. B. aus der Luft auf Glas oder Wasser; so wird das Licht beim Durchgange durch den Körper von ungleicher Dichtigkeit von der geraden Richtung abgelenkt. Diese Ablenkung heißt die Brechung (refractio) des Lichtes.

Es sei Figur 31. AB die Oberfläche des Wassers. Aus E einem Punkte in der Luft falle unter dem schiefen Winkel EDB der Lichtstrahl ED auf die Wasserfläche; so geht ED nicht in der geraden Linie EK voran, sondern wird gebrochen, d. h. geht in der Linie DF, welche mit ED einen Winkel bildet, durch das Wasser. DF heißt der gebrochene Strahl. CG, welche Linie auf AB im Punkte D senkrecht steht, heißt Einfallsloth. Der Lichtstrahl ED neigt sich also im Wasser, das dichter als die Luft ist, von der geraden Richtung ab nach dem Einfallslothe hin. — Es stehe nun z. B. in F unter dem Wasser ein Fisch, von dem als erleuchteten Körper wiederum ein Lichtstrahl FD ausgeht. Beim Austreten aus dem Wasser wird der Lichtstrahl FD von der geraden Richtung FL abgelenkt, und bildet den Lichtstrahl DE. Indem also ein Lichtstrahl aus einem dichteren Mittel, hier Wasser, in ein dünneres

Mittel, Luft, übergeht, neigt sich der Lichtstrahl vom Einfallslothe abwärts. Ist in E das Auge eines Menschen, so versetzt dieser den Fisch an die Stelle im Wasser, wohin die gerade Linie EK weiset. Der Fisch scheint also im Wasser höher zu stehen, als es wirklich der Fall ist. Aus dem Gesagten ergibt sich das Naturgesetz: Ein Lichtstrahl wird beim Uebergange aus einem dünneren in ein dichteres Mittel nach dem Einfallslothe hin gebrochen; und wenn der Lichtstrahl aus einem dichteren Mittel in ein dünneres übergeht, von dem Einfallslothe abwärts gebrochen: dabei bleibt jedoch der ein- oder ausgehende Lichtstrahl mit dem gebrochenen Lichtstrahle in derselben Ebene.

Es stelle nun AB die Grenze der Atmosphäre vor. Von einem Stern E tritt ein Lichtstrahl, nachdem er den leeren Himmelsraum durchlaufen, bei D in die Atmosphäre, wird also nach dem Einfallslothe hin gebrochen und bildet DF. Ist in F auf der Erde ein Beobachter, so versetzt dieser den Stern E an die Himmelskugel in der Richtung der geraden Linie FL, oder sieht den Stern in L, folglich höher als er wirklich am Himmel steht.

§. 132.

Das von der Atmosphäre Gesagte wäre richtig, wenn dieselbe überall, wie das Wasser, gleiche Dichtigkeit hätte. Die Luft wird aber durch Druck in einen engeren Raum zusammengepresset, also verdichtet. Denken wir uns die Luft aus vielen Schichten bestehend, so drückt (weil die Luft schwer ist oder Gewicht hat) die oberste Schichte auf die nächste, diese auf die folgende u. s. w.; daher müssen die Luftschichten, je näher sie der Erde kommen, dichter werden. Fällt daher ein Lichtstrahl von einem Sterne in die Atmosphäre der Erde, so wird dieser Lichtstrahl beim Fortgang durch die Atmosphäre fortwährend gebrochen, weil es stets in ein dichteres Mittel übergeht: der

Lichtstrahl bildet alsdann in der Atmosphäre eine gekrümmte Linie.

Es sei Figur 32. in C ein Beobachter, dessen Horizont HR und Z dessen Zenith; dann ist ZC das Einfallsloth. HFGR stelle die Grenze der Atmosphäre vor. Der vom Stern A kommende Lichtstrahl falle bei G in die Atmosphäre; so wird, weil die Dichtigkeit der Luft stets zunimmt, der Lichtstrahl nach dem Einfallslothe ZC hin beständig gebrochen, und bildet die gekrümmte Linie GC. Der Beobachter sieht den Stern A in der Richtung, welche Lichtstrahl beim Einfallen in das Auge hatte, d. h. in der Richtung der Tangente CB, versetzt also um den Bogen GF diesen Stern zu hoch. Hieraus folgt, daß man von der gemessenen Höhe eines Sternes den Winkel, welcher die Strahlenbrechung macht, subtrahiren müsse, um die wahre Höhe des Sternes über dem Horizont zu erhalten.

Die Strahlenbrechung ist am größten, wenn der Himmelskörper im Horizonte steht, und beträgt alsdann ungefähr 33 Minuten, oder etwa so viel als der scheinbare Durchmesser der Sonne. Wenn also der oberste Rand der Sonne wirklich im Horizont ist, sehen wir vermöge der Strahlenbrechung den untersten Rand, folglich die ganze Sonne. Die Strahlenbrechung macht also den Tag um so viel Zeit länger, als die Sonne Morgens und Abends gebraucht, um durch einen Bogen von 33 Minuten zu gehen. — Die Strahlenbrechung nimmt ab, wenn der Himmelskörper höher über den Horizont steigt, und ist Null, wenn der Himmelskörper im Zenithe steht.

§. 133.

Der Mittelpunkt der Erde ist auch Mittelpunkt der Himmelskugel; deßwegen müßte man sich die Kreise an der Himmelskugel aus dem Mittelpunkt der Erde beschrieben vorstellen. Gegen die unmeßbare Entfernung der

Fixsterne aber schrumpft der Radius der Erde in einen Punkt zusammen; daher jeder Punkt auf der Erdoberfläche als Mittelpunkt des Fixsternhimmels anzusehen ist. Dies ist aber nicht der Fall bei den nähern Himmelskörpern: Sonne, Mond, Planeten, Kometen. Diese würden, vom Mittelpunkt der Erde gesehen, höher am Himmel stehen, als sie dem Beobachter auf der Erdoberfläche erscheinen.

Es sei Figur 33. T die Erde und C ihr Mittelpunkt, HR der scheinbare Horizont des Beobachters in H, CL dessen wahrer Horizont, LAFM ein Bogen des Kreises, den ein Planet in 24 Stunden um die Erde (scheinbar) beschreibt. Steht nun der Planet in A, im Horizont; so sieht ihn der Beobachter in H auf der Himmelskugel in R, und ein Beobachter in C sähe den Stern A auf der Himmelskugel in B. Diese Stelle in B heißt der wahre Ort des Planeten, und R dessen scheinbarer Ort; der Winkel BAR = HAC heißt die Parallaxe *) des Planeten. Steht der Planet in A oder im Horizont, so heißt der Winkel BAR die Horizontal-Parallaxe. — Steht der Planet in F, so ist E sein wahrer und D sein scheinbarer Ort, und der Winkel EFD = HFC ist die Höhen-Parallaxe des Planeten F. Die Parallaxe macht, daß der Planet an der Himmelskugel niedriger erscheint, als er an derselben gefunden würde, wenn man seine Höhe an dem eigentlich richtigen Beobachtungsorte, nämlich im Mittelpunkt der Erde mäße. — Der Beobachter in C fände die Höhe von F

*) Parallaxe von παραλλάττω, parallatto, ich verschiebe. Der Planet A wird aus C gesehen nach B, aus H gesehen nach R versetzt; verschiebt also seine Stelle am Himmel dadurch, daß er von zwei verschiedenen Standpunkten aus gesehen wird. Man übersetzt Parallaxe durch Nebensicht.

gleich FCL, und der Beobachter in H die Höhe von F gleich FHA. Nun ist wegen der Parallelen HA, CL der Winkel FCL = FNA

ferner ist FNA = FHN + HFN

also FCL = FHN + HFN.

Um also die Höhe des Planeten zu haben, wie ein Beobachter im Mittelpunkt der Erde sie fände, muß zu der auf der Oberfläche der Erde gefundenen Höhe, nämlich zu der Höhe FHA noch die Parallaxe HFN addirt werden. — Vorher wurde gezeigt, daß die Größe der Strahlenbrechung von der gefundenen Höhe des Planeten muß subtrahirt werden; also bewirken Strahlenbrechung und Parallaxe bei Höhenmessungen von Planeten und den übrigen Himmelskörpern entgegengesetzte Fehler.

Bei Bestimmung der geographischen Breite oder Polhöhe eines Ortes vermittelst der Mittags- oder Meridianhöhe der Sonne muß also die Höhenparallaxe der Sonne zu der gefundenen Sonnenhöhe addirt werden. Die Breitenbestimmung von Brüssel möge das Gesagte erläutern.

Im Jahr 1793 den 1. August fand man in Brüssel die Höhe des oberen Sonnenrandes im Mittage 58° 18′ 23″; hieraus konnte man die Polhöhe von Brüssel berechnen. - Die mit dem Zeichen + versehenen Größen müssen zu der Sonnenhöhe addirt, und die mit — bezeichneten davon subtrahirt werden.

Mittagshöhe des oberen Sonnenrandes	=	58°	18′	23″
Radius der Sonne den 1. August	= —		15	49
Parallaxe der Sonne	= +			4
Strahlenbrechung	= —			35
Summe der Verbesserungen	= —		16′	20″
also Höhe des Mittelpunkts der Sonne	=	58°	2′	3
nördliche Abweichung der S. am 1 Aug.	=	17°	53′	3
folglich Aequatorhöhe von Brüssel	=	40°	9′	0″
diese subtrahirt von 90° gibt die Polhöhe oder Breite von Brüssel	=	49°	51′	0″.

§. 134.

Es wurde §. 129. gesagt, daß die astronomischen Jahrbücher die Abweichung der Sonne im Mittage für jeden Tag angäben. Diese Angaben gelten jedoch nur für den Meridian des Ortes, wo die Jahrbücher erscheinen, z. B. für den Meridian von Berlin, Paris: denn nur die auf demselben Meridiane wohnen, haben zu gleicher Zeit Mittag. Will man sich z. B. bei der Bestimmung der Polhöhe von Münster aus der Mittagshöhe der Sonne des in Berlin erscheinenden astronomischen Jahrbuches bedienen, so wird erfordert, daß man ungefähr weiß, wieviel Münster, das westlich von Berlin liegt, später Mittag habe; dann kann man vermittelst einer Proportion die Abweichung der Sonne, wenn in Münster gerade Mittag ist, finden.

Man verlangt z. B. die Abweichung der Sonne den 5. Mai 1832 zu wissen, wenn sie durch den Meridian von Münster geht. Nach dem berliner Jahrbuch von 1832 ist die Abweichung der Sonne, wenn sie durch den Meridian von Berlin geht,

den 6. Mai	16°	36′	21″,2
„ 5. Mai	16	19	26,3
Unterschied =		16′	54″,9.

In 24 Stunden = 1440 Minuten nahm also die Abweichung der Sonne 16′ 54″,9, wofür man 1015″ setzen kann, zu. Für den Zeitraum von 24 Stunden kann man annehmen, daß die Zunahme der Abweichung regelmäßig nämlich in gleichen Zeiten gleich groß war. Nun hat Münster 23 Minuten später Mittag als Berlin. Addirt man also zu der Abweichung der Sonne, welche sie im berliner Mittage den 5. Mai hatte, die in 23 Minuten erhaltene Zunahme der Abweichung; so hat man ihre Abweichung, als in Münster Mittag war. Die Zunahme der Abw. erhält man durch folgende Proportion:

24 St. = 1440 Min. Zeit: 23 Min. Zeit = 1015″ im Bogen: x

daher x = 16″,2.

Daraus folgt, weil Abweichung der Sonne in Berlin den 5. Mai war = 16° 19′ 26″,3

Zunahme in 23 Min. = 16″,2

Abweichung der S. im Mittage von Münster den 5. Mai = 16° 19′ 42″,5.

§. 135.

Der Bogen des Aequators oder eines Parallelkreises zwischen dem ersten (§. 13.) Meridian und dem Meridian eines Ortes heißt dieses Ortes geographische Länge. Ist z. B. Figur 2. der Meridian PeS der erste, und E auf dem Meridian PES hat mit e gleiche Breite; so ist der Bogen eE des Parallelkreises, oder der nach Gradmaß gleiche Bogen aA des Aequators der Unterschied der Länge von e und E.

Wegen der Achsendrehung der Erde beschreibt die Sonne in 24 Stunden wahrer Zeit einen Kreis um die Erde; eben so jeder Fixstern in 24 Stunden Sternzeit. Steht die Sonne auf dem Meridian von e, so ist auf demselben Mittag, auf dem entgegengesetzten oder 180° der Länge abstehenden Meridian ist Mitternacht; die östlich von PeS gelegenen Orte, über deren Horizont die Sonne ist, haben Nachmittag und die westlichen Orte, welche die Sonne alsdann bescheint, haben Vormittag. Da die Sonne in 24 Stunden über alle Meridiane geht, so ist einleuchtend, daß der Unterschied der Tageszeit zweier Orte und ihr Längenunterschied von einander abhängige Größen sind. Die Sonne durchläuft in 24 Stunden 360°, also in

1 Stunde		15°	
4 Minuten		1°	
1 Minute	Zeit.	15′	im Bogen.
4 Secunden		1′	
1 Secunde		15″	

Hat also ein Ort 1 Stunde früher Mittag als ein anderer, so beträgt der Aequatorbogen zwischen den Meridianen beider Orte 15°. Hieraus ergibt sich, daß man den Längenunterschied zweier Orte bestimmt, wenn man den Unterschied der Zeit, welcher in demselben Augenblicke an beiden Orten statt findet, mit 15 multiplicirt. Berlin hat z. B. 23 Minuten früher Mittag als Münster; daher beträgt der Aequatorbogen zwischen den Meridianen beider Städte $23 \times 15' = 345' = 5^\circ\ 45'$. Weiß man umgekehrt, der Aequatorbogen zwischen den Meridianen von Berlin und Münster beträgt 345′, so ist der Zeitunterschied $\frac{345}{15} = 23$ Minuten. Man gibt daher den Längenunterschied von Orten sowohl nach Gradmaß als nach Zeit an. Die Aufgabe, die geographische Länge eines Ortes zu finden, geht also über in die Aufgabe: zu bestimmen, wie viel Uhr es im selben Augenblicke auf dem Meridian des angenommenen Ortes und auf dem ersten Meridiane ist. Statt des ersten Meridianes kann man jeden anderen Meridian nehmen, dessen Länge schon bekannt ist. Es ist einleuchtend, daß bei den Längenbestimmungen die Beobachter an den verschiedenen Orten sich jedesmal dessen Zeitmaßes, welches wahre, mittlere, Sternzeit sein kann, bedienen müssen.

§. 136.

Den Zeitunterschied von Orten findet man durch gleichzeitige Beobachtungen einer Erscheinung, die an den verschiedenen Orten in demselben Augenblick bemerkt wird. Solche Erscheinungen sind Mondfinsternisse, nämlich Anfang und Ende derselben, hauptsächlich Ein- und Austritt eines

Mondfleckens aus dem Schatten. Ferner die Ein- und Austritte der Jupiterstrabanten aus dem Schatten. Sonnenfinsternisse, Sternbedeckungen durch den Mond, Vorübergänge des Mercurs und der Venus vor der Sonne gestatten eine größere Genauigkeit als die Verfinsterungen des Mondes und der Jupiterstrabanten, erfordern aber besondere Rechnungen, weil sie nicht überall auf der Erde, soweit sie sichtbar sind, in demselben Zeitmoment bemerkt werden. — Die Längenbestimmung von Cumana möge das Gesagte erläutern.

1800 den 12. November beobachte Humboldt in Cumana den Eintritt des ersten Trabanten in den Schatten des Jupiters, als die mittlere Zeit angebende Uhr Abends 11 Uhr 56 Min. 18,7 Sec. zeigte. Gleichzeitig wurde dieser Eintritt von Astronomen in Europa an Uhren, die mittlere Zeit angaben, beobachtet. Da Europa östlich von Amerika liegt, also in der Tageszeit voraus ist, hatte man in Europa bereits den 13. November Morgens.

Triesnecker in Wien sah den Eintritt

	5 Uhr	18 Min.	20,7 Sec.	Morgens	13. Nov.
Humboldt	11 =	56 =	18,7 =	Abends	12. =
Cumana westl. von Wien	5 St.	22 Min.	2 Sec.		
Wien östlich von Paris		56 =	10 =		
Cumana westl. von Paris	4 =	25 =	52 =		

Mechain in Paris sah den Eintritt

	4 Uhr	22 Min.	17,7 Sec.	Morgens	13 Nov.
Humboldt	11 =	56 =	18,7 =	Abends	12 Nov.
Cumana westl. von Paris	4 St.	25 Min.	59 Sec.		

Flaugergues in Viviers sah den Eintritt

	4 Uhr	31 Min.	35 Sec.	Morgens	13. Nov.
Humboldt	11 =	56 =	18,7 =	Abends	12. =
Cumana westl. von Viviers	4 St.	35 Min.	16,3 Sec.		
Viviers östl. von Paris		9 =	24 =		
Cumana westl. von Paris	4 =	25 =	52,3 =		

Der Zeitunterschied von Paris und Cumana beträgt also nach der Beobachtung

von Triesnecker	4 St.	25 Min.	52 Sec.	
Mechain	4 =	25 =	59 =	
Flaugergues	4 =	25 =	52,3 =	
im Mittel	4 =	25 =	54,4 =	

wofür jedoch Humboldt, auf andere Beobachtungen sich stützend, 4 Stunden 26 Min. setzte. Verwandelt man die Zeit in Bogen, so geben

4 St. Zeit $4 \times 15^\circ = 60^\circ$ im Bogen
26 M. Zeit $26 \times 15' = 6^\circ\ 30'$ im Bogen.

Längenunterschied von Paris und Cumana $66^\circ\ 30'$.

§. 137.

Um den Zeitunterschied von Orten, deren Entfernung von einander nicht sehr groß ist, zu finden, gebraucht man irdische Signale, die von den verschiedenen Beobachtern im selben Zeitmoment bemerkt werden. Man zündet auf Höhen eine Masse von einigen Pfunden Pulver an. Der durch das angezündete Pulver entstandene Blitz wird von den verschiedenen Beobachtern in demselben Augenblick bemerkt, weil das Licht zur Verbreitung auf irdischen Räumen wegen seiner ungemeinen Geschwindigkeit keiner Zeit bedarf. Der Augenblick dieser Pulver-Entzündungen, auch Blickfeuer genannt, wird an Uhren, die genau die Zeit ihres Ortes angeben, beobachtet. Durch gegenseitige Mittheilung der gemachten Beobachtungen findet man den Unterschied der Zeit und dadurch den Unterschied im Bogen oder Unterschied der Länge.

§. 138.

Die angegebenen Methoden für die Bestimmung der Länge erfordern, daß die verschiedenen Astronomen sich ihre Beobachtungen gegenseitig mittheilen, und alsdann den

Längenunterschied berechnen. Diese Methoden sind also auf der See nicht zu gebrauchen, wenn man die geographische Länge des Schiffes bestimmen muß. Die Kenntniß der geographischen Länge und Breite ist aber nirgends mehr Bedürfniß als auf dem Meere, wo Unkenntniß der Breite und Länge so häufig den Untergang von Schiffen herbeiführte.

Die Breitenbestimmung auf dem Meere gewährte, selbst vor der Erfindung der Winkelmesser mit Spiegeln, weit zuverlässigere Resultate als die Längenbestimmungen. Daher setzten mehrere Handeltreibende Nationen Preise aus für denjenigen, welcher das Problem der Meereslänge auflösete. Unter Problem der Meereslänge versteht man die Aufgabe: durch einseitige Beobachtungen auf dem Schiffe die Länge des Schiffes mit ausreichender Genauigkeit zu bestimmen.

Im Jahre 1714 versprach das englische Parlament eine Belohnung von 10000 Pfund Sternlingen (ungefähr 65000 Thaler) demjenigen, welcher eine Methode angäbe, wornach man auf der See die Länge bis auf 1° finden könnte; 15000 Pf. St., wenn die Methode die Länge auf $^2/_3$°, endlich 20000 Pf., wenn die Methode die Länge bis auf $^1/_2$° angäbe.

Das einfachste Mittel zur Auflösung des genannten Problems war die Anfertigung einer Uhr, die ungeachtet des Schwankens des Schiffes, ungeachtet des Wechsels von Kälte und Wärme längere Zeit durchaus denselben Gang behielte. Stellte man eine solche Uhr z. B. nach der Zeit in Greenwich, und nahm sie mit auf eine Seereise, so wußte man auf dem Schiffe zu jeder Tageszeit, wieviel Uhr es in Greenwich war. Auf dem Schiffe selbst findet man aus der Sonnenhöhe die Tageszeit. Diese Tageszeit mit der greenwicher Zeit verglichen gab also den Zeitunterschied zwischen Greenwich und dem Orte des Schiffes.

Harrison, ein Tischler in England, brachte nach vieljährigen Bemühungen eine Uhr zu stande, die er Zeithalter nannte. Nach mehreren, mit der Uhr angestellten Proben erhielt Harrison 1765 den halben Preis nämlich 10000 Pf. St., endlich nach sehr vielen Widersprüchen im Jahre 1773 die andere Hälfte. Gegenwärtig werden solche Uhren, die man Zeithalter, Seeuhren, Chronometer nennt, in mehren Ländern angefertiget. Eine gute Seeuhr kann 2 Jahr hindurch die Zeit eines bestimmten Ortes ohne bedeutenden Fehler angeben.

§. 139.

Da eine Uhr jedoch ein zu gebrechliches Werkzeug ist, daß man derselben das Leben so vieler Menschen und die Erhaltung der Schiffe allein anzuvertrauen Bedenken tragen mußte; so hat man noch eine andere Methode für die Längenbestimmungen auf der See ausgedacht. Man berechnet, wie groß der Abstand des Mondes von bestimmten Sternen, z. B. in Greenwich beobachtet, zu einer angegebenen Zeit sein werde, und macht dies im voraus in den jährlich erscheinenden Schiffs-Calendern bekannt. Beobachtet man, um wie viel Uhr die angekündigte Erscheinung auf einem Schiffe bemerkt wird, so kann man den Zeitunterschied von Greenwich und dem Schiffe berechnen. Für diese Rechnung wurden Tafeln, die den Mondlauf genau angeben, erfordert. Die besten Mondtafeln lieferte zuerst der Astronom Mayer in Göttingen, welche Arbeit das englische Parlament mit 3000 Pf. St. belohnte.

§. 140.

Ungeachtet aller Bemühungen, die Methoden der Längenbestimmungen möglichst vollkommen zu machen, bleibt eine genaue Längenbestimmung eine ungemein schwierige Aufgabe: weil jeder Fehler in der Zeit sich um das 15fache im Bogen vervielfachet. Wie leicht ist eine Unrichtigkeit von 4 Secunden in den Uhren zweier Beobachter; dann folgt bei den genausten Beobachtungen doch ein Fehler von

1 Minute im Bogen. Es kann daher nicht auffallend sein, daß man nur von verhältnißmäßig wenigen Orten die geographische Länge genau kennet. Die Angaben der Länge von vielen Orten beruhen bloß auf Schätzungen, die mannigmal sehr unsicher sind.

Aus dem über die Zeitbestimmung Gesagten folgt, daß alle verschiedenen Zeiten des Tages zugleich auf der ganzen Erde statt finden. Folgende Tafel enthält die Angaben der Breite und Länge von 37 Oertern. Der Meridian von Ferro, welcher 20° westlich von der pariser Sternwarte absteht, ist als der erste angenommen. Die Längengrade werden von Westen nach Osten um die Erde bis zu 360° gezählt. Die in der zweiten Spalte mit s. bezeichneten Oerter haben südliche Breite, die übrigen liegen auf der nördlichen Halbkugel. Da die Städte gewöhnlich eine Ausdehnung haben, daß Breite und Länge etwas verschieden ausfallen, je nachdem man sie an verschiedenen Punkten bestimmet; so passen die Angaben der Länge und Breite nur für bestimmte Punkte, z. B. Sternwarten, Kirchthürme. Die bei Münster angegebene Breite und Länge ist die des meteorologischen Observatoriums. — Um die verschiedenen Tageszeiten von den angegebenen Oertern besser zu übersehen, zeigt die 4te Spalte an, wieviel Uhr es an diesen Oertern ist, wenn die Sonne durch den Meridian von Münster geht, also in dieser Stadt Mittag ist. v. M. bedeutet vor Mittag, und n. M. nach Mittag.

Namen der Oerter.	Geogr. Breite.	Geog. Länge östl. v. Ferro.	Wann in Münster Mittag ist, so ist in
Algier	36° 49′ 30″	19° 52′ 45″	11 U. 38′ 21″ v. M.
Amsterdam . .	52 22 33	22 32 52	11 49 1 v. M.
Berlin	52 31 14	31 3 30	12 23 4 n. M.
Buenos-Ayres	34 34 38 s.	319 8 45	7 35 25 v. M.
Cairo	30 3 12	48 58 0	1 34 42 n. M.
Calcutta . . .	22 34 45	106 9 30	5 23 28 n. M.
Cöln	50 55 21	24 35 0	11 57 10 v. M.
Constantinopel	41 1 34	46 42 30	1 25 40 n. M.
Coppenhagen .	55 41 4	30 15 30	12 19 52 n. M.
Edinburg . .	55 56 42	14 22 30	11 16 20 v. M.
Gibraltar . .	36 6 30	12 20 15	11 8 11 v. M.
Greenwich . .	51 28 39	17 39 28	11 29 28 v. M.
Hamburg . .	53 34 20	27 35 41	12 9 13 n. M.
Königsberg .	54 42 12	38 8 44	12 51 25 n. M.
Lissabon . . .	38 42 24	8 31 0	10 52 54 v. M.
London . . .	51 30 49	17 34 13	11 29 11 v. M.
Madrid . . .	40 24 57	13 57 45	11 14 41 v. M.
Malta (Obser.)	35 53 41	32 10 30	12 27 32 n. M.
Marseille . . .	43 17 49	23 1 56	11 50 2 v. M.
Mexiko . . .	19 25 45	278 34 30	4 53 8 v. M.
Moskau . . .	55 45 45	55 12 45	1 59 41 n. M.
Münster . . .	51 47 44	25 17 23	12 0 0 Mitt.
Neapel . . .	40 50 15	31 55 43	12 26 33 n. M.
Paris	48 50 14	20 0 0	12 21 10 v. M.
Pekin	39 54 13	134 7 30	7 15 20 n. M.
Petersburg .	59 56 23	47 57 54	1 30 42 n. M.
Peter u. Pauls-Haf. in Siber.	53 0 15	201 11 0	11 43 34 n. M.
Philadelphia .	39 56 55	302 30 30	6 28 52 v. M.
Quito	0 13 17 s.	299 35 0	6 17 50 v. M.
Rio Janeiro .	22 54 13 s.	334 22 10	8 36 19 v. M.
Rom	41 53 54	30 7 15	12 19 19 n. M.
Stockholm . .	59 20 31	35 42 56	12 41 42 n. M.
Teneriffa (Pic.)	28 12 54	1 8 0	10 23 22 v. M.
Tobolsk . . .	58 12 30	86 5 0	4 3 10 n. M.
Tornea . . .	65 50 50	41 45 48	1 5 53 n. M.
Vorgebirge der gut. Hoffnung	33 55 15 s.	36 3 45	12 43 5 n. M.
Wien	48 12 36	34 2 30	12 35 0 n. M.

§. 141.

Der Unterschied der Zeit von Orten, die nicht auf demselben Meridian liegen, bringt die merkwürdige Erscheinung hervor, daß man auf einem Schiffe, welches in westlicher Richtung die Erde umsegelte, bei der Zurückkunft einen Tag weniger, und wenn der Lauf östlich war, einen Tag mehr zählt, als wo das Schiff auslief. Bei einer westlichen Reise um die Erde verliert, und bei einer östlichen Reise um die Erde gewinnt man also einen Tag. Zwei Schiffe, die in entgegengesetzter Richtung die Erde umsegelten, haben bei ihrer Ankunft zu Hause in ihren Calendern einen Unterschied von 2 Tagen. Der Grund dieser Erscheinung ist nicht schwer einzusehen. Der besseren Uebersicht wegen können wir annehmen: 2 Schiffe in A laufen am 1. Januar aus, und jedes Schiff, das eine den Lauf nach Osten das andere nach Westen richtend, legt täglich 1° der Länge zurück; so ist nach 15 Tagen auf dem östlichen Schiffe 1 Uhr n. M., auf dem westlichen 11 Uhr v. M., wenn A gerade Mittag hat. Nach 90° Tagen, wo der Längenunterschied von A und jedem einzelnen Schiffe 90° beträgt, ist auf dem östlichen 6 Uhr Abends, auf dem westlichen 6 Uhr Morgens, wenn die Sonne im Meridian von A steht, oder wenn daselbst Mittag ist. Begegnen sich beide Schiffe nach einer Fahrt von 180 Tagen, und es ist in A Mittag den 29. Juni; so ist auf beiden Schiffen 12 Uhr Mitternacht. Das östliche Schiff hat jedoch den 29. Juni vollendet, und beginnt den 30. Juni; dagegen fängt auf dem westlichen Schiffe erst der 29. Juni an. Von nun trennen sich die Calender rücksichtlich des Monatstages: indem das östliche Schiff einen ganzen Tag vor dem westlichen im Calender voraus hat. Es begreift sich leicht, daß, wenn beide Schiffe nach abermals 180 Tagen in den Hafen von A einlaufen, sie nochmals einen Unterschied von einem Tage, um welchen das östliche Schiff wieder voraus ist, müssen bekommen haben. Die beiden Schiffe weichen also in ihren Calendern um 2 volle Tage von einander und mit dem Calender von A um 1 Tag ab.

Ueberhaupt ist es klar, daß das östliche Schiff, welches der Sonne gleichsam entgegenreiset, sie auch am Abend eher untergehen sieht, als dies am Orte der Fall ist, wo das Schiff am Morgen sich befand. Das östliche Schiff verliert also täglich etwas von der Tageslänge, und sieht daher bei einer Erdumschiffung die Sonne einmal mehr auf- und untergehen, als dies in der Heimath sich ereignet.

Das westliche Schiff eilt der nach Westen laufenden Sonne nach, sieht sie täglich dadurch längere Zeit. Die Tage haben also eine größere Dauer, und so verliert es bei der Umschiffung der Erde 1 Tag.

So leicht nun auch diese Erscheinung des Verlustes oder Gewinnes eines Tages zu erklären ist, so machte es doch sehr großes Aufsehen, als man auf dem Schiffe von Magelhan nach Vollendung der ersten Reise um die Erde den 6. September 1522 zählte, während es in Europa der 7. September war.

Vierzehnter Abschnitt.

Ausmessung der Erde.

---

§. 142.

Im ersten Abschnitte wurde gezeigt, daß die Gestalt der Erde wenig von der einer Kugel abweiche, daher man ohne bedeutenden Fehler die Erde als eine vollkommene Kugel betrachten könne. — Um den Umfang, die Oberfläche, den körperlichen Inhalt einer Kugel zu berechnen, wird nur erfordert, daß man die Größe von einem bestimmten Theile eines größten Kreises, z. B. von 1° nach einem Längenmaße kenne; daher muß man, um die Größe der Erde zu finden, den Bogen eines größten Kreises messen. Der Aequator und die Meridiane sind größte Kreise der Erde. Die Messung eines Aequatorbogens ist mit zu großen Schwierigkeiten verbunden, als daß man ein sicheres Resultat erwarten könnte. Man muß daher einen Meridianbogen messen. Diese Messung zerfällt in 2 verschiedene Operationen:

1. Einen Meridianbogen auf der Erde zu bezeichnen und seine Größe nach Gradmaß zu ermittlen;
2. den Bogen mit einem Längenmaße, z. B. Klafter, Ruthe auszumessen.

§. 143.

Wird die Mittagslinie bedeutend erweitert, so bildet sie auf der Erdkugel einen Kreisbogen, der wegen seiner Richtung von Süden nach Norden gehörig erweitert durch die Pole geht, also ein Bogen des Meridianes ist.

Will man daher auf der Erde einen Meridianbogen ziehen, so stelle man ein Fernrohr über die Mittagslinie, daß das Fernrohr mit der Mittagslinie dieselbe Richtung hat, mache ein Signal in der Richtung des Fernrohrs; so liegt dies Signal in der Mittagslinie des ersten Beobachtungsortes oder auf demselben Meridian mit dem Beobachtungsorte. Nun trage man das Fernrohr nach dem Signale, und wiederhole die frühere Operation. Es ist einleuchtend, daß man durch öftere Wiederholung der Operation einen Meridianbogen auf der Erde bezeichnen könne.

Ist ein Meridianbogen von gehöriger Länge bezeichnet, so folgt die Bestimmung desselben nach Gradmaß. Dieser Bogen ist gleich dem Unterschiede der an den Endpunkten des Bogens gemessenen Polhöhen. — Geht man, wie §. 128. gezeigt ist, in der Richtung des Meridianes nach Norden, so steigt der Himmelspol um eben so viele Grade, Minuten, Secunden höher über den Horizont, als man Grade... auf dem irdischen Meridian zurückgelegt hat. Findet man, die Polhöhe des nördlichsten Punktes sei a, des südlichsten b, so enthält der Bogen a—b Grade. (Wäre diese Bestimmung auf der südlichen Halbkugel gemacht, so müßte man sagen: der Bogen enthält b—a Grade). Man bestimmt daher mit der größten Sorgfalt aus vielen Messungen die Polhöhen an den beiden Endpunkten des Bogens. Diese Operation, welche der Theorie nach sehr leicht zu sein scheint, ist die schwierigste bei der Messung des Meridianbogens; ja bei aller Sorgfalt kann man doch nicht gewiß sein, daß die Polhöhe eines Punktes um keine Secunde zu groß oder zu klein gefunden sei. Eine Secunde auf einem Meridianbogen beträgt nach Längenmaß etwa 96 Fuß. Sind also beide Polhöhen zusammen um 2 Sec. zu groß, so wird dadurch schon der Bogen um 192 Fuß zu groß gefunden.

Kennt man nach Gradmaß den Bogen, so mißt man diesen aufs sorgfältigste mit Meßstangen oder Meßketten. In einem so bewohnten Erdtheile wie Europa kann diese unmittelbare Messung wohl selten ausgeführt werden. Man mißt dann eine Strecke von einigen Stunden, und bestimmt vermittelst genauer Winkelmessungen und trigonometrischen Rechnungen den Rest des Bogens.

§. 144.

Im Jahr 1764 wurde in der Ebene von Pensilvanien eine sehr gute Messung eines Meridianbogens durch die Geometer Mason und Dixon ausgeführt. Diese erweiterten nach der eben angegebenen Methode die Mittags-Linie, und bestimmten durch sorgfältige Beobachtungen die Polhöhen an den Endpunkten des Bogens. Sie fanden die Polhöhe

des nördlichsten Punktes	39°	56′	19″
des südlichsten Punktes	38	27	34
Größe des Bogens =	1°	28′	45″

Alsdann maßen sie den Bogen aufs sorgfältigste mit einer Meßkette und fanden ihn 538077,94 englische Fuß lang *). Nach der Regel de Tri erhält man nun die Größe von 1°. Auf französisches Maß zurückgeführt betrug 1° vom gemessenen Bogen 56888 Toisen **). Daraus folgte der

*) Ganz genau hätten jedoch beide Geometer den Bogen in der Richtung der Mittagslinie nicht durchführen können. Nachdem eine Linie von 104988,4 Fuß in der Richtung des Meridianes bezeichnet war, wurde hieran eine Linie von 434011,6 Fuß Länge angesetzt, welche mit der Mittagslinie einen Winkel von 3° 43′ 30″ machte. Nun wurde berechnet, wie groß die ganze Linie wäre, wenn man sie in der Richtung des Meridianes durchgeführt hätte: man fand die im Texte angegebene Zahl.

**) Toise (sprich Toase) enthält 6 pariser Fuß. — Der Maßstab, welchen die französischen Gelehrten bei der

Umfang eines größten Kreises der Erde 56888 $\times$ 360 = 20479680 Toisen, und der Durchmesser der Erde gleich 6518884 Toisen. Der Umfang eines größten Kreises mit dem Durchmesser multiplicirt gibt die Oberfläche, und diese wiederum mit 1/6 des Durchmessers multiplicirt gibt den körperlichen Inhalt der Kugel.

§. 145.

Dieser Schluß von 1° auf 360° ist jedoch nur unter der Bedingung, daß die Erde eine vollkommene Kugel mithin ein Meridian genau ein Kreis sei, gültig. Die Messung muß nun entscheiden, ob alle Meridiangrade dieselbe Länge haben. Ein Meridianbogen ist allemal 1° groß, wenn an beiden Endpunkten der Unterschied der Polhöhen 1° beträgt. Hätten aber die Meridiane eine elliptische Gestalt, wie Figur 20, so wären die Meridiangrade nicht gleich groß. An den Stellen, wo der Meridian weniger gekrümmt oder platter wäre, müßte man eine größere Strecke zurücklegen, um den Weltpol 1° dem Zenithe näher zu bringen, als an den stärker gekrümmten Stellen des Meridians.

Newton folgerte aus der Achsendrehung der Erde, daß die Meridianbogen in der Nähe der Pole weniger als in der Nähe des Aequators gekrümmt wären; woraus denn weiter folgte, daß 1° eines Meridianes in der Nähe der Pole größer als in der Nähe des Aequators und der Durchmesser des Aequators größer als die Erdachse sei.

Die von französischen Gelehrten in Lappland und in Quito 1736 ausgeführten Gradmessungen haben die Ansicht

---

1736 in Peru ausgeführten Messung gebrauchten, wird in Paris unter dem Namen der Toise von Peru sorgfältig bewahret. Nach dieser Toise sind die in Frankreich üblichen Längenmaße berechnet.

von Newton gerechtfertiget. Wegen der Wichtigkeit des Gegenstandes in wissenschaftlicher Hinsicht wurden in mehren Ländern Gradmessungen ausgeführt, unter welchen sowohl in Hinsicht der Ausdehnung als auch der Genauigkeit die während der Revolution in Frankreich ausgeführte als die vorzüglichste anzusehen ist. Der gemessene Meridianbogen erstreckt sich von Dünkirchen, dessen Polhöhe 51° 2′ 29″,55, durch Frankreich, einen Theil von Spanien, bis zu der kleinen Insel Formentera, deren Polhöhe durch 2558 Messungen der Meridianhöhen des Polarsterns zu 38° 39′ 56″,16 bestimmt wurde. Dieser Meridianbogen enthält also 12° 22′ 13″,39 und ist 705188,8 Toisen lang. Die französische Gradmessung *) wurde später

*) Die Franzosen gründeten auf diese Messung die Länge ihres Normalmaßes, mètre (Meter d. i. Maß) genannt. Dieses Normalmaß sollte der zehnmillionste Theil des Abstandes des Poles vom Aequator oder des durch Frankreich gehenden Erdquadranten sein. Aus der Messung ergab sich die Größe des Erdquadranten zu 5131111 Toisen; demgemäß betrug das Meter $\frac{5131111}{10000000} = 0,5131111$ Toisen oder 3 Fuß 11 Lin. und $\frac{328}{1000}$ Linie, oder 443,328 Linien. — Man wartete aber nicht bis die ganze Messung vollendet war, sondern berechnete aus der gefundenen Größe des Meridianbogens zwischen Dünkirchen und Montjouy den Erdquadranten zu 5130740 Tois. Hieraus folgt die Länge des Meters $= \frac{5130740}{10000000} = 0,513074$ Tois. oder 3 Fuß $11\frac{296}{1000}$ Linien oder 443,296 Linien, wenn die Toise von Peru eine Wärme von 16 1/4° nach dem hunderttheiligen Thermometer hat. Gesetzlich wurde nun das Meter zu 443,296 Linien festgesetzt, was verglichen mit

mit der in England von dem General Roy ausgeführten Gradmessung in Verbindung gebracht, und so ist ein Meridianbogen von 20°, der von Formertera durch Spanien, Frankreich, England bis zu der schetländischen Insel Unst sich erstreckt, gemessen worden. Vergleicht man nun die in verschiedenen Ländern ausgeführten Gradmessungen, so erkennt man, daß die Erde keine genaue Kugel sei. Folgende Tabelle gibt die Resultate der vorzüglichsten Gradmessungen.

---

dem aus der ganzen Messung enthaltenen Resultate nur um $\frac{32}{1000}$ Linie zu klein ist.

Das Meter wurde nach dem Decimalsystem abgetheilt: die griechischen Zahlwörter dem mètre vorgesetzt bedeuten Vervielfachungen, die lateinischen Zahlwörter Unterabtheilungen. Es enthält

Ein	myriamètre	10000	mètres.
	kilomètre	1000	
	hectomètre	100	
	decamètre	10	
	mètre	1	mètre.
	decimètre	0,1	
	centimètre	0,01	
	millimètre	0,001	

Nach diesem Längenmaße wurden auch die übrigen Maße und Gewichte eingerichtet.

Das Gewicht eines Cubik-Centimeters destillirten Wassers von etwas über 3° Wärme wurde als die Einheit der Gewichte angenommen und gramme genannt. Was nun decagramme, hectogramme, kilogramme, decigramme, centigramme bedeuten, folgt aus dem Gesagten.

Ein Cubik-Decimeter, litre genannt, ist die Einheit für die Hohlmaße.

100 Quadratmeters, are genannt, ist die Einheit für das Feldmaß.

Ein Cubik-Meter Brennholz heißt stère.

Mittlere Breite d. gemess. Bog.	Größe eines Breitengrades.	Ort und Beobachter.	
1°,31′0″nörd.	56 737 Tois.	Peru,	Bouguer.
12 32 20	56 763	Bengalen,	Lambton.
43 1 0	56 979	Italien,	Boscovich.
44 51 3	57 012	Frankreich,	Delambre.
52 3 20	57 069	England,	Mudge.
66 20 10	57 196	Lappland,	Svanberg.
33 18 0 südl.	57 037	Cap,	La Caille.

§. 146.

Aus der Vergleichung der für die Größe der verschiedenen Meridiane erhaltenen Werthe folgt, daß der Meridiangrad am Aequator am kleinsten ist und daß die Grade vom Aequator nach den Polen hin an Größe stets zunehmen. Hieraus folgt denn weiter, daß, da die Meridiane nach den Polen hin flacher werden, die Erde an den Polen flacher oder abgeplattet und die Erdachse kleiner sei als der Durchmesser des Aequators. Da jedoch der Unterschied des Grades am Aequator und in Lappland nicht viel beträgt, so ergibt sich hieraus, daß die Erde ein Sphäroid (Kugelähnlicher Körper) sei, welcher von einer Kugel nur wenig abweicht.

§. 147.

Um jedoch genau die Gestalt der Erde auszumittlen, muß man untersuchen, zu welchen krummen Linien die Meridiane zu rechnen sein. Am ersten mußte man auf den Gedanken kommen, daß die Meridiane Ellipsen sein, wobei der Durchmesser des Aequators die große, und die Erdachse die kleine Achse bildete. Unter dieser Voraussetzung läßt sich aus der Größe zweier von einander entfernten Meridiangrade die Gestalt dieser Ellipse und die Größe der beiden Achsen herleiten. Vergleicht man jedoch die Größe zweier Meridiangrade aus den verschiedenen Messungen, so erhält man jedesmal verschiedene Werthe für die Achsen, und somit eine verschiedene Abplattung. Hierunter versteht man den Unterschied der halben großen Achse (Halbmesser des Aequators) und der halben kleinen Achse (halben Erdachse) dividirt durch die halbe große Achse.

Delambre fand aus der in Frankreich von ihm und Mechain und in Peru von Bouguer ausgeführten Gradmessung

halbe große Achse $=$ 3271864 Toisen
halbe kleine Achse $=$ 3261265
Unterschied der halben Achsen $=$ 10599

Abplattung $= \frac{10599}{3271864} = \frac{1}{308,65}$ wofür man $\frac{1}{309}$ setzen kann.

Die halben, mithin auch die ganzen Achsen oder der Durchmesser des Aequators und die Erdachse verhalten sich also wie 309:308. Der Durchmesser des Aequators ist nun $1/309$ oder etwa 5 Meilen größer als die Erdachse.

Dieser kleine Unterschied läßt sich nicht füglich auf künstlichen Erdkugeln darstellen; daher diese vollkommene Kugeln sind. Auch in der Schifffahrt wird die Erde als vollkommene Kugel angenommen.

Aus dem Halbmesser des Aequators findet man dessen Umfang. Der 15te Theil von einem Grade des Aequators heißt geographische Meile, deren Größe aus der vorigen Bestimmung des Halbmessers des Aequators sich zu 3805 Toisen ergibt. Da aber die Abplattung der Erde auch zu $1/300$, $1/304$, $1/310$, $1/334$ angenommen wird, erhält man auch verschiedene Werthe für einen Grad des Aequators und dadurch auch für die geographische Meile, die man zu 3800,8, zu 3806,2, zu 3806,78, zu 3811,5 Toisen bestimmt.

Um die Oberfläche und den körperlichen Inhalt der Erde zu berechnen, ist es am zweckmäßigsten, die Erde

Huygens $\frac{1}{578}$
Newton $\frac{1}{230}$
Swanberg i Melander

als eine vollkommene Kugel zu betrachten, und einen Grad des größten Kreises dieser Kugel zu 57012 Toisen anzunehmen. Diese Größe entspricht einem Meridiangrade unter einer Breite von 45°, welcher Grad also das Mittel zwischen einem Grade am Aequator und am Pole hält. $^1/_{15}$ dieses mittleren Meridiangrades wird dann auch geographische Meile genannt und enthält 3800,8 Toisen oder 22804,8 pariser Fuß. *) Der Umfang der Erde ergibt sich daraus zu $360° \times 15 = 5400$ Meilen; daraus der Durchmesser der Erde zu 1718,87 Meilen, wofür man 1719 setzen kann, und der Halbmesser der Erde zu 859,5 Meilen, wofür man auch 860 setzt: indem alle diese Zahlen bloß als annähernd richtig müssen angesehen werden.

Die Oberfläche der Erdkugel ist gleich dem Producte aus dem Umfange des größten Kreises in den Durchmesser, enthält also $5400 \times 1719 = 9282600$ Quadrat-Meilen. Nach wahrscheinlichen Bestimmungen kommen hiervon

auf Europa	153529—158400 Q. M.
Asien	763208—768057
Afrika	531000
Amerika	753000—800000
Australien	200000
Neuholland allein	151300

Der Rest der Erdoberfläche, mithin über $^2/_3$, ist mit Wasser bedeckt.

Wenn man auch die Meridiane beinahe als Kreise und die Meridiangrade ungefähr von gleicher Größe annehmen kann, so ist dies doch nicht der Fall mit den Parallelkreisen des Aequators, die um so kleiner werden, je näher sie den

---

*) Der pariser Fuß verhält sich zum preußischen Fuß wie 144 : 139,13 oder wie 14400 : 13913. Es haben also 14400 preußische Fuß gleiche Länge mit 13913 pariser Fuß.

Polen kommen. Folgende Tabelle gibt die Größe eines Grades auf den Parallelkreisen von 5 zu 5 Graden der Breite.

Grad.	Meilen.	Grad.	Meilen.	Grad.	Meilen.	Grad.	Meilen.
0	15,000	25	13,605	50	9,642	75	3,082
5	14,944	30	12,990	55	8,604	80	2,605
10	14,771	35	12,287	60	7,500	85	1,307
15	14,488	40	11,491	65	6,339	89	0,262
20	14,095	45	10,607	70	5,130	90	0,000

Diese Zahlen gelten sowohl für die südliche als nördliche Erdhälfte: denn daß die beiden Erdhälften rücksichtlich ihrer Gestalt bedeutend von einander abweichen sollen, wie man aus der am Cap von La Caille ausgeführten Gradmessung geschlossen hat, ist höchst unwahrscheinlich.

§. 148.

Um jedoch die Gestalt der Erde möglichst genau zu bestimmen, hat man auch Gradmessungen auf den Parallelkreisen des Aequators oder Messungen von Längengraden vorgenommen. Dieser Operation stellt sich aber die ungemein große Schwierigkeit entgegen: genau den Zeitunterschied an den Endpunkten des zu messenden Bogens zu finden. — Angenommen, ein Längengrad in unserer Gegend betrage 9 Meilen oder $9 \times 22805 = 205245$ pariser Fuß, so enthält ein Bogen, an dessen Endpunkten der Zeitunterschied 1 Stunde beträgt, $15 \times 205245 = 3078675$ paris. Fuß. Dies gibt auf eine Zeitminute Unterschied einen Bogen von 51311, und auf eine Zeitsecunde Unterschied einen Bogen von 855 pariser Fuß. Ein Fehler von 3 Zeitsecunden bei der Beobachtung gibt also im Bogen eine Unrichtigkeit von 2565 pariser Fuß. Einen Bogen von einigen Graden auf einem Parallelkreise aber bis auf

3 Zeitsecunden richtig zu bestimmen, ist eine kaum ausführbare Operation. — Hieraus erklärt sich, warum die Messungen von Längengraden noch zu keinem befriedigenden Resultate geführt haben.

§. 149.

Wo bisher von Meilen die Rede war, wurde stets die geographische gemeint. Fast in jedem Lande versteht man unter Meile ein verschiedenes Längenmaß. Folgendes Verzeichniß gibt an die Größe der gebräuchlichsten Meilen nach pariser Fuß, und wie viele auf 1° des Aequators gehen, wenn dessen Durchmesser zu 3271691 Toisen angenommen wird.

Namen der Meilen.	Gehen auf 1°.	Enthalten in pariser Fuß.
Baiersche kleine	14,15	24212,7
große	8,69	39425,8
Dänische	14,79	23165,0
Französische Lieue	25,00	13704,4
Seemeile ...	20,00	17130,5
Englische neue	69,12	4956,6
Seemeile	60,00	5710,1
League	20,00	17130,5
Hannöversche	11,89	28800,0
Holländische	19,00	18032,1
Italiänische.........	60,00	5710,1
Oesterreichische	7,48	45803,5
Preußische	14,78	23113,0
Russische Werst	104,30	3284,8
Schweizerische	13,30	25760,2
Spanische..........	26,63	12882,0
Türkische Berri.......	66,67	5138,9
Seemeile.....	86,40	3965,4
Ungarische	13,30	25760,2

§. 150.

Betrachtet man die Erde als vollkommene Kugel, so kann man leicht berechnen, wie weit sich die Aussicht von einer bekannten Höhe erstrecke.

Es sei Figur 34. EBFD die Erde, EA eine Höhe, (diese ist in der Zeichnung verhältnißmäßig zu groß angenommen), AB, AD Tangenten: so sind B und D die entferntesten sichtbaren Punkte. HR ist der Horizont in A. — AE geht verlängert durch den Mittelpunkt der Erde; nun ist AF in Beziehung auf EBFD, als ein größter Kreis der Erde betrachtet, Secante und AB Tangente.

Nach der Lehre von den Secanten und Tangenten ist

$$AE : AB = AB : AF$$

also $$AB = \sqrt{AE \times AF}$$

$$AF = AE + EF.$$

Kennt man also die Höhe AE, so kennt man AF, weil der Erddurchmesser eine bekannte Größe ist. — Da AE immer nur klein ist im Verhältniß zu EF, so weicht die Tangente AB vom Bogen EB nur unbedeutend ab; daher kann man die berechnete Tangente AB dem Bogen EB gleich setzen.

Indessen kann man im rechtwinkligen Dreieck ABC auch leicht den Centriwinkel ACB finden, dessen Maß der Bogen EB ist. Mißt man den Winkel HAB, welchen die Horizontallinie mit der Sehlinie AB bildet, so ist, weil der Winkel HAB = ACB, der Centriwinkel ACB und also dessen Maß EB bekannt. Nun findet man aus der bekannten Größe eines Grades die Größe von EB nach einem Längenmaße, z. B. nach geographischen Meilen.

Folgende Tabelle gibt die Weite der Aussicht nach geographischen Meilen.

Höhe.	Weite.	Höhe.	Weite.
100 par. Fuß	2,75 M.	5000	19,40
200	3,88	6000	21,25
300	4,75	7000	22,96
400	5,50	8000	24,50
500	6,17	9000	26,04
1000	8,66	10000	27,44
1500	10,62	12000	30,06
2000	12,30	14000	32,50
2500	13,72	16000	34,70
3000	15,04	18000	36,80
3500	16,25	20000	38,80
4000	17,36	24000	41,58
4500	18,40		

Um zu erfahren, ob man von einer Höhe eine andere sehen könne, muß man die Weite der Aussicht, welche jeder von beiden Höhen zukommt, addiren. Ist diese Summe größer als die Entfernung der beiden Höhen, so kann man (falls kein Hinderniß im Wege steht) von der einen Anhöhe die andere sehen.

Der französische Gelehrte Gay-Lussac erreichte am 16. September 1804 in seinem Luftballon die Höhe von 21600 pariser Fuß. Diese ist die größte Höhe, zu der Jemand bis jetzt emporgestiegen ist. Die Reisenden Humboldt und Bonpland gelangten am 23. Juni 1802 auf dem Chimborasso bis zu einer Höhe von 18092 par. Fuß.

Fünfzehnter Abschnitt.

Die Entfernung und Größe der Himmelskörper.

---

§. 151.

Um die Entfernung eines Punktes von einem anderen Punkte, zu dem man nicht kommen kann, auf geometrischem Wege zu bestimmen, wird erfordert, daß man die Verbindungs-Linie beider Punkte in ein Dreieck bringt, wovon man nebst einer Seite noch zwei andere Stücke (Seiten oder Winkel) ausmißt. Die Kenntniß dieser drei Stücke reicht hin, nach einem verkleinerten (verjüngten) Maßstabe ein ähnliches Dreieck zu zeichnen. In diesem Dreiecke faßt die gesuchte Seite nach dem verkleinerten Maßstabe so viele Theile, als in dem großen Dreieck die gesuchte Seite nach dem Maßstabe, womit man die eine Seite ausmaß. — Bei der Bestimmung des Abstandes eines der nähern Himmelskörper von der Erde denkt man sich von beiden Endpunkten eines Halbmessers der Erde Linien zu dem Himmelskörper gezogen; dadurch bekommt man ein Dreieck, worin eine Seite, der Halbmesser der Erde, bekannt ist. Lassen sich nun noch 2 Winkel dieses Dreiecks bestimmen, so kann man durch Construction eines ähnlichen Dreieckes den gesuchten Abstand finden. Da jedoch der genauen Construction dieser Dreiecke unübersteigliche Hindernisse entgegenstehen, die Entfernung der Himmelskörper also nur sehr unvollkommen auf diese Art sich bestimmen läßt, findet man die gesuchte Entfernung vermittelst trigonometrischer Rechnungen.

§. 152.

Figur 33. ist der Winkel HAC die Horizontalparallaxe des Planeten A, und wenn dieser Planet bis F gestiegen, der Winkel HFC die Höhenparallaxe. (§. 133.) Im rechtwinkligen Dreiecke HAC ist

$$CA : CH = 1 : \sin. HAC$$

im Dr. HFC ist $CF (CA) : CH = \sin. CHF : \sin. CFH$

also $1 : \sin. HAC = \sin. CHF : \sin. CFH$

da $1 > \sin. CHF$

ist auch $\sin. HAC > \sin. CFH.$

Die Horizontalparallaxe ist also größer als die Höhenparallaxe. Weil Nebenwinkel gleiche Sinus haben, ist $\sin. CHF = \sin. d.$ Je näher der Himmelskörper dem Zenithe kommt, desto kleiner wird also die Zenithdistanz oder der Winkel d. Aus der angegebenen Proportion

$$1 : \sin. HAC = \sin. CHF (\sin. d) : \sin. CFH$$

folgt, daß je näher der Himmelskörper dem Zenithe ist, desto mehr die Parallaxe abnimmt; und wenn $d = o$ ist, wo der Himmelskörper im Zenithe steht, auch die Parallaxe Null ist.

§. 153.

Es sei die Horizontalparallaxe $HAC = P$, die Höhenparallaxe $CFH = p$; der Abstand des Himmelskörpers in F vom Zenithe Z oder die Zenithdistanz ist gleich dem Winkel d. Dann folgt für

$$1 : \sin. HAC = \sin. d : \sin. CFH$$

$$1 : \sin. P = \sin. d : \sin. p.$$

also $\sin. p = \sin. P \times \sin. d.$

Der Sinus der Höhenparallaxe ist also gleich dem Sinus der Horizontalparallaxe multiplicirt mit dem Sinus der Zenithdistanz.

Wegen der großen Entfernung der Himmelskörper sind P und p stets kleine Winkel; selbst beim nächsten

Himmelskörper dem Monde beträgt die Horizontalparallaxe noch nicht 1°. Bei den kleinen Winkeln kann man statt der Sinus die Bogen, die das Maß der Winkel sind, setzen *). Daraus folgt, da vorher war

$$\sin. p = \sin. P \times \sin. d.$$

ist auch $p = P \times \sin. d.$

und $P = \frac{p}{\sin. d.}$

§. 154.

Es sei Figur 35. ADB ein Meridian der Erde, C der Mittelpunkt; A und B seien weit entfernte Punkte auf diesem Meridian, A auf der nördlichen B auf der südlichen Halbkugel. Man ziehe die Halbmesser CA, CB und denke sich diese bis zur Himmelskugel verlängert; so sind Z und Z′ die Zenithe der Beobachter in A und B. Die Beobachter bestimmen möglichst genau die Polhöhen ihrer Standpunkte: die Summe der Polhöhen gibt den Bogen AB, welcher ist das Maß vom Winkel ACB. Ferner messen beide Beobachter am selben Tage die Zenith-Distanz des Planeten M, wenn dieser durch den Meridian geht, oder die Winkel β und α, dadurch sind alle Winkel im Viereck ACBM bekannt. — y ist die Höhenparallaxe für den Beobachter in A und x die Höhenparallaxe für

*) Ist der sinus totus = 1, so ist sin. 1° = 0,01745240, und tang. 1° = 0,01745507. Da der Bogen 1° > sin. 1° und < tang. 1°, so ist dieser Bogen vom Sinus und der Tangente um weniger, als diese beiden Linien von einander, also um weniger als 0,00000267 des Radius verschieden. Der Unterschied zwischen Bogen und Sinus nimmt ab, wenn die Winkel noch kleiner werden. Betragen die Winkel also nur einzelne Minuten oder selbst nur Secunden, so kann man unbedenklich statt der Sinus die entsprechenden Bogen setzen.

den Beobachter in B. Substituirt man für die obige Gleichung

$$\begin{aligned} p &= P \times \sin. d \\ \text{so ist } y &= P \times \sin. \beta \\ x &= P \times \sin. \alpha \end{aligned}$$

$$\text{also } y + x = P \times (\sin. \beta + \sin. \alpha)$$

$$\text{und } P = \frac{y + x}{\sin. \beta + \sin. \alpha}.$$

§. 155.

1751 den 5. October maßen La Caille am Cap und Wargentin in Stockholm die Zenithdistanz des Mars beim Durchgange durch den Meridian. Das Cap und Stockholm liegen zwar nicht genau auf demselben Meridian, sondern das Cap liegt 20′ 49″ im Bogen, also in Zeit bloß 1′ 23″ östlicher als Stockholm, so daß die beiden Beobachtungen als gleichzeitig zu betrachten sind. La Caille fand die Zenithdistanz nämlich Figur 35.

Winkel $\alpha = 25° \; 1' \; 2''$

Wargentin fand $\beta = 68 \; 15 \; 15{,}9.$

Es ist die

südliche Breite vom Cap	33° 55′ 15″
nördliche Breite von Stockholm	59 20 31
Summe	93° 15′ 46″.

So groß ist also der Bogen AB oder Winkel ACB.

Es sind also die Winkel des Viereckes MACB.

$$\begin{aligned} \text{Winkel } ACB &= 93° \; 15' \; 46'' \\ MAC = 180° - \beta &= 111 \; 44 \; 44{,}1 \\ MBC = 180° - \alpha &= 154 \; 58 \; 58 \\ AMB &= 31{,}9 \\ \hline \text{Summe} &= 360° \; 0' \; 0'' \end{aligned}$$

$$\text{Vorher war } P = \frac{AMB}{\sin. C + \sin. \alpha}.$$

also $P = \frac{31'',9}{\sin. 68^\circ\ 15'\ 15'',9 + \sin. 25^\circ\ 1'\ 2''}$
und sinus totus $= 1$ gesetzt

ist $P = \frac{31'',9}{1,35172} = 23'',6.$

Die Horizontalparallaxe des Mars war also den 5. Oct. 1751 zur Zeit der Beobachtung 23″6, woraus man den Abstand desselben vom Mittelpunkte der Erde findet.

Bedeutet Figur 33. A den Mars, so ist im rechtwinkligen Dreiecke HAC der Winkel HAC $= 23'',6$. Nun ist

$$CA : CH = \sin. tot. : \sin. HAC$$

$$\text{also } CA = \frac{CH \times \sin. tot.}{\sin. HAC.}$$

und log. CA = log. CH + log. sin. tot. — log. sin. HAC.

Es sei CH = 1 nämlich Längenmaß für CA so ist log. CA = log. sin. tot. — log. sin. HAC.

log. sin. tot. = 10,0000000
log. sin. HAC (23″,6) = 6,0584869

also log. CA = 3,9415131.

Diesem Logarithmus entspricht die Zahl 8740,3. Um so viele Erdhalbmesser stand also Mars vom Mittelpunkt der Erde. Da der Halbmesser der Erde 859,5 Meilen beträgt, war also der Abstand gleich $859,5 \times 8740,3 = 7512287,8$ Meilen.

Dieses ist fast der kleinste Abstand des Mars von der Erde; seine Parallaxe war mithin beinahe am größten; ein für die Beobachtung sehr günstiger Umstand.

§. 156.

In eben dem Jahre 1751 wurde durch gleichzeitig von La Caille am Cap und La Lande in Berlin angestellte Beobachtungen die Horizontalparallaxe des Mondes zu 58′,3″ bestimmt. Wegen des ungleichen Abstandes des Mondes ist diese zuweilen größer zuweilen kleiner.

Die Parallaxe der Sonne ist zu klein als daß man dieselbe durch die angegebene Methode finden könnte. Man hat die Horizontalparallaxe der Sonne aus den Vorübergängen der Venus vor der Sonne im Jahre 1761 und 1769 zu 8″,5; 8″,6; 8″,7; 8″,8 bestimmet, wobei also noch eine Ungewißheit von 5/10 Secunden bleibt. Nimmt man die Parallaxe zu 8″,8, so findet man den Abstand der Sonne von der Erde über 700000 Meilen kleiner, als bei der Annahme der Parallaxe von 8″,5, woraus die Wichtigkeit einer genauen Parallaxe sich von selbst ergibt. Der Astronom Enke in Berlin hat mit großem Scharfsinn aus den Vorübergängen der Venus im Jahre 1761 und 1769 die mittlere Horizontalparallaxe der Sonne zu 8″,5776 bestimmt, wobei der wahrscheinliche Fehler ± 0″,0370 beträgt. Hiernach kann die Parallaxe nicht größer als 8″,5776 + 0″,0370 = 8″,6146 und nicht kleiner als 8″,5776 — 0″,0370 = 8″,5406 sein. Die erste Parallaxe gibt den Abstand der Sonne zu 20577649 die zweite Parallaxe zu 20755943 Meilen, wobei die Ungewißheit der Entfernung auf 178294 Meilen beschränkt wird. Ob aus den nächsten Vorübergängen der Venus im Jahre 1874 und 1882 sich eine genauere Sonnenparallaxe herleiten lasse, muß die Zukunft lehren.

§. 157.

Nebst der Entfernung der Sonne braucht man nur noch ihren scheinbaren Durchmesser zu kennen, um ihre Größe, unter der Voraussetzung, daß sie eine vollkommene Kugel sei, zu bestimmen. Da aber auch hinsichtlich des scheinbaren Durchmessers eine kleine Ungewißheit obwaltet, muß die Angabe der Größe verschieden ausfallen, je nachdem man diesen oder jenen Werth für den scheinbaren Durchmesser annimmt. Wird die Parallaxe zu 8″,58 und der scheinbare Durchmesser zu 1922″, also der Halbmesser zu 961″ angenommen, so ist Figur 33., wenn A die Sonne bedeutet, der Winkel HAC = 8″,58. Einem Beobachter auf der Sonne erschiene also der Halbmesser der Erde unter einem Winkel von 8″,58. Stellt aber A die Erde und CH den Halbmesser der Sonne vor, so ist der Winkel HAC = 961″. In derselben Entfernung verhalten sich also die scheinbaren Halbmesser der Erde und Sonne wie

$$8{,}58 : 961 = 1 : 112.$$

Bei gleich entfernten Weltkörpern verhalten sich die wahren Halbmesser wie die scheinbaren; daher sind auch die wahren Halbmesser und ebenfalls die wahren Durchmesser der Erde und Sonne wie 1: 112. Die Sonne hat also einen 112mal größeren Durchmesser als die Erde.

Die Oberflächen zweier Kugeln verhalten sich wie die Quadrate der Halbmesser und ihre Körperräume wie die Cubi der Halbmesser, also die Oberfläche der Erde und Sonne wie

$$1^2 : 112^2 = 1 : 12544$$

die Körperräume wie

$$1^3 : 112^3 = 1 : 1404928.$$

Setzt man die Parallaxe der Sonne zu 8″,8 und ihren scheinbaren Durchmesser zu 1923″,29, also den Halbmesser zu 961″,64; so folgt Durchmesser der Sonne = 109,3 Durchmessern der Erde; Oberfläche der Sonne = 11946,5 Oberflächen der Erde; Körperraum der Sonne = 1305751,4 Körperräumen der Erde.

Aus dem Gesagten folgt, daß die Angaben der Entfernung und Größe der Sonne sehr verschieden ausfallen, je nachdem man diese oder jene Parallaxe, diesen oder jenen scheinbaren Durchmesser der Rechnung zu Grunde legt.

§. 158.

Wie bestimmt man die Entfernung der Fixsterne?

Der Halbmesser der Erde ist zu klein, als daß die von den Endpunkten desselben zu einem Fixsterne gezogenen

Linien mit diesem Halbmesser ein Dreieck bilden. Um also den Abstand eines Fixsternes zu finden, bedarf man einer weit größeren Grundlinie eines Dreieckes, als der Halbmesser der Erde ist. Die größte Linie, welche wir zu diesem Zwecke gebrauchen können, ist der Durchmesser der Erdbahn, eine Linie von 41 Millionen Meilen.

Es sei Figur 36. ab Durchmesser der Erdbahn, a Stand der Erde am 1. Januar, b am 1. Juli; c sei ein Fixstern. Nun sollte man vermuthen, daß ein sorgfältiger Beobachter am 1. Juli fände, c habe am Himmel eine, von der am 1. Januar beobachteten, verschiedene Stellung, weil der Beobachter am 1. Juli 41 Million. Meilen von der Stelle entfernt ist, wo er sich am 1. Januar befand. — Richtet man jedoch am 1. Januar ein Fernrohr, worin parallele Fäden von andern Fäden unter rechten Winkeln durchschnitten werden, auf den Stern c, merkt sich genau den Weg, welchen der Stern längs den Fäden nimmt, befestiget vorsichtig das Fernrohr in seiner Stellung; so wird man am 1. Juli finden, daß der Stern durchaus denselben Weg nimmt, wie am 1. Januar: ein Zeichen, daß der Stern (abgesehen von der §. 47. erwähnten Aberration) seine Stelle am Himmel nicht geändert hat.

Denkt man sich c mit s, dem Mittelpunkt der Erdbahn oder dem Mittelpunkte der Sonne verbunden, und die Linien ac, bc gezogen, so heißt der Winkel acs die jährliche Parallaxe des Sternes: unter dem Winkel acs würde einem Beobachter auf dem Sterne der Halbmesser der in einem Jahre von der Erde beschriebenen Kreisbahn *) erscheinen.

Es kömmt also darauf an, den Winkel acs zu bestimmen.

Je mehr aber die Instrumente verbessert wurden, und je sorgfältigere Beobachtungen man anstellte, desto geringer

---

*) Die Erdbahn wird hier als Kreis betrachtet.

wurde die Hoffnung, die jährliche Parallaxe der Fixsterne zu finden. Der Astronom Pond in Greenwich schloß aus einer Reihe höchst sorgfältiger Beobachtungen, daß, im Falle eine jährliche Parallaxe eines Fixsternes existire, diese nicht größer als 0″,26 sein könnte. So eine kleine Größe liegt aber innerhalb der Grenzen der möglichen Beobachtungsfehler. Haben aber die Fixsterne keine jährliche Parallaxe, so können wir auf geometrischem Wege ihren Abstand von der Erde nicht finden. Indessen können wir doch die Grenze bestimmen, innerhalb welcher die Fixsterne nicht liegen können.

Angenommen im Dr. acs sei cs senkrecht auf ac, und im rechtw. Dr. acs sei der Winkel acs = 1″; so hat man die Proportion

$$ac : as = \text{sin. tot.} : \text{sin. } acs$$

und as = 1 gesetzt,

ist $ac = \dfrac{\text{sin. tot.}}{\text{sin. } acs}$

und log. ac = log. sin. tot. — log. sin. acs.

$$\text{log. sin. tot.} = 10{,}0000000$$
$$\text{log. sin. } 1'' = 4{,}6855749$$

$$\text{log. } ac = 5{,}3144251.$$

Diesem Logarithmus entspricht die Zahl 206265. So viel Halbmesser der Erdbahn beträgt der Abstand des Fixsternes c, oder dieser steht 206265mal weiter als die Sonne von der Erde. Setzen wir die Entfernung der Sonne zu 20700000 Meilen, so ist der Abstand des Fixsternes 206265 × 20700000 = 4,269,685,500,000 Meilen.

Das Licht durchläuft in 1 Secunde Zeit 40000 Meilen, folglich in 1 Tage oder 86400 Secunden 3,456,000,000 Meilen; dennoch würde es 3 Jahr 4 1/2 Monat gebrauchen, um von einem Fixstern zur Erde zu kommen. Sirius könnte zerstört werden, und erst nach 3 1/3 Jahren würden wir dies erfahren: denn so lange sähen wir ihn noch am Himmel glänzen.

Bei dieser Rechnung wurde die Parallaxe der Fixsterne zu 1″ angenommen. Es ist jedoch höchst unwahrscheinlich, daß eine Parallaxe von 1″ den sorgfältigsten Beobachtern sollte entgangen sein. Aber selbst angenommen, die Parallaxe betrüge 2″; so folgte daraus eine Entfernung von 2,134,842,750,000 Meilen.

Bei diesem ungeheuren Abstande können die Fixsterne ihr Licht nicht wie die Planeten und Kometen von der Sonne bekommen; wir müssen daher annehmen, daß sie Selbstleuchter sind wie unsere Sonne. — Rücken wir in Gedanken die Sonne bis zum Abstande des Fixsternes, dessen jährliche Parallaxe 1″ beträgt, oder machen wir ihren Abstand 206265mal größer, so würde der Sonnendurchmesser $\frac{1922''}{206265} = 0'',0093$, d. i. noch nicht 1/100 Secunde betragen. Möglich, daß wir selbst mit Fernröhren die Sonne alsdann nicht mehr bemerkten.

Sind die Fixsterne Sonnen; sollten sie denn nicht eine höhere Bestimmung haben, als unsern Nächten eine matte Erleuchtung mitzutheilen? — Vielleicht werden diese Sonnen ebenfalls von Planeten und Kometen umkreiset. Daher singt Stolberg:

Jede Sonn' umringt von kreisenden Erden,
Und umringt von Monden die Erden;
Und jegliche Sonn', und die Erden, und die Monden allzumal
Von Geschöpfen, die Dein, Hallelujah, o Gott, die Dein
Harren, bewohnt, die sich Dein, o Unendlicher, erfreun.

Zusätze.

A.

Trigonometrische Bestimmung der Größe eines Meridian-Bogens.

In einem so bewohnten Erdtheile läßt sich eine Gradmessung, wie die §. 114. angeführte, wohl selten vornehmen. Man mißt aufs sorgfältigste mit sehr genauen Maßstaben bloß eine Linie, Basis genannt, von 1 bis 2 Meilen Länge, und findet durch Winkelmessung und trigonometrische Rechnung die Größe des Meridianbogens. Es sei Figur 37. AF ein nach Gradmaß bekannter Meridianbogen. Man errichtet Signale oder benutzet dazu Thürme in der Nähe des Meridianbogens, wobei jedoch erfordert wird, daß man von einem Signale andere sehen kann, um die Verbindungslinien der Signale als Seiten in Dreiecke bringen zu können. A, E, B, C, F sein die Signale, mn sei die Basis, die doppelt, von m nach n und von n nach m gemessen wird. Die Endpunkte m und n denkt man sich mit B verbunden, mißt die beiden an Bn liegenden Winkel; so findet man im Dreiecke Bmn die Seite Bm durch die Proportion

$$Bm : mn = \sin.\ Bnm : \sin.\ mBn.$$

Alsdann denkt man sich E mit B und m verbunden, mißt 2 Winkel im Dreiecke BmE, so kann man die Seiten BE, mE gleichfalls berechnen vermittelst des Lehrsatzes: Zwei Seiten eines Dreieckes verhalten sich wie die Sinus der Winkel, welche den Seiten gegenüberliegen.

Nun läßt sich mit Hülfe der Magnetnadel durch E die Linie ba parallel zu AF ziehen; aus A und m werden dann Senkrechte Ab und ma auf ba errichtet. In dem rechtwinkligen Dreiecke AbE, maE kennt man schon die Hypotenusen EA, mE; mißt man in jedem Dreiecke noch einen spitzen Winkel, so berechnet man leicht bE, Ea. Durch Messung zweier Winkel und trigonometrischer Rechnung lassen sich ferner in den Dreiecken BmC, CFm die Seiten Cm, Fm finden. md wird parallel zu AF, und Fd senkrecht auf md gezogen und md berechnet; so ist AF = bE + Ea + md.

Um sicher zu sein, daß man die Größe der einzelnen Dreiecksseiten richtig gefunden, mißt man zuletzt wieder eine Dreiecksseite mit Maßstäben, und vergleicht das Ergebniß dieser Messung mit dem durch die Berechnung erhaltenen. Stimmen beide Werthe gut überein, so hat man den Beweis für die Genauigkeit der Dreiecksmessungen.

Bei der französischen Gradmessung maßen Delambre und Mechain bei Melun eine Basis von 6075,9 Toisen (fast 2 Meilen), wozu sie eine Zeit von 45 Tagen gebrauchten. Durch eine Reihe von Dreiecken hatten sie bei Perpignan, 80 Meilen von Melun, eine Dreiecksseite zu 6006,1983 Toisen Länge gefunden. Die unmittelbare Messung, welche eine Zeit von 51 Tagen erforderte, gab die Länge dieser Dreiecksseite zu 6006,25 Toisen. Eine höchst merkwürdige Uebereinstimmung.

Das hier über Gradmessung Gesagte soll nur die Methode, vermittelst einer Reihe von Dreiecken die Größe eines Meridianbogens zu finden, im Allgemeinen angeben. Eine genaue Erörterung alles dessen, was bei dieser Operation noch zu beobachten ist, kann hier nicht statt finden.

B.

Versuch des Eratosthenes den Umfang der Erde zu bestimmen.

Eratosthenes (geb. 276, gest. 198 vor Chr. Geb.) hat sich durch die sinnreiche Methode, wodurch er den Umfang der Erde bestimmte, berühmt gemacht. Dieser nahm an, daß am Tage der Sonnenwende die Sonne im Mittage senkrecht stehe auf dem Horizont von Syene, was auch mehrere Schriftsteller erzählen. «Tradunt in Syene oppido, sagt Plinius, quod est supra Alexandriam quinque millibus stadiorum, solstitii die medio nullam umbram jaci, puteumque, ejus experimenti gratia factum, totum illuminari. Ex quo apparere, tum solem illi loco supra verticem esse.» Strabo sagt: «In Syene puteus quidam est, qui aestivum indicat solstitium, quoniam haec loca circulo tropico sunt subjecta, et in meridie umbilicos faciunt sine umbra.» Ferner nahm Eratosthenes an, daß Syene und Alexandria auf demselben Meridiane lägen. Es kam also darauf an, den Meridianbogen zwischen beiden Städten nach Gradmaß zu ermitteln. Zu diesem Zwecke bediente sich Eratosthenes eines Instrumentes, σκάφη auch σκαφίον genannt, wovon Figur 38. den Durchschnitt darstellt. Dieses Skaphium war eine Halbkugel mit einem nach Gradmaß getheilten Halbkreise, worin der Stift (gnomon) CD sich befand, dessen Spitze D Mittelpunkt der Kugel war. Stellte man dieses Instrument, daß CD senkrecht auf der Horizontalfläche war, also verlängert das Zenith traf, und die Sonne S machte, daß der Schatten des Stiftes bis E fiel; so war der Bogen CE das Maß des Winkels CDE = SDZ, also Maß des Abstandes der Sonne S vom Zenithe Z.

Es sein Figur 39, C und B Mittelpunkte der Sonne und Erde; S sei Syene und A Alexandria; der Meridianbogen SA war also der Unterschied der geographischen Breite dieser Städte. Um die Größe des Meridianbogens SA nach Gradmaß zu finden, stellte Eratosthenes am Tage der Sonnenwende sein Skaphium, daß AD senkrecht stand auf dem Horizont von A, also verlängert, wegen der Kugelgestalt der Erde, den Mittelpunkt B traf. Der Mittelpunkt der Sonne C stand im Mittag des längsten Tages senkrecht auf S; daher die Linie CS verlängert ebenfalls in B kam. Der Sonnenstrahl GD macht, daß der Schatten von AD bis L reicht: dann ist LA das Maß des Winkels ADL. Eratosthenes, welcher im Mittage des Solstitiums den Bogen AL beobachtete, nahm an, daß die Sonnenstrahlen parallel sein, also CB parallel wäre zu GL. Weil alsdann die Wechselwinkel ADL, ABS gleich sind, gab der Bogen AL die Größe des Meridianbogens SA nämlich des Abstandes zwischen Syene und Alexandria. Eratosthenes fand den Bogen AL mithin auch SA gleich 1/50 des Kreisumfanges oder 7° 12′. Da die Enfernung von Syene und Alexandria zu 5000 Stadien angenommen wurde, so folgte daraus der Erdumfang zu $50 \times 5000 = 250000$ Stadien.

Dieses Unternehmen des Eratosthenes nennt Plinius improbum ausum, sed ita subtili ratione comprehensum, ut pudeat non credere; und Macrobius behauptet, daß es evidentissimis et indubitabilibus rationibus constare.

Die Ungewißheit, was für ein Stadium gemeint sei, macht es unmöglich zu bestimmen, in wie weit die angegebene Größe des Erdumfanges mit der wahren übereinstimme. Ferner ist zu bemerken, daß Syene, jetzt Assuan, in Oberägypten mehr als 3° östlicher liegt als Alexandria; daß die Entfernung beider Städte, in runder Zahl zu 5000 Stadien angenommen, nicht genau ist; endlich daß Eratosthenes bloß den Kernschatten des Stiftes beobachtete, wodurch er den Abstand des Sonnenrandes und nicht des Sonnenmittelpunktes vom Zenithe fand. Um also den Abstand des Sonnenmittelpunktes vom Zenithe von Alexandria zu bestimmen, hätte noch zu dem gefundenen Bogen 15′ nämlich der Halbmesser der Sonne müssen addirt werden. Ungeachtet dieser Unrichtigkeiten bleibt der Versuch des Eratosthenes doch sehr merkwürdig, da er die erste Bestimmung des Erdumfanges ist, wovon wir das dabei beobachtete Verfahren kennen.

C.

Methode des Aristarch, die Entfernung der Sonne von der Erde zu bestimmen.

Aristarch bestimmte zuerst (gegen das Jahr 280 vor Christ.) den Abstand der Sonne von der Erde, wobei er die Entfernung des Mondes als Längeneinheit annahm.

Es sei Figur 40. T die Erde, S die Sonne, L der Mond. In dem Augenblicke, wo ein Beobachter in T bemerkt, daß der Mond in sein erstes Viertel tritt, ist das Auge des Beobachters in derselben Ebene mit dem Kreise des Mondes, welcher die erleuchtete Hälfte von der dunklen scheidet. Die Hälfte dieses Kreises erscheint alsdann mitten auf der Mondscheibe als gerade Linie. Die Verbindungslinie des Mittelpunktes der Sonne und des Mondes steht offenbar senkrecht auf dem Kreise, welcher die Licht- und Schattenseite trennt, also senkrecht auf der Linie, die vom Auge des Beobachters zum Mittelpunkt des Mondes gezogen wird; daher das Dreieck SLT rechtwinklig ist.

Aristarch fand nach seinen Messungen, daß der Winkel STL nicht unter 87° wäre. Wurde der Winkel STL = 87° gesetzt, so waren im Dreieck STL alle Winkel und die Seite TL = 1 bekannt. Durch Construction eines ähnlichen Dreieckes konnte Aristarch das Verhältniß von TL zu TS bestimmen. Aristarch fand TS 18 bis 20 mal größer als TL oder die Entfernung der Sonne 18 bis 20 mal größer als die Entfernung des Mondes.

Diese Entfernung ist freilich nur 1/20 der wahren Entfernung: da die Sonne 400 mal weiter als der Mond von der Erde absteht. Indessen war durch Aristarch bewiesen, daß die Sonne viel weiter von der Erde entfernt sei, als man bis dahin angenommen hatte.

Plutarch sagt, nachdem er den durch Aristarch gefundenen Abstand der Sonne von der Erde angegeben, daß der Abstand des Mondes von der Erde die Länge von 56 Halbmessern der Erde habe, ohne dabei zu erwähnen, von wem diese Bestimmung herkomme. Da der Abstand des Mondes nur um 3 — 4 Halbmesser der Erde zu klein angegeben wird, so muß diese Bestimmung der Entfernung des Mondes durch einen großen Astronom gemacht sein.

Die angegebene Methode des Aristarch ist äußerst sinnreich; allein es hält ungemein schwer, genau den Augenblick zu bemerken, wo der Mond in sein Viertel tritt. Ein Fehler von nur 5 Minuten, um welche der Eintritt des Mondes zu früh oder zu spät angenommen wird, macht aber in der Berechnung des Abstandes einen sehr großen Unterschied. Wie schon früher erwähnt ist, läßt sich aus den Vorübergängen der Venus vor der Sonne die Entfernung des letztern Weltkörpers von der Erde am sichersten berechnen.

I n h a l t.

Zusätze.

Im Verlage der Theissingschen Buchhandlung sind folgende empfehlungswerthe, mehrentheils für den Gebrauch an Gymnasien bestimmte Bücher erschienen:

Annegarn, J., Unterricht zur ersten h. Communion für die fähigere Jugend. 8. 1830. (28 Bogen.) 16 gr.

— — Weltgeschichte für die katholische Jugend. 7 Bändchen. Zweite vermehrte und verbesserte Ausgabe. 8. 1833. (167 Bogen.) 3 Rt.

Budde, Franz, Chrestomathie zur Geschichte der deutschen Sprache und Poesie für die oberen Klassen der Gymnasien. Mit grammatischen und metrischen Vorkenntnissen, und einem Wörterbuch. gr. 8vo 1829—30.
Erster Th.: Von Ulphilas bis Haller. 1 Rt. 8 gr.
Zweiter Th.: Dichter neuerer Zeit. 1 Rt. 4 gr.

Celsi, A. Corn., de medicina libri octo, quos potissimum ad Leon. Targae recensionem in scholarum usum accomodatos, additis quibusdam indicibus edidit J. H. Waldeck. 8. 1827. Geheftet. 20 gr.

Chrestomathie, lateinische und deutsche, zum Gebrauch der unteren Klassen der Gymnasien. Vierte von J. König neu umgearbeitete und verbesserte Auflage. 1818. gr. 8. 1 Rt. 4 gr.

Dieckhoff, Bern., Handbuch der Poetik für Gymnasien. gr. 8. 1832. 18 gr.

Esser, Dr. Wilh., System der Logik. Zweite umgearbeitete Auflage. gr. 8. 1830. 1 Rt. 12 gr.

Kistemaker, J. H., Kritik der griechischen, lateinischen und deutschen Sprache; eine von neuem durchgesehene und stark vermehrte Preisschrift. 8. 1793. 12 gr.

— — griechische Schul-Grammatik. Dritte von Prof. Wiens durchaus umgearbeitete Ausgabe. gr. 8. 1827. 18 gr.

— — lateinische Sprachlehre für Trivialschulen und die untersten Klassen an Gymnasien. Vierte verbesserte Ausgabe. 8. 1823. 12 gr.

Köne, J. R., über die Wortstellung in der lateinischen Sprache. gr. 8. 1831. 10 gr.

Lückenhof, J. C., Anfangsgründe der Buchstabenrechnung und Algebra. 8. 1828. 10 gr.

— — Anfangsgründe der Geometrie. Erster Theil: Planimetrie und ebene Trigonometrie. Mit 6 Figurentafeln. 8. 1830. 14 gr.

(N. B. Dessen Anfangsgründe der Geometrie. Zweiter Theil: Stereometrie, sphärische Trigonometrie und Kegelschnitte enthaltend, wird noch in diesem Jahre erscheinen.)

Nabermann, H. L., geistliche Lieder, nebst einigen Gebeten und Litaneien, zum gottesdienstlichen Gebrauche für katholische Gymnasien. 8. Zweite Ausgabe. 1822. Schreibpapier. 12 gr.

— — Sammlung lateinischer Wurzelwörter. Zum Schulgebrauche. Dritte verbesserte Auflage. gr. 8. 1824. 6 gr.

— — Sammlung griechischer Wurzelwörter. Zum Schulgebrauche. gr. 8. 2te verbess. Ausgabe. 1827. 8 gr.

Roebig, Dr., Lehrbuch der Naturgeschichte für Gymnasien. 8. 1824. 20 gr.

Sallust's Werke, latein. und deutsch, von J. Ch. Schlüter. 2 Thle. 1818. 1 Rt. 12 gr.

Schriften, die heiligen, des Neuen Testaments, übersetzt von J. H. Kistemaker. 8. 1824. 12 gr.

Siemers, Clem., Religions-Handbuch für die mittleren Klassen katholischer Gymnasien. 2 Theile. 1r Theil: Die Glaubenslehre. 2r Theil: Die Pflichtenlehre. gr. 8. 1831—32. 1 Rt. 8 gr.

Steiner, J., Abhandlungen über die wichtigsten Redefiguren. 8. 1802. 10 gr.

Stolberg, Friedrich Leopold Graf zu, die heil. sonn= und festtäglichen Episteln und Evangelien, nebst der Leidensgeschichte des Herrn nach den Evangelisten Matthäus und Johannes. Zum Gebrauche für Kirchen und Schulen übersetzt 8. 1823. 10 gr.

Terenzen's Lustspiele: das Mädchen von Andros, und der Eunuche, verdeutscht von J. Ch. Schlüter. 8. 1818. 16 gr.

Ueberwasser, über das Begehrungsvermögen. 8. 1800. 14 gr.

— — Moralphilosophie. Nach des Verfassers Tode herausgegeben von J. H. Brockmann. 3 Theile. 8. 1814—15. 2 Rt.

Wagner, A., Anweisung zur gründlichen Berechnung der Münzsorten=Reduction und Arbitragen, wie auch der Waarencalculation, Assecuranz, Haverey, Bodmerey u. s. w. Nebst vielen nützlichen Tabellen; zum Gebrauch für Comptoirs, Lehrer und Handlungs=Schulen. gr. 8. 1803. 1 Rt. 16 gr.

Waldeck, J. H., allgemein faßliche Anleitung zur Verfertigung schriftlicher Aufsätze im gewöhnlichen Leben. Mit sehr vielen Beispielen und Aufgaben. Für Schulen und zum Selbstunterricht. 8. 1824. 20 gr.

— — Erbauungsbuch für alle Sonn= und Feiertage zur Uebung der Jugend im Beherzigen des göttlichen Wortes. Zweite, verbesserte Auflage. 2 Theile: Vom ersten Advents=Sonntag bis zum Ende des Kirchenjahrs. gr. 8. (42 Bogen.) 1 Rt. 4 gr.

Wüllner, Dr. Franz., über Ursprung und Urbedeutung der sprachlichen Formen. gr. 8. 1832. 2 Rt.

Münster,
gedruckt bei Friedrich Regensberg.

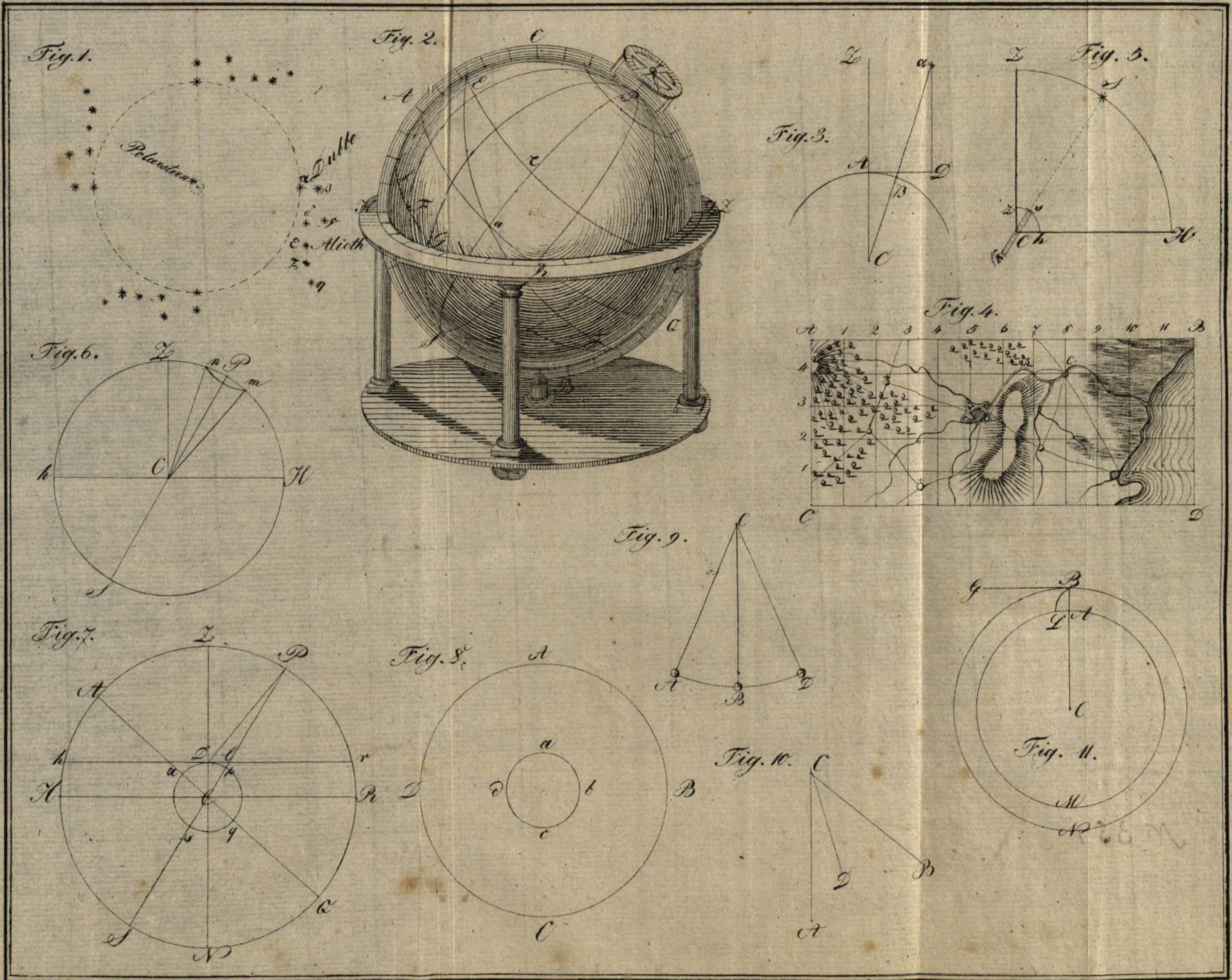
Berichtigungen.

Seite 170 Zeile 14 von unten anstatt Neumonde lies: Vollmonde.
— 194 anstatt Paris 12 21 10 v. M. lies: 11 38 50 v. M.

2

ig. 8.

Taf. I.



Lith. v. C. Schimmel in Münster.

A.F. Friedrichs sc.

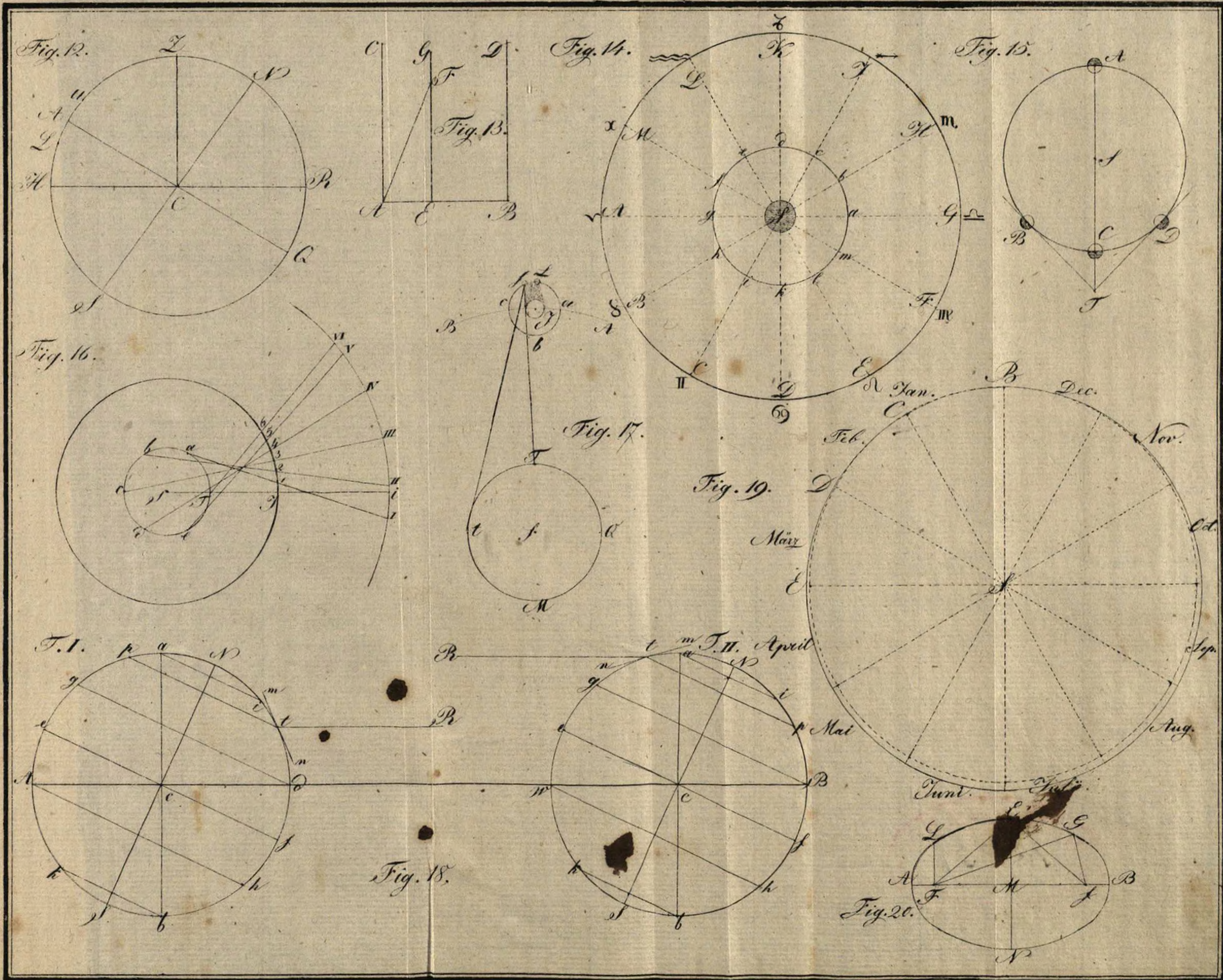
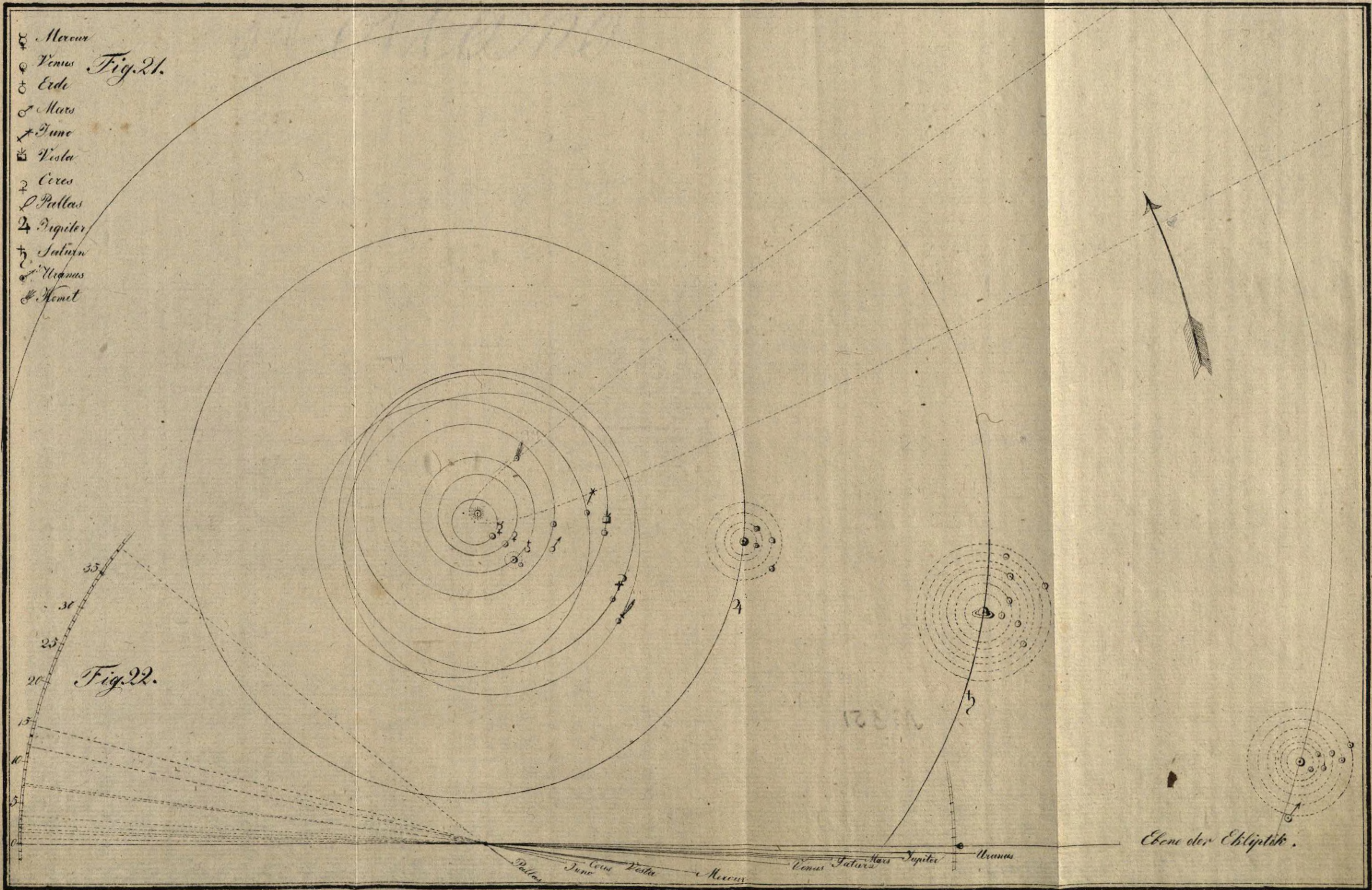


Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 20.
T. I.
T. II.
Jan.
Dec.
Feb.
Nov.
März
Oct.
Sep.
April
Mai
Aug.
Juni.
Juli.

Das Sonnensystem.

Taf. III.



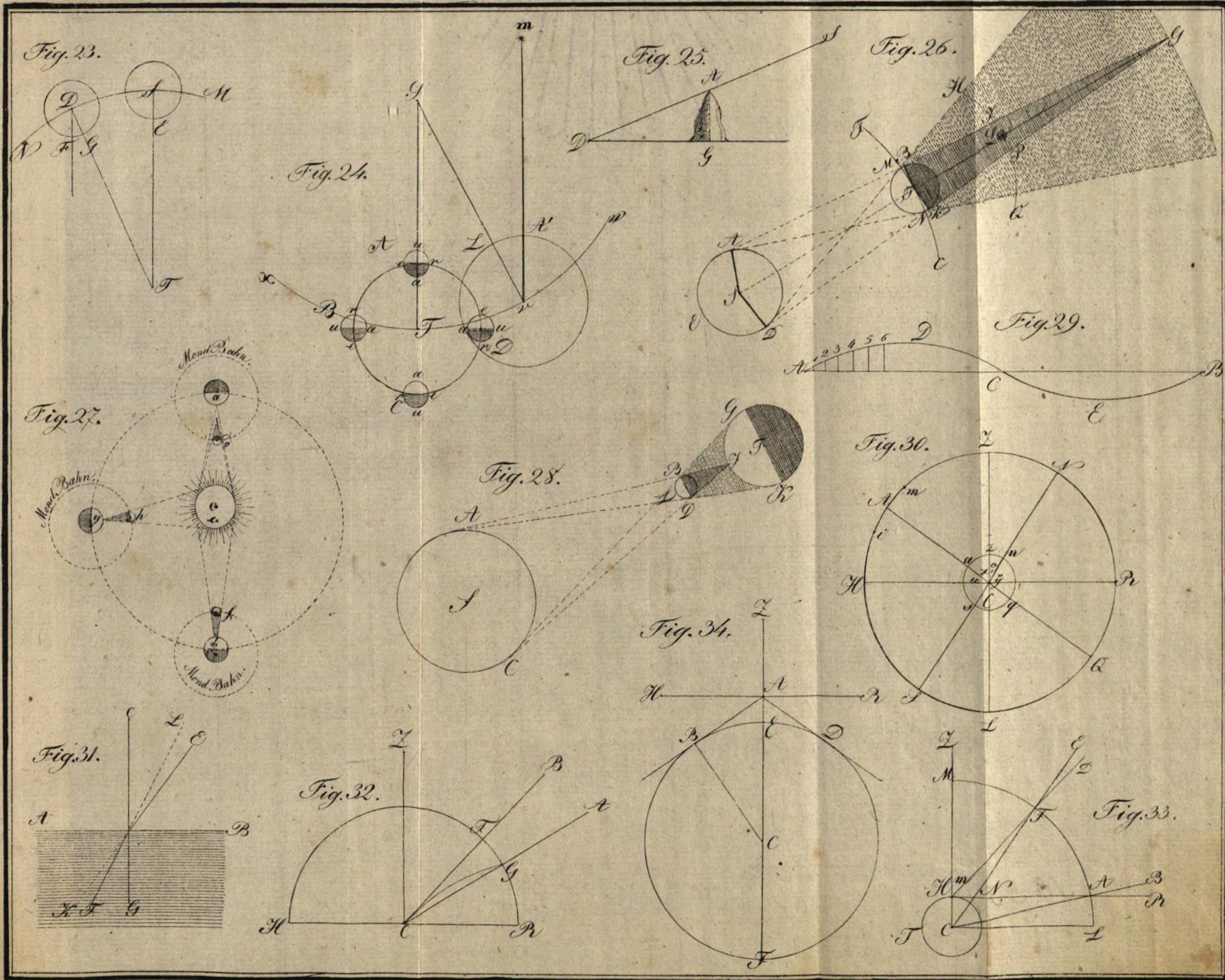


Fig. 23.
Fig. 24.
Fig. 25.
Fig. 26.
Fig. 27.
Mond Bahn.
Fig. 28.
Fig. 29.
Fig. 30.
Fig. 31.
Fig. 32.
Fig. 33.
Fig. 34.

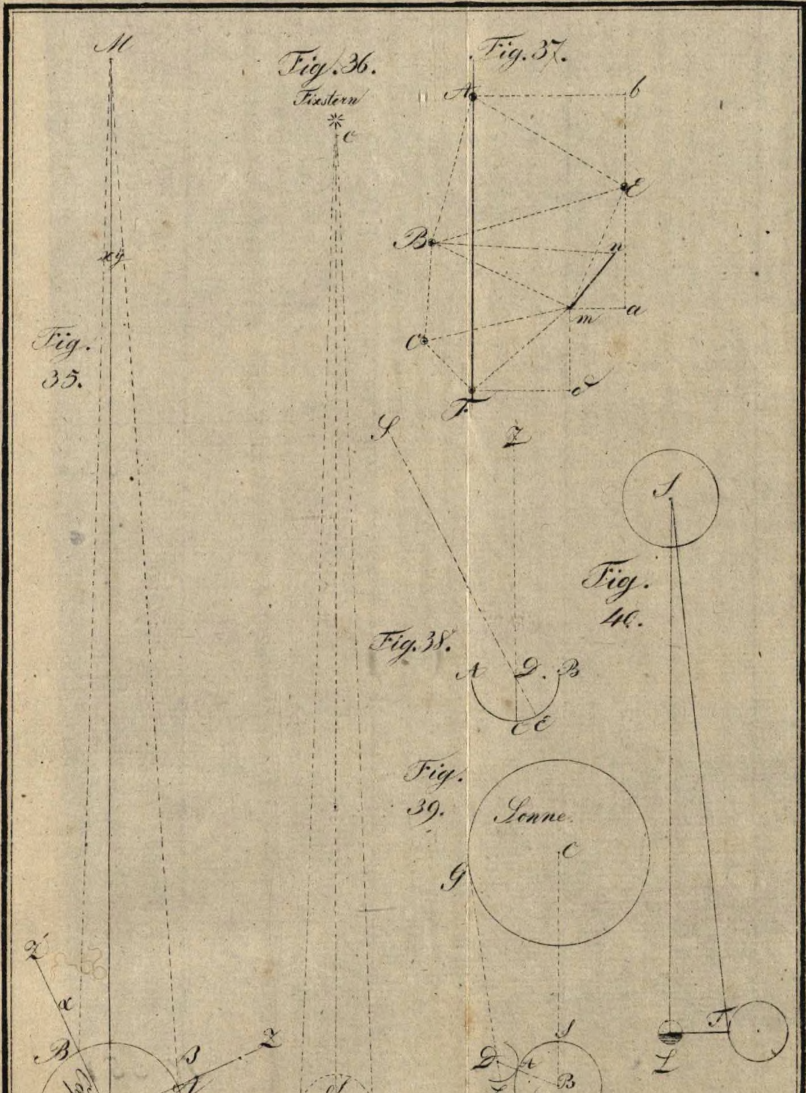


Fig. 35.
M
Z'
α
B
β
Z
C
Cap.
Fig. 36.
Fixstern
c
S
a
b
Fig. 37.
A
b
E
B
n
m
a
C
T
Fig. 38.
S
Z
A
D
B
C
E
Fig. 39.
Sonne.
C
G
S
D
A
B
L
Erde.
Fig. 40.
S
T
L

Possidonius. v Rhodes.