ASTRONOMISCHE GEOGRAPHIE

VON

JOH. B. HIMMER

K. GYMNASIALPROFESSOR.

PROGRAMM

DER

KGL. STUDIENANSTALT KAISERSLAUTERN

1882—83.

REALGYMNASIUM DÜSSELDORF BIBLIOTHEK

KAISERSLAUTERN.

BUCHDRUCKEREI VON EMIL THIEME.

1883.

9 Ka 1 (1883)

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

HT008925869

UNIVERSITÄTS- UND LANDESBIBLIOTHEK DÜSSELDORF

Bei Bearbeitung dieser, zunächst für meine Schüler bestimmten, astronomischen Geographie benützte ich unter andern hauptsächlich Dr. Rud. Wolf's Handbuch der Math. etc., Zürich 1872 u. Martus, Astronomische Geographie, Leipzig 1880.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

§ 1.

Das Universum besteht aus unendlich vielen Weltkörpern, welche wieder in Central- oder Sonnen-Systemen vereinigt sind.

Die astronomische (mathematische) Geographie betrachtet die Erde als einen solchen Weltkörper und befasst sich mit ihrem Verhältnisse zu den übrigen Weltkörpern, mit ihrer Gestalt, Grösse, Bewegung etc.

§ 2.

Das Himmelsgewölbe erscheint uns als eine über die Erde ausgespannte Kugelschale, die sich an die Erde derart anschliesst, dass sich der Beobachter im Mittelpunkte eines Kreises befindet, welcher Grenzkreis — Horizont — (ὁρίζειν begrenzen) genannt wird.

Unter Himmelskugel stellen wir uns jedoch eine Kugel von unbestimmten Durchmesser vor, in deren Mittelpunkte sich der Beobachter befindet, während die Sterne Punkte an der Oberfläche derselben sind.

Eine im Standpunkte des Beobachters errichtete Senkrechte schneidet die Himmelskugel in zwei Punkten, von denen der eine sichtbar, der Scheitelpunkt — Zenith — der andere unsichtbar der Fusspunkt — Nadir — heisst.

§ 3.

Bei nur einige Zeit hindurch fortgesetzter Beobachtung bemerkt man, dass alle Sterne an der einen Seite allmählich emporsteigen, während sie sich an der andern Seite immer mehr und mehr hinabsenken, ohne dass bei den meisten derselben ihr gegenseitiger Abstand sich im geringsten ändert, woraus sich ergibt, dass die Bahnen der Sterne kreisförmig und untereinander parallel sind. Unter den Sternen befinden sich solche, die einige Zeit unter dem Horizonte verschwinden,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

dann wieder sichtbar werden und wir sprechen daher von einem Untergange — Westen — und einem Aufgange — Osten —. Denken wir uns durch diese Bahnen Ebenen gelegt, so schneiden dieselben den Horizont in parallelen Geraden von denen eine durch den Mittelpunkt des Horizontes geht; derjenige Punkt, in welchem dieser Durchmesser den Horizont auf der Seite des Aufganges schneidet, heisst nun Ostpunkt; der entgegengesetzte Westpunkt.

Die Himmelskugel scheint sich also um eine Gerade in einer bestimmten Zeit zu drehen, welche die Weltaxe genannt wird, diejenigen Punkte, in welchen dieselbe die Himmelskugel schneidet und die bei der Umdrehung in Ruhe bleiben, heissen Pole (πέλομαι, πόλος) und zwar der für uns sichtbare der Nordpol, der gegenüber liegende Südpol. Derjenige grösste Kreis, der durch die beiden Pole geht, heisst Meridian, hingegen derjenige, der von den beiden Polen gleichweit entfernt ist, Aequator.

§ 4.

Diejenigen Sterne, welche auch bei fortgesetzter Beobachtung stets in derselben Gruppirung erscheinen, sich durch ihren Glanz auszeichnen, nennt man Fixsterne und teilt dieselben in Sternbilder; nach der Stärke des Glanzes unterscheidet man Sterne 1., 2. u. s. w. Grösse; nur die Sterne bis zur 6. Grösse sind dem unbewaffneten Auge sichtbar.*) Andere Sterne, die ihren Ort in Bezug auf die übrigen ändern, also eine eigenthümliche Bewegung erkennen lassen, sich durch ihren ruhigen Glanz bemerkbar machen und durch ein Fernrohr betrachtet als helle Scheiben erscheinen, heissen Wandelsterne — Planeten.**)

*) Argelander zählte Fixsterne: I. Kl. 20; II. Kl. 65; III. Kl. 190; IV. Kl. 425; V. Kl. 1100; VI. Kl. 3200; VII. Kl. 13000 und VIII. Kl. 40000.

Struve gibt als die Anzahl derselben, welche durch Riesen-Fernröhre sichtbar sein könnten, 20,374,000 an, unter denen auch diejenigen inbegriffen sind, welche sich in der Milchstrasse, Nebelflecken, Sternhaufen befinden. Als mittlere Zahl erhält man für die dem blossen Auge sichtbaren Sterne 5000 bis 5800.

**) Planeten kennt man bis jetzt 208; von diesen sind 200 kleine Planeten Asteroïden, auch Planetoïden genannt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Unter Schweifsternen — Kometen — versteht man diejenigen Sterne, welche ebenfalls ihre Lage gegen die übrigen ändern, aber nur zu Zeiten sichtbar sind, eine veränderliche Grösse und Geschwindigkeit zeigen und dann wieder verschwinden. Man unterscheidet an denselben einen Kern und eine Dunsthülle, die sich meistens in einen leuchtenden, durchsichtigen Schweif ausbreitet. Maedler und Hoeck nehmen an, dass nur einzelne unserm Sonnensysteme, die meisten dem grossen Fixsternensysteme zugehören. Die Spectralversuche machen es wahrscheinlich, dass einige aus intensiv heissen Gasen bestehen, also selbständig leuchten, während andere wieder Phasen zeigen, also kein eigenes Licht besitzen.*)

Die Milchstrasse ist das in mondfreien Nächten schon mit blossem Auge sichtbare Lichtgewölk, das sich bei verschiedener Breite und Intensität gürtelähnlich um den Himmel zieht und sich, wie schon Democrit ahnte, aber Galilei zuerst sah, als gemeinschaftlicher Schimmer zahlloser kleiner Sterne erweist. Sternhaufen, deren Anzahl nach Herschel ungefähr 650 ist, sind wahrscheinlich Systeme von Sternen mit ganz bestimmtem Organismus und befinden sich zunächst bei der Milchstrasse.

Nebel von verschiedener Form und Intensität, sind vielleicht teils Sternhaufen, welche nur wegen ihrer grossen Entfernung noch unaufgelöst geblieben, teils, wie schon Herschel dachte, werdende Welten, die als enorme Massen aus Gas oder leuchtenden Dünsten bestehend zu denken sind. Sie finden sich am ganzen Himmel zerstreut. Herschel waren schon 3400 bekannt.

Doppelsterne nennt man zwei nahestehende Sterne, von denen jeder eine Ellipse um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt beschreibt; fasst man jedoch nur die relative Bewegung ins Auge, so scheint auch der Eine eine Ellipse um den andern zu beschreiben, wie von Savary, Enke etc. berechnet und durch Beobachtung bewiesen wurde.

---

*) Die Zahl der bisher gesehenen Kometen mag 6 bis 700 betragen, während nach Maedler bereits 1859 von 221 die Bahn und von 7 die Umlaufszeit berechnet war.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Zodiakallicht heisst der, in der heissen Zone fast täglich, bei uns im Frühjahr kurz nach Sonnenuntergang, im Herbste kurz vor Sonnenaufgang vom Horizonte längs der Ekliptik aufsteigende weissliche an Grösse und Intensität wechselnde Lichtschimmer. Schon Fatio (1686) erklärte diese Erscheinung als einen, die Sonne innerhalb der Erdbahn umschwebenden, senkrecht zur Ekliptik umkreisenden Gürtel, der aus Milliarden kleinen Planetoïden besteht.

Die Sternschnuppen, Feuerkugeln, Meteore hält man seit Chladni für kosmische Körper, die sich mit grosser Geschwindigkeit im Weltenraume bewegen, beim Eintritte in die Atmosphäre bis zum leuchten erhitzen und zu gewissen Zeiten (10. Aug. und 12. Nov.) in grosser Menge zur Erde fallen.

§ 5.

Die Sonne lenkt vor allen die Aufmerksamkeit auf sich und wir nennen die Zeit, in der dieselbe sichtbar ist, Tag, in der sie für uns nicht sichtbar ist, Nacht. Sie nimmt ebenfalls an der Bewegung des Himmels teil und beschreibt Parallelkreise *), jedoch derart, dass sie, wenn wir dieselbe z. B. im Winter betrachten, nur kurze Zeit sichtbar ist und sich nicht weit vom Horizonte entfernt. Allmählich wird der Tag länger, sie erhebt sich immer mehr über den Horizont und nach einiger Zeit ist Tag und Nacht gleich lang; in der Folge wird der Tag länger als die Nacht. Die Sonne steigt immer höher über den Horizont bis sie einige Tage hindurch stille zu stehen scheint, um hierauf in derselben Weise allmählich zurückzugehen bis sie den tiefsten Stand erreicht hat, wo sie ebenfalls einige Tage stille zu stehen scheint.

Nur grösste Kreise können sich halbieren, daher muss zu der Zeit, zu der Tag- und Nachtbogen gleich lang sind, die Sonnenbahn mit dem grössten Parallelkreis der Himmelskugel, dem Aequator zusammenfallen, also an diesem Tage im Ostpunkte auf- und im Westpunkte untergehen. Die Sonnenbahn schneidet also den Aequator in zwei Punkten, welche

*) Eigentlich eine so gedrückte Schraubenlinie, dass die einzelnen Schraubengänge von den entsprechenden Parallelkreisen nicht zu unterscheiden sind.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Tag- und Nachtgleichepunkte — Aequinoctialpunkte — heissen und zwar der, in welchen die Sonne gegen den 21. März tritt, das Frühlingsäquinoctium und der, in welchen sie gegen den 23. September tritt, das Herbstäquinoctium.

Diejenigen Parallelkreise, bei welchen die Sonne umzukehren scheint und die gleichweit vom Aequator entfernt sind, heissen Wendekreise und zwar der dem Nordpol nähere der Wendekreis des Krebses, der dem Südpol nähere der Wendekreis des Steinbocks; diese Punkte der Sonnenbahn heissen Sonnenwendepunkte — Solstitien — und zwar derjenige, in welchen die Sonne gegen den 22. Juni tritt, Sommersolstitium und der, in welchen sie gegen den 22. Dez. tritt, Wintersolstitium; derjenige Bogen des Horizonts, der zwischen dem Aufgangspunkt der Sonne und Ostpunkt liegt, Morgenweite, der zwischen dem Untergang und Westpunkte, Abendweite. Unter Culmination (culmen Gipfel) versteht man die Zeit, in welcher die Sonne, wie jeder Stern, den Meridian des Beobachters d. i. denjenigen Meridian, der durch Zenith Nadir und die beiden Pole geht, erreicht.

Da bei Tag Sterne nicht wahrgenommen werden können, so markirt man diejenigen Sterne, welche um Mitternacht — also 180° von der Sonne abstehend — die nehmliche Culminationshöhe haben wie die Sonne mittags 12 Uhr; diese durch eine Curve verbunden geben die Bahn der Sonne — Ekliptik*); sie ist also ein grösster Kreis der Himmelskugel; ihre Ebene bildet mit der des Aequators einen $\sphericalangle\ \varepsilon$ nahezu $= 23\frac{1}{2}°$; die Schiefe der Ekliptik genannt.

Die Zeit, welche die Sonne braucht, um von einem Punkte, z. B. Wintersolstitium, wieder zu demselben zurückzukommen, wird Jahr genannt (1 Jahr $= 365^d\ 5^h\ 48'\ 51''$).

Der Thierkreis — Zodiacus — ist ein Streifen an der Himmelskugel auf beiden Seiten der Ekliptik von 20° Breite und hat seinen Namen von den 12 Sternbildern à 30°, die sich in diesem Streifen befinden. Die Namen derselben sind:

*) Ekliptik (ἔκλειψις Verfinsterung), weil Verfinsterungen nur dann stattfinden, wenn der Mond in seiner Bahn in der Ekliptik oder in der Nähe derselben sich befindet.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Sunt: aries, taurus, gemini, cancer, leo, virgo,
Libraque, scorpius, arcitenens, caper, amphora, pisces.*)

§ 6.

Durch die Beobachtung des Mondes erhalten wir eine Einheit zwischen Tag und Jahr. Bezüglich seiner Bahn bietet er eine ganz ähnliche Erscheinung wie die Sonne, da die Mondbahnebene mit der Ekliptik nur einen Winkel $i = 5^0$ $8' 40''$ mittlerer Neigung bildet; dieselbe ist ebenfalls eine gedrückte Schraubenlinie. Je nach der Stellung, welche der Mond zur Erde und Sonne einnimmt, erscheint er entweder dunkel und ist dann zugleich mit der Sonne über dem Horizonte — Neumond — schon den nächsten Tag steht er weiter links und binnen wenigen Tagen hat er 90^0 Abstand von der Sonne erreicht und zeigt nun eine halb erleuchtete Scheibe — Erstes Viertel — nach 14 bis 15 Tagen steht er der Sonne gegenüber, hat also von der Sonne einen Abstand von 180^0 und ist die Mondscheibe vollständig beleuchtet — Vollmond — nach weiteren 7 Tagen ist sie wieder halb beleuchtet — Letztes Viertel — um nach $29^d\ 12^h\ 44'\ 2{,}9''$ wieder als Neumond zu erscheinen.

Diese Veränderungen des Mondes heissen Mondphasen und ein ganzer Umlauf synodischer Monat.

---

*) Manilius beschreibt die 12 Sternbilder also:

Aurato princeps Aries in vellere fulgens
Respicit admirans aversum surgere Taurum
Summisso vultu Geminos et fronte vocantem.
Quos sequitur Cancer, cancrum Leo, Virgo leonem.
Aequato tum Libra die cum tempore noctis
Attrahit ardenti fulgentem Scorpion astro;
In cujus caudam contentum dirigit arcum
Mixtus equo, volucrem missurus jamque sagittam.
Tum venit augusto Capricornus sidere flexus.
Posthunc inflexam diffundit Aquarius urnam
Piscibus assuetas avide subeuntibus undas,
Quos aries tangit claudentes ultima signa.

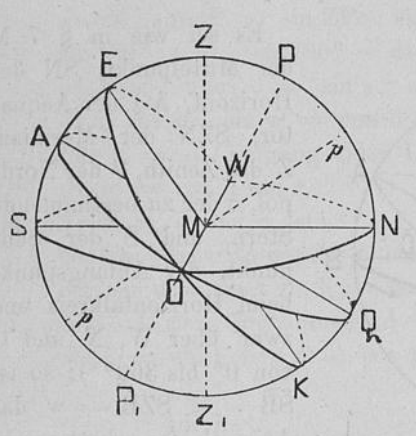
Widder ♈, Stier ♉, Zwillinge II, Krebs ♋, Löwe ♌, Jungfrau ♍, Wage ♎, Scorpion ♏, Schütze ♐, Steinbock ♑, Wassermann ♒, Fische)-(.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Die Stellungen Vollmond und Neumond heissen Syzygien (συ-ζυγίαι = conjunctiones); erstes und letztes Viertel Quadraturen.

Beträgt der Abstand zweier Himmelskörper 0°, so sind sie in Conjunction, bei 180° in Opposition.

§ 7.



Bezeichnet M den Mittelpunkt der Himmelskugel und zugleich den Standpunkt des Beobachters und betrachten wir von den unendlich vielen grössten Kreisen folgende 3: Horizont, Aequator u. Ekliptik, so sei:

OSWN der Horizont, wobei O der Ostpunkt, S der Südpunkt, W der Westpunkt und N der Nordpunkt *), Z das Zenith, Z_1 das Nadir, daher ZMZ_1 senkrecht zur Ebene des Horizonts; OAWQ der Aequator der Himmelskugel, PMP_1 die Weltachse, P der Nordpol, P_1 der Südpol, also PMP_1 senkrecht zur Ebene des Aequator; OEWK die Ekliptik, p und p_1 die Pole der Ekliptik, daher pMp_1 senkrecht zur Ebene der Ekliptik; $SPZZ_1$ der Meridian des Beobachters, der auf dem Aequator und Horizont senkrecht steht.

Um den Ort eines Sterns oder anderen Punktes auf der Himmelskugel zu bestimmen, wählt man einen dieser 3 Hauptkreise und legt durch den zu denselben gehörigen Pol und den zu bestimmenden Stern einen zweiten Hauptkreis. Der Bogen zwischen dem Sterne und ersten Hauptkreis heisst Ordinate und der Bogen zwischen einem bestimmten Anfangspunkte auf dem ersten Hauptkreise und Schnittpunkte der beiden Hauptkreise Abscisse. Auf dem ersten Hauptkreise wird

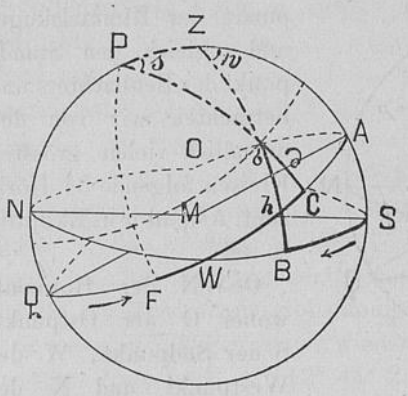
*) Nordpunkt heisst derjenige Schnittpunkt von Meridian und Horizont, der dem Nordpol am nächsten ist; Südpunkt der entferntere.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

von 0^0 bis 360^0, auf dem zweiten von 0^0 bis 90^0 gezählt, daher hat man bei letzterm zwischen positiv und negativ zu unterscheiden. Beim System des Horizonts gilt die sichtbare Himmelskugel, bei den beiden andern nördlich als positiv.

§ 8.

Horizont und Aequatorsystem.



Es sei wie in § 7 M der Mittelpunkt, SN der Horizont, AQ der Aequator, SZN der Meridian, Z das Zenith, P der Nordpol, σ der zu bestimmende Stern und S der Südpunkt, der Anfangspunkt beim Horizontalkreis und zwar über W, N und O von 0^0 bis 360^0*); so ist $\widehat{SB} = \sphericalangle SZB = w$ das Azimuth (as-sumût arab. d. i. die Wege); $\widehat{\sigma B} = h$ die Höhe; $\sigma Z = 90^0 - h$ die Zenithdistanz. Beim Aequatorsystem ist F der Frühlings- oder Widderpunkt, der Anfangspunkt der Zählung und zwar in der entgegengesetzten Richtung vom Horizontsystem; es ist $\widehat{FC} = \sphericalangle FPC = a$ (*A*) Rectascension; $\widehat{\sigma C} = d$ die Declination; $\widehat{AC} = \sphericalangle CPA = s$ der Stundenwinkel des Sterns**); $\widehat{AF} = \widehat{FC} + \widehat{AC} = a + s = t$ der Stundenwinkel des Frühlingspunktes F, die Sternzeit. $\widehat{PN} = \sphericalangle PMN = \varphi$ die Polhöhe; $\widehat{PZ} = \sphericalangle PMZ = z$ die Zenithpoldistanz; $\widehat{AS} = \sphericalangle AMS = 90^0 - \varphi$ die Aequatorhöhe des Beobachtungsortes M***).

---

*) Die Geodäten und Bessel rechnen vom Nordpunkt aus.

**) Um aus dem Stundenwinkel s die Zeit t zu bestimmen und umgekehrt, ist:

$$t : 24 = s : 360^0$$

$$\text{d. h. } t = {}^1/_{15} \times s.$$

***) Ein durch den Stern, σ, zum Horizont paralleler Kreis heisst Almucantharat; ein zum Aequator paralleler Kreis, welchen der Stern während der scheinbaren Drehung der Himmelskugel täglich in der

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Im sphärischen Dreiecke $PZ\sigma$ ist nun:
$\widehat{PZ} = 90^0 - \varphi$; $\widehat{Z\sigma} = 90^0 - h$; $\widehat{P\sigma} = 90^0 - d$; $\sphericalangle ZP\sigma = s$; $\sphericalangle PZ\sigma = 180^0 - w$ und $\sphericalangle P\sigma Z = v$ Variation genannt; da v für unsere Aufgabe gleich bleibt, so bestimmen wir nur die für die übrigen Grössen vorkommenden Gleichungen.

I. Für h, w, d und s ist:

$$\sin \sigma Z : \sin \sigma P = \sin ZP\sigma : \sin PZ\sigma$$
$$\sin (90^0 - h) : \sin (90^0 - d) = \sin s : \sin (180 - w)$$
$$\text{od. } \cos h : \cos d = \sin s : \sin w$$
$$\text{d. h. } \cos h \,.\, \sin w = \cos d \sin s.$$

Für $h = o$ (Aufgang oder Untergang des Sternes) ist:

$$\sin w = \cos d \sin s.$$

II. Für h, w, d und φ ist:

$$\cos P\sigma = \cos PZ \cos Z\sigma + \sin PZ \sin Z\sigma \cos PZ\sigma$$
$$\text{od. } \sin d = \sin \varphi \sin h - \cos \varphi \cos h \cos w$$

1. um d od. φ zu bestimmen ist:

$$\sin d = \sin h \,(\sin \varphi - \cos \varphi \,.\, \underbrace{\text{cotg } h \cos w}_{\text{tg } \psi})$$
$$\sin d = \frac{\sin h}{\cos \psi} \sin (\varphi - \psi)$$

2. um h zu bestimmen:

$$\sin d = \sin \varphi \,(\sin h - \cos h \,.\, \underbrace{\text{cotg } \varphi \cos w}_{\text{tg } \psi})$$
$$\sin d = \frac{\sin \varphi}{\cos \psi} \sin (h - \psi)$$

3. um w zu bestimmen:

$$\cos w = \frac{\sin \varphi \sin h - \sin d}{\cos \varphi \cos h} = \text{tg } \varphi \text{ tg } h \,(1 - \underbrace{\frac{\sin d}{\sin \varphi \sin h}}_{\sin^2 \psi})$$
$$\cos w = \text{tg } \varphi \text{ tg } h \cos^2 \psi$$

Für $h = o$ ist $\cos w = - \dfrac{\sin d}{\cos \varphi}$.

III. Für d, h, s, φ ist ebenso:

$$\cos Z\sigma = \cos P\sigma \cos PZ + \sin P\sigma \sin PZ \cos s$$

Richtung von Ost nach West durchläuft, Parallel; jeder durch das Zenith gehende grösste Kreis Höhenkreis oder Vertikal; jeder durch den Pol gehende Declinationskreis.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

od. $\sin h = \sin d \sin \varphi + \cos d \cos \varphi \cos s$

für $h = o$ ist: $\cos s = - \operatorname{tg} d \operatorname{tg} \varphi$

für $s = o$ ist: $\cos (90 - h) = \sin h = \cos (\varphi - d)$

daher $90 - h = \varphi - d$.

Ausserdem ist für w, d, s, φ

$\operatorname{cotg} P\sigma \sin PZ = \cos PZ \cos s + \sin s \operatorname{cotg} PZ\sigma$

od. $\operatorname{tg} d \cos \varphi = \sin \varphi \cos s - \sin s \operatorname{cotg} w$

und für h, s, w, φ

$\operatorname{cotg} Z\sigma \sin PZ = \cos PZ \cos (180^0 - w) + \sin (180^0 - w) \operatorname{cotg} s$

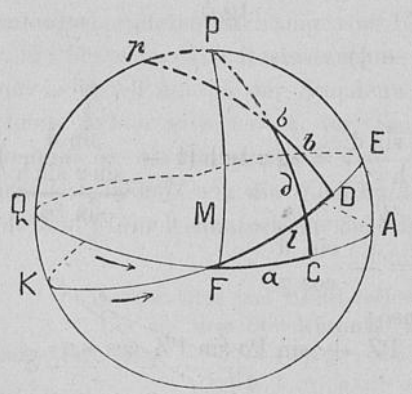
$\operatorname{tg} h \cos \varphi = - \sin \varphi \cos w + \sin w \operatorname{cotg} s.$

Diese letztern Gleichungen lassen sich auf ähnliche Weise wie die frühern, zur logarith. Berechnung tauglich, leicht umformen.

Sterne, die Parallelkreise beschreiben deren Poldistanz kleiner als die Polhöhe ist, gehen nie unter und heissen Circumpolarsterne. Bestimmt man die beiden Höhen h_1 und h_2 für die obere und untere Culmination, innerhalb 12 Stunden Sternzeit, eines solchen Sterns, so ist: $PN = \frac{1}{2} (h_1 + h_2)$ die Polhöhe des Beobachtungsortes.

§ 9.

Aequator- und Ekliptiksystem.



Es sei wie in § 7 M der Mittelpunkt der Himmelskugel; P der Nordpol; AQ der Aequator; p der Pol der Ekliptik; EK die Ekliptik; F der Frühlingspunkt; E der Sommer- und K der Wintersolstitiâlpunkt; so ist KQp PEA der Kolur*) der Solstitien und der durch P u. F gelegte Hauptkreis der Kolur der Aequinoctien;

*) Kolour (Verstümmler κολούω), da ja einer der beiden Koluren den Schweif des grossen und kleinen Bären vom Körper trennt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

und σ der zu bestimmende Stern; so ist, da hier F der Anfangspunkt der Zählung, und zwar von F über Süd nach Ost ist, $\widehat{FC} = a$ die Rectascention; $\widehat{C\sigma} = d$ die Declination; $\widehat{FD} = l$ die astronomische Länge; $\widehat{\sigma D} = b$ die astronomische Breite des Sternes. $\widehat{AE} = \sphericalangle AME = \varepsilon$ die Schiefe der Ekliptik ($= pP$).

Im sphär. Dreiecke $pP\sigma$ ist daher:
$\widehat{P\sigma} = 90^0 - d$; $\widehat{p\sigma} = 90^0 - b$; $\widehat{Pp} = \varepsilon$; $\sphericalangle pC\sigma = \widehat{QC} = \widehat{QF} + \widehat{FC} = 90^0 + a$; $\sphericalangle Pp\sigma = \widehat{DE} = \widehat{FE} - \widehat{FD} = 90^0 - l$; $\sphericalangle P\sigma p = u$ der Positionswinkel des Sternes.

IV. Für a, d, l und b ist:

$\sin P\sigma : \sin \widehat{p\sigma} = \sin Pp\sigma : \sin pP\sigma$

od. $\cos d : \cos b = \cos l : \cos a$

daher $\cos d \cos a = \cos b \cos l$

Für $b = o$ ist $\cos l = \cos d \cos a$

V. Für a, d, b und ε nach dem cosin Satze:

$\cos p\sigma = \cos P\sigma \cos Pp + \sin P\sigma \sin Pp \cos pP\sigma$

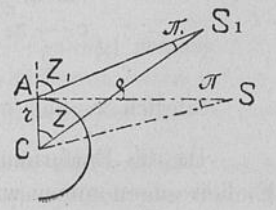
od. $\sin b = \sin d \cos \varepsilon - \cos d \sin \varepsilon \sin a$

Für $b = o$ ist $\sin a = \operatorname{tg} d \operatorname{cotg} \varepsilon$

Wie bei dem vorhergehenden Systeme lassen sich auch hier für je 4 Grössen Gleichungen herstellen und zu einem für die logaritmische Berechnung bequemen Ausdruck umformen.

§ 10.

Parallaxe (παράλλαξις Unterschied, Veränderung). Darunter versteht man den Winkel, um welchen ein Gegenstand, hier Stern, seine Stelle zu verändern scheint, wenn derselbe von verschiedenen Standpunkten aus angesehen wird und sie dient, die Entfernung der Sterne vom Erdmittelpunkte zu finden. Unter der täglichen Parallaxe versteht man den Winkel, welchen die Gesichtslinien vom Beobachtungsorte und dem Erdmittelpunkte nach dem Sterne bilden.



Ist A der Beobachtungsort, C der Erdmittelpunkt (die Erde als Kugel), und S_1 der Stern, so ist $\sphericalangle CS_1A = \pi_1$ die tägliche Parallaxe, welche im Zenith $= o$ und für $z_1 = 90^0$ als Horizontalparallaxe den Maximal-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

wert $= \pi$ hat. Bezeichnet z die wahre und z_1 die scheinbare Zenithdistanz, so ist $\pi_1 = z_1 - z$; $AC = r$ der Erdradius, $S_1C = \rho$ die Entfernung des Sterns vom Erdmittelpunkte, nach dem Sinus-Satze:

$$\sin \pi_1 = \frac{r}{\rho} \sin z_1 \text{ od. } \pi_1 = \arcsin \left(\frac{r}{\rho} \sin z_1\right)$$

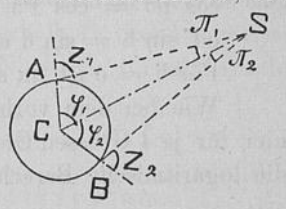
$$= \frac{r}{\rho \sin 1''} \times \sin z_1 \text{ (nahe)}$$

für $z_1 = o$ ist daher $\pi_1 = o$ und für $z_1 = 90^0$ ist

$$\pi_1 = \pi = \arcsin \left(\frac{r}{\rho}\right) = \frac{r}{\rho \sin 1''} \text{ nahezu}$$

$$\text{oder auch } \rho = \frac{r}{\sin \pi}$$

Um ρ zu bestimmen, wähle man auf demselben Erdmeridiane 2 Orte A und B und misst, wenn der Stern S in den astronomischen Meridian tritt, an beiden Orten die scheinbaren Zenithdistanzen z_1 und z_2. Da im Vierecke ABCS; $AC = BC = r$; $\sphericalangle ACB = \varphi_1 + \varphi_2$ gleich der Summe der geographischen Breiten bekannt; (sind A und B auf derselben Seite $\varphi_1 - \varphi_2$), so lässt sich $CS = \rho$ durch Construction oder Rechnung finden.



$$\pi_1 + \pi_2 = z_1 + z_2 - (\varphi_1 + \varphi_2)$$

$$(\sin \pi_1 - \sin \pi_2) : (\sin \pi_1 + \sin \pi_2) = \operatorname{tg} \frac{\pi_1 - \pi_2}{2} : \operatorname{tg} \frac{\pi_1 + \pi_2}{2}$$

$$\text{d. h. } \operatorname{tg} \frac{\pi_1 - \pi_2}{2} = \frac{\sin \pi_1 - \sin \pi_2}{\sin \pi_1 + \sin \pi_2} \times \operatorname{tg} \frac{\pi_1 + \pi_2}{2}$$

$$\text{da } \rho = r \frac{\sin z_1}{\sin \pi_1} = r \frac{\sin z_2}{\sin \pi_2}$$

$$\text{also } \frac{\sin z_1}{\sin \pi_1} = \frac{\sin z_2}{\sin \pi_2} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin z_1}{\sin z_2} = \frac{\sin \pi_1}{\sin \pi_2}$$

$$\text{so ist: } \operatorname{tg} \frac{\pi_1 - \pi_2}{2} = \frac{\operatorname{tg} \alpha - 1}{\operatorname{tg} \alpha + 1} \times \operatorname{tg} \frac{1}{2} [z_1 + z_2 - (\varphi_1 + \varphi_2)]$$

folglich π_1 und π_2 also auch ρ bestimmt (aus $\rho = \frac{r}{\sin \pi}$)

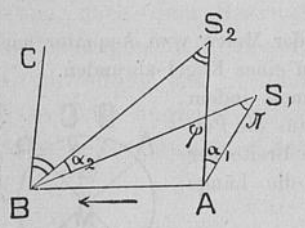
Da die Entfernung der Sonne von der Erde häufig als Einheit angenommen wird, so haben zur Bestimmung derselben

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

ausser dieser Methode noch der Venusdurchgang von Halley und wenn der Mond in den Schattenkegel der Erde tritt, nach Hipparch v. Rhodos 120 v. Chr. Anwendung gefunden.

Ebenso wird die Entfernung der Erde von der Sonne aus der Geschwindigkeit (c) des Lichtes berechnet. c = 298000 km n. Fizeau. Die Sonnenparallaxe π wurde im Mittel = 8,"85 und die Sonnenferne a = 23287 Erdradien à 6370,26 km gefunden*). Für die Fixsterne ergab sich die tägliche Parallaxe gleich 0, somit ihre Entfernung von der Erde unmessbar.

Nachdem Copernikus die Bewegung der Erde um die Sonne gelehrt hatte, wurde als Basis der Durchmesser der Erdbahn gewählt, jedoch auch da fand man nur das negative Resultat, dass die jährliche Parallaxe bei keinem Fixsterne auf eine volle Secunde ansteigen oder die Entfernung weniger als vier Billionen Meilen, eine sogenannte Sternweite, betragen könne. Bessel und Struve wandten nun folgendes von Herschel angedeutete Verfahren an.



Stehen für einen Beobachter zwei Punkte nahezu in einer Geraden, so bewegt sich scheinbar, wenn der Beobachter seitwärts geht, der fernere der beiden Punkte mit ihm und wenn sich bei wiederholter Messung des Abstandes zwischen einem hellen Sterne S_1 und einem ihm nahen schwachen, also mutmasslich fernern Stern S_2 dieses Verhältniss zeigt, so ist der schwächere wirklich ferner und zugleich, wenn AB der Durchmesser der Erdbahn, α_1 und α_2 die scheinbare Distanz der Sterne, π die Jahresparallaxe von S_1 bezeichnet und

$BC \parallel AS_2 : \sphericalangle \alpha_2 + S_2 = \sphericalangle \psi = \sphericalangle \alpha_1 + \pi$

d. h. $\alpha_2 - \alpha_1 = \pi - S_2$

und da $\sphericalangle S_2$ sehr klein $\alpha_2 - \alpha_1 = \pi$.

Henderson fand als die bis jetzt bekannte grösste Fixstern Parallaxe für den bei uns nicht sichtbaren Stern α Centauri π = 0,"928, also seine Entfernung von der Erde etwas

*) Unter Erdradius von mittlerer Länge versteht man den Radius einer Kugel von gleicher Grösse mit der Erde. Würde die Erde zu

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

über 4 Billionen Meilen — Sternweite = $3\frac{1}{2}$ Lichtjahre *). Während die Planeten bei entsprechender Vergrösserung als Scheiben erscheinen und daher aus ihrem scheinbaren Durchmesser und ihrer Entfernung ihr wahrer Durchmesser folglich auch ihr Inhalt berechnet werden kann, ist dieses bei den Fixsternen nicht möglich, da dieselben selbst bei der stärksten Vergrösserung nur als lichte Punkte erscheinen.

§ 11.

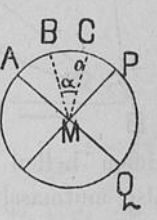
Präcession und Nutation. Hipparch fand bei der Vergleichung seiner Sternpositionen mit denen von Timocharis, 150 Jahre früher gemacht, dass zwar die Breite nahezu dieselbe war, dagegen die Länge für alle Sterne um eine der Zeit proportionale Grösse im Sinne der täglichen Bewegung zugenommen hatte.

Das Frühlingsäquinoctium lag vor ungefähr 2000 Jahren am Anfang des Sternbildes des Widders, durch das Zurück-

---

rotieren authören, so müsste das Wasser der Meere vom Aequator nach den Polen abfliessen und sich die Erde zu einer Kugel abrunden.

Die Grösse eines Erdradius findet man, indem man an zwei Orten B und C eines Meridians die Polhöhe bestimmt, woraus die geographische Breite der Orte bekannt ist; ihre Differenz ist α^0, die Länge des Bogens $\widehat{BC} = b$



ist: $b : 2 r \pi = \alpha^0 : 360^0$

$$\text{d. h. } r = \frac{180^0}{\pi \times \alpha^0} \times b \text{ km}$$

Früher war die „geographische Meile" das Längenmass und zwar
in Deutschland $1^0 = 15$ geogr. Ml. à 7,42 km
„ Frankreich $1^0 = 25$ „ „
„ England $1^0 = 60$ „ „ am Erdäquator.
Erdradius $r = 860{,}95$ geogr. Ml.

*) Unter Lichtjahr oder Jahr Lichtzeit versteht man die Zeit, die das Licht eines Fixsternes braucht, um zu uns zu gelangen.

Nach Martus ist für:

α Centauri $\pi = 0{,}''928$; 3,5 Jahr Lichtzeit
Sirius „ $= 0{,}193$; 16,9 „ „
Polaris „ $= 0{,}091$; 35,8 „ „

wobei π die Parallaxe bezeichnet.

Das Sonnenlicht braucht 8′ 12″. Mondparallaxe $\pi = 57'\ 1''$.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

weichen des Aequinoctialpunktes tritt die Frühlingsnachtgleiche des folgenden Jahres früher ein. Durch dieses Vorrücken — Präcession — der Aequinoctien fällt der Frühlingspunkt jetzt in das Sternbild der Fische, so dass gegenwärtig der Frühlingspunkt um 36° vom Widderpunkt entfernt ist. Dies Zurückweichen des Frühlingspunktes beträgt jährlich 50,"24, so dass derselbe nach 25800 Jahren die ganze Ekliptik durchwandert hat *).

Auch die Erdachse nähert sich der Achse der Ekliptik bald mehr bald weniger; dieses Schwanken derselben heisst — Nutation —. Die Erdachse bleibt sich daher nicht parallel, sondern beschreibt in 18,6 Jahren einen Kegelmantel, indem der Pol des Aequators den der Ekliptik, im Maximum v. 18", umkreist; die Folge hievon ist, dass immer neue Sterne Polarsterne werden.

Newton wies nach, dass diese Erscheinungen eine Folge der Abplattung der Erdkugel sind, indem sowohl Sonne wie Mond nach dem Gravitationsgesetze, wegen der ungleichen Entfernungen der Schwerpunkte der nähern und entferntern Anschwellung am Aequator und des Erdmittelpunktes, auf diese Teile ungleich wirken und dadurch diese langsame und verwickelte Bewegung der Erdachse verursachen.

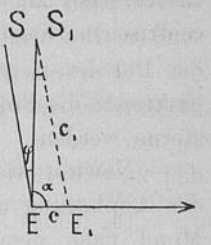
§ 12.

Aberration nennt man den Abstand des Ortes, an welchem wir einen Stern am Himmel erblicken, von demjenigen, an welchem er uns erscheinen würde, wenn entweder die Erde still stünde, oder das Licht zu seiner Fortpflanzung von einem Punkte zu einem andern keine Zeit brauchen würde. Diese beiden Ursachen bewirken nun, dass wir, um einen Stern im Fernrohre zu sehen, das letztere in eine Stellung bringen müssen, welche mit der nach dem wahren Orte des Sterns gehenden Richtung einen kleinen Winkel φ bildet und zwar müssen wir es in derselben Richtung, in welcher die Erde sich bewegt, weiter vorwärts neigen. Dieser $\sphericalangle \varphi$ ist sehr klein und

*) Diese 25800 Jahre heissen auch das grosse platonische Weltjahr

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

es ergibt sich, dass Sterne, die sich in den Ekliptikpolen befinden, während eines Jahres an Orten gesehen werden, welche um ihren wahren Standpunkt im Kreise liegen, dessen Radius nach Bradley, der sie zuerst bestimmte, 20,"7 nach Struve 20,"44 beträgt. Je näher die Sterne der Ekliptik kommen, also sich vom Pol entfernen, desto mehr gehen die scheinbaren Bahnen in Ellipsen von einem Durchmesser bis 40,"8 über und Sterne in der Ekliptik selbst scheinen sich binnen eines Jahres nur noch geradlinig parallel mit der Fkliptik einmal hin und her zu bewegen.



Ist EE_1 die Richtung der Erdbahn und E_1 der Ort der Erde auf derselben nach einer gewissen Zeit; q das Verhältniss der Geschwindigkeit der Erde c in ihrer Bahn zu der des Lichtes c_1, so wird man ein Fernrohr nach dem Sterne S gerichtet glauben, wenn es die Stellung ES_1 einnimmt, also den $\sphericalangle \varphi$ bildet. Es ist:

$$\sin \varphi : \sin (\alpha - \varphi) = q : 1 \text{ oder nahezu}$$

$$\varphi = \frac{q \sin \alpha}{\sin 1''} = k \sin \alpha, \text{ wobei k den Max.-Wert}$$

von $\varphi = 20,''4$ oder die sogenannte Aberrationskonstante bezeichnet.

§ 13.

Die Indier hielten die Erde für scheibenförmig und vom Meere umgeben, sowie auch bei Homer, Hesiod und andern ältern Dichtern dieselbe Ansicht vertreten ist; selbst Herodot im 5. Jahrhundert nimmt noch die ebene Scheibe an. Philolaos, ein Schüler der Pythagoras, zur Zeit des Sokrates, erwähnt zum erstenmal die Kugelgestalt der Erde, sowie Eudoxus v. Knidos (408 a. C.) die Kugelgestalt vermuthete. Erst Aristoteles (384—322) bewies dieselbe.

Um die Ungleichheiten im Laufe der Planeten zu erklären, ersann Apollonius (200 a. C.) das Epicykelsystem (ἐπίκυκλος Beikreis), d. h. Kreisbahnen deren Centra sich selbst wieder auf Kreisen um die Erde bewegen. Schon Hipparch

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

(160—125 a. C.) fand, dass die Sonnenbahn durch ihre 4 Kardinalpunkte (Aequinoctien und Solstitien) in 4 ungleiche Teile zerlegt wird und es gelang ihm diese Erscheinung dadurch zu erklären, dass er die Sonne in einem excentrischen Kreise um die Erde sich bewegen liess. Um auch für die übrigen Planeten ähnliche Theorien zu erhalten, nahm er ebenfalls excentrische Kreise an mit einem Epicykel. Ptolemaeus (150 p. C.) hat diese Theorie so verbessert, dass er im Stande war, die Bewegung und Stellung von Sonne, Mond und Planeten im voraus zu bestimmen. Sein astronomisches Lehrbuch Almagest enthält das Ptolomaische Weltsystem und basirt auf dem geocentrischen Standpunkte.

„Um die feststehende Erde als Centrum kreisen in 24 Stunden in Sphären Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter, Saturn, eine 8. Sphäre mit sämmtlichen Fixsternen und zwei weitere Sphären, um die Präcession zu besorgen.“

Da jedoch Merkur und Venus nie in Opposition kommen, suchte Heraclides Ponticus diese Erscheinung dadurch zu erklären, dass er diese beiden Planeten um die Sonne und mit dieser um die Erde kreisen liess. In dieser Abänderung ist es unter dem Namen Aegyptisches Sonnensystem bekannt. Nahezu 15 Jahrhunderte hindurch hatte das Ptolomaische System unbestrittene Geltung, bis Copernicus (1473—1543) das heliocentrische System aufstellte.

Copernicus zeigte, dass sich alle Erscheinungen viel einfacher erklären lassen, wenn man die schon von Aristarch (281—264 a. C.) angedeutete Idee annehme, dass sich die Erde von West nach Ost täglich um ihre eigene Achse und mit dem Monde, wie die übrigen Planeten, um die Sonne als Centrum im Kreise bewege. Copernicanisches Weltsystem.

Die Reihenfolge ist: Merkur, Venus, Erde mit dem Monde, Mars, Jupiter und Saturn.

Tycho de Brahe (1546—1601) und andere traten, teils weil dieses System gegen das Zeugniss der Sinne ist, teils mit Rücksicht auf die hl. Schrift, dagegen auf. Nach ersterm sollten sich sämmtliche Planeten um die Sonne und diese mit

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

denselben um die Erde, als Centrum des Weltalls, bewegen; er fand jedoch wenig Anhänger.

Als Galilei (1564—1642) wegen seiner Verteidigung des Copernicanischen Systems der heftigsten Verfolgung ausgesetzt war, vervollkommte J. Kepler (1571—1630) dasselbe durch seine Beobachtungen derart, dass er folgende 3 Lehrsätze, Kepler'sche Gesetze genannt, aufstellen konnte.

1. Jeder Planet bewegt sich in einer Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht.

2. Die Radienvectoren beschreiben in gleichen Zeiten gleiche Flächen.

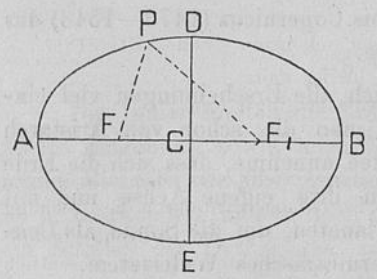
3. Die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kuben ihrer mittlern Entfernungen.

Newton (1642—1727) endlich war es möglich durch die Entdeckung des Gravitationsgesetzes:

„Jeder Planet wird von der Sonne mit einer Kraft angezogen, welche ihren Massen direkt und dem Quadrate ihrer Entfernungen umgekehrt proportional ist"

die Ursachen dieser Bewegung anzugeben.

§ 14.



Die Planeten bewegen sich in Ellipsen, in deren einem Brennpunkte F sich die Sonne befindet. Die Entfernung des Brennpunktes von dem Mittelpunkt FC (F_1C) heisst die Excentricität, AB*) die grosse, ED die kleine Achse; PF, PF_1 Radiusvector.

Befindet sich ein Planet in A, so ist er in der Sonnennähe Perihelium (AF); in B in der Sonnenferne Aphelium (BF). A und B heissen die Knoten; von A bis D aufsteigender (♋), von D bis B niedersteigender (♑) Knoten.

*) AB heisst die Apsidenlinie (ἅψις Verknüpfung).

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Die zum Sonnensystem gehörenden bis jetzt bekannten Planeten sind:

1. Merkur (☿), der bis jetzt bekannte nächste Planet an der Sonne, hat ein sehr intensives Licht von hellweisser Farbe, ist jedoch wegen seiner Sonnennähe mit freiem Auge schwer zu finden. Nach Schröter und Harding besitzt er eine dichte Atmosphäre und hohe Berge.

2. Venus (♀) ein an seinem blendendweissen und intensiven Lichte erkennbarer Stern fiel schon den Alten auf und wurde, vor Sonnenaufgang sichtbar, Phosphorus, Lucifer, Morgenstern, nach Sonnenuntergang sichtbar, Hesperus, Abendstern genannt*). Die Phasen dieses Sterns erkannte schon Galilei nach Beobachtungen mit dem nach ihm benannten Fernrohr. Da dieser Planet bei seiner untern Conjunction, bei der die dunkle Hemisphäre der Erde zugekehrt ist, einen eigentümlichen Lichtschimmer besitzt, wird ihm eigenes phosphorescierendes Licht zugeschrieben.

Auch hier bemerkte Schröter eine Art Dämmerung**) und schloss ebenfalls auf eine dichte Atmosphäre und hohe Berge. Fontana, Schort, Montaigne und andere wollen einen Mond, der die Venus begleitet, gesehen haben; es konnte

*) Homer nennt ihn κάλλιστος den Schönsten (Iliad. XXII 318)

Qualis ubi oceani perfusus lucifer unda
Quem Venus ante alios astrorum diligit ignes
Extulit os sacrum coelo tenebrasque resolvit. (Aen. VIII 589.)

**) Unter Dämmerung (crépuscule) versteht man den allmähligen Uebergang von Nacht und Tag. Die Tagesdauer wird durch die Brechung und Rückwerfung der Strahlen der noch unter dem Horizonte befindlichen Sonne, die dieselben in den obern Luftschichten erleiden, wesentlich verlängert und zwar sowohl morgens (aurore), wie abends (brune), was wir mit Dämmerung bezeichnen. Man unterscheidet eine bürgerliche Dämmerung, wenn gewöhnliche Schrift noch gelesen werden kann und eine astronomische, deren Anfang (Ende) durch das Sichtbarwerden (Verschwinden) der kleinsten sichtbaren Sterne bezeichnet ist. Die astronomische Dämmerung dauert bis die Sonne 18° unter dem Horizont ist, also in den verschiedenen Breitengraden sehr verschieden; die bürgerliche währt ungefähr ein Drittel so lange als die astronomische.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

jedoch bei den Durchgängen der Venus vor der Sonnenscheibe, die zur Bestimmung der Sonnenparallaxe wiederholt gemacht wurden, keiner entdeckt werden.

3. Die Erde (♁) mit ihrem Monde (☾) erhält ihr Licht ebenfalls von der Sonne. Ueber den Bau und das Innere derselben bestehen die verschiedensten Hypothesen, da sich die Untersuchungen der Geologen nur auf die Schichtungsverhältnisse der äussersten Erdkruste beschränken. Sie ist mit einer Lufthülle — Atmosphäre — umgeben, ohne welche wir nicht leben könnten. Die Höhe derselben hat Laplace auf 6,6 Erdradien (5682,2 geogr. Ml.) als möglich berechnet; von G. Schmidt wurde die wirkliche Grenze der Atmosphäre, da wo die spezifische Elasticität der Luft mit der Schwere ins Gleichgewicht kommt, in einer Höhe von 27 geogr. Ml. ermittelt, während durch Bestimmung der stärksten Luftverdünnung mittelst einer Luftpumpe sich eine Höhe von 7,5 geogr. Meilen ergibt.

Der Mond (☾) bewegt sich um die Erde in einer Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Erde ist, und mit dieser um die Sonne. Da man bei ihm keine Dämmerung bemerkt, und bei Sternbedeckungen der Stern plötzlich verschwindet, so wird angenommen, dass er keine Atmosphäre besitzt, obwohl er sich im übrigen nicht gar sehr von der Erde unterscheiden wird.

4. Mars (♂), wie die folgenden Planeten, bewegt sich ausserhalb der Erdbahn, wesshalb er auch mit der Sonne in Opposition gesehen wird, also uns nie seine dunkle Seite zuwendet. Durch sein röthliches Licht ist er leicht zu erkennen. Herschel erklärte die an seinen Polen befindlichen weissen Flecken von veränderlicher Grösse als den Jahreszeiten entsprechende Schneedecken, so dass seine klimatischen Verhältnisse denen der Erde entsprechen. Bessel fand an ihm keine merkliche Abplattung, während Herschel $^1/_{16}$, Schröter $^1/_8$, fand, obwohl dieselbe entsprechend seiner Rotation wie bei der Erde $^1/_{300}$ sein sollte.

Mars führte Kepler auf die Entdeckung der elliptischen

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Planetenbahnen, so wie er auch die erste genaue Bestimmung der Sonnenparallaxe gegeben hat.

Der Amerikaner Hall entdeckte 1877 zwei sehr lichtschwache Monde.

5. Planetoïden (Asteroïden $\boxed{n}$) seit 1879 mehr als 200 bekannt. Titius veröffentlichte 1766 für die Entfernungen der Planeten von der Sonne eine annähernd durch „$4 + 3 \times 2^n$“ dargestellte Zahlenreihe, in welcher das $n = 3$ entsprechende Glied fehlt. Piazzi entdeckte Anfang des 19. Jahrhunderts einen Planeten, der in diese Lücke passte und nannte ihn Ceres. Alle nun entdeckten Asteroïden, wie sie Herschel nannte, machen nach Leverier höchstens $^1/_4$ der Erdmasse aus und ihre Bahnen, wie zuerst d'Arrest nachgewiesen hat, greifen in einander und gehen teils weit über den Thierkreis hinaus. Olbers hielt sie für die Ueberreste eines durch eine Katastrophe vernichteten grössern Planeten. Die meisten sind so klein, dass sie nur mit Fernröhren wahrgenommen werden können, wesshalb über ihre physische Beschaffenheit, Inhalt etc. nichts näheres bekannt ist.

6. Jupiter (♃) mit seinen 4 Monden. Der grösste aller Planeten ist leicht an seinem hellgelben, intensiven Lichte und durch Fernröhre an seinem beträchtlichen Durchmesser und 4 Monden zu erkennen. Seine Atmosphäre ist wahrscheinlich weit dichter und höher als die der Erde, an seinem Aequator wurden zuerst von Zucchi Streifen wahrgenommen, welche nach Schwabe veränderlich sind, also nicht der Oberfläche selbst angehören. Seine Mondverfinsterungen sind sehr dienlich für Längenbestimmungen zur See.

7. Saturn (♄) mit seinen 8 Monden und 4 Ringen, von denen die beiden äussern und der innerste, letzterer wegen seiner schwärzlich grünen Farbe schwer sichtbar, schmal, der dritte jedoch breit und heller als die beiden äussern ist.

Trouvelot gibt nach seinen Beobachtungen Cambridge 1875 fünf Trennungslinien, also 6 Ringe an.

Horner nimmt an, dass diese Ringe durch die Centrifugalkraft abgelöste Wassermassen sind, welche in Dunstform das

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Maximum der Abplattung annehmen und daher, je nach der Stellung zur Erde, auch als ein ganz schmaler Streifen erscheinen.

Dass dieser Ring, sowie Saturn dunkle Körper sind und ihr Licht von der Sonne empfangen, ergibt sich daraus, dass Saturn seinen Schatten auf den Ring und dieser seinen Schatten auf Saturn wirft.

Saturn hat mattes, weisses Licht und ist leicht aufzufinden, da er seinen Ort unter den Sternen langsam ändert; auch dieser Planet zeigt helle und dunkle Streifen, wie Jupiter und sowohl Schröter wie Herschel haben den der Sonne abgewendeten Pol immer heller glänzend gefunden, wesshalb ebenfalls auf eine sehr dichte Atmosphäre geschlossen wird.

8. Uranus (♅) mit seinen 4 Monden wurde 1781 von Herschel entdeckt und anfangs für einen Kometen gehalten. Als aber Laplace eine zu denselben passende Kreisbahn mit grossem Radius fand und es sich zeigte, dass schon Lemonier und Andere ihn als Fixstern verzeichnet hatten, wurde er in das Planetensystem aufgenommen. Von seiner Oberfläche ist wegen seiner grossen Entfernung weiter nichts bekannt, als dass sie als eine kleine, matt beleuchtete Scheibe erscheint.

9. Neptun (♆) mit 1 Mond. Bessel, Bouvard etc. wurden durch die kleinen Abweichungen des Uranus von seiner Bahn, unter Berücksichtigung der Einflüsse der bekannten Planeten, auf die Idee gebracht, es könnten dieselben mit einem noch unbekannten äussern Planeten zusammenhängen. Galle fand 1846 diesen Planeten, welchen Lalande schon 1795 als vermeintlichen Fixstern beobachtet hatte. Bond und Struve fanden einen Mond.

Anm.: Mercur und Venus heissen die untern; Mars, Jupiter etc. die obern Planeten. Ausserdem werden auch Mercur, Venus, Erde, Mars die innern; Jupiter etc. die äussern Planeten genannt.

Draper, Prof. d. Chemie zu New-York, nimmt nach Photographien des Jupiterspectrums an, dass derselbe an gewissen Stellen seiner Oberfläche eigenes Licht besitzt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Planeten	t. Umlaufszeit (siderische) in Tagen mittlerer Zeit	Rotation	ε. Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	a. mittlerer Abstand von der Sonne Einheit = 23340 Erdkugelradien	v. Volumen Erde = 1	Dichte Erd-dichte = 1	d. mittlerer scheinbarer Durchmesser		Excentricität der Bahn-Ellipse
Merkur	$87{,}969^d$	$24^h\ 5'$	$7^0\ 0'\ 12''$	0,387	$^1/_{18}$	1,6	6,6974″		0,205 621
Venus	$224{,}701^d$	$23^h\ 16'$	$3^0\ 23'\ 32''$	0,723	0,9	1	17,13″		0,006 811
Erde	$365{,}256^d$	$23^h\ 56'$	$23^0\ 27'\ 30''$	1	1	1	—		0,016 751
Mars	$686{,}980^d$	$24^h\ 37'\ 23''$	$1^0\ 51'\ 3''$	1,524	0,55	0,75	9,5″		0,093 307
Ast. Ceres	1682^d	—	$10^0\ 37{,}'2$	2,768	$^1/_{47000}$	—	0,177″		0,0763
Ast. Pallas	1685^d		$34^0\ 41{,}'2$	2,771	$^1/_{120000}$		0,130″		0,2389
							Aequator	Pol	
Jupiter	$4332{,}585^d$	$9^h\ 55'\ 26''$	$1^0\ 18'\ 32''$	5,201	1350	0,24	38,4″	35,9″	0,048 289
Saturn	$10759{,}220^d$	$10^h\ 29'$	$2^0\ 29'\ 23''$	9,538	703	$^1/_7$	17,035″	15,381″	0,055 887
Uranus	$30686{,}82^d$	12^h ?	$0^0\ 46'\ 30''$	19,182	90	0,23	4,28″	3,86″	0,046 584
Neptun	60117^d	—	$1^0\ 46{,}'9$	30,033	86	—	2,6″		0,009 174

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

§ 15.

Die Sonne (⊙) der Centralkörper unsers Planetensystems ist von der Erde a = 23340 × r entfernt; aus der mittlern scheinbaren Grösse des Sonnendurchmessers 2 s = 32′0,88″ ergibt sich als Sonnenradius ρ_1 = 108,7 × r und Volumen ≐ 1280000 mal die Erde; ihre Dichte ist = 0.25 und die Rotationsdauer = $25{,}25^d$.

Die Alten betrachteten die Sonne als ein reines Feuer und erklärten einzelne dunkle Stellen, die sich zuweilen auf der Sonne zeigten, als Durchgänge fremder Weltkörper. Anfang des 16. Jahrhunderts, nach Erfindung des Fernrohrs, entdeckten Fabricius, Galilei etc. dunkle Flecken — Sonnenflecken — an andern Stellen, besonders gegen den Rand, glänzende Streifen — Sonnenfackeln. Beide haben eine gemeinsame Bewegung vom Ost- gegen den Westrand, die offenbar durch die Rotation der Sonne bedingt ist. Wilson, Herschel etc. nahmen nun an, dass diese Flecken conische Vertiefungen in der Photosphäre — Sonnenoberfläche — seien, veranlasst durch Gaseruptionen, die, vom relativ dunkeln Sonnenkern aufsteigend, dieselbe stellenweise zerreissen, während die seitherigen Ergebnisse der Spektralanalyse einen aus einem glühenden Metallmeere bestehenden Kern fordern. Kirchhoff-Spörer halten dieselben für in der gasförmigen Sonnenatmosphäre schwimmende Wolkenmassen, Zöllner hingegen für schlackenförmige durch Wärmestrahlung auf der glühend flüssigen Sonnenoberfläche entstandene Abkühlungsprodukte. Secchi erklärte sie für aufgerissene, mit Metalldämpfen erfüllte Vertiefungen, während Lüdinghausen folgende Theorie aufstellt. Da sich im Allgemeinen sagen lässt, dass, wenn die Aetherschwingungen über 8 Billionen in der Secunde hinausgehen, vom menschlichen Auge kein Licht mehr empfunden wird, so muss eine in der intensivsten Glühhitze befindliche Masse uns dunkel erscheinen.

„Bei einer alles überbietenden und so exorbitanten Glut und Atombewegung, wie das Innere der Sonne sie aufweisen muss, ist es wohl mehr als wahrscheinlich, dass die von dort ausgesandten Strahlen ausserhalb der Grenze des für uns sicht-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

baren Lichtes stehen, daher für uns unsichtbar und dunkel sind; erst die abgekühlte Oberfläche des Sonnenkörpers, die Photosphäre, vermag uns solche Strahlen zuzusenden, für welche unser Auge empfänglich ist. Daher die leuchtende Photosphäre bei dunkel erscheinendem Sonneninnerm an Stellen wo die Photosphäre durch aufsteigende Gase durchbrochen wird."

Hiemit stimmt auch die Beobachtung von Secchi überein, dass die dunkeln Sonnenflecken mehr Hitze ausströmen als die Photosphäre; sowie auch die Protuberanzen, die Sonnenfackeln und Penumbra (Auftreibung der Photosphäre) eine einfache Erklärung finden.

Wolf hat für die Flecken eine mittlere 11jährige Periode nachgewiesen, nach deren Ablauf sie so ziemlich in derselben Weise wieder erscheinen. Dieselbe Periode wurde von Sabine, Gautier und Wolf für die erdmagnetischen Störungen und Variationen, sowie für die Polarlichter nachgewiesen, von denen man nur so viel gewiss weiss, dass sie magnetoelektrische Erscheinungen sind; wesshalb man zu der Annahme gelangte, dass auch diese Erscheinungen von der Sonne beeinflusst werden.

Die Protuberanzen sind rötliche, flammenartige Ausstrahlungen der Sonne, welche, wie Zöllner und Secchi gefunden, zu jeder Zeit vorhanden sind, jedoch vorzüglich bei totaler Sonnenfinsterniss aus der Corona (hellglänzender Schimmer um die Mondscheibe) hervortreten. Herschel, Janssen etc. erklärten sie als Gasausströmungen. Herschel fand, dass sich der grösste Teil der Eigenbewegung*) der Sterne unter der Annahme erklären lasse, es bewege sich die Sonne nach einem Punkte dem sogenannten Apex in der Nähe von λ Herkulis.

§ 16.

Der Mond bewegt sich in einer Ellipse um die Erde und zwar von West über Süd nach Ost — wie alle Planeten

*) Unter Eigenbewegung der Fixsterne versteht man die Wahrnehmung, dass, wenn man zu verschiedenen Zeiten die Positionen eines und desselben Fixsternes nach Rectascension und Declination, unter Berücksichtigung von Präcession, Nutation und Aberration, bestimmt, dieselben für ein und dieselbe Epoche doch nicht genau gleich sind.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

um die Sonne — und erhält sein Licht von der Sonne, was aus seinen Phasen (Lichtgestalten) hervorgeht. Seine (siderische) Umlaufszeit — Revolution — beträgt $27^d\ 7^h\ 43'\ 11{,}5''$ mittlere Zeit; die mittlere Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik ist $i = 5^0\ 8'\ 40''$, die Excentricität derselben $e = 0{,}0549$. Im Laufe eines Jahres bewegt er sich 13,37 mal um die Erde, jedoch tritt nur 12,37 mal Neumond ein. Sein mittlerer scheinbarer Halbmesser ist $= 15'\ 32{,}4''$ und seine Entfernung von der Erde ist $= (60 \pm 3)$ Erdradien (die grösste Entf. (Apogaeum) $= 63{,}64695 \times r$, die kleinste (Perigaeum) $= 57{,}02143\ r$); folglich sein Halbmesser $= {}^3/_{11}$ und sein Volumen $v = {}^1/_{49{,}3}$ der Erde.

Schon in den ältesten Zeiten musste er, sowohl wegen seiner scheinbaren Grösse, als auch wegen der Aenderung seiner Stellung gegen die andern Sterne, sowie wegen seiner Phasen, die Aufmerksamkeit erregen und es wurde die Woche von 7 Tagen und der Monat von circa 4 Wochen als grössere Masseinheit eingeführt.

Derselbe wendet uns, abgesehen von einer geringen Schwankung (Libration), durch die uns auch ein kleiner Teil der jenseitigen Oberfläche sichtbar wird, beständig dieselbe Seite zu und muss also genau in derselben Zeit, die er für eine Revolution braucht, auch eine Rotation vollenden. Leonardo da Vinci erkannte schon, dass das Sichtbarwerden der Nachtseiten des Mondes in den ersten Tagen vor und nach der Conjunction durch den Reflex des Sonnenlichtes von der Erde bewirkt werde.

Die dunkeln und hellen Flecken auf dem Monde, welche früher für Meere und Tiefebenen angesehen wurden, stellten sich als Thäler und Berge dar und sind meist mit Namen berühmter Männer bezeichnet. Ausserdem entdeckte man sogenannte Rillen, d. h. über Berg und Thal fortlaufende scharf eingeschnittene Vertiefungen, muthmasslich Risse und Strahlensysteme, hellleuchtende von einem Ringgebirge auslaufende Streifen. Die Höhen der Berge begann schon Hevel aus dem geworfenen Schatten zu messen.

Anm: Ein Bogengrad an der Himmelskugel ist die doppelte Vollmondbreite.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

§ 17.

Wenn von zwei, durch dieselbe Lichtquelle beleuchteten Weltkörpern, der Eine in den vom Andern geworfenen Schattenkegel tritt, so wird ihm das Licht entzogen, d. h. er erleidet eine Verfinsterung (ἔκλειψις).

Verbindet man die Mittelpunkte von Sonne, Mond und Erde, so bilden die Verbindungslinien meistens ein Dreieck; es kann aber auch der Fall eintreten, dass sie nahezu oder wirklich in einer Geraden liegen und dann sind folgende zwei Möglichkeiten vorhanden:

I. Tritt der Mond bei seinem Umlaufe in den Schattenkegel der Erde, so wird er verfinstert; es entsteht eine Mondfinsterniss.

II. Tritt der Mond zwischen Erde und Sonne, so wird letztere bedeckt und man hat eine Sonnenfinsterniss.

Da solche Verfinsterungen nur in unmittelbarer Nähe der Knotenpunkte stattfinden können, so erklärt sich der Name Ekliptik.

Man unterscheidet Kernschatten und Halbschatten.

Taucht die ganze Mondscheibe in den Erdschatten, so entsteht eine totale Mondfinsterniss; ausserdem eine partiale. Liegt der Mondmittelpunkt genau in der die beiden andern Mittelpunkte verbindenden Geraden, so entsteht eine totale oder eine ringförmige Sonnenfinsterniss, ausserdem eine partiale. Während eine Mondfinsterniss von allen Punkten der durch den Schattenkegel abgeschnittenen Erdkalotte zu gleicher Zeit wahrgenommen wird, ist eine Sonnenfinsterniss nur von einem bestimmten Teile der Erdoberfläche aus sichtbar und zwar scheint der Eintritt des Mondes in die Sonnenscheibe von einem westlichen Orte aus früher zu erfolgen als von einem östlichen. Sowohl Sonnen- als Mondfinsternisse werden durch die Chaldäische Periode Saros (ein Zeitraum von 18^a 11^d) vorausbestimmt, sie treten jedoch, wegen der vielfach veränderlichen Bewegung des Mondes, in derselben Weise nicht vollständig wieder ein.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

§ 18.

Die Erde schwebt frei im Universum. Dies geht daraus hervor, dass es keine Stelle des Himmels gibt, die man nicht von einem entsprechenden Orte der Erde aus sehen kann, ebenso findet man den Winkelabstand irgend zweier Fixsterne an allen Orten der Erde von derselben Grösse, woraus sich ergibt, dass die Grösse der Erde, in Bezug auf ihre Entfernung von diesen Sternen, verschwindend klein ist, ausserdem ist es begründet durch das Gravitationsgesetz.

Die Beweise für die kugelähnliche Gestalt der Erde sind:

1. Der (scheinbare) Horizont ist aus freier Höhe betrachtet ein Kreis.

2. Bei ganz freiem Horizonte, z. B. auf hoher See, sieht man anfangs nur die höchsten Punkte der näher kommenden Gegenstände.

3. Der Erdschatten erscheint bei jeder Mondfinsterniss rund.

4. Der Horizont eines nach beliebiger Richtung fortschreitenden Beobachters ändert sich fortwährend.

5. Alle übrigen Planeten haben dieselbe Gestalt.

6. Der verschiedene Auf- und Untergang der Sterne für Beobachter im Osten und Westen.

7. Die Polhöhe nimmt ab; nördliche Sterne verschwinden und südliche werden sichtbar für den gegen Süden fortschreitenden Beobachter.

8. Die Erdumsegelung. Dem nach Osten reisenden geht die Sonne täglich früher auf und unter, daher erhält er einen Tag mehr, als die wirkliche Dauer dieser Reise um die Erde beträgt; der nach Westen reisende einen Tag weniger.

9. Die Tagesdauer ist für nördliche und südliche Orte verschieden.

Bessel fand, dass die Meridiangrade in verschiedenen geographischen Breiten von ungleicher Länge sind und zwar am Pole länger und ebenso wurde durch Pendelversuche nachgewiesen, dass bei einem Pendel, welches in Paris genau Secunden schlug, dies in Cayene erst wieder der Fall war, wenn die Pendelstange verkürzt wurde, woraus man folgerte, dass da wo die Länge des Secundenpendels kleiner ist, auch

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

die Anziehungskraft der Erde eine geringere sein muss, also dieser Punkt weiter vom Anziehungscentrum (Erdmittelpunkte) entfernt ist. Newton wies nun sofort diese Wahrnehmung als eine theoretische Notwendigkeit nach unter der Voraussetzung, dass eine ursprünglich flüssige Kugel um eine Axe rotiert.

Beim messen des Erdganzen werden selbstverständlich Berge und Thäler nicht in Betracht gezogen, sondern man ist mittelst der Wasserwage im Stande, die Erdoberfläche so zu messen, als wäre an der Stelle der Unebenheiten eine ebensolche Fläche, wie sie das Meer annähme, wenn es das Land ersetzen würde. Die beiden bedeutendsten europäischen Gradmessungen von Norden Grossbritaniens bis zur Insel Formentera, mehr als 22 Breitegrade umfassend, und von der Donaumündung bis zum Eismeer, mehr als 25 Breitegrade, ergaben eine Abplattung von $^1/_{285}$, während die ostindische, über 16 Breitengrade, eine solche von $^1/_{305}$ ergab, d. h. der Nordpol würde nach letzterer 1000 Meter über dem Punkte zu liegen kommen, der sich aus den beiden europäischen Gradmessungen ergibt. Clarke wollte die Erdgestalt auf die eines dreiaxigen Ellipsoids zurückführen, da man schon bei den ersten Breitegradmessungen fand, dass der astronomische und geodätische Längenunterschied verschieden ist. Clarke lehrte 1858, dass nach den genauesten englischen Gradmessungen auf demselben Meridiane einzelne Abschnitte desselben verschiedene Abplattungen, z. B. $^1/_{269}$, $^1/_{283}$, $^1/_{298}$, ergeben, wesshalb sie auch kein Rotationsellipsoid sein kann. Listing nannte sie daher Geoïdfläche.

Ausser diesen Gradmessungen haben auch die Pendelbeobachtungen auf das Geoïd geführt.

Bruns berechnete nach dem Gravitationsprinzip die Abweichung vom Rotationsellipsoid bis zu 1000 Meter.

Baily und Reich fanden mittelst der Drehwage (Cavendish 1798) die Dichte der Erde = 5,6 das Wasser = 1. Da aber diese Dichte grösser ist als die mittlere Dichte der Erdkruste, so muss wohl angenommen werden, dass die Schichten der Erde nach innen an Dichte zunehmen; ob aber diese Zunahme bis zum Mittelpunkte stattfindet, oder später wieder abnimmt, oder gar ein hohler Raum folgt, lässt sich bis jetzt noch nicht bestimmen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

§ 19.

Die Erde dreht sich um sich selbst.

Die Erscheinungen an der Himmelskugel lassen sich entweder dadurch erklären, dass die Erde feststeht und sich die Himmelskugel um die Erde dreht, oder dass sich die Erde innerhalb 24 Stunden von West über Süd nach Ost um ihre Axe und innerhalb eines Jahres mit dem Monde um die Sonne bewegt.

Es ist bekannt, dass wir bei eigener rascher Bewegung auf einer Eisenbahn etc. glauben, die Gegenstände eilen an uns vorüber, während wir selbst in Ruhe bleiben; welche Sinnestäuschung also auch hier stattfinden kann. Dreht sich die Erde in $t = 86164$ Secunden um ihre Axe, so hat ein Ort von der geographischen Breite φ folgende Geschwindigkeit:

Unter dem Aequator	$\varphi = 0$	die Geschw.	$c = 465$ m
München	$\varphi = 48^0\ 8'$	„ „	$c = 310$ m
Kaiserslautern	$\varphi = 49^0\ 26'$	„ „	$c = 303$ m
Petersburg	$\varphi = 59^0\ 56'$	„ „	$c = 233$ m.

Die grosse $30\frac{1}{2}$-Centimeter-Kanone von Krupp erteilt ihrem Geschosse eine Anfangsgeschwindigkeit von 465 m, also gleich der Geschwindigkeit unter dem Aequator, während die Annahme, dass sich die Himmelskugel innerhalb 24 Stunden um die Erde drehe, bei der grossen Entfernung der Sterne eine Geschwindigkeit einzelner derselben weit über 1000 Mill. Kilometer ergeben würde.

Beweise, dass sich die Erde um ihre Axe dreht sind:

1. Alle nähern Himmelskörper drehen sich um ihre Axe, was seit Verbesserungen der Fernröhre nachgewiesen ist.

2. Die beständig wehenden Passatwinde auf der nördlichen Halbkugel aus Nordost, auf der südlichen aus Südost, welche durch die etwas nördlich vom Aequator gelegene Region der Kalmen getrennt sind.

3. Die Deviation der Geschosse und Gewässer in der Meridianrichtung.

4. Die Abplattung der Erde (nach der Laplace'schen Theorie).

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

5. Die Fallversuche. Körper, die aus einer beträchtlichen Höhe zur Erde fallen, erlangen eine merkliche Abweichung gegen Osten.

6. Foucault's Pendelversuch. Die Schwingungsebene eines am Pol in der Richtung der Erdachse aufgehängten Pendels erleidet eine Abweichung von 360^0 in 24 Stunden; am Aequator von 0^0 und unter einem beliebigen Breitengrad φ die Grösse $= 360^0 \times \sin \varphi$.

§ 20.

Die Erscheinung, dass die Sonne während eines Jahres den Thierkreis durchläuft, lässt sich auch dadurch erklären, dass die Sonne stille steht, hingegen die Erde sich um die Sonne bewegt; die Bahn muss jedoch eine symmetrische sein, da der scheinbare Sonnendurchmesser Ende Dezember am grössten, anfangs Juli am kleinsten und an 2 Tagen dazwischen gleich ist. Diejenige Curve, welche diesen Anforderungen am einfachsten entspricht, ist die Ellipse, in deren einem Brennpunkte sich die Sonne befindet.

1. Alle Planeten bewegen sich um die Sonne, also ist nicht anzunehmen, dass die Erde eine Ausnahme macht.

2. Hat die Erde eine fortschreitende Bewegung, so muss man auf der vordringenden Seite der Erde mehr Meteore zählen als auf der Rückseite und da morgens die Zahl der Sternschnuppen grösser ist als abends, so bewegt sich die Erde in dieser Richtung fort, also vom Nordpol aus gesehen nach rechts.

3. Die Parallaxe von Fixsternen, und

4. Die Aberration des Sternlichtes findet unter dieser Annahme seine einfachste Erklärung.

Bewegt sich nun die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne so, dass sich die Erdachse nahezu parallel bleibt, also die Erdachse im Laufe eines Jahres fast einen Cylindermantel beschreibt, dem die Erdbahn als Leitlinie dient, so ergibt sich, unter Berücksichtigung der Neigung der Erdachse, der Wechsel der Jahreszeiten sehr einfach. Dass die Sonnentage, d. h. die Zeit von einer Culmination der Sonne bis zur nächsten nicht gleich lang sind, hat seinen Grund unter anderm darin, dass die Ekliptik nicht wie der Aequator senkrecht zur Weltachse steht, somit in gleichen Zeiten wohl gleiche Bögen des

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Aequators, jedoch nicht gleiche Bögen der Ekliptik den Meridian passieren, sowie in der veränderlichen Entfernung von der Sonne. Für die bürgerliche Zeitrechnung eignet sich aber eine veränderliche Dauer nicht, daher denkt man sich eine Sonne, die sich im Aequator gleichförmig fortbewegt. Zieht man in derselben Zeit für diese beiden Sonnen die Deklinationskreise, so werden die Stundenwinkel meistens eine Differenz (den Unterschied zwischen der wahren (W) und mittlern (M) Sonnenzeit) aufweisen, welche den Namen Zeitgleichung (Z) führt. $Z = M - W$, d. h. $W = M - Z$*).

§ 21.

Der Durchgang der Weltachse durch die Erde gibt die Erdachse mit ihren beiden Polen. Legt man durch den Aequator der Himmelskugel eine Ebene, so ist der Durchschnitt derselben mit der Erdoberfläche der Erdäquator, sowie auch die Deklinationskreise oder Himmelsmeridiane die Erdmeridiane geben. Kreise parallel zum Aequator auf der Erdoberfläche heissen Parallelkreise, von denen die beiden Wendekreise und die beiden Polarkreise (je $23\frac{1}{2}^0$ vom Aequator und den Polen entfernt) besonders wichtig sind.

Zur Bestimmung der Lage eines Ortes auf der Erdoberfläche muss man seine geographische Länge, d. i. den Durchschnitt des Meridian des Ortes mit dem Aequator, von einem besimmten Punkte, o Punkt, aus gezählt, sowie seine geographische Breite, d. h. den Abstand des durch den Ort gehenden Parallelkreises vom Aequator und ausserdem noch seine Entfernung vom Erdmittelpunkte kennen. Als o Meridian wird der durch die westlichste Canarien-Insel Ferro gehende Meridian angenommen. Die Franzosen nehmen als o Meridian den durch Paris gehenden $= 20^0$; die Engländer den durch die Sternwarte Greenwich $= 17^0\ 39'\ 37'',5$ östl. v. Ferro an.

Demnach ist die geographische Länge und Breite dem Aequatorsysteme der Himmelskugel genau nachgebildet nichts

*) 15. April, 15 Juni, 31. August und 24. Dec. ist $Z = o$, von Dec. bis April, sowie Juli ist sie positiv, sonst negativ; das Max. ist $+$ 16 Minuten. 12. Februar $+ 14'\ 31''$, 14. Mai $- 3'\ 53''$, 26. Juli $+ 6'\ 12''$, 18. Nov. $- 16'\ 18''$ circa.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

anderes als Rectascension und Declination, aber nicht astronomische Länge und Breite.

Die geographische Länge eines Ortes wird meist östlich oder westlich vom o Meridiane; die geographische Breite, die nichts anderes als die Polhöhe φ des Ortes ist, südlich oder nördlich vom Aequator im Meridiane gemessen.

Unter Meereshöhe versteht man die Entfernung eines Ortes vom Meeresspiegel.

§ 22.

Es ist bekannt, dass sämtliche Kulturvölker ihre Zeitrechnung dem Laufe der Himmelskörper gemäss einrichteten. Die Griechen scheinen schon in der ältesten Zeit ihre Zeitrechnung und ihre Feste nach dem Mondumlaufe geordnet und damals jeden einzelnen Monat mit dem Tage begonnen zu haben, an welchem sie abends zum erstenmal die Mondsichel wahrnehmen konnten. Das Jahr begannen sie mit dem ersten Monate nach dem Sommersolstitium und rechneten auf dasselbe 12 Monate. 600 v. Chr. führte Solon die wahrscheinlich schon früher von den Chinesen (die ihr Jahr mit dem ersten Mondwechsel nach dem Wintersolstitium anfingen) benützte Regel ein, leere Monate von 29 Tagen mit vollen Monaten von 30 Tagen wechseln zu lassen, wodurch das Jahr auf 354 Tage kam. Der Monat hatte ferner 3 Dekaden à 10^d (9^d); der erste Tag der ersten Dekade hiess Neomaenie.

Die Feste der Griechen, wie der Römer, waren an bestimmte Jahreszeiten geknüpft; da nun das zu 354^d angenommene Jahr zu kurz war und in Folge dessen diese Feste allmählich in die verschiedensten Jahreszeiten fielen, wurden alle 2 Jahre 12 Tage eingeschaltet. Meton 433 v. Chr. machte die Entdeckung, dass in 19 Jahren dieselben Mondphasen ziemlich wieder auf dieselben Tage fielen und es gelang ihm dadurch dauernde Ordnung zu schaffen, dass er einen dem Tschong der Chinesen entsprechenden Cyclus von einerseits 125 vollen und 110 leeren Monaten und anderseits 12 gemeinen Jahren zu 12 Monaten und 7 Schaltjahren zu 13 Monaten einführte, wodurch er das Jahr auf $365{,}263^d$ brachte

$$\left(\text{Monat auf } \frac{125 \times 30 + 110 \times 29}{235} = 29{,}532^d\right).$$

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Romulus soll eine zehnmonatliche Periode festgesetzt haben und zwar 4 Monate à 31^d (menses majores) die übrigen 6 Monate à 30^d, also das Jahr zu 304^d; jedoch schon zur Zeit der Könige hatten die Römer ein Jahr von 12 Monaten, indem 2 neue Monate Januar und Februar mit 51^d eingefügt wurden, wodurch das Jahr auf 355^d kam. Hier hatten 3 Tage eines jeden Monats bestimmte Namen; der 1. Tag Calendae, der 5. (menses maj. 7.) Nonae, der 13. (15.) Idus. Die Römer schalteten später aus demselben Grunde wie die Griechen alle 2 Jahre einen Monat (Mercedonius) zu 11 Tagen ein und zwar zwischen dem 23. u. 24. Februar, wodurch das Jahr auf $360\frac{1}{2}$ kam.

Die Oberpriester (pontifices) hatten die Aufgabe die Kalenden des März d. i. den Beginn des neuen Jahres zu bestimmen, brachten es aber durch ihre Willkür dahin, dass es von ihnen allein abhing, wann ein Jahr zu Ende sein sollte. Julius Cäsar, als er Pontifex war, machte dieser Verwirrung dadurch ein Ende, dass er mit Hilfe des ägyptischen Astronomen Sosigenes das Jahr auf $365\frac{1}{4}$ Tage festsetzte, also 3 Jahre zu 365 Tagen, das 4. (Schaltjahr genannt) zu 366 Tagen. Das Jahr 708 nach Erbauung Roms oder 46 v. Chr. war das erste in dieser Zeitrechnung und erhielt einen Schaltmonat Mercedonius von 23 Tagen, ferner wurden zwischen November und December noch 2 Monate zu 33 und 34 Tagen eingeschaltet, so dass es 445 Tage zählte, wesshalb es später den Namen annus confusionis erhielt. Ausserdem setzte Cäsar noch fest, dass Januar und December 31 Tage, der Februar 29 Tage haben sollte; der alle 4 Jahre einzuschaltende Tag aber zwischen den 23. und 24. Februar (Terminalien und Regifugium) zu setzen sei und a. d. bisextum Cal. Mart. heissen sollte. Die Nachfolger Cäsars hatten das erste Jahr der vierjährigen Periode irrthümlich als Schaltjahr angenommen, wodurch nach 36 Jahren 3 Tage zuviel eingeschaltet wurden, welchen Fehler Augustus dadurch beseitigte, dass er 10 v. Chr. 3 Tage ausfallen liess. Dieser julianische Kalender wird noch gegenwärtig von den Anhängern der griechischen Kirche unverändert benützt.

Im Jahre 1582 führte Papst Gregor XIII. mit Hilfe von Lilio und Clavius den sogenannten gregorianischen Kalender

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

ein, indem er den Fehler, welcher wegen der zu grossen Einschaltung von Cäsar entstanden war, dadurch beseitigte, dass er auf den 4. October sofort den 15. October folgen, also 10 Tage ausfallen liess, ferner anordnete, dass nur diejenigen als Schaltjahre gelten sollten, deren Zahl durch 4 ohne Rest teilbar ist, aber 1700, 1800, 1900 keine Schaltjahre seien, wodurch eine neue merkliche Verspätung auf Jahrtausende hinaus verschoben ist.

Die Protestanten nahmen diesen Kalender erst 1700 und England 1752 an, wesshalb letzteres bereits 11 Tage ausfallen lassen musste.

Der julianische Kalender heisst die Rechnung alten Stils, der gregorianische Kalender neuen Styls, der Unterschied beträgt jetzt 12 Tage und mit 1900: 13 Tage.

Die Aegypter hatten ein Jahr von 365 Tagen, da aber dasselbe nahezu um $^1/_4$ Tag zu kurz war, also ihr ursprünglich mit dem helischen Aufgang (erstes Erscheinen eines Sterns in der Morgendämmerung) des Sirius zusammenfallender Jahresanfang immer mehr vorrückte, so konnte erst nach einer Periode von $4 \times 365^1/_4 = 1461$ Jahren die einzelnen Tage wieder auf dieselbe Jahreszeit fallen. Diese Periode heisst die Sothis (Sirius) oder Hundssternperiode. Die Mohammedaner, welche von der Zeit der Flucht Mohammeds von Mekka nach Medina (16. Juli 622 n. Chr.) zählen, benützen jetzt noch das von Solon eingeführte Mondjahr von 354 Tagen. Diese Aera wird Hegira (Hedschra) genannt.

Die Juden, die nach der Einrichtung des Rabbi Hillel Hannassi (358 n. Chr.) von der Erschaffung der Welt an zählen, haben Schaltmonate und ihr Jahr beginnt mit dem Neumonde, der den Herbstäquinoctien am nächsten ist. Früher rechneten sie nach bedeutsamen Ereignissen.

Der Anfang des Jahres mit 1. Januar ist in Deutschland seit 1500, in Frankreich seit 1563, in England seit 1752, bei diesen war bis dahin der 25. März der Jahresanfang. Griechen und Russen beginnen seit Anfang des 18. Jahrhunderts das Jahr mit dem 1. Januar alten Stils, also 13. Januar neuen Stils, während früher der 1. September Jahresanfang war. Mit Ausnahme der Juden und Mohammedaner ist der 1. Januar allgemein der Anfang eines neuen Jahres.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

§ 23.

Je nach dem gewählten Fixpunkte erhält man für die Bestimmung des Jahres (Monats) verschiedene Werte; wir unterscheiden:

I. Tropisches Sonnenjahr d. i. die Zeit, nach welcher die Sonne wieder im Frühlingspunkte ist; wegen der Präcession veränderlich ($365^d\ 5^h\ 48'\ 50''$).

II. Siderisches Jahr d. i. die Zeit bis die Sonne wieder zu denselben Fixstern zurückkommt ($365^d\ 6^h\ 9'\ 11''$) unveränderlich.

III. Anomalistisches Jahr d. i. die Zeit bis zur Erreichung des Periheliums, das jährlich 11,''8 gegen Osten vorrückt ($365^d\ 6^h\ 13'\ 58''$).

IV. Mondjahr umfasst 12 synodische Monate (Zeit von einem Neumonde bis zum nächsten [$354^d\ 8^h\ 48'\ 35''$]).

Ebenso für den Monat:

I. Tropischer Monat s. oben ($27^d\ 7^h\ 43'\ 4''$).

II. Siderischer „ „ „ ($27^d\ 7^h\ 43'\ 11''$).

III. Anomalistischer Monat d. i. die Zeit von einem Perigäum bis zum nächsten ($27^d\ 13^h\ 18'\ 35''$).

IV. Synodischer Monat ($29^d\ 12^h\ 44'\ 3''$).

V. Drakonitischer Monat d. i. die Zeit von einem aufsteigenden Durchgang des Mondes durch die Ekliptik bis zum nächsten ($27^d\ 5^h\ 5'\ 49''$).

VI. Sonnen-Monat d. i. die Zeit, welche die Sonne in jedem Zeichen der Ekliptik verweilt ($30^d\ 10^h\ 29'\ 37''$). Unsere bürgerlichen Monate sind nicht astronomisch, sondern konventionell bestimmt.

§ 24.

Cyklen heissen Perioden von Jahren, nach welchen gewisse Zeitverhältnisse oder Naturerscheinungen sich erneuern.

I. Sonnen-Cyklus d. i. eine Periode von $4 \times 7 = 28$ Jahren, nach welchen die Wochentage wieder dauernd auf die Jahrestage fallen. Als 1. Jahr gilt 9 v. Chr.

Zur Berechnung des Sonnen-Cyklus hat man folgende Formel: $\frac{n + 9}{28} = q + \frac{s}{28}$ wobei n das zu

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

bestimmende Jahr bezeichnet; z. B. für 1883 ist: $\frac{1883 + 9}{28} = 67 + \frac{16}{28}$ d. h. $s = 16$ *).

Bezeichnet man die ersten 7 Tage des Jahres mit den 7 ersten Buchstaben des Alphabets, worauf sie sich wiederholen, so heisst derjenige, der auf den ersten Sonntag, also auf alle Sonntage des Jahres fällt, der Sonntagsbuchstabe. Jedes Schaltjahr hat zwei solche Buchstaben.

II. Mond-Cyklus (Meton'sche Periode) ist eine Periode von 19 Jahren, nach welchen die Mondphasen wieder auf die gleichen Monatstage fallen.

Lässt man diesen Cyklus mit dem Jahre o beginnen, so gibt der Divisionsrest $\left(\frac{n + 1}{19}\right)$ an, das wievielte Jahr dieses Cyklus das Jahr n ist; dieser Cyklus wurde schon im Mittelalter mit dem Namen der goldenen Zahl g belegt, z. B. für $n = 1883$ ist $\frac{1884}{19} = 99 + \frac{3}{19}$ daher $g = 3$. Vier auf einander folgende Jahre von einer gewissen Epoche an gerechnet bildeten bei den Griechen eine Olympiade.

III. Indictions-Cyklus (Römerzinszahl) ist eine Periode von 15 Jahren, nach welcher Zeit im römischen Reiche immer wieder eine neue Verteilung der Steuer stattfand.

Die Indiction i erhält man aus dem Divisionsreste $\frac{n + 3}{15}$. z. B. für $n = 1883$ ist $\frac{1886}{15} = 125 + \frac{11}{15}$ daher $i = 11$.

Diese Zahl hat nur die Bedeutung eines chronolog. Merkmales.

---

*) Da $365 = 52 \times 7 + 1$ ($366 = 52 \times 7 + 2$) ist, so rücken in jedem gemeinen Jahre die Wochentage um 1 Tag (Schaltjahr um 2 Tage) vor, also in x julianischen Schaltperioden um $(3 \times 1 + 1 \times 2)$ $x = 7y$ oder $5x = 7y$, wobei y die Anzahl der Wochen bezeichnet, die aus den überschüssigen Tagen gebildet werden können, woraus sich ergibt, dass sich dieselben erst in 7 Schaltperioden = 28 Jahren zu einer ganzen Anzahl von Wochen häufen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

§ 15.

Epakte (ἐπάγειν) ist die Zahl, welche angibt, wie viele Tage nach dem letzten Neumond bis zum 1. Januar verflossen sind, das sog. Alter des Mondes am Schlusse des Jahres. Um für ein Jahr n des 19. Jahrhunderts die gregor. Epakte zu bestimmen, suche man die goldene Zahl g desselben und man erhält die Epakte e aus dem Divisionsreste $\frac{11(g-1)}{30}$. z. B. für 1883 ist $g = 3$, d. h. $\frac{11 \times 2}{30} = \frac{22}{30}$ also $e = 22$.

Ostern ist nach den Vorschriften des Concils von Nicaea 325 n. Chr. an jenem Sonntage zu feiern, der zunächst auf den ersten Vollmond nach dem mit dem 21. März zusammenfallenden Frühlingsäquinoctium folgt. Fällt der Vollmond selbst auf einen Sonntag, so wird das Osterfest auf den nächstfolgenden Sonntag verlegt. Der früheste Ostertermin ist, wenn der 21. März ein Samstag und zugleich Vollmondstag ist, der 22. März, der äusserste der 25. April.

Nach der Gaussischen Osterformel, nur für dieses Jahrhundert giltig, erhält man, wenn n die Jahreszahl und R den jeweiligen Divisionsrest bezeichnet: $R\,v.\left(\frac{n}{19}\right) = a$; $R\,v.\left(\frac{n}{4}\right) = b$; $R\,v.\left(\frac{n}{7}\right) = c$; $R\,v.\left(\frac{19a+23}{30}\right) = d$; $R\,v.\left(\frac{2b+4c+6d+4}{7}\right) = e$.

Ist $d + e < 9$, so fällt Ostern auf den $(22. + d + e)$ März.
Ist $d + e > 9$, „ „ „ „ „ $(d + e - 9.)$ April.

Ergibt die Rechnung den 26. April, so ist dafür der 19. zu setzen; für den 25. April, wenn zugleich $d = 18$ und $a > 10$ ist, setzt man den 18. April.*)

Für 1883 ist: $a = 2$, $b = 3$, $c = o$, $d = 1$, $e = 2$, daher $d + e = 3$, also $22 + 3 = 25$. März der Ostersonntag.

Unter Ephemeriden versteht man astronomische Tafeln, in denen die täglichen Stellungen der Fixsterne, Planeten, der Sonne, des Mondes für eine Anzahl von Jahren im voraus verzeichnet sind.

*) Je 7 Wochen vorher ist der sogen. Fastensonntag, 40 Tage nachher Chr. Himmelfahrt und 50 Tage nachher Pfingsten, Ostern als ersten Tag gezählt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Epakte , wie viele
Tage nach d r verflossen
sind, das sog Jahres. Um
für ein Jahr Epakte zu
bestimmen, s n und man
erhält die Ep 1) . z. B. für

1883 ist g = 22.

Ostern von Nicaea
325 n. Chr. unächst auf
den ersten V zusammen-
fallenden F Vollmond
selbst auf ei den nächst-
folgenden So in ist, wenn
der 21. März stag ist, der
22. März, de

Nach dieses Jahr-
hundert gilti und R den
jeweiligen D R v. $\left(\frac{n}{4}\right) = b$;

R v. $\left(\frac{n}{7}\right) = c$: $\left.\frac{6d+4}{}\right) = e$.

Ist d - d + e) März.

Ist d - — 9.) April.

Ergibt t dafür der
19. zu setze 1 = 18 und
a > 10 ist,

Für 1 = 1, e = 2,
daher d + Ostersonntag.

Unter ische Tafeln,
in denen di Planeten, der
Sonne, des n im voraus
verzeichnet

*) Je ntag, 40 Tage
nachher Chr. ten, Ostern als
ersten Tag g

© The Tiffen Company, 2007
TIFFEN Gray Scale
R G B W G K C Y M
A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf