Erste Hauptabtheilung.

Die

beobachtende und berechnende Sternkunde.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Erste Hauptabtheilung.

Die beobachtende und berechnende Sternkunde.

1.

Die Meinung der Alten über das Sonnensystem.

Ein doppeltes Bedürfniß, das sich mit der Zeit immer dringender herausstellte, war für den rohen Sohn der Natur die Auffindung eines Mittels zur Eintheilung der Zeit, sowie eines Mittels, das ihm auf seinen Reisen durch wüste, weglose Gegenden, und späterhin auf seinen Reisen zu Wasser als Wegweiser diente. Darum hob er seine Augen auf zu der großen, über ihm befindlichen Himmelsuhr, um ihre Zeichen kennen und verstehen zu lernen, nach welchen er seine Zeit eintheilen und seine Reisen unternehmen konnte. Nicht unwahrscheinlich regte sich dieses erwähnte Bedürfniß zuerst in den Bewohnern Asiens, namentlich in den Bewohnern der südlichen Gegenden China's, desgleichen in den Bewohnern Chaldäa's, — eines sonst bekanntlich sehr fruchtbaren, jetzt wüsten Landstrichs von Babylonien gegen Arabien zu, — und in den Bewohnern am persischen Meerbusen, da der Himmel daselbst fast immer wolkenlos ist und die Menschen, besonders die Viehzüchter unter freiem Himmel schlafen, auch die

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Reisenden wegen der großen Sonnenhitze zur Nachtzeit wandern, mithin mehr Gelegenheit haben, als wir, ihre Blicke zum Sternhimmel emporzusenden.

Dreierlei bot sich da dem beobachtenden Auge dar; einmal, wie die Sonne im Osten aufsteige, den Himmelsraum durchlaufe und in Westen wieder untergehe; zweitens, wie ihrem Untergange ein großes Heer von Sternen folge, und zwar fort und fort andere, bis sich am östlichen Himmel die Königin des Tages von Neuem zeigte; und drittens, wie unter diesen, an das Himmelsgewölbe angehefteten, an demselben gleichsam fest und unbeweglich stehenden Sternen sich auch einige befänden, die nicht fest und unbeweglich stehen, sondern am Himmel dahin wandeln, unstreitig zuerst der Mond. Es war natürlich, daß die Beobachter des gestirnten Himmels nach und nach dahinterkamen, die beweglichen Sterne von den unbeweglichen zu unterscheiden, — und dieß war der erste Schritt zur Astronomie.

Bis in das graueste Alterthum hinauf haben wir Spuren dieser Wissenschaft, und Montucla, ein Franzose, erwähnt in seiner Geschichte der Mathematik einer sehr nahen Zusammenkunft des Saturn, Jupiter, Mars, Merkur und Mondes, welche in China beobachtet wurde, und nach astronomischen Bestimmungen fast dritthalbtausend Jahre vor unserer Zeitrechnung nur stattgefunden haben kann.

Daß bis zur Zeit Christi die Sternkunde noch auf einer sehr tiefen Stufe stand, — und daß diejenigen, welche sich mit ihr beschäftigten, noch sehr geringe Kenntnisse und unrichtige Ansichten über die Weltkörper hatten, darf nicht befremden und läßt sich leicht erklären. Daß es aber auch Männer gab, die weiter sahen, als ihre Zeitgenossen, und die der richtigen Ansicht über die Einrichtung unsers Sonnensystems sehr nahe waren, dürfen wir gleichfalls nicht verschweigen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

So verstand schon Thales*) eine Sonnenfinsterniß zum Voraus zu berechnen; so setzte schon Pythagoras das Feuer oder die Sonne in die Mitte der Welt und ließ um dieselbe die Planeten, wozu er auch unsere Erde rechnete, herumgehn; so führte Meton und Euktemon den neunzehnjährigen Mondcyclus ein; so stellte gar schon Aristarch im dritten Jahrhundert vor Christo die Behauptung auf, „daß sich die Erde in einem schiefen Kreise um die Sonne drehe, und daß die Entfernung der Firsterne so groß sei, daß dieser Kreis in Betracht derselben als ein bloßer Punkt erscheine." Man sollte nach diesem Allen meinen, die Nachkommen würden auf diese ausgesprochenen richtigen Ansichten fortgebaut haben; allein es ist nicht geschehen, vielmehr baute im zweiten Jahrhundert nach Christo Ptolemäus ein vollständiges System auf, und zwar in einem Werke, das ursprünglich in griechischer Sprache geschrieben war, uns aber verloren gegangen ist. Indessen ist noch eine lateinische Uebersetzung desselben vorhanden, die um 1230 auf Antrieb des Kaisers Friedrich II. aus einer arabischen Uebersetzung, welche 897 angefertigt und „Almagest„ **) betitelt wurde, gemacht worden ist, woher es auch kommt, daß in der Astronomie noch viele Namen von Wörtern vorkommen, die aus dem Arabischen stammen; z. B. Nadir, Zenith, Benetnasch ꝛc.

*) Biographische Notizen fast aller in diesem Buche vorkommenden berühmten Männer findet man im Anhange.

**) Das ptolemäische Werk hatte den Titel: Σύνταξις μεγίστη das größte System oder die vorzüglichste Zusammenordnung. Vor das Wort μεγίστη hatte der arabische Uebersetzer den Artikel al gesetzt und nun das Wort umgebildet in Almagest. Die mir bekannte einzige Ausgabe ist von Grynaeus und Camerarius 1538. Bode hat die vier ersten Abschnitte des siebenten Buchs übersetzt, 1795.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Das von seinem Verf. aufgestellte System heißt die ptolemäische Weltordnung. In demselben steht die unbewegliche Erde in der Mitte; dann folgen in unbestimmten Bahnen 1) der Mond; 2) Merkur; 3) Venus; 4) die Sonne; 5) Mars; 6) Jupiter; 7) Saturn; 8) der Firsternhimmel; 9) der zweite krystallinische Himmel; 10) der erste krystallinische Himmel; und 11) der oberste Himmel. Die beiden krystallinischen Himmel nahm er an, um die Erscheinung des Vorrückens der Nachtgleichen zu erklären, die er schon kannte; den obersten Himmel aber betrachtete er als den Sitz der Urkraft, welche das ganze System in Bewegung setze.

Fast 1400 Jahre lang nahm die Welt die ptolemäische Weltordnung auf Treue und Glauben an, bis in der Mitte des sechszehnten Jahrhunderts der berühmte Copernikus ein neues Sonnensystem aufstellte, in welchem er die Sonne in die Mitte setzte und um sie die Bahnen der Planeten so ordnete, wie wir sie noch jetzt haben. So große Verdienste sich indessen sein Erfinder dadurch erworben hat, daß er den alten ptolemäischen Irrthum zerstörte: so können wir ihn zwar den Veranlasser der neuen Astronomie nennen, aber keineswegs, wie man gethan hat, den Vater derselben, weil sein aufgestelltes Sonnensystem dem wahren, wie wir es jetzt kennen, in weiter keiner Hinsicht gleicht, als daß wir die von ihm angegebene Planetenordnung beibehalten haben, und man nennt daher das Sonnensystem, wie es die neuere Astronomie kennen lehrt, ganz mit Unrecht das copernikanische, wie von gar vielen zu geschehen pflegt, die mit dem Stand der neuern und neuesten Astronomie nicht bekannt sind.

Um den wörtlichen Sinn einiger Bibelstellen, die der Erde eine gänzliche Ruhe und der Sonne einen Lauf am Himmel zuschreiben, zu retten, ersann Coper-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

nikus' Zeitgenosse, Tycho de Brahe, dem die Sternkunde in anderer Hinsicht sehr vieles zu verdanken hat, ein neues System, in welchem er abermals die Erde ruhen ließ, um die in der ersten Bahn der Mond, in der zweiten die Sonne, mit den um sie kreisenden Planeten Merkur und Venus, — in der dritten Mars, in der vierten Jupiter und in der fünften Saturn sich drehen sollten; allein der Erfinder hat mit dieser Hypothese kein Glück gemacht und sie ist längst verschollen. —

Schon lange vor Ptolemäus war die alte ägyptische Weltordnung bekannt, nach welcher gleichfalls die Erde in der Mitte des Weltalls steht. Um sie läuft der Mond, dann die Sonne, hierauf Mars, Jupiter und Saturn. Merkur und Venus fehlen, jedoch nur in den Kreisen um die Erde; man wies ihnen ihre Laufbahn um die Sonne an, und zwar deßhalb, weil man die Bemerkung gemacht hatte, daß die Venus nie weiter von der Sonne als 48 Grade sich entfernte und also nie mit ihr in Opposition kam oder 180 Grade von ihr abstand. Schon Cicero *) redet von diesem ägyptischen Systeme, indem er sagt: „Diese, — nämlich die Sonne, — begleiten Venus und Merkur." — Vitruvius, ein römischer Baumeister (10 J. vor Christo) und andere gleichzeitige und nachfolgende Schriftsteller nahmen dieses System an, daher Macrobius **) versichert, daß die Annahme dieser Weltordnung allgemein sei. —

Kurz, aus diesem Allen wird klar, daß die Meinungen der Alten über das Sonnensystem sehr irrig und sonderbar waren, theils weil sie sich nicht überwinden konnten, den Gedanken, daß die Erde das Meisterstück

*) in somnio Scipionis.
**) Macrobius lebte 395 nach Chr. und war der Commentator der so eben erwähnten Schrift Cicero's.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

der ganzen Schöpfung sei, fahren zu lassen, theils weil sie die heilige Schrift, welche vom Ruhen der Erde und vom Laufen, Auf- und Untergehn der Sonne spricht, keiner Unwahrheit zu zeihen wagten, da man noch an der Inspiration gar zu fest hielt. Betrachtet man aber nun den Stand der heutigen Astronomie und vergleicht ihn mit dem der alten: so läßt sich unschwer die Behauptung rechtfertigen, daß in den 3000 Jahren vor Copernikus für die Sternkunde kaum soviel geleistet worden ist, als in den ersten 300 Jahren nach Copernikus, und in diesen nicht mehr, als in den darauf folgenden 3 Jahrzehnten, welchen das letzte Decennium, worin sogar die progressive Bewegung unsers ganzen Sonnensystems, wie wir weiter unten sehen werden, entdeckt und bis zur Evidenz erwiesen wurde, wohl das Gleichgewicht hält. —

2.

Das wahre Sonnensystem.

Unter einem System überhaupt versteht man eine Zusammenstellung oder Anordnung einzelner Dinge zu einem Ganzen, — unter Sonnensystem also die Sonne mit ihren Planeten, Monden und Kometen. Da man von einer ptolemäischen, copernikanischen Weltordnung spricht: so ist es wohl passender, das Wort Sonnensystem mit Sonnenweltordnung zu vertauschen.

In dieser Sonnenweltordnung ist die Sonne, als Fixstern, der Hauptkörper und sie hat, wie wir weiter unten sehen werden, ihren Standpunkt ziemlich in der Mitte der Bahnen jener ihr untergeordneten Haupt- und Nebenplaneten, welche sie in etwas länglichen Kreisen, genannt Ellipsen, umgehen.

Der erste und der Sonne nächste Planet ist Merkur; dann folgt 2) Venus; 3) die Erde (Tellus) mit dem Monde; 4) Mars; 5) die Planetoi-

den *) (Planetchen) Vesta, Juno, Pallas, Ceres; 6) Jupiter mit vier Monden; 7) Saturn mit sieben Monden und einem dreifachen Ringe; 8) Uranus mit sechs Monden.

Ihre gewöhnliche Zeichen oder Bezeichnungen sind:

☉ Sonne, — ein Kreis mit Punkt in der Mitte.

☿ Merkur, — ein Heroldsstab (Caducëus). Bekanntlich wurde, wie die heidnische Fabel erzählt, ein solcher Stab (weil an seinem obern Ende sich zwei Schlangen um ihn wandten, die, ohne ihren Kamm zu sträuben, sich einander ihre Köpfe zukehrten) als ein Sinnbild des Friedens betrachtet und vom Apollo dem Merkur zuertheilt, um die Schatten der Unterwelt zuzuführen.

♀ Venus, — ein Spiegel mit einer Handhabe.

♁ Erde, — eine Kugel mit Kreuz.

☽ Mond, — ein Halbmond.

♂ Mars, — ein Schild mit einem Pfeile, da Mars der Kriegsgott der Alten war.

⚶ Vesta, — ein Altar mit Feuer, da dieser Schutzgöttin des Feuers und der Keuschheit die Alten ein immerwährendes Feuer zu Ehren unterhielten.

♃ Juno, — ein Zepter mit einem Stern, als Attribut der königlichen Würde.

⚴ Pallas, — ein Speer oder eine Lanze, da die Römer diese Göttin, welche bei ihnen Minerva hieß, als Kriegsgöttin (Bellona), später als die Hauptschutzgöttin Roms verehrten.

⚳ Ceres, — eine Sichel, als Symbol der fruchtbringenden und fruchttragenden Erde oder als Erfinderin und Schutzgöttin des Ackerbaus.

---

*) Diese Benennung ist unstreitig bezeichnender, als Asteroiden (Sternchen), wie man sie auch zu nennen pflegt. —

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

♃ Jupiter, — ein Z (Zeus) mit einem senkrechten Durchschnitte.
♄ Saturn, — eine Sense, als Sinnbild der Alles abmähenden Zeit.
♅ Uranus, — ein Kreis mit Punkt, über welchem ein senkrechter Pfeil steht.

Soweit unsere Kenntnisse jetzt reichen, enthält also, wie wir vorhin sahen, unsere Sonnenweltordnung 30 Weltkörper, den dreifachen Ring Saturns nicht mitgerechnet. Man kann ihre Namen und ihre Aufeinanderfolge leicht nach folgendem Memorialverse sich einprägen.

Um die Sonne kreisen fern
Erst Merkur, der Götterwerthe;
Ihm zunächst der Venusstern,
Alsdann mit dem Mond die Erde.
Hierauf ist Herr Mars placiret,
Der, — sonst Feldherr eines Heeres —,
Die Planetoiden führet:
Vesta, Juno, Pallas, Ceres.
Auf sie folgt nun Jupiter;
Ihn begleiten vier Trabanten,
Dann Saturn, — der Zeiten Herr;
Ihn umtanzen sieben Tanten,
Und ein wunderbares Ding
Ist sein schöner Tripelring.
Uranus, den Herschel fand,
Von sechs Monden rings umgeben,
Schließt bis jetzt das Sonnenland,
In dem die Planeten schweben. —

3.

Die Meinungen der Alten über die Gestalt der Erde.

Unter den sämmtlichen Planeten, welche die Sonne umkreisen, ist für uns die Erde, so lange wir sie bewohnen, der wichtigste. Ueber ihre Gestalt hatten die Alten sonderbare Meinungen. Einige (die Chaldäer) hielten die Erde für concav (hohl, gekrümmt),

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

ähnlich einem ungeheuer großen, auf dem Wasser schwimmenden Kahne; Andere für eine runde, unten gewölbte Scheibe, die sie mit einer Pauke verglichen; noch Andere für einen Würfel oder für ein längliches Viereck, und was des wunderlichen Zeuges mehr war.

Als den Mittelpunkt auf der Erde bezeichneten die Griechen Delphi, wo der Sitz des berühmten Orakels war, — die Juden aber Jerusalem, indem sie sich auf Hesekiel 5, 5 (das ist Jerusalem, die ich unter die Heiden gesetzt habe und rings um sie her Länder) und 38, 12 (das Volk, das ..... mitten im Lande wohnet) beriefen; desgleichen behaupteten sie, daß (nach Sprüche Salom. 9, 1) die Erde auf sieben Säulen gegründet sei. Eine vernünftigere Ansicht scheint der Verfasser des Buches Hiob (26, 7; 38, 6) gehabt zu haben, welcher sagt: „Er hänget die Erde an nichts", und „worauf ward ihr (der Erde) Grund gelegt? — Wer setzte ihr einen Eckstein?" —

Auch die Christen waren Erben dieser jüdischen Meinungen, indem sie sich überzeugt hielten, daß der Messias seine Erlösung im Mittelpunkte auf der Erde, also zu Jerusalem, angefangen habe; und als im achten Jahrhundert der Bischof Vergilius zu Salzburg die Behauptung aufstellte: die Erde sei eine in der Luft frei schwimmende Kugel und auch unter uns gäbe es Menschen, — Gegenfüßler, — so wurde er nach Rom beschieden und seines Amtes entsetzt. Wir übergehen hier die irrigen, zum Theil lächerlichen Ansichten, welche die alten Völker von der Gestalt der Erde hatten, und wenden uns zu der Ansicht der Neuern, welche sich in Folge der Ergebnisse zahlloser, mühsamer Forschungen als die allein richtige herausgestellt und bewährt hat.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

4.
Die kugelähnliche Gestalt der Erde.

Jetzt weiß nämlich Jedermann oder wenigstens jeder nicht ganz kenntnißloser Mensch, daß die Erde nichts weniger, als eine Scheibe u. dergl. sein kann, sondern daß sie vielmehr eine Kugel oder kugelartig gestaltet sein muß.

1) Die tägliche Erfahrung lehrt, daß die Erdoberfläche nach allen Seiten hin gebogen ist; denn außerdem würde sich der Gesichtskreis (Horizont) nicht mit dem Ersteigen eines Berges oder eines Thurmes gerade um so viel erweitern, als man sich über diese Oberfläche erhebt. Am deutlichsten und auffälligsten kann man aber solches auf dem Meere gewahren. Hier müßte man mit großen Fernröhren bis an die Gränzen der Erde sehen können, wenn sie eine Scheibe und keine Kugel sei; allein beobachtet man z. B. ein in weiter Ferne befindliches Schiff, dann sieht man erst die Masten mit ihren Fähnchen, hierauf das oberste Verdeck und zuletzt den übrigen Schiffskörper selbst. Diese nach und nach sich zeigende Erscheinung würde unerklärlich sein, wenn nicht die Meeresfläche gleichsam gewölbt oder gebogen wäre; denn bildete das Meer eine gerade Ebene, so würde und müßte man ja, da keine Anhöhen oder Berge vorliegen, das Schiff nicht nach und nach, sondern auf einmal in seiner ganzen Gestalt erblicken.

So haben auch Reisende auf der Spitze des Aetna in Sicilien, welche bekanntlich in Europa der höchste Punkt ist, von dem man die weiteste Aussicht genießt, mit den schärfsten Fernröhren, durch welche man die Berge im Monde ganz deutlich sehen kann, weder Griechenland, noch Sardinien, noch die Küste von Afrika, ja kaum die Felsen auf der Insel Malta gewahren,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

mithin nur einen sehr kleinen Theil des mittelländischen Meeres überschauen können.

2) Weiß man, daß bei einer Mondfinsterniß der Schatten rund ist, was nicht der Fall sein könnte, wenn die Erde anders, als eine Kugel, gestaltet wäre.

3) Ist bekannt, daß im Winter die Tage in Grönland kürzer und in Italien länger sind, als bei uns, was unmöglich wäre, wenn die Erde die Gestalt einer Scheibe hätte; denn beim letztern Falle müßte an allen Orten der Erde zugleich Tag und zugleich Nacht sein, und beide einerlei Länge oder Dauer, und beide auch einerlei Zeit haben. Die Erfahrung aber lehrt, daß den östlichsten Bewohnern der Erde die Sonne früher aufgeht, als den westlichsten, daß z. B. in Petersburg, welches 27 Grade östlicher liegt, als Paris, es schon über $\frac{3}{4}$ auf 2 Uhr ist, während man zu Paris erst 12 Uhr oder Mittag hat.

4) Die Erde ist seit 1519 gegen dreißigmal umschifft worden, und es geht klar daraus hervor, daß die Gestalt derselben einer Kugel nahe kommen müsse, wenn sie ihr auch nicht in allen Stücken vollkommen gleich sein sollte. —

Die übrigen Beweise, die man noch für die Kugelgestalt der Erde mit anzuführen pflegt, als die Aberration der Fixsterne, die Präcession der Nachtgleichen, die Pendelschwingungen u. dergl., können hier füglich übergangen werden, da sie nur für den Sachverständigen eine beweisende Kraft haben. Es wird durch das so eben Angeführte schon satt und genug sein, einen jeden Nachdenkenden vollkommen zu überzeugen, daß die Erde keine Scheibe, sondern nur eine Kugel oder ein kugelgestaltiger Körper sein kann. Der vorzüglichste Grund, warum noch Viele an dieser Wahrheit zweifeln, besteht darin, daß sie keinen richtigen Begriff von Oben und Unten haben. Auf einer Kugel gibt es aber kein Oben und kein Unten. Nur der Mittelpunkt der Erde,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

dem wir die Füße zukehren, ist unser Unten, während die Atmosphäre, in welche die Erdkugel gleichsam wie der Kern in einer Nußschale eingehüllt ist, unser Oben heißt. Die Anziehungskraft im Mittelpunkte unserer Erde, wovon späterhin die Rede sein wird, sichert uns, wie unsere Gegenfüßler, vor dem Herabfallen nach der Atmosphäre zu, — und wäre es möglich, durch den ganzen Erdkörper ein Loch zu graben, so würden wir, wenn wir in dieses Loch fielen, nicht durch die ganze Höhlung durchfallen, und so auf die entgegengesetzte Seite der Erde kommen, sondern wir würden vielmehr im Mittelpunkte der Erde gleichsam schwebend bleiben, weil in diesem Mittelpunkte die Schwer- oder Anziehungskraft ihren Sitz hat. —

5.

Nöthige Vorkenntnisse zum richtigen Verständniß der hauptsächlichsten astronomischen Wahrheiten.

Es liegt dem Verfasser dieser Volkssternkunde am Herzen, daß sich jeder Leser von den hauptsächlichsten und wissenswürdigsten Wahrheiten der Astronomie möglichst vollkommen überzeuge. Diese Ueberzeugung kann aber nur dadurch begründet werden, daß der Leser das Vorgetragene durchdenkt, prüft und mit der Feder in der Hand nachliest und nachrechnet; denn nur die mathematischen Ergebnisse sind die überzeugendsten. Es ist daher schlechterdings nothwendig, daß ein Leser dieses Buchs wenigstens die sogenannten Elementarschul-Kenntnisse, als Addiren, Subtrahiren, Multipliciren und Dividiren, die einfache Regeldetri, und die ersten Anfangsgründe der Geometrie besitze. Um diese Kenntnisse bei manchem Leser wieder anzufrischen, wird das Folgende hier dargeboten.

1. Die arithmetischen Zeichen, deren man sich der Kürze halber beim Rechnen bedient.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

a. Das Additionszeichen ist ein gerades Kreuz (+) und heißt plus, mehr, zu.

b. Das Subtractionszeichen ist ein horizontaler Strich (—) und bezeichnet minus, weniger, von.

c. Das Divisionszeichen besteht aus zwei übereinander befindlichen Punkten (:) und heißt durch, bisweilen auch in, und bei Proportionen zu.

d. Das Multiplicationszeichen ist ein schräges Kreuz (×) und bedeutet mal. Gewöhnlicher war sonst ein bloßes Punktum; allein um Verwechselungen vorzubeugen, ist das × vorzuziehen.

e. Das Gleichheitszeichen sind zwei Striche (=), äqual, gleich, gibt, macht.

Eine arithmetische Reihe nennt man nun eine Zahlenverbindung vermittelst solcher Zeichen; z. B.:

$4 \times 9 = 36 - 12 = 24 + 6 = 30 : 3 = 10;$

d. h.: viermal 9 ist 36, minus 12 ist gleich oder gibt 24, plus 6 gibt 30, dividirt durch 3 macht 10. —

II. Die Decimalbrüche.

Da sich mit diesen weit bequemer rechnen läßt, als mit den gemeinen Brüchen, so werden sie bei astronomischen Berechnungen ausschließlich gebraucht.

Jeder Bruch besteht bekanntlich aus einem Zähler und einem Nenner. Bei Decimalbrüchen nun zeigt die Ziffer den Zähler eines Bruchs an, dessen Nenner jederzeit 10 ist, welcher auf die nächst vorhergehende Zahl oder deren Stelle folgt. Da dieser Nenner durch die Ordnung der Ziffer bekannt ist, so wird er nicht gesetzt, sondern nur der Anfang der Einheitstheile bezeichnet, was die Einen durch ein Komma, die Andern durch einen Punkt zu thun pflegen. Im letztern Falle werden die Decimalen mit gleich großen, im erstern mit kleinern Zahlen geschrieben, z. B. 0.9 oder $0,_9$ heißt $^9/_{10}$; 5.4 oder $5,_4$ heißt 5 Ganze und 4 Zehntel. Also die erste Stelle nach dem Ganzen bezeichnet Zehntel, die zweite Hundertel, die dritte

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Tausendtel u. s. f. — Z. B. $0_{,38465}$ oder 0.38465 heißt: kein Ganzes, 3 Zehntel, 8 Hundertel, 4 Tausendtel, 6 Zehntausendtel, 5 Hunderttausendtel, oder zusammen ausgesprochen: kein Ganzes, 38 Tausend 465 Hunderttausendtel.

Die Zahl eines Decimalbruchs wird eben so behandelt wie ganze Zahlen.

1) Beim Addiren muß natürlich Zehntel unter Zehntel, Tausendtel unter Tausendtel u. s. w. zu stehen kommen, und wenn zwischen andern eine oder mehrere Gattungen, Theile der Einheit fehlen, so werden an die ihnen zugehörigen Stellen Nullen gesetzt; z. B.: Folgende Brüche sollen zusammen addirt werden: $4_{,3} + 0_{,56} + 3_{,005} + 0_{,0098}$, so muß ich ansetzen, weil ein Bruch von 4 Decimalen vorkommt:

$$\begin{array}{l} 4_{,3000} \\ 0_{,5600} \\ 3_{,0050} \\ 0_{,0098} \end{array}$$

was $7_{,8748}$ gibt; denn $^3/_{10}$ sind einerlei mit $\frac{30}{100}$ oder mit $\frac{300}{1000}$ oder $\frac{300000}{1000000}$ u. s. w.

2) Beim Subtrahiren wird ebenfalls Gleiches von Gleichem abgezogen; z. B. $4_{,3} - 0_{,008}$ muß angesetzt werden

$$\begin{array}{l} 4_{,300} \\ 0_{,008} \\ \hline 4_{,292}. \end{array}$$

3) Multiplication. Hier gilt die Regel: „man multiplicire die Decimalbrüche wie ganze Zahlen und schneide dann vom erhaltenen Product und zwar von der Rechten zur Linken so viel Decimalstellen ab, als die Anzahl der Decimalen in beiden Factoren beträgt"; z. B.: $0_{,5} \times 9 = 4_{,5}$, d. h. also $0_{,5}$ mit der ganzen Zahl 9 multiplicirt — gibt 4 Ganze und 5 Zehntel; hingegen $0_{,5} \times 0_{,9} = 0_{,45}$ (45 Hundertel). Ferner

$8,_{546} \times 0,_{00057} = 8,546 \times 57 = 487122$; da ich nun in beiden Factoren 8 Decimalstellen habe, das Product aber nur 6 Ziffern hat, so muß ich noch 2 Nullen vorsetzen und das Ganze bezeichnen $0,_{00487122}$.

4) Division. Sie geschieht gleichfalls wie bei ganzen Zahlen; allein vom Quotienten sind so viele Ziffern auf den Decimalbruch zu rechnen, als der Unterschied in der Anzahl der Decimalen des Divisors und des Dividendus beträgt; z. B. $0,_{00487122} : 0,_{00057} = 487122 : 57 = 8546$. Da nun der Dividendus 8 Decimalen und der Divisor 5 Decimalen hat, so ist der Unterschied $8 - 5 = 3$, und ich muß also von dem Quotienten 8546 nun 3 Decimalen abschneiden, so daß die Rechnung ergibt: $8,_{546}$, mithin 8 Ganze und 546 Tausendtel.

5) Will man einen gemeinen Bruch in einen Decimalbruch verwandeln, so dividirt man mit dem Nenner in den Zähler, indem man letzterm Nullen anhängt, z. B.: $^7/_8 = 70 : 8 = 8$, Rest 6, Null daran $= 60 : 8 = 7$, Rest 4; Null daran $40 : 8 = 5$; also $^7/_8 = 0,_{875}$. Geht die Rechnung nicht auf, so kann man den Bruch so weit treiben, als beliebt; z. B.: $^3/_7 = 0,_{428}$ oder $0,_{4285}$ oder $0,_{42857}$ .... oder $0,_{428571}$ ... u. s. w. —

6) Will man einen Decimalbruch in einen gemeinen Bruch verwandeln, so muß man Zähler und Nenner heben; z. B. $0,_{875} = \frac{875}{1000}$ gehoben durch $125 = {}^7/_8$. Läßt sich ein solcher Bruch aber nicht heben, so kann man nur den Näherungswerth des gemeinen Bruchs finden; z. B. $0,_{428571} = \frac{428571}{1000000}$. Dividire ich mit dem Zähler (428571) in den Nenner (1000000), so erhalte ich zum Quotienten 2, und als Rest 142858; damit dividirt in $428571 = 2$, und Rest 142855; damit dividirt in $142858 = 1$ und Rest 3; damit dividirt in $142855 = 41618$ und bleibt als Rest 1.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Die erhaltenen Quotienten 2, 2, 1 und 41618 behandle man nun, um den Annäherungsbruch zu finden, so: den Quotienten 41618 lasse man in der Rechnung ganz nnberücksichtigt, indem überhaupt ein solcher großer Quotient ein Merkmal ist, daß der gesuchte Näherungswerth schon aus den vorhergehenden kleinern Quotienten zu finden ist. Man stelle die Quotienten in ihrer Ordnung neben einander und zur Linken einen eingebildeten (fingirten) Bruch, den man mit $\frac{0}{1}$ bezeichnet, auf diese Weise:

$$\begin{array}{c|c|c|c} & \mathbf{a} & \mathbf{b} & \mathbf{c} \\ \hline \frac{0}{1} & \frac{2}{1} & \frac{2}{2} & \frac{1}{5} \\ & \frac{1}{2} & \frac{2}{5} & \frac{3}{7} \end{array}.$$

Unter dem ersten Quotienten **a** bilde man einen Bruch, der ihn selbst zum Nenner und 1 zum Zähler hat, also $\frac{1}{2}$. Zähler und Nenner dieses Bruchs multiplicire man mit dem Quotienten **b** und addire zum Zähler und Nenner das Product des vorhergehenden Bruchs $\frac{0}{1}$, gibt $2 \times 1 = 2 + 0 = 2$; und $2 \times 2 = 4 + 1 = 5$. Ich erhalte also $\frac{2}{5}$ als Annäherungsbruch. Diesen Bruch multiplicire man mit dem Quotienten **c** und addire das Product des vorhergehenden Bruchs hinzu; also: $2 \times 1 = 2 + 1$ (a) $= 3$; und $5 \times 1 = 5 + 2 = 7$, — mithin ergibt sich nun der Bruch $^3/_7$ als Näherungswerth für den Decimalbruch $0,_{428571}$, welchen wir aber, wie oben gezeigt wurde, eben aus $^3/_7$ gebildet hatten. —

Soviel von den Decimalbrüchen, mit denen jetzt in vielen Dorfschulen von Knaben gerechnet wird.

III. Ein drittes Haupterforderniß ist, daß man den Umfang eines Kreises, den Flächengehalt desselben, ferner den Raumgehalt oder das Volumen einer Kugel, sowie den Quadratgehalt ihrer Oberfläche berechnen lerne. Die Hauptzahl, welche bei diesen Berechnungen figurirt, ist die Ludolph von Cölln'sche Zahl, welche

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

man mit dem griechischen Buchstaben π (pi) bezeichnet. Sie drückt das Verhältniß des Durchmessers zum Umfang des Kreises oder des Diämeters zur Peripherie aus. Nämlich der Durchmesser eines Kreises zu seinem Umfange verhält sich wie $1 : 3,_{14159}$ oder abgekürzt $3,_{141}$ oder $3,_{14}$, was eben π oder die Ludolph'sche Zahl, — von ihrem Erfinder sogenannt, — ist. —

Man hat nun, um jene Berechnungen leichter zu bewerkstelligen, Formeln gemacht, die sich gut merken lassen. Folgendes sind die einfachsten.

1) Die Formel, um die Peripherie eines Kreises zu bestimmen, ist $D \times \pi$ (D mal pi), d. h. den Durchmesser multiplicirt mit $3,_{14159}$. Um den Durchmesser aus der Peripherie zu finden, verfährt man umgekehrt $D : \pi$ (den Durchmesser dividirt durch die Ludolph'sche Zahl). Z. B.: Der Umfang eines Kreises sei = 5400 Meilen, wie groß ist sein Durchmesser? — $5400 : 3,_{14159} = 1718,_{8}$.. Meilen.

2) Die Formel, um den Flächengehalt eines Kreises oder einer kreisrunden Scheibe, eines Tellers, zu finden ist: $\frac{D^2 \times \pi}{4}$, d. h. D quadratmal pi, dividirt durch 4, oder der Durchmesser aufs Quadrat erhoben (mit sich selbst multiplicirt), dann mit π multiplicirt und das Product durch 4 dividirt. Z. B.: Der Durchmesser eines Kreises sei = $1718,_{8}$ Meilen; also $1718,_{8} \times 1718,_{8} = 2954273,_{44} \times 3,_{14159} = 9279372 : 4 = 2,319,843$ □ Meilen. —

3) Die Formel, um den □ Gehalt der Oberfläche einer Kugel zu finden, ist $D^2 \times \pi$. Diese Rechnungsweise ist gerade, wie die vorhergehende, nur daß man das Product 9,279,372 Quadratmeilen beibehält und nicht durch 4 dividirt. —

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

4) Die Formel endlich, um den Würfelgehalt (Cubikgehalt, Raumgehalt, Volumen) einer Kugel zu finden, ist $\frac{D^3 \times \pi}{6}$, d. h. D Cubikmal π, dividirt durch 6. Ein Cubus oder Würfel wird gebildet, wenn man eine Zahl zweimal mit sich selbst multiplicirt, z. B. 8^3 heißt 8 auf den Cubus erhoben, also $8 \times 8 \times 8 = 512$. Der Durchmesser der Erde ist, wie wir vorhin sahen, $= 1718,_8$ Meilen, wieviel beträgt demnach der Raumgehalt der Erdkugel? — $1718,_8 \times 1718,_8 \times 1718,_8 = 5077805188,_{672} \times 3,_{141} = 15949386097 : 6 = 2,658,231,016$ Cubikmeilen. —

IV. Zu den nöthigen Hülfs- und Vorkenntnissen behufs des astronomischen Studiums sind auch die Kenntnisse einiger Lehren aus der Trigonometrie erforderlich.

Die Trigonometrie ist eigentlich eine Verbindung der Geometrie mit der Arithmetik. Ganz besonders spielen in ihr die Dreiecke, von denen sie auch ihren Namen trägt, eine wichtige Rolle. Hier soll nur das Unentbehrlichste aus derselben entlehnt und erörtert werden.

1) Jedes Dreieck besteht bekanntlich aus 6 Stücken, aus 3 Seiten und 3 Winkeln. Sind uns von diesen 6 Stücken nur 3 gegeben, so lassen sich die übrigen 3 fehlenden durch Rechnung finden. Habe ich z. B. eine Seite und 2 Winkel, so kann ich den fehlenden Winkel und die fehlenden 2 Seiten durch Construction des Dreiecks und durch Rechnung finden. Alle 3 Winkel eines $\triangle$ sind $=$ 2 rechten Winkeln, von welchen jeder 90 Grade hat. Man theilt nämlich einen Kreis in 360^0 (Grade); jeden Grad in $60'$ (Bogenminuten, zum Unterschiede von Zeitminuten), und jede Minute in $60''$ (Bogensecunden). Zerlegt man einen Kreis in 4 gleiche Theile, so liegen an seinem Centrum oder

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Mittelpunkt 4 rechte Winkel, wovon jeder 90^0 enthält. Einen solchen Viertelskreis nennt man einen Quadranten. — Die Seiten eines △ verhalten sich zu einander, wie die ihnen gegenüberstehenden Winkel. Ist nun z. B. von einem △ der Winkel $a = 70^0$, der Winkel $b = 65^0$ gegeben: so muß der dritte Winkel $c = 70 + 65 = 135$, abgezogen von dem Inhalt eines △ oder von $180^0 = 45^0$ sein. — Daß die Dreiecke in rechtwinklige, spitz- und stumpfwinklige, ferner in gleichseitige, gleichschenklige und ungleichseitige eingetheilt werden, ist bekannt und bedarf keiner nähern Erörterung.

2) Wenn man den Halbmesser oder Radius eines Kreises nach seinem Halbkreise rectificirt, d. h. untersucht, wie sich der Halbmesser zum Halbkreise, der, wie wir sahen, in 180^0 eingetheilt wird, verhalte: so stellt sich dieses Verhältniß dadurch dar, daß man mit π oder der Ludolph'schen Zahl in 180^0 dividirt; also $180^0 : 3,_{14159} = 57^0\ 17'\ 44,''_8$. Löst man nun dieses Product in Bogensecunden auf, so erhält man $206264,''_8$. Man nennt diese Zahl, die sehr wichtig ist, da man sie beim Messen der Entfernungen sowohl der Planeten, als der Fixsterne gebraucht, die Constante ω (omĕga) und rundet sie gewöhnlich ab in 206260. Wir werden Gelegenheit haben, sie mehrmals in Anwendung zu bringen. —

Soviel von den zum richtigen Verständnisse der wissenswürdigsten astronomischen Wahrheiten nöthigen Vorkenntnissen. Einiges jetzt nicht mit Aufgeführte wird noch gelegentlich beigebracht und erläutert werden.

6.

Vorläufige Erörterungen in Bezug auf die Erdgestalt.

Wir haben schon oben gesehen, daß die Erde eine Kugel sei oder wenigstens eine kugelartige Gestalt habe.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Es ist daher nothwendig, an Einiges vorläufig zu erinnern, was vielleicht manchem Leser noch aus der sogenannten mathematischen Geographie bekannt sein wird. —

1) Eine Kugel (sphaera, globus) ist ein Körper, der von einer krummen Fläche begränzt wird, welche von einem festen Punkt innerhalb ihres Körpers überall gleichweit absteht. Dieser Punkt ist der Mittelpunkt und eine Linie aus demselben nach irgend einem Punkt der Oberfläche der Halbmesser, sowie die gerade Linie, welche von einem Punkte der Oberfläche durch den Mittelpunkt bis an die entgegengesetzte Seite geht, der Durchmesser (Diameter) heißt. Wird eine Kugel irgendwo von einer Ebene (geraden Fläche) durchschnitten, so ist der Durchschnitt ein Kreis, und geht die schneidende Ebene durch den Mittelpunkt der Kugel, so entsteht dadurch ein Kreis, den man den größten Kreis nennt. Die Endpunkte eines Kugeldurchmessers, der senkrecht auf der Ebene des Kreises steht, heißen die Pole eines größten Kreises, während der Kugeldurchmesser selbst die Achse genannt wird. Die Achse einer Kugel geht daher immer durch den Mittelpunkt derselben und jeder Pol ist von allen Punkten des größten Kreises um 90° oder um einen rechten Winkel entfernt. Ein größter Kreis theilt die Oberfläche der Kugel in 2 gleichgroße Abschnitte, in deren Mitten die beiden Pole jenes Kreises liegen, und heißt deshalb der Aequator oder Gleicher. Die Kreise zu beiden Seiten des Aequators heißen Parallelkreise und werden vom Aequator an bis zu den Polen immer kleiner.

Der Winkel zweier größten Kreise oder die Neigung ihrer Ebenen gegeneinander ist gleich der Entfernung der Pole dieser Kreise. Soweit also der eine Pol des größten Kreises vom Pole eines andern größten Kreises entfernt ist, so groß ist auch der Winkel derselben oder die Neigung ihrer Ebenen. Z. B. die

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Ecceliptik (Erdbahn, Sonnenbahn) bildet einen größten Kreis am Himmel; ihre Ebene aber ist gegen die Ebene des Aequators unter einem Winkel von 23° 28′ geneigt, oder der Pol der Ecceliptik ist vom Pol des Aequators soweit entfernt. Man kann sich dieß dadurch veranschaulichen, wenn man 2 Reife in einandersteckt und den einen z. B. als Ecceliptik, den andern als Aequator betrachtet. Denkt man sich die Ebenen dieser Reife mit Papier überspannt, mißt sodann mit Hülfe des Transporteurs einen angegebenen Winkel ab, und richtet darnach die beiden Reife: so kann man die Neigung beider Ebenen gegen einander ganz genau bestimmen, wie sie in der Natur vorhanden ist.

2) Der Himmel gleicht scheinbar einer hohlen Kugelschale, deren Mittelpunkt zugleich der Mittelpunkt unserer kugelförmigen Erde ist; also jede Ebene, die durch den Mittelpunkt unserer Erdkugel geht, schneidet sowohl unsere Erde, als auch die Himmelskugel in einem größten Kreise. Daher entspricht der Erdäquator dem Himmelsäquator, und die Erdachse, bis zur Himmelskugel verlängert, bildet auch zugleich die Himmelsachse. Der Aequator theilt demnach sowohl die Erde, als den Himmel in 2 gleiche Theile, von denen der eine, wo der Nordpol liegt, die nördliche Halbkugel (Hemisphäre) und der andere die südliche heißt.

3) Befinden wir uns in einer ebenen Gegend, so erscheint uns die Oberfläche der Erde als eine Ebene, die von einem Kreise begränzt ist. Diese bis ans Himmelsgewölbe erweiterte Ebene heißt der scheinbare Gesichtskreis oder Horizont, zum Unterschiede von dem wahren, welcher eine mit dem scheinbaren parallel durch den Mittelpunkt der Erde gehende Ebene bildet.

Da der Horizont ein Kreis ist, so befindet sich jeder Beobachter im Mittelpunkt dieses Kreises oder er steht senkrecht auf der Ebene desselben. Eine Linie senkrecht

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

durch den Scheitel des Beobachters gezogen, trifft den Mittelpunkt der Erde, und schneidet — verlängert — die Oberfläche des Himmels in 2 Punkten, von denen der eine, welcher über dem Beobachter steht, das Zenith oder der Scheitelpunkt, und der andere unter dem Beobachter das Nadir oder der Fußpunkt heißt. Jeder Mensch hat also auf der Erde sein besonderes Zenith und Nadir, und ändert er seinen Standpunkt, so erhält er auch ein anderes von beiden. Da jedoch die Himmelskugel im Verhältniß zur Erdkugel sehr groß ist, — so wird das Zenith nicht merklich verändert, wenn man auch eine andere Stelle einnimmt. Daher pflegt man einer ganzen, wenn auch großen Stadt, nur ein Zenith, mithin auch nur ein Nadir zu geben.

Die Richtung, welche die Linie durch's Zenith nimmt, nennt man vertical (von vertex, der Scheitel), senkrecht, lothrecht, hingegen die Richtung einer Linie auf der Ebene des Horizonts horizontal, wagerecht, wasserrecht. Bekannt sind die Instrumente, vermittelst deren uns die Richtungen beider Linien angegeben werden: das Loth, die Setzwage, die Libelle oder Wasserwage u. dergl.

Derjenige größte Kreis am Himmel, welcher durch das Zenith des Beobachters, dann durch den Nordpol, hierauf durch's Nadir und endlich durch den Südpol des Aequators wieder bis zum Zenith geht, heißt der Meridian oder Mittagskreis, sogenannt, weil es Mittag ist, wenn die Sonne durch diesen Kreis geht. Die Ebene dieses Kreises steht senkrecht auf dem Aequator, wie auf dem Horizont. Meridian und Horizont halbiren sich, und der Durchschnittspunkt, welcher dem Nordpole am nächsten liegt, heißt der Nordpunkt, Nord, Mitternacht, und der vom Nordpole entferntere der Südpunkt, Süd oder Mittag. Den Durchmesser, welcher beide Punkte verbindet, nennt man die Mittagslinie.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

4) Gerade wie der Meridian am Himmel bestimmt wird, so wird auch der auf der Erde oder der irdische bestimmt. Solcher irdischen Meridiane gibt es aber so viele, als es Punkte des Aequators gibt. Da der Aequator ein Kreis ist, so pflegt derselbe, wie jeder andere Kreis, in Grade, Minuten und Secunden eingetheilt zu werden. Von diesen Meridianen nimmt man nun einen willkührlich als den ersten an, die Deutschen gewöhnlich die kanarische Insel Ferro, die Franzosen Paris, die Engländer Greenwich (Grinitsch). Von diesem ersten Grade zählt man nun die Abstände aller übrigen in der Richtung von West nach Ost, also vom 1° bis zum 360°, und man nennt diese Abstände der übrigen Meridiane von dem gewählten ersten die geographische Länge. Z. B. die geographische Länge Teutlebens ist von Ferro 28° 14′ 6″, von Paris 8° 14′ 16″ und von Greenwich 10° 34′ 30″. Nämlich die pariser Sternwarte liegt gerade 20° von Ferro, die greenwicher aber 17° 39′ 36″. — Alle Orte nun, welche unter einem und demselben Meridian liegen, haben auch einerlei geographische Länge, mithin auch zu einer und derselben Zeit Mittag. So z. B. Darmstadt mit Alessandria, Schaffhausen, Ritzebüttel, Grimstadt (in Schweden) u. s. w.

Um die Lage der Oerter (Ortschaften) auf der Erde noch genauer zu bestimmen und zu unterscheiden, gibt man auch den Abstand derselben vom Erdäquator an. Den Bewohnern des Aequators erscheint ein den Polen der Erd- und Himmelskugel nahestehender Stern fort und fort am Ende ihres Horizonts, während er den Polbewohnern der Erde im Zenith erscheint. Nach diesen Sternen ist die Erdachse gerichtet, und zwar der Südpol nach einem Punkt im Sternbilde des Tafelbergs, das uns Nordbewohnern nie aufgeht, und der Nordpol nach einem Stern im kleinen Bären, welcher der Polarstern heißt, und den die Leser bei der

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Gestirnbeschreibung näher kennen lernen werden. Ein Reisender nun, der vom Aequator aus in gerader Linie nach dem Nordpole zureiste, würde bemerken, daß, je weiter er vom Aequator wegkomme, um desto höher sich der Polarstern über seinen Horizont erhöbe. Man pflegt daher vom Aequator an bis zu beiden Polen lauter Kreise auf der Erdkugel zu beschreiben, durch deren Mittelpunkte die Erdachse geht, und die, weil sie mit dem Aequator parallel laufen, Parallelkreise heißen. Von ihnen wird noch weiter unten besonders die Rede sein.

Den Bogen eines Meridians vom Aequator aus bis zum Horizonte herab, nennt man die Aequatorhöhe und den Bogen vom Pole aus zum Horizonte hin die Polhöhe. Beide Höhen machen zusammen einen Quadranten oder Viertelskreis oder 90° aus, und ergänzen sich gegenseitig. Ist z. B. die Polhöhe eines Orts = 51°, so ist seine Aequatorhöhe = 90 — 51 = 39°. —

Man zählt nun vom Aequator nach dem Pole zu die Parallelkreise 1° bis 90° und nennt diese Polhöhe des Orts auch seine geographische Breite. *)

*) Man spricht immer von Länge und Breite der Erde, und doch kann eigentlich eine Kugelgestalt weder Länge, noch Breite haben. Diese unrichtigen Bezeichnungen rühren noch von der Unbekanntschaft der Alten mit der eigentlichen Erdoberfläche her. Sie kannten nämlich von der Erde nicht vielmehr, als einen Theil des östlichen Asiens und die Küste des mittelländischen Meeres, dessen größte Ausdehnung sich bekanntlich von Osten nach Westen erstreckt. Sie glaubten daher alles Ernstes, daß die nördliche gemäßigte Zone die ganze bewohnte Erdfläche wäre und nannten nun, wie man bei allen Flächen gewöhnlich thut, die kleinste Ausdehnung, nämlich die von Norden nach Süden, die Breite und die größte, — von Westen nach Osten, — die Länge.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Geschieht diese Zählung vom Aequator zum Südpole hin, so sagt man die südliche Breite, hingegen nach dem Nordpole hin die nördliche Breite. Z. B. die Polhöhe oder nördliche Breite Teutlebens ist = 50° 56′ 58″, also seine Aequatorhöhe = 90 — 50° 56′ 58″ = 39° 3′ 2″. Rechnet man nun einen Grad, wie gewöhnlich, zu 15 geographischen Meilen, d. h. Meilen in gerader Linie gemessen, so kann die geographische Länge und Breite eines Orts hinsichtlich seiner Entfernung vom 1ten Meridian, sowie seine Entfernung vom Pole oder vom Aequator genau ermittelt werden. Die Längenbestimmungen werden bei Beobachtungen von Mondfinsternissen, Monddistanzen, Sternbedeckungen, insbesondere Verfinsterungen der Jupitermonde gemacht, hingegen die Breitenbestimmungen oder die Polhöhen mit Hülfe eines Instruments, das einen Viertelskreis oder Quadranten von 90° vorstellt und selbst der Quadrant heißt. Wem es gerade nicht um Minuten und Secunden zu thun ist, der kann die Polhöhe seines Orts leicht finden, wenn er sich folgendes, vom königsberger Weisen, Kant, empfohlenen Mittels bedient.

Er bringe nämlich zwei mit einander genau verbundene Lineale sorgfältig mit Hülfe des Bleiloths oder der Setzwage in eine horizontale Lage, richte sodann das eine dieser Lineale nach dem Polarstern. Der Winkel, den beide Linien mit einander machen, zeigt die Höhe des Sterns an; der Bogen, der zwischen ihnen und zwischen dem Horizonte und dem Sterne ist, läuft concentrisch (ringförmig, gebogen) und das gerade sovielste Stück, als sie von dem kleinen Quadranten abschneiden, wird durch ihre bis zum Himmel verlän-

---

Man hat diese Namen beibehalten, obgleich sie offenbar unrichtig sind, ebenso wie die Bezeichnungen: Aufgang, Untergang und Lauf der Sonne, der Fixsterne u. s. w.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

gerten Schenkel vom Himmelsbogen abgeschnitten. Genauer wird natürlich die Polhöhe vermittelst astronomischer Instrumente bestimmt und es soll daher im Nächstfolgenden überhaupt von solchen Instrumenten die Rede sein.

7.

Von den astronomischen Instrumenten.

Eine Aufzählung und genaue Beschreibung aller astronomischen Instrumente würde an diesem Orte weder möglich, noch thunlich sein. Nur so viel soll hier aufgeführt werden, als nöthig ist, um im Leser eine möglichst vollständige Ueberzeugung von der Richtigkeit astronomischer Angaben hervorzubringen. Eben weil die Alten nur höchst unvollkommne Werkzeuge hatten, war ihnen eine solche umfassende Kenntniß des Weltalls, wie wir sie besitzen, rein unmöglich. Unser ganzes astronomisches Wissen, so fragmentarisch und mangelhaft es auch noch in mancher Hinsicht ist, haben wir nächst den gelehrten Naturforschern vorzugsweise den Beobachtungsmitteln zu verdanken, die im Laufe der Zeit von erfindungsreichen Köpfen ans Tageslicht gefördert wurden.

Besonders sind es zweierlei Arten von Werkzeugen, deren sich die Astronomen bei ihren Forschungen bedienen, 1) Sehinstrumente und 2) Meßinstrumente.

I. Sehinstrumente. Diese zerfallen wieder in zwei Klassen, nämlich:

1) in solche, die dazu dienen, uns die Gegenstände, welche wir wegen ihrer Kleinheit kaum erkennen oder mit unbewaffnetem Auge gar nicht sehen können, sichtbar und deutlich zu machen. Werkzeuge dieser Art heißen bekanntlich Mikroskope (Kleinseher), Vergrößerungsgläser, durch die uns Dinge enthüllt worden sind, von denen die Menschen sonst keine Ahnung hatten.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Man hat einfache und zusammengesetzte Mikroskope. Die einfachen sind einzelne Glaslinsen, die man Loupen nennt; auch gehört in diese Klasse das von Gray erfundene Wassermikroskop, wo man einen Wassertropfen, der die Stelle einer Glaslinse vertritt, mit einer Nadel aufnimmt und in das kleine Loch einer dünnen Metallplatte z. B. eines halben Kreuzers oder Pfennings bringt. — Die zusammengesetzten sind das Spiegelmikroskop, Sonnenmikroskop und Hydro-Orygen-Gas-Mikroskop, das vom Optiker Cary in London erfunden worden ist und bei welchem das vom Chemiker Drummond durch Entzündung von Wasser- und Sauerstoffgas auf Kalk entdeckte Licht, das die Leuchtkraft von 80 Argand'schen Lampen besitzen soll, angewendet wird. Mit diesem Mikroskop kann ein Gegenstand 20,000 bis mehrere Millionenmal vergrößert werden. Das neueste, von Cary verfertigte ist staunenerregend. Es hat 6 verschiedene Stufen und vergrößert von 103 bis 74 Millionenmal. In der zweiten Vergrößerungsstufe erscheinen z. B. die Flügel einer Heuschrecke 27 Fuß lang; in der sechsten Stufe wird das Auge einer Fliege, das 750 Linsen enthalten soll, dergestalt vergrößert, daß jede dieser Linsen 14 Zoll groß erscheint, und ein Menschenhaar mißt 18 Zoll im Durchmesser und hat über 4½ Fuß im Umfange, gleicht also einem ziemlich starken Blocke. —

Die Entdeckungen des Professors Ehrenberg in Berlin vermittelst der Mikroskope sind bekannt; so ist z. B. „der Torfgrund, auf welchem Berlin steht, bis zur Tiefe von 60 Fuß, ganz mit lebenden Infusorien erfüllt."

Die Erfindung dieser wichtigen Sehinstrumente fällt in die Zeit, wo die Brillen aufkamen, die nicht unwahrscheinlich im Deutschen ihren Namen von dem Edelsteine Beryll haben. Einige schreiben die Erfindung dem Holländer Zacharias Jansen in Middelburg

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

zwischen 1590 — 1600 zu, Andere dem Neapolitaner Franz Fontana. —

2) Die andere Klasse von Sehinstrumenten sind die Fernröhre, die für die Sternkunde von unendlicher Wichtigkeit gewesen sind und es noch sind. Auch die Geschichte ihrer Erfindung ist noch nicht hinreichend aufgeklärt. Einige legen sie gleichfalls dem Jansen bei, was nach der gerichtlichen Aussage seines Sohnes, „daß sein Vater schon im Jahre 1590 Fernröhre verfertigt und eins davon dem Prinzen Moritz von Nassau, das andere dem Erzherzoge Albrecht überreicht habe", mit triftigem Grunde geschieht, Andere einem Brillenmacher Lippersheim oder Metius.

Kaum hatte der berühmte Galileo Galilei, Professor der Mathematik zu Padua, im Jahre 1609 von einem solchen in Holland verfertigten Instrumente Nachricht erhalten, als er sogleich die Einrichtung desselben errieth und nun selbst Fernröhre anfertigte, mit deren Hülfe er seine großen astronomischen Entdeckungen machte. Freilich waren diese Instrumente noch roh und unbehülflich, oft 500 — 600 Fuß lang und kaum zu gebrauchen.

Man pflegt nun die Fernröhre in Bezug auf ihre Einrichtung in zwei Hauptklassen einzutheilen, in dioptrische oder solche mit bloßen Gläsern, auch Refractoren genannt, und in katoptrische oder solche mit Gläsern und Spiegeln, die Reflectoren heißen.

A. Die dioptrischen sind:

1) das holländische oder galileische Fernrohr, das aus 2 in einer Röhre eingeschlossenen Gläsern besteht, aus einem converen (erhabengeschliffenen) Objectiv (d. h. dasjenige Glas, welches nach dem zu betrachtenden Gegenstande (Object) hingerichtet ist), und aus einem concaven (hohlgeschliffenen) Ocular oder Augenglase.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

2) Das astronomische oder kepler'sche Fernrohr. Es hat auch nur zwei Gläser, aber beide sind convex, ein converes Objectiv von großer, und ein converes Ocular von kurzer Focallänge (Brennweite). Es vergrößert stärker als das vorhergehende, stellt aber die Gegenstände, zwar deutlich, jedoch verkehrt dar, weshalb es auch nur zu Beobachtungen am Himmel gebraucht wird. —

3) Das terrestrische oder Erdrohr. Wenige Jahre nach Kepler's Erfindung richtete der geschickte Jesuit, Pater de Rheita, das Fernrohr durch die Anwendung von vier converen Gläsern so ein, daß das verkehrte Bild sich wieder aufrecht darstellte. Ein solches Fernrohr besteht aus einem Objectiv und aus 3 Ocularen, welche in mehrere in einander verschiebbaren Röhren eingesetzt sind. —

Diese 3 Arten von Fernröhren hatten in ihrer Einrichtung einen Uebelstand mit einander gemein, nämlich die Farbenzerstreuung, der aber später vollkommen beseitigt worden ist durch die Fernröhre, welche man achromatische (farbenlose) nennt.

Viele Optiker haben sich durch sinnreiche Erfindungen und Einrichtungen der Fernröhre berühmt gemacht, namentlich der Optiker v. Frauenhofer in München, aus dessen Künstlerhand bewundernswürdige Instrumente hervorgegangen sind. Das größte ist der sogenannte Riesenrefractor, — Refractor deshalb genannt, weil bei dieser Art Instrumente, welche mit Glaslinsen versehen sind, die Vergrößerung durch Brechung (Refraction) der Lichtstrahlen erfolgt. Dieses Fernrohr befindet sich auf der Sternwarte in Dorpat, hat ein Objectiv von 9 Zoll Oeffnung oder Durchmesser, ist 13½ Fuß lang und wiegt mit seinem Stativ über 3000 Pfunde. Es verträgt, der Schärfe und Deutlichkeit unbeschadet, eine 5 — 600 malige Vergrößerung und kostet 7000 Rthlr. Mit ihm hat der früher in

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Dorpat, jetzt in Petersburg wohnende Astronom Struve die wichtigsten Entdeckungen am Firsternhimmel gemacht. Ein völlig gleiches besitzt auch die Sternwarte zu Berlin. Jedoch einen noch viel größern Refractor, als der Dorpater und Berliner, besitzt die auf Kaiser Nicolaus' Befehl neuerbaute und am 19. Aug. 1839 eröffnete Hauptsternwarte auf den Höhen von Pulkowa bei Petersburg. Dieses, von Frauenhofer's Nachfolgern, den beiden vollendeten Optikern, Merz und Mehler in des Herrn von Utzschneider's Atelier zu München verfertigte Instrument hat ein Objectiv von 17 Zoll Durchmesser und eine Focallänge von 21 Fuß; es verträgt eine 1600 malige Vergrößerung und kostet 70,000 Rubel Banko. Mit einem solchen Instrumente ist man im Stande, die Sterne am hellen Mittage unmittelbar und sogar ihre Abbildungen im Wasserspiegel wahrzunehmen.

Noch ist zu bemerken, daß in neuerer Zeit der wiener Optiker Plößl die dioptrischen Fernröhre nach Littrow's Angaben sehr vervollkommnet und eine Einrichtung getroffen hat, durch welche sie, ihrer Leistungen unbeschadet, noch kürzer gemacht werden können. Diese Vervollkommnung besteht darin, daß die eigentliche Objectivlinse nur einfach und aus Kronglas gefertigt, die Flintglaslinse aber in einiger Entfernung von derselben, ungefähr in der Mitte des Fernrohrs, angebracht ist. Wegen der Trennung dieser beiden Objectivlinsen sind diese Art Fernröhre von ihrem Erfinder dialytische genannt worden. Sie übertreffen die zeitherigen von gleichen Dimensionen weit. —

Die sogenannten aplanatischen Fernröhre endlich sind solche, bei denen eine zwischen zwei Gläsern eingeschlossene Flüssigkeit (ätherisches Oel, Schwefelalkohol u. dergl.) angewendet wird, um die Farbenzerstreuung zu verhüten. Sie sind weniger im Gebrauche,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

weil solche Flüssigkeiten jedenfalls den Einwirkungen der Temperatur unterliegen müssen. —

B. Die katoptrischen Fernröhre oder Spiegelteleskope, Reflectoren, weil bei diesen die Vergrößerung durch Reflexion (Zurückwerfung) vermittelst sphärischer Spiegel erfolgt, sind

1) das newton'sche, jetzt gewöhnlich herschel'sche Teleskop genannt. Das von Newton erfundene vergrößerte nur 40 mal, das von Herschel 1788 gefertigte hingegen 7000 mal. Letzteres war 40 Fuß lang und hatte einen Durchmesser von 4 Fuß 10 Zoll. In ihm war ein sehr genau geschliffener und schön polirter metallener Hohlspiegel angebracht, der 2178 Pfund wog. Aufgestellt war dieses Rieseninstrument im Garten der Sternwarte zu Greenwich und ruhte auf einem äußerst künstlichen Gestell, so daß man es, seiner ungeheueren Größe ungeachtet, sehr leicht durch Drehen mit einer Hand vertical, horizontal u. s. w. richten konnte. Eine große Menge Entdeckungen hat Herschel damit am Himmel gemacht. Leider erblindete der Metallspiegel in einer Nacht dergestalt, daß es unbrauchbar wurde. Schon seit vielen Jahren soll es im Besitze Lucian Bonaparte's sein; allein einer andern Nachricht zufolge ist von John Herschel, dem Sohne, der Eingang zu diesem Tubus am 1. Jan. 1840 in feierlicher Familien-Procession verschlossen, resp. zugemauert worden.

2) Das gregory'sche Teleskop, — zu Newton's Zeiten, von einem Schottländer Gregory erfunden, besteht aus einem großen, in der Mitte durchbohrten Hohlspiegel. Es ist weniger im Gebrauche, weil durch das Loch in der Mitte gerade der beste Theil des Hohlspiegels, wie der Beobachtungen verloren geht.

3) Fast zu gleicher Zeit gab ein Franzose Cassegrain das nach ihm benannte Spiegelteleskop an, das mit einem Converspiegel versehen ist. Es vergrößert

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

mehr als das gregorysche, stellt aber die Gegenstände verkehrt dar.

Jedenfalls haben nach allen gemachten Erfahrungen die dioptrischen Fernröhre vor den katoptrischen den Vorzug, weil erstere praktischer und auch wohlfeiler sind. — Wir kommen nun zu einer andern Art astronomischer Werkzeuge, welche unsere Betrachtung verdienen. Diese sind

II. Die Meßinstrumente. Zuvörderst erwähnen wir hier im Vorübergehn die mangelhaften Meßwerkzeuge der Alten, als: den Gnomon, der in einer auf dem Horizont vertical stehenden Säule bestand und vorzüglich zu Sonnenbeobachtungen bestimmt war; das Triquetrum, ein aus drei Linealen bestehendes Instrument zum Höhenmessen der Gestirne; das Astrolabium, ein in einzelne Grade eingetheilter Ring, um dessen Mittelpunkt sich ein Lineal (Alhidade) bewegt, das mit zwei darauf senkrecht stehenden durchlöcherten Dioptern (Absehen) versehen ist; die Armillarsphären oder Armillen, eine verschiedene Verbindung von Kreisen, durch welche man den Aequator, die Ecclíptik und die darauf senkrechten Kreise darstellte.

Die astronomischen Meßwerkzeuge der Neuern kann man in Bezug auf Zeit und Raum in zwei Klassen theilen.

A. Meßwerkzeuge der ersten Klasse sind die Zeitmesser, Chronometer (engl. Time-Keepers). Von großer Wichtigkeit, auch für die Astronomie war die Erfindung der Uhren, die jetzt zu einer Vollkommenheit gediehen sind, die bewundernswerth ist; denn der Hauptzweck jeder guten astronomischen Uhr ist ein stets vollkommen gleichförmiger Gang. Da Jedermann die Einrichtung solcher mechanischen Kunstwerke, wie die Uhren sind, kennt: so ist es nicht nöthig, daß wir uns hier weiter über dieselben verbreiten.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

B. Meßwerkzeuge der zweiten Klasse sind diejenigen, mit welchen man die Durchmesser der Himmelskörper und die Größe aller vorkommenden Winkel, auch der kleinsten, in der Ferne zu bestimmen pflegt. Sehr wichtig sind

1) die Mikrometer oder Kleinmesser.

a. Der Schraubenmikrometer, erfunden vom Astronomen Gottfried Kirch zu Berlin im J. 1679, besteht aus einem Ringe aus zwei gegeneinander über und zwar in der Mitte desselben angebrachten, in eine Spitze sich endigenden Schrauben, die mit 2 Handhaben versehen sind, um sie herum drehen zu können. Diesen Ring bringt man in einem Fernrohre an der Stelle an, wo das Objectivglas das Bild hinwirft. An den Seiten des Fernrohrs befinden sich zwei Löcher, durch welche die Schrauben des Mikrometers gehn. Wird nun das Fernrohr auf einen Gegenstand gerichtet, so entwirft sich in dem Brennpunkt ein deutliches Miniaturbildchen, und es wird nun von der einen Seite so lange geschraubt, bis man den Durchmesser des Bildchens erfaßt hat. An dieser einen Schraube ist außen am Fernrohre eine runde, oft in mehr als 100 Theile abgetheilte Scheibe angebracht mit einem Index oder Zeiger, um dadurch auch halbe, viertel, achtel, sechszehntel u. s. w. Umdrehungen messen zu können. Diese Umdrehungen werden gezählt und reducirt, so daß man nun die Größe des Durchmessers eines beobachteten Gegenstandes, dessen Entfernung übrigens bekannt sein muß, genau berechnen kann.

b. Der Rautenmikrometer ist ohne Schraube, enthält aber ein genau eingerichtetes Fadennetz, sonst aus den Fäden einer Spinne, jetzt aus Platinafäden bestehend.

c. Der Kreismikrometer, welcher aus einem feinen Ringe besteht, der gleichfalls im Brennpunkte des Fernrohrs angebracht ist.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

2) Die Winkelmesser und andere wichtige Instrumente.

a. Der Heliometer, eigentlich Sonnenmesser, wird ebenfalls an einem Fernrohre angebracht, um kleine Weiten am Himmel, vorzüglich aber die scheinbaren Durchmesser der Sonne und des Mondes mit mehr Bequemlichkeit zu messen, als mit dem Mikrometer geschehen kann. Ganz besonders versteht man aber jetzt unter einem Heliometer eine am Objectivende eines Fernrohrs angebrachte, zur schärfsten Messung sehr kleiner Winkel dienende sinnreiche Vorrichtung. Der größte und vollkommenste Heliometer, den Frauenhofer und Merz geliefert haben, befindet sich auf der Sternwarte zu Königsberg. Sein Objectiv hat sechs pariser Zoll Oeffnung, das für die Sternwarte Pulkowa bestellte soll aber 7 Zoll Oeffnung erhalten.

b. Der Vernier oder Nonius, nach dem Erfinder so benannt, für welchen Einige den Franzosen Pierre Vernier (um 1630), Andere den Portugiesen Nunnez oder Nonius († 1577) halten, ist eine sinnreiche Vorrichtung, um dadurch sehr kleine Theile einer geraden oder krummen Linie zu messen. —

c. Das Passageninstrument oder Mittagsfernrohr, das sich blos vertikal bewegt und den Zeitpunkt anzeigt, in welchem ein Gestirn im Begriffe steht, in die Ebene des Meridians zu treten.

d. Das Aequatorial oder die parallaktische Maschine, welche aus 2 Stücken, einem Kreise und einem Fernrohre, besteht, das den Aequator oder einen mit demselben parallellaufenden Kreis beschreiben muß, so daß man mit diesem Instrumente dem Wege der Gestirne, auf die es gestellt ist, genau folgen kann. Gemeiniglich ist es noch mit einem Kreis versehen, welcher der Abweichungs- oder Declinationskreis heißt und dazu dient, die Entfernung eines Gestirns vom Aequator zu messen, so wie oft auch noch ein

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

dritter Kreis angebracht ist, um die Horizontalbewegung des Gestirns zu bestimmen.

e. Der Sextant ist bestimmt, die Winkel zweier Gegenstände in jeder Richtung derselben nach dem Horizonte zu messen. Man gebraucht ihn auch zur Höhen- und Distanzmessung der Gestirne.

f. Der Quadrant ist ein in Grade, Minuten und Secunden eingetheilter Kreisbogen, welcher zum Höhenmessen der Gestirne über dem Horizonte dient.

g. Der Multiplikationskreis ist ebenfalls ein Instrument, um die Höhen der Sterne, die man zur Zeitbestimmung beobachtet, zu finden.

h. Der Meridiankreis, eins der vorzüglichsten neuen Instrumente, besteht aus einem ganzen Kreise mit einem Fernrohre, welches in der Ebene des Meridians sich auf- und abbewegt, um die Rectascension (gerade Aufsteigung) und Declination (Abweichung) jedes Gestirns durch Beobachtung zu bestimmen.

Dieses sind die hauptsächlichsten astronomischen Instrumente, die sich wohl großentheils auf jeder gut eingerichteten Sternwarte befinden. Die Aufzählung derselben geschah hier, wie bereits erwähnt, lediglich aus der Absicht, um dem Leser begreiflich zu machen, daß es den Astronomen allerdings möglich sei, vermittelst solcher Werkzeuge die Größe und Entfernungen der Himmelskörper mit einer Sicherheit und Genauigkeit zu bestimmen und anzugeben, die oft ans Wunderbare gränzt. Uebrigens bedarf man, — nach dem Ausspruche eines ausgezeichneten Astronomen —, „um ein praktischer Astronom zu sein, eigentlich nur 3 Instrumente, eine gute Uhr, einen 2 — 3 füßigen Meridiankreis und ein parallaktisch aufgestelltes Fernrohr von 4 — 5 Fuß. Selbst jedes gut gelegene Fenster in einem Wohnzimmer kann zu einer sehr nützlichen Sternwarte werden, wenn es nur jene Instrumente und vor

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

allem, wenn es einen Astronomen, wie Olbers beherbergt, der von Haus aus neue Planeten und Kometen entdeckt, und zur Beförderung astronomischer Wissenschaft mehr, als viele Sternwarten zusammengenommen, geleistet hat." Nun freilich Olberse sind nicht alle Menschen, brauchen es aber auch nicht zu sein; denn es ist schon genug, wenn der Laie aus der Sternkunde soviel begreift, als ihm begreiflich gemacht werden kann, und wenn er sich von dem Wissenswürdigsten in der Astronomie selbst Rechenschaft zu geben vermag.

8.

Ein Imaginar-Modell-Sonnensystem.

Zur Veranschaulichung unserer Sonnenweltordnung hat man bekanntlich verschiedene, zum Theil sehr sinnreiche und künstliche Maschinen angefertigt; allein in keiner solchen Maschine ist ein richtiges Verhältniß der Größen und Weiten der Himmelskörper unter und zu einander dargestellt, das allen Anforderungen bezüglich der Größen- und Weitenverhältnisse der Planeten zur Sonne entspräche. Da es nun in der Wirklichkeit kein richtiges, proportionales Planetarium gibt und, wie dem Leser aus dem Folgenden klar werden wird, auch nun und nimmermehr geben kann, obgleich es solche Maschinenverfertiger oft keck behauptet haben: so muß man mit Hülfe der Einbildungskraft sich ein solches construiren, um sich die ganze Sonnenweltordnung im Geiste zu veranschaulichen, und man kann daher nicht unpassend ein solches vermittelst der Imagination oder Einbildungskraft erschaffenes Planetarium — ein Imaginar-Modell (modèle imaginaire) nennen, — ein Modell, das große Vorzüge vor allen durch die Kunst hervorgebrachten Veranschaulichungsmaschinen hat, weil man es immer bei sich haben und man dasselbe, wenn es nur bisweilen überdacht und angefrischt wird, nicht

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

leicht wieder verlieren kann. Ein solches Imaginar-Modell-Sonnensystem wollen wir nun im Folgenden construiren, — und zwar soll zuerst die Rede sein von der verhältnißmäßigen Größe der Körper in unserer Sonnenweltordnung; zweitens von ihren verhältnißmäßigen Entfernungen von der Sonne.

Um aber eine richtige Einsicht in diese Verhältnisse zu bekommen, haben wir schlechterdings einen Maßstab nöthig, dessen Größe oder Länge uns bekannt ist.

Die Astronomen pflegen ihren Maßstab bei Angabe der Größen der Wandelsterne entweder vom Erddurchmesser (in runder Zahl zu 1720 Meilen) oder vom Erdhalbmesser (zu 860 Meilen) oder auch von geographischen Meilen (à 22,842,$_{55}$ pariser Fuß) herzunehmen. Wir wählen den letztern Maßstab nach Meilen und nehmen, um nicht in die Brüche zu kommen, die Meile zu 24,000 preußischen, oder zu 20,000 Decimalfußen an. Damit wir nun einen Maßstab haben, mit dem wir in unserm Imaginar-Modell messen können: so bestimmen wir einen Decimalfuß zu 10 Decimalzollen, einen Zoll aber zu 10 Decimallinien dergestalt, daß wir auf Einen Zoll 1000 Meilen und auf Eine Linie 100 Meilen rechnen. Mit Hülfe dieses Maßstabs werden wir im Stande sein, uns vom Sonnensystem eine klare und richtige Ansicht, — versteht sich mit unserm geistigen Auge, — zu verschaffen. —

9.

Von den verhältnißmäßigen Größen der Haupt- und Nebenplaneten zur Sonne.

Da die Durchmesser sämmtlicher 30 Körper unserer Sonnenweltordnung von den Astronomen, vermittelst der oben aufgezählten Instrumente, vielfältig gemessen und berechnet sind, dieselben aber hinsichtlich der Ergebnisse ihrer Messungen und Berechnungen nur in Kleinigkeiten

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

differiren, so geben wir im Folgenden die Durchmesser vor der Hand in runden Zahlen an, doch so, daß sie den gefundenen Maßen der Astronomen möglichst nahe kommen. —

A. Die Sonne.

Ihren Durchmesser nehmen wir an zu 190,000 Meilen. Da wir nun 1000 Meilen gleich einem Zoll festgesetzt haben, so wird der Durchmesser unserer Imaginar-Modell-Sonnenkugel 190 Zoll oder 19 Fuß bekommen müssen. Man denke sich aber eine Kugel von 19 Fuß im Durchmesser, — wir können auch sagen von 19 Fuß Höhe, Breite und Dicke, — und wir werden ein solches Ungeheuer in der Wirklichkeit kaum auf unserer Erde finden.

B. Die Planeten.

In der neuern Astronomie theilt man die sämmtlichen, bis jetzt bekannten Planeten in drei Gruppen, von denen eine jede, wie wir weiter unten sehen werden, ihre besondere Eigenthümlichkeiten hat.

Erste Gruppe.

Die mittelgroßen Planeten.

1) Der Merkur, der erste Planet von der Sonne aus, mißt in seinem Durchmesser 670 Meilen. Das ihm entsprechende Kügelchen wird also $6,_7$ oder $6\,^7/_{10}$ Linien oder ungefähr $^2/_3$ eines Zolls im Durchmesser haben und ungefähr einer gewöhnlichen Musquetenkugel gleich kommen. Eine Flinten- oder Musquetenkugel, verglichen mit einer Kugel von 19 Fuß Höhe, welch' auffallender Contrast!? — Welche Menge von Flintenkugeln würde aus unserer 19 füßigen Modellkugel oder welche Menge Merkurkugeln würde aus der einzigen Sonnenkugel gebildet werden können!?

2) Die Venus, der bekannte Morgen- und Abendstern, hat 1700 Meilen im Durchmesser, also unsere Modellkugel dafür wird 1 Zoll und 7 Linien stark sein müssen und einer Billardkugel, ungefähr der sogenannten Caroline ähnlich sein.

3) Die Erde, welche wir bewohnen, hat 1720 Meilen im Durchmesser. Auch ihr entspricht in unserm Modelle eine Billardkugel, die kaum ein Merkchen größer ist, als unsere Modellvenus. Ach und wie groß dünkt uns unsere liebe Erde, und wie ist sie im Verhältniß zur Sonne doch so winzig klein!? — Und ihren getreuen Nachbar, den Mond, — der 468 Meilen im Durchmesser hat, also in unserm Modellsystem ein Kügelchen von $4,_7$ Linien, d. i. von kaum $^1/_2$ Zoll Durchmesser erhalten muß, — ihn können wir nur einem Gegenstande von der Größe einer Pürschbüchsenkugel vergleichen.

4) Der Mars, mit einem Durchmesser von 900 Meilen, kann vielleicht mit einer Wallnuß verglichen werden, die nur 9 Linien stark ist.

Zweite Gruppe.

Die kleinen Planeten.

5) Die Planetoiden. Dieses räthselhafte Viergestirn, das unsern Altvordern gänzlich unbekannt war, womit wollen wir es in unserm Imaginarmodell vergleichen? —

a. Die Vesta, welche kaum einen Durchmesser von 60 Meilen hat, der ungefähr der Wegstrecke zwischen Mainz und Paris gleich ist, — können wir nur mit einem Senfkorn von $0,_6 = {}^6/_{10}$ Linien Dicke in Vergleich stellen, während

b. die Juno, mit einem Durchmesser von 300 Meilen, einer großen Zuckererbse, 3 Linien dick, gleich kommt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

c. Die Pallas, welche 450 Meilen im Durchmesser hat, ist fast mit einer Pürschbüchsenkugel, wie unser Mond, zu vergleichen, indessen

d. Ceres, deren Durchmesser 100 Meilen weniger besagt, mit einer Zuckererbse von 3 1/2 Linien zu vergleichen sein mag.

Dritte Gruppe.

Die großen Planeten.

6) Der Jupiter. Dieser bis jetzt als der größte uns bekannte Planet hat 19,000 Meilen, also 11 mal mehr, als unsere Erde im Durchmesser, daher wir ihm in unserm Modelle eine Kugel beilegen müssen von 1 Fuß 9 Zoll. Es gibt von solcher Größe Erd- und Himmelsgloben, mit denen wir ihn allenfalls vergleichen können. Ihn umlaufen 4 Monde, welche Durchmesser von 460 bis 800 Meilen, also die Größen unsers Mondes bis unsers Merkurs haben, mithin in unserm Modelle Kugeln von der Größe der Pürschbüchsen- bis Musquetenkugeln bekommen müssen.

7) Der Saturn. Sein Durchmesser ist etwas geringer, als der des Jupiter und mißt nicht viel über 17,000 Meilen, also in unserm Imaginarmodelle 1 Fuß und 7 Zoll. Er hat sieben Satelliten oder Monde, von denen die beiden äußersten wahrscheinlich nicht viel kleiner, als Mars sind; die Größe der übrigen hat man wegen ihrer Kleinheit noch nicht sicher bestimmen können. In unserm Modelle werden wir sie mit einigen Pfefferkörnern, Zuckererbsen und Wallnüssen vergleichen. Das Wunderbarste aber, was uns Saturn darbietet, das ist sein mehrfacher, bis jetzt als dreifach erkannter Ring, der ihn umgibt, und wir können diesen Tripelring, der, weil er in mäßigen Fernröhren nicht dreifach, sondern einfach erscheint, von uns nur als eine Einheit zu betrachten ist, allenfalls

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

mit dem Kranze eines kleinen Vorderrades von einer Chaise vergleichen.

8) Der Uranus endlich ist der letzte oder äußerste der uns bis jetzt bekannten Planeten unsers Sonnensystems und erst seit 1781 den 13. März von dem großen Astronomen Wilhelm Herschel entdeckt worden. Er hat einen Durchmesser von 7,500 Meilen, also $4^1/_2$ mal so groß, als der Durchmesser unserer Erde. Wir betrachten ihn daher in unserm Modelle als eine Bombe von achthalbzölliger Stärke. Auch ihn umgeben 6 Satelliten, von denen man aber noch sehr wenig weiß. Nur soviel vermögen wir nicht ohne Grund zu folgern, daß sie alle größer sind als unser Mond, weil wir denselben, wäre er ein Uranussatellit, nicht mehr beobachten könnten. Auch durch die besten Fernröhre erscheinen sie als bloße Lichtpunkte, und wir wollen sie daher mit Flintenkugeln, Wallnüssen u. s. w. vergleichen.

Stellen wir nun in Gedanken die 30 mit irdischen Gegenständen verglichenen Körper unserer Sonnenweltordnung auf einem Platze zusammen: so erhalten wir ein anschauliches Bild von ihrem wahren Größenverhältniß zu und unter einander, und wer es dahin bringt, die Durchmesser der sämmtlichen Haupt- und Nebenplaneten zu merken, der wird im Stande sein, zu jeder Zeit Rechenschaft von ihrem Größenverhältniß zur Sonne sowohl, als zu- und untereinander abzulegen.

10.

Das kosmische Gesetz.

Ehe wir zur Darstellung des Weitenverhältnisses der Weltkörper von der Sonne und von einander übergehn, müssen wir uns zuvörderst an das erinnern, wodurch unsere Kenntniß von der Sonnenweltordnung auf eine merkwürdige Weise erweitert worden ist.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Die Alten *) hatten über die Entfernung der Planeten von einander und von der Sonne eine unrichtige Vorstellung, weil ihnen die astronomischen Werkzeuge von solcher Vollkommenheit, wie die jetzigen, abgingen. Indessen schon im vorvorigen Jahrhundert hatte der unermüdliche Himmelsbeobachter Kepler **) eine Regelmäßigkeit der Vertheilung der Planeten im Himmelsraume kennen gelernt, die in Bewunderung versetzt, und zuerst Professor Titius in Wittenberg und später Professor Bode in Berlin machten auf diese bewundernswürdige Regelmäßigkeit in den siebenziger Jahren des vorigen Jahrhunderts aufmerksam. Damals kannte man natürlich den Uranus und die Planetoiden noch nicht, sondern blos die sogenannten alten Planeten bis Saturn. Wenn man nämlich die Zahlenreihe schreibt: 0 • 3 • 6 • 12 • 24 • 48 • 96 • 192, so heißt dieselbe, wie manchem Leser bekannt sein wird, eine geometrische Progression. Nimmt man nun für den Abstand des damaligen letzten Planeten Saturns von der Sonne zu 100, als vorläufig unbenannte Zahl, an, so ist Merkur 4 solcher Theile von der Sonne entfernt. Wenn man daher zu jeder Zahl der obigen geometrischen Progression 4 addirt und das Product mit 2 multiplicirt, so bekommt man den verhältnißmäßigen Abstand sämmtlicher Planeten von der Sonne. Also:

1) Merkur . . $0 + 4 \times 2 = 8.$
2) Venus . . $3 + 4 \times 2 = 14.$
3) Erde . . $6 + 4 \times 2 = 20.$

---

*) Schon die Alten ahneten das Vorhandensein mehrer Planeten als fünf. Seneca (lib. VII, 13) sagt: „non has tantum stellas quinque discurrere, sed solas observatas esse.“

**) Er sagt sogar in d. Mysterium cosmographic. 1595 pag. 7: „Inter Jovem et Martem interposui novum planetam.“ (Zwischen den Jupiter und den Mars habe ich einen neuen Planeten eingeschoben.)

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

4) Mars . . $12 + 4 \times 2 = 32$.
5) Planetoiden $24 + 4 \times 2 = 56$.
6) Jupiter . . $48 + 4 \times 2 = 104$.
7) Saturn . . $96 + 4 \times 2 = 200$.
8) Uranus . $192 + 4 \times 2 = 392$.
9) Planet X $384 + 4 \times 2 = 776$.

Die Zahlen 8 bis 776 bezeichnen in Millionen-Meilen die zwar nicht genaue, aber doch der Wahrheit nahe kommende mittlere Entfernung der Planeten von der Sonne, d. h. diejenige Entfernung, welche aus 2 Größen das Mittel (z. B. $9 + 7 = 16 : 2 = 8$) ausmacht, weil, wie wir weiter unten sehen werden, sie in länglich runden Kreisen oder Ellipsen laufen, mithin der Sonne bald näher, bald entfernter zu stehen kommen. —

Man nannte dieses Ergebniß das kosmische Gesetz, — von Kosmos, die Welt, also kosmisch = was auf die Welt oder das Weltgebäude Bezug hat. —

Kaum war nun Uranus von Herschel 1781 entdeckt worden, als man auch schon seine mittlere Entfernung von der Sonne nach dem kosmischen Gesetz zu bestimmen wußte.

Vor Entdeckung der Planetoiden war es aber dem Denker bei Betrachtung jenes kosmischen Gesetzes auffallend, daß zwischen dem Mars und Jupiter das fünfte Glied ($24 + 4 \times 2 = 56$) keinen Planeten enthielt und dieser große Raum leer sein sollte. Bode behauptete daher, daß schlechterdings sich in dieser Region ein Planet aufhalten müsse, der nach dem dritten Kepler'schen Gesetze, das wir weiter unten kennen lernen werden, seinen Umlauf um die Sonne in $4\frac{1}{2}$ Jahren vollende. Auch der Director der Sternwarte, Freiherr von Zach, zu Gotha, stimmte der Behauptung Bode's bei; ja er berechnete sogar 16 Jahre vor der Entdeckung der Planetoiden die wahrscheinliche Laufbahn des geahneten Planeten und legte seine Angaben ver-

siegelt beim Herzoge Ernst von Gotha, beim Grafen von Brühl in London und beim Professor Bode in Berlin nieder, mit dem Auftrage, sie erst nach der Entdeckung des neuen Planeten nachzusehn.

Als sich aber aller sorgfältigen Nachforschungen mit den besten Fernröhren ungeachtet der vermuthete neue Planet noch immer nicht zeigen wollte, so schloß man, daß die Kleinheit desselben so beträchtlich sein müßte, daß er ohne die sorgfältigste Untersuchung des Thierkreises nie aufgefunden werden würde. Der Freiherr von Zach also (wie er im III. Bde. seiner monatl. Correspondenz zur Beförderung der Erd- und Himmelskunde S. 602 ff. selbst erzählt) stiftete, als er beim Oberamtmann und Justizrathe Schröter in Lilienthal zum Besuche war, „mit noch 6 anwesenden verdienstvollen Astronomen am 21. Sept. 1800 zur systematischen Aufsuchung des zwischen Mars und Jupiter vermutheten Planeten eine geschlossene Gesellschaft von 24 praktischen, in ganz Europa verbreiteten Astronomen..... Der Plan der Gesellschaft war, nebst mehreren andern Vorschlägen, den ganzen Thierkreis unter die 24 Mitglieder derselben zu vertheilen. Jedes sollte eine, durch Verlosung ihm zugefallene Zone von 15° in der Länge und von 7 bis 8° nördlicher und südlicher Breite zur Inspection bekommen, und seiner besonders wachsamen Aufsicht empfohlen werden. Auch sollte jedes Mitglied eine ganz genaue Himmelskarte bis zu dem kleinsten teleskopischen (nur durch Fernröhre erkennbaren) Stern seines Departements entwerfen, und durch wiederholte Revision am Himmel des unverrückten Zustandes seines Districtes, oder jedes wandernden fremden Gastes sich versichern. Durch eine solche streng organisirte, in 24 Departements abgetheilte Himmels-Polizei hoffte die Gesellschaft endlich, diesem, ihren Blicken sich so lange entzogenen Planeten, wenn er anders existire und sich sichtbar zeige, auf die Spur zu kommen.“ Der Herzog

Ernst von Gotha, der als Gründer der Sternwarte Seeberg bei Gotha und als Kenner der Astronomie seinen Namen unsterblich gemacht hat, schenkte sogar einem Mitgliede jener Gesellschaft, dem die nöthigen Instrumente fehlten, ein 7 füßiges Herschel'sches Spiegel-Teleskop und seine Gemahlin, die Herzogin, ebenfalls eine Freundin und Kennerin der Sternkunde, eine astronomische Pendeluhr, was hier rühmend erwähnt zu werden verdient, da heutiges Tages eine solche fürstliche Munificenz wohl selten ist. —

Kaum hatte sich die erwähnte astronomische Gesellschaft constituirt und war in Activität getreten, als man, statt einen Planeten, sogar deren 4 entdeckte. — Schon am 1. Januar 1801 fand Piazzi, Astronom zu Palermo, der übrigens nicht Mitglied der Gesellschaft war, zufällig, indem er einen Fehler im wollaston'schen Sternverzeichniß berichtigen wollte, einen neuen Planeten, dem er zu Ehren seines fürstlichen Beschützers, des Königs Ferdinand von Neapel, den Namen **Ceres Ferdinandea** beilegte. Am 28. März 1802 entdeckte **Dr.** Olbers, praktizirender Arzt in Bremen, von seiner Wohnung aus, die Pallas, am 1. Sept. 1804 der Astronom Harding auf der schröter'schen Sternwarte zu Lilienthal die Juno und am 29. März 1807 abermals Olbers die Vesta, welche Benennung der berühmte Astronom Gauß, damals in Braunschweig, jetzt in Göttingen, dem neuen Planeten beilegte, da ihn Olbers ersucht hatte, bei demselben Pathenstelle zu übernehmen. Gauß schrieb damals an Olbers: „Ich weiß dem Planeten keinen schönern Namen zu geben, als den der Göttin, die die Völker der alten Zeit zur Schutzgöttin der reinen Sitten, der makellosen Tugend und des häuslichen Glückes machten. Finden Sie also meine Wahl nicht unschicklich, so heiße Ihr Töchterchen „Vesta!" Als Zeichen für dieselbe schlug er das auf einem Altare brennende, heilige Feuer ⚶ vor. —

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Beide Entdecker, Olbers und Harding, waren Mitglieder jener astronomischen Gesellschaft.

Alle diese 4 kleinen Planeten laufen in jenem von den Astronomen zum voraus bestimmten leeren Raume zwischen Mars und Jupiter, und legen ein glänzendes Zeugniß ab von dem Fleiße und der Sachkenntniß jener damaligen Repräsentanten der Astronomie. Sollte noch ein Planet über dem Uranus entdeckt werden, so wird er das 9te Glied $(384 + 4 \times 2)$ des kosmischen Gesetzes einnehmen und seine Bahn wenigstens 776 Millionen Meilen von der Sonne entfernt sein. —

Schließlich will ich am Ende dieser gewiß für manchen Leser nicht uninteressanten Abschweifung noch gelegentlich bemerken, daß das erwähnte kosmische Gesetz ein probates Mittel ist, seinem Gedächtniß die mittlere Entfernung der Planeten auf eine leichte Weise einzuprägen. Man merke sich nur die Steigerung der 8 Zahlen: $0 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 12$ bis 192, addire zu jeder 4 und multiplizire das Product mit 2: so kann man jedesmal, ohne ein Buch zur Hand zu nehmen, auf der Stelle die mittlere Entfernung eines Planeten berechnen und angeben. Z. B. ich will wissen, wie weit ist Mars von der Sonne entfernt? — Hier zähle ich an den Fingern ab: Merkur, Venus, Erde, Mars; erster Finger = 0, zweiter = 3, dritter = 6 und vierter = 12. Dann sage ich: 12 und 4 = 16; und 2 mal 16 = 32. Mars ist also im Mittel 32 Millionen Meilen von der Sonne entfernt.

11.

Darstellung der verhältnißmäßigen Entfernungen der Planetenbahnen von der Sonne und der Mondbahnen von ihren Centralkörpern.

Wir kehren nun zu unserm Imaginarmodelle zurück, um dasselbe weiter auszubauen. In Gedanken wählen

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

wir einen großen freien Platz aus, um die von uns bereits construirten Kugeln auch in ihre richtigen, verhältnißmäßigen Entfernungen von der Sonne zu setzen. Wir stellen also unsern neunzehnfüßigen Sonnenglobus in die Mitte, und legen sodann von der Sonne aus unsere Kugeln und Kügelchen in eine gerade Linie, nachdem wir zuvor mit unserm Maßstabe (1000 Meilen = einem Zolle) die gehörigen Entfernungen abgemessen und abgesteckt haben.

1) Merkur. Seine wahre Entfernung von der Sonne beträgt, weil seine Bahn sehr elliptisch, d. h. von der Zirkellinie abweichend ist, in seinem Perihel, d. i. in seiner Sonnennähe, etwas über 7,000,000 Meilen, und in seinem Aphel, d. i. in seiner Sonnenferne, etwas über 9,000,000 Meilen. Wir nehmen daher seine mittlere Entfernung von der Sonne zu 8,000,000 Meilen an, wie das bereits besprochene kosmische Gesetz es uns an die Hand gibt. Acht Millionen Meilen ist eine Wegstrecke, die, um sie uns zu versinnlichen, ein Dampfwagen, der in Einer Stunde 8 Meilen, also in Einem Tage $8 \times 24 = 192$ Meilen, — ungefähr soweit Königsberg in gerader, also geographischer Linie, von Paris entfernt liegt, — fahren würde, etwa in 114 Jahren zurücklegen könnte, da $365 \times 192 = 70080$ Tage ist und mit dieser Zahl in 8 Millionen dividirt, 114 Jahre gibt, was ein Jeder selbst nachrechnen kann. Nach unserm Maßstabe: 1000 Meilen à 1 Zoll — müssen wir daher eine Strecke zu 800 Fuß von unserm Sonnenglobus abschreiten und hier unser Merkurkügelchen von dem Caliber einer Flintenkugel niederlegen. In diesem Punkte liegt demnach die Modell-Merkurbahn um unsere Modellsonne, oder die Linie von diesem Punkte bis zur 19 füßigen Sonne ist der Radius oder Halbmesser der ganzen Merkurbahn, deren Durchmesser 1600 Fuß beträgt, während der Durchmesser der eigentlichen Bahn

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

des wahren Merkurs, wie sich von selbst versteht, mit unserm Dampfwagen erst in 228 Jahren durchfahren werden könnte.

2) Venus. Von unserm Merkurkügelchen schreiten wir abermals 600 Fuß weiter und legen da die Billardkugel nieder, welche im Imaginarmodell-Sonnensystem die Venus vorstellen soll; denn 800 Fuß vom Sonnenglobus bis zum Merkur und von da 600 bis zur Venus geben 1400 Fuß, weil die mittlere Entfernung der wahren Venus von der Sonne, wie wir in Folge des kosmischen Gesetzes ersahen, 14 Millionen Meilen beträgt, und es würde mithin ein Venusbewohner, um zur Sonne zu gelangen, mit einem irdischen Dampfwagen 199 Erdenjahre fahren müssen.

3) Tellus. Die Erde, unserer Aller Mutter, die nach dem dritten Gliede des kosmischen Gesetzes $6 + 4 \times 2 = 20$ Millionen Meilen von der Sonne, also in unserm Imaginar-Modelle 2000 Fuß vom Sonnenglobus entfernt sein muß, wird, als Billardkugel, ihr Plätzchen erst dann erhalten können, wenn wir von der Modellvenus abermals 600 Fuß in gerader Linie weiter gegangen sind, weil $800 + 600 + 600 = 2000$ Fuß ausmachen. 2000 Fuß oder 1000 Schritte sind aber schon eine ziemliche Wegstrecke und ich bezweifle, daß das beste menschliche Auge vom Sonnenglobus aus unsere Modellerde von der Größe einer Billardkugel werde gewahren können. Eben so wenig würde ein irdisches Auge von der Sonne aus unsere liebe, uns so groß dünkende Erde sehen, allenfalls bewaffnet würde es sie als einen kleinen Stern, als ein Lichtpünktchen von 17 Secunden Durchmesser, wie wir späterhin noch näher erfahren werden, erblicken; denn man denke sich die ungeheure Entfernung! — mit einem Dampfwagen, der einen Gothaner in einem halben Tage von Gotha nach Paris fahren könnte, würden wir bis zur Sonne ungefähr 284 Jahre gebrauchen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Jedoch auch unserm Monde, den wir mit einer Pürschkugel verglichen haben, müssen wir 5 Fuß weit von seinem Centralkörper, unserer Modellerde, seine Bahn anweisen, weil er in der Wirklichkeit gegen 50,000 Meilen im Mittel von der Erde absteht, und ein Dampfwagen mit seiner bekannten Schnelligkeit ungefähr 260 Tage nöthig hätte, um zu dem getreuen Erdennachbar zu gelangen.

4) Mars, dessen Größe uns eine Wallnuß versinnlichen soll, ist von unserer Erdbahn nur 12 Millionen Meilen entfernt. Wir müssen also von derselben an 1200 Fuß weiter gehn und dann das Marskügelchen niederlegen, das vom Sonnenglobus 3200 Fuß entfernt liegt, weil die Entfernung des wahren Mars von der Sonne 32 Millionen Meilen beträgt. — Jetzt kommen

5) die vier Planetoiden. Wir nehmen daher das Senfkorn, die beiden Zuckererbsen und eine Pürschbüchsenkugel und legen sie, nachdem wir vom Mars aus 2400 Fuß weiter gegangen sind, in kleinen Zwischenräumen nieder, weil die Bahnen dieser Planetchen unter sich nicht sehr weit von einander entfernt liegen. 2400 und 3200 machen 5600 Fuß; da aber, wie wir oben sahen, eine preußische Postmeile 24,000 rheinländische Fuß oder 20,000 Decimalfuß beträgt, so sind wir schon von unserm 19 füßigen Sonnenglobus weit über $^1/_4$ Meile oder $^1/_2$ Stunde ganz unvermerkt hinweggekommen und ein Sonnenbewohner, der mit unserm Eisenbahndampfwagen zu den Planetoiden fahren wollte, würde dazu fast 800 Erdenjahre nöthig haben.

6) Jupiter. Von der letzten Bahn der Planetoiden müssen wir nun in Gedanken 4800 Fuß weiter marschiren, um da unsern fast zweifüßigen Jupiterglobus niederzulegen, der in unserm Modelle 10,400 Fuß vom Sonnenglobus abstehen muß, indem die mittlere Entfernung Jupiters von der Sonne

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

104 Millionen Meilen beträgt, eine Strecke, die mit dem Dampfwagen nur erst in 1484 Jahren zurückgelegt werden könnte. Die große Lücke aber, die man zwischen der Mars- und Jupiterbahn früher bemerkte und wo die Astronomen den Aufenthalt eines Planeten ahneten, beträgt 70 Millionen Meilen und ein Dampfwagen würde fast 999 Jahre nöthig haben, um von dem einen Gränzpunkte ihrer Bahnen zum andern zu gelangen. —

Jupiter hat aber auch 4 Monde, deren Durchmesser 460 bis 800 Meilen haben, also in unserm Modelle Kugeln von dem Caliber einer Pürschbüchsen- bis einer Musquetenkugel bekommen müssen. Diese vier Jupitertrabanten, die wir nur mit guten Fernröhren schauen können, vermögen die Jakuten *) und Indianer mit unbewaffneten Augen zu sehen. **)

Die Ite Kugel, als den ersten Mond, müssen wir 5 Fuß 8 Zoll weit vom Jupiterglobus entfernt legen, da der erste Mond 58,000 Meilen von seinem Centralkörper entfernt ist.

Der IIte Trabant ist 93,000 Meilen entfernt und wir müssen daher jenen 5 Fußen und 8 Zollen noch 3 Fuß 5 Zoll hinzusetzen, um da die zweite Kugel niederzulegen, was zusammen 9 Fuß 3 Zoll beträgt.

Der IIIte Mond hat eine Entfernung von 148,000 Meilen und wir müssen abermals 5 Fuß 5 Zoll weiter messen, um unsere Modellkugel zu placiren, die demnach 14 Fuß und 8 Zoll vom Jupiterglobus entfernt ist. Endlich

---

*) Ein Volk in Sibirien.

**) Auch Benzenberg erzählt in seinem Buche: „Ueber die Bestimmung der geograph. Länge durch Sternschnuppen" S. 72, „daß er zwei Edelknaben von 13 bis 14 Jahren gekannt habe, die die Jupitertrabanten mit bloßen Augen sehen konnten."

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

der IVte Mond ist 260,000 Meilen von seinem Centralkörper entfernt, und es muß daher seine Bahn in unserm Modelle noch 11 Fuß 2 Zoll erweitert werden, so daß also die letzte Kugel 26 Fuß vom Hauptkörper zu liegen kommt. —

7) Saturn. Zwischen seiner Bahn und der des Jupiter befindet sich ein Zwischenraum von 96 Millionen Meilen, und wir müssen daher von unserm Modelljupiter an noch 9,600 Fuß, — fast ½ Meile — weiter gehn, um unsern 17 zölligen Saturn an seinen rechten Platz zu stellen; denn Saturn ist, wie wir nach dem kosmischen Gesetze ersahen, 200 Millionen Meilen von der Sonne entfernt, also unser Modellsaturn vom Sonnenglobus 20,000 Fuß, was gerade eine preußische Postmeile ausmacht.

Saturn hat aber auch noch einen dreifachen Ring, den wir, — als einfach betrachtet, — oben mit dem Kranze eines kleinen Vorderrades von einer Chaise verglichen haben. Diesen Kranz legen wir um unsern 17 zölligen Saturn, so daß ein Zwischenraum von fast 5 Zoll zwischen der Peripherie des Saturnglobus und der innern Seite des Kranzes bleibt, — weil die Entfernung des innern Ringes von seinem Centralkörper 4922 Meilen beträgt; die Stärke des Kranzes aber, welcher den Tripelring vorstellen soll, wird über 6 Zoll betragen müssen, da von der innersten, d. h. nach Saturn zu liegenden Seite bis zur äußersten, also eigentlich die Breite des Ringes = 6,427 Meilen beträgt, eine Breite, zu deren Durchfliegung unser Dampfwagen mehr als 33 Tage nöthig haben würde.

Die 7 Saturnsatelliten haben alle ihre Bahnen außerhalb des Ringes, in einer Entfernung vom Centralkörper von 30 bis 550,000 Meilen. Wir müßten also in unserm Modelle die für diese Monde bestimmten Pfefferkörner u. s. w. 3 Fuß bis 55 Fuß weit von unserm 17 zölligen Saturn entfernt legen. —

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

8) Uranus. Es ist nöthig, daß wir nun von unserm Modellsaturn aus noch 19,200 Fuß, also fast eine ganze Meile, marschiren, um endlich die letzte Bahn für den bekannten letzten Planeten unsers Sonnensystems festzusetzen, und unsere bombenähnliche Uranuskugel von 7 1/2 Zoll Durchmesser daselbst niederzulegen; denn Uranus ist von der Sonne 392 Millionen Meilen entfernt, mithin muß unser Modelluranus 39,200 Fuß, fast 2 Meilen weit vom Sonnenglobus entfernt liegen. Welch' eine ungeheure Bahn?! Wie viele Jahrtausende wird ein Dampfwagen nöthig haben, um sie zu durchfliegen?! —

Von den 6 Trabanten des Uranus wissen wir, wie schon oben bemerkt wurde, zur Zeit noch sehr wenig. Der erste Mond steht 48, der letzte 339,000 Meilen von seinem Centralkörper entfernt, und wir müßten demnach unsere Flintenkugeln u. s. w. 4 Fuß 8 Zoll bis 33 Fuß 9 Zoll von unserm Modelluranus entfernt legen. —

Hier stehen wir nun an der Gränze unsers Imaginar-Modell-Sonnensystems, vermittelst dessen wir uns eine klare Vorstellung von der Größe der einzelnen Planeten, von ihrer Stellung zu- und untereinander, und von ihrer Entfernung von der Sonne machen können. Die sämmtlichen von uns abgesteckten Bahnen der Planeten aber müssen wir noch in einem großen Kreise einschließen, der uns den sogenannten Thierkreis am Himmel vorstellen soll, innerhalb dessen nämlich, mit Ausnahme der Planetoiden, unsere Sonne, von der Erde aus beobachtet, scheinbar, hingegen aber alle übrigen Planeten in der Wirklichkeit ihre Bahnen durchlaufen. —

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

12.
Der Thierkreis.

Der Thierkreis oder Zodiacus hat seinen Namen von den größtentheils thierischen Bildern oder Sternfiguren, die ihn ausmachen. Es war natürlich, daß die ältesten Himmelsbeobachter, nachdem sie bemerkt hatten, wie Sonne, Mond und Planeten einen und immer denselben Weg am gestirnten Himmel dahinzogen, auf den Einfall kamen, die Marken dieses Wegs genau zu ermitteln und festzusetzen. Daher finden wir bei alten Völkern, namentlich den Indiern und Chinesen, daß sie diesen Weg nach dem Mondlauf bestimmten und in 28 Mondhäuser theilten, indem sie gewahrten, daß der Mond fast an jedem Tage ein solches durchlief. Die Chaldäer aber, die ältesten Beobachter des Himmels, bestimmten wohl zuerst die Sonnenbahn (Ekliptik) näher und theilten sie nach den 12 Monden des Jahres in 12 Dodekatemorien (δωδεκατημόριον = $^1/_{12}$) oder in 12 Zeichen. Um diese Dodekatemorien gehörig unterscheiden zu können, bezeichneten sie dieselben durch einzelne Sterne und Sterngruppen, denen sie, wie wir nachher sehen werden, wohl nicht ohne Absicht und Bedeutung die bekannten Namen Widder, Stier, Zwillinge u. s. w. beilegten. —

Diese Namen nun gelangten nicht unwahrscheinlich mit einer rohen Idee von der Sonnenbahn entweder über Phönizien oder durch die hellenischen Colonien in Kleinasien — um das siebente Jahrhundert vor Christo, — vielleicht schon im Zeitalter Hesiod's (900 v. Chr.), nach Griechenland, wo förmliche Sternbilder an sie geknüpft wurden, deren näheres Verhältniß zur Ekliptik jedoch erst durch Hipparch's Beobachtungen ermittelt wurde.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Unter Ekliptik (Sonnenbahn, eigentlich jetzt Erdbahn) versteht man nämlich den größten Kreis, den die Sonne in ihrem scheinbaren Laufe um die Erde jährlich von Westen nach Osten beschreibt, und da man wahrgenommen hatte, daß sich in der Nähe dieses Kreises Sonnen- und Mondverfinsterungen zu gewissen Zeiten ereigneten, so gab dieß den Griechen Veranlassung, gedachten Kreis von ἔκλειψις = das Ausbleiben oder Wegbleiben (der Sonne oder des Mondes = eclipis solis et lunae) Ekliptik zu nennen, von der noch später besonders die Rede sein wird.

Hier bemerken wir nur, daß diese Ekliptik in 12 Theile und jeder Theil in 30° (weil 12×30=360°) eingetheilt wird. Diesen 12 Theilen wurden nun folgende 12 Sternbilder beigelegt.

1) Der Widder; 2) der Stier; 3) die Zwillinge; 4) der Krebs; 5) der Löwe; 6) die Jungfrau; 7) die Wage; 8) der Scorpion; 9) der Schütze; 10) der Steinbock; 11) der Wassermann; 12) die Fische.

Die Figuren dieser 12 Thierkreis-Sternbilder sind, wie wir nachher sehen werden, sehr sinnig gewählt und bezeichnet, und obgleich wir in unsern Breitengraden, auch bei der lebhaftesten Phantasie, weder die Figur eines Stiers, noch eines Widders u. s. w. am Himmel zu erblicken vermögen: so haben doch Reisende versichert, daß bei der ungemeinen Klarheit des von allen Dünsten freien Sternhimmels im Morgenlande sich allerdings eine gewisse Aehnlichkeit der Figuren am Himmel mit den ihnen beigelegten Bildern nicht verkennen lasse. Einer der neuesten Reisenden z. B., G. Parthey, macht im „2. Theile seiner Wanderungen durch Sicilien und die Levante (das Nilthal). Berlin 1840" von der Heiterkeit des ägyptischen Himmels und von der Pracht der Nächte eine entzückende Beschreibung. Unter Anderm sagt er auch: „Hier lernt man erst den Namen und die Gestalt der verschiedenen Sternbilder

verstehen, die in unsern nördlichen Breiten gar keinen Sinn zu haben scheinen, wo man kaum den aufstrebenden Orion, die ausgebreiteten Flügel des Schwans u. s. w. sich vergegenwärtigen kann. Hier sieht man das mächtig hervortretende Haupt des Stiers mit den drohenden Hörnern; die beiden Fische an dem deutlich bezeichneten Bande, den springenden Löwen, den ruhig gelagerten umschauenden Widder, und den aufs natürlichste gewundenen Schwanz des Scorpions."

Jedem der gedachten Sternbilder legt man folgende Bedeutungen bei, einmal eine nicht unwahrscheinliche, zweitens eine mythologische oder fabelhafte, also nichts weniger, als wahrscheinliche. Wir wollen sie in Folgendem beide zusammenstellen.

1) Widder, Stier und Zwillinge.

Da sich bei den Chaldäern, wenn die Sonne in den Widder trat, das Jahr anfing, und da der Reichthum dieser Völker größtentheils in der Viehzucht bestand: so sollen gedachte Sternbilder, was nicht unglaublich ist, ihre Namen davon erhalten haben, indem man wirklich auf den ältesten Abbildungen des Thierkreises an der Stelle der Zwillinge ein Paar Ziegen findet. Der Widder bezeichnete die anfangende, der Stier die zunehmende, und das Zwillings- oder Ziegenpaar die aufs Mehrfache gestiegene Fruchtbarkeit. Dagegen fabeln die Griechen und Römer: der Widder sei derjenige, dessen goldnes Vließ den Argonautenzug veranlaßte (Ovid. Fast. III, 851 ..); der Stier sei Jupiter, der sich in einen solchen verwandelt habe, um die Europa zu entführen (Ovid. Met. II, 833 ... und Fast. V, 603 ..); die Zwillinge aber seien Castor und Pollux, die beiden Söhne Jupiters, denen letzterer wegen ihrer Liebe zu einander Unsterblichkeit verliehen habe (Ovid. V, 715.., etwas dunkel Virg. Aen. VI, 121 ...).

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

2) Krebs, Löwe und Jungfrau.

Der Krebs soll auf das Wiederrückwärtsgehn der Sonne deuten; der Löwe auf die große Sonnenhitze, und die Jungfrau, als Schnitterin mit der Kornähre (spica) geschmückt, auf die Zeit der Ernte. — Nach der Mythologie aber bezeichnet der Krebs denjenigen, welcher auf Juno's Befehl den Herkules bei seinem Kampfe mit der lernäischen Schlange hinderte und deshalb von der Juno unter die Sterne gesetzt wurde; der Löwe sei derjenige, welchen Herkules im nemäischen Walde bezwang (Ovid. Met. IX, 196 ..) und die Jungfrau sei die Göttin der Gerechtigkeit, Asträa (Ovid. Met. I, 149 ..) oder die Isis, jene alte ägyptische Göttin, welche den Menschen die wildwachsende, noch unbekannte Frucht des Weizens und der Gerste entdeckte, — oder die Ceres, die Göttin der Ernten.

3) Wage, Scorpion und Schütze.

Die Wage bezeichnete höchst wahrscheinlich die Tag- und Nachtgleiche, der Scorpion war Sinnbild der Krankheiten und Landplagen, die, wann die Sonne in ihm stand, in mehreren Gegenden gemeiniglich anfingen, und der Schütze sollte auf den Anfang der Jagdzeit deuten. Nach der Fabellehre aber gilt die Wage dem Mochos, welchen man für den Erfinder der Gewichte und der Wage hält; Ovid aber erzählt (Met. II, 195..), daß der Scorpion sonst zwei Zeichen am Himmel eingenommen habe; desgleichen auch Virgil (Georg. I, 32..), daß der Scorpion seine Arme zusammengezogen und der Wage des Kaisers Augustus Platz gemacht habe. Der Scorpion selbst aber war unter die Sterne versetzt worden, weil er auf Diana's Befehl dem stolzen Jäger Orion, der sich in seinem Uebermuthe gerühmt hatte, alle wilden Thiere einzuholen und zu erlegen, eine tödliche Wunde beigebracht hatte. — Der Schütze endlich soll den Krotos, einen trefflichen Jäger, Dichter

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

und Reiter vorstellen, nach Andern aber den Centaur Chiron, den Erfinder des Reitens. —

4) Steinbock, Wassermann und Fische.

Der den Felsen emporklimmende Steinbock soll andeuten, daß die Sonne wieder am Himmel aufwärts steige; der Wassermann, daß die Regenzeit nun beginne, und die Fische, daß die Nilüberschwemmungen nun ihren Anfang nähmen, desgleichen auch die Zeit zum Fischen. — Dagegen ist nach der Fabel der Steinbock die Ziege Amalthea, mit deren Milch die Nymphen den Jupiter in seiner Kindheit ernährten, der deshalb diese Ziege aus Dankbarkeit an den Himmel versetzte. Der Wassermann sei der Sohn des Prometheus, Deucalion, welcher zur Zeit einer großen Wasserfluth allein übrig blieb und die Welt wieder bevölkerte (Ovid. Met. 1, 240 ...); und die Fische sollen Venus und Cupido sein, die beide aus Furcht und Schrecken vor dem Riesen Typhon die Fischgestalt annahmen und sich in den Euphrat stürzten (Ovid. Fast. II, 459 ..).

Soviel von der Bedeutung der Zodiacal-Sternbilder! — Es unterliegt wohl kaum einem Zweifel, daß diese Bezeichnungen fast alle ganz gewiß beträchtlich jüngern Ursprungs sind, als die Sternbilder selbst. —

Dieser Thierkreis nun, der in der scheinbaren Himmelskugel einen Gürtel von 20° Breite einnimmt und mit der Ekliptik zu beiden Seiten parallel läuft, war für die alte Astronomie von hoher Wichtigkeit, weil in dieser Zone sich nebst der Sonne, deren Bahn genau in der Mitte des Thierkreises liegt, auch der Mond und alle damals bekannten Planeten mit ihren Trabanten bewegten; für die neuere Astronomie ist aber dieser alte Zodiacus von geringerer Bedeutung, da sich die neuentdeckten Planeten von der Ekliptik weit, Pallas sogar $34\frac{1}{2}$°, entfernen. Dessenungeachtet bleibt jener alte Thierkreis für uns noch immer von Wichtigkeit,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

weil eben die alten, mit bloßen Augen erkennbaren Planeten ihren fotwährenden Aufenthalt in demselben haben, die neuentdeckten Planetoiden aber kaum mit guten Fernröhren, geschweige ohne Augenbewaffnung, gesehen werden können.

Wir wollen daher, um diese Thierkreissternbilder in unserm Imaginar-Modelle zu bezeichnen, 12 große Fahnen mit verschiedenen Farben wählen und mit denselben unser Planetarium dergestalt einzäunen, daß alle 30° eine solche Fahne aufgepflanzt wird.

Die erste, welche den Widder vorstellen soll, setzen wir in gerader Linie vom Modelluranus aus, dann 30° weiter, wenn wir innerhalb unsers Modells stehen, von der Rechten zur Linken, die zweite für den Stier, die dritte für die Zwillinge und so fort. Wir werden sogleich ersehen, warum uns eine solche Thierkreisbezeichnung Noth thut.

13.

Der Kreislauf der Planeten.

Da wir von unserm 19 füßigen Sonnenglobus aus mit bloßen Augen die sämmtlichen von uns in ihrem richtigen Verhältnisse dargestellten Modellplanetenkugeln nicht gewahren würden, so müssen wir, um unserer Imagination oder Einbildungskraft zu Hülfe zu kommen, ein anderes Mittel wählen, wodurch wir unserm im Stillstand befindlichen Modellsonnensysteme auch das nöthige Leben, die Bewegung, mittheilen. Ich weiß aber kein besseres und zweckmäßigerscheinendes Mittel, um uns mancherlei Erscheinungen am Himmel bezüglich der Planeten genügend zu erklären, vor der Hand hier vorzuschlagen, als das folgende, wenn auch mancher Leser kopfschüttelnd dazu lächeln sollte.

Wir wollen nämlich, um uns von diesen Erscheinungen Rechenschaft zu geben, unser Modellsonnensystem

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

vorläufig in eine Rennbahn verwandeln, dergestalt, daß wir an die Stellen, wo wir unsere verschiedenen Planetenkugeln — und Kügelchen niederlegten, lebende Wesen, am besten Rennpferde, wenn auch keine Wettrenner, stellen und sie die von uns markirten Kreisbahnen durchlaufen lassen. Wir wählen also zur bessern Unterscheidung für die

Erste Planetengruppe und zwar

1) für den Merkur einen Rappen; 2) für die Venus einen Schimmel; 3) für die Erde mit dem Monde einen Wagen, bespannt mit einem Rappen und einem Schimmel; 4) für den Mars einen Fuchs. —

Zweite Planetengruppe.

5) Den Planetoiden geben wir ein Viergespann von vier Isabellen.

Dritte Planetengruppe.

6) Dem Jupiter ein Viergespann Schimmel mit einem Wagen; 7) dem Saturn einen Wagen mit sieben Pferden und 8) dem Uranus einen dergleichen mit sechs Pferden in Bezug auf die Anzahl seiner Monde.

Von selbst versteht es sich, daß wir diesen Thieren in Gedanken auch die nöthigen Reiter und Wagenlenker beigeben. —

Nachdem nun Alles in der besten Ordnung ist, besteigen wir unsern Sonnenglobus und geben den sämmtlichen Reitern und Wagenlenkern ein Zeichen zur Abfahrt und zwar sollen alle im scharfen, aber zeitgleichen Trabe reiten und fahren. —

Das Rennen nimmt nun seinen Anfang und wir gewahren von unserm Standpunkte aus, daß Alles in der schönsten Regelmäßigkeit fortgeht; aber nicht lange haben wir beobachtet, so gewahren wir, nach den auf-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

gepflanzten Fahnen zu urtheilen, daß die sämmtlichen Reiter und Wagen auf der Ebene unsers in eine Rennbahn verwandelten Modellsystems sich in der größten Unordnung zu befinden scheinen. Der Eine reitet hier, der Andere fährt dort und es kommt uns vor, als wenn Einige aus den ihnen vorgezeichneten Bahnen gewichen wären. Indessen bei genauer Untersuchung finden wir, daß wir uns getäuscht haben und daß Alles noch in schönster Ordnung fortgeht. Haben wir nun längere Zeit dem Wettrennen mit Aufmerksamkeit zugesehen, so gewahren wir, daß mehrere Reiter und Wagenlenker der ersten Gruppe ihre Bahnen schon einigemal durchlaufen haben, während die Reiter und Wagenlenker der zweiten und besonders der letzten Gruppe kaum den vierten oder achten oder zwölften Theil ihrer Bahnen durchwandelt haben. Dies geht aber, wie Jeder von selbst einsieht, ganz natürlich zu, weil die Bahnen der ersten Gruppe viel kürzer sind, als die der letztern; ja wir gewahren z. B., daß während der Wagen der dritten Bahn, unsere Erde, — fast sechsmal herumgekommen ist, der Saturnwagenlenker kaum den fünften Theil seiner Bahn und der Uranuswagenlenker noch nicht einmal ein Zwölftel seines Wegs zurückgelegt hat, also noch nicht von einer Fahne zur andern, oder aus einem Zeichen ins andere, gelangt ist.

Gerade wie hier in unserm Imaginar-Sonnensysteme zugeht, so geht es auch am Himmel selbst zu, wenn wir uns in Gedanken auf die wirkliche Sonne schwingen und von da aus den Kreislauf der Planeten betrachten. Da bemerken wir, wie der eine Planet sich im Widder, der andere im Stier, ein dritter in den Fischen u. s. w. befindet; der eine vollendet seine Bahn zweimal und dreimal, während der andere sie kaum einmal oder nur ein halbmal durchlaufen hat.

Da nun die Umlaufszeiten fast aller Planeten um die Sonne auf das Allergenaueste zu wiederholtenmalen

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

beobachtet und vermittelst feiner astronomischer Instrumente genau bestimmt sind: so ist es wohl jetzt am zweckmäßigsten, dieselben von jedem einzelnen Planeten hier anzugeben. Zuvor aber haben wir noch zu bemerken, daß man die Umlaufszeit eines Planeten oder dessen Revolution die Zeit nennt, während welcher er seinen ganzen Umkreis von 360° um irgend einen Punkt, nämlich um die Sonne, vollendet.

Man unterscheidet nun eine vierfache Revolution der Planeten; eine anomalistische, eine synodische,*) eine siderische und eine tropische oder periodische. Die beiden ersten Revolutionen sind nur dem Astronomen von Wichtigkeit, daher soll hier nur von den beiden letzten die Rede sein.

Siderische Revolution heißt nämlich die Zeit des Umlaufs eines Planeten, in welcher er seinen Umkreis von 360° dergestalt durchlaufen hat, daß er, von der Sonne aus gesehen, wieder bei demselben Punkte am Himmel, — demselben Fixsterne (sidus) — erscheint, bei welchem er am Anfange seiner Bahn gesehen wurde. Hingegen tropische oder periodische Umlaufszeit nennt man diejenige Zeit, binnen welcher ein Planet vom Frühlingsnachtgleichepunkte aus, über welchen weiter unten gesprochen werden wird, seine 360° zurücklegt. Da aber dieser Punkt in jedem Jahre aus Gründen, die wir auch noch kennen lernen werden, jährlich um 50 1/4 Secunde sich von Ost nach West bewegt, so müssen natürlich auch die tropischen Umlaufszeiten der Planeten sämmtlich kleiner ausfallen, als die siderischen, und es ist demnach z. B. das tropische Erdenjahr für das laufende Jahrhundert um 20 Minuten 22,9 Secunden kürzer als das siderische. Das tropische Jahr ist auch zugleich das sogenannte

*) Eine Erklärung der synodischen wird gegeben am Schlusse der Venusbeschreibung.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Sonnenjahr oder die Zeit, welche die Wiederkehr der Jahreszeiten bestimmt.

Von selbst versteht es sich, daß bei den folgenden Angaben die Umläufe der Planeten nach Erdentagen oder Erdenzeit, nämlich ein Jahr zu 365 1/4 Tagen, gemessen sind. Es braucht nämlich an Zeit, um seinen Umlauf um die Sonne zu vollenden:

I. Merkur: a. siderisch: 87 Tage, 23 Stunden, 15 Min. und 46 Secunden.
b. tropisch: 87 T. 23 St. 14′ 35″.

II. Venus: a. siderisch: 224 T. 16 St. 49′ 7″.
b. tropisch: 224 T. 16 St. 41′ 25″.

III. Erde: a. siderisch: 365 T. 6 St. 9′ 10″.
b. tropisch: 365 T. 5 St. 48′ 47″.

IV. Mars: a. sid. 1 Jahr 321 T. 17 St. 30′ 41″.
b. tr. 1 Jahr 321 T. 16 St. 18′ 47″.

V. Planetoiden:

1) Vesta: a. sid. 3 J. 229 T. 17 St. 38′.
b. tr. 3 J. 129 T. 13 St. 9′.

2) Juno: a. sid. 4 J. 132 T. 1 St. 36′.
b. tr. 4 J. 131 T. 19 St. 8′.

3) Ceres: a. sid. 4 J. 223 T. 17 St. 38′.
b. tr. 4 J. 223 T. 10 St. 25′.

4) Pallas: a. sid. 4 J. 225 T. 7 St. 19′.
b. tr. 4 J. 225 T. 0 St. 4′.

VI. Jupiter: a. sid. 11 J. 314 T. 20 St. 18′ 41″.
b. tr. 11 J. 312 T. 20 St. 14′ 10″.

VII. Saturn: a. sid. 29 J. 166 T. 23 St 16′ 32″.
b. tr. 29 J. 154 T. 16 St. 30′ 10″.

VIII. Uranus: a. sid. 84 J. 5 T. 19 St. 41′ 36″.
b. tr. 83 J. 271 T. 3 St. 48′ 5″.

Hieraus geht hervor, daß sich in einem Gemeinjahr von 365 Tagen in den Zeichen des Thierkreises fortbewegt:

1) Merkur 4 mal und 1 Zeichen 23° 42′ 13″
2) Venus 1 mal und 7 Zeichen 14° 46′ 39″

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

3) Erde 11 Zeichen 29° 44′ 50″
4) Mars 6 Zeichen 11° 16′ 19″
5) Planetoiden im Mittel 2 Zeich. 21° 6′ 4″
6) Jupiter 1 Zeichen 0° 19′ 41″
7) Saturn 0 Zeichen 12° 12′ 47″.
8) Uranus 0 Zeichen 4° 16′ 54″.

Da Tage, Stunden, Minuten und Secunden sich dem Gedächtnisse nicht gut einprägen lassen, auch die Angaben der Astronomen, besonders in den Minuten und Secunden bisweilen von einander abweichen, so nehmen wir in Bausch und Bogen an für 1) Merkur: 3 Monat; 2) Venus: 7½ Monat; 3) Erde: 12 Monat; 4) Mars: 1 Jahr 10½ Monat; 5) Planetoiden: 4½ Jahre; 6) Jupiter: 12 Jahre; 7) Saturn: 30 Jahre; 8) Uranus: 84 Jahre.

Um die Angaben noch besser zu merken, kann man, da wir den einmaligen Umlauf unserer Erde um die Sonne ein Jahr nennen, mithin auch die Umläufe der übrigen Planeten Jahre zu nennen sind, auch wohl sagen:

Ein Merkurjahr ist gleich ¼ Erdenjahr; ein Venusjahr = ein halbes Erdenjahr; ein Marsjahr = fast 2 Erdenjahre; ein Planetoidenjahr = 4½ Erdenjahr; ein Jupiterjahr = 12 Erdenjahre; ein Saturnjahr = 30 Erdenjahre; und ein Uranusjahr = 84 Erdenjahre.

14.

Verschiedene Erscheinungen beim Beobachten der Planeten am Himmel.

Dem aufmerksamen Himmelsbeobachter mußten sowohl die verschiedenen Stellungen oder Lagen, sowie die verschiedenen Bewegungen der Sonne, des Mondes und der Planeten im Thierkreise gegeneinander, als auch endlich die mit denselben vorgehenden häufigen

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Veränderungen nothwendig auffallen. Wir wollen daher jetzt von allen dreien handeln.

I. Die verschiedenen Stellungen oder Lagen der obengenannten Himmelskörper im Thierkreise, von der Erde aus betrachtet.

Die Alten beobachteten mit Fleiß und Sorgfalt diese verschiedenen Stellungen und Lagen, welche sie Aspecten (Anschauungen, Anblicke) nannten, denen sie in ihrer astrologischen*) Afterweisheit einen großen Einfluß auf die Schicksale der Menschen und Staaten zuschrieben. Man nahm solcher Stellungen oder Aspecten gewöhnlich 5 an; die Conjunction (Zusammenkunft), die Opposition (Gegenschein), die Quadratur (auch Quadrat- oder Geviertschein), der Trigonal- oder Gedrittschein und der Sextel- oder Gesechstschein.

1) Die Conjunction nennt man diejenige Stellung eines Planeten zur Sonne, wodurch er nahe bei der Sonne sich befindet, also seine Zusammenkunft. Es ist aber hierbei Folgendes zu bemerken.

Bekanntlich theilt man die Planeten bezüglich der Erdbahn in untere und obere, oder besser in in-

*) Astrologie, Sterndeutekunst, war sonst die trügerische Kunst, aus der Stellung der Gestirne, besonders gegen den Horizont zu, zukünftige Dinge zu weissagen. Man hatte nämlich wahrgenommen, daß Sonne und Mond einen unverkennbaren Einfluß auf die Witterung und Fruchtbarkeit der Erde haben; daher glaubte man, daß die Sterne, die man nicht als große Weltkörper, sondern als Himmelslichter betrachtete, nur um der Erde und um der Menschen willen geschaffen wären, und daß sie also nicht nur auf die Begebenheiten ganzer Völker, sondern auch auf die Sitten und Schicksale einzelner Menschen Beziehung haben müßten. Auf ihr hohes Alter läßt sich schon aus V. Mose 18, 10... schließen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

nere und äußere. Die untern oder innern sind diejenigen, deren Bahnen von der Erdbahn eingeschlossen werden, also die von Altersher als Morgen- und Abendsterne bekannten Merkur und Venus; hingegen die obern oder äußern diejenigen, deren Bahnen die Erdbahn einschließen, also Mars bis Uranus. Steht nun z. B., von der Erde aus gesehen, Merkur mit der Sonne in gerader Linie oder gerade vor der Sonne: so sagt man, er habe gleiche Länge mit der Sonne oder er stehe mit ihr in Conjunction und zwar in unterer Conjunction, weil Merkur sich zwischen Erde und Sonne befindet. Hat derselbe aber in seiner Bahn die Hälfte oder 180° zurückgelegt, und es stehet demnach Erde, Sonne und Merkur abermals in gleicher Linie, doch so, daß sich die Sonne zwischen Erde und Merkur befindet: so nennt man dies seine obere Conjunction. Im ersten Falle steht er der Erde am nächsten, im andern Falle ist sein Abstand von der Erde am entferntesten, und zwar um einen ganzen Durchmesser der Merkurbahn weiter, als in der untern Conjunction. In beiden Fällen aber ist Merkur den Erdbewohnern unsichtbar, es sei denn, was jedoch selten ist, daß er als ein schwarzer Punkt vor der Sonnenscheibe vorüber gehe, was aber nur vermittelst guter Fernröhre beobachtet werden kann. — Wie mit dem Merkur, so verhält es sich auch mit der Venus, die, wie schon gesagt, gleichfalls ein innerer oder unterer Planet ist.

Befindet sich nun einer dieser beiden Planeten auf dem Wege von der untern Conjunction nach der obern: so bildet Sonne, Erde und Planet einen Winkel, den man die westliche Elongation (Vergrößerung) oder Digression (Ausweichung) nennt, und der am größten erscheint, wenn er ein rechter Winkel wird, während die östlichen Elongationen oder Digressionen dann stattfinden, also nun auf der entgegengesetzten

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Seite einen Winkel bilden, wenn die innern Planeten von der obern nach der untern Conjunction fortrücken. Denken wir uns z. B. 2 Kreise; im Centrum oder Mittelpunkte die Sonne S, auf der Peripherie des innern Kreises die Venus V und auf der des äußern Kreises die Erde E, so hat, wenn die Venus in unterer Conjunction stehet, also = E V S, E die unerleuchtete Seite oder die Nachtseite der Venus vor sich und letztere ist unsichtbar. Geht aber nun V von der untern zur obern Conjunction fort, so daß sie zur westlichen Elongation kommt, und E V S einen Winkel bilden: so erblicken wir den Planeten nach und nach zur Hälfte erleuchtet, gerade als wenn der Mond zum letzten Viertel kommt, und Venus oder auch Merkur ist alsdann Morgenstern. Bilden aber E S V in oberer Conjunction eine gerade Linie, so ist die Venus voll- oder ganz erleuchtet, und wir würden sie als Vollvenus erblicken, wie den Vollmond, wenn es uns anders möglich wäre, so nahe bei der Sonne irgend einen Himmelskörper zu sehen. Rückt nun V zur untern Conjunction fort, so erscheint sie halberleuchtet, wenn sie in die östliche Elongation kommt, und ist alsdann Abendstern. Zwischen den Elongationen und den Conjunctionen ist Venus bald mehr, bald weniger erleuchtet und zuletzt gar sichelförmig, wie der Mond. — Das Nähere sehe man weiter unten im Artikel: die Venus.

2) Die Opposition oder der Gegenschein findet nur bei den obern oder äußern Planeten statt. Denken wir uns wieder 2 Kreise, von denen der eine den andern umschließt, im Mittelpunkte derselben die Sonne S, in der Peripherie des innern Kreises die Erde E und auf der Peripherie des äußern einen der obern Planeten P: so bezeichnet die Linie S E P, daß der Planet mit der Sonne in Opposition steht, die

Linie E S P aber, daß er sich in Conjunction mit der Sonne befindet. Der Planet steht also bei seiner Opposition mit der Sonne der Erde am nächsten, bei seiner Conjunction aber ihr am entferntesten.

3) Macht ein Planet und die Sonne an der Erde einen rechten Winkel, so nennt man diese Stellung die Quadratur (sonst den Quadrat- oder Geviertschein) und zwar $P^{E}S$ die westliche und $P_{E}S$ die östliche.

4) Der Trigonal- oder Gedrittschein und der Sextel- oder Gesechstschein hatten blos für die Astrologen Bedeutung; man findet ihre Zeichen △ und ✻ noch in manchen Kalendern angegeben.

Uebrigens ist noch zu bemerken, daß man die Opposition mit dem Zeichen ☍, die Conjunction mit ☌ und die Quadratur mit □ zu bezeichnen pflegt. —

II. Die verschiedenen Bewegungen der Planeten im Thierkreise gegeneinander.

Manche Leser werden aus ihren Kalendern wissen, daß es von einem Planeten bald heißt: er ist rechtläufig, bald: er ist rückläufig, — bald: er steht stille. Und so ist es auch; denn diese 3 auffallenden Erscheinungen können einem aufmerksamen Himmelsbeobachter unmöglich entgehen.

Was stillstehn ist, weiß Jedermann; rechtläufig aber wird in der Astronomie von einem Planeten gesagt, wenn wir ihn von Abend gegen Morgen gehen sehen, sowie sich ja auch unsere Erde von Abend gegen Morgen wirklich bewegt, — und diese Bewegung wird auch die directe genannt. — Rückläufig (retrograd) bezeichnet aber das Gegentheil, wenn der Planet von Morgen gegen Abend geht. Und so ist es wirklich, wenn wir die Planeten eine Zeitlang am Him-

mel beobachten; der eine ist oft rückläufig, der andere oft rechtläufig, der dritte scheint oft gar keine Bewegung zu haben, was man stationär nennt. Die Alten suchten sich bei ihrer falschen Vorstellung von der Sonnenweltordnung diese Erscheinungen auch zu erklären und zwar auf eine höchst sinnreiche Weise durch die Annahme von Exicykeln, d. h. Beikreise, Hülfskreise oder auch bewegliche Kreise, deren Mittelpunkte sich auf der Peripherie eines andern festen Kreises fortbewegen; allein diese Erklärung, so plausibel sie auch war, war dennoch falsch. Wir vermögen dagegen jene scheinbaren Unregelmäßigkeiten der Planetenbewegungen bei unserer richtigen Vorstellung vom Sonnensysteme auf eine ganz einfache Weise zu erklären. —

Stellen wir uns nochmals in Gedanken auf unsern Sonnenglobus in unserm Imaginar-Modell-Planetarium und beobachten wir genau die Richtungen, welche die Reiter und Wagenlenker mit ihren Rennern und Wagen nehmen: so werden wir finden, daß noch alle in der schönsten Ordnung auf ihren Bahnen forttraben und fortrollen, und zwar alle, ohne Ausnahme, rechtläufig = von Abend gegen Morgen; wir werden finden, daß jeder Imaginar-Planet an seinem richtigen Orte am Himmel erscheint. Diesen Ort eines Planeten von der Sonne aus gesehen, nennt man in der Astronomie seinen heliocentrischen Ort, nämlich von Helios die Sonne und Centrum der Mittelpunkt, also eigentlich der Ort vom Mittelpunkte der Sonne gesehen, während derselbe Ort, von der Erde aus gesehen, sein geocentrischer Ort heißt, von gä (γῆ) die Erde, also der Ort des Planeten, wie er uns von der Erde aus erscheint. —

Steigen wir nun von unserm Sonnenglobus herab und setzen uns in den Wagen, der unsere in ihrer Bahn fortrollende Erde vorstellen soll, um einmal von da aus das Rennen und Fahren der Reiter und Wagen-

lenker mit anzusehen! — Welche sonderbare Erscheinungen gewahren wir nun, da wir auf unserer Erdbahn selbst mit dahinfliegen?! — Bald kommt es uns vor, als wenn unser Wagen stillstände und die Sonne fortlief; dort sehen wir das Viergespann des Jupiter gerade auf uns loskommen, als seien die Pferde hinter den Wagen gespannt, als seien sie Willens, die Bahn einmal rückwärts zu durchlaufen; dort bemerken wir beim Siebengespann des Saturn, wie es sich festgefahren hat und nicht von der Stelle kann; dort treffen wir auf den Mars, der noch auf der ihm angewiesenen Bahn mit uns vorwärts fährt. Vom Jupiter müssen wir also in der Sprache der Astronomen sagen: er ist rückläufig; vom Saturn: er ist stillstehend oder stationär; vom Mars: er ist rechtläufig. —

Laufen aber wirklich in der Natur die Planeten bald vor — und rückwärts, — und ruhen sie wirklich auf ihrer Laufbahn bisweilen aus und stehen still? — Ganz gewiß nicht; es ist lauter optische Täuschung; denn schwingen wir uns in Gedanken auf die wirkliche Sonne, so werden wir inne werden, daß die Planeten alle rechtläufig, alle von Abend gegen Morgen am Himmel dahin ziehn. Die sonderbare Erscheinung ihres Vor- und Rückgangs und ihres Stillstandes rührt also lediglich daher, weil unsere Erde auch mit fortgeht und wir als Himmelsbeobachter mit ihr fortfliegen, so daß uns demnach dieselben Erscheinungen begegnen müssen, wie wir sie in unserm Imaginar-Sonnensysteme erblickten. Wir haben nämlich vorhin gesehen, daß die Planeten bald eine kürzere, bald eine längere Umlaufszeit um die Sonne haben. Während wir Einen Umlauf von 360° um sie vollenden, hat Merkur seine 360° fast 4 mal durchlaufen; Venus beinahe 2 mal; Mars hingegen hat erst 189° zurückgelegt; Jupiter 30°; Saturn 13° und Uranus gar nur etwas über 4°. Es liegt also auf der Hand, daß die Rückläufe

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

und Stillstände der Planeten nicht wirklich, sondern nur scheinbar sein können und sein müssen.

III. Die auffallenden Veränderungen an Sonne und Mond oder die Finsternisse.

Schon dem flüchtigen Beobachter des Himmels kann es nicht entgehen, daß Sonne und Mond, die beiden größten Gestirne, welche wir am Firmamente gewahren, dann und wann auch beim heitersten Himmel ihr Antlitz verhüllen oder verfinstert werden.

Bekanntlich rückt der Mond, der von scheinbar gleicher Größe wie die Sonne ist, am schnellsten unter den uns sichtbaren Sternen fort, ungefähr täglich $10^1/_6{}^0$, und kommt nach 27 — 28 Tagen um den Himmel ganz herum und zwar wieder zu denselben Fixsternen, von wo aus man seinen Lauf beobachtet hat; es ist dies sein siderischer oder periodischer Umlauf oder sein Monat zu 27 Tagen, 7 St. 43 Min. 11 Sec. Seine Laufbahn geht, wie bekannt ist, um die Erde und er schneidet die Ekliptik in zwei entgegengesetzten Punkten, welche man die Knoten, sowie die Linie, durch beide Punkte gedacht, die Knotenlinie nennt. Der Punkt in der Ekliptik, wo er beim Durchschneiden desselben aufwärts steigt, heißt der aufsteigende Knoten ☊ und, wo er niederwärts steigt, der niedersteigende ☋. Nördlich und südlich entfernt er sich $5^0\ 8'\ 47''$ von der Ekliptik, also eben so groß ist die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik.

Denken wir uns nun einen Kreis, in dessen Mittelpunkte die Sonne S und auf dessen Peripherie die Erde E mit dem sie umkreisenden Mond M sich befindet: so steht, wenn S M E eine gerade Linie bildet, der Mond mit der Sonne in Conjunction und kehrt der Erde seine unerleuchtete Seite zu; es ist Neumond. Entfernt er sich aber nach Osten hin 90^0 von

der Sonne, also $S^{M}E$: so tritt er in die erste Quadratur; es ist erstes Viertel. Tritt er mit der Sonne in Opposition, also SEM, so ist Vollmond; hierauf letztes Viertel, wenn er in die zweite Quadratur kommt, also $E_{M}S$.

Fände keine Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik statt, — bewegte sich der Mond stets in derselben Ebene, in welcher sich die Erde um die Sonne bewegt: so würde jedesmal, so oft der Mond mit der Sonne in Conjunction oder in Opposition käme, sich eine Finsterniß ereignen, entweder beim Neumonde eine Sonnen- (eigentlich Erd-) Finsterniß und beim Vollmonde eine Mondfinsterniß. Da dies aber nicht der Fall ist, sondern die Mondbahn gegen die Erdbahn, zufolge ihrer Neigung, schräge steht: so ist leicht einzusehen, daß der Neumond seinen Schattenkegel über den Süd- und Nordpol der Erde hinauswerfen, oder unter demselben hinwegrücken kann, so daß weder eine Sonnen- noch Mondfinsterniß entsteht. Eine solche Finsterniß tritt also nur dann ein, wenn der Neu- oder Vollmond in einen der Knotenpunkte der Bahn tritt oder sich doch nahe dabei befindet. Sie wird total sein, wenn der scheinbare Durchmesser des Mondes zu dieser Zeit gerade größer ist, wie der der Sonne, und partial, wenn er kleiner ist. Eine Sonnenfinsterniß kann central (ringförmig) sein, nicht aber eine Mondfinsterniß, weil der Durchmesser des Erdschattens an der Stelle, wo der Mond sich befindet, immer größer ist, als der Monddurchmesser. —

Die Größe einer Finsterniß bestimmt man gewöhnlich dadurch, daß man den Durchmesser der Sonne oder des Mondes in 12 gleiche Theile, die man Zolle nennt, eintheilt, jeden dieser Zolle in 60 Minuten, und in solchen Theilen die Breite des verfinsterten Theiles der Sonne oder des Mondes angibt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Nach Verlauf von 223 Mondmonaten kehren alle Sonnen- und Mondfinsternisse nahe in derselben Ordnung und Größe zurück. Ein Mondsmonat oder synodischer Monat ist nämlich die Umlaufszeit des Mondes um die Erde von einem Neumonde bis zum andern, und dauert 29 Tage 12 Stunden 44 Minuten und $2\frac{41}{50}$ Secunden. Diese Periode, welche man die chaldäische nennt, beträgt 18 julianische Jahre (à $365\frac{1}{4}$ Tagen) und ungefähr $10\frac{3}{4}$ Tage oder 6585 Tage 7 St. 42 Min. $28\frac{43}{50}$ Secunden. Man kann also, wenn man zu dem Jahre und Tage einer beobachteten Finsterniß 18 Jahre und 11 Tage *) addirt,

*) Eigentlich 18 Jahre 10 Tage und 8 Stunden. — Addirt man z. B. zu der Sonnenfinsterniß vom 4. März 1840, also zu

1839 J. 63 Tage
18 J. 11 Tage

1857 J. 74 Tage, so ist dieß der (74—31 [Januar] = 43—28 [Febr.] =) 15. März 1858.

Dieser den Chaldäern bekannten Berechnungsmethode soll sich schon Thales (aus Milet in Jonien, geb. ungefähr 640 vor Chr.) bedient haben, indem er den beiden im Kriege begriffenen Königen, Kyaxares von Babylonien und Allyates von Lydien, vorausverkündigte, daß, wenn sie keinen Frieden machten, wie es die Götter wünschten, den 30. Sept. 609 sich der Tag in Nacht verwandeln würde. Letzteres geschah natürlich auch und erregte unter den am Flusse Halys kämpfenden Heeren eine solche Furcht, daß sie ihre Waffen wegwarfen und ihre Feldherrn zwangen, Frieden zu schließen. — Auch Columbus bediente sich einer ähnlichen List und benutzte eine von ihm vorausberechnete Mondfinsterniß, um die leichtgläubigen Indianer mit dem Zorne der Götter zu bedrohen, wenn sie ihre Feindseligkeiten nicht einstellten. Zum Zeichen, daß dies wahr sei, werde der Mond vom Himmel verschwinden. Und siehe da, als die Finsterniß wirklich eintrat, gerieth Alles in Schrecken. Man brachte, was er verlangte, und bat ihn knieend, den Zorn der Götter zu besänftigen. —

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

bestimmen, zu welcher Zeit ungefähr (ganz genau kann's nicht zutreffen) eine gleiche Finsterniß sich ereignen wird. — Im Vorübergehn ist noch zu bemerken, daß vom siderischen und synodischen Monat der Sonnenmonat und der gemeine oder bürgerliche Monat wohl zu unterscheiden ist. Ersterer ist der zwölfte Theil eines Sonnenjahrs, also 30 T. 10 St. 29′ 4″; letzterer, mit Ausnahme des Februars, 30 bis 31 Tage.

Die im Laufe des gegenwärtigen Jahrhunderts noch stattfindenden Finsternisse sind:

A. bei der Sonne (Sonnenfinsternisse).

1845 den 6. Mai Morgens; sie ist nur klein, da ihre größte Verfinsterung nur $5,_2$ Zoll mißt.
1847 den 9. October; sie ist ringförmig und $11,_5$ Zoll.
1851 den 28. Juli; sie ist total im südlichen Schweden, im nördlichen Preußen (Königsberg), im mittlern Rußland (Moskau, Kasan) u. s. w.
1858 den 15. März; sie ist central und total in Spanien, Wien u. s. w., wie die vom 4. März 1840.
1860 den 18. Juli Abends, total in Spanien.
1861 den 31. December gegen Abend, bei uns partial.
1863 den 17. Mai gegen Abend, bei uns partial.
1865 den 19. October; ringförmig.
1866 den 8. October; gering.
1867 den 6. März Morgens; ringförmig im südlichen Italien.
1868 den 23. Februar Abends; unbedeutend.
1870 den 22. December total im südlichen Spanien, Sicilien u. s. w.
1873 den 26. Mai partial.
1874 den 10. October Mittags; partial.
1879 den 19. Juli; partial.
1880 den 31. December; unbedeutend.
1882 den 17. Mai;

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

1887 den 19. August; total und central.
1890 den 17. Juni; klein.
1896 den 9. August; partial.

B. bei dem Monde (Mondfinsternisse).

1844 den 31. Mai und den 25. November; total.
1848 den 19. März; total.
1870 den 17. Januar und 12. Juli.
1880 den 16. December.
1884 den 4. October; total.
1888 den 28. Januar; total.
1891 den 23. Mai und 16. November.
1892 den 4. November.
1898 den 27. December.
1899 den 17. December.

15.

Wahre Gestalt und Beschaffenheit der Planetenbahnen.

Copernikus, der Entdecker der wahren Sonnenweltordnung, stellte in seinem berühmten Werke (**de revolutionibus orbium coelestium 1543**), worin er seine Entdeckungen bekannt machte, noch die Behauptung auf, daß die Planeten in Kreisen um die Sonne als um ihren gemeinschaftlichen Mittelpunkt laufen; allein dem ist nicht so. Kein einziger Himmelskörper kann in einem reinen Kreise laufen, und zwar aus Gründen, die sich hier nicht auf eine anschauliche und begreifliche Weise darthun lassen, — sondern jede Planetenbahn weicht, was über allen Zweifel erhoben ist, mehr oder weniger vom Kreise ab. Daß dies wirklich so sei, entdeckte zuerst Kepler, indem er von seinem Lehrmeister Tycho de Brahe die in großer Anzahl von demselben angestellten Beobachtungen des Planeten Mars erhielt, welche ihm zur nähern Bestimmung der Planetenbahnen die trefflichsten Dienste leisteten. An-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

fangs glaubte Kepler, daß die Bahn des Mars eine Art von Ovallinie*) (Eilinie) sei; allein diese Annahme mußte verworfen werden, weil die darauf gegründeten Berechnungen nicht zutrafen. Nach vielen vergeblichen, oft höchst mühsamen Versuchen verfiel er endlich auf die Ellipse, und stellte das Gesetz auf, das nach ihm noch immer das kepler'sche Gesetz heißt: „Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkte sich die Sonne befindet."

Eine Ellipse aber ist eine geometrische Figur, die zu den sogenannten Kegelschnitten gehört, welche in der Mathematik eine so große Rolle spielen. — Ein Kegel heißt bekanntlich derjenige Körper, welcher zur Grundfläche eine Kreisebene hat und mit derselben spitzig zuläuft. So ist z. B. eine gelbe Rübe oder Möhre (**daucus sativus Linn.**) wie ein Kegel gestaltet. Schneidet man nun einen solchen Kegel ringsum mit der Grundfläche parallel durch, so ist die Durchschnittsfläche der Grundfläche ähnlich und bildet einen Kreis. Geschieht aber der Schnitt schief oder schräge durch den Kegel, so entsteht eine länglich-runde Fläche, welche man eine Ellipse nennt. Die Ellipse ist also eine krumme, in sich zurückgehende Linie von länglicher (ovaler) Form, jedoch, wie der Geometer weiß, von dem Ovale oder der Eilinie wesentlich verschieden. Kreis und Ellipse sind nahe mit einander verwandt und man kann den Flächengehalt letzterer leicht finden, wenn man die Längen der beiden halben Achsen miteinander und dann mit π multiplicirt; z. B. die halbe große Achse einer Ellipse sei $= 9$ Zoll, die halbe kleine $= 4$ Zoll, so ist der Flächengehalt $= 4 \times 9 = 36 \times 3,_{14159} = 96,_{13} \ldots \square$ Zoll.

*) In seiner Astronomia nova etc. heißt es S. 213: cujusmodi figuram itineris *ovalem* appellitant.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Indessen mit Hülfe des Zirkels läßt sich keine wahre Ellipse beschreiben, sondern es ist nnr auf mechanische Weise möglich. Man kann eine solche sich leicht zeichnen, wenn man auf eine Fläche (ungefähr ein glattgehobeltes Brettchen) ein Blatt Papier legt und vom Mittelpunkte des Blattes aus in beliebiger Entfernung 2 Stifte schlägt und diese Stifte mit einem an beiden Enden zusammengebundenen Faden umgibt, der ungefähr 2½ bis 3 mal so lang ist, als der Raum zwischen beiden Stiften. Führt man nun eine Bleifeder innerhalb dieses Fadenkreises so herum, daß der Faden beständig zum Dreiecke ausgespannt ist, so erhält man die Figur einer Ellipse. Die beiden Punkte, worin die Stifte stehen, heißen die Brennpunkte (Foci) und die Summe der Entfernungen eines jeden Punktes in der krummen Umfangslinie von beiden Brennpunkten hat immer dieselbe Größe oder ist gleich der großen Achse. So nennt man nämlich eine durch die Brennpunkte gezogene und dadurch die Ellipse in 2 gleiche Theile theilende Linie, während eine Linie, mitten durchs breite Theil der Ellipse gezogen, die kleine Achse heißt. Beide Achsen oder beide Durchmesser schneiden sich im Mittelpunkte der Ellipse rechtwinklich. Die gleichgroße Entfernung der beiden Brennpunkte vom Mittelpunkte nennt man die Brennweite oder Excentricität (Kreisabweichung). Je weiter also ein Brennpunkt vom Mittelpunkte einer Ellipse entfernt liegt, um desto excentrischer ist dieselbe.

Jeder Planet beschreibet nun, wie schon bemerkt, eine Ellipse um seinen Centralkörper und letzterer befindet sich jedesmal in einem der beiden Brennpunkte. So verhält sich's mit den Bahnen der Hauptplaneten, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht, und ebenso mit den Bahnen der Nebenplaneten, indem auch die Monde um ihre Centralkörper Ellipsen beschreiben. Daher kommt es nun, daß, weil die Planetenbahnen

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Ellipsen sind und die Sonne sich nicht in deren Mitte, sondern in einem der beiden Brennpunkte befindet, man von einer Sonnennähe (Perihelium) oder Sonnenferne (Aphelium) der Planeten spricht.

Daher kommt aber auch der ungleiche Lauf der Planeten in ihren Bahnen, der bald langsam, bald schnell ist, je nachdem ein Planet sich im Perihel oder Aphel befindet; und daher kommt es auch, daß z. B. der Gang unserer Uhren nie ganz mit dem Erdenlaufe oder scheinbaren Sonnenlaufe übereinstimmt und übereinstimmen kann. Wir werden dies im §., wo von der Zeitgleichung gehandelt wird, näher ersehen, so wie auch in dem §, wo von der Parallaxe die Rede ist, die genauen Berechnungen der Entfernung der Sonne von unserer Erde u. s. w. kennen lernen. Hier wollen wir nur noch tabellarisch angeben; 1) die Excentricität aller Planetenbahnen, insofern sie uns bekannt ist, d. h. die Entfernung des Mittelpunkts einer solchen Bahn (Ellipse) von einem ihrer beiden Brennpunkte, wodurch sich das Verhältniß der großen Achse zur kleinen herausstellt; z. B. die Excentricität einer Planetenbahn sei $= \frac{1}{4}$, so heißt das: die große Achse ist um $\frac{1}{4}$ größer als die kleine; diese ist also nur $\frac{3}{4}$, während die große $\frac{4}{4}$ ist, — oder die kleine verhält sich zur großen, wie 3 : 4. —

2) Das Perihelium, Aphelium und die mittlere Entfernung der Planeten von der Sonne.

Wir haben die letztere, nämlich die mittlere Entfernung, schon in unserm Imaginarmodelle angegeben; allein nur nach dem kosmischen Gesetze. Hier folgen nun vorläufig die drei verschiedenen Entfernungen, — die größte, mittlere, kleinste und zwar mit der möglichsten Genauigkeit, indem sie nach der neuesten Bestimmung der Sonnenparallaxe mit zu Grundelegung des dritten kepler'schen Gesetzes berechnet worden sind, was Alles weiter unten §. 27 erklärt werden wird.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Die größte Entfernung (Aphel) und die kleinste Entfernung (Perihel) zusammen addirt und das Product halbirt, gibt die mittlere Entfernung.

Planeten.	Excentricität.	Wahrscheinlichste Entfernung der Planeten von der Sonne.		
		größte	mittlere	kleinste
☿	$\frac{1}{5}$	9,654,000	8,007,500	6,361,000
♀	$\frac{1}{148}$	15,065,000	14,963,200	14,861,400
♂	$\frac{1}{60}$	21,034,901	20,686,600	20,338,299
☾	$\frac{2}{21}$	34,459,000	31,519,900	28,580,800
⚳	$\frac{1}{11}$	53,177,000	48,854,900	44,532,800
⚴	$\frac{11}{43}$	69,370,000	55,222,000	41,074,000
⚵	$\frac{1}{12}$	61,676,000	57,320,700	52,965,400
⚶	$\frac{7}{29}$	71,236,000	57,356,200	43,476,400
♃	$\frac{1}{21}$	112,817,000	107,627,400	102,437,800
♄	$\frac{1}{18}$	207,016,000	197,026,300	186,936,600
♅	$\frac{1}{21}$	415,314,000	396,818,400	378,322,800

16.
Die Zeitgleichung.

Eine Folge der elliptischen Bewegung der Planeten ist, daß eben diese Bewegung um ihren Centralkörper nicht gleichförmig, sondern ungleichförmig und daß dies auch bei der Bewegung der Erde der Fall ist. Die Zeiten von einem Mittage bis zum nächstfolgenden können also nicht unter sich gleich sein, indem die Sonne, — eigentlich die Erde — in ihrer Bahn bald schneller, bald langsamer fortgeht, und man daher nicht ohne Grund sagen kann: „die Uhren gehen wohl richtig, aber die Sonne nicht.“ Dieses schnellere oder langsamere Gehn rührt aber eben von der bald größern, bald klei-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

nern Entfernung der Erde von der Sonne her oder von der Attractionskraft derselben, wie wir weiter unten sehen werden. Gemeiniglich pflegt man zu sagen, daß die Sonne gehe oder laufe und dieß ist für uns auch scheinbar der Fall, obgleich es in der Wirklichkeit falsch ist. Wir behalten indessen hier den Sprachgebrauch bei und reden auch vom Sonnenlauf.

Durch sorgfältige Vergleichung einer Reihe von Beobachtungen hat man gefunden, daß die Sonne, wenn sie in den 280° oder in den 10° des Zeichens *) im Steinbock (Ende Decembers) an Einem Tage 1° 1′ 10″,3 durchläuft, also um diese Zeit sich am schnellsten bewegt und sich im Perigäum (Erdnähe) befindet. Ihr Durchmesser erscheint daher, mit dem Mikrometer oder Heliometer gemessen, am größten. Von der Erdnähe an nimmt die Winkelgeschwindigkeit ab, — bis sie zu dem ihr gegenüber liegenden Punkt ihrer Bahn, zum 100° oder zum 10° des Zeichens im Krebs, kommt, wo ihr Apogäum oder ihre Erdferne ist und wo sie an Einem Tage nur 57′ 11″,4 in ihrer Bahn zurücklegt, also ihr scheinbarer Durchmesser auch kleiner sein muß und nur 31′ 30″,93 mißt. Von der Erdferne an nehmen die Winkelgeschwindigkeit und der Durchmesser der Sonne wieder so zu, wie sie vorher abgenommen hatten. — An und für sich würde also der Sonnenlauf uns kein sicheres Mittel behufs der Zeiteintheilung an die Hand geben, weshalb auch die Astronomen bei ihren Zeitbestimmungen sich nicht nach Sonnenzeit, sondern nach Sternzeit richten, die wir nachher kennen lernen werden. Da jedoch im bürgerlichen Leben die Zeiteintheilung nicht nach Sternzeit, sondern nur nach Sonnenzeit gemacht wird: so dachte man auf ein Mittel, die ungleichmäßige und unrichtige

*) Zeichen und Sternbilder sind, wie wir unten sehen werden, verschieden.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Zeitbestimmung, welche uns der Sonnenlauf gibt, in eine gleichmäßige und richtige zu verwandeln. Man nimmt nämlich noch eine imaginäre oder eingebildete Sonne am Himmel an, die sich nicht in einer Ellipse, sondern in einem Kreise bewegt. Beide Sonnen vollenden ihren Lauf jährlich in einer und derselben Zeit; hingegen die Stücke ihrer Bahn, welche sie täglich durchlaufen, sind in Ansehung der Zeit ungleich. Bald ist die wahre Sonne in ihrer Bahn hinter der eingebildeten zurück, bald ist sie ihr voraus, — und man muß daher, wenn man die tägliche Zeit, durch welche beide ihre Bahnstücke durchlaufen, vergleicht, um eine gleichmäßige Zeit, wie sie die Chronometer oder Uhren angeben, zu erhalten, — der Zeit, welche die wahre Sonne angibt, entweder ein gewisses Zeitmaß zusetzen oder von ihr abnehmen.

Die Zeit nun, welche wir bei Beobachtung des Laufs der wahren Sonne vermittelst Sonnenuhren, Sonnenlinien, Sextanten u. s. w., angegeben erhalten, nennt man die wahre Zeit; hingegen die Zeit, welche uns die eingebildete Sonne durch unsere Uhren und künstliche Zeitmesser angibt, die mittlere. Beide Zeiten treffen viermal im Jahre zusammen oder sind einander gleich, nämlich am 15. April, am 15. Juni, am 1. September und am 25. December.

Wenn wir Winter haben, ist uns die Sonne am nächsten. Vom 25. December an geht sie nämlich von Tag zu Tag schneller, so daß ich bis zum 11. Februar täglich nach und nach 10 Secunden bis 14 Minuten 39 Sec. hinzufügen muß, um mittlere Zeit zu erhalten. Vom 12. Februar an nimmt die Schnelligkeit nach und nach ab bis zum 15. April, wo beide Sonnen in ihrem Laufe gleich sind, also auch die wahre und mittlere Zeit zusammenfällt. Von jetzt an wird es immer später Mittag und ich muß daher nach und nach bis zum 15. Mai 1 Secunde bis 3 Minuten

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

59 Secunden von der wahren Zeit zurechnen, um mittlere zu bekommen; vom 15. Mai an wird wieder abgerechnet bis zum 15. Juni, wo beide Zeiten abermals gleich sind. Von hier an fängt die wahre Sonne wieder schneller zu gehen an, so daß es wieder früher Mittag wird, — und es muß daher zur wahren Zeit 1 Secunde bis 6 Minuten nach und nach hinzugesetzt werden bis zum 26. Juli, von wo an sie wieder langsamer geht bis zum 1. September, da beide Zeiten abermals gleich sind. Jetzt geht die wahre Sonne, weil sie ihrem Perigäum zueilt, wieder schneller bis zum 26. October, so daß 1 Secunde bis 16 Minuten 56 Secunden hinzuzufügen sind, die nach und nach wieder abgebrochen werden bis zum 25. December, wo beide Zeiten wieder gleich sind.

Folgende Zeitgleichungstabelle wird die Sache deutlicher machen und besser veranschaulichen. In derselben sind in jedem Monate von 7 zu 7 Tagen die Zeitmaße angegeben und zwar durch ein Pluszeichen (+), wenn ich sie der wahren Zeit hinzuzufügen, und durch ein Minuszeichen (—), wenn ich sie der wahren Zeit abbrechen muß. Im ersten Falle wird natürlich der große Weiser oder Zeiger der Uhr vorwärts, im letzten Falle rückwärts gestellt, wenn ich mittlere Zeit bekommen will. —

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

	Wochentage				
	1	8	15	22	29
Jan.	+ 4′ 20″	+ 7′ 24″	+ 10′ 5″	+ 12′ 10″	+ 13′ 35″
Febr.	+14′ 6″	+14′ 34″	+ 14′ 26″	+ 13′ 42″	+ 12′ 37″
März	+12′ 30″	+1 ′52″	+ 8′ 57″	+ 6′ 49″	+ 4′ 40″
April	+ 3′ 56″	+ 1′ 49″	± 0. —	— 1′ 42″	— 2′ 52″
Mai	— 3′ 9″	— 3′ 45″	— 3′ 59″	— 3′ 38″	— 2′ 49″
Juni	— 2′ 28″	— 1′ 19″	± 0. —	+ 1′ 32″	— 3′ 1″
Juli	+ 3′ 24″	+ 4′ 35″	+ 3′ 59″	+ 2′ 23″	+ 0′ 30″
Sept.	± 0. —	— 2′ 40″	— 5′ 5″	— 7′ 32″	— 9′ 50″
Oct.	—10′ 30″	—12′ 30″	— 14′ 14″	— 15′ 42″	— 16′ 32″
Nov.	—16′ 12″	—15′ 54″	— 14′ 14″	— 13′ 20″	— 11′ 5″
Dec.	—10′ 19″	— 7′ 51″	— 4′ 6″	— 0′ 38″	+ 2′ 45″

Will man nun nach dieser Zeitgleichungstafel mittlere Zeit suchen und seine Uhr darnach stellen, so muß man zuvörderst erst die wahre Zeit gefunden haben, um sie in mittlere Zeit verwandeln zu können. Wodurch aber läßt sich die wahre Zeit ermitteln? Theils durch Sonnenuhren, welche jedoch oft eine sehr mangelhafte Einrichtung haben; theils aber auch dadurch, daß man mit einem gemeinen Sextanten *) die Sonnenhöhen mißt und nach Sonnenhöhentafeln die wahre Zeit sucht; oder am einfachsten und kürzesten, daß man sich vor seinem Wohnstubenfenster oder doch in der Nähe seines Wohnhauses eine Mittagslinie zieht.

Letzteres kann man auf folgende Weise leicht bewerkstelligen. Man nehme ein glattgehobeltes Stückchen Brett und mache es dergestalt unbeweglich, daß es auf 4 in die Erde geschlagene Pfähle festgenagelt und vermittelst der Setzwage ganz wagerecht oder horizontal

*) Gemeiner Sextant, zum Unterschied vom Hadley'schen. Jener ist der sechste Theil eines Kreises und in 60° eingetheilt. Dazu gehören Sonnenhöhentafeln; bekannt sind die Müller'schen. —

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

gestellt wird. Auf die Ebene des Brettchens beschreibe man mit dem Zirkel 2 oder, um recht genau zu gehn, wohl gar 3 Kreise und in den Mittelpunkt derselben stelle man einen Stift, jedoch loth- oder senkrecht. Ungefähr Vormittags 9—10 Uhr gebe man Acht, wo sich das Ende des Schattens vom Stifte gerade in einem der Kreise endigt. Hier bemerkt man sich genau den Endpunkt mit einem Nadelstich. Eben so mache man es mit den beiden übrigen Kreisen, wenn der Endpunkt des Stiftes gleichfalls in dieselben getreten ist. Auf gleiche Weise verfährt man nun Nachmittags von 2 — 3 Uhr. Hierauf verbinde man die beiden Vor- und Nachmittags im Kreise bezeichneten Punkte mit einer Linie; ebenso der Genauigkeit halber im zweiten und dritten Kreise. Dann halbire man diese Linien mit dem Zirkel und ziehe durch die markirten Hälften eine Linie aus dem Mittelpunkte des Kreises, so groß und lang das Brettchen ist, — diese Linie ist die verlangte Mittagslinie. Als Probe, ob man richtig beobachtet habe, gilt die Wahrnehmung, daß die aus dem Mittelpunkt des Kreises gezogene Linie wirklich durch die Punkte der halbirten Linie geht. Weicht jene Linie nur im geringsten ab, so hat man falsch beobachtet und man muß wieder von vorne anfangen.

Ist nun die gewünschte Linie nach der so eben beschriebenen Operation gefunden, so kann sie überall angebracht werden, wo ein Gegenstand zur Mittagszeit einen Schatten wirft. Z. B. wenn ein schlanker Baum nicht weit von meinem Fenster steht, so darf ich nur, wenn der Schatten des Stifts auf meinem Brettchen Mittag zeigt, die Stelle bezeichnen, wohin der Schatten des Baums fällt, und dann an die bezeichnete Stelle einen Stein, Pfahl ꝛc. eingraben, um sofort jedesmal beim Sonnenschein zu wissen, wann es wahrer Mittag ist. Will ich nun z. B. meine Uhr am 8. Februar stellen, so werde ich nach obiger Zeitgleichungstabelle

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

den großen Zeiger augenblicklich 14 Minuten 34 Secunden vorwärts rücken müssen, während ich denselben am 1. November — 16 Min. 12 Sec. zurückstellen muß, und es also im letztern Falle erst 11 Uhr 43 Min. 48 Sec. mittlere Zeit ist, obgleich die Mittagslinie schon 12 Uhr wahre Mittagszeit weist. —

Von der Sonnenzeit ist aber, wie schon bemerkt wurde, die Sternenzeit verschieden, die wegen ihrer Gleichförmigkeit durchaus unveränderlich und deshalb für astronomische Beobachtungen ganz geeignet ist. Wünschenswerth wäre eine solche gleichförmige Zeit auch für das bürgerliche Leben; allein sie ist uneinführbar, weil man eben die Sterne nicht bei Tage mit bloßen Augen sehen kann.

So oft sich nämlich die Erde um ihre Axe dreht, vollendet sie einen Sterntag, d. h. sie braucht soviel Zeit zu ihrer Rotation, als ein Fixstern nöthig hat, um wieder in seinem Meridian zu erscheinen oder seinen scheinbar höchsten Höhepunkt am Himmel einzunehmen oder zu culminiren. Da jedoch aber die Erde in derselben Zeit auch in ihrer Bahn fortrückt, so muß sie sich noch soviel um ihre Achse drehen, als erforderlich ist, bis auch die Sonne in den nämlichen Meridian kommt. Es geht also daraus hervor, daß ein Sterntag kürzer sein muß, als ein Sonnentag, zu dessen Vollendung die Erde einen vollen Sterntag, und wie man genau beobachtet hat, noch 3 Minuten 55 $\frac{907}{1000}$ Secunden oder fast 3 Minuten 56 Sec. Sternzeit nöthig hat. Nimmt man nun den mittlern Sonnentag zu 24 Stunden an, so ergibt sich, daß ein Sterntag nur 23 St. 56′ 4″ mittlere Sonnenzeit, dagegen ein mittlerer Sonnentag 24 St. 3′ 56″ Sternzeit lang ist, wenn man auch den Sterntag in 24 Theile oder Stunden eintheilt. Hieraus folgt, daß der Anfang eines Sterntags das ganze Jahr hindurch nach und nach in andere Tages- und Nachtstunden unserer gewöhnlichen

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Zeitrechnung fallen muß. Der Anfang eines Sternjahres beginnt in der Frühlingsnachtgleiche, wo der Frühlingspunkt im Mittage durch den Meridian geht, was am 21. März geschieht, wo alsdann die Sternzeit der wahren Zeit gleich ist und wo auf der ganzen Erde Tag und Nacht von gleicher Länge sind. Wollen wir daher die Sternzeit mit der mittlern Sonnenzeit vergleichen, so haben wir nur vom Frühlingsnachtgleichepunkt oder vom Frühlingsäquinoctium an, jedem mittlern Mittage 3 Min. 56 Sec. hinzuzusetzen. Da es für manchen Leser nicht ohne Interesse sein wird, das Verhältniß zwischen beiden in Rede stehenden Zeiten genauer kennen zu lernen: so soll in folgender Tabelle von 7 zu 7 Tagen die Sternzeit angegeben werden, wann wir nach der mittlern Sonnenzeit Mittag haben. Zu bemerken ist noch, daß nach Sternzeit oder nach den für Sternzeit eingerichteten Uhren man nicht, wie im gewöhnlichen Leben von 1 — 12, sondern von 1 — 24 Uhr zählt; ferner, daß die folgende Tabelle für ein Schaltjahr berechnet ist, weshalb man für ein gemeines Jahr die beiden ersten Monate Januar und Februar um 1 Minute vermindern, hingegen die übrigen Monate um 1 Minute vermehren muß, indem der eingeschaltete Tag auch fast 3 Min. 56 Sec. oder 4 Min. ausmacht, was berücksichtigt werden muß. — Die erste Rubrik bezeichnet: Uhr (hora = h.), die zweite Minuten.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

	1		8		15		22		29	
	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr	Min.	Uhr.	Min.
Januar . . .	18	40	19	8	19	36	20	4	20	32
Februar . .	20	43	21	11	21	38	22	6	22	33
März . . .	22	37	23	5	23	33	0	1	0	28
April . . .	0	40	1	7	1	35	2	2	2	30
Mai	2	38	3	5	3	33	4	1	4	28
Juni	4	40	5	7	5	35	6	3	6	30
Juli	6	38	7	6	7	33	8	1	8	29
August . . .	8	41	9	8	9	36	10	3	10	31
September .	10	43	11	10	11	38	12	6	12	33
October . .	12	41	13	9	13	36	14	4	14	31
November .	14	43	15	11	15	38	16	6	16	34
December .	16	42	17	9	17	37	18	4	18	32

Will ich nun z. B. für den mittlern Mittag des 18. Octobers die Sternzeit suchen, so rechne ich so: vom 15. bis 18. October sind 3 Tage; also muß ich 3 × 3 Min. 56″ nehmen = 11 Min. 48 Sec. Da 48 Sec. mehr als ½ Min. ist, so rechne ich die Min. für voll; wäre es weniger, als ½ Min., so ließ ich die übrigen Secunden ganz weg. Ich habe daher zu 13 Uhr 36 Min. (am 15. Oct.) noch 12 Minuten zu addiren; die mittlere Sternzeit am 18. October zu Mittag 12 Uhr ist demnach = 13 Uhr 48 Min. —

Schließlich ist noch zu bemerken, daß die Astronomen ihre Zeitbestimmungen oft in astronomischer mittlerer Zeit angeben, d. h. sie fangen vom Mittag an zuzuzählen bis zum folgenden Mittag, 1—24. Z. B. der 6. Mai astronomisch-mittlerer Zeit ist = der 7. Mai 10 Uhr Vormittags bürgerlich-mittlerer Zeit. — Vergl. Zach's Allg. geogr. Ephem. III, 637.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

17.

Die Rotation oder Radbewegung der Planeten.

Daß die Planeten sich in ihren elliptischen Bahnen um die Sonne wälzen und jeder dadurch sein Jahr beschreibt und vollendet: das haben wir im 13. Paragraphen gesehen. Eine solche fortschreitende (progressive) Bewegung nennt man, wie bekannt ist, die Revolution. Auch hat man von diesem Hauptworte ein Zeitwort gebildet, — freilich etwas unclassisch — indem man z. B. zu sagen pflegt: „die Erde revolutionirt in 365 Tagen" u. s. w. Indessen außer der jährlichen Bewegung haben die Planeten auch noch eine tägliche, eine Bewegung um ihre eigne Achse, wie das Rad um die seinige, welche Bewegung man Rotation nennt und z. B. auch spricht: „die Erde rotirt in 24 Stunden."

Folgendes sind die Zeiten, binnen welchen sich die Planeten um ihre Achsen drehen:

Erste Gruppe.

1) Merkur in 24 Stunden und 5 Minuten.
2) Venus in etwa 24 Stunden.
3) Die Erde in 24 Stunden.
4) Mars in 24 St. 39 Min. 21 Sec.

Zweite Gruppe.

5) Die Planetoiden. Wegen ihrer Kleinheit hat man ihre Rotationen noch nicht bestimmen können.

Dritte Gruppe.

6) Jupiter in 9 St. 55′ 27″; nach Herschel, jun., 9 St. 55′ 48″,8.

7) Saturn in 10 St. 29′ 17″; der Ring in 10½ Stunden.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

8) Uranus. Seine Rotation ist erwiesen, aber nicht gemessen und höchst wahrscheinlich nahe 10 St.

Es ist merkwürdig, daß sowohl die Planeten der ersten Gruppe eine Rotation von nahe 24 St., als auch die der letztern eine von nahe 10 St. haben, sowie es merkwürdig ist, daß die Planeten der dritten, von der Sonne entferntern Gruppe eine fast 2½ mal schnellere Umdrehung um ihre Achse haben, als die der ersten, ihrem Centralkörper nähern Gruppe.

Jedoch woher weiß man, wird mancher fragen, daß die Planeten rotiren oder sich um ihre Achse drehen? — Vermittelst ausgezeichnet guter Fernröhre haben die Astronomen gewisse Merkmale, Unterscheidungsflecken wahrgenommen, z. B. glänzende Streifen auf dem Jupiter, die Hörner an den Phasen der Venus, die, wie wir schon bemerkten, eben solche veränderliche Lichtgestalten zeigt, wie unser Erdenmond, ferner die dunkeln Flecken auf dem Mars u. s. w. Durch die Fortbewegung solcher kenntlichen Zeichen mußte man natürtürlich auf die Vermuthung geführt werden, daß die Planeten rotirten, was auch bis jetzt über allen Zweifel erhoben ist. Es lag daher nun auch nahe, daß man allerlei Versuche machte, diese Achsenumdrehungen nach Erdenzeit zu messen und zu bestimmen, was gleichfalls, — einige ausgenommen — gelungen ist. Indessen ungleich schwieriger war es, nicht die Umdrehungszeit unserer Erde zu bestimmen, sondern vielmehr den Beweis zu liefern, daß sich dieselbe wirklich um ihre Achse drehe, was viele Menschen bezweifelt haben und noch bezweifeln. Davon im Folgenden! —

18.

Die Achsendrehung der Erde und das galileische Schiffsexperiment.

Der kenntnißlose Mensch, der nicht weiter denkt, als er sieht, und nicht weiter sieht, als er denkt, —

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

ruft, wenn er von einer Bewegung der Erde reden hört, gemeiniglich verwunderungsvoll und zweifelnd aus: „Wie ist es möglich, daß sich die Erde im Raume fortbewege oder sich wohl gar um ihre Achse drehe, — da man ja nicht das geringste Merkmal dieser Fortbewegung oder Umdrehung verspürt? — Müßten dann nicht die in der Luft freischwebenden Wolken in größter Schnelligkeit über uns dahin sausen, während sie doch gar häufig vollkommen still stehn? — Müßte dann nicht Sonne, Mond und Sterne gleichfalls im Nu über uns hinwegeilen? Wie ist es, während diese doch ganz langsam am Himmel fortrücken, nur denkbar und glaublich, daß wir z. B. bei der Umdrehung der Erde, der Behauptung der Astronomen zufolge, in Einer Minute fast 4 Meilen weit fortfliegen sollen, also 30 mal schneller, als ein Dampfwagen fährt? — Und wäre dieses schnelle Fortfliegen wirklich der Fall, müßte dann nicht eine Büchsenkugel, die ich senkrecht in die Höhe schieße, zum wenigsten einige hundert Schritte von mir niederfallen, wogegen alle Erfahrung spricht?! — Und wenn, wie man anzunehmen pflegt, daß sich die Erde von Westen nach Osten drehe, wenn nun ein Gewehr westwärts abgeschossen würde, müßte die Kugel nicht weiter fliegen, als die nach Osten hin geschossene? — Ferner würde man nach Norden oder Süden hin, parallel mit der angeblichen Erdachse, eine Scheibe hinstellen und darnach mit einer Standbüchse schießen, müßte nicht auch der beste Schütze wider Willen das Ziel verfehlen? — Ja müßten die Vögel, wenn sie nach Morgen hin fliegen, nicht in ihrem Fluge aufgehalten werden, und wenn sie nach Abend hin fliegen, viel schneller fortkommen?!" — Solche und ähnliche Einwürfe gegen die Rotation der Erde werden schon manche Leser oft gehört oder wohl auch selbst gemacht haben; allein sie sind, wie wir sogleich sehen werden, ohne alles Gewicht.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Um sie zu widerlegen, will ich hier das sogenannte Schiffsexperiment zum Besten geben, welches der schon mehr erwähnte Galilei denjenigen entgegen zu stellen pflegte, welche die Rotation der Erde in Zweifel zogen. — Er beschreibt es in einem seiner hinterlassenen Werke *) lateinisch und diese Beschreibung wird in unserer Sprache ungefähr so lauten:

„Verfüge Dich mit einem guten Freunde in das größte Zimmer eines segelfertigen Schiffes, und sorge dafür, daß Fliegen, Schmetterlinge und ähnliche fliegende Thiere gegenwärtig sind. Stelle auch ein großes mit Wasser gefülltes Gefäß auf, in welchem Fische schwimmen. Desgleichen hänge einen Eimer dergestalt auf, daß das aus ihm tröpfelnde Wasser in ein anderes darunter befindliches Gefäß mit engem Halse fällt. Wenn nun das Schiff still steht, so gib fleißig Achtung, wie die fliegenden Thierchen nach allen Theilen des Zimmers hin mit gleicher Geschwindigkeit fliegen, wie die Fische ohne Unterschied, wohin sie wollen, schwimmen, und wie die Wassertropfen alle in das untergestellte Gefäß fallen. Ferner bemerke, wie derjenige, welcher einem Freunde etwas zuwerfen will, nach der einen oder andern Seiten hin, eben nicht mehr Kraft anzuwenden braucht, wenn es nur in gleicher Ferne geschieht. Und springt man nun mit zusammengehaltenen Füßen auf und ab, so wird man nach allen Seiten hin gleichweit springen können. Ueberlegst Du dies Alles sorgfältig, so wird Dir kein Zweifel beigehn, daß Alles so und nicht anders geschehen kann, wenn das Schiff still steht.

Laß aber nun das Schiff mit der größtmöglichsten Schnelligkeit fortsegeln, und Du wirst finden, daß, wenn nur die Bewegung des Schiffs gleichmäßig ist,

---

*) Systema mundi; dial. II, p. 130.

und es nicht hin- und herschwankt, in allen genannten Dingen auch nicht der geringste Unterschied statt haben wird, so daß Du aus keinem einzigen dieser Dinge wirst schließen können, ob das Schiff sich fortbewege oder ob es still stehe; denn springst Du, so wirst Du auf dem Verdecke ebensoweit springen, als vorher, und wenn das Schiff noch so schnell geht, so werden Deine Sprünge nach dem Hintertheile des Schiffs eben nicht größer sein, als nach dem Vordertheile, obgleich das unter dir befindliche Verdeck nach der Deinem Sprunge entgegengesetzten Seite hinläuft. Und wenn Dein Freund nach dem Schiffsvordertheile hin, Du aber nach dem Hintertheile des Schiffs hin stehst: so wird er die Sache, welche der andere auffangen soll, nicht stärker werfen dürfen, als wenn ihr nun die Plätze wechselt. Die Tropfen werden, wie vorher, in das untergesetzte Gefäß fallen, so daß nicht ein einziger nach dem Schiffstheile hin verloren geht, während doch der Eimer frei in der Luft schwebt und das Schiff mehre Spannen weit fortgerückt ist. Die Fische werden in ihrem Wasser mit nicht größerer Mühe vor- und rückwärts schwimmen, sondern mit gleicher Behendigkeit kommen und ihre Speise holen, in welchen Theil des Kübels sie auch hingeworfen wird.

Endlich werden auch die Schmetterlinge und Fliegen ohne Unterschied überall herum fliegen, und es wird nie geschehen, daß sie nach der Wand mehr hinlenken, welche nach dem Schiffshintertheil zu steht, gleichsam als wären sie dadurch ermüdet, daß sie dem schnellen Lauf des Schiffs nachfolgten und sich lange in der Luft aufhielten. Ja sogar werden wir gewahren, wie der von einem angezündeten Weihrauchkorn aufsteigende Rauch wie ein Nebelwölkchen hängen bleibt und sich ohne Unterschied weder mehr nach der einen, noch mehr nach der andern Seite hin bewegt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Die Ursache der Gleichförmigkeit aller dieser Wirkungen aber ist, weil die Bewegung des Schiffs allen in ihm befindlichen Dingen und der Luft selbst gemeinsam ist. Natürlich rede ich hier von den Dingen, die das Schiffszimmer enthält; denn ständen wir auf demselben in freier, sich nicht nach dem Laufe des Schiffs richtender Luft, so würde sich in einigen der genannten Wirkungen ein bemerkbarer Unterschied herausstellen." Soweit Galilei! —

19.

Fernere Beweise für die Rotation der Erde.

Wie es sich mit dem galileischen Schiffe verhält, ebenso verhält sich's mit unserer Erde. Der ganze, sie umhüllende, 10 Meilen hohe Dunstkreis bewegt sich gleichmäßig mit ihr herum, so daß wir aus ihm kein Merkmal für die Umdrehung der Erde entnehmen können, weil die Wolken ebenso fest in der die Erde umgebenden Luft lagern, wie das Rauchwölkchen in der Zimmerluft des Schiffes, letzteres mag schnell oder langsam fahren. Eben so wenig Gewicht ist auf die obenerwähnten Schießproben zu legen, da die Kugel bei ihrem Austritte aus dem Flinten- oder Büchsenlaufe die Erdbewegung sogleich mit annimmt, sowie letztere — nämlich diese Erdbewegung — allen Dingen, — sei es auf der Erde oder in der Atmosphäre, — gemeinsam ist.

So unhaltbar aber die Einwürfe sind, die man sonst, — jetzt fällt es wohl keinem Nachdenkenden mehr ein, — gegen die Umdrehung der Erde vorbrachte: so unwiderlegbar sind die Gründe, welche für eine solche Rotation sprechen, von denen wir nur die schlagendsten hier anführen wollen.

1) Alle uns bekannten Planeten rotiren, wie tausendfältige Beobachtungen zeigen, ja sogar diejenigen, welche viel größer sind, als unsere Erde, z. B. Jupiter, aus dem man mehr, als 1300 Kugeln von der

Größe der Erde bilden könnte. Wie aber? — Warum sollte die Erde, die ebenfalls ein dunkler Körper, ein Planet ist, welcher, wie alle übrigen, Licht und Wärme der Sonne verdankt, — warum sollte sie eine Ausnahme machen?! —

2) Vergleichen wir die Erde mit der Sonne nach unserm Imaginarmodelle und bedenken wir, wie aus der Sonne fast $1\frac{1}{2}$ Millionen Kugeln von der Größe unserer Erdkugel geformt werden könnten: was ist wahrscheinlicher, naturgemäßer und einfacher, daß die große Kugel täglich einen weiten Umlauf um die kleine macht, oder daß sich die kleine um sich selbst drehet? — Bedenken wir ferner, daß die Sonne mehr als $20\frac{1}{2}$ Millionen Meilen von der Erde entfernt ist, mithin der Durchmesser ihrer scheinbaren Laufbahn 41 Mill. Meilen und der Umfang dieser Laufbahn (die Peripherie) über 128 Mill. Meil.; — bedenken wir, daß sie die 128 Mill. Meilen in 24 Stunden zurücklegen müßte, also in 1 St. wenigstens $5\frac{1}{3}$ Mill. Meilen, — in 1 Min. gegen 90,000 M.; — wer sollte sich nicht selbst gestehen: nein, es ist unmöglich, daß dies so sein kann; nicht die Sonne kann täglich um die Erde laufen, sondern die Erde muß sich um sich selbst, um ihre Achse drehen.

3) Angenommen, daß die Erde still stände und die Sonne sich um dieselbe täglich bewegte: so würde ein Gleiches auch bei den übrigen Sonnen, die wir als Firsterne am Himmelsgewölbe erblicken und die uns täglich auf- und untergehn, der Fall sein müssen; sie würden als Riesenbälle um den winzigen Zwergball der Erde alle Tage herumwandeln und wegen ihrer übergroßen Weiten in Wahrheit ungeheure Bahnen und zwar in 24 Stunden um die kleine Erde beschreiben. Nehmen wir beispielsweise die allerkleinste Bahn, die ein Firstern um unsere Erde laufen müßte, nur zu 12 Billionen Meilen an, so würde gedachter Firstern

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

in Einer Stunde eine Strecke von einer halben Billion Meilen zurücklegen müssen, mithin in Einer Secunde gegen 60 Mill., was eine Geschwindigkeit ausmachen würde, die 1500 mal größer, als die des Lichtes wäre, das bekanntlich in Einer Secunde fast achtmal die Reise um unsere ganze Erde machen kann.

4) Sollte die Erde stillstehen und sich wirklich der Himmel täglich um dieselbe drehen, nun so würden doch die Fixsterne ihre Lage oder Stellung gegen einander ändern, was nicht der Fall ist. Daß sie aber alle, — so ungleich ihre Bahnen wegen ihrer verschiedenen Weiten auch nothwendig sein müssen — ihren Umlauf in einerlei Zeit, alle binnen 24 St., vollenden und dabei ihre Richtungen so nehmen, als ob sie sich in der Oberfläche einer Kugel gemeinschaftlich bewegten: das ist eine Sache der Unmöglichkeit.

5) Als einen Einwurf gegen die Rotation der Erde stellt man auch Folgendes auf.

Soll sich die Erde wirklich von Abend nach Morgen um ihre Achse drehen, so müßte ein Stein oder eine schwere eiserne Kugel, den oder die man von einem hohen Thurme herabfallen läßt, weit vom Thurme nach Westen zu auf die Erde fallen, weil der Thurm während des Stein- oder Kugelfalles durch die Bewegung der Erde weiter gegen Osten vorgerückt sein muß. Da dies aber in der Wirklichkeit nicht statt fand, so schloß man daraus auf die Unbeweglichkeit der Erde.

Selbst die beiden geschickten Astronomen Riccioli und Tycho ließen sich zu diesem Fehlschlusse verleiten, indem ersterer auf dem Thurme degli Asinelli in Bologna 1641 Versuche angestellt hatte, die aber zu keinem sichern Resultate führten.

Die Experimente, welche man mit senkrecht in die Höhe geschossenen Kanonenkugeln anstellte, fielen mißlich aus und konnten gar nicht anders ausfallen, weil eine Kanonenkugel nicht in allen Punkten der Kanone gleich

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

fest anliegen kann und der Schuß immer ungewiß bleibt. Erst Newton griff 1679 die Sache wieder auf und behauptete, daß man allerdings mit kleinen und dichten Körpern, die aus einer beträchtlichen Höhe herabgeworfen würden, Versuche über die Umdrehung der Erde um ihre Achse machen könne; allein der Körper würde nicht, wie man sonst irrig angenommen habe, westlich abweichen, sondern östlich vom Lothpunkte auffallen, jedoch nur wenig, bei einer Höhe von 300 Fuß ungefähr ½ Zoll.

Der Sekretär Hooke, der diese Idee Newton's auffaßte, stellte nun Versuche an, die auch gelangen; allein sie gelangen minder vor einer von der Londoner Akademie ernannten Commission 1680 und führten zu keinem entscheidenden Resultate. 112 Jahre blieb die Sache ruhen, bis 1792 ein junger Geometer in Bologna, Namens Guglielmini, gleichfalls von dem Thurme degli Asinelli bei einer Fallhöhe von 240 Fuß Versuche machte, die jedoch zu nichts führten, da er ein fehlerhaftes Verfahren dabei angewandt hatte.

Endlich unternahm es Benzenberg 1802, auf dem Michaelisthurme zu Hamburg bei einer Fallhöhe von 235 Fuß und 1804 im Kohlenbergwerke zu Schlebusch in der Grafschaft Mark bei einer Fallhöhe von 260 Fuß nochmals Experimente anzustellen, und er fand beim ersten Falle richtig, wie Newton angegeben hatte, eine östliche Abweichung von 4 Linien und beim zweiten Falle eine von 5 Linien. Auch die neuesten Versuche, die Reich zu Freiberg 1831 im Dreibrüderschacht bei einer Fallhöhe von 488 Fuß anstellte, gaben eine östliche Abweichung von 12,9 Linien. Daß aber die Abweichung eines von beträchtlicher Höhe herabfallenden Körpers nicht nach Westen, sondern nach Osten hin geschehen muß, kommt daher, weil die Höhe, z. B. die Spitze eines Thurms, weiter von der Erdachse entfernt ist, als der Fuß des Thurms. Es ist also auf

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

der Spitze des Thurms der Schwung größer, als am Fuße. Diesen Schwung behält der fallende Körper während seinem Falle bei, und da er in der Höhe einen größern Weg nach Osten zu durchlaufen hat, als am Fuß des Thurms: so muß er nothwendig ostwärts vom Thurme aufschlagen. —

So wurde also ein Einwand, den die Alten, wie wir sahen, gegen die Achsendrehung der Erde machten, gerade ein Grund mehr, der für diese Umdrehung sprach. —

Zuletzt gehört als Beweis für die Umdrehung der Erde um ihre Achse auch noch die sogenannte Abplattung der Erde, worüber im Folgenden gehandelt werden soll.

20.

Die Abplattung der Erde und der übrigen Planeten.

Kaum hatte man die Umdrehung der Erde um ihre Achse geahnet und für höchst wahrscheinlich befunden, als sich dem Denker von selbst der nahe liegende Gedanke aufdrang, daß, wenn die Erde sich wirklich drehe, dieselbe nicht vollkommen kugelgestaltig sein könne, sondern an beiden Enden ihrer Achse eingedrückt oder abgeplattet sein müsse. Man setzte freilich dabei voraus, daß die Erde beim Beginn ihrer Rotation, wenn nicht in einem flüssigen, doch gewiß in einem weichen Zustande sich befunden haben müsse, was auch nach den wissenschaftlichen Ergebnissen der neuern Geologie*) höchst wahrscheinlich ist.

Es ist nämlich bekannt, daß, wenn ein Töpfer eine Kugel von weichem Thone auf seine Töpfer- oder Drehscheibe bringt und letztere rasch umdreht, die Kugel

*) Die Wissenschaft von der Entstehung unsers Erdkörpers und von den Umwandlungen, welche er in früherer Zeit erfahren hat und denen er noch ausgesetzt ist. Sie ist eine innere Geographie.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

ihre reine Kugelgestalt verliert, indem der höchste Punkt der Thonkugel nach deren Mittelpunkte zu zusammensinkt, während der Aequator der Kugel nach der Mitte zu sich immer mehr und mehr erweitert und die Kugel nun die Gestalt einer Pomeranze oder eines an beiden Polen eingedrückten oder abgeplatteten Körpers erhält, mithin keine reine Kugelgestalt mehr hat, sondern nun ein Sphäroid (ein kugelähnlicher Körper von sphaera) bildet, und zwar ein elliptisches, weil ein solches durchschnitten nicht mehr die Figur eines Kreises, sondern einer Ellipse darstellt.

Jedoch dies waren lauter Vermuthungen, bloße Hypothesen, und man war noch weit entfernt, einen wirklichen Beweis für die sphäroidische Gestalt der Erde beizubringen. Indessen überzeugte man sich immer mehr und mehr von dem Dasein einer Abplattung der Erde, weil man auch an andern Planeten vermittelst scharfer Fernröhre eine solche Abplattung entdeckt hatte, und namentlich war von Cassini die Entdeckung gemacht worden, daß sich Jupiter innerhalb 9 St. und 51′ um seine Achse drehe und eine so abgeplattete Gestalt habe, daß sein Aequatorialdurchmesser um den fünfzehnten Theil größer sei, als sein Polardurchmesser, also diesem Planeten eine ähnliche Figur zukomme, wie man eine solche bei unserer Erde voraussetze, und man schloß ganz richtig, daß das, was beim Jupiter durch eine viel größere Schnelligkeit des Umschwungs in größerem Maße bewirkt worden wäre, auch bei der Erde nach Verhältniß bewirkt sein müsse. Huygens setzte dieß Verhältniß wie 577 : 578, hingegen Newton wie 229 : 230.

Allein gerade Cassini bezweifelte diese zum Theil auf seine eigne Entdeckungen gebauten Schlüsse und wollte der Erde eine elliptische Form beilegen, indem er behauptete: nicht die Theorie könne hier entscheiden, sondern es komme hierbei vielmehr auf wirkliche Aus-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

messungen an, und diese schienen ganz für die ovale Gestalt zu sprechen. Durch genaue Messungen, die Cassini selbst mit veranstaltete, fand man wirklich, daß die Grade nach Norden hin kürzer, nach Süden hin größer wurden; sie mußten also nach Norden hin krümmer, abgerundeter, hingegen nach dem Aequator zu flächer sein und einen größern Bogen machen. Cassini hielt daher die länglichte (ovale) Figur der Erde für entschieden und zwar aus dem Grunde, weil er eine größere, genau gemessene Linie (nämlich eine von mehr als $8\frac{1}{2}^{0}$) für sich hatte, als die, welche das Gegentheil behaupteten. Dies waren Newton's Anhänger, für welche dreierlei sprach; einmal die Analogie, — daß Jupiter abgeplattet sei; ferner die Theorie, — daß eine im weichen Zustande befindliche, sich drehende Kugel an ihren Polen nothwendig eingedrückt oder abgeplattet werden müsse; und endlich die Beobachtung, welche ein französischer Astronom, Richer, an seiner Pendeluhr gemacht hatte, indem derselbe 1671 von der französischen Akademie nach der Insel Cayenne, die nur 5^{0} nördlich vom Aequator liegt, behufs astronomischer Beobachtungen geschickt worden war. Er fand nämlich, daß seine von Paris mitgenommene, sehr richtig gehende Pendeluhr täglich 2 Minuten 28 Secunden zurückblieb, und er mußte also das Pendel um $1\frac{1}{4}$ Linie verkürzen, wenn die Uhr richtig gehen sollte; und als er mit diesem verkürzten Pendel wieder nach Paris kam, fand sich, daß die Uhr genau 2 Minuten 28 Sec. gegen die mittlere Zeit zu schnell ging. Diese Erscheinung erregte die Aufmerksamkeit und die Untersuchung aller Astronomen und Naturforscher. Man glaubte Anfangs die größere Hitze müsse das Pendel ausgedehnt haben; allein auch Halley bemerkte 1675 auf der Insel Hebre eine ähnliche Erscheinung, sowie Andere eine beschleunigte Bewegung des Pendels unter den Breitengraden des Polarkreises, so daß ein sol-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

cher, wenn er Secunden schlagen sollte, verlängert werden mußte.

Der scharfsinnige Newton entdeckte sogleich die Ursachen dieser Erscheinungen und erklärte sie für den so lang gesuchten augenfälligen Beweis sowohl für die Rotation, als die dadurch entstandene Abplattung der Erde; denn je näher ein Secundenpendel dem Mittelpunkte der Erde kommt, desto eher wird es, weil es dem Sitze der Anziehungskraft näher ist, seinen Gang beschleunigen, und je weiter es vom Erdmittelpunkte entfernt wird, diesen Gang verlangsamern. Man erkannte also und folgerte hieraus, daß die Gewichte unter dem Aequator an ihrer Schwere verlören, unter den Polen aber zunähmen oder daß die Attractionskraft, als die Ursache aller Schwere, in der Nähe des Aequators weniger wirke, als nach den Polen zu.

Man hätte nun meinen sollen, daß die streitige Sache, ob die Erde eine elliptische oder sphäroidische Gestalt habe, abgemacht sei; allein der Streit zwischen den französischen und englischen Gelehrten dauerte noch über ein halbes Jahrhundert lang fort, indem die ersten auf ihre Messungen, die letztern auf den so eben angeführten dreifachen Grund bauten. Es wurde daher dem Könige Ludwig XV der Vorschlag gethan, zwei viel weiter entlegene Meridianbögen, als zeither geschehen, nämlich sowohl nach dem Nordpol zu, als am Aequator messen zu lassen. Dies geschah auch seit 1735 und das Resultat war, daß die Grade am Pole sich größer herausstellten, als am Aequator. Dadurch wurde die Ansicht Cassini's, daß die Erde eine ovale (eiförmige) Gestalt habe, widerlegt, sowie die Newton's, daß die Erde an den Polen abgeplattet sei, bestätigt.

Man hat damals und auch später zwar noch allerlei Einwendungen zu machen versucht, unter andern auch die, daß die Erde weder eine ovale, noch sphäroidische

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Gestalt habe, sondern daß sie eine ganz irreguläre Figur bilde, bald eben, bald erhaben, bald vertieft u. s. w. sei; denn man dürfe nur, um sich von dieser Irregularität vollkommen zu überzeugen, ihre ungeheuern Berge und Felsen, sowie ihre schauerlichen Abgründe und Vertiefungen in fast allen Gegenden der Erde in Erwägung ziehen; allein auch die höchsten Berge der Erde, mit dem Erdkörper selbst verglichen, sind soviel als nichts. Dies leuchtet aus folgender Betrachtung ein:

Eine geographische Meile ist $= 22{,}842_{,55}$ pariser Fuß, also der Erdhalbmesser $= 22{,}842_{,55} \times 859_{,4} =$ 19,630,887 pariser Fuß. Die höchste bekannte Berghöhe ist der sogenannte weiße Berg, eine Spitze des Himalaja in Tibet, = 24,150 Fuß oder über eine deutsche Meile hoch. 19,630,887 : 24,150 = 812; also der höchste Berg der Erde verhält sich zum Erdhalbmesser nahe wie 1 : 800. In unserm Imaginarmodellsystem hatten wir einen Sonnenglobus von 19 Fuß im Durchmesser; wir wollen ihn in Gedanken noch um einen Fuß vergrößern und ihn als einen Erdgloben betrachten. Sein Halbmesser ist also = 10 Fuß oder 100 Zoll oder 1000 Linien. 1000 : 800 = $1\frac{1}{5}$ Linie. Wollten wir nun auf unserm Erdglobus den erwähnten weißen Berg verhältnißmäßig darstellen, so müßten wir ein Sandkorn von $\frac{6}{5}$ Linien darauf kleben oder eine Stecknadelkuppe darauf befestigen. Der höchste, eine Meile hohe Berg der Erde verhält sich also, was wir so eben sahen, wie ungefähr eine Stecknadelskuppe zu einem 20 füßigen Erdglobus.

Hieraus geht zur Genüge hervor, daß die obigen Einwendungen, die Unebenheiten der Erde betreffend, ohne alles Gewicht sind. Die Erde hat die Gestalt eines Sphäroids, einer eingedrückten Kugel, die etwa wie eine Pomeranze gestaltet ist. Diese Annahme hat sich immer mehr bestätigt durch die fortgesetzten Vermessungen, die man in neuerer

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Zeit mit der größten Sorgfalt und Genauigkeit in den verschiedensten Gegenden der Erde unternommen hat, in Peru, Lappland, Frankreich, England, Dänemark, Rußland, Ostindien, Deutschland, u. s. w., und man hat als Gesammtergebniß festgesetzt, daß sich der Polardurchmesser der Erde zum Aequatorialdurchmesser verhalte nahe wie 299 : 300.

Gewöhnlich pflegt man nun den Aequator in 360° einzutheilen, den 15ten Theil eines solchen Grades aber eine geographische Meile zu nennen. Eine Meile hat man zu $3807,_{091}$ pariser Klaftern oder Toisen à 6 pariser Fuß bestimmt, mithin enthält eine Meile $22,842,_{55}$ pariser Fuß. Der Halbmesser des Aequators ist $= 19,630,887$ pariser Fuß oder $= 859,_{4}$ Meilen; der Halbmesser der Polarachse $= 19,566,432$ par. F. oder $856,_{6}$ Meilen; die Abplattung beträgt also: $859,_{4} - 856,_{6} = 2,_{8} = 2\frac{4}{5}$ Meilen, — folglich zu beiden Seiten der Erdachse $= 5\frac{3}{5}$ Meilen. Demnach hat die Erde eine solche Gestalt, daß die Meridiangrade, d. h. die 90 Grade in einer Linie nach dem Pole zu, immer größer werden, während die Längengrade oder die Grade der Parallelkreise, d. h. der Kreise, welche vom Aequator aus nach dem Pole zu mit dem Aequator parallel laufen, immer kleiner werden.

Folgende Tabelle gibt von 5 zu 5 Graden sowohl die zunehmenden Größen der Meridiangrade, als auch die abnehmenden der Parallelkreise oder Längengrade in geographischen Meilen an. Desgleichen bezeichnen die Umfänge der Parallelkreise die Meilen, welche jeder Erdbewohner in 24 Stunden durch die Umdrehung der Erde zurücklegt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Geographische Breite.	Größe eines Meridiangrades in Meilen und 10,000 Theilchen.	Größe eines Längengrades im Parallelkreise.	Größen der Parallelkreise im Umfange.	Städte und Gegenden.
		Meilen		
0	14,8977	15,0000	5400	Aequator
5	14,8989	14,9444	5380	Mondgebirge in Afrika
10	14,9058	14,7716	5318	Habesch
15	14,9103	14,4861	5215	Timbuctu
20	14,9177	14,0945	5074	Mekka
25	14,9268	13,6029	4897	Medinah
30	14,9378	12,9888	4676	Cairo
35	14,9519	12,2861	4423	China
40	14,9619	11,4917	4137	Constantinopel
45	14,9619	10,6055	3818	Venedig
50	14,9876	9,6417	3471	Prag
55	15,0005	8,6029	3097	Riga
60	15,0009	7,5000	2700	Petersburg
65	15,0023	6,3361	2281	Island
70	15,0324	5,1316	1847	Lappland
75	15,0399	3,8803	1397	Nova Semlja
80	15,0488	2,6055	938	Spitzbergen.
85	15,0489	1,3050	470	
90	15,0500	0	der Pol	

Aus vorstehender Tabelle *) ist ersichtlich, wie die Meridiangrade vom Aequator nach dem Pole zu wach-

*) Die in der Tabelle angegebene successive Zunahme der Größen der Meridiangrade stützt sich größtentheils auf wirkliche Vermessungen und sehr complicirte Rechnungen, die nicht popularisirt werden können; hingegen die suc-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

sen, hingegen die Längengrade sich vermindern und die Parallelkreise immer kleiner werden, bis sie am Pole selbst ganz aufhören. Während also ein Bewohner des

---

cessive Abnahme der Parallelkreise ist leichter zu berechnen, wenn man mit den logarithmisch-trigonometrischen Tafeln umzugehen weiß. Für einen solchen, der dies versteht, werde hier noch bemerkt, daß man die allmähliche Abnahme der Parallelkreise nach folgender Formel findet: $\frac{5400 \times \cos. n^{\circ}}{r} = x$; d. h. der Logarithme vom Umfang des Aequators (5400 Meilen) multiplicirt mit dem Cosinus der Polhöhe oder der geographischen Breite eines Orts, dividirt durch den Sinus totus, gibt mir den Umfang eines Parallelkreises in Meilen an und diese Meilen durch 360 (Grade) dividirt, die Größe eines Längengrades; z. B. ich will wissen: wie groß ist im 10° der geographischen Breite ein Parallelkreis und wie groß ein Längengrad? —

Log. vom Aequator = ...		7323938
Log. von Cos. 10° = ...	9.9933515	
	10.7257453	
Log. von Sin. tot. = ...	10.0000000	
		7257453

Von dieser Zahl geben die Logarithmentafeln 5318 Meilen an und diese dividirt durch 360 = $14,_{7722}$ Meilen = 1°. Hat man noch außer den Graden auch Minuten und Secunden: so verfahre man so; z. B. die Polhöhe Teutlebens ist 50° 56′ 58″. —

Log. von Cos. 50° 56′ = . .	9.799	4951
Die Differenz von 58″ beträgt bei dem gefundenen Logarithmen = $25,_{95} \times 58$ = 1505.		1505
	9.799	6456
Log. v. Aeq. . .	732	3938
	10.532	0394
	10.000	0000
	532	0394

Diese Zahl, aufgesucht in den Tafeln, gibt 3405 Meilen, also 1° = $9,_{4588}$ Meilen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Aequators in Einer Stunde (5400 : 24 =) 225 Meilen, also in Einer Minute (225 : 60 =) $3\frac{3}{4}$ Meilen weit fliegt, fliegen wir im 51sten Breitengrade (3398: 24 = 141,5 : 60 =) kaum 2,3 = $2\frac{3}{10}$ Meilen, ja in Petersburg nur $1\frac{7}{8}$ Meilen und an der Nordküste Norwegens gar nur $1\frac{2}{5}$ Stunden weit.

Schließlich geben wir hier noch, da alle Planeten rotiren, mithin auch alle mehr oder weniger abgeplattet sein müssen, noch die Größen dieser Abplattungen an, soweit uns dieselben bis jetzt bekannt sind.

1) Merkur. Da sich derselbe in nahe 24 Stunden um seine Achse dreht, so wird seine Abplattung der der Erde nahe kommen. Ebenso

2) bei der Venus, deren Abplattung wohl fast so groß, als die der Erde sein wird.

3) Die der Erde ist uns bereits bekannt.

4) Mars. Seine Abplattung hat Herschel wie 15 zu 16 gefunden, welche Annahme jedenfalls zu groß ist; denn dann betrüge, da sein Aequatorialdurchmesser = 900 Meilen ist, sein Polardurchmesser nur 844 Meilen und der Unterschied beider Durchmesser über 56 Meilen, was bei seiner 24stündigen Rotation kaum denkbar ist.

5) Von der Abplattung der Planetoiden wissen wir nichts, da wir ihre Rotationszeit noch nicht kennen.

6) Jupiter. Seine Abplattung ist wegen der fast 10stündigen Rotation sehr groß; denn auf ihm legt ein Punkt seines Aequators in 1 Secunde gegen $1\frac{3}{5}$ Meilen zurück, hingegen auf der Erde nur $7\frac{1}{2}$ Min., woraus hervorgeht, daß die Geschwindigkeit der Umdrehung des Jupiter fast 24 mal größer ist, als die auf der Erde. Natürlich ist also auch die Abplattung größer und man hat dieselbe zu $\frac{1}{14}$ bestimmt. Nimmt man nun den Jupiterdurchmesser zu 19,000 Meilen an, multiplicirt dieselben mit 13 und dividirt mit 14, so ergibt sich, daß sein Aequatorialdurchmesser über 1300

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Meilen größer ist, als sein Polardurchmesser, daß folglich die Abplattung an jedem seiner Pole = 650 Meilen beträgt.

7) Die Abplattung beim Saturn ist noch größer, als die des Jupiter. Sie soll $\frac{1}{11}$ seines Durchmessers betragen, woraus hervorgeht, daß der Aequatorialdurchmesser um 2000 Meilen größer ist, als der Polardurchmesser.

8) Von der Abplattung des Uranus wissen wir noch nichts Bestimmtes. —

21.

Ursachen der Revolution und Rotation der Weltkörper.

Wir haben bis jetzt gesehen, daß die Haupt- und Nebenplaneten unserer Sonnenweltordnung sowohl revolutioniren, als auch rotiren; es fragt sich daher: welches sind wohl die Ursachen dieser beiden Bewegungen, der revolutionären, wie der rotatorischen, oder durch welche Kräfte sind und werden diese Bewegungen wahrscheinlicher Weise hervorgebracht? — Man nimmt deren zwei an, nämlich eine Wurfkraft und eine Anziehungskraft, welche beide verschiedene Namen führen, von denen wir nachher reden werden.

Die Wurfkraft ist gleich einer Stoßkraft, die beim Ursprunge des Planeten demselben aus der Hand seines Schöpfers mitgetheilt wurde und die immerwährend thätig und bis diesen Augenblick noch fortwirkend ist. Diese Kraft allein würde den Planeten in einer geraden Linie im Weltraume ewig forttreiben. Hingegen die Anziehungskraft ist eine Kraft, die ihren Sitz im Mittelpunkte der Sonne und bezüglich unseres Mondes im Mittelpunkte der Erde hat. Wurf- und Anziehungskraft sind es nun, welche einen Planeten zwingen, sich in einer krummen Linie um seinen

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Centralkörper zu bewegen. Wir können ihre Wirkungen täglich auf unserer Erdoberfläche gewahren. Lassen wir z. B. einen Stein aus der Hand fallen, ohne ihm die geringste Bewegung mitzutheilen, so sehen wir, wie er lothrecht niederfällt, also nach dem Mittelpunkt der Erde hinstrebt. Werfen, stoßen oder schießen wir ihn aber in horizontaler Richtung fort, so werden wir bemerken, daß er nicht lothrecht niederfällt, sondern eine krumme Linie beschreibt und bogenartig sich niedersenkt. Dies geschieht offenbar nur dadurch, weil die beiden Kräfte, — die augenblickliche Kraft des Wurfes oder Stoßes und die fort und fort dauernde Anziehungskraft der Erde, — auf den Stein fast gleichmäßig und gleichzeitig einwirken. Denken wir uns daher die Wurfkraft als eine Linie, die horizontal läuft, und die geradlinige Richtung des Planeten bezeichnet, dagegen die Anziehungskraft als eine senkrechte Linie, die gerade nach dem Mittelpunkte des Centralkörpers (z. B. der Sonne) zugeht: so leuchtet von selbst ein, daß, wenn beide Kräfte gemeinsam und gleichzeitig auf einen Planeten einwirken, die Bahn desselben sozusagen eine halbwagerechte und halbsenkrechte Richtung annehmen und endlich, weil die Einwirkung dieser beiden Kräfte beständig ist, krummlinig werden oder eine dem Kreise ähnliche Linie beschreiben muß. Die stärkere oder geringere Krümmung dieser Linie konnte sich natürlich nur nach dem Verhältnisse der Stärke beider Kräfte, der Wurf- und Anziehungskraft, richten, woher es auch kommt, daß alle Bahnen der Himmelskörper keine reinen Kreise, sondern mehr oder minder lang gestreckte Ellipsen sind. — Die nächste Folge der Wirkung dieser beiden Kräfte ist die Revolution der Weltkörper um ihren Centralkörper. Würde daher eine dieser Kräfte im Laufe der Zeit verloren gehn, z. B. die Wurfkraft, so würden alle Planeten in gerader Linie zur Sonne hinabstürzen, oder vielmehr die Anziehungskraft der Sonne

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

würde sie zu sich hinreißen, so wie die Planeten, wenn die Anziehungskraft der Sonne aufhörte, alle aus dem Sonnengebiete fortfliegen und nie wieder zu demselben zurückkehren würden.

Sowie die Revolution der Planeten eine unzweifelhafte Wirkung gedachter beiden Kräfte ist, so ist eine solche auch die Rotation. Diese entstand höchst wahrscheinlich dadurch, daß jene erste (primäre) Wurf- oder Stoßkraft nicht nach dem Mittelpunkte des Planeten zu gerichtet war, sondern vielmehr seitwärts ging, also einen Punkt seiner Außenseite berührte, wodurch der Planet sich im freien Raume um seine Achse drehen oder rotiren mußte. Daß indessen außer dieser primären Wurfkraft, auch noch eine andere, uns noch unbekannte Kraft, vielleicht im Planeten selbst vorhanden sei, welche die Achsendrehung desselben, gleichsam als ein Perpetuum mobile, mitwirke, läßt sich nicht in Abrede stellen.

Die beide in Rede stehenden Kräfte haben noch andere Namen, die zu mancherlei Mißverständnissen geführt haben. So nennt man die Wurfkraft auch Tangentialkraft. Tangente heißt nämlich in der Geometrie die Berührungslinie, d. h. jede gerade Linie, die mit einer krummen nur Einen Punkt gemein hat und ganz auf Einer Seite derselben liegt. Da nun ein aus der Schöpferhand geworfener Planet in gerader Linie fortgeht, die Anziehungskraft des Centralkörpers aber den Planeten fort und fort anzieht und von seiner geraden Richtung ablenkt: so beschreibt der Planet in Folge dieser Ablenkung lauter Berührungspunkte oder Tangenten. Da aber diese Berührungspunkte nur momentan sind, so kann man eigentlich nur von einer Tangentialgeschwindigkeit, als einer Wirkung der Kraft, die unmittelbar aus der Hand der Allmacht hervorging, reden, wenn man nicht anders diese primäre Kraft selbst Tangentialkraft nennen

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

will. Ferner pflegt man die Wurfkraft auch Centrifugalkraft zu benennen (von centrum fugere = den Mittelpunkt fliehen); allein, genau genommen, ist sie keine den Mittelpunkt fliehende Kraft, weil sie ja nicht vom Mittelpunkte des Körpers ausgeht, dem sie entfliehen will, sondern ihren Ursprung unmittelbar, wie schon bemerkt, aus der Schöpferhand hat. Passender ist der Ausdruck Centrifugalkraft für die Kraft, welche auch Schwungkraft heißt und eine Folge der Rotation, also eine Folge der Wurfkraft und Anziehungskraft, ist. Sie ist daher keine primäre (ursprüngliche), sondern eine secundäre (erst erzeugte) Kraft, welche dem Centrum zu entfliehen strebt, gerade wie der Stein an einer Schleuder, der das Band um so mehr spannt, je schneller diese gedreht wird.

Ebenso unpassend hat man die Anziehungskraft Centripetalkraft (von centrum petere = nach dem Mittelpunkte streben) genannt, im Gegensatze von Centrifugalkraft; denn sie ist nicht eine Kraft, die nach dem Centrum hinstrebt, sondern die vielmehr im Centrum ihren Sitz hat. Richtiger nennt man sie Centralkraft, und es wird von derselben noch besonders gehandelt werden.

Schließlich ist noch in Bezug auf die Revolution und Rotation eines merkwürdigen Experiments zu gedenken, um diese Doppelbewegung der Erde zu versinnlichen. Wenn man nämlich in etwas Wasser, in welchem sich Thontheilchen befinden, ein Atom Kampfer fallen läßt, so fangen die Thontheilchen sogleich an, Ellipsen zu beschreiben, indem sie sich zugleich um sich selbst drehen. Man kann diese doppelte, der, vom Verstande zugegebenen planetarischen, ganz ähnliche Bewegung mit dem Mikroskope auf das Deutlichste wahrnehmen, und sich also auch sinnlich überzeugen, daß es in der Natur Veranlassungen zur Hervorrufung dieser verbundenen rotirenden und elliptisch-progressiven

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Bewegung gibt. Auch in der pariser Academie wurde dieser Versuch gezeigt und Jeder, dem es beliebt, kann ihn leicht selbst nachmachen. —

22.

Die kepler'schen Gesetze.

Vom ersten kepler'schen Gesetze: „die Bahnen der Planeten sind keine Kreise, sondern Ellipsen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht", — war bereits oben §. 15 die Rede.

Das zweite Gesetz, das von Kepler aufgestellt und in die astronomische Wissenschaft eingeführt wurde, ist: „die Bogen, welche die Planeten beschreiben, während sie ihre Bahnen durchlaufen, sind immer von der Beschaffenheit, daß ihre Flächenräume sich wie die Zeiten verhalten, in denen sie beschrieben sind."

Wir haben oben gesehen, wie sich die Ellipse vom Kreise wesentlich unterscheidet. Während nämlich beim Kreise sich ein Centralkörper in seinem Centrum oder im Mittelpunkte des Kreises befinden und auf einen in seiner Peripherie befindlichen Planeten überall gleichartig einwirken würde: befindet sich bei der Ellipse ein Centralkörper nicht in deren Mittelpunkte, sondern in einem der beiden Brennpunkte, und es muß daher die Einwirkung eines Centralkörpers auf einen in seiner elliptischen Bahn laufenden Planeten wegen des fort und fort sich verändernden Abstandes des Planeten von seinem Centralkörper sehr ungleich sein; folglich muß auch die Geschwindigkeit eines Planeten in dieser Bahn um so größer oder so geringer sein, je mehr oder weniger er vom Mittelpunkte der Anziehungskraft eines Centralkörpers absteht, oder mit andern Worten: „ein Planet bewegt sich mit ungleicher Geschwindigkeit in seiner elliptischen Linie und je weiter er sich von der Sonne entfernt, desto langsamer."

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Unter so bewandten Umständen würde sich aber der Ort eines Planeten in seiner Bahn gar nicht berechnen lassen, hätte nicht Kepler entdeckt, daß die aus der Sonne nach dem Planeten gedachte gerade Linie (der Leitstrahl oder radius vector) beim Laufe desselben in seiner Bahn von der Ebene, welche seine elliptische Bahn einschließt, in gleichen Zeiten gleich große Flächenräume (Sectoren) beschriebe oder abschnitte.

Nach dieser Regel nun berechnete Kepler seine Planetentafeln, indem er sich die ganze Bahnebene in eine gewisse Anzahl solcher Flächenräume getheilt dachte und hieraus die ihnen zugehörigen Winkel an der Sonne suchte, und man ist dadurch in den Stand gesetzt, den Ort eines Planeten in seiner Bahn zum Voraus zu berechnen und zu jeder Zeit zu finden.

Nach diesen beiden Entdeckungen fing Kepler auch an, die verschiedenen Bahnen der Planeten mit einander zu vergleichen, um das Gesetz zu entdecken, wie sich die Entfernungen dieser Bahnen zu einander verhalten. Schon Ptolemäus hatte die Planetenbahnen desto größer angenommen, je größer die Umlaufszeiten waren, ihre Verhältnisse zu einander aber unbestimmt gelassen. Diese Annahme fand sich allerdings bestätigt; allein man konnte leicht bemerken, daß das Verhältniß der Umlaufszeiten der Planeten um so größer wurde, je mehr die Entfernungen derselben von der Sonne zunehmen. Welches Verhältniß war dies aber — das zwischen den Umlaufszeiten der Planeten und den großen Achsen ihrer Bahnen statt haben könnte? — Siebenzehn Jahre lang forschte der unermüdliche Mann nach diesem geahnten Verhältnisse, indem er allerlei Vergleiche anstellte, bald mit den verschiedenen Längen der Saiten, die in der Tonkunst eine Terze, Quarte, Octave u. s. w. angeben, bald mit den sogenannten platonischen Körpern, indem er zeigte, daß der Würfel der einfachste dieser regulären Körper sei und nach

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

diesem das Zwölfeck, Achteck u. s. w. folge; — allein keiner dieser Vergleiche wollte passen. Endlich am 8. März 1618, dem Anfangsjahre des unglücklichen dreißigjährigen Kriegs, kam er auf den Einfall, statt der Verhältnisse der Entfernungen selbst, wie er zeither gethan hatte, die Verhältnisse ihrer Quadrate, Würfel u. s. w. mit den Verhältnissen gewisser Potenzen *) der Umlaufszeiten zu vergleichen, und unter diesen verglich er auch die Quadrate der Umlaufszeiten mit den Würfeln der mittlern Entfernungen; allein ein Rechnungsfehler machte, daß er für diesmal das Gesetz noch nicht fand, das er suchte. Doch am 15. Mai desselben Jahres revidirte er seine vorige Rechnung, fand den gemachten Fehler und hatte die große Freude, seine siebenzehnjährigen rastlosen Bemühungen durch diese unsterbliche Entdeckung belohnt zu sehen. Anfangs glaubte er, wie er selbst sagt: **) „daß er träume und das Gesuchte voraussetze;" so sehr überraschte ihn das aufgefundene Gesetz. Nach demselben „verhalten sich die Quadrate der siderischen Umlaufszeiten zweier Planeten, wie die Würfel oder Cubikzahlen ihrer mittlern Entfernungen von der Sonne oder wie die Würfel der halben großen Achsen ihrer Bahnen."

---

*) Unter Potenz versteht man in der Arithmetik ein Product aus lauter gleichen Factoren. Multiplicirt man nämlich eine Zahl oder Größe mit sich selbst, z. B. $5 \times 5 = 25$, so ist 5 die Wurzel, welche zur zweiten Potenz erhoben wird (Quadrat genannt) und multiplicirt man nochmals mit 5, also $5 \times 5 \times 5 = 125$, so ist die Wurzel auf die dritte Potenz (Cubus oder Würfel genannt) erhoben, u. s. w.

**) In seinem Werke: Harmonices Mundi, libr. V. Lincii Austriae 1619, p. 189 „somniare me et praesumere quaesitum inter principia primo" credebam.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Dieses Gesetz ist von ungemeiner Wichtigkeit für die Astronomie; denn durch dasselbe sind wir in den Stand gesetzt, die Entfernungen aller Planeten von der Sonne mit großer Genauigkeit zu ermitteln, vorausgesetzt, daß wir wenigstens von einem einzigen die mittlere Entfernung desselben von der Sonne kennen. Von keinem aber ist uns diese Entfernung so genau bekannt, als von unserer Erde, wie wir weiter unten, im §. 27, sehen werden.

Die siderischen Umlaufszeiten sämmtlicher Planeten sind uns aus unzähligen Beobachtungen der Astronomen hinlänglich bekannt und wir haben dieselben bereits oben §. 15 von allen Planeten angegeben. Wir wollen nun hier an einem Beispiele zeigen, wie die Entfernungen der Planeten von der Sonne berechnet werden und wie diese Rechnungen jeder Leser selbst nachmachen kann, wenn er anders das Ausziehen der Cubikwurzeln versteht.

Die Regel nach dem kepler'schen Gesetz ist: „man soll die Zahlen der Umlaufszeiten zweier Planeten auf's Quadrat erheben oder mit sich selbst multipliciren, um alsdann aus dem Product die Cubikwurzel ziehen zu können." Man verfahre also auf folgende Weise, wenn man z. B. die mittlere Entfernung Jupiters berechnen will.

Zuvor muß ich das Verhältniß der siderischen Umlaufszeit der Erde zu der des Jupiter kennen lernen.

Die siderische Umlaufszeit der Erde ist, wie wir oben §. 13 ersahen, = 365 Tage 6 Stunden 9 Minuten und 10 Secunden. Um bequemer zu rechnen, bringt man die Stunden, Minuten und Secunden auf einen Tagebruch. Dies geschieht folgendermaßen.

6 St. $= 60 \times 6 = 350' + 9' = 369' \times 60 = 22140'' + 10'' = 22150''$. Ein Tag ist $= 24 \times 60 \times 60 = 86400''$; also ich erhalte $\frac{22140}{86400} = \frac{443}{1728}$

Tage. Nun verwandle ich diesen gemeinen Bruch (nach §. 5 Nr. 5) in einen Decimalbruch $= 0,_{2564}$ Tage. Die siderische Umlaufszeit der Erde ist folglich $= 365,_{2564}$ (d. i. $365,\frac{2564}{10000}$) Tage.

Ebenso verfahre ich mit dem Jupiter, dessen siderische Umlaufszeit in einen Decimalbruch verwandelt $= 4332,_{5963}$ Tage ist.

Die Umlaufszeit der Erde verhält sich also zu der des Jupiter, wie $365,_{2564}$ zu $4332,_{5963}$ oder $4332,_{5963} : 365,_{2564} = 11,_{8618}$. Betrachte ich nun die Umlaufszeit der Erde als eine Einheit, so ist die Umlaufszeit Jupiters $11,_{8618}$ mal größer, als die der Erde oder beide Umlaufszeiten verhalten sich zu einander wie $1 : 11,_{8618}$. — Erhebe ich nun letztere Zahl auf's Quadrat, also $11,_{8618} \times 11,_{8618} = 140702,_{29924}$ und ziehe aus dieser Zahl die Cubikwurzel, so erhalte ich $5,_{20116}$. So vielmal ist folglich Jupiter weiter von der Sonne entfernt, als die Erde; denn $5,_{20116} \times 5,_{20116} \times 5,_{20116} = 140702$ ist mit Weglassung mehrerer Decimalziffern obiger Quadratzahl gleich. Ist mir nun die Entfernung der Erde von der Sonne in Meilen bekannt, so darf ich diese Anzahl Meilen nur mit der gefundenen Cubikwurzel multipliciren, um dadurch die Entfernung des Planeten von seinem Centralkörper zu erhalten. Wir haben bereits oben §. 15 die mittlere Entfernung der Erde (aus welchem Grunde wird bei der Sonnenparallaxe gezeigt werden) angenommen zu 20,686,600 M. $\times 5,_{20116} = 107,594,316$ Meilen, welches Resultat mit dem in §. 15 angegebenen um etwas differirt. Dies kommt daher, weil das in Rede stehende dritte kepler'sche Gesetz durch die gegenseitige Attraction der Planeten und der Sonne eine kleine Abänderung erleidet und man also bei der Berechnung auch auf das Masseverhältniß der Planeten Rücksicht nehmen muß. Deshalb ist die gefundene Zahl

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

$5,_{20116}$ auf $5,_{20279}$, also um $\frac{163}{100000}$ Theilchen, zu erhöhen.

Die auf vorstehende Weise ermittelten Verhältnißzahlen, welche, multiplicirt mit der mittlern Entfernung der Erde oder mit der halben großen Achse ihrer Bahn = 20,686,600 Meilen, die bereits §. 15 mitgetheilten Ergebnisse der mittlern Entfernungen sämmtlicher Planeten liefern, sind:

	Siderische Umlaufszeiten in Tagebrüchen.	Verhältnißzahlen der halben großen Achsen.
1) Merkur . .	$87,_{9692}$	$0,_{38709}$
2) Venus . .	$224,_{7008}$	$0,_{72333}$
3) Erde . .	$365,_{2563}$	$1,_{00000}$
4) Mars . .	$686,_{9796}$	$1,_{52369}$
5) Vesta . .	$1325,_{4874}$	$2,_{36148}$
6) Juno . .	$1593,_{0666}$	$2,_{66946}$
7) Pallas . .	$1686,_{3048}$	$2,_{77263}$
8) Ceres . .	$1684,_{7416}$	$2,_{77091}$
9) Jupiter .	$4332,_{5963}$	$5,_{20276}$
10) Saturn . .	$10759,_{2198}$	$9,_{53885}$
11) Uranus . .	$30686,_{8205}$	$19,_{18239}$

Aus diesem Allen wird sich der Leser überzeugt halten von der großen Wichtigkeit der kepler'schen Gesetze. Sie können und werden daher auch, indem man nach dem ersten die Bahngestalten der Planeten hat kennen, nach dem zweiten die Standorte jedes Planeten für eine gegebene Zeit hat berechnen, und nach dem dritten die halben großen Achsen der Bahnen oder die mittlern Entfernungen der Planeten von der Sonne hat bestimmen lernen, — als die Grundlage der neuern Astronomie betrachtet, und ihnen sind nicht nur die Planeten, sondern auch ihre Trabanten, sowie alle Kometen unterworfen. So witzig, als bezeichnend sagt daher ein ausgezeichneter Astronom bei Gelegenheit der Betrachtung der kepler'schen Gesetze: „Copernikus

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

gab uns das neue Testament der Astronomie, aber Kepler lieferte uns eine neue, wesentlich verbesserte Ausgabe." —

23.

Die allgemeine Schwere.

Obgleich durch die Entdeckung der drei kepler'schen Gesetze der Sternkunde ein unverkennbar großer Vorschub geleistet worden war, da sie dadurch eine mathematische Grundlage und eine strengwissenschaftliche Gestalt erhielt: so fehlte doch noch die Entdeckung der eigentlichen Ursache, von welcher jene drei Gesetze bloße Folgen oder Wirkungen waren. Kepler selbst dachte vielfältig darüber nach und stellte mancherlei Vermuthungen darüber auf; allein er hatte nicht das Glück, auf das Richtige zu treffen.

Auch andere scharfsinnige Köpfe sparten ihr Nachdenken nicht auf und kamen der Wahrheit oft nahe genug, z. B. ein Huygens, ein Dr. Hook u. A.; jedoch keinem war es vergönnt, diese Wahrheit selbst aufzufinden. Nur Einem, dem Engländer Isaak Newton, war es vorbehalten, folgendes große Naturgesetz zu entdecken: „Alle Theilchen der Materie äußern ein Bestreben, sich einander zu nähern, oder sie ziehen sich wechselsweise an mit einer Kraft, welche in geradem Verhältnisse zu den Massen und im umgekehrten zu dem Quadrat ihrer Entfernungen steht."

Ehe wir zur Erklärung dieses Gesetzes übergehn, gedenken wir erst der Art und Weise, wie Newton auf diese Idee verfiel, was zu interessant ist, als daß es hier nicht beiläufig erzählt werden sollte.

Im Jahre 1666 war Newton durch die Pest genöthigt worden, sich von Cambridge, wo er Student war, in seine Vaterstadt Wolstrop zu begeben. Ei-

nes Tages saß er, sich mit tiefen Betrachtungen der Schwere beschäftigend, in einem Garten unter einem Apfelbaume, *) als ein herabfallender Apfel sein Nachdenken auf die Frage leitete: „Warum fällt dieser Apfel und überhaupt jeder Körper, wenn er nicht gehalten und unterstützt wird? — Da er immer senkrecht zur Erde fällt, so scheint ein Etwas, eine Kraft in dieser Erde zu sein, die ihn an sich zieht. Bis zu welcher Höhe erstreckt sich diese Kraft? — Sollte sie, die noch bis auf den höchsten Gipfeln der Berge wirksam ist, nicht bis zum Monde reichen? — Und wirkt die Sonne nicht vielleicht mit einer ähnlichen Kraft auf die Planeten?" —

Er verfolgte diesen Gedanken, und indem er voraussetzte, daß die Planeten um die Sonne, als ihren Mittelpunkt, Kreise beschreiben und durch eine der Schwere ähnliche Kraft gegen den Mittelpunkt der Sonne getrieben werden, fand er mittelst des dritten kepler'schen Gesetzes, daß diese Kraft umgekehrt dem Quadrat proportional sein müsse. Er nahm nun an, daß die Kraft der Schwere nach demselben Gesetz abnehme, und berechnete, ob diese Kraft hinreichend sei, den Mond in seiner Bahn zu halten. Weil er keine Bücher zur Hand hatte, so ging er bei dieser Berechnung von der gewöhnlichen Voraussetzung aus, daß ein Breitengrad 60 englische Meilen habe, während er doch

*) Einige haben die Wahrheit dieser Erzählung bezweifelt, Andere sie vertheidigt. An sich ist sie durchaus nicht unwahrscheinlich und auch Voltaire versichert (collection compl. des oeuv. T. III Melang. de philos. III. P. III. cap. p. 193), daß er sie selbst aus dem Munde einer Nichte Newton's, einer Madame Conduit, vernommen habe. 1826 wurde der morsche Stamm des Apfelbaums von einem Sturmwinde umgebrochen und aus dem Holze ein Stuhl verfertigt, der noch gezeigt wird in Wolstrop.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

60½ engl. Meilen hat, — und siehe da! — die Rechnung entsprach nicht seinen Erwartungen, und er schloß daraus, daß eine andere Ursache, verbunden mit der Schwere, auf die Bewegung des Mondes Einfluß habe. Diese Bemerkung hielt ihn lange Zeit ab, über diesen Gegenstand weiter nachzudenken, bis er im Jahre 1678 von der Londoner Academie den Auftrag erhielt, seine Ansicht über ein erschienenes astronomisches Werk, das damals Aufsehen erregte, mitzutheilen, bei welcher Gelegenheit er die Sache wieder aufgriff, indem er, was wir schon §. 19 besprachen, die Fallexperimente als Beweise für die Rotation der Erde vorschlug. Allein er ließ die Untersuchung zum zweitenmale fallen, und betrachtete sie von nun an als eine leere Speculation, die nicht durch die Empirie oder Erfahrung unterstützt werde. Jedoch ein günstiger Zufall veranlaßte ihn, nach vollen 16 Jahren von jener ersten Untersuchung an, den Faden derselben abermals aufzunehmen.

Es sollte nämlich im Monate Juni 1682 im Locale der Academie zu London eine Sitzung gehalten werden. Noch ehe dieselbe anging, unterhielten sich die nach und nach ankommenden Mitglieder, unter denen auch Newton war, über allerlei Tagesneuigkeiten und unter andern auch darüber, daß ein gewisser Franzose Picard eine neue Gradmessung ausgeführt habe, deren Resultate einem der anwesenden Herrn brieflich bekannt geworden waren.

Newton nahm eine Abschrift von diesen Zahlenergebnissen, und hörte alsdann, da die Sitzung ihren Anfang genommen hatte, den Vorträgen, die gehalten wurden, mit großer Aufmerksamkeit zu. Kaum war er aber nach beendigter Sitzung wieder in seiner Wohnung angelangt, als er sogleich seine alten Rechnungen von 1666 wieder hervorsuchte, um sie mit den picard'schen Resultaten zu vergleichen. Wie erstaunte er, als er

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

gewahrte, daß er sich auf dem Wege befand, das endlich zu finden, was er so lange gesucht hatte. Je weiter er rechnete, desto klarer wurde es ihm, daß er einer Entdeckung von der größten Wichtigkeit nahe sei. Eine namenlose Vorempfindung freudigen Staunens durchbebte seine Nerven und machte ihn unfähig, die angefangene, schon weit vorgerückte Rechnung selbst zu vollenden. Ein eintretender Freund, dem sich Newton anvertraute, ergriff daher die Feder und brachte die Rechnung zu Ende, deren Resultat die Welt mit einem Naturgesetz bekannt machte, dessen endliche Entdeckung von unberechenbaren Folgen war. — Wir werden einige dieser Folgen am Schlusse dieses Paragraphs namhaft machen.

Das entdeckte Gesetz nannte man nun die Gravitation (Schwerkraft) oder die Attraction (Anziehungskraft), auch die allgemeine Schwere. Diese Ausdrücke jedoch bezeichnen blos die Erscheinung, das Vorhandensein einer solchen Kraft, deren physische Ursache uns gänzlich unbekannt ist.

Die allgemeine Schwere nun gründet sich auf folgende Voraussetzungen:

1) Alle Theilchen der Materie gravitiren gegen einander, d. h. ziehen sich einander an.

So fließen z. B. zwei einander berührende Wassertropfen in Einen zusammen, ohne daß man eine äußere Ursache davon bemerkt. So hängen die Theile aller festen Körper zusammen und widerstehen der Trennung; auch die Theile der flüssigen lassen sich nicht ohne Widerstand trennen, und vereinigen sich in Tropfen. Flüssige Körper, wenn sie feste benetzen, hängen sich an dieselben; polirte Marmorflächen oder Spiegeltafeln hängen bei der Berührung zusammen. Jeder Körper, der nicht unterstützt wird, nähert sich der Erde oder fällt auf dieselbe; hohe Berge lenken das Bleiloth astronomischer Werkzeuge von seiner senkrechten Rich-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

tung ab und astronomische Pendeluhren leiden eine merkliche Störung, wenn das Uhrgewicht in die Nähe der Pendellinse kommt, so daß sie etwas langsamer gehn, wenn sich das Gewicht oberhalb der Linse, und geschwinder, wenn es sich unterhalb derselben befindet. So gravitirt ferner Erde und Mond gegen einander; das Meer hebt sich gegen den Mond und der Mond selbst wird stets an die Erde, so wie die Erde nebst den übrigen Planeten an die Sonne gefesselt, — kurz in der ganzen Natur herrscht das unverkennbare Gesetz eines beständigen Strebens nach wechselseitiger Annäherung. —

2) Die Gravitation ist bei gleichen Entfernungen den Massen proportional, d. h. die Anziehung richtet sich nach der Entfernung und der Größe der Massen. Je größer nämlich dieselbe ist, desto stärker zieht sie an, und umgekehrt, je geringer sie ist, desto weniger. —

3) Die Gravitation nimmt in demselben Verhältniß ab, in welchem das Quadrat der Entfernung wächst, oder sie ist umgekehrt dem Quadrat der Entfernung proportional; z. B. Ein Gegenstand **A** gravitirt auf einen andern Gegenstand **B**, der von **A** nur Einen Schritt entfernt ist. Wenn ich nun **B** noch um einen Schritt von **A** abrücke, also die Entfernung nun 2 Schritte beträgt, so nimmt die Gravitation des **A** im Quadrat der Entfernung, d. i. $= 2 \times 2 = 4$ ab und wirkt also 4 mal geringer, als zuvor oder nur noch $\frac{1}{4}$ der ersten Kraft. Rücke ich nun **B** 3 Schritte von **A** ab, so nimmt die Gravitation um $3 \times 3 = 9$ ab, und wirkt nun nur noch $\frac{1}{9}$ der ersten Kraft, bei 4 Schritten $= \frac{1}{16}$ u. s. w.

4) Die Gravitation wirkt unter übrigens gleichen Umständen mit gleicher Stärke auf ruhende oder schon in Bewegung gesetzte Körper; sie ist also eine absolute Kraft. Indessen verwahrt

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

sich Newton ausdrücklich, daß er mit dem Worte Schwerkraft*) oder Anziehungskraft blos das allgemeine Phänomen des Bestrebens der Körper nach wechselseitiger Annäherung bezeichnet wissen will, ohne auch damit die physische Ursache dieses Phänomens bezeichnen zu wollen.

Dieses Gesetz der allgemeinen Schwere, „jeder Körper übt auf jeden andern Körper eine anziehende Kraft aus, deren Quantität, d. h. die Größe ihrer jedesmaligen Wirkung, sich direct verhält, wie die Masse des anziehenden Körpers und umgekehrt, wie das Quadrat seines Abstandes", erstreckt sich nun nicht nur auf alle Körper unserer Sonnenweltordnung, sondern auch auf alle übrigen Himmelskörper, soviel ihrer sind. Alle gravitiren in ihren verschiedenen Stellungen und bezüglich ihrer verschiedenen Massen mehr oder minder gegeneinander, woraus hervorgeht, daß ihre Bahnen nie ganz kreisrund sein können, sondern daß dieselben nothwendig länglichrund (elliptisch) sein müssen.

Ein französischer Astronom de la Lande gibt folgende Phänomene an, von denen jedes, einzeln betrachtet, schon hinreichend sein würde, das Vorhandensein der Gravitation zu beweisen: die Ebbe und Fluth; die Ungleichheiten des Mondlaufs, welche augenscheinlich von der Gravitation der Sonne und der Erde herrühren; die Bewegung der Planeten um die Sonne; die elliptische Gestalt aller um die Sonne gehenden Planetenbahnen; die Präcession das (Vorrücken) der Nachtgleichen; die Nutation (das Wanken) der Erdachse; die Perturbationen

*) In seinem Werke: Philosophiae naturalis principia mathemathica. Lond. 4. 1687 sagt er Lib. I. Reg. III. „Attamen gravitatem corporibus essentialem esse minime affirmo."

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

(Störungen), welche die Planeten in ihrem Laufe durch ihre wechselseitige Einwirkung erleiden; die Ungleichheiten des Laufs der Kometen; die Abplattung der Planeten; die anziehende Kraft der Berge gegen das Pendel; das Abnehmen der Schiefe der Ekliptik; die Bewegung der Absidenlinien aller Planeten; die Bewegung aller Knotenlinien; die Ungleichheiten des Laufs der Jupitermonde, von welchen sämmtlichen Erscheinungen wir weiter unten das Nöthige beibringen werden. —

Ferner hat das in Rede stehende Gesetz der allgemeinen Schwere den Astronomen Mittel an die Hand gegeben, sogar die Massen der Sonne und der Planeten, ihre Dichtigkeiten und die Fallgeschwindigkeiten auf ihren Oberflächen zu berechnen und zu bestimmen, wovon im Folgenden, soweit es ohne Anwendung der höheren Mathematik möglich ist, die Rede sein soll.

24.

Bestimmung der Massen der Himmelskörper.

Unter dem Worte Masse versteht man die verschiedenartigen Stoffe oder stofflichen Bestandtheile, aus denen ein Weltkörper zusammengesetzt ist. Wissen wir aber erst diese Massen, so können wir nun auch genau ermitteln, ob die Stoffe mehr oder weniger dicht, ob sie specifisch schwerer oder leichter sind, als die Stoffe, aus denen unsere Erde besteht. Wie aber läßt sich dies nun ermitteln? —

Nur durch Anwendung des von Newton entdeckten Gesetzes der allgemeinen Schwere; denn eben nach der Stärke der Anziehungskraft, mit welcher die Himmelskörper auf einen außer ihrer Oberfläche befindlichen Körper in einer bestimmten oder gegebenen Entfernung

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

einwirken, eben nach dieser Stärke ihrer Einwirkungen kann man ihre Massen beurtheilen.

Die Kräfte aber mißt man durch die Geschwindigkeiten, welche sie in einer gegebenen Zeit wirklich erzeugen oder erzeugen würden, wenn sie während dieser Zeit constant (unveränderlich) blieben. Z. B. die Fallkraft auf unserer Erde wird dadurch gemessen, daß man die Geschwindigkeit berechnet, mit welcher ein fallender Körper, dem kein Hinderniß im Wege steht, auf der Oberfläche der Erde einen bestimmten Raum in senkrechter Richtung durchläuft. Dies wird im §. 26 genauer erörtert werden.

Wir wollen nun beispielsweise im Folgenden das Verhältniß der Sonnenmasse zur Erdenmasse zu ermitteln suchen.

Vor allen Dingen müssen wir zuerst die Geschwindigkeit bestimmen, welche die Sonne einem Planeten, dessen Entfernung schon bekannt ist, in einer gegebenen Zeit mitgetheilt haben würde, und dann zweitens die Geschwindigkeit, welche der Planet einem außerhalb seiner Oberfläche befindlichen Körper (z. B. einem Monde) in einer eben so großen Zeit und in derselben Entfernung mitgetheilt haben würde.

Diese beiden Bestimmungen ergeben sich aus der siderischen Umlaufszeit des Planeten, ferner aus der mittlern Entfernung des Planeten von der Sonne und aus dem uns nunmehr bekannten Gesetz, nach welchem die Anziehungskraft in Bezug auf die Entfernung eines Körpers ab- oder zunimmt.

Auf mehrfache Weise nun kann man die Massen der Himmelskörper bestimmen, da sich aus der Betrachtung des Gesetzes der allgemeinen Schwere verschiedene Folgerungen ableiten und verschiedene Combinationen machen lassen. Hier wollen wir nur, wie schon bemerkt, das Massenverhältniß der Sonne zur Erde auf Eine Weise durch Rechnung darthun.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Zuerst muß mir also die siderische Umlaufszeit der Erde gegeben sein. Diese ist, wie wir aus §. 22 wissen, = $365,_{2563}$ Tage, was 31,558,150 Zeitsecunden gibt.

Zweitens muß ich ermitteln, wie groß der Winkel ist, oder wieviel Raumsecunden derselbe enthält, welchen die Erde in 1 Secunde um die Sonne beschreibt, weil ich aus dieser Geschwindigkeit die Größe der Kraft kennen lerne, mit der die Sonne die Erde anzieht. Ein Kreis aber hat 360° oder 1,296,000 Raumsecunden. Diese Zahl durch obige Zeitsecunden dividirt, gibt — also 1,296,000 : 31,558,150 = $0,_{0411}$ Raumsecunden, welche Winkelgröße die Erde in 1 Zeitsecunde um die Sonne beschreibt. Nimmt man nun an (um die Rechnung nicht zu breit zu machen), daß die Erde in runder Zahl 400 Mondweiten (à 50,000 Meilen) von der Sonne entfernt ist: so muß ich nun, da die Masse des anziehenden Körpers gleich dem Quadrat des genannten Winkels ($0,_{0411}''$) ist, multiplicirt mit dem Würfel der Entfernung des angezogenen Punktes (d. h. der Erde, die wir zu 400 Mondweiten von der Sonne annehmen) — die Zahl 400 auf den Würfel und die Zahl $0,_{0411}$ auf's Quadrat erheben und die Producte zusammen multipliciren. Also:
$400 \times 400 \times 400 = 6400$; hingegen $0,_{0411} \times 0,_{0411} = 0,_{00168921}$. — Diese Zahl $0,_{00168921} \times 6400 = 1081$, welche unbenannte Zahl einstweilen für die Masse der Sonne gilt.

Drittens muß ich die Zahl suchen, welche mir die Masse der Erde bezeichnen soll. Diese finde ich mit Beihülfe des Mondes, indem ich eben so zu Werke gehe, wie vorhin.

Die siderische Umlaufszeit des Mondes beträgt nämlich 27 Tage 7 St. 43′ $11,''_{5}$ = $2360584,_{680}$ Zeitsecunden. Diese dividirt in 360° oder 1296000 Raum-

secunden, ist $= 0,''_{54892}$, was nach der angegebenen Regel, auf's Quadrat erhoben $0,_{301313}$ gibt. Da wir ferner die Entfernung der Sonne von der Erde zu 400 Mondweiten angenommen haben, so ist also die Entfernung des Mondes = 1 (Mondweite). Diese Zahl müßte nun auf den Cubus erhoben und mit der vorigen Zahl multiplicirt werden; allein bekanntlich ist der Würfel von 1 = 1, und 1 multiplicirt auch nicht, mithin bleibt als unbenannte Zahl für die Erdmasse = $0,_{301313}$.

Diese nun und die oben gefundene Zahl geben mir das Verhältniß der Sonnenmasse zur Erdmasse. Nämlich $1081 : 0,_{301313} = 358800 : 1$, d. h. die Sonnenmasse ist 358800 mal größer, als die Erdmasse oder soviele Kugeln von der Größe unserer Erde gehörten dazu, um die Sonne aufzuwiegen.

Die Zahl 358,800 ist etwas zu groß, da man gewöhnlich 355,000 annimmt. Es kommt dieß aber daher, weil wir die Sonnen- und Mondweite in unserer Rechnung nur in Bausch und Bogen, also nicht genau genommen haben. Bei größerer Genauigkeit erhält man, wie sich von selbst versteht, auch ein genaueres Resultat.

Schließlich geben wir noch hier die Verhältnisse der Massen sämmtlicher Planeten zur Erdmasse, letztere als Einheit angenommen. Sie können auf gleiche Weise, wie die Sonnemasse, ermittelt werden.

1) Merkur $= \frac{1}{16}$;*) 2) Venus $= \frac{9}{10}$; 3) Erde = 1 und Mond $= \frac{1}{88}$; 4) Mars $= \frac{1}{7}$; 5) Planetoiden, unbekannt; 6) Jupiter = 295; 7) Sa-

*) Da Merkur der Sonne für uns zu nahe ist und keinen Mond hat, so wird seine Masse und Dichtigkeit, wie wir im Folgenden ersehen werden, durch andere Mittel bestimmt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

turn = 100; 8) Uranus = 20; 9) Sonne = 355,000 oder nach einer andern Berechnung 357,600.*)

25.

Bestimmung der Dichtigkeiten der Himmelskörper.

Dicht nennen wir einen Körper, welcher kleine Zwischenräume oder Poren hat, im Gegensatz von locker, wenn in einem Körper große Zwischenräume und Poren vorhanden sind. So sind bekanntlich Gold, Silber, Platina u. s. w. dichte, hingegen Kork, Schwamm u. dergl. lockere Körper. Ganz dicht aber würde ein Körper sein, wenn er gar keine Zwischenräume hätte; solche sind jedoch in der ganzen uns bekannten Natur nicht vorhanden. Nun ist bekannt, daß, wenn man mehrere Körper nach ihrer äußern Größe mit einander vergleicht und sie hinsichtlich ihrer Schwere zu einander prüft, die lockern leichter sind, als die dichten. Es lehrt also die Erfahrung, daß gleiche Raumgehalte (Volumina) verschiedener Körper nicht einerlei Gewicht haben. Man darf daher, wie es im gemeinen Leben gar oft zu geschehen pflegt, den Massegehalt eines Körpers nicht mit seinem Raumgehalte, oder was einerlei ist, seine Qualität nicht mit seiner Quantität verwechseln.

Aus beiden aber, nämlich aus dem Massegehalte eines Körpers und aus dem Raumgehalte desselben, kann man auf seine größere oder kleinere Dichtigkeit schließen; denn sehe ich zwei Kugeln von einerlei Größe, aber von verschiedener Masse neben einander liegen, und prüfe sie nach ihrem Gewichte, so werde ich natürlich die schwerere für eine dichtere Masse erklären, als die leichtere. Da nun die Körper unserer Sonnenweltordnung verschiedene Massen und verschie-

*) Nach der neuesten Bestimmung 345936 : 1.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

dene Volumen haben, so kann man aus beiden ihre mittlere Dichtigkeit berechnen und mit irdischen Gegenständen vergleichen. Bei dieser mittlern Dichtigkeit aber nehmen wir an, daß alle vorhandene, verschiedenartige Stoffe eines Weltkörpers zusammengemischt wären und nur einen einzigen Stoff bildeten, dessen Dichtigkeit wir ermitteln sollen. Da wir indessen keinen andern Maßstab für eine solche Ermittelung kennen, als unsere Erde: so müssen wir annehmen, daß auch sie eine mittlere Dichtigkeit besitze, und welches ist diese? — Sie ist von den Naturforschern durch höchst sinnreiche Experimente ermittelt worden.

Cavendish bestimmte die mittlere Dichtigkeit unserer Erde zu $5,_{48}$ der Dichtigkeit des reinen, destillirten Wassers, letzteres als eine Einheit betrachtet, nachdem vor ihm Maskelyne und Hullon durch die beobachtete Ablenkung des Bleiloths von der Verticale (senkrechten Linie) in der Nähe der Bergkette Shehallire in Pertshire diese Dichtigkeit zu $4,_{71}$ bestimmt hatte. Cavendish's Resultat hat in neuester Zeit durch die vielfältigen, mit der größten Sorgfalt angestellten Versuche des Prof. Reich in Freiberg vermittelst der Drehwage *) eine glänzende Bestätigung zu $5,_{44}$ erhalten, so daß wir nun sicher annehmen können: die mittlere Dichtigkeit unserer Erde ist $5\frac{1}{4}$ mal oder

*) Ein Keller des Academiegebäudes, der mit einer luftdicht schließenden Thür versehen wurde, diente zum Beobachtungslocal. Der Apparat, dessen Wagebalken aus trockenem Fichtenholze bestand, war mit einer Spiegelvorrichtung versehen, die die Schwingungen der in einem Gehäuse eingeschlossenen Drehwage mit großer Schärfe aus der Ferne, folglich mit Beseitigung aller durch die Nähe des Beobachters verursachten Störungen zu beobachten erlaubte. Alle Versuche, bei denen man sich bewußt war, keine bekannte Rücksicht vernachlässigt zu haben, sind ohne Ausnahme mitgetheilt und berechnet wor-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

ohne Bruch — wenigstens 5 mal größer, als das reine destillirte Wasser, und kommt ungefähr dem Antimon oder Spießglase nahe, d. h. ein bestimmtes Maß, z. B. ein Cubikfuß Antimon würde eben so schwer wiegen, als 5 solcher Maße oder Cubikfuß Wasser.

Betrachten wir nun die Dichtigkeit unserer Erde als eine Einheit, so haben wir den Maßstab, um aus dem uns bekannten Raum- und Massegehalt der Weltkörper deren mittlere Dichtigkeit zu bestimmen. Wir wollen hier an einem Beispiel zeigen, wie sich diese Bestimmung machen läßt.

Oben, S. 24, ist gezeigt worden, daß das Volumen einer Kugel durch die Formel gefunden werde: $\frac{D^3 \times \pi}{6}$. Der Durchmesser der Sonne ist = 190,000 Meilen; 190,000 × 190,000 × 190,000 = 6,859 Billionen, multiplicirt mit π = 21,547 Bill., dividirt durch 6 = 3,590 Bill. Cubikmeilen als Volumen der Sonne.

Ferner der Durchmesser der Erde ist gleich 1720 Meilen; also 1720 × 1720 × 1720 = 5,088,448,000 × π und dividirt durch 6 = 2660 Mill. Cubikmeilen. Diese dividirt in 3590 Bill. = 1,330,000. So viel mal ist also das Volumen der Sonne größer, als das der Erde, oder aus der Sonne könnten 1,330,000 Erdkugeln gebildet werden. Da jedoch die Masse der Sonne, wie wir bereits sahen, 350,000 mal größer ist, als die Erdmasse, so wird man, wenn 1,330,000 in 355,000 dividirt wird, die mittlere Dichtigkeit der Sonne erhalten, nämlich $0,_{26}$, welche Zahl aber zu

---

den. Es sind deren im Ganzen 14, die aus 57 Beobachtungen bestanden. Vergl. Reich's „Versuche über die mittlere Dichtigkeit der Erde." Freiberg (Engelhardt) 1838. —

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

groß ist, da wir den Durchmesser der Erde nicht genauer angenommen hatten. Nach den neuesten Bestimmungen von Encke beträgt die mittlere Dichtigkeit der Sonne nur $0,_{25}$, d. i. also gerade $= \frac{1}{4}$ der Erde, und ist = dem Bernstein oder dem Ebenholze.

Nimmt man daher die Dichtigkeit der Erde zu 1 an, so beträgt 1) die Dichtigkeit des Merkur, nicht wie man noch vor Kurzem glaubte $= 3,_{61}$, sondern nur $= 1,_{12}$, da zu dieser genauern Bestimmung nach Olber's Vorschlage der Encke'sche Komet, der 1835 dem Merkur sehr nahe kam, sehr gute Dienste geleistet hat. Sonst legte man dem Merkur die Dichtigkeit des Goldes bei, nach der jetzigen Annahme hat er höchstens die des Zinns.

2) Die Dichtigkeit der Venus, die man sonst für größer hielt, als die der Erde, ist $= 0,_{92}$, und gleicht ungefähr der des Magneteisensteins.

3) Die Dichtigkeit der Erde $= 1,_{00}$ und kommt nahe der Dichtigkeit des Eisenglanzes oder des Spießglases.

4) Die Dichtigkeit des Mars $= 0,_{95}$ und kommt nahe der des Spath's.

Merkwürdig ist es, daß sich die mittlern Dichtigkeiten der ersten Planetengruppe nahe gleich sind.

5) Von der mittlern Dichtigkeit der Planetoiden ist uns nichts bekannt.

6) Jupiter's mittlere Dichtigkeit ist $= 0,_{24}$, also fast der der Sonne und fast dem Bernstein gleich.

7) Die Dichtigkeit Saturn's $= 0,_{14}$, also fast dem Apfelholze gleich.

8) Die Dichtigkeit des Uranus $= 0,_{24}$, mithin ganz der des Jupiter gleich.

Auch das ist merkwürdig, daß die Dichtigkeit der großen Planeten nahe gleich der der Sonne ist. —

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

26.

Bestimmung der Fallgeschwindigkeiten auf den Oberflächen der Weltkörper.

Wollen wir die Fallgeschwindigkeiten auf den Oberflächen der Himmelskörper unsers Sonnensystems zu ermitteln suchen, so müssen wir vor allen Dingen erst fragen: welches ist die Fallgeschwindigkeit oder Fallkraft der Gegenstände auf der Oberfläche unserer Erde? —

Von dieser Fallkraft hatten die Alten eine sehr unrichtige Meinung. Nach dem Aristoteles verhielt sich die Geschwindigkeit des Falles verschiedener Körper, wie das Gewicht derselben, und man nahm daher an, daß ein 10 mal schwererer Körper auch 10 mal geschwinder fallen müsse. Erst Galilei bestritt diesen Irrthum und nach vielfachen, mühevollen Versuchen entdeckte er das Gesetz, daß die von freifallenden Körpern durchlaufenen Räume sich wie die Quadrate der Zeiten verhalten und daß der Fall in der Ersten Secunde etwas weniges über 15 pariser Fuß*) betrage. Fällt also ein Körper in 1 Sec. = 15 Fuß, so fällt er in der 2ten durch einen Raum von 4 mal 15 Fuß und man erhält folgendes Schema.

Zeiträume in Secunden:	1	2	3	4	5	6	7	8
Quadrate . .	1	4	9	16	25	36	49	64
Fallräume in pariser Fuß .	15	60	135	240	375	540	735	960

u. s. w.

Hieraus nun, nämlich aus der Fallkraft oder Fallgeschwindigkeit der Gegenstände auf der Oberfläche der

*) Unterm Aequator = $15,_{0513}$ und unterm Pole = $15,_{1331}$ par. F.; also im Mittel = $15,_{0922}$, d. i. fast $15^1/_{10}$ p. F. Man pflegt mit der Attwood'schen Maschine die Fallexperimente anzustellen.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

Erde, sowie aus den uns bereits bekannten Verhältnissen der Erdmasse und des Erdhalbmessers zu den Massen und Halbmessern der übrigen Körper unsers Sonnensystems können wir in Folge des Gravitationsgesetzes auch den Fallraum berechnen, welchen ein an den Oberflächen dieser Körper fallender Gegenstand braucht, was insofern wichtig ist, weil wir dann das Verhältniß des Gewichts auf unserer Erde zu dem auf den übrigen Weltkörpern ermitteln können. Setzen wir nun voraus, daß jede Himmelskugel eine gleichförmige Dichtigkeit hat, so werden wir die Fallhöhe und den Fallraum eines Weltkörpers dadurch erhalten, daß wir seine Masse, ausgedrückt im Verhältniß zur Erdenmasse, durch das Quadrat seines Halbmessers, dessen Größe wir gleichfalls in Erdhalbmessern ausdrücken, dividiren.

Ein Beispiel wird die Sache verdeutlichen.

Es ist uns schon nach dem vorigen §. bekannt, wie sich die Sonnenmasse zur Erdmasse verhält. Wir hatten dreierlei Angaben und wählen die abgerundete 350,000 : 1; also, die Erde als Einheit betrachtet, enthält die Sonne 350,000 Erdeinheiten. Ferner ist der Durchmesser der Sonne, wie wir ebenfalls wissen, 190,000 Meilen, mithin ihr Halbmesser = 95,000. Der Halbmesser der Erde aber ist 860 Meilen; diese dividirt in 95,000 = 110. Demnach ist der Sonnenhalbmesser 110 mal größer, als der Erdhalbmesser, also das Verhältniß 110 : 1, den Erdhalbmesser abermals als Einheit betrachtet.

Nun soll ich, weil von der Sonne die Rede ist, ihren Halbmesser, den wir in Erdhalbmessern ausgedrückt haben, auf's Quadrat erheben; also $110 \times 110 = 12100$ dividirt in 350,000 = $28/_9$, multiplicirt mit 15 (Fuß unserer Fallhöhe auf der Erde) = 433 oder abgerundet 430 Fuß. Daraus geht hervor, daß ein Körper, der auf unserer Erde z. B. 1 Pfund wiegt, auf der

Sonne 430 Pfund wiegen muß. Da sich indessen die Verschiedenheit des Gewichts auf den verschiedenen Weltkörpern, wie sich von selbst versteht, durch eine irdische Wage nicht nachweisen läßt, weil z. B. ein Gewichtstein von 1 Pfund auf der Sonne auch 430 Pfund wiegen würde: so ist es wohl der Sache angemessener, wenn man anstatt Schwere oder Gewicht lieber das Wort Druck gebraucht und sagt z. B. daß ein irdischer Körper, der mit einer Kraft von Einem Pfunde auf seine Unterlage drückt, auf der Sonne mit einer Kraft von $28,_9$, d. h. $28\frac{9}{10}$ Pfund, — (wie uns das Quadrat des Halbmessers, dividirt in die Sonnenmasse angab) — auf seine Unterlage einen Druck ausübt. —

Die Fallgeschwindigkeit

1) auf der Sonne ist also weit größer, als die Geschwindigkeit einer Flinten- oder Kanonenkugel;

2) auf Merkur in der ersten Secunde $= 8,_7$ par. Fuß, und die Schwere $= 0,_{58}$, d. h. 58 Pfund auf Merkur sind gleich 100 Pfund auf der Erde;

3) auf der Venus $= 14,_{87}$ Fuß, also etwas geringer, als bei uns;

4) auf der Erde $= 15$ Fuß;

5) auf dem Mars, die Hälfte so groß, als bei uns, mithin ungefähr $7,_5$.

6) Planetoiden unbekannt.

7) Jupiter. In der ersten Secunde fallen auf ihm, seiner 4 bis 5 mal lockern Bestandtheile ungeachtet, die Körper $38,_8$ pariser Fuß wegen seiner großen Masse;

8) auf dem Saturn beträgt die Fallgeschwindigkeit ungefähr $14,_5$ par. Fuß in der ersten Sec. und

9) auf dem Uranus $= 11,_5$ par. Fuß, 100 Pf. Erdengewicht würden auf ihm $76\frac{3}{10}$ Pfund wiegen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Dies mag genug sein, dem Leser wenigstens im Allgemeinen gezeigt zu haben, wie man die Massen der Himmelskörper, ihre Dichtigkeiten und Fallgeschwindigkeiten berechnen kann, und wie wichtig es ist, daß uns Newton das Gesetz der allgemeinen Schwere hat kennen lernen, wodurch wir in den Stand gesetzt werden, die Sonne und ihre Planeten gleichsam auf einer Wage abzuwägen, ihre Gewichte zu bestimmen, ja sogar die Dichtigkeit ihres Stoffes anzugeben, woraus sie der Weltenschöpfer geschaffen hat, und überhaupt uns Conjecturen oder Muthmaßungen in Bezug auf den gestirnten Himmel hinzugeben, die einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit haben und die den Denker in Staunen und Verwunderung versetzen.

Zugleich wird aber auch der Leser die Ueberzeugung gewonnen haben, daß den Ergebnissen voller Glaube beizumessen ist, welche die Männer vom Fache bei ihren oft höchst mühsamen Untersuchungen und Berechnungen gefunden haben, — und daß dies um so mehr ohne Bedenken geschehen kann, je weniger zu verkennen ist, daß Alle der Hauptsache nach in ihren gefundenen Resultaten übereinstimmen, sei es auch, daß diese Resultate in Kleinigkeiten und Unbedeutendheiten bisweilen von einander abweichen. —

27.

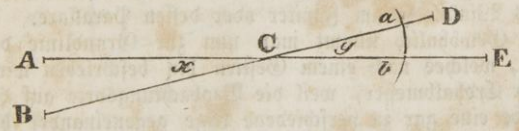
Die Parallaxe der Gestirne.

Wir haben oben §. 10 die mittlere Entfernung der Planeten von der Sonne nach dem kosmischen Gesetze in runden Zahlen angegeben, dann §. 15 die größte, mittlere und kleinste Entfernung, wie dieselbe nach der in neuester Zeit möglichst genau bestimmten Sonnenparallaxe mit zu Grundelegung des dritten kepler'schen Gesetzes ermittelt worden ist. Es fragt sich nun: Was versteht man unter dem Ausdrucke Paral-

lare? — Wie wird dieselbe bestimmt? — Wie berechnet man vermittelst derselben die Entfernung und den Durchmesser der Gestirne? — Welches sind die Parallaren sämmtlicher Planeten — und ihre scheinbaren, und daraus hergeleiteten wahren Durchmesser?

Diese 4 Fragen wollen wir im Folgenden zu beantworten suchen. —

I. Das Wort Parallaxe*) heißt eigentlich die Veränderung oder Verschiebung nebeneinander befindlicher Gegenstände, die Ortsveränderung. In der Sternkunde benennt man so den Unterschied der beiden Winkel eines Dreiecks, unter welchen man aus den beiden Endpunkten dieser Winkel den Punkt im dritten Winkel sieht, oder umgekehrt diesen 3. Winkel, aus welchem ein Auge die Grundlinie, auf die das △ gedacht oder beschrieben wird, erblickt. Es ist also die Parallaxe überhaupt eine solche Veränderung der Gegenstände, wenn man einen Körper, der von zwei verschiedenen Standorten aus beobachtet wird, auch an zwei verschiedenen Stellen gewahrt. Ein Beispiel wird die Sache deutlich machen.



Es seien A und B zwei Standorte, C ein kleines Haus und DE zwei hohe Bäume. Stehe ich in A, so sehe ich gerade vor mir das Haus C und hinter demselben dem Baum E. Verwechsele ich nun aber mei-

*) παράλλαξις von παραλλάσσω, ich erzeuge einen Wechsel bei nebeneinander stehenden Dingen, ich verschiebe eins vom andern.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

nen Standort A und trete auf die Stelle B, so ist es natürlich, daß ich das Haus nun mit dem Baume D in einer geraden Linie erblicke. Die Veränderung aber, da ich zuerst das Haus C mit dem Baume E und dann mit dem Baume D in einer Gesichtslinie sehe, heißt die Ortsveränderung oder Parallaxe. Ziehe ich aus den beiden Standorten AB durch das Haus C nach den Bäumen DE gerade Linien: so entstehen diesseits und jenseits des Hauses zwei Winkel x und y, von welchen x die Parallaxe ist. Der Winkel x ist aber dem Winkel y gleich, — und das Maß dieses Winkels ist der Bogen a und b zwischen den Bäumen D und E. Soviel Grade oder Minuten dieser Bogen hat, soviel hat deren folglich auch der parallaktische Winkel x.

Wenden wir nun obiges Beispiel auf den Himmel an! A und B seien zwei Standorte auf der Erde, die weit auseinander liegen; C sei der Planet Jupiter und DE zwei Fixsterne am Himmel. Sieht nun der Beobachter A den Jupiter beim Sterne E und der Beobachter B denselben beim Sterne A, so gibt natürlich der Bogen zwischen den Sternen D und E die Größe des Winkels y am Jupiter oder dessen Parallaxe.

Gewöhnlich nimmt man nun zur Grundlinie des △, welches nach einem Gestirn hin beschrieben wird, den Erdhalbmesser, weil die Beobachtungsorte auf der Erde eine gar zu verschiedene Lage gegeneinander haben. Die beiden Endpunkte gedachter Grundlinie sind aber der Mittelpunkt der Erde selbst, und der Punkt des Beobachters auf der Oberfläche derselben. Es wird daher der Ort eines Planeten da am Himmel durch Rechnung bestimmt, wo man ihn gewahren würde, wenn er vom Mittelpunkte der Erde aus erblickt werden könnte. Indem wir nun auf der Oberfläche der Erde wohnen, so erhalten wir nun zwei verschiedene Standörter, aus denen der Planet betrachtet werden

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

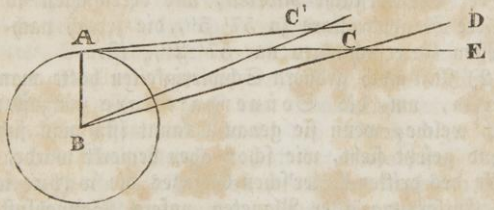
kann, einen wahren und einen eingebildeten. Diese beiden Oerter liegen, wie schon bekannt, 859,4 Meilen auseinander. Von selbst versteht sich's demnach, daß, wenn wir, nach der vorhergehenden Figur, den Standort B als den Mittelpunkt der Erde annehmen, der zu beobachtende Planet den beiden Beobachtern A und B an 2 verschiedenen Stellen des Himmels D und E erscheinen muß.

Da man jedoch aus dem Mittelpunkte der Erde keine unmittelbare Beobachtungen anstellen kann: so fragt sich nun

II. wie die Astronomen bei Bestimmung der Gestirnparallaxe verfahren.

Man nimmt zweierlei Arten von Parallaxen an, nämlich die Höhenparallaxe und die Horizontalparallaxe.

Um beide Parallaxen deutlich zu begreifen, müssen wir unsere vorhergehende Figur noch etwas anders gestalten.



Dieser Kreis bezeichne die Erdkugel. Der Beobachter A sehe den Mond C beim Sterne E: so steht für A der Mond im Horizonte, B aber sieht ihn in D. Der Winkel bei C ist also die Horizontalparallaxe. Erhebt sich nun der Mond C und tritt aus dem Horizonte des A heraus, so wird die Parallaxe kleiner, und man nennt daher, wenn er im Punkte C' steht, diesen Winkel die Höhenparallaxe, die immer klei-

ner wird, je höher der Mond steigt und zuletzt ganz mit dem Zenith des Beobachters zusammenfällt. Aus der gefundenen Höhenparallaxe aber kann die Horizontalparallaxe, die man bei den nöthigen Berechnungen ausschließlich zum Grunde legt, abgeleitet und berechnet werden.

Die wichtigsten Horizontalparallaxen der beiden uns am Himmel am größten scheinenden Gestirne sind die der Sonne und des Mondes.

1) Um letztere zu ermitteln, stellte im Jahre 1751 der Abt de la Caille auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung an der südlichsten Spitze Afrika's und der damals 19 jährige de la Lande aus Paris zu Berlin, natürlich zu einer und derselben Zeit, Beobachtungen und Messungen in Bezug auf die Mondparallaxe an. Von diesen beiden Standörtern, die im 11 nnd 13° östlich vom pariser Meridian und über 1200 Meilen weit von einander entfernt liegen, dachten sich die Beobachter Linien nach dem Monde hin, maßen dann mit dem Quadranten die Winkel, welche diese Linien auf der Erdoberfläche bildeten, und berechneten so die mittlere Mondparallaxe zu 57′ 5″, die jedoch nach den neuesten Untersuchungen nur 57′ 2″,$_2$ ist.

2) Mit noch größern Schwierigkeiten hatte man zu kämpfen, um die Sonnenparallaxe aufzufinden, durch welche, wenn sie genau bekannt ist, man sich in Stand gesetzt sieht, wie schon oben bemerkt wurde, mit Hülfe des dritten kepler'schen Gesetzes die wahre mittlere Entfernung aller Planeten unsers Sonnensystems zu ermitteln.

Es wird für den Freund der Sternkunde nicht uninteressant sein, hier mit der Geschichte der Auffindung der Sonnenparallaxe bekannt zu werden.

Schon die ältesten Himmelsbeobachter, obgleich sie eine ganz falsche Vorstellung von unserer Sonnenweltordnung hatten, bemühten sich auf verschiedene Weise, die Sonnenparallaxe aufzufinden.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Pythagoras (um 500 vor Chr.) schätzte die Entfernung der Sonne von der Erde auf 3 Mondweiten, während deren doch über 400 sind. Aristarch (um 250 vor Chr.) bestimmte zufolge eigner Beobachtungen die Sonnenparallaxe auf 3 Minuten, also über 18 mal größer, als sie in der That ist; Ptolemäus nahm sie zu 2′ 50″ an, und auch der berühmte Tycho behauptete, daß sie nicht kleiner, als 3 Min. sei, wogegen Kepler sie zu 1 Min., also 7 mal zu groß annahm. Näher der Wahrheit kam Cassini, der sie im J. 1671 auf eine sinnreiche Weise zu 9½ Secunden bestimmte. Erst der berühmte Halley machte im J. 1677 darauf aufmerksam, daß man die Sonnenparallaxe mit großer Sicherheit ermitteln könne, wenn die Vorübergänge der Venus vor der Sonnenscheibe an verschiedenen dazu passenden Orten der Erde beobachtet würden; denn bei einem solchen Vorübergange könnten die Beobachter die Venus auf verschiedenen Punkten der Sonnenscheibe kürzere oder längere Umkreislinien, je nach dem Stande des Beobachters, beschreiben sehen; desgleichen würde die Berührungs-, Eintritts-, Verwickelungs- und Austrittszeit für die verschiedenen Beobachtungsorte verschieden sein. Würden nun alle Unterschiede auf den Mittelpunkt der Erde reducirt, so müßte die Dauer des Durchgangs aus sämmtlichen Beobachtungen gleich herauskommen.

Hieraus erhellt also, daß weder die Sonnenparallaxe, noch die Venusparallaxe unmittelbar durch Beobachtung gefunden werden kann, sondern daß sich aus dem Unterschiede beider die erstere berechnen läßt.

Der erste Venusdurchgang war von Halley auf den 26. Mai alten Styls oder auf den 6. Juni neuen Styls des J. 1761 zum Voraus berechnet. Die Astronomen bereiteten sich für die Beobachtung dieser Erscheinung sorgfältig vor, und es wurden Beobachtungen unter Anderm angestellt auf dem Vorgebirge der guten

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Hoffnung, in Upsala, zu Cajaneburg in Finnland, zu Stockholm und Tobolsk; allein an vielen Orten gelangen die Beobachtungen fast gar nicht, an andern nur dürftig. Jedoch führten die Berechnungen auf eine Parallaxe zwischen 8″ und 9″; allein dieß gibt eine Differenz von 2864,$_8$ Erdhalbmessern oder von mehr als 2,460,000 Meilen.

Mit Ungeduld erwartete man daher den zum Voraus berechneten abermaligen Venusdurchgang am 3. Juni 1769. Mehr als 150 Astronomen beobachteten an mehr als 80 verschiedenen, zum Theil weit auseinander gelegenen Orten der Erde.

Die Fürsten aller gebildeten Nationen Europa's scheuten keine Kosten, die Astronomen zur Erreichung des für die Wissenschaft höchst wichtigen Zweckes großmüthigst zu unterstützen. Ganz besonders zeichneten sich die Monarchen Frankreich's, England's, Rußland's (Catharine) *) und Dänemark's auf eine ruhmwürdige Weise aus. In Lappland, am europäischen Nordcap, in Otahaite, in Californien, an der Hudsonsbai, im tiefen Sibirien, in China (Peking) und an andern Orten wurden Beobachtungen des seltnen Ereignisses angestellt.

Begünstigt wurde dieses große Unternehmen noch durch eine Sonnenfinsterniß, die wenige Stunden nach dem Venusdurchgang erfolgte, ein Naturereigniß von der größten Wichtigkeit für die Längenbestimmung einer beträchtlichen Anzahl von Orten, an welchen die Berührungen der Venus des Sonnenrandes beobachtet wurden. Auch auf diese Sonnenfinsterniß richteten die ausgesendeten Beobachter ihre Aufmerksamkeit an 59 Beobachtungsorten.

---

*) Sie war nicht blos Freundin, sondern Kennerin der Astronomie und stellte selbst astronomische Beobachtungen an.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Als nun die Beobachtungsresultate bekannt wurden, so fand sich auch eine große Anzahl von Männern, welche die Berechnungen derselben übernahmen. Indessen fielen letztere verschieden aus und es entstand ein Streit unter den Berechnern, da der Wiener Astronom, Pater Hell, der in Wardhus *) auf Kosten des Königs von Dänemark beobachtet hatte, seine Beobachtungen fast ein Jahr lang verheimlichte und sich als einen Menschen von niedrigem Charakter zeigte, so daß man ihm Schuld gab, er habe seine Beobachtungen corrigirt, was sich späterhin durch die Auffindung des Hell'schen Tagebuchs auch als wahr herausgestellt hat. — Die damaligen Berechner fanden eine Parallare von $8''_{43}$ bis $8''_{83}$, also noch sehr unsicher.

Nach so bewandten Umständen übernahm es der berühmte Encke, früher Director der Sternwarte Seeberg bei Gotha, nochmals alle gemachten Beobachtungen beim Venusdurchgange von 1761 und 1769 einer strengen Berechnung zu unterwerfen, und er hat sich diesem Geschäfte mit einer Umsicht und Sorgfalt unterzogen, die in Bewunderung versetzt, wenn man die beiden darüber gelieferten Werke: „Die Entfernung der Erde von der Sonne aus dem Venusdurchgange 1761. Gotha (Becker) 1822" und „Der Venusdurchgang von 1769 (ebendas.) 1824" nur zur Hand nimmt. Sein mitgetheiltes Resultat der mittlern

*) Wardhus (eigentlich Wardöehus), die nördlichste Festung Europa's auf der Insel Wardöe im nördlichen Lappland 17° nördl. Br. und 29 östl. L. von Paris, — desgleichen Otaheite im 17° südl. Br. und 220 L. waren, da beide Punkte mehr als 1300 geogr. Meilen von einander entfernt liegen, die wichtigsten Beobachtungsplätze. Die Wardhuser Beobachtung war unter allen auch am vollständigsten gelungen. In Otahaite beobachtete der berühmte Weltumsegler Cook, der gleichfalls von der Witterung sehr begünstigt wurde. —

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Horizontal-Sonnenparallaxe am Aequator ist $= 8''_{,5776}$ mit dem wahrscheinlichen Fehler $= \pm 0,''_{0370}$, d. h. entweder $\frac{370}{10000}$ Secunden zuviel oder zu wenig. Nach der vor Kurzem erfolgten Wiederauffindung des Hell'schen Tagebuchs ist dieselbe zu $8'',_{569}$ bestimmt.

Für die Zukunft wird auch die geringe, noch von $\frac{740}{10000}''$ begränzte Ungewißheit wegfallen, wenn die Großen der Erde einen gleichen ruhmwürdigen Eifer bethätigen, wie ihre erhabenen Ahnen; an Männern, die für die Wissenschaft glühen und für dieselbe auch das schwerste Opfer bringen werden, wird es gewiß nicht mangeln. Die nächsten 5 Venusdurchgänge sind: 1874 den 8. Dec., 1882 am 6. Dec. Diese beiden Durchgänge werden im Vergleich mit dem von 1769 so ungünstig sein, daß nur die höchste Vervollkommnung der Instrumente und Beobachtungskunst diesen Nachtheil auszugleichen vermag. Im nächsten, also zwanzigsten, Jahrhundert wird gar kein Venusdurchgang stattfinden; die darauf folgenden sind dann 2004 am 7. Juni, 2012 am 5. Juni und 2117 am 11. Dec.

III. Die Horizontalparallaxen der Sonne und des Mondes haben wir nun; es fragt sich daher noch, wie vermittelst derselben sowohl die Entfernung, als die Größe der Sonne und des Mondes berechnet werden kann.

1) Berechnung der Entfernungen.

Wir haben bereits oben §. 5, S. 25, ersehen, was man unter der Constante ω verstehe. Dies ist nämlich die Zahl $206264,_8$, die man bei den Berechnungen gemeiniglich in 206260 abzurunden pflegt. Dividirt man nun mit der in Secunden aufgelösten Parallaxe in diese Zahl, so erhält man einen Quotienten, der Erdhalbmesser bedeutet, jeden bekanntlich zu $859,_4$ Meilen angenommen. Noch kürzer verfährt man daher, wenn man sogleich die Constante ω mit dem Erd-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

halbmesser multiplicirt, also 206260 × 859,$_4$ = 177,257,844 Meilen. Diese Zahl pflegt man abzurunden in 177,258,000 und man kann sie die Meilen-Constante des Erdhalbmessers nennen. Ist nun, wie wir vorhin gesehen haben, die Mondparallare = 57′ 2″,$_2$ oder = 3422″,$_2$: so ist die mittlere Entfernung des Mondes = 177,258,000 : 3422,$_2$ = 51,800 M.

Die Sonnenparallare ist, wie wir wissen, = 8″,$_{569}$, also 177,258,000 : 8569 = 20,686,000 Meilen, welche bereits oben bei den Angaben der mittlern Entfernungen der Planeten zur Grundlage der Berechnungen gedient hat.

2) Berechnung der Größen.

Auch die Größen der Gestirne können mit Hülfe der Parallaren bestimmt werden, wenn man den scheinbaren Durchmesser eines jeden Weltkörpers kennt, und diese scheinbaren Durchmesser sind alle gemessen vermittelst der bereits oben erwähnten Instrumente, die man Heliometer und Mikrometer nennt.

Der Beobachter eines Gestirns denkt sich nämlich von seinem Standpunkte aus einen Kreis am Himmel, in dessen Peripherie das Gestirn steht. Da aber ein Kreis 360° oder 21600′ oder 1,296,000″ hat: so erhalte ich nun mit den so eben erwähnten Instrumenten das Maß, wieviel der Durchmesser der zu messenden Scheibe des Gestirns als ein Theil jenes eingebildeten Kreises an Graden, Minuten oder Secunden enthält. Dieser Durchmesser heißt der scheinbare im Gegensatze des wahren, der aus dem scheinbaren auf folgende Weise hergeleitet wird.

Die Parallare ist, wie bekannt, die Hälfte des Winkels, aus welchem ein Auge in diesem halben Winkel die Hälfte des Erddurchmessers oder den Erdhalbmesser erblickt; also die doppelte Horizontalparallare ist der Winkel, aus welchem ein Auge den ganzen Erd-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

durchmesser gewahrt. Die mittlere Horizontalparallaxe des Mondes ist aber, wie bekannt, $57^0\ 2''_{,2}$, mithin die doppelte $= 1^0\ 54'\ 4''_{,4}$. So groß würde demnach einem irdischen Auge im Monde der Durchmesser der Erde erscheinen. Der scheinbare Monddurchmesser, von der Erde aus gesehen und gemessen, ist nun $= 31'\ 3''_{,38}$. Wir erhalten daher folgende Proportion: „Wie sich der scheinbare Erddurchmesser zum wahren Erddurchmesser, den wir $= 1$ setzen, verhält: so verhält sich der scheinbare Monddurchmesser zum wahren $= x''$. Der scheinbare Erddurchmesser, vom Monde aus gesehen, war $= 1^0\ 54'\ 4''_{,4}$, aufgelöst $= 6844''_{,4}$; der scheinbare Monddurchmesser, von der Erde aus gesehen, war $= 31'\ 3''_{,38}$, aufgelöst $= 1833''_{,38}$. Wir erhalten daher folgendes Regeldetrierexempel: $— 6844''_{,4} : 1 = 1863''_{,38} : x$; mithin $186338 : 68444 = 0_{,2722}$ Erddurchmesser $\times$ mit $1718_{,8}$ Meilen, folglich ist der wahre Durchmesser des Mondes $= 467_{,85}$ oder in runder Zahl $= 468$ Meilen.

Auf gleiche Weise wird der wahre Sonnendurchmesser ermittelt. Der scheinbare*) ist $= 32'\ 0''_{,88}$ oder $1920''_{,88}$. Die doppelte Horizontalparallaxe oder der scheinbare Erddurchmesser, von der Sonne aus gesehen, ist $= 17''_{,138}$; also $17138 : 1 = 192088 : x$; $x = 112_{,08} \times 1718_{,8} = 192{,}643$ geogr. Meilen. —

IV. Welches sind nun die Parallaxen sämmtlicher Planeten, welches ihre scheinbaren und wahren Durchmesser? —

1) Es sollen nun hier noch die Horizontalparallaxen sämmtlicher Planeten, insofern sie bekannt sind, angegeben werden, und zwar, da sie der Erde bald nahe,

*) Nämlich der mittlere scheinbare; der kleinste ist am 2. Juli $= 31'\ 29''_{,2}$, der größte am 1. Januar $= 32'\ 33''_{,7}$.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

bald entfernt stehen, die mittlere, mit deren Hülfe die Durchmesser berechnet werden, sowie die kleinste und größte, um darnach die Abstände der Planeten, in ihrer größten und geringsten Weite von der Erde, ermitteln zu können. Dadurch wird der Leser in den Stand gesetzt werden, selbst nachrechnen zu können.

Die Horizontalparallaxen.

	mittlere	kleinste	größte	Entfernungen von der Erde in Meilen	
				größte.	kleinste.
Sonne	8″,569	″	″	21,034,901	20,338,299
Merkur	8″,576	5,8	16,6	30,500,000	10,500,000
Venus	8″,567	4,9	34,0	36,000,000	5,200,000
Mars	5″,621	3,2	23,6	55,000,000	7,500,000
Vesta		2,4	7,7	74,000,000	23,000,000
Juno		1,96	8,4	90,000,000	21,000,000
Pallas		1,95	7,3	91,000,000	24,000,000
Ceres		2,1	5,6		31,500,000
Jupiter	1″,629	1,3	2,1	133,000,000	82,000,000
Saturn	0″,899	0,7	1,0	229,000,000	165,500,000
Uranus	0″,443	0,43	0,48	435,000,000	357,000,000
Mond	57°2″,2				

Die Entfernungen sind, wie ersichtlich, blos in runden Summen angegeben; es folgen nun

2) die scheinbaren und wahren Durchmesser, insofern dieselben bekannt sind.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Die scheinbaren und wahren Durchmesser.

	kleinster.	größter.	mittlerer.	wahrer in Meilen.
Sonne	31′29″,2	32′33″,7	32′0″,88	192,000
Merkur	4″,4	12″,6	6″,69 (Bessel)	671
Venus	9″,3	64″	17″,1 (Mädler	1717
Mars	3″,3	23″	5″,8	892
Vesta	0″,17	0″,53		60 (nach Schröter's Vermuthung.)
Juno	0″,71	3″,19		310
Pallas	1″,07	4″,17		450
Ceres	0″,87	2″,27		350
Jupiter*)	30″	46″	38″,4 Aequat.	20,018
			35″,6 Polar.	18,524
			36″,5 mittlerer	19,270
Saturn*)	14″,7	20″,3	17″,053 Aeq.	16,305
			15″,381 Pol.	14,696
			16″,217 mittl.	15,500
Uranus	3″,5	4″,5	3″,9	7,466
Mond			31′3″,88	468

3) Wie man nun, wenn der wahre Durchmesser eines Gestirns bekannt ist, die Größe seines Aequators, seine Oberfläche und seinen Körpergehalt berechne: das ist bereits oben S. 22 gezeigt worden.

---

*) Jupiter und Saturn sind, wie aus dem Vergleiche ihrer Polardurchmesser mit den Aequatorialdurchmessern hervorgeht, stark abgeplattet.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

28.

Erklärung merkwürdiger Erscheinungen und Wahrnehmungen in Bezug auf unsern Erdkörper.

1) Die Jahreszeiten.

Bekannt sind uns die Jahreszeiten unter der Benennung Frühling, Sommer, Herbst und Winter. Sie rühren blos von der schiefen Neigung der Erdachse gegen die Erdbahn her, und fände eine solche Neigung nicht statt, so würden nicht nur Tag und Nacht auf der ganzen Erde fortwährend gleich sein, sondern wir würden auch keine verschiedenen Jahreszeiten haben, weil dann die Erde in ihrer Bewegung um die Sonne den Aequator des Himmels nie verlassen würde. Diese Neigung der Erdachse gegen die Erdbahn beträgt 23° 28′ oder abgerundet 23½°. Um sich die Sache zu veranschaulichen, kann man sich folgenden Experiments mit dem Erdglobus bedienen.

Ein solcher Globus ist bekanntlich in einem metallenen Ringe befestigt, der, in 360° abgetheilt, der Meridian heißt. Dieser Ring ist in ein Gestell eingesenkt, so daß er mit dem Globus auf- und niederbewegt werden kann. Die breite Oberfläche des Gestells stellt die Ebene des Horizontes vor, auf welchem die Himmelsgegenden, die Länge der Sonne für jeden Tag u. s. w. verzeichnet sind. Die Achse des Globus ist mit ihren beiden Polen, dem Nord- und Südpole, in dem erwähnten metallenen Ringe befindlich, desgleichen ist am Nordpole ein kleiner in 24 Stunden abgetheilter Ring befestigt, der die Rose heißt. Auf dem Globus ist der Aequator verzeichnet, dem zu beiden Seiten die sogenannten Wendekreise parallel laufen, und zwischen diesen Wendekreisen ist die Schiefe der Ekliptik angegeben.

Die beiden Wendekreise, — von denen der nördliche der Wendekreis des Krebses (tropicus cancri),

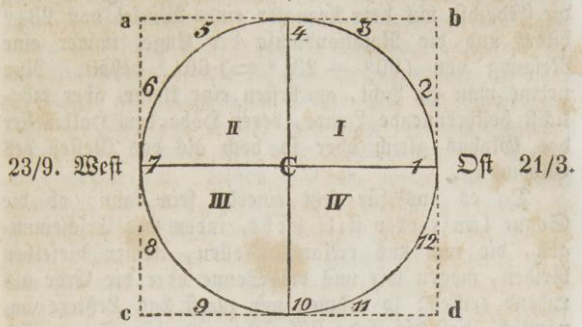
Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

der südliche der Wendekreis des Steinbocks (tropicus capricorni) heißt, auch beide unter dem Namen der Solstitien (Stillstandspunkte der Sonne) bekannt sind, weil in ihnen die Sonne in ihrer größten Entfernung vom Aequator gleichsam einige Tage still zu stehen scheint, um sich sodann dem Aequator wieder zuzuwenden, — schließen die Tropenländer oder die heiße Zone ein, deren Breite 47^0, also das Doppelte der Neigung der Erdachse enthält. Die Strecke von beiden Polen bis zum $23\frac{1}{2}{}^0$, also abermals soviel, als die Neigung der Erdachse beträgt, nennt man die Polarkreise oder die kalten Zonen. Zwischen den Polarkreisen bis zu den Wendekreisen, also $90^0 - (2 \times 23\frac{1}{2}{}^0 =) 47 = 43^0$ breit, ist jede der gemäßigten Zonen. Auf die Erdfläche zwischen dem Aequator und den Wendekreisen fallen die Sonnenstrahlen senkrecht oder die Sonne steht den Bewohnern dieser Gegend im Zenith. Auf die Fläche von den Wendekreisen bis zu den Polarkreisen wirft aber die Sonne ihre Strahlen nur schräge und noch schräger auf die Gegenden von den Polarkreisen bis zu den Polen. Da man nun vom Aequator an nach den Polen zu 1 bis 90^0 zählt, so geht demnach die heiße Zone zu beiden Seiten des Aequators von 1 bis $23\frac{1}{2}{}^0$, die mittlere von $23\frac{1}{2}{}^0$ bis $66\frac{1}{2}{}^0$ und von da die kalte bis 90^0.

Um sich nun einen deutlichen Begriff von dem Wechsel der Jahreszeiten zu machen, nehme man einen Globus und richte sich einen Tisch nach folgender Figur ein.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

21/6.



22/12.

abcd stelle den einzurichtenden Tisch vor. Mit Kreide zeichne man einen Kreis auf denselben und theile diesen Kreis in 4 Quadranten I., II., III. und IV. Jeder Quadrant wird wieder in 3 Theile abgetheilt und jeder Theil mit einem Sternbilde bezeichnet, und zwar der Quadrant I mit 1) Widder, 2) Stier, 3) Zwilling (Frühlingszeichen); Quadrant II mit 4) Krebs, 5) Löwe, 6) Jungfrau (Sommerzeichen); III mit 7) Wage, 8) Scorpion, 9) Schütze (Herbstzeichen); IV mit 10) Steinbock, 11) Wassermann, 12) Fische (Winterzeichen). Man kann diese Sternbilder leicht nach folgendem Memorialvers merken: Widder, Stier und Zwillingsbrüder, bringen uns den Frühling wieder; Krebs und Löw' und Jungfrau geben uns das sommerliche Leben; Wage, Scorpion und Schütze mindern uns im Herbst die Hitze; Steinbock, Wassermann und Fische machen winterliche Frische.

Auf die Mitte C eines so eingerichteten Tisches stelle man nun in einem dunklen Zimmer einen Globus

und richte den metallenen Meridianring dergestalt, daß die Erdachse mit dem Aequator einen Winkel von $23\frac{1}{2}^0$ bildet und die Rotationsachse der Kugel immer eine Neigung von $(90^0 - 23\frac{1}{2}^0 =)\ 66\frac{1}{2}^0$ behält. Nun nehme man ein Licht, am besten eine kleine, aber möglichst hellbrennende Lampe, deren Höhe dem Halbmesser des Globus gleich oder so hoch als das Gestell des Globus ist.

Da es uns für jetzt einerlei sein kann, ob die Sonne läuft oder still steht, indem die Erscheinungen, die wir uns erklären wollen, immer dieselben bleiben, mögen wir uns die Sonne oder die Erde als ruhend denken: so nehmen wir zuerst das Letztere an, nämlich, daß die Erde still stehe und die Sonne sich um dieselbe jährlich bewege, also daß auch unser Erdglobus stillstehe und sich die Erdachse fort und fort nach Norden richte.

Stellen wir nun unsere Lampe in 1 oder das Zeichen des Widders, so werden wir sehen, daß die eine Hälfte der Kugel, und zwar vom Nordpole bis zum Südpole, erleuchtet, die andere Hälfte im Schatten befindlich ist. Die Beleuchtungsgrenze geht also durch beide Pole, was den 21. März geschieht. Auf der ganzen Erde ist Tag und Nacht gleich, was recht augenfällig wird, wenn man den Globus um seine Achse dreht. Man nennt dies die Frühlingstag- und Nachtgleiche (Frühlingsäquinoctium). Schieben wir nun die Lampe aus dem Zeichen 1 in 2, so gewahren wir, wie der Südpol, der bis jetzt nur zur Hälfte im Schatten stand, immer mehr in den Schatten tritt, während der Nordpol weiter aus dem Schatten heraustritt. Kommt nun die Sonne zum 4ten Zeichen am 21. Juni (Krebs), so liegt der ganze Nordpol im Lichte, der Südpol im Schatten; die Bewohner der nördlichen Erdhemisphäre haben den längsten Tag und die kürzeste Nacht, der Sommer nimmt bei ihnen den Anfang, während auf

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

der südlichen Hemisphäre das Gegentheil stattfindet, nämlich Wintersanfang. Für alle Bewohner der nördlichen Halbkugel sind daher die Tagebogen länger, als die Nachtbogen, sowie für die Bewohner der südlichen Halbkugel die Tagebogen kürzer und die Nachtbogen länger. Da die Sonne um diese Zeit stillzustehen scheint, so nennen wir diese Erscheinung das Sommersolstitium. Lassen wir nun unsere Lampe durch 5 und 6 bis zu 7, dem Zeichen der Wage, gehn, so ist abermals Tag- und Nachtgleiche auf der ganzen Erde. Man nennt dies das Herbstäquinoctium, weil nun für uns, am 23. Sept., der Herbst beginnt, während auf der südlichen Hemisphäre der Frühling seinen Anfang nimmt. Immer mehr und mehr tritt nun der Nordpol in den Schatten, der Südpol aber ins Licht, je weiter die Sonne vorwärts geht. Die Tage müssen also für die nördlichen Bewohner immer mehr und mehr ab, sowie ihre Nächte zunehmen.

Rücken wir hierauf unsere Lampe bis zum 10ten Zeichen, dem Steinbock, so sehen wir, wie die Sonne am 21. Dec. zur Erde steht, und zwar wie der Nordpol der Erde ganz von ihr abgekehrt ist, dagegen der Südpol in vollem Lichte steht (Wintersolstitium). Die Sonnenstrahlen fallen senkrecht auf den Wendekreis des Steinbocks. Der ganze Nordpolarkreis liegt im Schatten; wir bekommen die Sonnenstrahlen sehr schräg und haben Wintersanfang, während die Bewohner der südlichen Hemisphäre Sommersanfang haben. Führen wir endlich unsere Lampe durch 11 und 12 zum Zeichen 1 (des Widders), so beginnt für uns der Frühling wieder und das ganze Schauspiel fängt von vorne an.

Befestigen wir nun noch auf dem Breiten- und Längengrad der Kugel, da wo wir ungefähr wohnen, ein kleines Stiftchen und drehen den Globus um seine Achse: so werden wir nicht allein gewahren, wie Tag und Nacht entsteht, sondern nach Maßgabe des Son-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

nenstandes auch sogar bemerken, wie groß der Schatten des Stiftes ist, wenn die Sonne aufgeht, wenn es Mittag ist und wenn sie untergeht.

Jedoch bis jetzt haben wir unsere Erde als stillstehend und die Sonne als laufend betrachtet, was doch in der Natur der Fall nicht ist. Ganz gleiche Erscheinungen werden wir haben, wenn wir nun die Lampe in den Mittelpunkt C auf den Tisch setzen und dagegen unsern Globus auf den bezeichneten Kreis herumführen. Dies muß jedoch dergestalt geschehen, daß der Nordpol des Globus fort und fort nach Norden gerichtet ist und sein Gestell mit den beiden Seiten des Tisches ac und bd in paralleler Richtung bleibt, mithin der Globus vom 4ten bis zum 10ten Zeichen gleichsam rückwärts geschoben werden muß.

Ferner ist zu bemerken, daß nun auch die Zeichen der Ekliptik wechseln. Wir müssen nämlich den Globus auf das siebente Zeichen (die Wage), das dem ersten diametral entgegensteht, stellen und von da aus nach dem achten Zeichen u. s. w. fortrücken, um uns den Frühling zu versinnlichen; denn wenn die Sonne im ersten Zeichen steht, so befindet sich die Erde im siebenten, und steht die Sonne im zweiten, so ist die Erde im achten und so fort. Stellen wir unsern Erdglobus auf das siebente Zeichen, und wir ziehen von demselben nach der Lampe zu eine gerade Linie, so wird dieselbe auf das erste Zeichen treffen. Eben so ist es auch in der Wirklichkeit selbst; die Erdbewohner sagen: die Sonne steht im Widder, oder Erde, Sonne und Widder bilden eine gerade Linie, während die Sonnenbewohner sagen würden: die Erde steht in der Wage, oder Sonne, Erde und Wage bilden eine gerade Linie.

Alles übrige aber bleibt in Bezug auf die Jahreszeiten sich gleich, wie vorher, wenn man sich die Erde als ruhend und die Sonne als laufend denkt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Wunderbar und weise hat also der Schöpfer durch die abwechselnde Neigung der Erdpole gegen die Sonne dafür gesorgt, daß der größte Theil der Erde weder durch eine außerordentliche Hitze, noch durch eine außerordentliche Kälte, die constant oder bleibend ist, je zur Wüste werde. Fände aber diese Neigung nicht statt, so würde es natürlich auch keine Abwechselung der Jahreszeiten geben. Nur ein kleiner Theil der Erde würde bewohnbar sein. Ungefähr in der heißen Zone und den daran grenzenden Ländern würden Menschen leben können; hingegen in den übrigen Theilen der Erde, nach den Polen zu, würde nur Moos und kaum etwas Gras wachsen, und in unserm Deutschland z. B. beständig eine rauhe März- und Septemberwitterung herrschen.

Jedoch woher weiß man denn, wird mancher Leser fragen, daß die Schiefe der Ekliptik $23\frac{1}{2}^0$ oder 23^0 $28'$ oder noch genauer 23^0 $27'$ $30''$ beträgt? —

Wir haben bereits gesehen, daß die Sonne vom Aequator bald gegen Norden, bald gegen Süden absteht, und daß sie sich nur bis auf gewisse Grenzen entfernt, die sie niemals überschreitet. Mißt man nun vermittelst eines Quadranten oder eines Sextanten die Sonnenhöhe zur Zeit der beiden Solstitien, wenn die Sonne im Anfange des Sommers den Wendezirkel des Krebses am 22. Juni und wenn sie im Anfange des Winters den Wendezirkel des Steinbocks am 22. December beschreibt, — so findet man aus den beiden gefundenen Sonnenhöhen die Schiefe der Ekliptik oder die Neigung der Erdachse zur Erdbahn auf folgende Weise. Z. B. die beiden Solstitialhöhen der Sonne wären im Mittel von mehreren Beobachtungen an einem Orte

den 22. Juni 62^0 $30'$ $32''$ Sommersolstitium,
den 22. Dec. 15^0 $35'$ $32''$ Wintersolstitium.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Ziehe ich nun die kleinste Höhe von der größten ab, so bleiben 46° 55′, dividirt durch 2 (weil diese Summe die Entfernung der beiden Wendezirkel von einander ausdrückt) = 23° 27′ 30″ = die Schiefe der Ekliptik. Eben diese Größe erhält man, wenn die Aequatorhöhe des Beobachtungsortes von der Sommersolstitial-Sonnenhöhe abgezogen wird. Ist z. B. die Polhöhe des Beobachtungsortes = 50° 56′ 58″, so ist die Aequatorhöhe 39° 3′ 2″, weil, wie wir oben sahen, diese beiden Höhen = 90° ausmachen; folglich

62° 30′ 32″ beobachtete Sonnenhöhe den 22. Juni
39° 3′ 2″ Aequatorhöhe
—
23° 27′ 30″ Schiefe der Ekliptik.

So groß aber die Schiefe der Ekliptik ist, so groß muß auch der Raum von den Polen bis zu den Polarkreisen oder so groß müssen auch die beiden kalten Zonen sein; denn steht die Sonne im Wendekreise des Krebses, so geht sie den Bewohnern der nördlichkalten Zone nicht unter, während sie den Bewohnern der südlichkalten Zone gar nicht aufgeht. Es muß also unterm Polarkreise, dessen geographische Breite = 90° — 23½° = 66½° ist, der längste Tag, sowie die längste Nacht 24 Stunden dauern; im 68° = 1 Monat, im 70° = 2 Monate; im 73° = 3 Monate; im 79° = 4 Monate; im 84° = 5 Monate und an den Polen im 90° 6 Monate oder ein halbes Jahr, was man sich alles durch das Experiment mit dem Globus und der Lampe veranschaulichen kann, und was durch die Nordpolarreisenden als wahr bestätigt worden ist.

Diese Größe der Ekliptik von 23° 27′ 30″ bleibt sich aber nicht gleich, sondern ist im Abnehmen begriffen, so daß sie in 100 Jahren ungefähr um 49½ Secunde kleiner wird. Die älteste, glaubwürdigste Beobachtung, die uns hinterlassen ist, stammt aus dem Jahre 1100 vor Christo vom Kaiser Tschu-Kong in China, der den Schatten der Sonne im Sommer an einem

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

8 Fuß hohen Gnomon zu $1,_{54}$ Fuß und im Winter zu $13,_{12}$ Fuß fand. Diese Angaben bestimmen nach einer trigonometrischen Berechnung die Schiefe der Ekliptik zu 23° 52′ 0″. Dieselbe ist also um 24½ Minuten größer, als jetzt. 1100 + 1840 Jahre sind aber 2940 J. Dividiren wir nun mit 2940 in 24½ Min., so trägt es auf 1 Jahr gerade ½ Secunde. Da die Schiefe der Ekliptik jetzt 84450 Secunden beträgt, mithin 84450 × 2 = 168,900 halbe Secunden noch fehlen, wenn die Ekliptik mit dem Aequator ganz zusammenfallen soll: so würde diese Zahl 168,900 das Jahr nach Chr. Geburt bezeichnen, wann ein solches Ereigniß auf der Erde stattfände. Es würde demnach in ungefähr 167,000 Jahren Tag und Nacht Jahr aus Jahr ein auf der ganzen Erde gleiche Länge haben und es würde sonach der Zeitpunkt eintreffen, den wir oben andeuteten: nämlich die Jahreszeiten würden gänzlich verschwinden. Eine solche Zeit pries der Franzose, Abt Plüche (in seiner histoire du ciel), als eine wahrhaft glückliche und behauptete, daß eine solche Zeit, wo die Erde ein Elysium war, schon einmal dagewesen sei, nämlich vor der Sündfluth; daher erklärte er das lange Leben jener vorsündfluthlichen Menschen aus der beständigen Heiterkeit der Luft und aus der nie durch den Wechsel der Jahreszeiten unterbrochenen Fruchtbarkeit der Erde. Allein abgesehen davon, daß nach astronomischen Erfahrungen und Berechnungen das Zusammenfallen der Erdschiefe mit dem Aequator zur Zeit der allgemeinen Fluth nicht als möglich, geschweige als wahrscheinlich gedacht werden kann: ist es auch jetzt erwiesen, daß das Abnehmen der Ekliptik nur periodisch ist, d. h. dieses Abnehmen erstreckt sich nur bis auf einen gewissen Punkt und zwar, wie wir jetzt wissen, bis zum 21°, von wo an jene Neigung wieder zunimmt bis zu 28°, wozu jedoch ein Zeitraum von vielen Tausend Jahren erforderlich ist. Man nennt diese kleine

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Aenderung, die mit der Erdachse vor sich geht, die Nutation oder das Schwanken der Erdachse.

Schließlich ist noch zu bemerken, wann die Sonne in jedes der sogenannten himmlischen Zeichen der Ekliptik tritt, nämlich

in das Zeichen 0°

1) ♈ Widder, den 20. März,
2) ♉ Stier, den 20. April,
3) ♊ Zwillinge, den 21. Mai,
4) ♋ Krebs, den 21. Juni,
5) ♌ Löwe, den 23. Juli,
6) ♍ Jungfrau, den 23. August,
7) ♎ Wage, den 23. September,
8) ♏ Scorpion, den 23. October,
9) ♐ Schütze, den 22. November,
10) ♑ Steinbock, den 22. December,
11) ♒ Wassermann, den 20. Januar,
12) ♓ Fische, den 18. Februar.

2) Das Vorrücken oder die Präcession der Nachtgleichen.

Auch dies ist eine höchst merkwürdige, schon den Alten bekannte Erscheinung in unserer Sonnenweltordnung.

Wir haben bereits oben §. 12 über den Thierkreis gesprochen. In diesem Thierkreise oder in seinen 12 Sternbildern liegen nicht nur, wie wir schon wissen, die Bahnen aller Planeten, mit Ausnahme der Planetoiden, sondern auch die Ekliptik oder Erdbahn. Nicht unwahrscheinlich wurden jene Sternbilder zu einer Zeit erfunden, wo ihre Benennungen noch mit den Jahreszeiten im Zusammenhange standen. So wurde zur Zeit Meton's, der 430 J. vor Chr. Geburt lebte, der dritte Stern am linken Horn des Widders (mesarthim) gerade unter dem Frühlingsnachtgleichepunkt gesehen, d. h. der Punkt, wo der Aequator die Ekliptik durch-

schneidet, oder wo die Sonne steht, wenn im Frühling Tag und Nacht gleich ist. Dieser Stern ist seit länger als 2200 Jahren um mehr als ein ganzes Zeichen oder um mehr als 30° von dem Frühlingsnachtgleichepunkt abgerückt, so daß jetzt das Sternbild der Fische da steht, wo zu Meton's Zeiten der Widder stand. Der Ort, wo dieses Sternbild damals am Himmel erschien, wird noch bis jetzt das Zeichen des Widders genannt. Wenn wir daher lesen, daß die Sonne, der Mond und die Planeten in dieses oder jenes Thierkreissternbild treten, so ist das jedesmal von dem Zeichen zu verstehen, wo das Sternbild vormals seinen Stand am Himmel gehabt hat. Heißt es also z. B.: die Sonne tritt den 22. in den Widder oder den 23. Sept. in die Wage, so sind jedesmal die Zeichen dieser Sternbilder gemeint, die man allemal in den vorhergehenden Sternbildern aufsuchen muß. So befindet sich das Zeichen des Widders im Sternbilde der Fische, das Zeichen des Stiers im Widder, das der Zwillinge im Stier u. s. w. Es muß also das Zeichen des Sternbildes und das Sternbild selbst jedesmal genau am Himmel unterschieden werden, was späterhin bei der Astrognosie oder Sternkenntniß gezeigt werden wird.

Hier fragt sich's nur noch: Woher kommt es, daß eine solche Verrückung der Sternbilder am Himmel statt gefunden hat? — Dies kommt daher, weil, wie schon bemerkt, die Nachtgleichepunkte von Morgen gegen Abend, also gegen die Ordnung der Zeichen, d. h. z. B. vom Widder zu den Fischen, vom Stier zum Widder, von den Zwillingen zum Stier u. s. w., fortrücken und zwar jährlich um ungefähr 50¼″ oder nach 71 Jahren um Einen Grad. Dadurch aber wird bewirkt, daß wir die Sonne ein wenig eher an derselben Stelle des Himmels unter den Fixsternen erblicken, weshalb auch das siderische Jahr etwas länger ist,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

als das tropische (vergl. §. 13). Wenn nun, wie wir eben sahen, die Punkte, wo Aequator und Ekliptik sich schneiden, jährlich um $50\frac{1}{4}''$ (genauer $50'',_{233}$) fortrücken, — ein Kreis aber = 1,296,000 Secunden enthält: so werden die Nachtgleichepunkte (1296000 : 50233) = 25,800 Jahre nöthig haben, um in alle Punkte der Ekliptik zu stehen zu kommen; der Aequator wird allmählich andere Sternbilder am Himmel durchschneiden, sowie der Pol des Aequators selbst gleichfalls seine Stelle am Fixsternhimmel ändern und einen Kreis um den Pol der Ekliptik beschreiben wird. Eine solche Periode von fast 26000 Jahren hat man das platonische Jahr genannt. Durch die Präcession der Nachtgleichen wechselt auch mit der Zeit der Polarstern, wovon in der Astrognosie die Rede sein wird. Die Ursache dieser Präcession rührt aber von den Störungen her, welche die Erde, weil sie keine reine Kugel, sondern ein bloßes Sphäroid (kugelförmig) ist, von der Sonne, dem Mond und andern störenden Körpern, die sämmtlich nahe in der Ebene der Ekliptik stehen, erleiden muß.

3) Die Nutation oder das Wanken der Erdachse.

Die Nutation ist gleichsam eine Störung der Präcession, und hat ihren Grund in einer bloßen Veränderung der Lage der Erdachse. Durch sie wird der Aequator gegen die feste Ekliptik verrückt, wodurch sowohl der Frühlingspunkt, als auch die Schiefe der Ekliptik etwas verändert wird; alles gleicht sich aber in einer Periode von 19 Jahren wieder aus. Sie rührt eigentlich von der Einwirkung unseres Mondes her.

Durch die Nutation, durch veränderte Schiefe der Ekliptik und durch Präcession muß begreiflicher Weise der jetzige Nordpolarstern seinen Ort verändern, wovon in der Fixsternweltordnung erst die Rede sein wird.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf